

ICONISMUS XI



VAKUUMIST

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



40 let
DVTS

LJUBLJANA, OKTOBER 99

ISSN 0351-9716

LETNIK 19, ŠT. 3, 1999

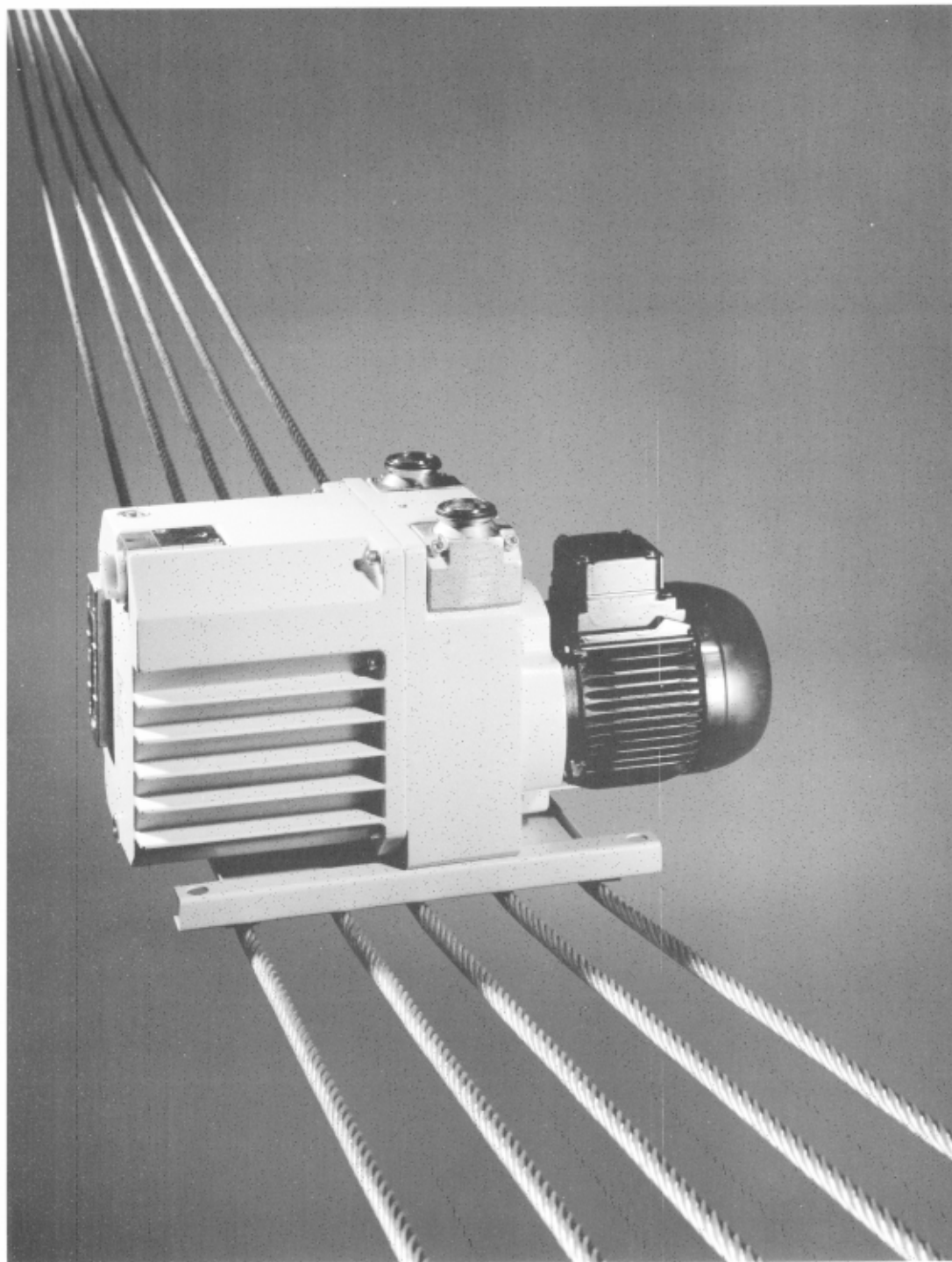
UDK 533.5.62:539.2:669-982



PFEIFFER  VACUUM

SCAN d.o.o., zastopniško servisno podjetje
Breg ob Kokri 7, 4205 Preddvor, Slovenija
Tel. +386 64 458 020, Fax +386 64 458 0240

Our rotary vane pump for everyday industrial routine: fivefold safety all along the line.



Our motto is: Better four times safe than one time sorry! Especially when it comes to the reliability of vacuum pumps in tough industrial routine. And that's precisely why we've implemented five safety concepts in all our DUO 35/65 two-stage rotary vane models. As a standard feature, of course!

- Operating safety – with pressure oil lubrication of bearings and visual oil-level indicator
- Process safety – through the integrated "high-speed" high vacuum safety valve
- Integration safety – through maximum compatibility and a wide range of accessories
- Service safety – by the use of high quality, hard-wearing components
- Application safety – for all industrial applications in the rough and medium vacuum range to 10^{-3} mbar (special versions for corrosive gas and process technology on request)

And to be completely on the safe side, we've added another advantage: the outstanding price/performance ratio of our rotary vane pumps.

Pfeiffer Vacuum Austria GmbH
Diefenbachgasse 35
A-1150 Wien
Tel. +43-1-894-1704
Fax +43-1-894-1707
<http://www.pfeiffer-vacuum.de>
office@pfeiffer-vacuum.at

VSEBINA

- Zgodovina delovanja Društva za vakuumsko tehniko Slovenije - DVTS (J. Gasperič)

- DVTS - Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije - 40 let (1959-1999) (A. Pregelj)

- Kratka zgodovina vakuumske tehnike (Razvoj raziskovanja vakuuma in vakuumskih društev) (S. Južnič)

- Vakuumska molekularna destilacija (B. Povh)

- O zgodovini vakuumske tehnike na Slovenskem (II. del) (S. Južnič)

Obvestilo

Naročnike Vakuumista prosimo, da čim prej poravnate naročnino za leto 1999.

Cena štirih števil, kolikor jih bo izšlo v letu, je 2000,00 tolarjev.

SPONZORJI 40-LETNICE DVTS

- **MEREL, d.o.o., Selnica ob Dravi**
- **TRM filtri, d.o.o., Ljubljana**
- **MDM, d.o.o. Ljubljana**
- **M&P BURJA, d.o.o., Krašnja**
- **ZVD, Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana**

SPONZORJI VAKUUMISTA:

- **Ministrstvo za znanost in tehnologijo**
- **Ministrstvo za šolstvo in šport**
- **PFEIFFER Vacuum Austria GmbH**

- VAKUUMIST
- Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije
- Glavni in odgovorni urednik: dr. Peter Panjan
- Uredniški odbor: mag. Andrej Demšar, dr. Jože Gasperič (urednik za področje vakuumske tehnike in sistemov), dr. Bojan Jenko, dr. Monika Jenko (urednica za področje vakuumske metalurgije), dr. Stanislav Južnič, Janez Kovač, dipl. ing., dr. Ingrid Milošev, dr. Miran Mozetič, dr. Vinko Nemanič, Marjan Olenik, dr. Boris Orel, mag. Andrej Pregelj, dr. Vasilij Prešern in dr. Anton Zalar
- Lektor: dr. Jože Gasperič
- Korektor: Miha Čekada, dipl. ing.
- Naslov: Uredništvo Vakuumista, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Teslova 30, 1000 Ljubljana, tel. (061)177 66 00
- Elektronska pošta: DVTS.group@guest.arnes.si
- Domača stran DVTS: <http://www2.arnes.si/guest/ljdvts/index.htm>
- Številka žiro računa: Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, 50101-678-52240
- Oblikovanje naslovne strani: Ignac Kofol
- Grafična obdelava teksta: Jana Strušnik
- Tisk: PLANPRINT, d.o.o., Rožna dolina, c. IV/32-36, 1000 Ljubljana
- Naklada 400 izvodov

ZGODOVINA DELOVANJA DRUŠTVA ZA VAKUUMSKO TEHNIKO SLOVENIJE - DVTS

Jože Gasperič, Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana

The History of the Slovenian Society for Vacuum Technique (1959-1999)

ABSTRACT

In the paper the history of the Slovenian Society for Vacuum Technique and its previous organization, the Section for vacuum technique at the Electrotechnical society of Slovenia in the last 40 years is described. Particular chapters are dedicated to its main activities: education, publishing vacuum text books and the journal "Vakuumist" (Vacuumist), organization of the professional meetings, excursions and visits to the well-known vacuum enterprises as well as organizing the participation of members in the International vacuum congresses, a collaboration with other vacuum societies and with the International Union for Vacuum Science, Technique and Applications-IUVSTA and some other more important activities.

POVZETEK

V prispevku je opisana 40-letna zgodovina delovanja Društva za vakuumsko tehniko Slovenije-DVTS in njegove predhodnice, Sekcije za vakuumsko tehniko pri Elektrotehniškem društvu Slovenije. Posamezna poglavja so posvečena glavnim aktivnostim društva, kot so: vzgoja in izobraževanje, izdajanje učbenikov in društvenega glasila, organizacija in izvedba strokovnih srečanj, ekskurzij in obiskov pri znanih vakuumskih podjetjih ter organizacija udeležbe na mednarodnih vakuumskih kongresih, sodelovanje s sorodnimi društvi in mednarodno organizacijo International Union for Vacuum Science, Technique and Applications - IUVSTA ter druge pomembnejše aktivnosti.



1 UVOD

Da bi lažje razumeli vzgibe, ki so pripeljali pred 40 leti do ustanovitve Sekcije za vakuumsko tehniko pri Elektrotehniškem društvu Slovenije, se moramo v mislih vrniti v leto 1958 na 1. mednarodni kongres za vakuumsko tehnologijo, ki je bil od 10. do 13. junija v Namurju v Belgiji, v sklopu svetovne razstave v Bruslju. Glavni organizator te strokovne manifestacije je bil Belgijec, prof. Emile Thomas. Kongresa se je udeležilo nad 500 strokovnjakov iz 26 držav, med njimi so bili tudi trije mladi slovenski inženirji z Inštituta za elektroniko iz Ljubljane: E. Kansky, F. Lah in S. Jerič.

Kongres je tako navdušil vse prisotne, da je predsednik ameriškega vakuumskega društva dr. Medard W. Welch na sestanku ob koncu kongresa (13. junija 1958) predložil ustanovitev mednarodnega komiteja, ki bi prirejal take kongrese v različnih državah. To je pripeljalo do nastanka mednarodne organizacije, imenovane International organization for vacuum science and technology (IOVST). Tedaj so imele le tri ali štiri države svoja lastna vakuumstva društva (Francija od l. 1945, ZDA 1953 in Japonska 1958) oz. sekcije (Belgija, 1954), zato so v to mednarodno organizacijo sprejemali tudi posameznike.



2 Ustanovitev sekcije za vakuumsko tehniko pri Elektrotehniškem društvu Slovenije

Ob vrnitvi domov so omenjeni slovenski udeleženci 1. mednarodnega vakuumskega kongresa takoj začeli pripravljati ustanovitev vakuumске organizacije v Sloveniji. Pod okriljem Elektrotehniškega društva Slovenije - EDS so že naslednje leto, 1959, ustanovili Sekcijo za vakuumsko tehniko¹. Njena prva naloga je bila povezati vse tedanje jugoslovanske vakuumiste v strokovno organizacijo. Na predlog slovenske sekcije je bil na VIII. plenumu Zveze strojnih in elektrotehniških inženirjev in tehnikov Jugoslavije - SMEITJ sprejet sklep, da se formira Jugoslovanski center za vakuumsko tehniko - JCVT, slovenski sekciji pa je bila zaupana organizacija 1. jugoslovanskega posvetovanja o vakuumski tehniki. To posvetovanje je bilo v Ljubljani od 20. do 22. oktobra 1960, ki se ga je udeležilo 120 strokovnjakov iz vse Jugoslavije, predstavljeno pa je

¹ Niti v arhivu DVTS, JUVAK niti EDS ni bilo mogoče najti datuma ustanovitve Sekcije za vakuumsko tehniko pri EDS.



Slika 1: Profesor R. Tavzes in prof. dr. E. Kansky

bilo 30 strokovnih del. 23. oktobra 1960 je bil na ustanovnem sestanku sprejet ustanovitveni akt in statut JCVT. Za prvega predsednika centra je bil izvoljen prof.dr. Dušan Lasič. Aktivnost JCVT in Sekcije je bila zelo velika, njuno delo pa se je tako prepletalo, da ga je danes težko ločiti, saj so bili pri tem gonilna sila isti ljudje. Uspelo jim je ne samo natisniti referate s posvetovanja v "Novi proizvodnji" (jan.1962), ampak so že začeli izdajati svoj BILTEN, ki je te referate v svoji 1. številki tudi objavil. Glavna naloga JCVT pa je bila ustanovitev vakuumskih sekcij v drugih republikah. Leta 1963 je uspela ustanovitev vakuumske sekcije v Srbiji, nato pa z več truda še na Hrvaškem (1966). V drugih jugoslovanskih republikah so se akcije vedno izjalovile.

Mednarodna organizacija IOVST je na izredni generalni skupščini 8. decembra 1962 spremenila svoj statut, izločila individualno članstvo in tako postala mednarodna konfederacija nacionalnih vakuumskih organizacij in se preimenovala v International Union for Vacuum Science, Technique and Applications - IUUSTA s sedežem v Bruslju. Še istega dne je bila prva generalna skupščina, kjer je bilo zastopanih deset držav oz. njihovih nacionalnih vakuumskih organizacij, ki so tako postale ustanovne članice, med njimi tudi Jugoslavija, ki sta jo zastopala Evgen Kansky in Beno Zupančič. Prvi predsednik IUUSTA je postal M.W. Welch (ZDA), dr. Kansky pa odbornik. Po tedanjih jugoslovanskih predpisih pa centri, torej tudi JCVT, formalno niso mogli biti člani mednarodnih organizacij. Zato je SMEITJ 26. januarja 1963 v Beogradu sprejel sklep, da se Center preimenuje v Jugoslovanski komite za vakuumsko tehniko - JUVAK, ki je imel pravico, da se na temelju novega statuta včlani v mednarodno zvezo IUUSTA. Dne 18. aprila 1963 je JUVAK sporočil IUUSTA-i, da so izpolnjeni pogoji za polnopravno članstvo. Od tedaj dalje je bil JUVAK redni član, plačeval je članarino, imel zastopnika v Izvršnem odboru IUUSTA (dr. E. Kansky, 1963-74, dr. F. Lah, 1974-80, dr. J. Gasperič, 1980-86, dr. A. Zalar, 1986-92, po osamosvojitvi Slovenije in sprejetju DVTS v IUUSTA pa dr. M. Jenko, 1992-98 in mag. A. Pregelj 1998- sedaj) in delegacijo na skupščinah, ki so jo vedno sestavljali slovenski vakuumisti, člani DVTS.

Sekcija za vakuumsko tehniko pri EDS se je na ustanovnem sestanku 16. oktobra 1972 formirala v

samostojno Republiško društvo za vakuumsko tehniko SR Slovenije (statut je potrdil Republiški sekretariat za notranje zadeve 5.1.1973), vendar je še vedno ostala v sklopu EDS oz. Elektrotehniške zveze Slovenije, kar je še danes. Naše društvo se je po novem zakonu o društvih na izredni skupščini 25. januarja 1977 preimenovalo v Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije - DVTS, uradna registracija pa je bila opravljena šele 29. septembra 1978. To ime društva je ostalo do današnjih dni.

Z JUVAK-om pa se je registracija strašansko zamotala. Nova uredba je zahtevala, da lahko zvezo društev ustanovijo najmanj tri republiška društva. Imeli pa smo le dva: slovensko in srbsko, Hrvaška je imela sekcijo. Takrat je vzel zadevo v roke DVTS. Ukinjen je bil Jugoslovanski komite za vakuumsko tehniko, z veliko truda je bilo ustanovljeno Društvo za vakuumsko tehniko Hrvatske, tik pred blejskim 8. jugoslovanskim vakuumskim kongresom, tako da je bilo mogoče v skladu z zakonom 27. oktobra 1979 na Bledu ustanoviti Zvezo društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije - JUVAK. Svoje soglasje na ustanovitev zveze pa ni dala Socialistična zveza delovnega ljudstva Jugoslavije. JUVAK je bil tako nepriznana zveza in sploh ni mogel delovati. Končno je uspelo predsedniku te zveze (dr. J. Gasperič) pridobiti odločujoče mnenje in priporočilo predsednika Znanstvenega sveta pri oboroženih silah Jugoslavije. Očitno se je tega SZDLJ "zbala" in takoj izdala soglasje. Dne 3. junija 1981 je bila Zveza društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije registrirana pri Republiškem sekretariatu za notranje zadeve SR Slovenije kot pravna oseba. V vmesnem času je DVTS skrbel za JUVAK-ovo imovino, vse aktivnosti pa so se razvijale po republiških društvih. Kakorkoli že, JUVAK je bil vedno skrb (tudi po finančni plati) slovenskih vakuumistov, ki so dokazovali svojo sposobnost vodenja in tako ohranili vodilno vlogo, saj so bili od ustanovitve do konca vsi predsedniki iz vrst slovenske sekcije oz. DVTS (prof. dr. D. Lasič, dr. E. Kansky, dr. A. Belič, dr. J. Gasperič, dr. A. Zalar, dr. M. Jenko) prav tako njihovi najožji sodelavci, člani izvršnega odbora (sekretarji, blagajniki itd.), sedež pa je bil vedno v Ljubljani.

Po razglasitvi samostojne države Slovenije (25. junija 1991) je bilo jasno, da se bo moral DVTS samostojno



Slika 2: Prof. dr. Dušan Lasič in Rudi Jančar

vključiti v IUVSTA, vendar je bilo prej potrebno, da izstopi iz JUVAK-a, kar je bilo storjeno na skupščini DVTS 6. marca 1992. Na 66. seji IO IUVSTA od 8. do 10. maja 1992 v Juan les Pins-u v Franciji sta bili slovensko in hrvaško društvo sprejeti v IUVSTA, vendar le kot opazovalca. Na generalni skupščini v Haagu 13. oktobra 1992 pa je bila Slovenija (DVTS) soglasno sprejeta kot polnopravna članica. DVTS je bil 20. januarja 1998 vpisan v register društev pri Upravni enoti Ljubljana, Sektor za upravne notranje zadeve, pod št. 836.

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije je v vsej svoji 40-letni zgodovini nemoteno delovalo. Število članov je bilo v obdobju 40 let nad sto, zadnja leta okoli 150. Sedež društva, katerega začetki segajo v l. 1959, je bil vedno v stavbi sedanjega Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko (IEVT) v Ljubljani, v Teslovi ulici 30 (od l. 1960 do 92 skupaj z JUVAK-om). Tu imamo od leta 1985 dalje majhno sobo za sestanke, administracijo in arhiv. Sodelovanje z IEVT-jem je bilo vedno dokaj uspešno (vendar ne brez nergaštva nekaterih nečlanov), saj mu je aktivnost naših članov na jugoslovanskem področju in v svetu odpirala vrata pri poslovnih zadevah, omogočala navezavo stikov s tujimi poslovnimi partnerji in promovirala njegovo dejavnost. Od 1.12.1995, ko je bil v isti stavbi z odcepitvijo od IEVT-ja ustanovljen Inštitut za tehnologijo površin in optoelektroniko - ITPO, pa je sodelovanje med vakuumisti z obeh ustanov ostalo tako kot prej: zgljedno in složno.

V zgodovini društva so se vrstila bolj ali manj plodna oz. uspešna leta, kar bo bolj natančno razvidno iz nadaljnjega opisa dejavnosti.

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije deluje predvsem na naslednjih področjih:

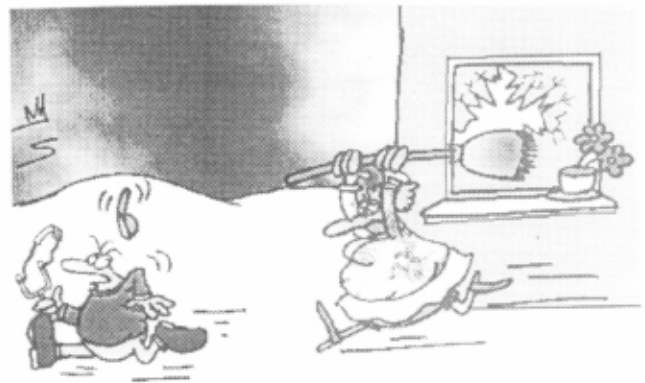
1. vzgojno in izobraževalno delo - prirejanje tečajev, seminarjev, predavanj...
2. izdajanje učbenikov iz vakuumske tehnike
3. izdajanje društvenega glasila "VAKUUMIST" in predhodnika BILTEN JUVAK, kjer so objavljeni referati z vakuumskih posvetovanj in kongresov do l. 1990
4. organizacija strokovnih srečanj, domačih in mednarodnih (konference, kongresi, posvetovanja...)
5. sodelovanje s sorodnimi društvi in mednarodno organizacijo IUVSTA
6. organizacija strokovnih ekskurzij itd.

3 Vzgoja in izobraževanje

3.1 Vakuumski tečajji in seminarji

Kmalu po ustanovitvi je začela Sekcija za vakuumsko tehniko pri EDS prirejati tečaje iz vakuumske tehnike. Prvi tak tečaj se je začel 15. marca 1960 in je trajal do 29. aprila 1960. Obsegal je 62 ur predavanj in 60 ur vaj. Zanimivo je, da je bil zelo tehnološko naravnčan. Udeležilo se ga je 38 ljudi, in sicer 25 iz petih podjetij in 13 s štirih inštitutov.

Bolj intenzivno izvajanje tečajev se je začelo po l. 1980, ko so že bila pripravljena predavanja v pisni obliki, ki so bila temelj za izdajo prvega zbornika OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE l. 1981, ki je doživel še drugo izdajo l. 1984. Nasploh je bilo desetletje med 1980 in



90 najbolj plodovito, saj je bilo v tem času kar 21 tečajev, največ seveda osnovnih, bili pa so tudi tečajji za vzdrževalce naprav in posebej prirejeni, specializirani tečajji za delavce in strokovnjake iz različnih podjetij. Menimo, da smo v 40 letih delovanja društva izobrazili nad 900 udeležencev tečajev in seminarjev iz Slovenije. V tabelah 1 in 2 so navedeni glavni podatki o tečajih Sekcije oz. DVTS.

3.2 Vzgoja tehniških kadrov v šolah

Leta 1961 je Sekciji uspelo, da je bil na Tehniški srednji šoli v Oddelku za elektrotehniko v 4. letniku uveden predmet vakuumaska tehnika po eno uro na teden. Pouk je trajal le bori dve leti in je bil prekinjen zaradi nerazumevanja tedanjega vodstva IEVT, ki ni imelo



Slika 3: Dr. Vinko Nemanič s tečajniki na vajah



Slika 4: Praktičen prikaz na tečaju v Gorenju, Velenje

posluha za vzgojno in izobraževalno dejavnost. Trije učenci te šole so diplomirali s področja vakuumske tehnike, drugi (okoli 100) pa so dobili solidno znanje iz osnov. Predavatelji so bili dr. F. Lah, J. Gasperič in J. Višnar.



Med letoma 1975 in 78, tj. do registracije DVTS, je strokovno delo v sekciji skoraj popolnoma zamrlo. Čeprav smo bili tedaj vsi prepričani, da lahko dvignemo tehnično kulturo v Sloveniji in Jugoslaviji le s stalnim izobraževanjem in vzgojo, predvsem mladih, pa očitno ni bilo niti prave volje niti družbenega posluha za to dejavnost. Dr. Kinsky, ki je bil od vsega začetka pospeševalec vakuumistike, nezlomljivi borec za uresničenje svojih in naših vizij, je že l. 1980 razmišljal o tretjestopenjskem študiju vakuumistike na univerzi. Uspelo mu je, da je bil l. 1986 uveden te vrste študij na Tehniški visoki šoli, na oddelku za elektrotehniko, sedaj Univerzi v Mariboru, Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko. Tretjo stopnjo iz Elektronske vakuumistike je tedaj vpisalo 18 podiplomcev, skoraj polovica je ta študij končala, nekateri izmed njih pa so v naslednjih letih dosegli naslov doktorja znanosti. Danes sicer formalno še obstaja ta vrsta študija, vendar je podiplomcev malo, kajti druge tehnične specialnosti so v zadnjih letih postale bolj privlačne in obetavne za podiplomce.

Tudi na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani so bila uvedena predavanja iz vakuumistike na prvostopenjskem študiju v okviru sklopa predavanj iz mikroelektronskih tehnologij (1989 - 1996).

3.3 Društveni večeri z diapozitivi IUVSTA

Tudi Mednarodna unija za vakuumsko znanost, tehniko in uporabo - IUVSTA se je že od vsega začetka svojega delovanja zavedala, da morajo predavatelji vakuumske tehnike med svojim izvajanjem uporabljati učinkovita vizualna sredstva. Ustanovljen je bil celo poseben komite za vzgojo, ki je pripravil tematske zbirke diapozitivov. Društvo je l. 1981 kupilo 287 diapozitivov, in sicer iz osnov vakuumske tehnike 40, iz merilnikov in meritev 35, vakuumskih črpalk 68, analizatorjev residyalnih plinov 109 in vakuumskega napajanja 35. Že naslednje leto je organiziralo njihovo predvajanje. Tako so bili večeri z diapozitivi, pospremljeni s komentarjem, in sicer o črpalkah 26.2. in 4.3. 1982 (J. Gasperič), 12.1.1983 iz osnov (B. Povh), 11.5.1983 o sorpcijskih črpalkah (B. Erjavec), analizatorji so bili v oktobru 1984 (R. Zavašnik) in merilniki 2.7.1985 (B. Povh).

V splošnem so bili ti večeri slabo obiskani in s tem se društvo ne more pohvaliti. Pri izvajanju tečajev pa so predavatelji uporabljali to tehniko kot dopolnilo svojim predavanjem.

V letu 1998 je društvo kupilo pri IUVSTA deset zvezkov obnovljenih tekstov in risb na presojnicah. Te nove pripomočke predavatelji že koristno uporabljajo na tečajih.

4 Izdajanje učbenikov iz vakuumske tehnike

Do leta 1981 Slovenci nismo imeli nobenega učbenika za vakuumsko tehniko v materinem jeziku. Prirejanje tečajev pa je zahtevalo, da izrečena beseda na njih ostane tudi zapisana. Takrat smo si pomagali s tem, da so predavatelji razdelili poslušalcem ciklostirane zapiseke svojih predavanj, kar je bil le izhod v sili, predvsem pa so bili ti zapiski nepraktični. V začetku je celo med nekaterimi predavatelji prevladovalo mnenje, da še ni prišel čas za izdajo zbornika predavanj, ker se vakuumska tehnika prehitro razvija in spreminja. Vendar je le prevladala struja, ki je menila, da brez učbenika ni mogoče izvajati kvalitetnega pouka, pa tudi slušateljem bo kasneje knjiga bolj koristila kot kup ciklostilnega papirja.

Končno so bile konec aprila 1981 "na svitlu dane" OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE - Zbornik predavanj s 176 stranmi in v nakladi 500 izvodov, in vsi smo bili veseli tega dogodka, tudi omenjeni skeptiki. V njem je s prispevki sodelovalo deset slovenskih vakuumskih strokovnjakov. Ker se je prav tedaj začelo intenzivno prirejanje tečajev in ker je bila ta knjiga prva tovrstna pri nas, je hitro pošla. Že tri leta kasneje (1984) smo pripravili novo izdajo, ki je izšla januarja 1985. Tudi ta je že pošla in sedaj pripravlja društvo že sedem(!) let (od l. 1992) novo knjigo VAKUUMSKA TEHNIKA, medtem ko smo junija 1993 v zelo kratkem času pripravili knjigo VAKUUMSKA TEHNIKA ZA SREDNJEŠOLSKE PREDAVATELJE. Naša želja je bila, da bi na posebnih tečajih navdušili srednješolske profesorje naravoslovnih predmetov, da bi med svoja predavanja in laboratorijske vaje uvrstili tudi vakuumsko tehniko. To bi zelo koristilo učencem, saj je tega znanja v splošnem premalo.

Pri publicistični dejavnosti društva pa smo imeli tudi "nesrečno roko". Vsi rokopisi so že bili pripravljani za

izdajo zbornika predavanj VAKUUMSKE TANKE PLASTI, ki bi bil velika opora pri tečajih s tega področja, pa je manjkal le uvodni del o nastajanju in rasti vakuumskih tankih plasti. Čas je naredil svoje, teksti so zaradi hitro se razvijajoče tankoplastne tehnologije kmalu zastareli in bilo bi jih treba posodobiti, vendar je zmanjkalo ustvarjalnega navdušenja. Izšla je le drobna knjižica (61 strani) NASTAJANJE IN RAST VAKUUMSKIH TANKIH PLASTI (1990) avtorja, tedaj že pokojnega prof.dr. Evgena Kanskyja v priredbi dr. Petra Panjana.

Končno sem v knjižnici našel zate učbenik s področja vakuuma!! Toda žal je v nekem tujem jeziku..

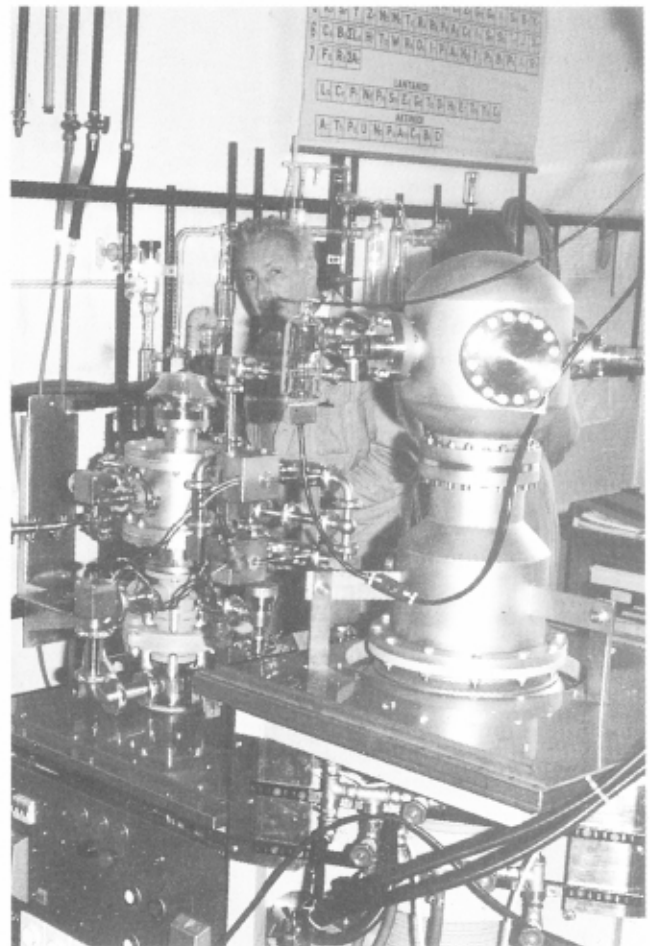


Leta 1996 smo izdali VAKUUMSKO TEHNIKO ZA VZDRŽEVALCE NAPRAV, I. 1998 pa še zbornik predavanj NETESNOST SISTEMOV IN NAPRAV.

