

# **ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД**

год. 54

бр. 1 (фeбруар)

YU ISSN04406826

UDC 54.001.93

# ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 54

број 1  
фeбруар

Editor-in-Chief  
RATKO M. JANKOV  
Deputy Editor-in-Chief  
DRAGICA TRIVIĆ

Volume 54  
NUMBER 1  
(February)

Publisher  
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY  
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Издаје  
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК  
Ратко М. Јанков

ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ  
УРЕДНИКА  
Драгица Тривић

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ  
Владимир Вукотић, Бранко Дракулић, Јелена Радосављевић  
и Воин Петровић

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован Јовановић, Славко  
Кеврешан, Драган Марковић, Владимир Павловић,  
Радомир Саичић, Живорад Чековић (председник).

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед”,  
за 2012. годину износи:

- за запослене..... 1.800,00  
- за професоре у основним и средњим школама..... 1.000,00  
- за пензионере, студенте, ђаке и незапослене..... 800,00  
- претплата за школе и остале институције..... 3.500,00  
- за чланове и институције из иностранства. .... € 50

Чланарину и претплату можете уплатити на рачун СХД:  
205-13815-62, позив на број 320.

Web site: <http://www.shd.org.rs/hp/>  
e-mail редакције: [hempred@chem.bg.ac.rs](mailto:hempred@chem.bg.ac.rs)

Припрема за штампу: Јелена и Зоран ДИМИЋ,  
Светозара Марковића 2, 11000 Београд

Штампа: РИЦ графичког инжењерства Технолошко-  
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

Насловна страна и Интернет верзија часописа:  
Слободан и Горан Ратковић, RatkovicDesign  
[www.ratkovicdesign.net](http://www.ratkovicdesign.net)  
[office@ratkovicdesign.net](mailto:office@ratkovicdesign.net)

## САДРЖАЈ

### ПРИЧА СА КОРИЦА

100 ГОДИНА ОД ПУБЛИКОВАЊА БОРОВОГ  
МОДЕЛА АТОМА ..... 2

### ЧЛАНЦИ

Драган А. МАРКОВИЋ, Марк АДЛЕР  
*Dragan A. MARKOVIĆ, Mark ADLER*  
ДА ЛИ ЗНАМО ИСТИНУ О ГЛОБАЛНОМ ЗАГРЕВАЊУ  
*DO WE KNOW THE THRUT ABOUT GLOBAL WARMING* ..... 3

Бранко Ј. ДРАКУЛИЋ  
*Branko J. DRAKULIĆ*  
СЕДАМДЕСЕТ МИЛИОНИТИ МАЛИ МОЛЕКУЛИ У  
ЕЛЕКТРОНСКОЈ БАЗИ ПОДАТАКА CHEMICAL ABSTRACT - A  
*70 MILLIONTH & COUNTING - 70 MILLIONTH SMALL  
MOLECULE RECORDED IN CAS* ..... 12

Ерне Е. КИШ, Горан Ц. БОШКОВИЋ, Анђелка В.  
ТОМАШЕВИЋ  
*Erno E. KISS, Goran C. BOŠKOVIĆ, Andjelka V. TOMAŠEVIĆ*  
КАТАЛИЗА У СЛУЖБИ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ  
*CATALYSIS SERVICES IN ENVIRONMENT PROTECTION* ..... 13

### ХЕМИЈА У ШКОЛИ

Даринка ШКОРИЋ, Милош РАДЕНКОВИЋ  
*Darinka SKORIĆ, Miloš RADENKOVIĆ*  
ПРИМЕНА ИСТОРИЈЕ НАУКЕ У НАСТАВИ ХЕМИЈЕ  
*HISTORY OF CHEMISTRY IN CHEMISTRY EDUCATION* ..... 23