Celoten spisek strokovnih publikacij DVTS je podan v tabeli 3.

5 Društveno glasilo "VAKUUMIST"- Časopis za vakuumsko znanost, tehniko in tehnologije, vakuumsko metalurgijo, tanke plasti, površine in fiziko plazme

Prva številka VAKUUMISTA je izšla 29. septembra 1981 v 200 izvodih. Uredil jo je A. Pregelj, uvodnik pa je napisal dr. F. Lah, tedanji predsednik DVTS, v katerem je najprej razložil, po kakšnih zapletih in anketah so prišli do imena glasila. V nadaljevanju pa je obljubil, da bo glasilo prinašalo informacije o strokovnih dosežkih doma in na tujem, o tečajih in vzgoji kadrov, o strokovnih prireditvah, utrinkih in utripanju vakuumске tehnike po delovnih organizacijah, o delu DVTS in Zveze društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije-JUVAK, strokovne članke in slikovne priloge. VAKUUMIST naj bi izhajal 2- do 4-krat letno. Vse, kar je bilo napovedano, se je tudi bolj ali manj uresničevalo, s tem da se je težišče premaknilo v objave strokovnih prispevkov. Do danes, tj. v 19 letih, je izšlo 56 zvezkov, od teh jih je uredil mag. A. Pregelj 21 (1981-90), dr. P. Panjan pa 35 (1991-zdaj). Sedaj je to glasilo že kar ugleden znanstveno-strokovni časopis, ki pa zahteva ogromno trdega dela, volje in upornosti, iznajdljivosti in potrpežljivosti glavnega urednika. Glava prve številke je prikazana na sliki 6, v tabeli 4 pa so zbrani podatki o izhajanju. VAKUUMIST je z leti dobival vse lepšo "obleko". Iz prve ciklostirane izvedbe je prešel s 16. številko v novo obliko, kasneje v še bolj novo, in



Slika 5: Dr. F. Lah v svojem laboratoriju

končno je v tem jubilejnem letu društva dobil barvni ovitek.

Izdajanje VAKUUMISTA in pošiljanje na 300 naslovov pa tudi nekaj stane. Društvo ne bi zmoglo vseh stroškov, zato so priskočili na pomoč sponzorji, kot so Ministrstvo za znanost in tehnologijo, Ministrstvo za šolstvo in šport ter nekatera podjetja. Vsem smo iskreno hvaležni. Finančne zagate smo v prvih letih premagovali z dohodki od izobraževalnih tečajev, sedaj pa z objavljanjem reklamnih oglasov.

Vloga VAKUUMISTA je vsestranska, ne samo znanstvena in strokovna, ampak tudi družbena in družabna. Z neko nevidno silo nas druži, spodbuja in povezuje. Moje osebno mnenje je, da bi se društvo razvodenelo in razšlo, če bi VAKUUMIST prenehal izhajati.



Slika 6: Naslovnica prve številke VAKUUMISTA, ki je izšel 29.9.1981

OČKA!! NAMESTO
PLAYBOYA SEM TI
KUPIL VAKUUMISTA!!
MAMI PRAVI, DA SO V
NJEM LEPŠE SLIKICE



Glasilo VAKUUMIST zamenjujemo z naslednjimi revijami: VZDRŽEVALEC, VARILNA TEHNIKA, STROJNIŠKI VESTNIK, INFORMATIKA, VUOTO, VAKUUM und PRAXIS ter FIZIKA.



6 BILTEN JUVAK in slovenski vakuumisti

Slovensko Sekcijo za vakuumsko tehniko, kasneje DVTS, in Jugoslovanski center za vakuumsko tehniko-JCVT (kasneje Jugoslovanski komite za vakuumsko tehniko in še kasneje Zvezo društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije) so vodili praktično isti ljudje. Zato se je strokovno delo, predvsem v prvih letih, tako prepletalo, da ga je bilo težko ločiti. Nekateri akcije društva so imele bolj slovenski značaj, druge bolj jugoslovanski.

Kmalu po ustanovitvi Jugoslovanskega centra za vakuumsko tehniko (23.10.1960) s sedežem v Ljubljani je vzniknila ideja, da bi referate iz prvega jugoslovanskega posvetovanja o vakuumski tehniki, ki je bilo od 21. do 23. oktobra 1960 v Ljubljani, tudi natisnili. Res so bili natisnjeni v januarski številki "NOVE PROIZVODNJE" I. 1962, pa tudi v BILTENU Centra, ki nosi sicer letnico 1961, vendar se iz arhivskih dokumentov točnega datuma izida ne da ugotoviti. Pomembno je dejstvo, da se je začela publicistična dejavnost, ki naj bi povezovala slovenske in druge jugoslovanske vakuumiste. Prvih 14 številk je izšlo v Ljubljani od leta 1961 do 1973, nato pa še 17. in zadnja, 24. številka leta 1990. BILTEN je nekaj začetnih let (najmanj pet) urejeval prof.dr. Branko Kozina. Poglavitna vsebina so bili referati z vakuumskih kongresov, zato so bili ti BILTEN-i

kar zajetni in nekako od leta 1971 dalje samo strokovni, v njih ni bilo "povezovalnih" elementov med društvi in njihovimi člani, saj so to vlogo prevzela društvena glasila, npr. VAKUUMIST v Sloveniji, VAKUUMSKA TEHNIKA v Srbiji. Z osamosvojitvijo Slovenije in razpadom JUVAK-a je ugasnil tudi BILTEN. V tabeli 5 lahko spremljamo njegov življenjski tek.



7 Vakuumska posvetovanja in kongresi

Leto dni po ustanovitvi Sekcije za vakuumsko tehniko pri EDS je bilo organizirano v Ljubljani 1. jugoslovansko posvetovanje o vakuumski tehniki (20.-23. oktober 1960), združeno z ustanovitvijo Jugoslovanskega centra za vakuumsko tehniko (23.10.1960), kjer je bilo tudi sklenjeno, da bo njegov sedež v Ljubljani, prvi predsednik pa je postal prof. dr. Dušan Lasič. Od tedaj dalje pa do konca skupne države je ostal sedež te asociacije, ki je sicer dvakrat spremenila svoje ime, v Ljubljani, kar je dejansko vsesplošno priznanje za delo naših vakuumistov in za prepletenost aktivnosti med Sekcijo oz. DVTS in JUVAK-om.

V naslednjih letih sta bili še dve posvetovanji (10.-11.3.1964) v Beogradu in (26.-27.9.1966) Zagrebu. Slovenski vakuumisti smo nato organizirali vrsto jugoslovanskih kongresov (Opomba. Kongresi so se imenovali zato, ker so bili združeni s skupščinami JUVAK.), in sicer 4. na Bledu (10.-11.10.1968), 5. v Portorožu (13.-15.5.1971), 6. v Postojni (16.-18.5.1973), 8. na Bledu (25.-27.10.1979) in zadnjega, 11., v Gozdu Maruljku (17.-20.4.1990). Po razpadu Jugoslavije in z njo tudi Zveze društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije se je začelo novo obdobje Slovenskih vakuumskih posvetovanj, ki so se vrstila od l.1992 dalje vsako leto jeseni v sklopu posvetovanj o metalurgiji in kovinskih gradivih, nazadnje imenovanih Konference o materialih in tehnologijah, ki so bile vedno v Portorožu. Letos je že 19. vakuumsko posvetovanje.

V celotni zgodovini slovenske vakuumistike smo organizirali 14 vakuumskih posvetovanj oz. kongresov in eno o netesnosti sistemov in naprav 22.10.1997 v Ljubljani. Potek teh prireditev je razviden iz tabele 6.

7.1 Kanskyjeve nagrade

Pobudnik organiziranega strokovnega gibanja in izobraževanja strokovnjakov ter vzgoje mladih s področja vakuumске tehnike in tehnologij ter ustanovitve Sekcije

za vakuumsko tehniko pri EDS, kasneje DVTS, ter JUVAK-a, prof. dr. Evgen Kansky je preminil 24. marca 1987. V spomin na njegovo izjemno pomembno delo je Izvršni odbor DVTS sprejel 2.4.1987 sklep o Nagradi prof.dr. E. Kanskyja, ki naj bi jo podeljevali vsake tri leta na jugoslovanskih vakuumskih kongresih avtorjem najboljših prispevkov. Izdelan je bil ustrezen pravilnik. Prvič je bila nagrada podeljena 20. aprila 1990 na 11. jugoslovanskem vakuumskem kongresu v Gozdu Martuljku. Prejela sta jo Peter Panjan z Instituta "Jožef Stefan" iz Ljubljane in Hrvoje Zorc z Instituta Rudjer Bošković iz Zagreba.

Z razpadom JUVAK-a je tudi akcija zamrla, z novo organiziranostjo vakuumskih konferenc v okviru portoroških konferenc o materialih in tehnologijah ali drugje pa še ni oživela.

8 Združene vakuumске konference treh oz. štirih dežel

V svojem sestavku Vtisi z 9. mednarodnega vakuumskega kongresa (Madrid, 26.9.-1.10.1983), objavljenem v VAKUUMISTU št. 5, nov. 1983, opisuje dr. Kansky srečanja z nekaterimi osebnostmi, med drugim tudi z novim predsednikom IUVESTA prof.dr. J. Antalom iz Budimpešte, in dobesedno navaja njegove besede:

"Hvala za čestitke. Mimo zadolžitve v zvezi z IUVESTA si bom močno prizadeval, da dvostranske vakuumске simpozije Madžarske in Avstrije razširimo z vključitvijo Jugoslavije na tristranske v smislu naših zares dobrih sosedskih odnosov. Pomagajte mi, da bi steklo že v letu 1984!"

V Budimpešti je bil 5.3.1984 podpisan sporazum o sodelovanju med DVTS in društvom za fiziko Madžarske Roland Eötvös. Z naše strani je sporazum podpisal predsednik DVTS, mag. A. Zalar, z madžarske pa je bilo podpisnikov več, med njimi tudi prof.dr. J. Antal. Takrat je bila ponovno obujena ideja, da bi k sodelovanju Madžarske in Avstrije pristopila tudi Zveza društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije-JUVAK, kar se je kasneje tudi res zgodilo, in 7.-9. oktobra 1985 smo že imeli skupno konferenco zdaj že treh dežel v Debrecenu na Madžarskem. Leta 1995 pa smo že imeli konferenco štirih dežel, in sicer Madžarske, Avstrije, Slovenije in Hrvaške. Kako so si sledile te konference, je razvidno iz tabele 7.

Naslednje leto bo organizator 8. združene vakuumске konference Hrvaško vakuumsko društvo in bo v Puli. "Zlobni" šaljivci so večkrat namigovali, da je to konferenca vakuumistov iz "Avstro-Ogrske monarhije". Res pa je, da je bilo v začetnih letih čutiti "pomanjkanje" vakuumskih konferenc v srednjeevropskem prostoru, saj so bile mednarodne konference oz. kongresi IUVESTA le vsake tri leta. Ker pa z našimi združenimi konferencami nismo mogli "nasiti" hitro se razvijajoče Evrope (pa čeprav so na teh konferencah lahko nastopali tudi udeleženci iz drugih držav), so se leta 1988 začele Evropske vakuumске konference (prva je bila 11.-15.4.1988 v Manchesteru, Anglija). Naše združene konference so kljub temu ostale s številno udeležbo. Referate s teh konferenc natisnejo v angleški reviji VACUUM, kjer sodelujemo kot recenzenti in gostujoči uredniki.

9 Strokovna srečanja slovenskih in hrvaških strokovnjakov s področja vakuumске tehnike in tehnologij

Tudi po osamosvojitvi Slovenije in po razpadu Zveze društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije je naše društvo ohranilo zgledno strokovno sodelovanje s sosednjimi društvi, med katere spadajo Hrvaška, Avstrija in Madžarska, ter mednarodno zvezo IUVESTA. Dokaz za to so redne združene konference vseh teh dežel od l. 1985 dalje in dodatno še srečanja naših in hrvaških strokovnjakov vsako leto, ki so se začela l. 1993 in so izmenoma v Sloveniji in na Hrvaškem ali pa neformalno na prizorišču združene konference, kot je bilo l.1997 v Debrecenu na Madžarskem. V tabeli 8 so navedeni datumi in kraji teh srečanj.

Tudi zunaj tega ohranjamo najboljše kolegialne odnose in sodelovanje, ki so lahko zgled politikom obeh strani. Razen strokovnega dela so srečanja povezana z obiski in ogledi vakuumskih tehnoloških laboratorijev, zraven tega pa imajo tudi družabni značaj. Referati s teh srečanj so objavljeni v revijah FIZIKA, STROJARSTVO (Zagreb) ali KOVINE ZLITINE TEHNOLOGIJE (Ljubljana).

10 Sodelovanje z mednarodno organizacijo IUVESTA

V prvih poglavjih smo kratko navedli, kako so potekali dogodki v zvezi z ustanovitvijo mednarodne vakuumске organizacije IOVST leta 1958 v Namurju v Belgiji, ki je botrovala ustanovitvi Sekcije za vakuumsko tehniko pri Elektrotehniškem društvu Slovenije l. 1959. IOVST se je leta 1962 preimenovala v International Union for Vacuum Science, Technique and Applications - IUVESTA. Med desetimi ustanoviteljskimi nacionalnimi vakuumskimi organizacijami je bil tudi tedanji Jugoslovanski komite za vakuumsko tehniko, ki so ga vodili slovenski vakuumisti in ki so bili od vsega začetka v tej mednarodni organizaciji tudi člani izvršilnih odborov, komitejev in sekcij. Ni namen tega poglavja opisovati organiziranost in delovanje IUVESTA, omenimo naj le, da jo danes sestavlja 35 držav oz. njihovih nacionalnih društev, med katerimi je tudi DVTS, ki je delno nadomestilo in delno nasledstvo bivše Zveze društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije.

Sej Izvršnega odbora IUVESTA, njenih komitejev in sekcij, ki so navadno v različnih državah članicah (pogosto v povezavi z neko vakuumsko priveditvijo), se je lahko zaradi omejenih finančnih možnosti udeleževal le en naš zastopnik, ki je vzporedno deloval tudi na sejah komitejev in sekcij. Naši zastopniki v IUVESTA so npr. aktivno sodelovali v komitejih, kot so: za izobraževanje (dr. Gasperič, 1983-86; dr. M. Jenko, 1998-2001), za povezavo (liaison committee - dr. Gasperič, nam. preds., 1983-86; dr. Zalar, sekretar, 1986-92) ter za koordinacijo med IUVESTA in drugimi organizacijami, npr. z Mednarodno organizacijo za standardizacijo - ISO (dr. Zalar, predsednik od 1989 dalje), koordinacija dejavnosti IUVESTA v odboru za države v razvoju pa je bila zaupana dr. Moniki Jenko (predsednica 1995-1998), ki je sedaj tudi članica Komisije za Welcheve štipendije (1998-2002).

Nekoliko bolje je bilo na mednarodnih kongresih, ki jih prireja IUVESTA vsake tri leta v drugi državi in kjer je



Slika 8: Naša delegacija ob sprejemu DVTS v IUUSTA, Haag 1992

navadno tudi skupščina z volitvami novih odbornikov. Na teh skupščinah so vedno sodelovale naše tričlanske delegacije.

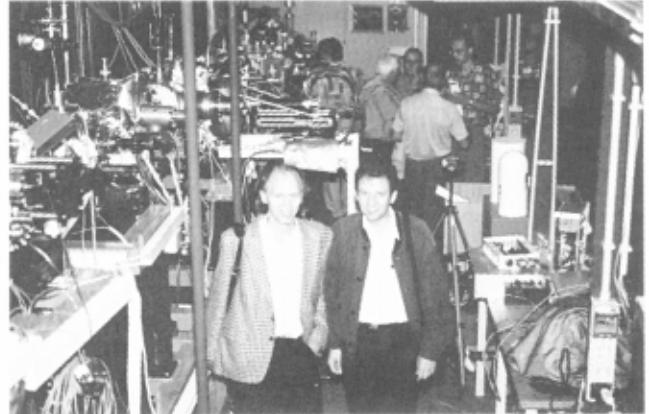
V Sloveniji, prej pa tudi v Jugoslaviji, smo le trikrat gostili seje Izvršnega odbora IUUSTA (Zagreb 1966, Portorož 1988, Bled 1995). V obdobju od 1998 do 2001 so naši zastopniki pri IUUSTA: v Izvršnem odboru mag. A. Pregelj, namestnica je dr. M. Jenko, v sekcijah pa so naslednji naši zastopniki: dr. J. Gasperič (elektronski materiali), dr. P. Panjan (vakuumska metalurgija), dr. A. Zalar (znanost o uporabnih površinah), dr. M. Jenko (znanost o površinah), dr. V. Nemanič (vakuumska znanost), mag. A. Demšar (tanke plasti), dr. A. Prodan (nanometrija), dr. M. Mozetič (znanost in tehnologija plazme).

11 Strokovne ekskurzije

Aktivnost slovenskega vakuumskega društva in JUVAK-a, ki smo ju vodili v Ljubljani, se je kazala tudi pri drugih uspešnih organizacijah. Mednje spadajo strokovne ekskurzije in obiski ter organizirana udeležba na mednarodnih vakuumskih kongresih.

Prva taka akcija našega društva in JUVAK-a je bila organizacija udeležbe na 3. mednarodnem vakuumskem kongresu v Stuttgartu l. 1965 s 16 udeleženci, predstavili pa smo tudi štiri referate. V naslednjih letih je DVTS organiziral podobno udeležbo na naslednjih kongresih: Cannes, Francija, 1980; Madrid, Španija, 1983; Baltimore, ZDA, 1986; Haag, Nizozemska, 1992. Še večje zanimanje pa je bilo za obiske pri znanih in uveljavljenih vakuumskih proizvajalcih v Evropi. Tako smo se podali v Hanau in Köln (Nemčija) k podjetju Leybold Heraeus, 1984, k Balzersu v Liechtenstein, 1986 (skupaj s hrvaškimi kolegi, ki so bili organizatorji), pa še k Edwardsu v Anglijo, 1987, Varianu v Torino, 1995, SAES GETTERS-u v Milano 1996 in v sinhrotron ELETTRA v Bazovico pri Trstu, 1998 (Italija). Tudi domača podjetja so bila za člane društva dovolj zanimiva, da smo jih obiskali (SATURNUS, 1987, 1991, 1998; IMT, 1992, Iskra-Center za elektrooptiko, 1992, zamejski MIPOT-Krmin, 1984). Podatki o tem so zbrani v tabeli 9.

V tem pregledu ne nameravamo opisovati organizacijskih podrobnosti in težav, predvsem finančnih, ker bi se preveč oddaljili od zgodovinskega orisa. Ugotavljamo lahko le, da je bilo društvo dovolj sposobno, da je izpeljalo tudi take naloge, ki so bile v interesu njenih članov.



Slika 7: Obiskali smo sinhrotron "Elettra" v Bazovici pri Trstu (16.6.1998); na levi sedanjí predsednik DVTS mag. A. Pregelj

12 Druge pomembnejše aktivnosti DVTS

Vseh aktivnosti društva v 40 letih ni mogoče zajeti na kratko, zato smo se osredotočili le na nekatere glavne, ki so navedene v tabeli 10. Poleg organizacije predavanj uglednih vakuumskih strokovnjakov naj omenimo še organizacijo sej Izvršnega odbora IUUSTA na našem ozemlju (Brdo pri Kranju, 1995) ter v povezavi z JUVAK-om v preteklih letih (Zagreb, 1966, Portorož 1988).

Za člane DVTS, predvsem predavatelje na tečajih in seminarjih, je bil organiziran tečaj iz retorike (feb. 1998) z namenom, da bi bila njihova predavanja iz vakuumske tehnike še bolj kvalitetna in zanimiva za poslušalce.

Društvo je za svoja prizadevanja prejelo številne pohvale, dobilo pa je tudi priznanje matične občine Ljubljana Vič-Rudnik za izobraževalno dejavnost v preteklih letih (1985).

Jeseni 1998 je društvo pridobilo status ustanove, ki deluje v javnem interesu na področju znanosti in tehnologij od Ministrstva za znanost in tehnologijo.

Posamezniki iz društva so bili imenovani za častne člane Elektrotehniške zveze Slovenije (M. Jenko, A. Pregelj, J. Gasperič, A. Zalar) in Zveze društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije (F. Lah, 1983; E. Kanisky, 1986; J. Gasperič, 1990).

V zadnjih letih je DVTS predstavljen tudi na internetu na domači strani (<http://www2.ames.si/guest/ljdvts/index.htm>) z zelo privlačno prvo stranjo in mnogimi zanimivimi podatki ter novicami v slovenščini in angleščini. Predstavitve je pripravil Marjan Drab, ki jo sedaj skrbno dopolnjuje z novimi in aktualnimi podatki in informacijami.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem sodelavcem, članom DVTS, ki so pregledali osnutek Zgodovine in predložili nekatere spremembe in dopolnitve, ki sem jih v celoti upošteval.

Posebno zahvalo dolgujem prof. dr. Samu Kralju, ki je s svojimi karikaturami popestril to "resnobno" zgodovinsko besedilo.

13 Tabele

Tabela 2: Število udeležencev na tečajih v posameznih letih od 1980 do 1998

Leto/ tečaj	O	D	S	V	VH	VTP	Semi- nar LH
1980	40						
1981	64						
1982	16						
1983	33					17	50
1984	31						
1985	58						
1986	55		18				
1987	95				14	100	
1988	68						
1989	44						
1990	11						
1991	11			23			
1992	7			8			
1993	7	10					
1994	10	10		9			
1995	13			10			
1996			34				
1997			20				
1998	9		14				
1999							
Skupaj	572	20	86	50	14	117	50 (skupaj 909)

Tabela 4. Izhajanje glasila Društva za vakuumsko tehniko Slovenije "VAKUUMIST"

Letnik	Leto	Število zvezkov	Urednik
1	1981	1	A. Pregelj
2	1982	2	
3	1983	2	
4	1984	2	
5	1985	2	
6	1986	3	
7	1987	2	
8	1988	2	
9	1989	3	
10	1990	2	
11	1991	4	P. Panjan
12	1992	4	
13	1993	4	
14	1994	4	
15	1995	4	
16	1996	4	
17	1997	4	
18	1998	4	
19	1999 (do sept.)	3	

Tabela 1. VAKUUMSKI TEČAJI IN SEMINARJI

Oznake tečajev:

- O Osnove vakuumske tehnike
- D Delavnica: Vakuumska tehnika za srednješolske predavatelje
- S Specializirani tečaj v podjetju
- V Vakuumska tehnika za vzdrževalce naprav
- VH Vakuumska higiena in čisti prostori
- VTP Vakuumske tanke plasti

Čas tečaja oz. seminarja	Vrsta	Število udeležencev
15. marec - 29. april 1960	O	38
8. julij - 12. julij 1960	O	
1. april - 3. april 1970	O	(za Slovence)
15. april - 17. april 1970	O	(za druge Jugoslovane)
pomlad 1974	S	Iskra-Žarnice
jesen 1974	S	Iskra-Žarnice, vzdrževalci
1975	O	
19. maj - 6. junij 1980	O	IEVT 40
12. januar - 14. januar 1981	O	38
19. oktober - 21. oktober 1981	O	26
2. november - 4. november 1982	O	16
19. april 1983	Seminar Leybold-H.	50
20. junij - 24. junij 1983	VTP	IEVT 17
15. november - 17. novemb. 1983	O	33
8. maj - 10. maj 1984	O	31
8. januar - 10. januar 1985	O	27
5. november - 7. november 1985	O	31
28. januar - 30. januar 1986	O	29
konec aprila - 3 dni 1986	S(V)	Gorenje servis, 18
27. maj - 29. maj 1986	O	26
13. januar - 15. januar 1987	O	22
10. februar - 12. februar 1987	O	28
19. maj - 21. maj 1987	O	23
1987	VH	IEVT, 14
20. oktober - 23. oktober 1987	O	22
1987 - seminar	VTP	Saturnus, 100
12. januar - 14. januar 1988	O	21
7. junij - 9. junij 1988	O	21
18. oktober - 20. oktober 1988	O	26
14. februar - 16. februar 1989	O	23
6. junij - 8. junij 1989	O	11
14. november - 16. novemb. 1989	O	11
22. oktober - 25. oktober 1990	O	11
20. marec - 21. marec 1991	V	13
23. oktober - 25. oktober 1991	O	11
13. november - 14. novemb. 1991	V	10
19. maj - 20. maj 1992	V	8
3. november - 5. november 1992	O	7
15. junij - 16. junij 1993	O	7
9. september - 11. septem. 1993	D	10
22. marec - 24. marec 1994	O	10
15. september - 17. sept. 1994	D	10
15. november - 17. novem. 1994	V	9
10. november - 12. novem. 1995	O	13
28. november - 29. novem. 1995	V	10
22. november - 23. novem. 1996	S	Gorenje-Velenje, 34
20. november 1997	S	Saturnus, dif. črp. 20
26. marec - 27. marec 1998	S	Danfoss, Trata 14
2. junij - 4. junij 1998	O	9

Tabela 3. Strokovne publikacije Društva za vakuumsko tehniko Slovenije

	Publikacija	meseč in leto izdaje	urednik	št. izv.	str.
1.	OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE (Zbornik predavanj)	april 1981	J. Gasperič	500	176
2.	OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE - 2. izd. (izšlo jan. 1995)	1984	J. Gasperič	500	175
3.	NASTAJANJE IN RAST VAKUUMSKIH TANKIH PLASTI , E. Kansky	1990	P. Panjan	500	61
4.	VAKUUMSKA TEHNIKA ZA SREDNJEŠOLSKE PREDAVATELJE	junij 1993	B. Jenko - J. Gasperič	300	113
5.	VAKUUMSKA TEHNIKA ZA VZDRŽEVALCE NAPRAV	1996	V. Nemanič	300	111
6.	NETESNOST SISTEMOV IN NAPRAV (izšlo aprila 1998)	okt. 1997	L. Irmančnik Belič	250	79
7.	VAKUUMSKA TEHNIKA (v pripravi)		V. Nemanič	-	-

Tabela 5. BILTEN JUVAK, Zveza društev za vakuumsko tehniko Jugoslavije - JUVAK (prej: Jugoslovanski komite za vakuumsko tehniko), Ljubljana

Bilten št.,	meseč, leto, kraj izida, vsebina
1	1961, Ljubljana, Ref. 1. jug. posvetovanja o vak.teh. 20.-22. okt.1960. Referati objavljeni tudi v "Novi proizvodnji" januarja 1962
2	april 1962, Ljubljana, Del. sestanek 20.4.62, Ljubljana
3	oktober 1965, Ljubljana, Načrt dela JUVAK za I.1966
4	februar 1966, Ljubljana, Napoved posvetovanja v Zagrebu
5	junij 1966, Ljubljana, Napoved 3. jugosl. posvetovanja v Zagrebu 26.-27.sept.1966
6	september 1966, Ljubljana, Objava 4. redne skupščine JUVAK 26.9.1966 v Zagrebu
7	oktober 1968, Ljubljana, Referati 4. jug. vak. kongresa Bled, 10.-11.10.1968
8	oktober 1968, Ljubljana, Sklepi in referati 4. jug. vak. kongresa, Bled, 10.-11.10.1968
9	(ni podatka)
10	(ni podatka)
11	april 1971, Ljubljana, Referati 5. jug. vak. kongresa,Portorož, 13.-15.5.1971
12	marec 1972, Ljubljana, Referati 5. jug. vak. kongresa,Portorož, 13.-15.5.1971(nadalj.) Letopis 1972, Ljubljana, Dejavnost in cilji JUVAK, statut, statuti republiških društev
13	1973, Ljubljana, Referati 6. jug. vak. kongresa, Postojna, 16.-18.5.1973
14	1973, Ljubljana, Referati 6. jug. vak. kong., Postojna, 16.-18.5.1973 (nadalj.)
15	1974, Beograd, Referati simpozija Uporaba vakuumskih tankih plasti v industriji
16	1975, Beograd, Referati 7. jug. vak. kongresa, Beograd, 15.-16.5.1975
17	oktober 1979, Ljubljana, Referati 8. jug. vak. kongresa, Bled, 25.-27.10.1979

18	1981 Beograd, Referati s Posvetovanja o uporabi vakuuma v prehrambni, kemijski in farmacevtski industriji, 28.-29.4.1981
19	september 1984, Beograd, Referati s Posvetovanja o uporabi vakuuma v tehnologiji materialov, 28.-29.4.1983
20	oktober 1983, Zagreb, Referati 9. jug. vak. kongresa, Zagreb, 14.-15.10.1983
21	1985, Beograd, Referati s Posvetovanja o tankih plasteh in prevlekah,17.-19.4.1985
22	1986, Beograd, Referati 10. jug. vak. kongresa, Beograd, 29.6.-2.7.1986
23	1989, Beograd, Referati s Posvetovanja o karakterizaciji materialov, Donji Milanovac, 9.-12.5.1989
24	1990, Ljubljana, Referati 11. jug. vak. kongresa, Gozd Martuljek, 17.-20.4.1990

Tabela 8. Slovensko - hrvaška strokovna srečanja

1. srečanje	21.4.1993	Zagreb
2. srečanje	26.5.1994	Ljubljana
3. srečanje	6.4.1995	Bled
4. srečanje	18.4.1996	Zagreb
5. srečanje	20.5.1998	Zagreb
6. srečanje	17.6.1999	Ljubljana

Tabela 10. Druge pomembnejše aktivnosti DVTS

1.	Organizacija tečaja Leybold-Heraeus Merjenje visokega vakuuma in uporaba masnega spektrometra, 1988, 150 udel. iz Slovenije in Hrvaške
2.	Obisk in predavanje prof.dr. Joseja L. De Segovie, 7. maj 1991, na IEVT
3.	Organizacija 73. seje Izvršnega odbora IUVESTA, Brdo, 7.-9. april 1995 (DVTS in IMT)
4.	Organizacija mednarodne učne delavnice STRUKTURA IN REAKTIVNOST POLIATOMSKIH MOLEKUL NA POVRŠINAH, Brdo, 9.-15. april 1995 (DVTS in IMT)
5.	Obisk in predavanje prof.dr. J. Robinsa, predsednika IUVESTA, Avstralija, Ljubljana, 6. junija 1997 na IMT, Ljubljana
6.	Tečaj govorništva za člane DVTS, Ljubljana, 4.-5. feb.1998, 17 udeležencev
7.	DVTS na internetu (M. Drab), 1998

Tabela 6. *Vakuumska posvetovanja in kongresi*

- 1. jugoslovansko posvetovanje o vakuumski tehniki, Ljubljana, 20.- 22. okt.1960, 28 referatov, objavljenih v "Novi proizvodnji", januarja 1962 in v BILTENU 1 (JCVT); 23. okt.1960 ustanovitev Jugoslovanskega centra za vakuumsko tehniko (JCVT)
- 2. jugoslovansko posvetovanje o vakuumski tehniki, Beograd, 10.-11. marec 1964, 35 referatov
- 3. jugoslovansko posvetovanje o vakuumski tehniki, Zagreb, 26.-27. sept.1966, 40 referatov
- 4. jugoslovanski vakuumski kongres, Bled, 10.-11. okt. 1968, 65 referatov
- 5. jugoslovanski vakuumski kongres, Portorož, 13.-15. maj 1971
- 6. jugoslovanski vakuumski kongres, Postojna, 16.-18. maj 1973
- Posvetovanje o vakuumskih tankih plasteh v industriji, Beograd,1974
- 7. jugoslovanski vakuumski kongres, Beograd, 15.-16. maj 1975
- 8. jugoslovanski vakuumski kongres, Bled, 25.-27. okt. 1979
- Posvetovanje o uporabi vakuuma v prehrabni, kemijski in farmacevtski industriji, Beograd, 28.-29. april 1981
- Posvetovanje o uporabi vakuuma v tehnologiji materialov, Beograd, 28.-29. april 1983
- 9. jugoslovanski vakuumski kongres, Zagreb, 14.-15. okt. 1983
- Posvetovanje o karakterizaciji materialov, Donji Milanovac, 19.- 21. maj 1989
- 10. jugoslovanski vakuumski kongres, Beograd, 29. junij - 2. julij 1986
- 11. ugoslovanski vakuumski kongres, Gozd Martuljek, 17.-20. april 1990
- (12.) sekcija vakuumaska metalurgija in tanke plasti; 43. posvetovanje o metalurgiji in kovinskih gradivih, Portorož, 7.- 9. okt.1992
- 13. slovensko vakuumsko posvetovanje; 1. posvetovanje o materialih, Portorož,6.-8. okt.1993
- 14. slovensko vakuumsko posvetovanje; 2. posvetovanje o materialih, Portorož, 5.- 7. okt. 1994
- 15. slovensko vakuumsko posvetovanje; 3. slovenska konferenca o materialih in tehnologijah, Portorož, 4.- 6. okt.1995
- 16. slovensko vakuumsko posvetovanje; 4. konferenca o materialih in tehnologijah, Portorož, 2.- 4. okt. 1996
- 17. slovensko vakuumsko posvetovanje; 5. konferenca o materialih in tehnologijah, 1.- 3. okt.1997
- Posvetovanje o netesnosti sistemov in naprav, Ljubljana, 22. okt. 1997 (41 udeležencev)
- 18. slovensko vakuumsko posvetovanje; 6. konferenca o materialih in tehnologijah, Portorož, 3.-5. nov. 1998
- 19. slovensko vakuumsko posvetovanje; 7. konferenca o materialih in tehnologijah, Portorož, 13.-15. okt.1999

Tabela 7. *Združene vakuumске konference*

1. 1979, Győr, Madžarska-Avstrija
2. 1981, Brunn am Gebirge, Avstrija-Madžarska
3. 7.-9. okt.1985, Debrecen, Madžarska-Avstrija-Jugoslavija
4. 20.-23. sept.1988, Portorož, Jugoslavija-Madžarska-Avstrija
5. 23.-27.sept.1991, Dunaj, Avstrija-Madžarska-Jugoslavija
6. 4.- 7. apr. 1995, Bled, Slovenija-Madžarska-Hrvaška-Avstrija
7. 26.-29. maj 1997, Debrecen, Madžarska-Avstrija-Hrvaška-Slovenija

Tabela 9. *Društvene strokovne ekskurzije in organizacija udeležbe na mednarodnih vakuumskih kongresih*

- 1.Org. udeležbe na 8. medn. vak. kong., Cannes, Francija, sept. 1980 (26 članov DVTS)
- 2.Org. udeležbe na 9. medn. vak. kong., Madrid, Španija, sept.- okt. 1983 (28 članov DVTS)
- 3.Ekskurzija, Leybold-Heraeus, Hanau-Köln, maj 1984 (35 članov DVTS; skupaj 46 udel. iz 17 del. organizacij)
- 4.Ekskurzija, MIPOT, Krmin, Italija, 6. okt. 1984
- 5.Ekskurzija, BALZERS, Liechtenstein (organizator DVT Hrvatske),1986
- 6.Org. udeležbe na 10. medn. vak. kong., Baltimore, ZDA, 27.- 31. okt. 1986
- 7.Ekskurzija, SATURNUS, Ljubljana, 23.6.1987, 30 udel.
- 8.Ekskurzija, EDWARDS HV, Crawley, Anglija, 14.- 15. sept. 1987
- 9.Ekskurzija, SATURNUS, Ljubljana, 7.3.1991, 24 udel.
- 10.Ekskurzija ISKRA, Center za elektrooptiko, Ljubljana, 21.5.1992 (40 udeležencev)
- 11.Ekskurzija, INŠTITUT ZA KOVINSKE MATERIALE IN TEHNOLOGIJE, Ljubljana, 1992, ogled delovanja vakuumске peči)
- 12.Org. udeležbe na 12. medn. vak. kong., Haag, Nizozemska, 12.-16. okt.1992 (20 članov DVTS)
- 13.Ekskurzija, VARIAN, Torino, Italija 28.10.1995 (32 članov DVTS)
- 14.Ekskurzija, SAES GETTERS, Milano, Italija, 14. junij 1996 (17 članov DVTS)
- 15.Ekskurzija, SINHROTRON ELETTRA, Trst, Italija, 16. junij 1998 (37 članov DVTS)
- 16.Ekskurzija, SATURNUS, AVTOOPREMA, Ljubljana, 17. dec. 1998

(V okviru JUVAK-a je bila organizirana udeležba na 3. medn. vak. kongresu v Stuttgartu, 1965; 16 udel.,4 referati)

DVTS - Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije - 40 let (1959 - 1999)

Vakuumska tehnika je ena najlepših, v zadnjem času pa - predvsem pri visokih tehnologijah - tudi vedno bolj uporabljanih tehniških panog. Je izrazito interdisciplinarnega značaja, saj s svojimi znanji posega na najrazličnejša znanstvena in tehnološka področja. Prisotna je v elektrotehniki, elektroniki, fiziki, kemiji, strojništvu, biologiji, medicini, farmaciji, vesoljski in jedrski tehniki, metalurgiji itd. V uporabi je vse več za današnji čas nepogrešljivih materialov in predmetov, ki so izdelani po vakuumskih postopkih; vendar je vakuum za povprečnega človeka dokaj odmaknjeno in skrivnostno področje.

Podpodročja vakuumске tehnike, ki so bila natančno opredeljena z mednarodnimi dogovori med tehniškimi panogami, so naslednja:

- tanke plasti
- vakuumška znanost (ki obsega predvsem ustvarjanje in merjenje vakuuma)
- nanotehnologije
- vakuumška metalurgija
- fizika plazme
- znanost o površinah in njena uporaba
- materiali za elektroniko in njih izdelava

Ni čudno, da so se nekateri tehniški izobraženci - pridni, bistri in radoznali, kot Slovenci smo - že pred 40 leti združili v asociaciji, ki je v naštetih zanimivih področjih slutila pomembnost skupnega dela za napredek naroda. Polni energije so 4 desetletja zavzeto delovali z vizijo dvigniti tehnološki nivo v slovenskem in jugoslovanskem prostoru ter pripeljali Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije (DVTS) do sedanjega jubilejnega trenutka. Zgodovina društva je bila že večkrat, in še posebej v zadnjih mesecih, precej podrobno opisana; želimo pa sedaj na kratko predstaviti sedanje stanje in nekaj misli za delovanje vnaprej.

Cilj delovanja DVTS je pomagati mladi državi na poti med bolj razvite, in člani skušamo to opravljati z naslednjimi aktivnostmi:

- organizacija nacionalnih in mednarodnih znanstveno-strokovnih srečanj
- vzgojno-izobraževalno delo (javna predavanja, priprava učnih programov na šolah in fakultetah, izobraževalni tečaji itd.)
- izdajanje znanstveno-tehnične revije Vakuumist in strokovnih knjig
- svetovalna in znanstveno-razvojno-projektantska dejavnost
- sodelovanje s sorodnimi organizacijami doma in v tujini
- dokumentacija, standardizacija in terminologija

V zadnjem obdobju se število članov Društva za vakuumsko tehniko giblje med 130 in 150. Izvršni odbor ima pet do sedem sej na leto. Trudimo se, da je občni zbor društva izveden redno in če je le možno ga kombiniramo s predstavitev kake tehnične zanimivosti. Naša revija "Vakuumist" izide na tri mesece in je razposlana na blizu 400 naslovov, od tega nekaj tudi

v tujino. Vsako jesen imamo slovensko vakuumsko posvetovanje, ki poteka v okviru Konference o materialih in tehnologijah v Portorožu, spomladi pa skupaj s hrvaškimi kolegi priredimo enodnevno strokovno srečanje. Nekateri naši člani uspešno delujejo na svojih raziskovalno razvojnih področjih in predstavljajo rezultate svojih raziskav tudi na mednarodnih strokovnih srečanjih. V lanskem letu smo z izjavo MZT pridobili status društva, ki deluje v javnem interesu na področju znanosti in tehnologije. Društvo je aktivni član mednarodne zveze za vakuumsko tehniko IUVSTA, zelo dobre povezave imamo z vakuumisti sosednjih dežel (Avstrije, Hrvaške, Italije in Madžarske), v domačem okolju pa smo vklopljeni v Elektrotehniško zvezo Slovenije-EZS in v Zvezo inženirjev in tehnikov Slovenije-ZITS.

Letos DVTS praznuje 40-letnico svojega obstoja. Štiri desetletja so že kar lepo obdobje in vsak zdrav organizem, ki se tega zave, nehote ne ostane ravnodušen.

Dohiteti tehnično razvitejšo državo za malo Slovenijo ni enostavno. Ali ji lahko na tej poti naše in sorodna društva tvorno pomagajo? Kakšna je vpetost strokovnih društev v slovensko gospodarstvo? Ali DVTS deluje v pravo smer? Ali sta domače znanje in tehnika potrebna za nacionalni obstoj? Kako pridobiti nova delovna mesta in posle s področij naših dejavnosti, kar je pomemben pogoj za ohranitev in za razvoj teh znanj. To so vprašanja, ki si jih ne postavljamo pogosto, je pa prav, da v sedanjem trenutku pomislimo tudi nanje. Kaj torej svetovati za uspešno in smiselno delovanje društva v bodoče?

Menimo, da moramo - za doseganje prej naštetih ciljev - nadaljevati aktivnosti, ki so že trdno utečene, poleg tega pa vpeljati oz. ojačati še naslednje:

- povečati zanimanje za naša specialna področja med mladimi,
- naše strokovnjake vključiti kot predavatelje v programe rednega izobraževanja na sr. in visokih šolah
- bolje seznanjati široko javnost z novostmi iz vakuumškega sveta,
- jasneje pokazati naše delovanje društva v tehniških krogih (ZITS, EZS; delovne organizacije, MZT,...)
- vpeljevati planiranje aktivnosti, navezovanje stikov, obveščanje članstva itd. preko interneta in elektronske pošte
- formiranje banke podatkov s področja vakuumške tehnike
- vzdrževati dobre odnose z institucijami, ki potrebujejo in podpirajo našo dejavnost. Njihovi strokovnjaki so veliko storili za napredek vakuumške tehnike v Sloveniji, objavili odmevna dela v domačih in mednarodnih revijah in tako pomebno prispevali k afirmaciji svojih delovnih organizacij.

Vabimo vas, strokovnjake, da se priključite oziroma da nadaljujete aktivno delovanje v Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, hkrati pa vam vsem želimo nadaljnjih uspehov na vašem strokovnem področju - tako v bližnji bodočnosti kot tudi v novem tisočletju.

mag. Andrej Pregelj
predsednik DVTS

KRATKA ZGODOVINA VAKUUMSKE TEHNIKE (Razvoj raziskovanja vakuuma in vakuumskih društev)

Stanislav Južnič*

A short history of vacuum technology
(The development of vacuum research and vacuum societies)

ABSTRACT

The article enumerates the basic advancement of vacuum pumps and other elements of vacuum systems. Parallel with the fundamental research we describe areas of vacuum technology application and manners with which they mutually stimulate each other. We also describe application and later research of vacuum technology in Slovenian territory.

POVZETEK

Razprava našteva temeljne izboljšave vakuumskih črpalk, merilnikov in drugih sestavnih delov vakuumskih sistemov. Vzporedno z njimi prikazuje področja uporabe vakuumске tehnike in išče vzrode, s katerimi se vakuumska tehnika in njena uporaba medsebojno spodbujata. Opisuje tudi poznavanje, uporabo in poznejše raziskovanje vakuumске tehnologije na Slovenskem.

1 Uvod

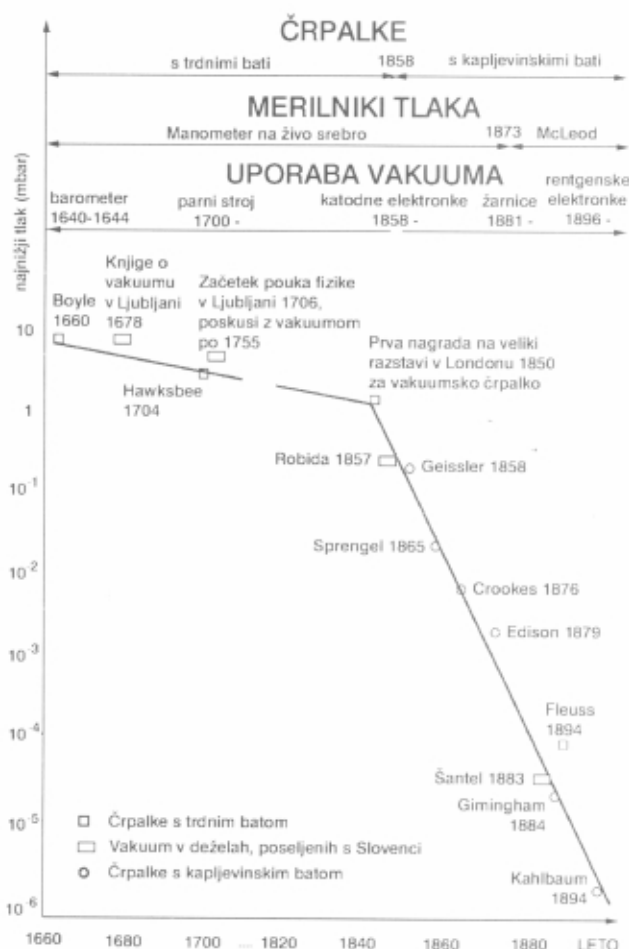
Graf najboljšega dosegljivega vakuuma v obdobju med letoma 1600 in 2000 prikazuje strme in konstantne dele. V ozadju se prepletajo gospodarske potrebe za uporabo vakuuma, ki spodbujajo temeljne izume in so same spodbujane od njih. Od zabavnega problema znanstvenikov sta se vakuum in nadtlak že v 18. stoletju z uporabo parnih strojev razvila v gibalni industrijske družbe. Pa tudi znotraj same vakuumске tehnike so do srede našega stoletja izboljšave črpalk spodbujale izume natančnejših merilnikov nizkega tlaka. Ob tem razvoju so drobce zdaj pomembnejših, drugič pa spet bolj obrobni raziskovanj prispevali tudi Slovenci.

2 Začetki raziskovanja vakuuma

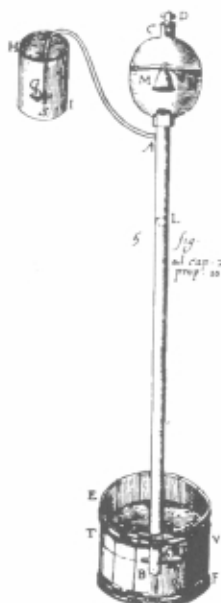
Bržkone je mladi Italjan Gasparo Berti leta 1640 ob svoji hiši v Rimu prvi postavil poskus, posvečen vakuumu. Svinčeno cev, dolgo čez 10 m, je napolnil z vodo in poveznil z odprtim koncem v rezervoar. Vendar mu ni uspelo prepričljivo pokazati, da vakuum ne prevaja zvonjenja iz cevi, kar bi imeli sodobniki za prepričljiv dokaz o obstoju vakuuma. O Bertijevem poskusu je leta 1664 poročal jezuit Kaspar Schott (1608-1666) v "Technica Curiosa", ki jo je leta 1678 ponujal tudi ljubljanski knjigarnar Mayr /1/. Tako so naši predniki v današnjih slovenskih deželah izvedeli za tedanje poskuse z vakuumom zelo hitro po prvih izvedbah.

Evangelista Torricelli je leta 1643 pod vplivom Bertija opisal podoben poskus v cevi z živim srebrom, ki je bil namenjen tudi merjenju zračnega tlaka. S tem je sledil obračanju antičnih vprašanj svojega učitelja Galileja. Namesto da bi raziskal, kako "horror vacui" (strah pred praznino) vleče Hg stolpec navzgor, je raziskoval, kako

* Dr. Stanislav Južnič je profesor fizike in računalništva na srednji šoli v Kočevju. Leta 1980 je diplomiral iz tehnične fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo, magistriral leta 1984 iz zgodovine fizike na Filozofski fakulteti v Ljubljani, kjer je leta 1999 tudi doktoriral.



Slika 1: Graf najboljšega dosegljivega vakuuma med letoma 1660 in 1900 po Redhead n.d., 1999, str. 142 z dodanimi dosežki na Slovenskem in uporabo vakuumске tehnike

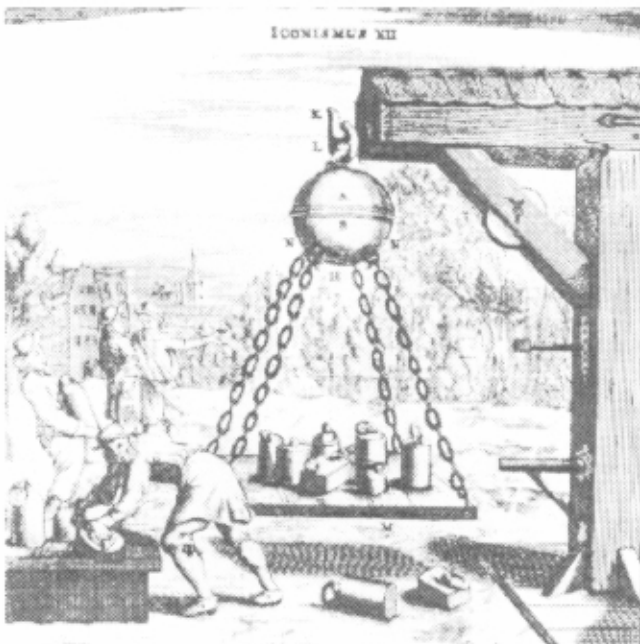


Slika 2: Bertijeva vakuum-ska naprava

ga zračni tlak na nasprotni strani potiska navzgor. S spremembo vprašanja je sam "strah pred praznino" postopoma izgubil pomen, saj ga je nadomestil pojem znižanega (zračnega) tlaka.

Torricellijev poskus je opravil drugi Galilejev učenec Vincenzo Viviani leta 1644. S tem je že dve tisočletji trajajoča razprava o obstoju vakuumu dobila trdno eksperimentalno podlago. Predvsem se je utrdila domneva o zračnem tlaku, odločilno potrjena po 15.11.1647, ko je Blaise Pascal (1623-1662) iz Pariza v pismu naročil svojemu svaku, da je uporabil barometer z okoli 4 kg Hg za merjenje tlaka na 1465 m visokem hribu Puy-de-Dôme v bližini okoli 1 km nižjega Pascalovega rojstnega kraja Clermont-Ferrand v Auvergne.

Leta 1650 je Otto von Guericke izumil zračno črpalko in štiri leta pozneje opravil znameniti poskus z magdenburškima polkrogla pred cesarjem Ferdinandom III. Habsburžanom v Regensburgu. Boyle je leta 1660 objavil meritve v vakuumu z živosrebrnim manometrom v zvonu, izpraznjenim z batno črpalko, ki jo je sestavil Robert Hook. Namerila sta do 8 mbar /2/. Von Guericke je ocenil tlak pri Torricellijevem poskusu na 13 mbar. Svoj Hg manometer je razvil tudi Boyle, gotovo pred letom 1660. Tako se je začelo večstoletno plodno tekovanje med črpalkami in manometri glede najnižjih tlakov, ki so jih še sposobni doseči oziroma meriti.



Slika 3: Von Guerickevi poskusi

Boylova dela so bila na voljo tudi pri ljubljanskem knjigarnarju Mayru leta 1678. Med njimi je bil tudi Tractatus de Aëre, bržkone latinski prevod 2. izdaje Boylovih New Experiments Physico-mechanical, Touching the Spring of the Air and its Effects iz leta 1662. Razprava je vsebovala tudi tabelo poskusov z redčenjem zraka do 42 mbar. V njej je Boyle zavrnil kritike Kircherjevega učenca, angleškega jezuita Francisca Linusa (1595-1675), profesorja v Liègu v Belgiji. Linus je domneval, da Hg v barometru drži do 0,76 m

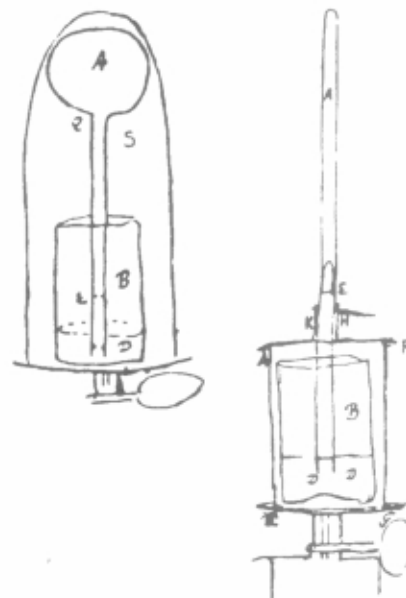
visoko nevidna membrana "funiculus", katere niti naj bi otipali, ko s prstom zatesnimo izpraznjen prostor. Boyle ga je zavrnil s poskusom, v katerem je s sesanjem dvignil stolp Hg na odprtem koncu barometra za 2,2 m više kot na zaprtem /3/.

Stopnjevanju zmogljivosti črpalk in manometrov so v naslednjih stoletjih botrovale tudi številne izboljšave na zaklopkah, konektorjih in pasteh v vakuumskih sistemih, ki so prispevali k nižanju tlaka. Te drobne izboljšave, predvsem pa natančno čiščenje površin, so se pokazale pomembne ob poskusih poznejšega člana Académie Royale de Paris (AR), Nizozemca Christiaana Huygensa. Leta 1660 in 1661 je opazil anomalno suspenzijo pri poskusih z "vakuumom v vakuumu". Očiščeno stekleno cev je napolnil z vodo, jo zaprl, obrnil in poveznil v zbiralnik z vodo. Voda v cevi je zaradi nastalega vakuumu stala višje od gladine zbiralnika. Vse skupaj je postavil pod zvonasto posodo, povezano s črpalko. Ko je izčrpal zrak, je pričakoval, da se bosta gladini vode v cevi in zbiralniku poravnali. Toda pogosto se gladina vode v cevi ni spustila, dokler ni naprave rahlo stresel.

Boyle, ki se je onstran Rokavskega preliva ukvarjal s podobnimi problemi, sprva ni verjel Huygensovim domnevam in je rezultat poskusa pripisal nečistočam. Po dveh letih natančnega čiščenja naprave pa sta tudi Boyle in Hooke dobila Huygensove rezultate z vodo in tudi z živim srebrom.

Tako Huygens kot Newton sta pojav pripisovala adheziji med dvema trdninama ali med trdnino in kapljevino. Medtem ko je Huygens menil, da adhezijo povzročajo delci etra, je Newton in po njem Nizozemec Muschenbroek vzrok pripisal negravitacijskim privlačnim silam med molekulami /4/.

Poskusi z vakuumom so ostali do druge polovice 19. stoletja predvsem zanimivost; denimo prikaz dušenja živali v brezračnem prostoru ali prevajanja zvoka,



Slika 4: Huygensova skica poskusa z "vakuumom v vakuumu" iz leta 1660 ali 1673 kot spoznanje o nujnosti natančnega čiščenja površin v vakuumski tehniki

toplote in svetlobe skozi vakuum. Eksperimenti so bili pogosto nevarni, npr. ob eksploziji osemkotne vakuumske posode, ki jo je Huygens izčrpal pred AR 14.4.1668 /5/. Bolj kot izboljševanje vakuuma so zato raziskovalce zanimali izumi priročnejših črpalk. Nekdanji Boylov učenec Francis Hauksbee (1670-1713) je 15.12.1703 kot Hookov naslednik na položaju pripravjalca poskusov pri Royal Society of London (RS) predstavil izboljšano črpalko z dvema batoma, ki jo je bilo veliko lažje uporabljati /6/. To je bila prva seja RS, ki jo je vodil njen novi predsednik Newton.

V naslednjih letih se je v ljubljanskem Jezuitskem kolegiju začel pouk fizike. Pozneje so ljubljanskim študentom predstavljali vakuum s poskusi na napravah, kupljenih leta 1755.

3 18. stoletje in prva polovica 19. stoletja brez temeljnih izumov na področju vakuumske tehnike

Vakuumsko tehnologijo so kmalu uporabili v industriji, predvsem pri parnih strojih. Že Huygensov raziskovalni program novo ustanovljene AR, ki ga je leta 1666 predložil mogočnemu ministru Jeanu Baptisti Colbertu (1619-1683), je skoraj v isti sapi v prvih točkah prepletal raziskovanje vakuumske črpalke in gibalne sile vodne pare /7/. Huygensov in nato Boylov ter Hookov asistent Denis Papin (1647-1712) je bil najbolj znamenit med možmi, ki so razvijali tako vakuumske črpalke kot parne stroje. Izum kuhanja pod visokim tlakom mu je leta 1680 prinesel izvolitev v RS. Idejo je gotovo lahko dobil že med službovanjem pri Boyleu, ki je že v šestdesetih letih vrel vodo pri navadni temperaturi in tlaku nižjem od 1/30 bar.

14.12.1687 je Papin svojo vakuumsko napravo za kroženje vode z redčenjem zraka predstavil pred RS, takoj za izvolitvijo Kranjca Janeza Vajkarda Valvasorja (1641-1693) v RS. Takrat so tudi prebrali prvi del Valvasorjevega pisma o pretoku vode skozi kraško podzemlje pod Cerkniškim jezerom na Kranjskem, ki je zlasti temeljilo na starejši teoriji jezuita Kircherja /8/. Po Papinovi predstavitvi je Newtonov prijatelj Edmund Halley (1656-1742) demonstriral polnjenje in praznjenje Cerkniškega jezera po Valvasorjevem opisu s tremi povezanimi posodami, nameščenimi na različne višine /9/. Tako smo bili tudi Kranjci, vsaj posredno, udeleženi pri pionirskih poskusih v raziskovanju vakuuma.

18. stoletje in prva polovica 19. stoletja nista prinesla večjih izboljšav vakuumske tehnike, saj ni bilo povpraševanja po boljšem vakuumu. Toliko bolj pa so na podlagi izkušenj vakuumistov iz 17. stoletja razvili gospodarsko obetavne parne stroje. V povezavi z njimi so pozneje raziskovali tudi visoke tlake; sprva predvsem Dunajčan Johann August Natterer (1821-1901) po letu 1844.

Zaradi dolgoletnega zastoja v prizadevanjih za doseganje čim boljšega vakuuma je Hauksbeejeva črpalka brez večjih sprememb prišla v prodajo še poldrugo stoletje po izumu. Leta 1850 je na Veliki razstavi v Londonu prvo nagrado dobila črpalka z dvojno cevjo, naoljeno svileno zaklopko in stožčastimi bati Watkina in Hilla. Dosegala je tlak 1,3 mbar, kar je bilo komaj šestkrat boljše od dve stoletji starejših Boylovih dosežkov. Sicer pa so tudi tedanji živosrebrni ma-

nometri merili le do 0,6 mbar. Naslednje leto 1851 je na Veliki razstavi v Londonu v mednarodni konkurenci zmagala črpalka Angleža Newmana, ki je še vedno temeljila na von Guericckovem izumu /10/.

Še naslednje leto je profesor kemije na Queen's College v Belfastu, Irec Thomas Andrews, morda nekoliko pretirano ugotavljal, da je Torricellijev vakuum nad stolpom Hg v barometru boljši od vakuuma, dosegljivega s črpalkami, saj je vseboval le Hg pare. Le redke tedanje črpalke so namreč dosegale 2,8 mbar. Vendar pa je bilo v Torricellijevem vakuumu mogoče opravljati le malo fizikalnih poskusov, denimo razširjanje zraka v zaprtem balonu, ki so ga v vakuum postavili pri Accademiji del Cimento. Zato so raziskovalci raje pridobivali vakuum s črpalkami, ki jih je sam Andrews leta 1852 izboljšal s kemično metodo črpanja. Dve leti pred tem je na Dunaju obiskal profesorja kemije, kristalografa Antona Schrötera von Kristellija (1802-1875), pa tudi Postojnsko jamo in Idrijski rudnik. V Idriji so tiste čase nakopali večino Hg za barometre, tako da je prav tam Andrews lahko dobil idejo za svoje raziskave nizkih tlakov /11/.