ВЕСТИ ИЗ СХД  
ИЗВЕШТАЈ СА СВЕЧАНЕ СКУПШТИНЕ СРПСКОГ  
ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА ..... 27



## УВОДНИК

Укорочили смо у нову годину. Верујемо да ће нам ова година бити боља него претходне, и то не само нама у Хемијском *преледу*, већ у целом Српском хемијском друштву. Као и сваке године, на почетку и ове године морамо да поновимо **молбу да се што пре учланите у СХД!** Тиме ћете значајно помоћи редовно излагање *XII*, као и наше намере да сваке године поправљамо и подижемо квалитет овог нашег заједничког часописа. Уз то, на тај начин обезбедићете свој примерак *Хемијског преледа*. **Чланарина за ову годину** (уз бесплатни примерак *Хемијског преледа* током читаве године) **је непромењена** у односу на претходну, а СХД је установио и нову (мању) "тарифу" за просветне раднике. Детаље о начину плаћања чланарине можете наћи на импресуму овог броја или на сајту Српског хемијског друштва ([www.shd.org.rs](http://www.shd.org.rs)).

\* \* \*

Нилс Бор је „заштитно лице“ овогодишњег издања *XII*. Да би објаснио недостатке Радерфордове теорије модела атома, а ослањајући се на Планкову хипотезу која каже да се електромагнетно зрачење емитује у одређеним „порцијама“, односно, квантима енергије, Нилс Бор је изложио своја теоријска разматрања у чланку који је објављен 1913. године (дакле пре тачно 100 година) у *Philosophical Magazine*. На основу експеримената са одређивањем спектралних серија водониковог атома и атома осталих елемената (којим су се бавили Риз, Балмер и Пашен) Бор је извео формуле и теоријски објаснио експерименталне резултате које су добили поменути научници. О Нилсу Бору можете прочитати у рубрици *Приче са корица*, коју публикујемо у сваком првом броју у новом годишту.

\* \* \*

Једна од најчешћих тема многих скупова и расправа о заштити животне средине јесте питање климатских промена и последични пораст средње глобалне температуре. Већином је прихваћено да „гасови стаклене баште“ (ГСБ), који настају нашом људском активношћу, узрокују значајно загревање Земље. При томе, пораст регионалних температура није униформно распоређен ни просторно ни временски. Тако се, на пример, област Арктика загрева двоструко брже од остатка планете, Западни Пацифик је топлији од Источног, а југоисток САД хладнији од остатка те државе. Ипак, они који су опрезнији у погледу званичне теорије глобалног загревања сматрају да је тренд даљег пораста температура са порастом концентрације ГСБ заустављен или бар успорен. О свему овоме су **Драган А. Марковић** (Факултет за примењену екологију, Сингидунум, Београд) и **Марк Адлер** (Intersect Partners, LLC, San Clemente, САД) написали за *Хемијски прелед* полемички чланак под насловом „Да ли знамо истину о глобалном загревању?“.

\* \* \*

У *Хемијском Преледу* 1/2010 објавили смо да је почетком септембра 2009. *Chemical Abstract* (Хемијски сажетци) 'укупило' 50 милионити мали молекули, дали мало детаљнији опис саме базе података *Chemical Abstract* и направили паралелу између тога како се хемијска литература претраживала некада и како се претражује сада. Нешто мање од две године после педесетог, у мају месецу 2011, 'укупило' је 60-милионити мали молекули. Шестог децембра 2012. електронска база података *Chemical Ab-*

*stract* је забележила седамдесет-милионити мали молекули. Овај "јубиларни" молекули је блокатор јонских канала, а описан је у патенту аутора са Корејског института за науку и технологију из Сеула (Јужна Кореја). Ово је само мали пример каквим динамичним темпом наука незадржаво расте, а управо о томе је **Бранко Ј. Дракулић** (Центар за хемију – ИХТМ, Универзитет у Београду) писао у чланку "Седамдесет-милионити мали молекули у електронској бази података *Chemical Abstract*".