Leta 1859 je pariški inženir Henri Giffard (1825-1882) uporabil princip dinamičnega tlaka v svoji brizgalki ali črpalci na curke vodne pare. Istočasno je Schimper sestavil črpalko na pihanje, "Blasepumpe", ki se je hitro uveljavila pod različnimi imeni, npr. kot "razpršilna" črpalka.

4 Skokovit napredek vakuumske tehnike po izumu katodne elektronke v drugi polovici 19. stoletja

V drugi polovici 19. stoletja so izboljševali vakuum predvsem na tri načine: z izboljševanjem tesnjenja ob uporabi popolnoma steklenih sistemov, brez gumijastih in drugačnih delov, s toplotno obdelavo stekla za odstranjevanje adsorbiranih plinov in z izboljšanimi črpalkami s kapljevinskim batom.

Številne izboljšave črpalk so sledile novim laboratorijskim potrebam raziskovalcev katodnih cevi, med njimi najprej poskusom Juliusa Plückerja (1801-1868) na univerzi v Bonnu. Ta je leta 1854 prosil prijatelja, lastnika steklopihaške trgovine in delavnice Heinricha Geisslerja, naj izboljša črpanje vakuuma. Namesto trdnega bata je Geissler uporabil kapljevinskega iz živega srebra v stekleni cevi in že leta 1855 dosegel 0,1 mbar. V prvih mesecih leta 1857 so cevi preizkušali v Plückerjevem fizikalnem kabinetu v Bonnu. Izum je Plücker julija 1857 predstavil renskemu Društvu naravoslovcev in zdravnikov, pozneje pa še na 33. srečanju nemških naravoslovcev in zdravnikov. V prvih dveh ceveh, ki jih je Geissler dostavil po naročilu, je vakuum vseboval predvsem pare Hg in atmosferski zrak, manj pa eteričnih olj, vodika in fosforja. Uporabljal je elektrodi iz platine. Plücker je leta 1857 prvi uporabil naziv "Geisslerjeva cev" /12/, napravo pa je prvi podrobneje opisal W.H.T. Mayer naslednje leto v Berlinu /13/.

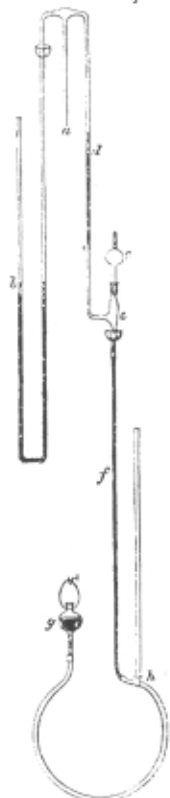
Geisslerjevo črpalko sta med drugimi izboljšala August Töpler (1836-1912) na univerzi v Jeni leta 1862 in Johann Christian Poggendorff (1796-1877) na univerzi v Berlinu leta 1865. Vplivni Poggendorff, urednik vodilnega nemškega fizikalnega časopisa Ann. Phys., je opisal idejo črpalke na Hg kot "zelo staro, prav tako

staro kot črpalka sama. Geisslerja moramo imeti za iznajditelja zato, ker je prvi sestavil praktično uporabno črpalko" /14/. Nič kaj pohvalna trditev je bila odsev dolgoletnega spora med fiziki iz Berlina in Bonna, zaradi katerih je bilo Plückerjevo delo bolj kot v domači Nemčiji priznано v Angliji, kjer so ga sproti prevajali. Tako niti ni bilo prave povezave med Plückerjevimi in Hittorfovimi raziskovanji svetlobe v katodnih elektronkah in sočasnimi raziskavami spektralne analize Gustava Roberta Kirchhoffa (1824-1887) in Roberta Wilhelma Bunsena (1811-1899) na univerzi v Heidelbergu po letu 1858. Tam sta sprva raziskovala le spektre navadnih kovinskih par in nista opazila, da bi se spekter istega plina lahko spreminjal pri različnih pogojih žarenja /15/. Uporabljala sta gorilnik, ki ga je leto pred tem sestavil Bunsen. O svojih raziskovanjih je Kirchhoff prvič poročal 6.10.1859 in 27.10.1859 pred Berlinsko akademijo, seveda brez omembe Plückerja. Raziskovanji žarenja par s spektroskopom in v katodnih elektronkah sta se povezali šele sredi sedemdesetih let, ko je predvsem William Crookes zaporedoma dosegel uspehe na obeh področjih.

Nemec Hermann Sprengel je leta 1865 v Londonu opisal črpalko, v kateri je vrsta živosrebrnih kapljic zajemala dele plina v stekleni cevi in jih odnašala proč. Leta 1869 je Bunsen po Sprengelovi metodi sestavil "Wasserluftpumpe", ki so jo kmalu razvili v številnih različicah.

Podobno metodo je uporabil tudi goriški gimnazijski profesor, Slovenec, Anton Šantel (1845-1920) v svoji izboljšani živosrebrni črpalki leta 1883. Šantel je bil Boltzmanov svak in občasni sodelavec, Töpler pa Boltzmanova poročna priča. Tako sta se gotovo poznala in sodelovala vsaj v času Töplerjeve profesure na univerzi v Gradcu med letoma 1868 in 1876.

Boljše črpalke so zahtevale boljše merilnike vakuum, ki so se posrečili Angležu H.G.McLeodu 13.6.1874. Njegov merilnik je temeljil na stiskanju plina s stolpom

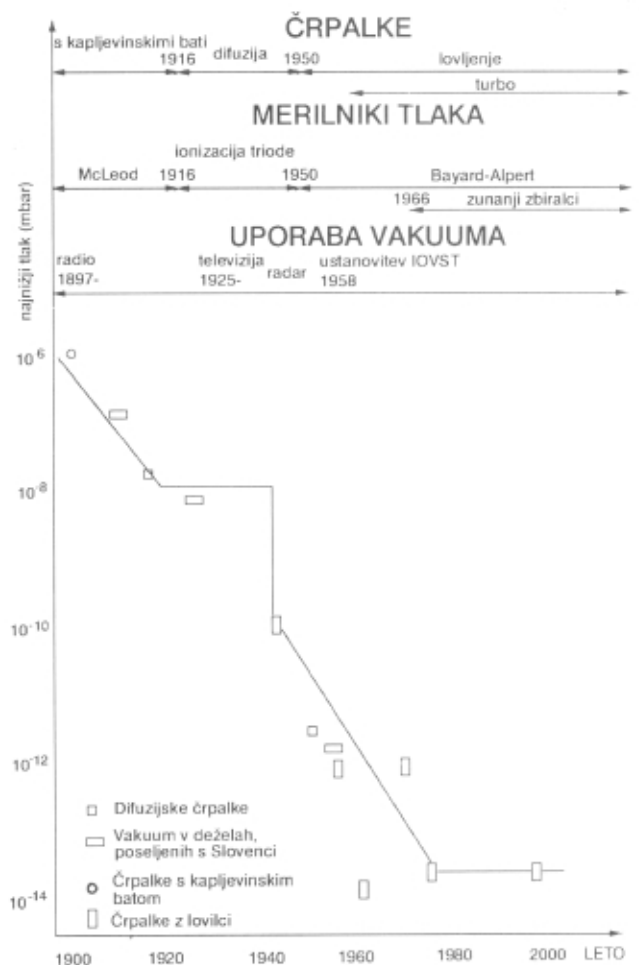


Slika 5: McLeodov manometer

živega srebra do merljivega višjega tlaka, iz katerega potem po Boylovem zakonu izračunamo prvotni tlak do milijoninke mbar.

Crookes in njegov asistent Charles H. Gimmingham sta 1873 sestavila črpalni sistem s Sprengelovo črpalko in dosegla $2 \cdot 10^{-5}$ mbar po poznejšem McLeodovem manometru. Vendar McLeod ni meril tlaka plinov, ki so, tako kot vodna para, kondenzirani pri navadnih tlakih. Zato morda njun vakuum vendarle ni bil tako dober. Cilj Crookesovih in Gimminghamovih raziskav v šestdesetih letih je bil natančno merjenje atomskih mas v vakuumu, predvsem novo odkritega talija. Zato sta v sedemdesetih letih skušala doseči popoln vakuum, v katerem tokovi preostalih molekul ne bi motili tehtanja. Sprengelovo črpalko sta izboljšala še s kemičnimi metodami črpanja, ki jih je leta 1852 odkril Irec Thomas Andrews (1813-1885). Do poletja 1873 sta že dosegla vakuum, ki je preprečeval tok iz Ruhmkorffovega induktorja /16/.

Junija 1874 je Crookes izboljšal svoj vakuumski sistem z zračnimi pastmi ter kemičnimi agenti za absorpcijo preostalih plinov in je, po Dewarjem nasvetu, uporabil oglje kot "geter". Program za doseganje popolnega vakuum je dokončno opustil šele sredi osemdesetih let.



Slika 6: Graf najboljšega dosegljivega vakuum med letoma 1900 in 2000 po Redheadu, n.d., 1999, str.144 z dodanimi dosežki na Slovenskem in uporabo vakuumske tehnike

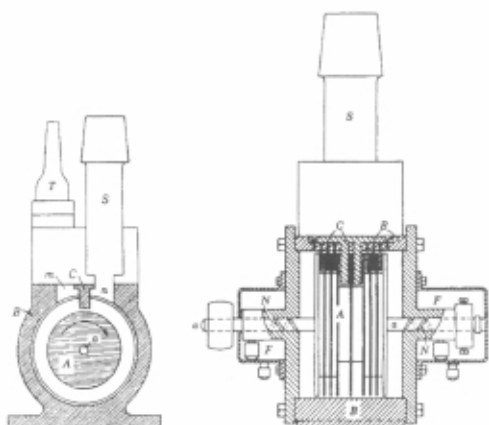
5 Prodor vakuumske tehnike v industrijo konec 19. in v začetku 20. stoletja

Edison je zelo hitro prevzel Crookesovo vakuumsko tehniko in jo uporabil v industriji. Številni drugi raziskovalci so podobno vakuumsko tehniko uporabljali v temeljnih raziskavah, med njimi Röntgen in J.J. Thomson, ki je uporabljal Töplerjevo črpalko. Leta 1897 je odklanjal elektrone z elektrostaticnim poljem, kar se njegovim predhodnikom v slabšem vakuumu ni posrečilo.

Za potrebe industrije žarnic so močno izboljšali črpalke s trdnimi bati. Tako je Nemeec Fleuss leta 1892 vložil in naslednje leto dobil nemški patent za batno črpalko, tesnjeno z oljem, ki je imela mehansko premakljive zaklopke. Naprave se je v čast von Guericcka prijelo ime "Gerykova črpalka" in je dosegala $2 \cdot 10^{-4}$ mbar. Kljub slabšemu vakuumu je imela prednost pred starejšimi črpalkami s kapljevinskim batom, ker jo je lahko poganjal motor. Uporabljali so jo v industriji žarnic, vse dokler ni 7.9.1905 Gaede, asistent na univerzi v Freiburgu, patentiral črpalko s krožnim delovanjem in živosrebrnim batom, ki jo je prav tako lahko poganjal motor. Z njo je dosegal 10^{-6} mbar, zato je bila zelo uporabna v industriji žarnic in katodnih elektronk. Stekleno ohišje starejših črpalk je Gaede nadomestil s kovinskim, vrtljivi boben pa si je dal narediti iz porcelana.

Max Paul Wolfgang Gaede (1878-1945) je bil rojen v družini pruskega topniškega oficirja in se je zato pogosto selil po Nemčiji. V Freiburgu je študiral najprej medicino in nato diplomiral iz fizike leta 1901 pri Franzu Himstedtu, ki se je odlikoval s poskusi v elektrodinamiki. Kot Himstedtov asistent je 26.2.1904 prvič omenil svoje poskuse v vakuumu.

Po vojni je Gaede leta 1919 dobil redno profesuro v bližnjem Karlsruheju. Njegovi izumi so bili nepogrešljivi v fizikalnih laboratorijih. Zato je bil, sicer neuspešno, predlagan za Nobelovo nagrado, tudi od strani poznejših nacistov, kot je bil fizik Johannes Stark (1874-1957). Vseeno so ga nacistične oblasti 30.6.1934 na zelo ponižujoč način spravile ob profesuro na univerzi. Da bi vendarle lahko nadaljeval delo, mu je Leybold namestil laboratorij in trgovino v domači hiši. Vendar se je Gaede leta 1940 skupaj z laboratorijem raje preselil v München, kjer je kmalu po koncu vojne umrl.



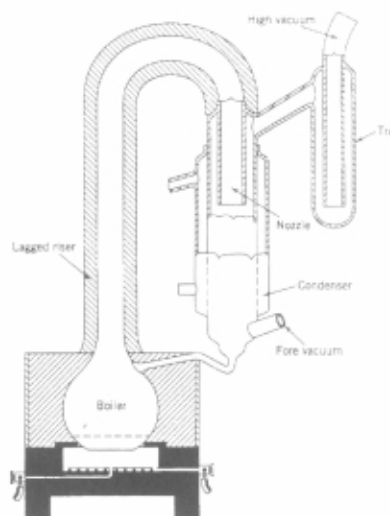
Slika 7: Gaedova molekularna črpalka iz leta 1912



Slika 8: Wolfgang Gaede (1878-1945)

Gaede je še svežo iznajdbo demonstriral na 77. srečanju Nemških naravoslovcev in zdravnikov v Meranu in požel veliko pozornosti in ponudb. Gaedovo poročilo s srečanja je pozneje prebral tudi 11 let starejši kemik Alfred Schmid, sin lastnika strojne trgovine E.Leybold's Nachfolger. Prav tisti čas je bilo podjetje v težavah, ker je konkurenca dobila licenco za proizvodnjo "Gerykovih črpalk". Zato se je Schmidt februarja 1906 s prvim vlakom odpravil v Freiburg in 23.4.1906 podpisal pogodbo z Gaedejem. S tem se je začelo eno najbolj plodnih sodelovanj med znanstvenikom in industrijo, ki je trajalo 38 let.

Že naslednje leto je Leybold opremil Gaedeju lasten laboratorij s strojno trgovino, ki je leta 1912 postal del univerze. Istega leta je Gaede izumil črpalko, ki jo je imenoval "molekularno". Prvih 60 črpalk nove vrste je Leybold prodal še istega leta, skupno 300 pa do leta 1923. "Molekularne" črpalke so razvijali naslednja tri desetletja in z njimi dosegali 10^{-7} mbar.



Slika 9: Langmuirjeva živosrebrna difuzijska črpalka iz leta 1916

Gaede (1915) in Američan Irving Langmuir (1881-1957) z General Electrics (1916) sta neodvisno izumila difuzijsko črpalko z živosrebrno paro, prvo vakuumsko črpalko brez premikajočih se delov. Oba uspešna izumitelja sta imela poseben samostojen položaj pri vodilnem industrijskem podjetju svoje države, kar jima je omogočalo izjemna odkritja.

Leta 1928 je C.R. Burch iz Metropolitan-Vickers v Angliji izumil difuzijsko črpalko z oljem. Difuzijske črpalke s končnim tlakom do 10^{-8} mbar so bile najpogostejše uporabljane za visoki vakuum, dokler leta 1958 niso postale dosegljive črpalke na ionsko naprševanje.

Slovenci brez domačega akademskega središča v prvi polovici 20. stoletja nismo sodelovali pri temeljnih raziskavah v vakuumski tehnologiji. Zato pa so naši rojaki Julij Nardin, Anton baron Codelli in Vladimir Šlebinger pomembno prispevali k uporabi vakuuma pri razvoju televizije.

6 Vakuumisti v "BIG SCIENCE" druge polovice 20. stoletja

Merilniki nizkih tlakov so pred prvo svetovno vojno zaostajali za dosežki črpalk. Leta 1916 je O.E. Buckley poročal o ocenjevanju nizkih tlakov s pogostostjo ionizacij na vroči triodi. Njegov merilnik se je uporabljal do srede stoletja za meritve do 10^{-8} mbar. Pri nižjih tlakih nastajajo mehki rentgenski žarki zaradi obstreljevanja anode z elektroni, kar so vedeli proizvajalci katodnih elektronk, ne pa tudi njim sorodni raziskovalci vakuumске tehnologije pred letom 1947. Ko je bil problem končno jasno postavljen, ni bilo treba več dolgo čakati na rešitev, ki jo je Denis Alpert iz Westinghouseovih raziskovalnih laboratorijev predstavil leta 1950 na MIT. Uporabil je ionski zbirnik iz tankega vodnika v osi črpalke, ki je močno znižal pretok mehkih rentgenskih žarkov iz mrežice. Tako je omogočil meritve do 10^{-11} mbar. Obenem je predložil uporabo povsem kovinskih zaklopk za izolacijo sistema od črpalk, uporabljenih pri višjih tlakih, in uporabo ionizacijskega merilnika kot glavne črpalke pri nizkih tlakih. S tem je dotlej samostojen razvoj črpalk in merilnikov po treh stoletjih združil v enotno napravo.

Alpertove ideje so pozneje razvijali v smeri črpalk s pastmi, ki niso več odstranjevale plina iz sistema, temveč so molekule plina raje lovile na površine znotraj sistema. Ideja je sprožila hitre izboljšave, ki so kmalu znižale mejo vakuuma od 10^{-8} na 10^{-11} mbar.

Čeprav so prve monografije o vakuumski tehnologiji objavljali že raziskovalci prejšnje generacije med letoma 1906 in 1926, so šele ob teh uspehih vakuumisti začeli obravnavati svoje delo kot samostojno panogo znanosti. Morda je desetletjem zamude pri razvoju tega občutka botrovala zavezanost različnim panogam znanosti, ki tvorijo vakuumsko tehniko, prikrivajoč skupni imenovalec vakuumskih raziskav.

Tako se je šele E. Holweck leta 1939 uspešno zavzemal za ustanovitev nacionalnih vakuumskih družb. Njegova pobuda je zaradi vojne morala počakati na neko sobotno popoldne v novembru 1944, ko so se francoski vakuumisti sestali v sloviti pariški gostilni blizu Saint Germaina. Razpravljali so, ali naj ustanovijo zvezo ali znanstveno družbo. Konec večera je prevladalo zadnje mnenje in 10.3.1945 je 19 članov ustanovilo družbo /17/.

Osem let pozneje so ustanovili podobno organizacijo v ZDA. Dne 18.6.1953 se je v New Yorku sestalo 53 raziskovalcev in ugotovilo potrebo po ustanovi, ki bi razpravljala o problemih in uporabi tehnologije visokega vakuuma. Šest dni pozneje je bil organiziran prvi sestanek Committee on Vacuum Techniques. Do formalne ustanovitve je prišlo 19.10.1953 v Massachusettsu. Prvi nacionalni simpozij z 295 udeleženci in 35 razpravami je bil med 16. in 18.6.1954 v Asbury Parku, New Jersey. Leta 1957 so člani izglasovali spremembo imena v American Vacuum Society, Inc. (AVS). Od 2000 do 3000 članov AVS med letoma 1964 in 1980 je v začetku devetdesetih let članstvo naraslo na 6000. Septembra 1964 so pri AVS ustanovili Journal of Vacuum Science /18/.

5.5.1958 so vakuumsko družbo ustanovili tudi na Japonskem. Sredi petdesetih let je bilo že veliko stikov med vakuumskimi organizacijami Francije, ZDA, Zahodne Nemčije, Japonske, Švedske, Italije in Belgije.

Že leta 1948 je član Francoskega vakuumskega društva Robert Champeix predložil načrt za Mednarodno vakuumsko konferenco leta 1949 ali 1950, vendar je predlog padel v vodo zaradi gmotnih težav. Pobudo je pozneje prevzela belgijska sekcija za vakuumsko tehniko, ustanovljena leta 1954, ki je leta 1956 resno predložila mednarodni vakuumski kongres. IOVST je bil ustanovljen 13.6.1958 na 1. mednarodnem kongresu o vakuumski tehnologiji; prvem velikem mednarodnem srečanju 522 vakuumistov iz 26 držav, povezanim s tedanjo svetovno razstavo v Bruslju. Le nekaj mesecev pozneje je bila leta 1959 ustanovljena predhodnica DVTS kot sekcija za vakuumsko tehniko pri Elektrotehniškem društvu Slovenije.

IOVST je bil 8.12.1962 preimenovan v IUVSTA, ko je postal mednarodno združenje nacionalnih vakuumskih organizacij z 10 ustanovnimi člani s sedežem v Bruslju /19/. Sredi šestdesetih let so številne države že imele profesionalne vakuumске družbe ali nacionalne odbore posvečene vakuumu.

7 Sklep

Organizacije vakuumistov so strokovne združbe, vendar pa pomagajo tudi pri premagovanju težav prestrukturiranja, ko stagnira klasična proizvodnja katodnih elektronk, odpirajo pa se nova področja uporabe. Seveda pa organizacija ne more vplivati na omejitve, ki jih postavlja narava sama. Tako je leta 1977 C. Benvenuti v CERN-u dosegel 10^{-14} mbar, kar že nad dve desetletji ostaja najnižji tlak, dosegljiv pri sobni temperaturi. Neuspešnost pri doseganju vedno boljšega vakuuma je podobna tistemu med letoma 1920 in 1950 /20/.

Zgodovinska raziskava le stežka lahko razkrije vzroke, ki zavirajo napredek k boljšemu vakuumu, še težje pa nakaže prijeme, ki bi utegnili peljati k presežanju sedanjega stagnacije. Je pa zanimiva sama po sebi.

Literatura

- /1/ Catalogus Librorum qui Nundinis Labacensibus Autumnalibus in Officina Libraria Joannis Baptistae Mayr, Venales proffant. Anno 1678. Ponatis pri Mladinski knjigi, Ljubljana, 1966
- /2/ Paul Aveling Redhead, The ultimate vacuum, Vacuum 53 (1999) str.137-138

- /3/ Boyle, Defensio contra Franciscum Linum. Linus je bil posebno znan po polemiki z Newtonom glede teorije barv, ki jo je vodil tik pred smrtjo preko RS v Londonu. Ne gre ga zamejnjevati z drugim jezuitom podobnega imena Francescom Tertio de Lana (1631-1687), avtorjem *Magisterium Naturae et Artis, Opus Physico-Mathematicum*, tiskane leta 1684 in 1686 v Bruslju, ki so jo v ljubljanskem jezuitskem kolegiju nabavili leta 1754.
- /4/ M.J. Sparnaay, *Adventures in vacuum*, North-Holland, 1992, str. 47-50; Newton, *Opticks*, 1717, Query 31. Raziskave elektromagnetnih vzrokov efekta, imenovanega po Nizozemcu Hendriku B.G. Casimirju (r.1909), so leta 1948 pokazale, da je bil Newton bližje resnici.
- /5/ Spaarnay, n.d., 1992, str. 53
- /6/ Hauksbee (tudi Hawksbee), An experiment to show the causes of the descent of the mercury in the barometer in a storm, *Phil. Trans.* 1704; *Physico-mechanical Experiments on various subjects*, London, 1709
- /7/ Spaarnay, n.d., 1992, str. 55
- /8/ Valvasor, *Phil. Trans. London* 1687, Nr. 191, str. 411-426; *Acta Eruditorum*, Leipzig, 1689, str. 634-644; Athanasius Kircher, *Misurgia universalis sive ars magica consoni et dissoni in X libros digesta*, Romae, Cerbelletti, 1650, 9. knjiga, 2. del, 7. poglavje; Gaspar Schott, *Magia universalis naturae et artis sive recondita et artificialium rerum scientia*, Bambergae, Schönwetter, 1677, 2. del, 4. knjiga; Schott, *De magia phonurgica*, zadnje poglavje, str. 214; Branko Reisp, *Korespondenca Janeza Vajkarda Valvasorja z Royal Society*, SAZU, Ljubljana, 1987, str. 78
- /9/ Reisp, n.d., 1987, str. 7, 97-100 in 102-104. Morda je Valvasor srečal 6 let mlajšega Papina, ko je med letoma 1665 in 1672 potoval tudi po Franciji in Angliji.
- /10/ Theodore E. Madey, *Early applications of vacuum, from Aristotle to Langmuir*, v Theodore E. Madey (ed.) *History of vacuum science and technology*, AIP, 1984, str. 11; Redhead, n.d., 1999, str. 139
- /11/ Thomas Andrews (1813-1885), On a method of obtaining a perfect vacuum in the receiver of an air-pump, *Phil. Mag.* 1852, ponatis v *The scientific papers of the late...*, London, 1889, str. XXIV in 223-224. Od leta 1861 dalje Andrews ni več raziskoval nizkih temveč visoke tlake. Poizkušal je utekočiniti pline, ki so dotlej veljali za "permanentne". S tem je začel dolgoletno tekmo za doseganje absolutne temperaturne ničle in s svojo teorijo kritične točke vplival na več generacij raziskovalcev.
- /12/ Über die Einwirkung des Magneten auf die elektrischen Entladungen in verdünnten Gasen, *Ann. Phys.* 103 (1857) str. 88-89
- /13/ Über das geschlechtete elektrische Licht, Berlin, 1858. Heinrich Geissler (1814-1879) iz Igelshieba v Thüringiji je bil tudi pomemben fizik. Leta 1868 je opisal svetlikanje v katodni cevi in v Torricelijevem Hg-vakuumu v cevi, ki jo je drgnil z mačjo dlako. Svetlikanje je trajalo eno minuto, njegova barva pa je bila odvisna od temperature in od narave plina v cevi. Predložil je uporabo pojava v Davyjevih svetilkah. Opazovanj še ni znal povezati z drugimi, tedaj znanimi luminescenčnimi pojavi (*Neue Erfahrungen im Gebeite der elektrischen Lichterscheinungen*, *Ann. Phys.* 135 (1868) str. 333 in 335)
- /14/ *Ann. Phys.* 125 (1865). *Lehrbuch der Experimentalphysik* bearbeitet von Dr. Adolph Wüllner, 3. izdaja, Leipzig, 1870, str. 365-366.
- /15/ Felix Klein, *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert*, Springer, Berlin, 1926, ruski prevod 1989, Nauka, Moskva, str. 138
- /16/ Robert K. DeKosky, William Crookes and the Quest for Absolute Vacuum in the 1870s, v Madey, n.d., 1984, str. 84 in dalje
- /17/ J.M. Lafferty, *History of the International Union for Vacuum Science, Technique and Applications*, International Union for Vacuum Science, Technique and Applications, 1986, 2:1989, str. 43
- /18/ Jack H. Singleton, *The American Vacuum Society at 40*, v zborniku *Vacuum Science and Technology* (ed. Redhead), AIP Press 1994, str.1-2 in 6
- /19/ Lafferty, n.d., 1989, str.1-2
- /20/ Redhead, n.d., 1999, str.146



INŠTITUT ZA TEHNOLOGIJO POVRŠIN IN OPTOELEKTRONIKO, zavod
INSTITUTE OF SURFACE ENGINEERING AND OPTOELECTRONICS

Teslova 30, 1000 Ljubljana, Slovenija

Tel.:(+386 61) 126 45 92, Fax (+386 61) 126 45 93

Inštitut za tehnologijo površin in optoelektroniko je bil ustanovljen v jeseni leta 1995 z namenom, da se poveča aktivnost in kvaliteta dela na specializiranih raziskovalnih področjih. Opravlja temeljne aplikativne in razvojne raziskave na področju naravoslovja in tehnologij. Dobro sodelujemo z najpomembnejšimi slovenskimi inštituti, obema univerzama in z industrijo ter s priznanimi institucijami v tujini.

Osnovne dejavnosti ITPO-ja so:

tehnologija in preiskava površin, faznih mej, tankih plasti in kompozitnih materialov (AES, SAM, TFA, EM, EDX, WDX), vakuumska optoelektronika, miniaturne katodne cevi, elektroluminiscentni materiali, tehnika visokega in ultravisokega vakuuma, obdelava površin s plazmo, svetovanje na področju vakuumske tehnike in merjenja vakuuma, vakuumska ploskovna izolacija in sodelovanje pri izgradnji žarkovnih linij na sinhrotronih ter steklopihaška dela.

VAKUUMSKA MOLEKULARNA DESTILACIJA

Bojan Povh¹, Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 1000 Ljubljana

Vacuum molecular distillation

ABSTRACT

In the paper the principle and design of laboratory and industrial plants for the distillation of high-boiling and heat-sensitive compounds in the fine and high vacuum range are explained. The distillation in the vacuum range requires not only appropriate vacuum pumps but also special apparatus and machines. Different distillation procedures are explained and various types of apparatus are described. The advantages of vacuum molecular distillation are also found and various fields of application are described.

POVZETEK

V prispevku smo opredelili glavne pojme pri vakuumski destilaciji toplotno občutljivih spojin z visokim vreliščem. Pri vakuumski destilaciji potrebujemo ne le primerne vakuumske črpalke, ampak tudi posebne naprave. Pojasnili bomo različne destilacijske postopke in v zvezi z njimi opisali različne vrste naprav za destilacijo ter njihove posebnosti. Utemeljili bomo prednost molekularne destilacije in navedli konkretne primere in področja uporabe.

1 Uvod

Destilacija je postopek, s katerim separiramo komponente zmesi (destilanda) na osnovi različno močnega (hitrega) izparevanja. Destiland moramo ogrevati, pare pa kondenzirati na hlajeni površini. Kondenzat imenujemo destilat in v njem je več bolj hlapnih komponent. V ostanku je, nasprotno, manj bolj hlapnih in več manj hlapnih komponent, kot jih je v prvotni zmesi. Postopek lahko ponavljamo (v splošnem z drugačnima temperaturama izparevanja in kondenzacije), dokler ne dobimo predpisane čistote. Če znova destiliramo vsakokratni ostanek, mu bolj hlapno komponento (ali komponente) vse bolj odvezujemo; če pa znova destiliramo vsakokratni destilat, ga z bolj hlapno komponento vse bolj bogatimo.

2 Fizikalne osnove

Vsaka sestavina destilanda ima svojo hlapnost, ki jo bomo definirali kot razmerje njenega molskega deleža v parni fazi (y) proti njenemu molskemu deležu v tekoči fazi (x). Za separacijo dveh komponent, npr. št. 1 in št. 2, je pomembna njuna relativna hlapnost (α_{12}), tj. razmerje hlapnosti komponent:

$$\alpha_{12} = (y_1/x_1) : (y_2/x_2) \quad (1)$$

Čim večje je to razmerje (bolj hlapno komponento označimo s št. 1), tem boljša je separacija; pri $\alpha_{12} = 1$ pa separacija z destilacijo ni možna.