\* \* \*

**Ерне Е. Киш**, **Горан Ц. Бошковић**, (Технолошки факултет, Нови Сад) и **Анђелка В. Томашевић** (Институт за пестициде и заштиту животне средине, Земун) су у чланку "Катализа у служби заштите животне средине" дају нови прилог о катализи која у екологији представља покретачку снагу за побољшање квалитета живота, здравља и животне средине. У раду дају неколико примера како каталитичке технологије могу превентивно да допринесу очувању животне средине у смислу 12 основних принципа, а, уколико је већ дошло до загађења животне средине, дају неколико примера како настале штете могу да буду отклоњене интервентним каталитичким поступцима.

\* \* \*

Да ли садржаји из историје хемије припадају историји или хемији? Пре више од сто година (1907) научник Вилијам Џејмс је сматрао да се историјским приступом у настави могу објаснити готово сви садржаји. Ученицима се боље може објаснити сама природа науке уколико им се презентује контекст у коме су научници долазили до знања, или уколико ученици (ментално) пролазе пут којим је прошла и наука у трагању за објашњењима појединих феномена. Историја науке је до половине двадесетог века била уобичајена у настави природних наука, да би се у каснијем периоду искључивала, уз објашњење да историја науке није више легитиман предмет у научном образовању и да не доприноси учењу савремених научних садржаја. Последњих година, с повећањем свести о улози и утицају историје науке на научну писменост, историја науке почиње поново да се укључује у наставни процес. Праћење развоја одређене идеје, начина решавања одређених научних проблема несумњиво доприноси разумевању научних садржаја и појмова код деце и младих. У рубрици *Вести из/за школе* аутори **Даринка ШКОРИЋ** и **Милош РАДЕНКОВИЋ** са Хемијског факултета у Београду написали су на ову тему интересантан чланак "Примена историје науке у настави хемије".

\* \* \*

У рубрици *Вести из СХД* наћи ћете *Извештај са свечане Скупиштине Српског хемијског друштва*, која је одржана 12. 12. 2012. године у Свечаној сали Српске академије наука и уметности у Београду.

На унутрашњој задњој корици овог броја *Хемијског преледа* објављујемо критеријуме за објављивање чланака у овом часопису, тако да аутори који пишу у *XII* имају јасне инструкције како да приреду рукопис. Ваши прилози, као и сугестије, препоруке или нове идеје су веома добродошле као начин да се додатно обогати наш заједнички часопис.