Pri višjih tlakih (vključno s področjem grobega vakuuma) pride v destilacijski napravi pri definirani temperaturi vsaj približno do ravnovesja med paro in tekočino. Zato lahko možnost separacije ocenjujemo

kar iz podatkov za fazna ravnovesja. Razmerje ipsilonov je po Daltonu kar enako razmerju parcialnih tlakov. Za parcialne tlake posameznih komponent velja za primer idealnih raztopin Raoultov zakon:

$$p_i = x_i p_i^0 \quad (2)$$

kjer je p_i^0 parni tlak čiste i -te snovi pri isti temperaturi. Ker je molski delež v zmesi manjši od 1, je pri idealnih raztopinah vedno $p_i < p_i^0$. (Idealne so tedaj, kadar ne pride do izraza molekularna interakcija ali »aktivnost« med različnimi komponentami. To bo gotovo pri zmesih spojin s podobno kemijsko strukturo, npr. metanol-etanol, benzen-toluen, ali pa, če je x_i zelo blizu 1, torej je drugih komponent v zmesi le malo.) V splošnem je treba na desno stran enačbe (2) vstaviti še koeficient aktivnosti γ_i , ki je odvisen tudi od sestave raztopine, ne le od temperature. (Ti podatki so le delno objavljeni, zato je navadno treba konkretno separacijo preiskati eksperimentalno.) Iz navedenega takoj sledi, da je relativna hlapnost v primeru veljave Raoultovega zakona kar enaka p_i^0/p_j^0 , v splošnem pa $\alpha_{12} = \gamma_1 p_1^0 / \gamma_2 p_2^0$.

Če destiliramo pri atmosferskem tlaku, imamo opraviti z razmeroma visokimi parnimi tlaki, za katere so potrebne ustrezno visoke temperature. Uporaba vakuuma je nujno potrebna, kadar destiliramo snovi, ki visokih temperatur ne bi brez škode prenesle (ali takih, ki jim bi atmosferski kisik škodoval). Dodatna prednost je, da se krivulje parnih tlakov različnih snovi proti nižjim temperaturam praviloma razmikajo. Zato se relativna hlapnost praviloma večja in separacija postaja bolj učinkovita, če gremo k nižjim temperaturam oz. k nižjim tlakom.

V področju srednjega vakuuma se začneja t.i. molekularna destilacija, pri kateri je izparevanje kontrolirano samo s hitrostjo izhajanja molekul iz proste površine tekočine in molekule na poti h kondenzatorju ne ovirajo druge. Po Langmuirju izhaja iz enote površine v časovni enoti približno toliko molekul, kot bi jih šlo iz odprtine v posodi z ravnostnim parnim tlakom pri enaki temperaturi. To število podajajo znan izraz iz kinetične teorije plinov, namreč $n\bar{v}/4$. Če gostoto molekul n izrazimo s tlakom p , povprečno hitrost \bar{v} pa z maso molekule μ in temperaturo, dobimo $p/\sqrt{2\pi kT\mu}$.

Če prejšnji izraz delimo s korenem Avogadrovega števila, dobimo število izparelih molov: $p/\sqrt{2\pi RTM}$, kjer je M molska masa. Če pa izraz pomnožimo še z molsko maso, dobimo izparelo maso (w) v gramih. Za označene enote velja številna zveza:

$$w \text{ (g/cm}^2\text{s)} = 0,0438 p \text{ (mbar)} \sqrt{M/T} \quad (3)$$

Pri mešanici več spojin so ravnostni tlaki komponent podani z (2), v splošnem še z dodatnimi koeficienti aktivnosti γ_i . Če sta molska deleža dveh komponent zmesi v tekoči fazi npr. x_1 in x_2 , izpari v enoti časa naslednje število molov prve komponente: konst. $\gamma_1 x_1 p_1^0 / \sqrt{M_1}$; analogno velja za drugo kompo-

¹ Mag. Povh je upokojeni sodelavec Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko iz Ljubljane, ki je pred leti v okviru raziskovalne naloge obdelal to področje. Tekst je za objavo priredil urednik Vakuumista.

nento: konst. $\gamma_2 \times 2 p_2^0 / \sqrt{M_2}$. Konstanta je v obeh primerih enaka, ker so okoliščine iste, in se bo pri deljenju krajšala. S tem dobimo za relativno hlapnost po enačbi (1):

$$\alpha_{12} = (\gamma_1 / \gamma_2) (p_1^0 / p_2^0) \sqrt{M_2 / M_1} \quad (4)$$

Koeficientov γ navadno ne poznamo, eksperimentalno določimo α in s tem namesto γ_1 / γ_2 neki eksperimentalni faktor f_s (faktor separacijske učinkovitosti), ki pove, kolikokrat je dejanska separacija boljša od »teoretične« (za $f_s = 1$).

V praksi se lahko relativna hlapnost v teku destilacije tudi spreminja; bolj hlapne komponente lahko npr. hitreje hlapijo s površine, kot se nadomeščajo iz globine z difuzijo. Trki parnih molekul na poti vračajo večji delež lažjih molekul kot težjih, kar pride do izraza zlasti pri večjih hitrostih destilacije /2/.

Pri zmesih z večjim številom komponent s podobnimi hlapnostmi ena sama destilacija ne more dati zadovoljive separacije. Destilacijo moramo ponavljati v isti napravi ali pa ima aparaturo v seriji več stopenj. Za ravnotežno destilacijo so v navadi destilacijske kolone, v katerih je v vertikalni smeri nanizanih več pladnjev (»plošč«). Tekočina teče s pladnja na pladenj navzdol, para pa se dviga skozi odprtine in tekočino na pladnjih navzgor. Na vsakem pladnju prideta para in tekočina vsaj približno v ravnovesje in komponente se tam delno separirajo v skladu z relativno hlapnostjo. Tekočina postaja v smeri proti dnu kolone vse bolj bogata s težko hlapnimi sestavinami, para pa v smeri proti vrhu vse bolj z lahko hlapnimi. Separacijski učinek zaporednih stopenj se med seboj množi, in če je α za posamezne pladnje v povprečju blizu 1, je za dosego predpisane čistote treba kar precej stopenj. Na eno ravnotežno stopnjo odpade pri vakuumski destilaciji padec tlaka okrog 1-4 mbar. Pri pravi molekularni destilaciji je že celotni tlak precej nižji in v koloni na posameznih ploščah ne pride do ravnovesja. Kljub temu tudi tu radi govorijo o teoretičnem številu »molekularnih plošč«, potrebnem za zahtevano stopnjo separacije.

Kar zadeva hitrost procesa, je lahko najhitrejša destilacija z vretjem. Mehurji pare nastajajo tam tem hitreje, čim večje je dovajanje toplote. Zaželeno pa je, da je vretje mirno in da ni lokalnega pregrevanja tekočine. Pri normalni izparevalni destilaciji pa tekočina ne vre in hitrost procesa je kontrolirana po eni strani s temperaturo, po drugi pa s hitrostjo difuzije skozi plin nad tekočino. Če temperaturo nižamo, se izparevanje sorazmerno s parnim tlakom manjša, vendar se manjša tudi termična obremenitev produkta, kar je pri organskih snoveh velikokrat pomembno. Če pa nižamo tlak preostalega plina v napravi, je difuzija vse lažja, kajti difuzijski koeficient za gibanje parnih molekul v plinu je obratno sorazmeren tlaku plina. V vakuumu, ko preostali plin praktično ne ovira več potovanja pare, lahko torej dobimo zadovoljivo hitrost destilacije, čeprav izberemo razmeroma nizek parni tlak.

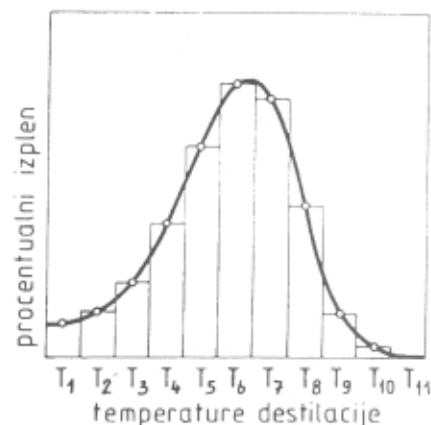
Meja proti molekularni destilaciji v pravem pomenu ni ostra. Tlak preostalih plinov mora biti v splošnem pod 10^{-3} mbar, pri večjih jakostih izparevanja pa je lahko tudi nekoliko višji, saj sam parni tok pometa plinske molekule s svoje poti /3/. Ni pa v praksi nujno potrebno, da parne molekule ne bi trkale med seboj. Pri delovnem tlaku 10^{-3} mbar dobimo npr. za stearinsko kislino (95°C , $M=284$) po enačbi (3) kvečjemu 1,4 kg destilata na m^2

izparevajoče površine na uro. To je premalo za običajne industrijske potrebe in pride v poštev le za laboratorijske naprave ali za destilacijo zelo dragih snovi. Pri industrijskih napravah gredo z delovnim parnim tlakom nad 0,01, če produkt dopušča, celo do 1 mbar, vendar poskrbijo, da je pot parnih molekul čim bolj široka in kratka. To je t.i. destilacija na kratko pot.

Hitrost destilacije v teh razmerah ne bo odvisna le od hitrosti izparevanja po enačbi (3), temveč od deleža izparelih molekul, ki dejansko dosežejo kondenzator. Geometrija naprave mora biti taka, da je pot med izparilnikom in kondenzatorjem čim bolj neovirana. Če bi ju povezovala cev, bi se velika večina že zaradi odbojev na stenah izparilnika in cevi vrnila na izparilno površino. Tudi pri destilaciji na kratko pot, ko je velika površina kondenzatorja direktno izpostavljena parnemu curku, pride do trkanja molekul, katerih poti se križajo (tega je več pri izparevanju iz konkavnih površin kot iz konveksnih, pri slednjih pa obratno sorazmerno krivinskemu radiju). Pri takih trkih se molekule odklonijo s prvotne smeri, in če je trkov dovolj, postane nadaljnje gibanje molekul neurejeno. Potem je verjetnost, da končno zadenejo kondenzacijsko površino, dana z razmerjem velikosti le-te proti celotni. V primeru, da sta izparilnik in kondenzator dve paralelni ravnini, bo tedaj delež prvotno izparelih molekul, ki dejansko dosežejo kondenzator, enak 1/2, medtem ko se druge vrnejo na izparilnik /2/. Pri realnih napravah pa s takim sklepanjem ne dobimo kvantitativnih rezultatov, ampak se parametri destilacije navadno določajo empirično.

Tu omenimo še tehniko eliminacijskih krivulj, ki jo literatura pogosto navaja, omogoča pa določitev najprimernejših temperatur za izločitev bolj hlapnih komponent iz destilanda, katerega vedenja še ne poznamo. Določeno količino destilanda je treba ciklično destilirati, tako da se ostanek stalno vrača v rezervoar, destilat pa zbirati ločeno po frakcijah, dobljenih pri zaporedno višanih temperaturah destilacije /3/.

Nato merijo količino posameznih frakcij (če gre za večkomponentne mešanice, je možno s posebnimi metodami ugotavljati tudi količino posamezne spojine). Če narišemo te količine (v procentu od celotne mase destilanda) v odvisnosti od temperature destilacije, dobimo krivuljo na sliki 1. Časi destilacije pri



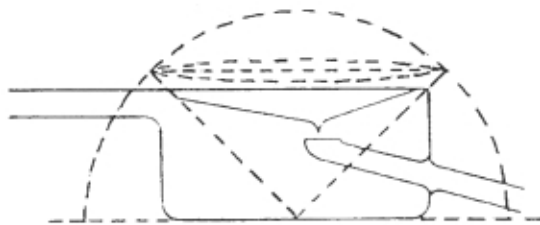
Slika 1 Količina posameznih frakcij (v procentu od celotne mase destilanda) v odvisnosti od temperature destilacije

posameznih temperaturah (ali temperaturnih intervalih) morajo biti enaki. Če ima naprava ločena rezervoarja za destiland in ostanek, je najbolje vsakokrat porabiti ves destiland, za naslednjo destilacijo pa uporabiti prejšnji ostanek kot destiland.

Oblika te eliminacijske krivulje je sicer odvisna od načina dela (od naprave, izbrane širine temperaturnih intervalov ter trajanja destilacije na vsakem), vendar je velikega pomena pri načrtovanju novih destilacij. Obstoj maksimuma določata dva nasprotujoča si vpliva: z rastočo temperaturo je parni tlak vse večji, vendar postaja destiland vse bolj izčrpan, na koncu lahke komponente v njem sploh ni več.

3 Izvedbe naprav za molekularno destilacijo, razvoj in prednosti

Navedli bomo le nekaj najznačilnejših primerov iz literature in prospektov, da bi nekoliko predstavili pri nas razmeroma malo znano področje. Večino principov, na osnovi katerih še sedaj gradijo naprave, so razvili že med obema vojnama. Dobra naprava za molekularno destilacijo mora biti tako zasnovana, da kondenzacijska površina objema izparilno ali obratno, brez vmesnih ovir ali celo cevni povezav, kot so poskušali pri prvih visokovakuumskih destilacijah. Temu delno ustreza že preprost stekleni kotlič (sl. 2), ena od izvedb, s katerimi so eksperimentirali v Kodakovih laboratorijih za destilacijo snovi, potrebnih za proizvodnjo filmskih trakov. Izkoriščeno je le izparevanje znotraj stožca proti stropu, ne pa proti stenam. Nadaljnja zahteva je dobro črpanje, vod do črpalke mora biti širok in kratek.



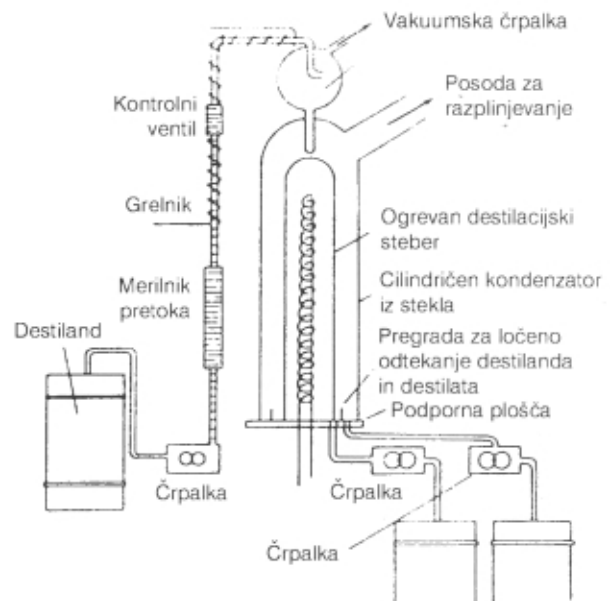
Slika 2 Stekleni kotlič - preprosta izvedba naprave za destilacijo snovi

Molekularna destilacija poteka pri temperaturah, ki so za okrog 200°C nižje od vrelišča snovi na atmosferi. Zaradi tega so razgradnja in druge spremembe organskih snovi (npr. polimerizacija) temu primerno manjše. Kljub temu je zaželeno, da je čas zadrževanja snovi pri temperaturi destilacije čim krajši. Tega pri verzijah s kotlom ni mogoče izpolniti, saj difundira destilat iz globine na površino zelo počasi, zlasti če ni vrenja. Mera za pričakovano termično degradacijo je po Hickmanu in Embreeju /4/ kar produkt tlaka destilacije in časa (tlak je seveda v enolični zvezi s temperaturo). Da čas skrajšamo, je torej nujno spraviti destiland v čim tanjšo plast.

Prva zadovoljiva konstrukcija v tej smeri je naprava, v kateri teče tanka plast destilanda zaradi lastne teže po površini ogrevanega stebra navzdol, destilat pa se kondenzira na koncentričnem zunanem valju (falling-film molecular still). Skico na sliki 3 povzemamo iz literature /1/. Osnovna plošča, ki nosi stekleni zvon, ima pregrado, ki omogoča ločeno odtokanje destilata in

ostanka. S tako napravo, a v laboratorijski in povsem stekleni izvedbi, so pri Kodaku začeli separirati vitamine A in D iz ribjega olja /3/. Industrijske izvedbe so pred vojno dosegle kapaciteto nekaj ton destilanda na dan. Večja dolžina stebra ima za posledico daljše čase izpostavitve, večji premeri pa neenakomerno porazdelitev plasti. Za porazdeljevanje destilanda se je najbolj obnesel vrteči se distributor in primeren relief na površini stebra.

Električno uporabno gretje stebra ima slabost, da se temperatura stebra zniža pri večjem pretoku destilanda (ravno nasprotno, kot bi bilo zaželeno), pri slučajnem zmanjšanju pretoka pa lahko pride do pregreteja. Uporabili so tudi ogrevanje s sevanjem, najbolj enakomerno pa je z napeljavo vroče tekočine v notranjost stebra.

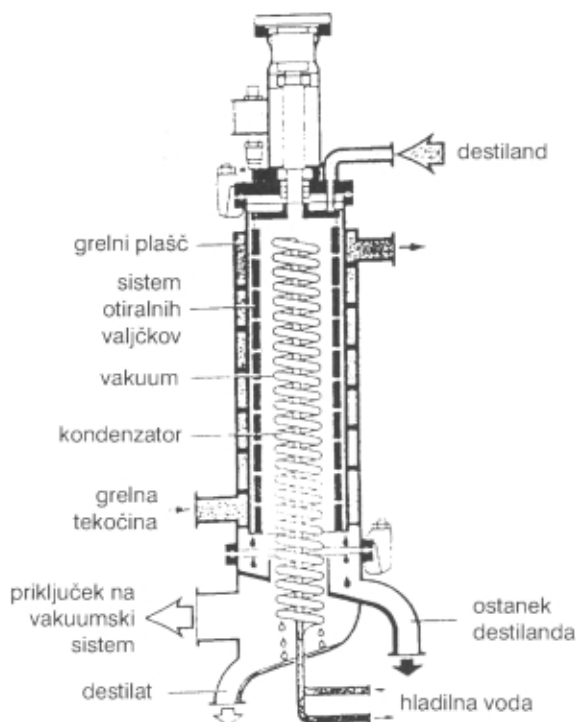


Slika 3 Shema naprave, s katero so pri Kodaku začeli separirati vitamine A in D iz ribjega olja

Večje kapacitete destilatorjev na padajočo plast so postale mogoče šele z iznajdbo gibljivih otiral, ki plast stalno mešajo in enakomerno porazdeljujejo po izparilni površini. Metodo so predložili že leta 1943, komercialno pa so jo začeli uporabljati šele po letu 1950. Znano vakuumsko podjetje Leybold-Heraeus je šlo pri molekularni destilaciji celo izključno v to smer in nudi celo serijo destilatorjev za t.i. Kurzweg-Destillation, od laboratorijskih do največjih industrijskih. Na sliki 4 je prikazan presek skozi bistveni del manjše take naprave, namenjene za pilotno proizvodnjo /4/, princip pa je pri vseh enak.

Izparilna površina je zdaj notranja stena valjaste posode, ki jo obdaja grelni plašč, skozi katerega se napelje iz termostata na želeno temperaturo (do 300°C) segret termično obstojen medij (npr. silikonsko olje). Kondenzator je na sredi, hlajen je z vodo, po potrebi tudi z vročo vodo (za destilate, ki so pri nižji temperaturi preveč viskozni ali trdni). Sistem otiralnih valjčkov (iz teflona), ki visi z vrteče se plošče zgoraj, stalno valja in razporeja tanko plast destilanda, ki teče po steni valja navzdol. Te valjčke centrifugalna sila potiska ob steno. Destiland priteka na zgornjo stran rotirajoče plošče, s

katerega ga centrifugalna sila tudi meče ob steno. Neizpareli ostanek destilanda in destilata odteka na dnu posode. Prikluček na vakuumski sistem je navadno sestavljen iz hlajene pasti, oljne difuzijske in rotacijske črpalke.



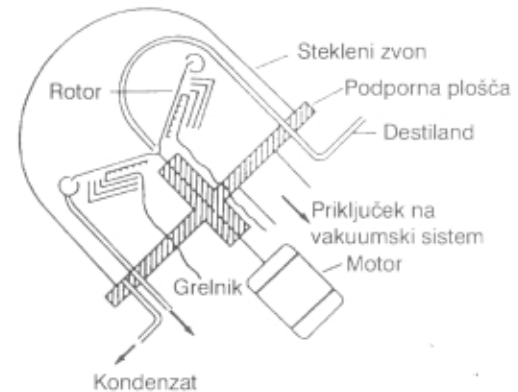
Slika 4 Shema pilotne naprave za vakuumsko molekularno destilacijo podjetja Leybold-Heraeus

Na sliki prikazani tip ima površino izparilnika 10 dm^2 in kapaciteto 10 do 20 kg destilanda na uro. Obstajajo še trije manjši in 9 večjih tipov. Manjši so vsaj delno iz stekla. Najmanjša, namizna naprava za laboratorijske poskuse, ima izparilno površino $1,8 \text{ dm}^2$ in kapaciteto do 1 kg/h. Največja naprava za industrijsko proizvodnjo pa ima površino 36 m^2 , je skoraj 10 m visoka in ima kapaciteto do 5000 kg/h.

Večinoma so te naprave izvedene za neprekinjeno delovanje, torej je možno odzemanje produktov med delovanjem. Za bolj zahtevne produkte ponujajo dvostopenjske naprave, po potrebi pa je možno sestaviti tudi več stopenj. Povezava med njimi je lahko različna, pač glede na tehnološko nalogo. Možno je tudi delovanje z vračanjem produktov (reciklaža) za popolnejšo izločitev želene komponente. V laboratoriju je mogoče delati tudi z eno samo stopnjo, le da gre čas za večkratno destiliranje, vmesno čiščenje naprave in ponovno segrevanje produkta (to velja tudi za druge tipe destilatorjev). Ker je princip delovanja pri vseh tipih te Leyboldove serije enak, lahko parametre procesa, ki jih dobimo na laboratorijskih in pilotnih napravah, prenesemo na industrijske. Za te naprave z otiranjem plasti za zdaj še ni zaključene teorije. Tudi, če bi bila, za konkretno nalogo vnaprej navadno nimamo dovolj podatkov. Zato je nujen eksperimentalni način.

V že omenjenih Eastman Kodak Laboratories, ki so imeli pionirsko vlogo pri molekularni destilaciji, so leta 1935 Hickman in sodelavci naredili prvo centrifugalno

destilacijsko napravo. Princip je razviden iz skice na sliki 5 /1/. Destiland je napeljan na sredo hitro se vrteče, stožčasto oblikovane, ogrevane ponve, na kateri se porazdeli v tanko plast. Destilat se kondenzira na steklenem zvonu, ostanek pa centrifugalna sila vrže čez rob ponve v okolni žleb, od koder ločeno odteka iz naprave. Plast destilanda postane zelo tanka, čas izpostavitve višji temperaturi pa zelo kratek.



Slika 5 Shema prve centrifugalne destilacijske naprave podjetja Eastman Kodak

Večje verzije teh naprav imajo vodno hlajen kondenzator, nameščen v bližini izparilnika. Kodakova skupina je v naslednjih letih razvijala tudi industrijske destilatorje, tako da so ob koncu vojne centrifugalne naprave že prevladovale v industrijskih aplikacijah molekularne destilacije. Istočasno so raziskovali postopke za pridobivanje in lastnosti snovi /3/. Tako so obdelali razne spojine vitamina A, vitamin D iz raznih virov, holesterol, spojine vitamina E, nekatere hormone in barvila. Kot podružnica Kodaka je nastala tovarna Distillation Products Inc. v Rochestru, N.Y. in tam je Hickman kmalu po vojni razvil tudi največji centrifugalni destilator tipa »cvetlični lonček« s premerom rotorja $60''$ ($1,5 \text{ m}$). Njegova kapaciteta je bila do 1000 kg/h. Še danes delajo (druga podjetja) zelo podobne destilatorje za veliko industrijsko uporabo. Pri britanskem podjetju Vitamins Ltd. so iznašli še verzijo z »na glavo« postavljenim izparilnikom, kar je olajšalo zbiranje in odvajanje destilata.

Omenjeno podjetje iz Rochestra je bilo sprva edini proizvajalec centrifugalnih destilatorjev. Osnovna izvedba za laboratorijsko rabo je bila CMS-5 (zasnovana l. 1947, s premerom rotorja $5''$) in z njo so razni avtorji preučevali destilacijske metode še vse do leta 1980 /5-11/. Že v članku iz leta 1972 najdemo kot proizvajalca teh naprav znano vakuumsko podjetje Consolidated Vacuum Corporation s sedežem v Rochestru, ki se je najbrž združila s prej omenjeno, v Angliji pa je nastopala podružnica v Wokinghamu. Izdelovali so tudi tipe destilatorjev s premerom rotorja 15, 36 in 60 palcev. Zdaj prodajajo vso serijo centrifugalnih destilatorjev, od laboratorijskih do industrijskih /12/. Laboratorijski napravi LAB-3 in LAB-5 (premer 3 in $5''$) sta zdaj čisto drugače oblikovani in modernizirani, večji tipi pa so PILOT-15, MAKRO-36 in MAGNA-60. Zadnji je po konstrukciji enak že omenjenemu »cvetličnemu loncu«. Ko smo CVC zaprosili za prospekte, so nam jih poslali iz svoje podružnice v Wokinghamu (nekateri tipe izdelujejo v Angliji).

Uveljavljene naprave za molekularno destilacijo, tako one z otiranjem padajoče plasti kot te centrifugalne, razmeroma šibko separirajo snovi s podobno hlapnostjo, zmorejo kvečjemu toliko kot ena »teoretična molekularna plošča« (izraz je razložen v prejšnjem poglavju). Za večjo čistost je pač treba produkt večkrat predestilirati na isti napravi ali pa ga zvezno voditi skozi kaskado destilatorjev. Pri tem pride do daljše izpostavitve nezaželenim temperaturam, a ta čas je kljub temu za več redov velikosti krajši kot pri konvencionalni destilaciji v grobem vakuumu.

Tabela prikazuje približno debelino plasti destilanda ter povprečni čas izpostavitve nezaželeni višji temperaturi za obravnavane vrste molekularnih destilatorjev /3/:

Vrsta naprave	Debelina plasti	Čas izpostave
Laboratorijska (na koltič)	10-15 mm	1-5 h
Industrijska (na padajočo plast)	1-3 mm	2-10 min
Laboratorijska (na padajočo plast)	0,1-0,3 mm	10-50 s
Centrifugalna	0,01-0,06 mm	0,04-1 s

To dopolnimo še s podatkom /4/, da je pri destilatorju z otiranjem padajoče plasti debelina plasti od 0,05 do 0,5 mm, povprečni čas pa 10-20 s. Iz teh podatkov se vidi prednost centrifugalnega principa pred vsemi drugimi. Približuje se mu princip otiranja padajoče plasti, pri katerem je lažje povečati izparilno površino za največje industrijske naprave, vendar za bolj viskozne tekočine nastopajo težave pri delovanju otiral /9/.

4 Področja uporabe vakuumske molekularne destilacije

Molekularna destilacija se uporablja za termično občutljive organske in silikonske spojine z molekularnimi masami od 150 do 4000. Obstaja korelacija med molekularno maso in parcialnim tlakom, zato so za destilacijo težjih spojin potrebne višje temperature (npr. za parafin $M=200$, $T=90^{\circ}\text{C}$, za tristearin pa $M=850$, $T=290^{\circ}\text{C}$). Snovi z molekularno maso nad 300°C se le redko dajo destilirati na konvencionalne načine, ker so tam potrebne temperature previsoke. Že med vojnami je uspelo pridobiti iz naftnih ostankov t.i. apiezonska olja in masti, ki imajo pomen za vakuumsko tehniko. Moderna primera aplikacije v takšne namene sta pridobivanje vrhunskih olj za difuzijske črpalke (s skrajno nizkim parnim tlakom pri sobni temperaturi). S separacijo fenil metil siloksanov /7,11/ se pridobiva pentafenil trimetil siloksan, ki ga prodajajo npr. pod oznako DC 705. Molekularna destilacija se uporablja tudi za polifenil eter, ki ga prodajajo npr. pod oznako CONVALEX.

Za razmah molekularne destilacije in za razvoj velikih naprav je prispevala predvsem potreba po vitaminih (A in D), ki so jih začeli okrog 2. svetovne vojne pridobivati z destilacijo iz ribjih olj. Zdaj se uporablja v farmacevtski industriji tudi za druge vitamine, naravne in sintetične (E, K1 do K4) ter za vrsto procesov čiščenja in separacije raznih snovi za zdravila (aminokislinski estri, kislinski kloridi, derivati glukoze, indoli, terpeni estri).

Pomembne so tudi uporabe v raznih drugih industrijah - kemični, kozmetični, prehrabni idr. Omogočena je destilacija naravnih olj, masti in voskov; odstranjevanje lahkih nečistoč, obarvanosti in vonjav iz ricinovega, lanenega, bombažnega, žitnega in sojinega olja; separacije antioksidantov (za dodajanje jedilnim oljem in mastem) in prooksidantov (za proizvodnjo barv in lakov) iz naravnih trigliceridnih maščob; odstranjevanje reagentov po predelavi; pridobivanje koncentratov monogliceridov /13,4/ in digliceridov maščobnih kislin, nekaterih maščobnih kislin, njih amidov ter dimernih kislin; čiščenje raznih estrov za industrijo umetnih snovi; frakcioniranje naravnih smol in gum (kolofonija, nekateri insekticidi).

Nadaljnji proizvodi, pri katerih se uporablja molekularna destilacija, so v kemični industriji težji alkoholi, glikolni etri, poliglikoli, halogenski ogljikovodiki, herbicidi. V kozmetični industriji: lanolin, eterična olja in razne dišave; ekstrakti iz alg, cvetov, korenin. V industriji umetnih snovi: epoksidne smole, stabilizatorji, mehčalci. V industriji barv in lakov se sušilne lastnosti in trdota plasti polimeriziranih olj (kot ricinovega ali lanenega) spremenijo, če oddestiliramo lahke komponente. V petrokemiji dobimo iz ostanka atmosferske destilacije več uporabnih snovi boljše kvalitete in nižje viskoznosti kot pri konvencionalni vakuumski destilaciji v stolpu: visokotemperaturna maziva, parafinska olja, težka olja. Možna je regeneracija in ponovna rafinacija rabljenih olj, dobijo se kvalitetni produkti in z visokim izkoristkom.