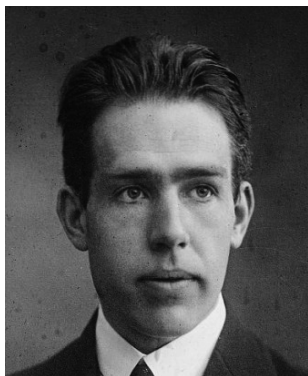
**Ратко М. Јанков**



## ПРИЧА СА КОРИЦА

### 100 ГОДИНА ОД ПУБЛИКОВАЊА БОРОВОГ МОДЕЛА АТОМА<sup>А)</sup>

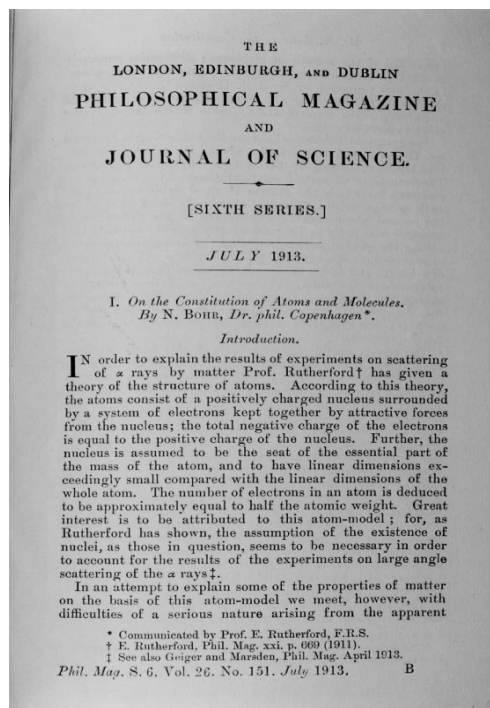
Према теорији Ј.Ј. Томпсона из 1904. године атом је представљен као позитивно наелектрисана униформна сфера унутар које се електрони крећу у кружним путањама. Према теорији Е. Радерфорда од 1911. године атом се састоји из позитивно наелектрисаног језгра и електрона који круже око језгра по путањама чији су пречници много већи од димензија језгра. Укупно негативно наелектрисање електрона који окружују језгро једнако је позитивном наелектрисању језгра. У језгру је сконцентрисана маса атома. Језгро има много мање димензије у односу на димензије атома. Међутим, према законима класичне електродинимике електрони би морали емитовати електромагнетно зрачење док круже око језгра. Због тога би се смањивала брзина електрона што би узроковало њихов пад на језгро. С обзиром да се то не дешава и сам Радерфорд је био уздржан од ове теорије. Ако би се континуирано смањивала енергија електрона онда би се континуирано мењале и таласне дужине у спектру зрачења које емитују електрони. Међутим експериментом је утврђено да спектар није континуалан него да је састављен из узких раздвојених линија одређених таласних дужина. Ову појаву Радерфорд није објаснио у моделу атома који је предложио.



Нилс Бор - фотографисано око 1915. године

Да би објаснио недостатке Радерфордове теорије модела атома, а ослањајући се на Планкову хипотезу која каже да се електромагнетно зрачење емитује у одређеним „порцијама“ односно, квантима енергије, Нилс Бор је изложио своја теоријска разматрања у чланку који је објављен 1913. године у *Philosophical Magazine*. На основу експерименталних резултата које су добили поменути научници.

Бор је постулирао тврђење да се електрони у атому крећу око језгра само по одређеним стационарним орбитама. Такође, док је на стационарној орбити елек-



Насловна страница *Philosophical Magazine*

трон не емитује електромагнетно зрачење. Ово Борово разматрање је данас познато као постулат о стационарним стањима. Бор је поставио постулат о квантовању момента импулса и постулат о квантним прелазима. Постулат о квантовању момента импулса каже да момент импулса електрона у атому не може имати произвољну вредност него мора бити целобројни умножак константе која се добија дељењем Планкове константе са  $2\pi$ . Постулат о квантним прелазима каже да када прелази са једне на другу стационарну орбиту у атому, електрон емитује или апсорбује квант енергије. Борова теорија је потврђена на спектралним серијама водониковог атома на тај начин што су се израчунате вредности за фреквенције појединих линија добро slagале са експериментално добијеним још крајем 19. века. Такође израз који је Бор извео за радијусе стационарних орбита је дао за резултат ред величине димензије атома који је добијен експериментално.

Најбитнија три елемента која су дала значај Боровом моделу атома су теоријско објашњење стабилности атома, спектра зрачења и димензија атома. Значај

<sup>а)</sup> Напомена: Прича представља резултат рада на пројекту "Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерациске перспективе", број 179048, чију реализацију финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

Борове теорије се огледа у томе што је она пре свега прелазна етапа између класичне физике и квантне механике. Пошто класична физика није била довољна да објасни неке појаве у микросвету, са Бором и Планком почео је развој квантне механике- гране теоријске физике која представља значајан стуб у развоју савремене физике.

Кратка биографија - **Нилс Бор** (7. октобар 1885 — 18. новембар 1962) био је дански физичар. Рођен је у Копенхагену где је 1903. године уписао студије философије и математике. Године 1905. одбацује философију и усмерава своја интересовања на математику и посебно физику. Докторирао је 1911. године, а затим је, у оквиру пост-докторских студија прикупио резултате експе-

римената које су осмишљавали Ј.Ј.Томпсон и Е. Радерфорд. Од 1912-1916. године у Манчестеру се бавио изучавањем структуре атома. Године 1916. бива постављен за председавајућег члана одсека за теоријску физику Универзитета у Копенхагену. Године 1922. добио је Нобелову награду за физику. Током наредних година изучавао је нуклеарну физику. Када су 1940. године Немци окупирали Данску, Бор је избегао у САД где је учествовао у истраживањима која су касније омогућила израду прве нуклеарне бомбе. По завршетку Другог светског рата, Бор се вратио у Копенхаген где је изабран за председника Данске академије наука. Заузимао се за ограничење нуклеарног наоружања и забрану коришћења атомских бомби.