Majhne naprave za molekularno destilacijo v laboratorijih za organsko kemijo so v pomoč pri raziskavah in nudijo nove ideje za komercialno rabo. Laboratorijske naprave so uporabne za preiskavo različnih proizvodov, za analitične raziskave in tudi za pilotno proizvodnjo majhnih količin bolj dragocenih snovi (npr. za farmacijo).

5 Sklep

V prispevku smo razložili princip ločevanja snovi z destilacijo, razliko med konvencionalno in molekularno destilacijo ter prednosti le-te. Podrobneje smo opisali okoliščine, ki vplivajo na hitrost izparevanja in destilacije. Podali smo kratek pregled razvoja molekularne destilacije in opis ključnih tipov naprav, ki so pri tem razvoju igrali pomembno vlogo. Navedli smo tudi nekaj primerov snovi, ki jih lahko uspešno separiramo z modernimi napravami za molekularno destilacijo. Slednje se uporabljajo v raznih panogah industrije, majhne naprave v laboratorijski izvedbi pa za raziskovalno delo in pilotno proizvodnjo dragih snovi.

6 Literatura

- /1/ J.L. Ryans, D.L. Roper, Process Vacuum System Design & Operation, Mc Graw-Hill, 1986
- /2/ G. Burrows, Molecular Distillation, Oxford University press, 1960
- /3/ K.C.D. Hickman, Chem. Rev., 34 (1944), 51
- /4/ Prospekti podjetja Leybold-Heraeus
- /5/ R.M. Biehler et al.: Anal. Chem., 21 (1949) 638
- /6/ D. B. Greenberg, AI ChE Journal, 18 (1972) 269
- /7/ G.J. Rees, Vacuum, 23 (1973) 5
- /8/ G.J. Rees, Vacuum, 26 (1976) 377
- /9/ G.J. Rees, Chem. Eng. Sci., 34 (1979) 159
- /10/ G.J. Rees, Chem. Eng. Sci., 35 (1980) 837
- /11/ Prospekti podjetja Consolidated Vacuum Corporation
- /13/ R. Habendorff, CZ Chemie-Technik 2, N°1 (1973) 21
- /14/ D. Bethge, Vakuum in Forschung und Praxis, N°2 (1996) 84

O ZGODOVINI VAKUUMSKE TEHNIKE NA SLOVENSKEM (II. del) Slovenski vakuumisti nekoč in danes

Stanislav Južnič*

On the history of vacuum technique in Slovene area (Part II)

Slovene Vacuumists Before and Now

ABSTRACT

The second part of the article deals with vacuum equipments in middle schools in Slovene territory in the second part of the XIXth century and with research in vacuum technology that was also collaborated by Slovenes up to the second world war and the founding of the Slovene society for vacuum technique.

POVZETEK

V počastitev 40. obletnice DVTS opisujemo razvoj poznavanja in raziskovanja vakuuma med Slovenci v preteklih stoletjih. V drugem delu razprave obravnavamo opremljenost slovenskih srednješolskih kabinetov z napravami, narejenimi z vakuumsko tehnologijo v drugi polovici 19. stoletja. Opisali bomo tudi raziskovanja v vakuumski tehnologiji, v katerih so sodelovali tudi Slovenci pred 2. svetovno vojno in ustanovitvijo DVTS.

1 Uvod

V drugi polovici 19. stoletja na Slovenskem ni bilo učnega zavoda, ki bi presegal srednješolsko stopnjo. Vendar pa so bile nekatere srednje šole pri nas, še posebno ljubljanska gimnazija, med najboljšimi v monarhiji. Zato so razpolagale tudi z dobro opremljenimi fizikalnimi kabineti, v katerih ni manjkalo niti naprav za demonstracijo vakuuma.

2 Opremljenost slovenskih srednjih šol v dobi velikega napredka vakuumске tehnike v drugi polovici 19. stoletja

A) Katodne elektronke v fizikalnih kabineti na Slovenskem

Kersnikovi in Mitteisovi inventarni popisi fizikalnega kabineta v Ljubljani sredi 19. stoletja navajajo povprečno okoli štirideset naprav, povezanih z vakuumom in nadtlakom /1/. Naprave so bile masivne in večinoma izdelane iz bron, tako da so preživele stoletje demonstracijskih poskusov in še danes vzbujajo občudovanje v Slovenskem šolskem muzeju v Ljubljani, kjer čakajo na primeren razstaveni prostor. Morda je 40. obletnica DVTS ravno pravšnja pobuda za ureditev te pomembne zbirke naše tehnične in prirodoslovne preteklosti.

Slabše so ohranjene steklene naprave iz fizikalnega kabineta gimnazije v Ljubljani, kjer je Mitteis nabavil pet Geisslerjevih elektronk leta 1862/63. Ob njih je nabavil še Ruhmkorfov indukcijski aparat kot vir napetosti več kV in močan magnet s tremi lamelami, ki je lahko dvignil 7 kg. Komplet z več kot deset Geisslerjevimi elek-

tronkami različnih oblik in Ruhmkorfov indukcijski aparat so pozneje nabavili tudi v nižji realki v Kočevju, kjer so še danes, deloma uporabni.

V letih 1867/68 je Jakob Rumpf, kustos fizikalnega kabineta gimnazije v Ljubljani, nabavil "elektromagnetni aparat za vrtenje Geisslerjevih cevi"/2/, bržkone de la Rivejev elektromagnet, prirejen za sukanje in rotacijo svetlobnega loka v Geisslerjevi elektronki. Napravo je pozneje izpopolnil še sam Geissler /3/.

58	Inspiret. Gaskell	1	27,30
59	Geissler'sche Leuchtöhre	1	1,-
60	Crookes'sche Leuchtöhre	1	26,-
61	Leuchtöhre	1	150,-
62	Geissler'sche Leuchtöhre	1	12,-
63	Leuchtöhre	1	1,-
64	Leuchtöhre	1	1,-
65	Leuchtöhre	1	25,-
66	Leuchtöhre	1	79,-

Slika 1: Katodne elektronke v Mitteisovem inventarnem popisu na gimnaziji v Ljubljani konec drugega semestra 9.8.1866. Geisslerjeve elektronke in stojalo zanje so bile popisane kot 62. in 64. naprava za poskuse iz elektrike (Zgodovinski muzej Ljubljana, akc. fond 1, arh. enota 48)

Na gimnaziji v Kopru so prvo Geisslerjevo elektronko skupaj z Ruhmkorfovimi shranjevalnikom nabavili leta 1870 in ponovno leta 1897. Leta 1907 je kustos Orlando Inwinkl zbirko krepko dopolnil s Palmierijevim indukcijskim aparatom, didaktičnim kompletom Geisslerjevih elektronk, šest različnimi Geisslerjevimi elektronkami, zbirko šest Crookesovih elektronk, posebno Crookesovo elektronko za prikaz sence katodnih žarkov, bržkone z malteškim križcem, ter Crookesovim radiometrom. Kupili so tudi Hittorfovo elektronko ter dve rentgenski elektronki, ki so ju naslednje leto dopolnili še s tretjo, ob kateri so nabavili še zaslon iz ZnS in priprave za fotografiranje /4/. Röntgenovo odkritje novih žarkov je bilo tako tudi v slovenskih deželah mogoče hitro ponoviti, kar je še povečalo zanimanje javnosti. Poltretji mesec po Röntgenovi prvi objavi smo o rentgenskih žarkih lahko brali tudi v slovenskem jeziku. 1. in 15. marca 1895 je ljubljanski Dom in Svet objavil prvi razpravi S. Šubica o novem odkritju z dvema fotografijama J.M. Edlerja, profesorja in vodje fotograf-ske šole na Dunaju.

S. Šubic se je z vakuumom ukvarjal predvsem teorij-sko. Glede na rezultate Reitlingerjevih poskusov je domneval, podobno kot Clausius leta 1858, da je povprečna prosta pot molekule obratno sorazmerna gostoti medija. Vendar je Šubic od tod napačno sklepal, da redkejši plini bolje prevajajo električne in toplotne motnje od gostejših. Trditev je bila v nasprotju z Maxwelllovo kinetično teorijo iz let 1859 in 1860, po kateri toplotna prevodnost ni odvisna od tlaka in go-

* Dr. Stanislav Južnič je profesor fizike in računalništva na srednji šoli v Kočevju. Leta 1980 je diplomiral iz tehnične fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo, magistriral leta 1984 iz zgodovine fizike na Filozofski fakulteti v Ljubljani, kjer je leta 1999 tudi doktoriral.

stote plina. Maxwellovo domnevo sta z meritvami potrdila Magnus leta 1860 v Berlinu in Stefan leta 1870 in 1875 na Dunaju /5/. Šubičeve ugotovitve so deloma nasprotovale sodobni kinetični teoriji, ki se je razvila v sedemdesetih letih 19. stoletja. Raziskovanja so pokazala, da toplotna prevodnost plina sploh ni odvisna od njegovega tlaka in gostote na širokem območju, vse dokler pri nizkih tlakih ne postanejo pomembne interakcije med površino in plinom /6/.

O katodnih žarkih na slovenskem etničnem ozemlju pred Röntgenovim odkritjem ni bilo pomembnejših objav. Leta 1897, v letu "odkritja" elektrona, je nekdanji Stefanov študent Ivan Šubic (1856-1924) objavil prvo slovensko knjigo o elektriki s poudarkom na elektrotehnikah. V njej so bili poskusi z Geisslerjevimi elektronkami omenjeni le na strani 64, rentgenske žarke pa je le omenil na str. 344. Dlje se je pomudil pri opisu vakuumskih žarnic, še posebej Edisonove, ki jim je posvetil posebno poglavje na str.128-136. Recenzijo knjige je leta 1898 objavil Šantel.

B) Vakuumske žarnice v srednješolskih fizikalnih kabinetih na slovenskem

Prve električne žarnice na Slovenskem so začeli uporabljati v srednješolskih fizikalnih laboratorijih, saj univerze v tistem času še nismo imeli. Med kustosi fizikalnih kabinetov na ozemlju današnje Slovenije je najodmevnejše raziskave o električni svetlobi objavljala Nicolo Vlacovich, ki je študiral na Dunajskem fizikalnem inštitutu pri Andreasu von Ettingshausnu (1796-1878), kjer je spoznal tudi Stefana. 5.10.1858 je bil nameščen na višji gimnaziji v Kopru, kjer je poučeval fiziko do konca šolskega leta 1862/63. Tu je raziskoval predvsem trajanje in obliko električne iskre, sestavljene iz več prostorsko ločenih delov /7/.

Pri svojih objavljenih meritvah je Vlacovich uporabljal Henlyjev univerzalni praznilnik /8/, ki so ga nabavili v Kopru leta 1857 pod št. 50, vendar ga niso popisali med 54 popisanimi fizikalnimi instrumenti leta 1863. Med 22 napravami za elektriko in magnetizem, ki jih je upo-

rabljal v svojih razpravah, so bili: cev za opazovanje iskre, Leydenska steklenica, Voltova baterija in 12 močnih Bunsenovih baterij. Popisal je tudi aparat za električno luč v vakuumu ter obločnico /9/. Vlacovičevo vakuumsko žarnico z ogljeno nitko je prvi opisal Jobard leta 1838 v Belgiji, uspešno pa jo je prodajal šele Edison po letu 1879.

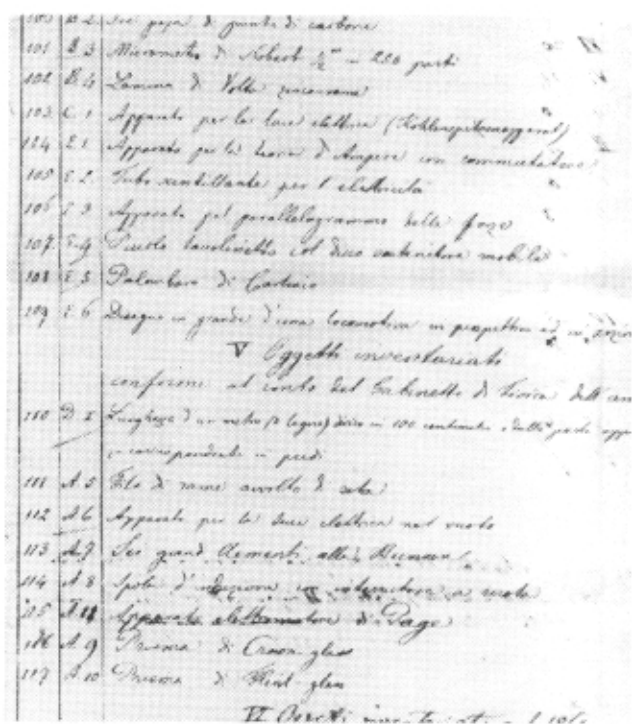
Leta 1863 je imel fizikalni kabinet gimnazije v Kopru 126 florintov letnih dotacij, medtem ko je fizikalni kabinet ljubljanske gimnazije do leta 1858/59 dobival po 200 fl, nato pa do konca šestdesetih let po 210 fl. Zato je razumljivo, da je imel kustos fizikalnega kabineta in profesor fizike v Ljubljani med letoma 1853-1866 ter ravnatelj gimnazije in nekaj časa tudi realke v Ljubljani Heinrich Mitteis (1822-1878) veliko večje možnosti za nabavo fizikalnih naprav. Pol manjše dotacije od Mitteisa je imel Robida, ki pa v svojem fizikalnem kabinetu v Celovcu, ki ga je vodil med letoma 1847-1874, ni nabavljal žarnic. Več žarnic najdemo v fizikalnem kabinetu gimnazije v Novem mestu, ki ga je med letoma 1854-1884 vodil frančiškan Bernard Vouk, rojen leta 1824.

Popis inventarja svetilk, ki ga najdemo v gimnazijskih izveštjih (tabela 1), kaže, kako so v fizikalnih kabinetih v deželah, poseljenih s Slovenci, postopoma opuščali plinske in špiritne svetilke ter jih nadomeščali z električnimi. Leta 1857 je svet mesta Ljubljana posodil gimnazijskemu fizikalnemu kabinetu baterijo z desetimi Zn-Fe elementi in regulator za proizvodnjo električne svetlobe /10/. Po inventarnem popisu 15.8.1876 so na gimnaziji v Kopru pod strop obešali dve petrolejki. Leta 1886 so v koprskem fizikalnem kabinetu nabavili dve električni svetilki in napovedali, "da bodo nameščene še druge". Izdelovalec teh žarnic žal ni bil naveden. V času kustosa Inwinkla so leta 1908 fizikalni kabinet gimnazije v Kopru opremili s samostojno električno napeljavo, ki je dajala napetost od 1 do 250 V in tok od 0,1 do 30 A.

Naprave fizikalnih kabinetov niso bile namenjene zgolj dijakom. Zanimivejše nabave je Mitteis preizkušal tudi pred izbrano družbo izobraženih someščanov na pre-

Tabela 1 Svetilke, popisane v gimnazijskih izveštjih in v vsakoletnih inventarjih v Ljubljani (L), Kopru (K) in Novem mestu (N). Žal večina naštetih fizikalnih naprav danes ni več uporabnih.

svetilo	leto nabave (kraj, inventarna št.)
Plinska svetilka iz črne lakirane kovine, izdelek Freybergerja	1809-1845 (L357)
Davyjeva varnostna svetilka (v Kopru ohranjena miniatura inačica)	pred 1855(N90), pred 1857(K45)
Svetilka iz stekla, na sifon	1858(K74)
Svetilka imenovana po Švedu J.J. Berzeliusu (1779-1848)	1853(L), 1855(N47), pred 1857(K21), 1864(K164)
Naprava s konico iz oglja za proizvodnjo električne svetlobe	1854(L30)
Naprava za demonstracijo žarenja galvanske elektrike	1856(L)
Trije pari osti iz oglja	1859(K100)
Naprava za električno luč z ostjo iz oglja, v vakuumu	1859(K103)
Cev za električne iskre	1859(K105)
Naprava za električno luč v vakuumu	1860(K112)
Indukcijska tuljava s krožnim prekinjalom v vakuumu	1860(K114)
Obločnica (danes v Kopru ohranjen elektromagnetni regulator električnega obloka)	pred 1863(K)
Špiritna svetilka v steklu	pred 1866(L22)
Naprava s konico iz oglja za električno svetlobo z gonilom in reflektorjem	1868(L)



Slika 2: Vakuumske žarnice v Vlacovichevem inventarnem popisu na gimnaziji v Kopru leta 1858/59 št.103 in 1859/60, št.112 (Mestni Arhiv Koper, Inventario del gabinetto di Fisica disposto nell'ordine cronologico degli acquisti)

davanjih pred Društvom kranjskega muzeja v Ljubljani. Zanimivosti so v Deželnem muzeju predstavljali tudi drugi. Tako je fizik Thomas Schrey, Mitteisov suplent, 10.12.1856 dopolnil Mitteisovo predavanje o razvoju stereoskopa s prikazom najnovejših metod za merjenje jakosti električne iskre. Schrey je bil rojen leta 1830 v Logatcu, med letoma 1862-1870 je bil direktor ljubljanske realke, nato pa je odšel na realko v Celovec.

Mitteis je 18.3.1856, manj kot dve desetletji po prvih uporabah Borisa Semenoviča Jakobija (1801-1874), podrobno poročal pred muzejskim društvom o zgodovini in razvoju galvanoplastike. Pokazal je zelo posrečene galvanoplastične odtise v bakru, poročal o pozlačevanju z galvanoplastiko in ponazoril povedano s poskusi. 11.2.1857 je pokazal tedanje postopke za pridobivanje aluminija in v svetlih barvah poslušalstvu predstavil možnosti, ki se tej kovini ponujajo v obrtih in umetnosti /11/. Stoletje pozneje so te možnosti postale resnične, ko so v Ljubljani začeli uporabljati tankoplasno tehnologijo aluminija in pozneje tudi drugih materialov /12/.

C) Vakuumske črpalke Antona Šantla z gimnazije v Gorici

Boltzmannov svak Slovenec Anton Šantel (1845-1920) je objavil pet razprav v Izvestjih goriške državne gimnazije. Leta 1883 je izdelal zračno črpalko za opazovanje tedaj modnega električnega praznjenja v vakuumu /13/. Osnovni problem dotedanjih črpalk je bilo slabo tesnjenje pri ventilih ter krhkost tanke steklene stene vakuumske elektronke, ki pogosto ni prenesla velikih tlakov. V Šantlovi črpalki je prosto padajoče živo srebro črpalo zrak iz posode. Dovolj dolg

stolp živega srebra se je v cevi pod svojo lastno težo pretrgal in ustvaril vakuum. V širokih ceveh je velika hitrost padanja kapljevine v navpični smeri preprečevala nastajanje zračnih mehurčkov.

3. Raziskovalci vakuuma na dunajskem fizikalnem inštitutu

A) Stefanov diatermometer (1872) in Stefanovo raziskovanje vakuumskih žarnic na dunajski mednarodni električni razstavi (1883)

Kvalitativne ugotovitve o prevajanju vodika je prvi objavil Magnus pri akademiji v Berlinu leta 1860 in 1861. Vendar še ni znal izmeriti toplotne prevodnosti /14/. Toplotno prevodnost je nato meril Narr v svoji disertaciji v Münchnu leta 1871. Prve uporabne rezultate pa je objavil šele Stefan 22.2.1872 po meritvah z diatermometrom.

Stefanov diatermometer je bila prva uporabna naprava za merjenje prevodnosti razredčenih plinov. Stefan je napravo uporabljal v prvi polovici sedemdesetih let, istočasno pa je Anglež Dewar razvil podobno napravo, prednico sodobne termovke. Medtem ko je Stefan meril lastnosti plina med posodama, je Dewar raziskoval snov v notranji posodi. Stefanov diatermometer je bil narejen iz bakrene ali medeninaste pločevine, v kateri je notranja posoda zračni termometer, plin v ozki špranji med posodama pa merjenec. Stefan je uporabljal steni iz stekla, železa ali cinka, ali pa eno steno iz cinka, drugo pa iz železa. Naprave za črpanje zraka Stefan leta 1872 ni opisal, vendar je svetoval glajenje in prekrivanje površin posode za zmanjšanje sevanja /15/, kot je pozneje prav v dneh Stefanove smrti januarja 1893 storil tudi Dewar na predavanju pred Royal Institution v Londonu /16/.

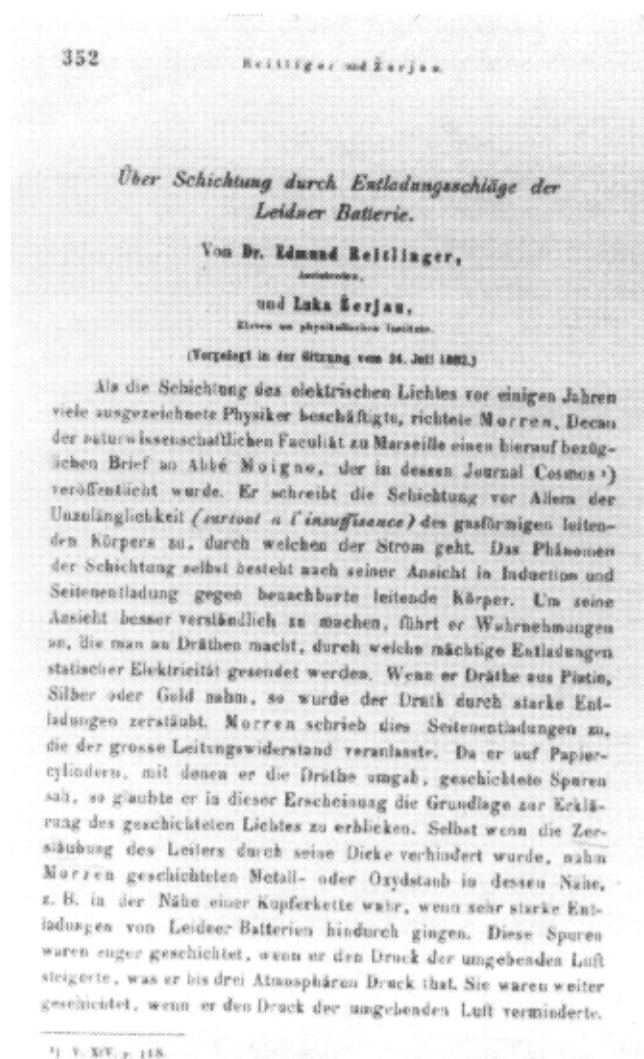
Kot tehnično-znanstveni vodja Mednarodne električne razstave leta 1883 je Stefan še naslednja tri leta vodil preizkušanje žarnic in tako temeljito vplival na njihovo uveljavljanje v Avstriji in tudi na Slovenskem /17/.

B) Raziskovanje katodnih elektronk na Dunaju

Stefanov predhodnik pri vodenju dunajskega fizikalnega inštituta Ettingshausen je že zelo zgodaj nabavil vakuumske elektronke za svoj inštitut /18/. Opazil je, da je barva vakuuma v elektronki odvisna od spektra plina. V ožjih delih elektronke je opazil prekinjeno svetlobo, v širših pa lepe plasti. Že Plückerjeve raziskave so pokazale odvisnost spektra od vrste plina in od debeline vakuumske elektronke. Ettingshausen je naročil Reitlingerju /19/, naj ta pojav razišče in mu je izročil več vakuumskih elektronk in Ruhmkorfov aparat. Pri meritvah je Reitlingerju pomagal Luka Žerjav /20/.

Reitlinger je leta 1861 naravnal optiko tako, da je lahko obenem opazoval dva spektra iz različno širokih delov Geisslerjeve elektronke in ju primerjal med seboj. Potrdil je domnevo o kovinski naravi vodika in opazil zelo lepo razslojevanje, ki ga je imenoval "biserno". Na porazdelitev svetlih in temnih plasti je vplival z magnetom /21/.

Reitlinger in Žerjav sta 24.7.1862 predložila razpravo, ki je kronala več kot leto dni trajajoče poskuse v Fizikalnem inštitutu /22/. Ugotovila sta, da se plasti gostijo pri večjih napetostih, da so barve madežev odvisne od



Slika 3: Naslovna stran razprave Reitlingerja in Luke Žerjava, (Wien. Ber. II 46 (1862))

uprabljene katode, da so plasti svetlejšje v boljšem vakuumu, širina plasti pa je odvisna od vrste plina v vakuumu in od dolžine elektronke /23/.

Plastenje pri električnem praznjenju je opisal že direktor naravoslovne fakultete v Marseillu Morren v pismu Moignu, objavljenem v reviji Kosmos. Francoz Abria je domneval, da so plasti v vakuumski elektronki mehanski in ne električni pojav. Reitlinger in Žerjav sta imela plasti v Geisslerjevih elektronkah za posledico sprememb električne prevodnosti /24/.

Morrenovo in Abriajevo odkritje plastovitosti sta neodvisno ponovila tudi Jean Antoine Quet (1810-1884), rektor Akademije v Besançonu, ter istočasno Grove leta 1852. Gassiot je plastovitost opazil tudi v zveznem praznjenju zelo močne voltne baterije. Domneval je, da gre za nihanje, odvisno od upornosti medija (1861). Riess je leta 1856 delil električno praznjenje na zvezno in nezvezno, glede na prevodnosti medija. Quet in francoski železniški tehnik Marc Séguin (1786-1875) sta delila plasti na pozitivne in negativne.

Profesor fizike na univerzi v Ženevi August de la Rive (1801-1873) je leta 1862 dokazal s poskusi, da temni prostor v katodi bolje prevaja od svetlega. Profesor v

Leipzigu in urednik Analov Gustav Heinrich Wiedemann (1826-1899) in Richard Rühlmann, profesor na gimnaziji v Chemnitzu, sta plastovitost pojasnila z velikimi hitrostmi, pri katerih delci plina začno prevajati /25/.

Reitlinger je ostro kritiziral Riessovo domnevo o zveznem prevajanju temnih plasti in nezveznem prevajanju svetlih plasti v izpraznjeni elektronki /26/. Po Reitlingerju se zaradi slabe prevodnosti svetle plasti bolj grejejo in prav zato svetijo, kot kažejo poskusi s spektralno analizo. Riess pa je menil, da je razlika v svetlosti posledica različne gostote plina v elektronki.

Reitlinger ni pojasnil vzroka razslojevanja snovi v elektronki /27/. Avstrijec Puluj je menil, da so vsi delci različnih mas v svetlem delu elektronke usmerjeni proč od katode, medtem ko se v temnem področju gibljejo v poljubni smeri. Ker imajo v ravnovesju oboji enako energijo, je v svetlem delu elektronke trikrat več delcev kot v temnem /28/. Torej je vzrok za manjšo svetilnost manjše število delcev in ne manjše število trkov, kot je trdil Crookes.

Riess je obravnaval prevajanje v plinih po analogiji s trdninami in je zagovarjal unitarno teorijo elektrike, medtem ko je Ettingshausnova šola tako Stefanove kot Reitlingerjeve smeri temeljila na hidrodinamski analogiji. Tako je polemika med Riessom in dunajskimi fiziki trajala več kot dve desetletji in je zaznamovala tri generacije raziskovalcev: Ettingshausna, Reitlingerja (1861-1862) in Wächterja (1882). Reitlinger je upravičeno kritiziral Riessovo teorijo anodnega razprševanja in figur, ki jih je leta 1784 odkril Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799), profesor v Göttingenu. Reitlinger je trdil, da poteka katodno razprševanje bistveno drugače od anodnega. Hittorfova in Wächterjeva (1882) ideja o katodnem razprševanju kot izparevanju katode pa se je pokazala za nezadostno, prav tako kot Berlinerjeva domneva iz leta 1888 o katodnem razprševanju kot izparevanju adsorbiranega plina, ki odnaša s seboj še delce katode /29/.

Avstrijski raziskovalci vakuumskih razelektritev Reitlinger, Puluj in Wächter so podpirali trditve nekaterih angleških (Grove, Gassiot) in vestfalskih raziskovalcev (Plücker, Hittorf), nasprotovali pa so Angležu Crookesu in Nemcu Riessu. Vsi raziskovalci so seveda prisegli na Faradayevo avtoriteto /30/. Reitlinger je podpiral Grovejevo teorijo razslojevanja v katodni elektronki, kot jo je razvil Gassiot v bakerijanskem predavanju leta 1858. Nasprotno teorijo je objavil Francoz Jean Motthé Gaugain (1810-1879), ki je menil, da hitrost elektrike ni konstantna, temveč je odvisna od koeficienta, preseka in dolžine praznitve ter od prevodnosti. Gaugainovo teorijo je podprl Riess /31/.

Po Reitlingerjevi bolezni in smrti je raziskave v njegovem institutu nadaljeval Wächter /32/, ki je podpiral Pulujevo kritiko Crookesove (1879) trditve, da je povprečna prosta pot enaka dolžini temnega področja v katodni elektronki. Kritika je temeljila na Stefanovi določitvi povprečne proste poti /33/. Wächter je zagovarjal dualno teorijo elektrike, v kateri sta pozitivna in negativna elektrika kvalitativno različni. Podrobno je raziskal 14 razlik med anodnim in katodnim razprševanjem in pri tem kritiziral Riessa in druge, ki so oba pojava enačili /34/.

4. Raziskovanje vakuuma na Slovenskem v dobi komercializacije vakuumske tehnike (1900-1950)

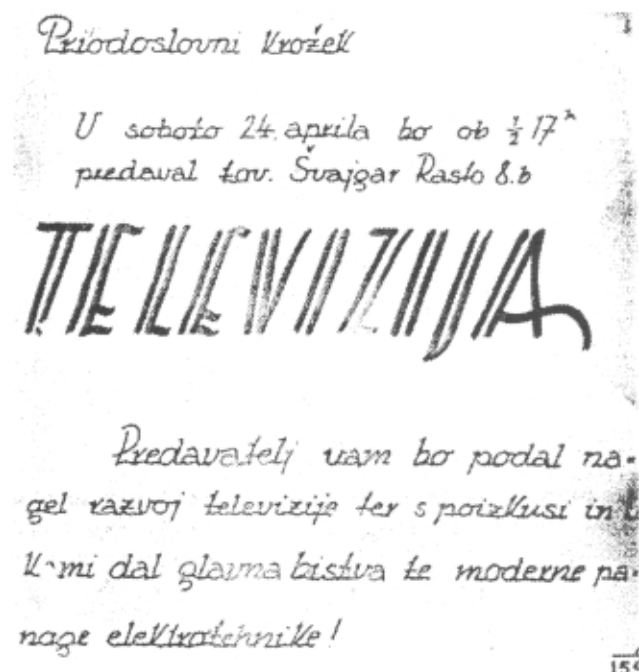
Med pionirje vakuumske tehnike na Slovenskem v stoletju pred ustanovitvijo DVTS štejejo raziskovalce, katerih dela smo v Vakuumistu že opisali in jih zato tu le na kratko naštejmo /37/. Med njimi je Hugo Sirk, Avstrijec slovenskega rodu, ki je pred prvo svetovno vojno eksperimentiral z radioaktivnim torijem v vakuumski elektronki in s plazmo v magnetnem polju. Leta 1928 je prevzel katedro za fiziko na ljubljanski univerzi od štiri leta starejšega Nardina.

Slovenec Julij Nardin je leta 1913 v Avstriji patentiral izum releja za telefone in telegrafe, še posebno pri uporabi podmorskih kablov.

Baron Anton Codelli je prvi na slovenskih tleh začel uporabljati katodno elektronko, da bi lahko svoje evropske patente televizije uveljavil tudi v ZDA. Zato je Codelli poleg mehanskega skeniranja in premičnih optičnih naprav kot tretjo možnost opisal povsem elektronsko televizijo brez premičnih mehanskih delov. Codelli je tudi v elektronski inačici obdržal osnovno idejo snemanja in sprejemanja slike vzdolž spirale tako, da je imela slika gostejše elemente v sredi kot na robovih. Ideja je temeljila na fiziologiji očesa.

Med von Ardenovimi sodelavci na Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung v Berlinu je bil tudi Ljubljčan Vladimir Šlebinger, ki je leta 1932 dobil patenta za sinhronizacijo slike v sprejemniku ter za svetlobno modulacijo katodnega žarka.

Razvoj televizije v delih slovenskih pionirjev je odmeval tudi v ljubljanskih šolah. Profesor na Tehniški fakulteti univerze v Ljubljani Marij Osana (1880-1958), pri katerem je bil po vrnitvi iz Nemčije Šlebinger asistent med letoma 1933-1935, je sestavil napravo z Nipkovo ploščo za prikazovanje delovanja televizije.



Slika 4a): Dokumenti o predavanju Rasta Švajgarja o televiziji: Vabilo

Preproste poskuse s televizijo so že leta 1937 pripravili v prvem prirodoslovnem krožku v Sloveniji, ki je deloval na 1. državni realni gimnaziji v Ljubljani. Osmošolca Leskovšek in Rasto Švajgar sta iz Erlenmeyerjeve bučke naredila katodno elektronko dolžine okoli 30 cm. Na dno sta nanesele cinkov oksid. V delavnici Arnolda Zupančiča sta vložila elektrodi v posodo in do neke mere izsesala zrak, ne da bi dosegla posebno visok vakuum. Pri demonstraciji sta uporabila tudi Nipkovo ploščo lastne izdelave in požela veliko odobravanja poslušalcev, med katerimi so bili tudi poznejši vodilni slovenski znanstveniki.

5. Sklep: Ustanovitev Društva za vakuumsko tehniko Slovenije (DVTS)

Predhodnica DVTS je bila ustanovljena leta 1959 kot sekcija pri Elektrotehniškem društvu Slovenije. Sledila je potrebam, ki jih je vakuumska tehnika čutila tudi drugod po svetu kot razvijajoča se interdisciplinarna panoga znanosti. Tako se je 18.6.1953 v New Yorku sestalo 53 raziskovalcev in ugotovilo potrebo po ustanovi, ki bi razpravljala o problemih in uporabi visokovakuumske tehnologije. Šest dni pozneje je bil organiziran prvi sestanek Committee on Vacuum Techniques. Do formalne ustanovitve je prišlo 19.10.1953 v Massachusettsu. Prvi nacionalni simpozij je bil med 16. in 18.6.1954 v Asbury Parku, New Jersey, z 295 udeleženci in 35 razpravami. Leta 1957 so člani izglasovali spremembo imena v American Vacuum Society, Inc. (AVS). Od 2000-3000 članov AVS med letoma 1964-1980 je v začetku devetdesetih let članstvo naraslo na 6000. Septembra 1964 so pri AVS ustanovili Journal of Vacuum Science /38/.

Sodobni slovenski vakuumisti so sredi 20. stoletja tesno sledili napredku v svetu. Ob ustanovitvi predhodnice DVTS sredi 20. stoletja nismo veliko zaostajali za ZDA, čeprav z mnogo manj številnim članstvom.

Literatura

- 1 Vakuumist, 14/1 (1994) str. 29
- 2 Vakuumist, 14/2 (1994) str. 27-28
- 3 Elementary treatise on physics experimental and applied for the use of colleges and schools. Translated and edited from Ganot's *Éléments de physique*, New York, 1886, poglavje 928, str. 892-893
- 4 Mestni Arhiv Koper, Inventario del gabinetto di Fisica disposta nell'ordine cronologico degli acquisti, št. 265 in 268; Izvestja gimnazije Koper, 1897; 1907, str. 61; 1908, str. 56
- 5 Edmund Reitlinger (1830-1882), Über die Schichtung des elektrischen Lichtes, Wien. Ber. II 43 (1861) str. 15-25; Simon Šubic (1830-1903), Grundzüge einer Molekular-Physik, Wien, 1862, str. 113; Janez Strnad, Jožef Stefan, Presek 13 (1985-86) št. 5, str. 35 in 37
- 6 Vakuumist, 14/2 (1994) str. 27-29
- 7 Vlahovich, Sulla durata della scintilla elettrica, Izvestja gimnazije Koper, 1863, str. 4; Vakuumist, 14/3 (1994) str. 27
- 8 Izvestja gimnazije Koper, 1862, str. 535 in 552
- 9 Mestni Arhiv Koper, št. 103, 105 (leto 1859) in 112 (leto 1860); Izvestja gimnazije Koper, 1863, str. 35-36
- 10 Izvestja gimnazije Ljubljana, 1857, str. 28
- 11 Karel Dežman (1821-1889), Bericht über die bei den monatl. Versammlungen der Mitglieder des Museal-Vereins gehaltenen Vorträge in den J. 1856 und 1857, Jahresheft. Krain. Museum, 2 (1858), str. 91 in 105
- 12 Vakuumist, 15/4 (1995) str. 22
- 13 Šantel, Physikalische Kleinigkeiten, Dreiunddreissigster Jahresbericht des K.K. Staats-Gymnasiums in Görz, Veröffentlicht am


- Schluse des Schuljahres 1883, Görz 1883, str. 27-36 in 69; Vakuumist, 15/1 (1995) str. 29-31
- 14 Stefan, Untersuchungen über die Wärmeleitung in Gasen, Erster Abhandlung. Wien. Ber. II 65 (22.2.1872) 323-363; Untersuchungen über die Wärmeleitung in Gasen. Zweite Abhandlung. Wien. Ber. II 72 (17.6.1875) str. 70-71; Rosenberger, n.d., 1890, str. 672; Strnad, Kako je Jožef Stefan odkril zakon o sevanju, Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike, 8 (1985) str. 67 in n.d., 1985, str. 35
- 15 Stefan, n.d., 1872, str. 3, 4, 12, 14, 19, 21, 23 in 25
- 16 Vakuumist, 16/3 (1996) str. 22 in 24
- 17 Vakuumist, 17/4 (1997) str. 27-28
- 18 Edmund Reitlinger (1830-1882), Über die Schichtung des elektrischen Lichtes, Wien. Ber. 43 (1861) str. 16
- 19 Vakuumist, 18/3 (1998) str. 18
- 20 Reitlinger, n.d., 1861, str.15 in 25; Reitlinger in Luka Žerjav, Über Schichtung durch Entladungsschläge der Leidner Batterie, Wien.Ber. II 46 (23.10.1862) str. 361
- 21 Reitlinger, n.d., 1861, str.17 in 20
- 22 Reitlinger, n.d., 1862, str. 361
- 23 Reitlinger, n.d., 1862, str. 354
- 24 Ann.Phys. 53 (1843) str. 589-602; Robida, n.d., 1857, str. 29 in 32; Reitlinger, n.d., 1862, str. 352, 356-357 in 361
- 25 Ann. Phys. 145 (1871) str. 394; 158 (1876) str. 85 in 252). Plasti pri praznjenju v vakuumu sta raziskovala tudi Hittorf (1869, 1, str. 197) in Crookes leta 1878 ter 1879 (Rosenerger, 1890, III, str. 776-778)
- 26 Reitlinger in Franz Kraus, Über Brande's elektrochemische Untersuchungen, Wien. Ber. 46 (6.11.1862), str. 374-375
- 27 Reitlinger, n.d., 1861, str. 22 in 24; Šubic, n.d., 1862, str.109-110
- 28 Puluj, 1889, str. 242
- 29 Vakuumist 14/3 (1994) str. 26
- 30 Crookes, 1905, 113
- 31 Reitlinger, n.d., 1861, str. 23-24; Rosenberger, n.d., 1890, str. 520-521
- 32 Reitlinger in Friedrich Wächter, Über Elektrische Ringfiguren und deren Formveränderungen durch den Magnet, Wien. Ber. 82 (1880) str. 180-217; Über Disgregation der Elektroden durch positive electricität und die Erklärung der Lichtenbergischen Figuren, Wien. Ber. 83 (1881) str. 677-696
- 33 Friederich Wächter (1830-1882), Über die materiellen Theile im elektrischen Funken, Wien. Ber. 85 (1882), ponatis v Ann. Phys. 17 (1882) str. 912-913
- 34 Wächter, n.d., 1882, str. 904, 925-927
- 35 po Hittorf
- 36 V nasprotju s Pulujem in sodobnimi odkritji
- 37 Vakuumist, 16/1 (1996) str. 22; 16/2 (1996) str. 17 in 19-21; 18/4 (1998) str. 23
- 38 Jack H. Singleton, The American Vacuum Society at 40, v zborniku Vacuum Science and Technology (ed. Paul Aveling Redhead), AIP Press 1994, str.1-2 in 6



AKRIPOL
proizvodnja in predelava polimerov d.o.o. trebnje



8210 Trebnje, Prijateljeva 11, p.p. 21, Slovenija
Tel.: (0)68 44 300, 44 365, 44 165
Fax: (0)68 44 611, 45 706



BIA d.o.o.
Podjetje za laboratorijsko in
procesno opremo d.o.o.


Teslova 30, 1000 LJUBLJANA
<http://www.bia.si>
☎ (061) 126 45 88, 125 47 63
☎ (061) 177 66 82, 177 66 84
☎ (061) 126 45 91
E-mail: primoz.kosej@quest.arnes.si



KLJUČAVNIČARSTVO
dipl. ing. SILVO OSET s.p.

: kozjanskega odreda 20, 3230 ŠENTJUR
Tel., faks: ++386(0)63/743-422,
Tel. doma: ++386(0)63/740-911

IZDELAVA SSPECIALNIH
KOMOR IN ELEMENTOV IZ
NAVADNEGA IN NER-
JAVNEGA JEKLA ZA
VAKUUMSKO TEHNIKO



M & P BURJA

M&P BURJA, proizvodno podjetje,
export, import, d.o.o.
KRAŠNJA 39, 1225 Lukovica
Tel./Faks: 061/734-001

- BRIZGANJE IN EKSTRUDIRANJE PLASTIČNIH MAS
- IZDELAVA ORODIJ
- OBDELAVA KOVIN
- IZDELAVA TRGOVINSKE OPREME

IMTINŠTITUT ZA KOVINSKE
MATERIALE IN TEHNOLOGIJE**LMT****LABORATORIJ ZA
METROLOGIJO TLAKA****IEVT**INŠTITUT ZA
ELEKTRONIKO IN
VAKUUMSKO TEHNIKO

V letošnjem letu je bil na Inštitutu za kovinske materiale in tehnologije (IMT) ustanovljen Laboratorij za metrologijo tlaka (LMT). Osnovne dejavnosti laboratorija so:

- kalibracije merilnikov tlaka
- kalibracije merilnikov vakuumu (Pirani, Penning, vročekatodni ionizacijski merilniki in druge vrste merilnikov)
- kalibracije helijevih merilnikov netesnosti
- raziskovalno-razvojno delo na področju meritev vakuumu in kalibracijskih metod ter fizikalnih pojavov, vezanih na vakuumske meroslovje

Vse dejavnosti, ki so povezane z vakuumom, izvajamo v sodelovanju z Inštitutom za elektroniko in vakuumsko tehniko (IEVT).

AKREDITACIJA

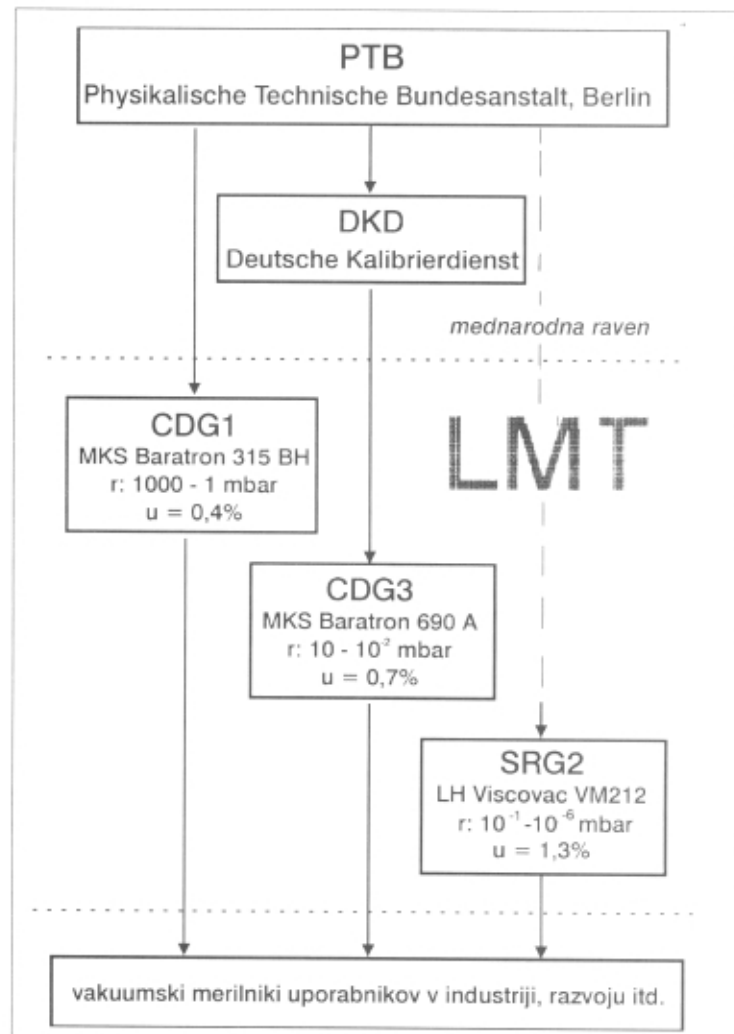
Laboratorij je pri Uradu za standardizacijo in meroslovje Republike Slovenije vložil zahtevo za akreditacijo v mesecu juliju letos. Po pridobitvi akreditacije bo lahko laboratorij uporabnikom nudil storitve, ki bodo ustrezale strogim zahtevam standardov zagotavljanja kakovosti SLS ISO 9001 (za proizvodne dejavnosti) in SLS EN 45001 (za preskusne in kalibracijske laboratorije). Cilj LMT je postati vodilni laboratorij na področju fizikalne veličine tlaka (sem sodi tudi vakuum) in izpolniti zahteve za pridobitev statusa nosilca nacionalnih etalonov, ki so določene v Zakonu o meroslovju.

KLJUČNA MERILNA OPREMA

Sedaj pokrivamo (z razpoložljivo kalibracijsko opremo in etaloni) področje nizkih tlakov (vakuum): od 100 kPa (atmosferski tlak) do 10^{-4} Pa (10^{-6} mbar) in srednjih tlakov od atmosferskega tlaka do 7MPa (70 bar). Laboratorij predvideva razširitev dejavnosti tudi na področje visokih tlakov do 100 MPa (1000 bar), tako da bo lahko zadovoljil skoraj vse meroslovne potrebe industrije in drugih panog v Sloveniji.

SLEDLJIVOST KALIBRACIJ

Standardi zagotavljanja kakovosti izrecno zahtevajo, da se mora merilna oprema uporabljati tako, da je znana merilna negotovost. Vse kalibracije se lahko opravijo le z opremo (etaloni), za katero je poznana sledljivost do mednarodno ali nacionalno priznanih etalonov. Na sliki desno je prikazana sedanja shema sledljivosti referenčnih vakuumskih etalonov v LMT, njihovo merilno območje r in najboljša merilna zmogljivost u ($k=2$).



Kontaktne osebe:

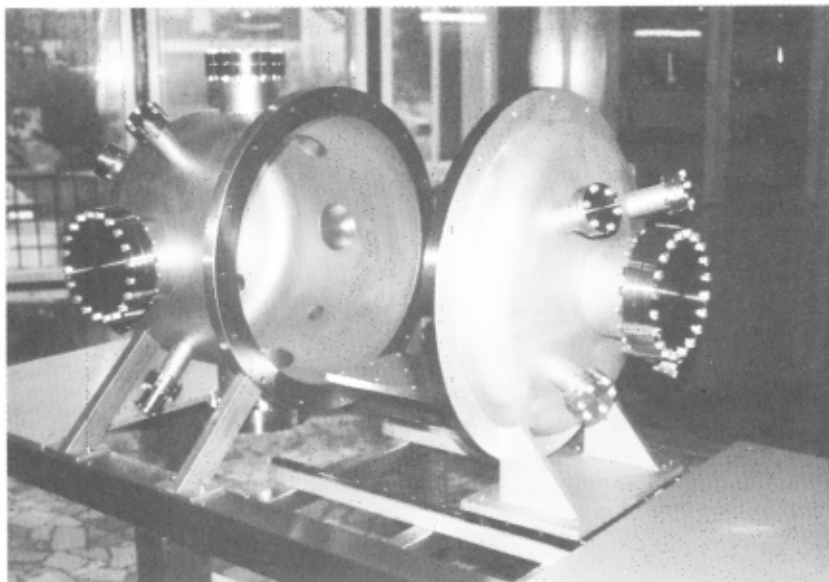
mag. Janez Šetina, IMT,
Lepi pot 11, 1000 Ljubljana
Tel: 061-1701-976
Faks: 061-1701-939
e-pošta: janez.setina@imt.si

dr. Bojan Erjavec, IEVT,
Teslova 30, 1000 Ljubljana
Tel: 061-1776-773
Faks: 061-1264-578
e-pošta: bojan.erjavec@guest.arnes.si



- VAKUUMSKI SISTEMI
- VAKUUMSKE KOMPONENTE

**Vaš partner
za visoke
tehnologije**



Naša znanja in storitve:

- kalibracija in vzdrževanje merilnikov
- specialno varjenje (TIG, mikroplazma, lasersko in točkovno) različnih kovin, tudi zelo majhnih debelin, do 0,1 mm
- konstruiranje in izdelava zahtevnih elementov iz nerjavnega jekla
- odkrivanje netesnosti in atestiranje hermetičnosti
- obdelava kovinskih elementov in zvarov po varjenju (peskanje s steklenimi kroglicami, UZ-čiščenje, razmaščevanje, elektropoliranje, ...)
- strokovno svetovanje pri nakupih in pri načrtovanju tehnoloških procesov, ki vključujejo vakuumske elemente
- projektiranje in izdelava ročno vodenih in računalniško krmiljenih vakuumskih sistemov po željah naročnika
- postavitve tehnoloških postopkov in priklop naprav
- hiter servis ter vzdrževanje vakuumskih sistemov in naprav
- dodatno izobraževanje vaših sodelavcev v organizaciji Društva za vakuumsko tehniko Slovenije

Odslej tudi na Internetu
<http://www2.arnes.si/guest/ljievv>
 in <http://www.ievt.si>



**INŠTITUT
ZA ELEKTRONIKO
IN VAKUUMSKO
TEHNIKO, d. d.**

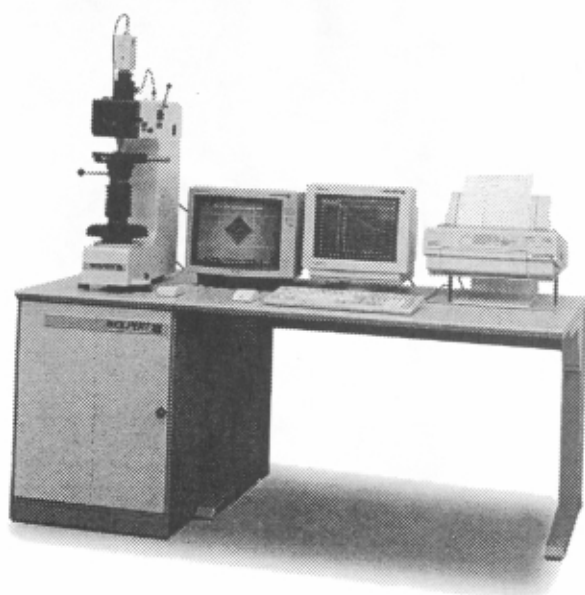
Teslova ulica 30, POB 59, 1001 Ljubljana, Slovenija
 Tel.: (+386 61) 177 66 00, Faks: (+386 61)126 45 78
 Internet: <http://www2.arnes.si/guest/ljievv>
 e-mail: IEVT.group@guest.arnes.si

S&H d.o.o.

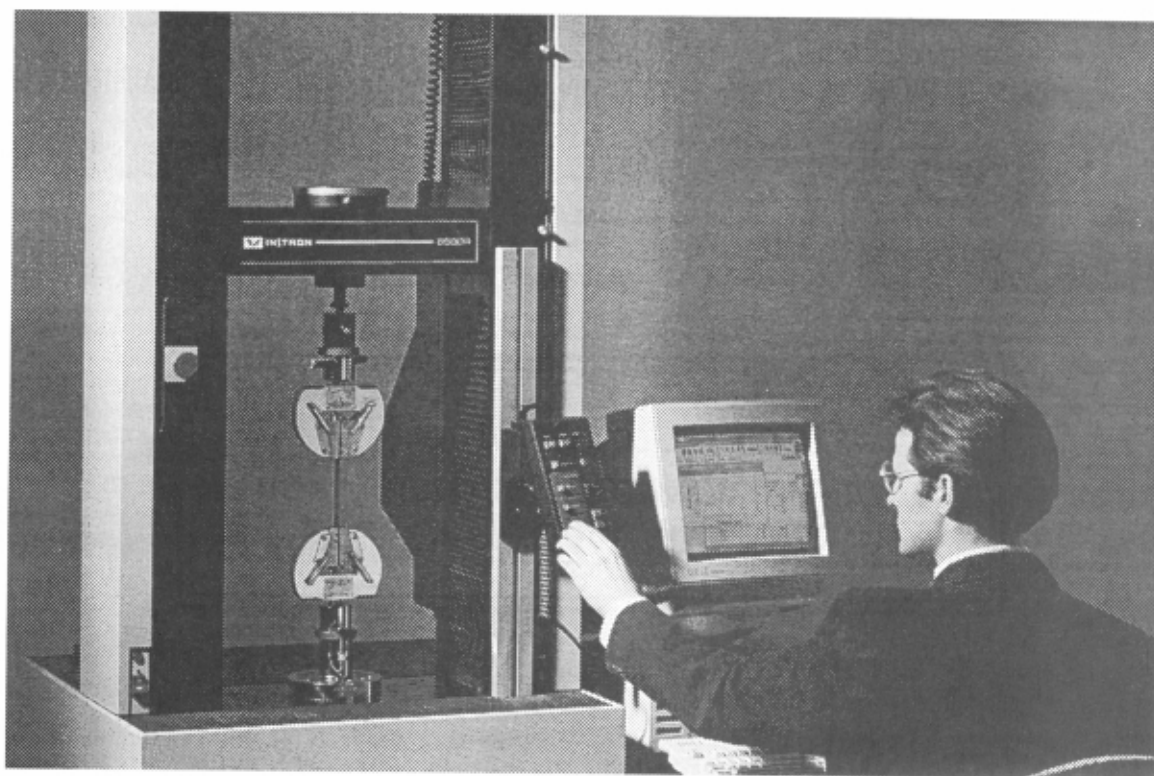
Mlinska pot 19
1231 Ljubljana - Črnuče
SLOVENIJA

POSLOVALNICA:

GT center, Brnčičeva 13
1231 Ljubljana - Črnuče
tel., faks: 061 161 21 84



- ZASTOPSTVO FIRME INSTRON SCHENK TESTING SYSTEMS LIMITED
- ZELO KAKOVOSTEN SERVIS Z DOLGOLETNO TRADICIJO ZA LASTNI PRODAJNI PROGRAM, OPRAVIMO PA TUDI SERVISNO USLUGO NA MERILNI OPREMI DRUGIH PROIZVAJALCEV
- ŠIROK IZBOR KVALITETNE MERILNE OPREME ZA TESTIRANJE MEHANSKIH LASTNOSTI MATERIALOV S KOMPLETNIH POTREBNIM PRIBOROM
- ŠIROK IZBOR KVALITETNE OPREME ZA MERJENJE TRDOTE MATERIALOV IN CERTIFICIRANIH REFERENČNIH BLOKOV FIRME INSTRON WOLPERT



NOVO!
NOVO!
NOVO!

MAGNETI^{Plus}

TRGOVINA IN STORITVE d.d.

Stegne 37, 1000 LJUBLJANA

Tel.: 061 574 711, 151 13 06, 159 06 37

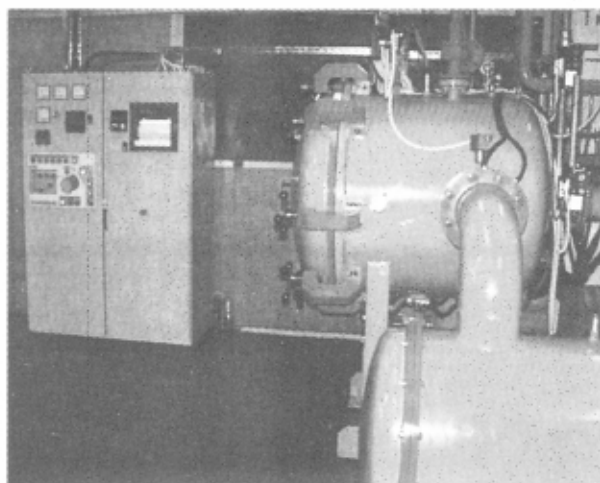
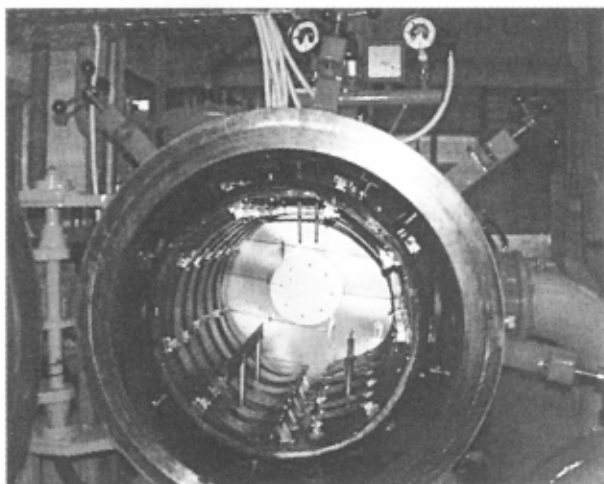
Mobitel: 041 632 955

Fax: 061 159 16 83

E-mail: a.cokan.mplus@magneti.si

VAKUUMSKA TOPLOTNA OBDELAVA ORODNIH JEKEL DOBAVA LEGIRANIH ORODNIH JEKEL!

Kakovostna vakuumsko toplotna obdelava različnih orodij, izdelanih iz legiranih orodnih jekel v **novi** vakuumski kalilni peči, vrste H.O.-2J.C., s sistemom hitrega ohlajanja v nevtralnem plinu (nadtlak 2,5 bar!), in delovno temperaturo 1300 °C, z dimenzijami komore: Š×D×V= 500×650×300 mm;



Celovita ponudba legiranih orodnih jekel, (skladišče!) znanega švedskega proizvajalca, **fa. UDDEHOLM**, z možnostjo razreza na željeno dimenzijo.

Prosimo, če nas pokličete, poskušali bomo ugoditi vašim željam s področja orodjarstva!
Kontaktne osebe: g. Aleš COKAN, dipl. ing., g. Bogdan KNAVS!

MAGNETI^{plus} **MAGNETI**^{plus} **MAGNETI**^{plus} **MAGNETI**^{plus}

LJUBLJANA – SLOVENIJA

PI&B Ltd.,

Induction and Dielectric Heating, Regulations
Testova ul. 30, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
Phone: +386 61 177 66 24
Fax: +386 61 177 66 23

PI&B



PI&B d.o.o.

Indukcijsko, dielektrično segrevanje, regulacije
Testova ul. 30, 1000 Ljubljana
Tel.: 061 177 66 24
Fax: 061 177 66 23**PI&B Ltd.**Indukcijsko, dielektrično segrevanje, regulacije
Teslova ulica 30
1000 Ljubljana
Tel.: 061 177 66 24
Faks: 061 177 66 23

Osnovna področja dela našega podjetja so:

- izdelava naprav za indukcijsko in dielektrično segrevanje materialov ter svetovanje in inženiring s področja uporabe omenjenih naprav,
- elektronske regulacije različnih laboratorijskih in industrijskih peči,
- izdelava specialnih laboratorijskih in industrijskih peči.