# ЖИЛ ЧЛАНЦИ



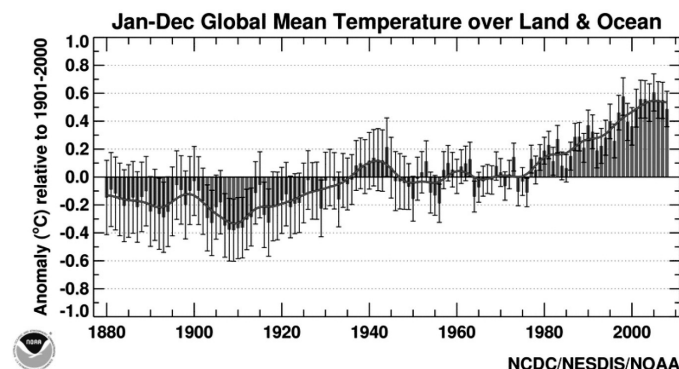
**Драган А. МАРКОВИЋ<sup>1</sup>, Марк АДЛЕР<sup>2</sup>**  
<sup>1</sup> Факултет за примењену екологију „Футура“, Универзитет Сингидунум, Београд,  
 е-пошта: [draganmarkovic@singidunum.ac.rs](mailto:draganmarkovic@singidunum.ac.rs),  
<sup>2</sup> Intersect Partners, LLC, San Clemente, CA 92673  
 е-пошта: [madler@intersectllc.com](mailto:madler@intersectllc.com)

## ДА ЛИ ЗНАМО ИСТИНУ О ГЛОБАЛНОМ ЗАГРЕВАЊУ

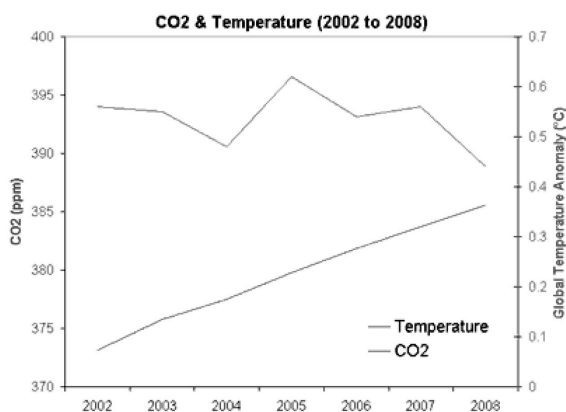
Кад се узму дути размаци времена – све су истине привремене  
*Јован Цвијић*

Једна од најчешћих тема многих скупова и расправа о заштити животне средине је питање климатских промена и последични пораст средње глобалне температуре. Већином је прихваћено да „гасови стаклене баште“ (ГСБ), који настају нашом (људском) активношћу, узрокују значајно загревање Земље. У својим извештајима ИПЦЦ (IPCC - The Intergovernmental Panel on Climate Change) - главни орган УН који води бригу о глобалном загревању - наводи да је глобална површинска температура расла за око 0,2 °C по декади у протеклих 30 година, приближно ономе што је наговештавано 1980. године. Истраживања у циљу потврђивања климатских промена и њиховог узрока заснивају свој закључак о антропогеном утицају на основу

пораста емисије ГСБ, порасту концентрације аеросола и променама у концентрацији озонског стратосферског слоја. Према недавној анализи спроведеној у НАСА Институту за проучавање свемира - ГИСС [1], (NASA-National Aeronautics and Space Administration – Goddard Institute for Space Studies, GISS), средња глобална температура је порасла за око 0,8 °C од 1880. године (0,3 – 0,6 °C/100 год.), од када су почела редовна мерења температуре, а две трећине тог раста је почев од 1975. године. Да ли је 0,8 °C много или мало и да ли је то за бригу, о томе нема пуне сагласности. С друге стране, у првој половини 20. века забележен је мањи пораст температуре, уз доминацију природних варијација у количини енергије која долази са Сунца (слика 1)



**Слика 1.** Промене средње годишње површинске температуре Земље за период 1880. – 2008. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration.) [2].