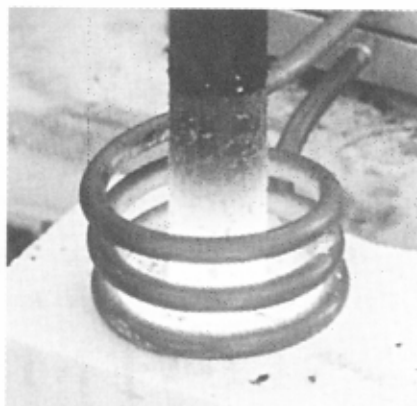
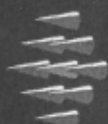
Indukcijsko segrevanje kovinskih materialov temelji na principu induciranja visokih tokovnih gostot v površinskih plasteh kovin, ki so izpostavljene izmeničnemu magnetnemu polju. Ta učinek je najbolj izrazit pri feromagnetnih materialih. Zaradi t.i. »skin efekta« so tokovne gostote na površini kovinskih materialov zelo velike in tako pride do segrevanja materiala brez posrednika, kar je energetsko najbolj ekonomično. Najpogostejša področja uporabe indukcijskega segrevanja v industriji so naslednja: **taljenje različnih kovin, kovaško segrevanje, površinsko kaljenje izdelkov iz jekla, trdo in mehko lotanje, segrevanje pred varjenjem, šivno varjenje cevi itd.**

Dielektrično segrevanje temelji na principu izgubne toplote, ki se generira v izolacijskih materialih, ki so izpostavljeni visokofrekvenčnemu napetostnemu polju. Tudi pri tej vrsti segrevanja prihaja do neposrednega segrevanja materiala, ki ga obdelujemo, in je zato ta način segrevanja energetsko zelo ekonomičen. Najpogostejša področja uporabe dielektričnega segrevanja so naslednja: **sušenje in krivljenje lesa, varjenje PVC, sušenje papirja, sušenje tekstila, generacija plazme v vakuumu itd.**

Naše naprave za indukcijsko in dielektrično segrevanje so izdelane na osnovi najmodernejših tehnologij in materialov. Krmiljenja omenjenih naprav so v večini primerov mikroprocesorska. Poleg samih agregatov za indukcijsko ali dielektrično segrevanje dobavljamo tudi ustrezne podajalne naprave, ki skupaj z omenjenimi agregati predstavljajo kompletne stroje za indukcijsko ali električno segrevanje materialov. Te naprave so v glavnem izdelane za znanega naročnika in niso tipizirane. Njihova konstrukcija je odvisna od specifičnih potreb naročnika.

Poleg kompleksnih naprav za indukcijsko in dielektrično segrevanje konstruiramo in izdelujemo tudi same segrevalne tuljave za indukcijsko segrevanje - induktorje po specifičnih potrebah naročnikov in opravljamo svetovanja s področij uporabe navedenih vrst segrevanja. Največji poudarek pri tem delu je na konstrukciji velikih segrevalnih induktorjev za kovaško segrevanje in na konstrukciji različnih induktorjev za površinsko kaljenje raznih delov za avtomobilsko industrijo.

Naše reference v Sloveniji ter v državah Evropske skupnosti so zanesljivo zagotovilo kakovosti naših naprav, kakor tudi našega strokovnega znanja s področja navedenih tehnologij.

Tehnološki park
Ljubljana



MDM

Podjetje za proizvodnjo, trgovino in ineniring

Traška cesta 124, 1111 Ljubljana

Telefon: 061/273 366, 123 31 25, faks: 061/271 484, 123 26 93

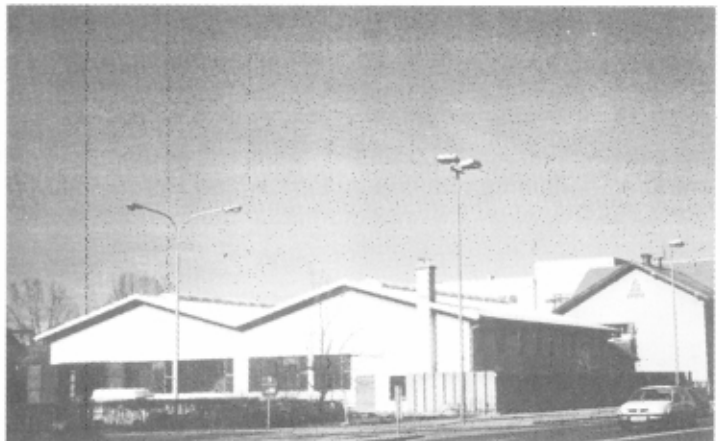
E-mail: mdmqmdm.si

DEJAVNOST:

PRODAJA NERJAVEČIH MATERIALOV

PLOČEVINE, PROFILOV, ŽIC, VRVI
 CEVI IN CEVNEGA PRIBORA
 ARMATURE IN RAZNIH PRIKLJUČKOV
 VIJAČNEGA MATERIALA VSEH VRST IN DIMENZIJ
 VARILNEGA IN BRUSNEGA MATERIALA IN DODATKOV
 STROJEV, ORODJA IN PRIBORA ZA OBDELAVO NERJAVEČIH MATERIALOV
 PROIZVODNJA NERJAVEČE INDUSTRIJSKE OPREME
 MONTAŽA TEHNOLOŠKIH INŠTALACIJ

PROIZVODNJA NERJAVEČE INDUSTRIJSKE OPREME MONTAŽA TEHNOLOŠKIH INSTAKLACIJ



ZVD
ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU D.D.



Zdravje je naše največje bogastvo. Čeprav ta stari rek poznamo vsi, pa se njegovega pravega pomena kar nekako ne zavedamo. Žal je tudi naše ravnanje vse prepogosto v nasprotju z njegovim naukom. Zdravi ljudje, ki živijo in delajo v zdravem, varnem in ergonomsko prilagojenem okolju, so lahko resnično srečni, zadovoljni in uspešni pri delu, ki ga opravljajo. Če sta sreča in zadovoljstvo pomembna predvsem za nas kot posameznike, pa je uspešnost pri delu pomembna tudi za podjetje in državo.

Pomembno vlogo pri zagotavljanju zdravega, varnega in ergonomsko prilagojenega okolja ima ZVD Zavod za varstvo pri delu. Naše dejavnosti so usmerjene predvsem v preventivo, v preprečevanje nesreč in odpravljanje vzrokov, ki bi jih lahko povzročili. To na eni strani pomeni prilagajanje delovnega okolja ljudem, torej delavcem, na drugi pa izbiranje pravih ljudi za določeno delo ter izobraževanje za varno delo. Nenehno iščemo težave in nevarnosti, nanje opozarjamo in predlagamo rešitve. Žal smo včasih prepozni, saj se organizacije obrnejo na nas, ko škoda že nastane. V takih primerih najprej svetujemo, kako bi nastala škoda kar najbolj omejili in preprečili dodatne negativne posledice, nato pa jim svetujemo, kako bi se tovrstnim nesrečam v prihodnje izognili.

Osnovna dejavnost zavoda je znanstveno raziskovanje, preskušanje, izvajanje ter zagotavljanje varnosti delovnega in življenjskega okolja. Sem sodijo varnost in zdravje delavcev pri delu, varstvo pred ionizirajočimi in neionizirajočimi sevanji, požarno varstvo, varnost v prometu in izobraževanje ljudi.

Zaradi širine osnovne dejavnosti in raznolikosti tehnik raziskovanja, je zavod razdeljen na centre in oddelke. Vsak izmed njih deluje na določenem področju. Več o zavodu si lahko preberete na spletnem mestu <http://www.zvd.si>, za dodatna vprašanja pa se lahko obrnete na nas tudi po telefonu.

Veselimo se sodelovanja z vami!

Mag. Marko Miš, direktor
 Vaš ZVD Zavod za varstvo pri delu

Center za tehnično varnost

Oddelek za požarno varnost

**Center za ekologijo, toksikologijo
 in varstvo pred sevanji**

Oddelek za varstvo pred sevanji

Oddelek za ekologijo in toksikologijo

Center za medicino dela

Oddelek za laboratorijsko diagnostiko in
 mutagenozo

**Center za psihologijo, vzgojo in
 informatiko**

Oddelek za psihologijo

Oddelek za vzgojo

Oddelek za informatiko

**Oddelek za raziskave
 in zagotavljanje kakovosti**

Oddelek za komisijske preglede

Knjižnica

Zavod je certifikacijski organ, akreditiran za preskušanje in certificiranje sistemov in izdelkov za normirano področje varstva pri delu in varstva okolja. Od oktobra 1998 je ZVD vpisan v Centralni register DG 1A (Central Consultancy Register of DG1A) pri Evropski komisiji v Bruslju, pod št. SLO-23347.

ZVD Zavod za varstvo pri delu, d.d.

Skrajšano ime zavoda: ZVD, d.d./ Sedež zavoda: Bohoričeva ulica 22a, 1102 Ljubljana,
 tel.: (061)132 02 53, faks: (061)312562, el. pošta: info@zvd.si/internet:<http://www.zvd.si>

Zavod ima dve poslovni enoti:

Poslovna enota Koper, Pristaniška 12, 6000 Koper, tel.: (066) 38 349
 Poslovna enota Celje, Ljubljanska 33, 3000 Celje, tel.: (0609) 620 874

ZA VAS ŽE 10 LET POSLOVNI IMENIKI



- V KNJIGI
- NA ZGOŠČENKI
- NA INTERNETU



INTER MARKETING d.o.o., Dunajska cesta 21, 1000 Ljubljana
Telefon: 061/136-53-90, 136-25-74, telefaks: 061/136-85-20
E-pošta: publ@intmar.si, <http://www.intmar.si>
INTERNET IMENIK: rumenestrani.intmar.si, pis.intmar.si

MEDIVAK

MEDIVAK, d.o.o.	tel. fax	: 00386 61 720450
Šolska ulica 21	GSM	: 041 615 455
SLO - 1230 Domžale	žiro račun	: 50120-601-114647

Poslovalnica:	tel.	: 00386 61 372 659
Dolsko 11	GSM	: 041 615 455
1262 Dol pri Ljubljani	fax	: 00386 61 372 382

LEYBOLD

ZASTOPSTVO SERVIS SVETOVANJE

- Vakuumske komponente in naprave
- Vakuumske tehnologije, trde in tanke plasti, analitika
- Kontrola vakuumskih naprav in sistemov
- Odkrivanje netesnosti
- Izposoja vakuumskih komponent
- 24 urni servis

PRODAJNI PROGRAM "LEYBOLD"

Vakuumske črpalke

- Rotacijske vakuumske črpalke s priborom
- Eno in dvostopenjske (1 do 1200 m³/h)
- Roots vakuumske črpalke - RUVAC (150 do 13000 m³/h)
- Membranske in ejektorske vakuumske črpalke - DIVAC 2,4 L
- Difuzijske črpalke (40 do 50.000 l/s)
- Turbomolekularne črpalke (50 do 4500 l/s)
- Sorpcijske črpalke, kriočrpalke, ionsko-getrske in sublimacijske titanske črpalke

Vakuumski črpalni sistemi

- za kemijsko in drugo industrijo

Vakuumski ventili

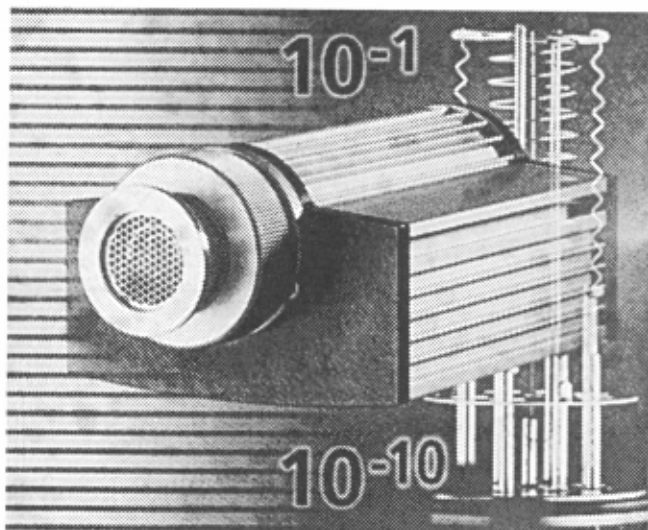
- Varnostni, dozirni
- Kroglični, loputni in UVV
- Prehodni in kotni KF, ISO-K, ISO-F

Vakuumski elementi in prirobnice

- Serije KF, ISO-K, ISO-F in UHF



Turbo-Drag-Pumpen
der MC/T-Reihe



Mehanske in električne prevodnice Merilniki vakuuma in kontrolni instr.

- Absolutni medtlaki in merilec delnih tlakov (od 1.10⁻¹² do 2000 mbar)

Procesni regulatorji

Detektorji netesnosti (puščanja)

- Helijski in freonski detektorji

Masni spektrometri s priborom

Vakuumska olja, masti, rezervni deli



Vakuu

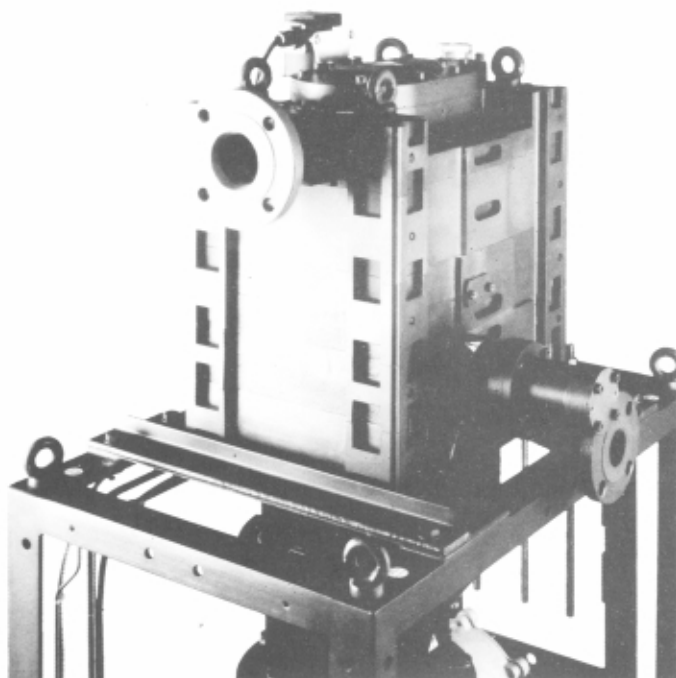
čiste, suhe črpalke



EKOLOŠKE
VAKUUMSKE
TEHNOLOGIJE
V
KEMIČNI
INDUSTRIJI

EDWARDS High Vacuum International je vodilni svetovni proizvajalec vakuumskih suhih rotacijskih črpalk. Te vrste črpalk so vgrajene v več kot 40.000 vakuumskih naprav, ki delujejo po vsem svetu.

EDWARDS je tudi svetovni proizvajalec drugih vakuumskih črpalk in sestavnih delov.



 **EDWARDS**

Zastopnik: **TERVAK**
Slavko Sulčič

R. Manna 20, 34134 Trst, Italija
Tel: 0039 336 442 780
e-mail: slavko.sulcic@siol.net

Dutovlje 37/B
6221 Dutovlje, Slovenija
fax: 386 (0)67 645 12



KAMBIČ LABORATORIJSKA OPREMA

Anton Kambič, s.p., Semič 40
8333 SEMIČ, SLOVENIJA
Tel.: (068) 67-006
Tel., faks: (068) 67-008

Podjetje KAMBIČ, Laboratorijska oprema, je eden največjih slovenskih proizvajalcev laboratorijske opreme.

V 15 letni zgodovini podjetja je bilo razvitih preko 100 različnih tipov naprav, ki danes uspešno obratujejo v farmacevtski industriji, zdravstvu, raziskovalnih inštitucijah, fakultetah in v različnih industrijah.

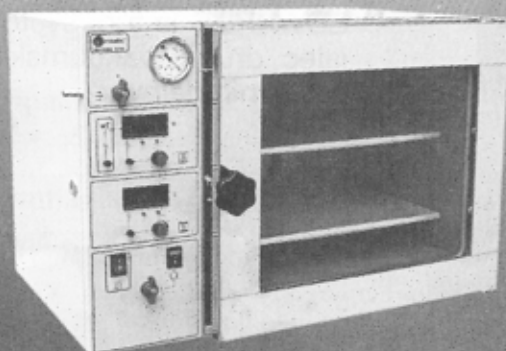
Celotna proizvodnja je podprta z lastnim razvojem in lastno servisno službo.

Prednost naše proizvodnje je v visoki kvaliteti, kratkih dobavnih rokih in v izdelavi aparatov po specifičnih željah uporabnikov.

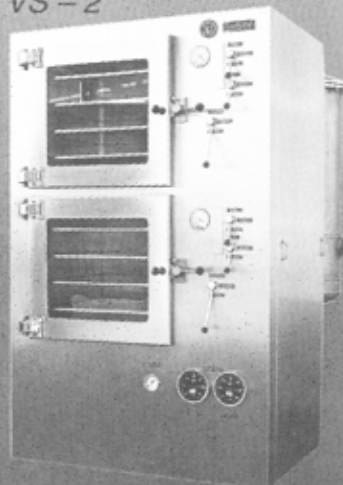
Naša proizvodnja zajema proizvodnjo inkubatorjev, sterilizatorjev, avtoklavov, sušilnikov, vakuumskih sušilnikov, liofilizatorjev, destilatorjev vode, vodnih kopeli, rastnih komor, stresalnikov, ejektorskih vakuumskih črpalk, mikropeskalnikov, keramičnih mlinov in olj za pogon rotacijskih in difuzijskih vakuumskih črpalk.

Vakuumski sušilniki

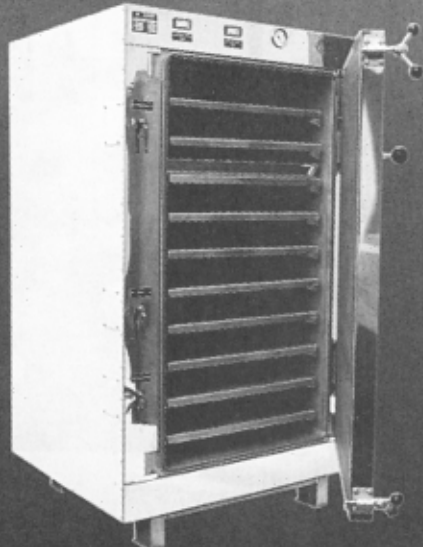
VS - 50S



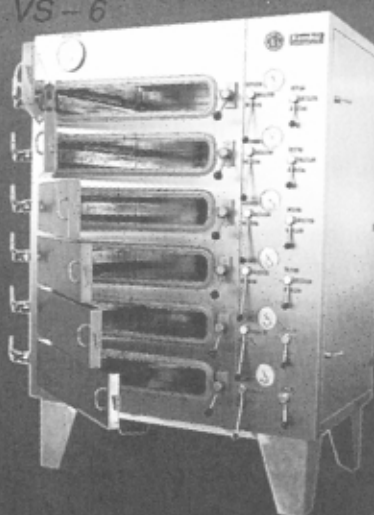
VS - 2



VS - 770



VS - 6





Breg ob Kokri 7
SI-4205 Preddvor
Tel.: 064 458 020
Fax: 064 458 0240
e-pošta: scan@siol.net
www.scan.si



Nudimo vam različne vrste liofilizatorjev firme **HETO HOLTEN**.

Laboratorijski liofilizatorji imajo kapaciteto od 1 kg ledu/24h do 8 kg ledu/24h, industrijski pa od 10 kg ledu/24h do več 100 kg ledu/24h.

Več informacij lahko dobite na našem naslovu, kjer vam je na voljo tudi knjiga o osnovah liofilizacije "An introduction to freeze drying". Avtorja knjige sta H. Knudsen in J.M. Flink.

Dodatne informacije lahko najdete tudi na spletni strani: www.heto-holten.com.



Ob gozdu 25, SI-2352 Selnica ob Dravi

☎:(062) 2297-390, 6740-190
 FAX: 2297-391, 671 - 518
 Spletna stran: www.merel.si

VARIAN



vacuum products

	<p>Diffusion Pumps for High Vacuum Industrial Applications</p> <p>Inlet Ø 95 → 900 mm Speed (air) 175 → 50,000 l/s Throughput 0.55 → 35 Ton /s Vacuum -1×10^{-7} → 1×10^{-10} Torr (mbar)</p>	<p>Components</p> <p>ConFlat® Flanges & Fittings NW16CF → NW250CF atm → 1×10^{-10} Torr (mbar) -190°C → +1000°C</p> <p>ISO Klamp-Flange™, Fittings (ISO 2861.1), & MF Flanges NW16CF → NW250CF atm → 1×10^{-10} Torr (mbar) 10°C → 150°C</p>
	<p>Ion Pumps for Ultra-High Vacuum Research Applications</p> <p>Inlet Ø 9.5 → 200 mm Speed (N₂) 2 → 400-35 Vacuum -1×10^{-7} → 1×10^{-10} Torr (mbar)</p>	<p>Valves</p> <p>Aluminum Right Angle (manual, air, or solenoid) NW16 → NW40 atm → 1×10^{-9} Torr (mbar) +15°C → +80°C</p> <p>Stainless Steel Right Angle & Gate (manual, air or solenoid) NW16CF → NW250CF atm → 1×10^{-10} Torr (mbar) 450°C</p>
	<p>Turbomolecular Pumps for High & Ultra-High Vacuum Applications</p> <p>Inlet Ø 60 → 430 mm Speed (N₂) 65 → 10,000 l/s Vacuum -1×10^{-7} → 5×10^{-10} Torr (mbar)</p>	<p>Vacuum measurement from atmosphere to ultra-high vacuum</p> <p>Thermocouple $2 \rightarrow 10^3$ Torr (mbar) Capacitance Diaphragm $1000 \rightarrow 10^4$ Torr (mbar) Thermistor Pirani $3 \rightarrow 10^4$ Torr (mbar) Cold Cathode (Penning) $10^2 \rightarrow 10^8$ Torr (mbar) Hot Filament (Bayard-Alpert) $5 \times 10^{-7} \rightarrow 2 \times 10^{-10}$ Torr (mbar) Hot Filament (LHV) $10^2 \rightarrow 2 \times 10^{11}$ Torr (mbar)</p>
	<p>Mechanical Rotary Vane and Scroll Pumps for Medium & Low Vacuum Applications</p> <p>Inlet Ø 16 → 40 mm Displacement (air) 33 l/min (2 m³/hr) → 1420 l/min Vacuum atm → 1×10^{-4} Torr (mbar)</p>	<p>Helium Mass Spectrometer Leak Detectors</p> <p>Sensitivity 8×10^{-10} atm cc/sec (air) 2×10^{-11} atm cc/sec (He)</p> <p>Response Time < 2 sec</p>

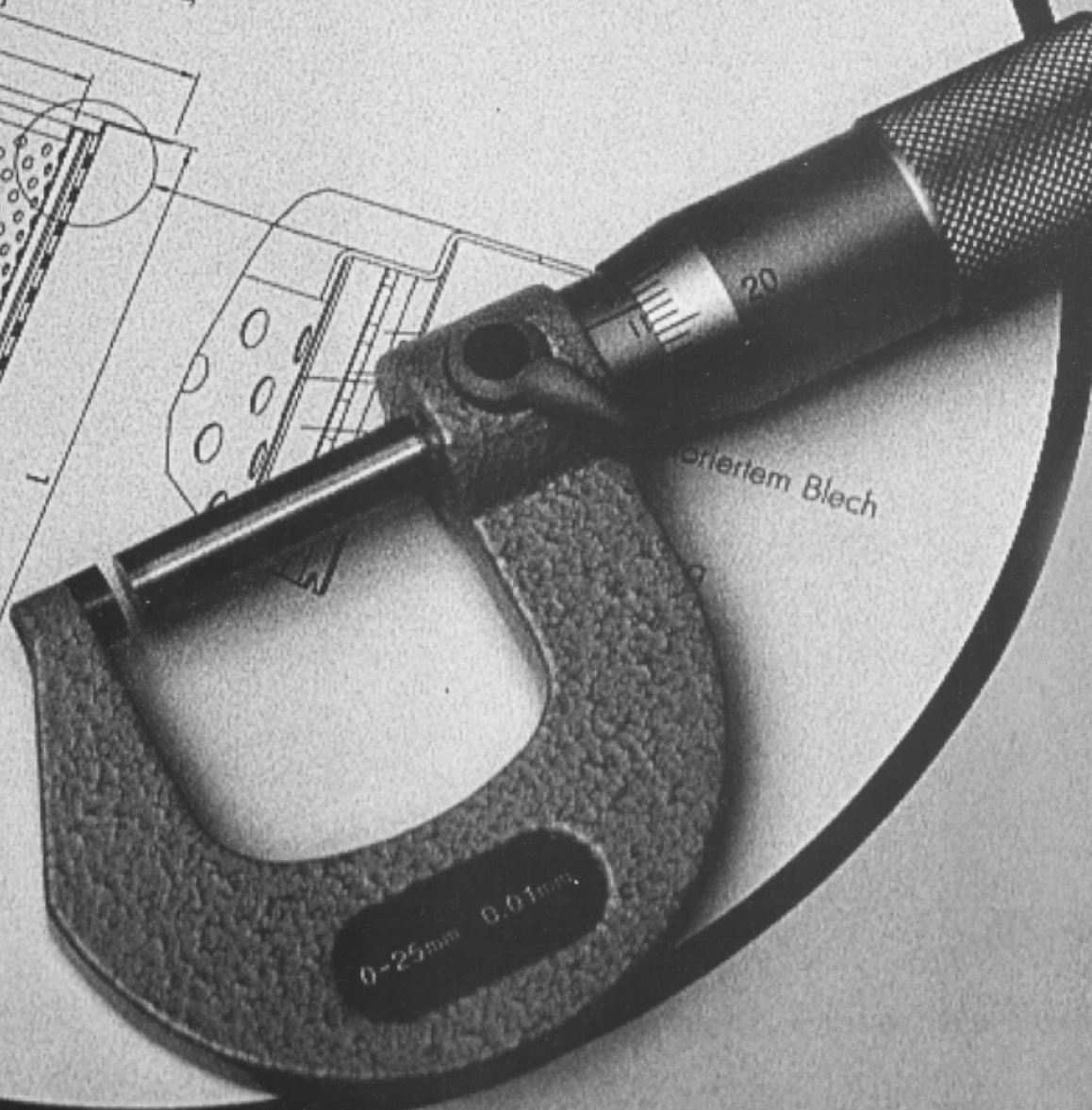
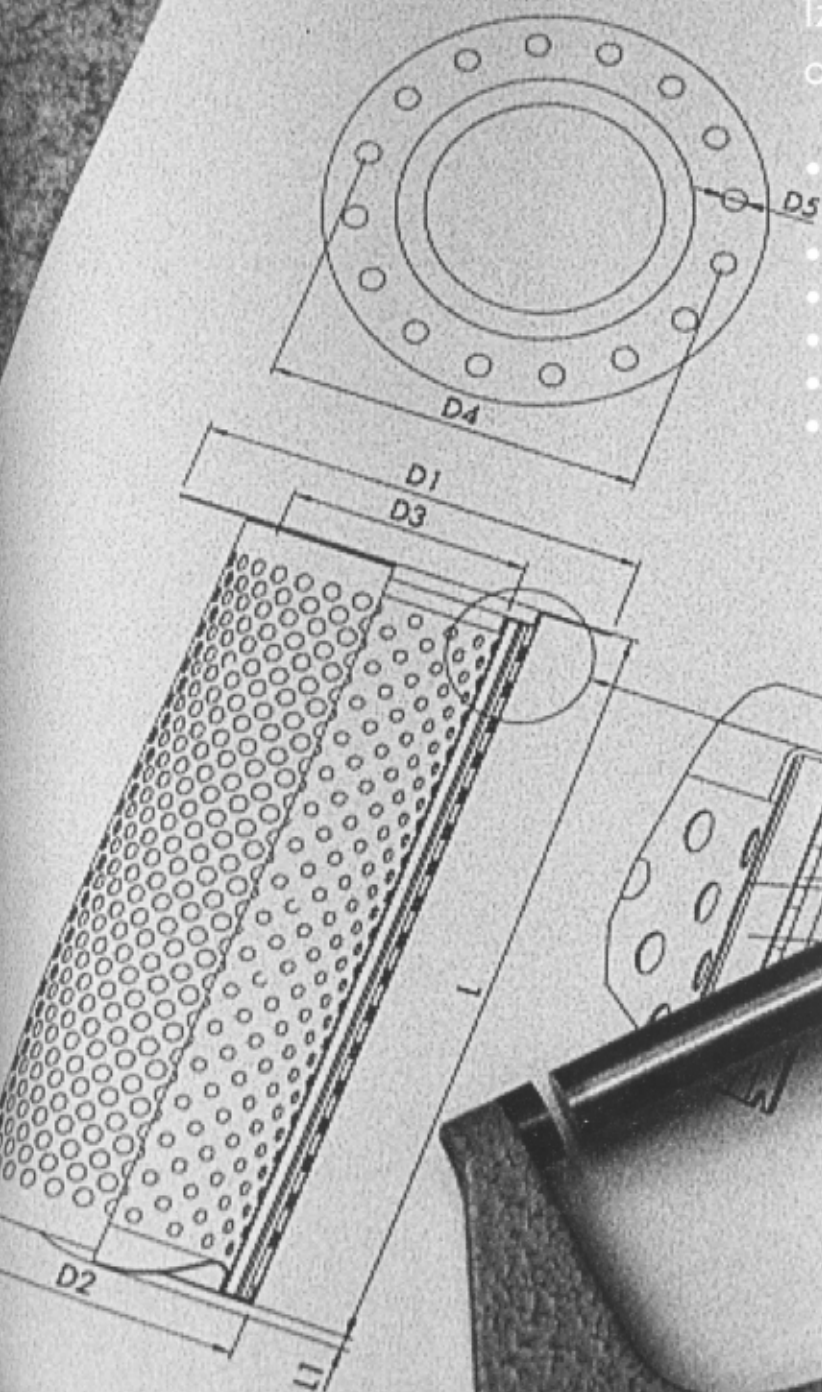


TRM FILTRI

Bohoričeva 19, 1000 Ljubljana
tel.: 061 130 98 70, fax: 061 130 98 75
e-mail: info@trm-filtri-jt.si, www.trm-filtri-jt.si

Izdelujemo vse vrste filtrov za industrijo,
odpraševalne in filtrirne sisteme.

- Izločevalci olja za kompresorje in vakuumske črpalke
- Mikrofiltri za komprimiran zrak
- Filtri za prašno lakiranje in peskanje
- Sesalni zračni filtri
- Filtri za visokoviskozne in agresivne medije
- Specialni filtri po naročilu



DANI

**Digitalni plinski kromatograf DANI GC 1000
(The Digital Gaschromatograph
DANI GC 1000)**



MILESTONE



**M I C R O W A V E
L A B O R A T O R Y S Y S T E M S**

**Mikrovalovni reaktor serije ETHOS CFR za
uporabo v organski kemiji (The ETHOS CFR
Series of Microwave Reactor)**



**ENVIRONICS
INDUSTRY OY**

**Detektor nevarnih plinov MGD-1
(Gas Detector MGD-1)**



DR.NEMO



**Podrobnejše informacije dobite v podjetju
DR. NEMO, d.o.o.**

**proizvodnja, zastopstvo, tehnična podpora
in svetovanje**

Štrekljeva 3, 1000 Ljubljana

tel.: 061/125-11-05

fax: 061/125-11-10

elektronska pošta: dr-nemo@dr-nemo.si