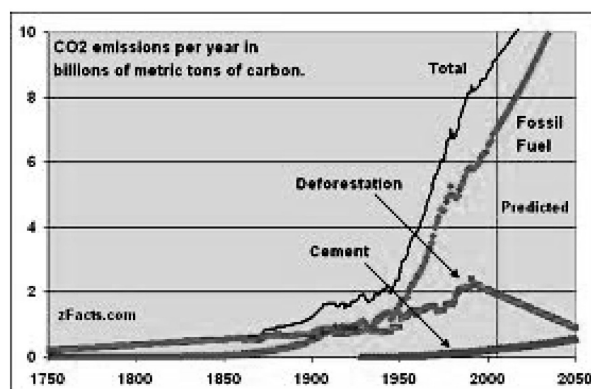


Слика. 2: Годишње промене атмосферског CO<sub>2</sub> (NOAA) и глобалне температуре (GISS) од 2002. до 2008. године.

Прва деценија 21. века (са девет најтоплијих година од 1880.) била је најтоплија декада, а 2005. и 2010. година биле су прва и друга најтоплија година у историји модерних метеоролошких мерења, док је 2008. година била најхладнија година претходне декаде (слика 2). При томе, пораст регионалних температура није униформно распоређен ни просторно ни временски. Тако се, на пример, област Арктика загрева двоструко брже од остатка планете, Западни Пацифик је топлији од Источног, а југоисток САД хладнији од остатка државе [2 -5]. Ипак, они који су опрезнији у погледу званичне теорије глобалног загревања сматрају да је тренд даљег пораста температура са порастом концентрације ГСБ заустављен или бар успорен [6, 7].

Било да је томе разлог људска делатност и небрига или је то резултат природних циклуса кроз које Земља пролази, термометри широм света показују стални раст температуре. Без икакве сумње је да средња глобална температура углавном зависи од количине енергије коју Земља добија са Сунца и колико од тога, као и свако друго загрејано тело, врати у околни простор. Ако, за ово разматрање, изоставимо Миланковићеве циклусе онда се поменути енергетска равнотежа углавном мало мења у предвидивим периодима са циклусима Сунца. Притом количина енергије коју површина Земље отпушта зависи и од састава њене атмосфере.

Употреба фосилних горива је значајно порасла у другој половини 20. века. Количину нафте утрошену у целој 1950. години сада Свет потроши за шест недеља [8]. У последњих двадесетак година око 75 % антропогено емитованог CO<sub>2</sub> настало је сагоревањем фосилних горива. Тај пораст потрошње довео је до повећања концентрације CO<sub>2</sub> у атмосфери од 290 ppm (1880. године) до око 390 ppm (2010. године) и то се углавном може приписати људским активностима (слика 3). Концентрација неколико важних гасова стаклене баште порасла је за око 25 % од почетка индустријског доба пре око 250 година [9, 10]. Пошто CO<sub>2</sub> спада у најважније гасове који апсорбују топлотну (инфрацрвену - ИЦ) радијацију емитовану са Земље, јасно је зашто је овом гасу приписана улога главног кривца за примећени тренд пораста глобалне температуре.



Слика. 3: Антропогена емисија CO<sub>2</sub> у последњих 250 година (1750 -2000) и процена за период 2000-2050 (<http://zfacts.com/p/194.html>).

Према неким подацима око 7,4 гигатона (10<sup>9</sup> тона) угљеника (26,4 Gt CO<sub>2</sub>) емитује се у атмосферу сваке године [9]. Концентрација CO<sub>2</sub> у атмосфери регулише се преко низа процеса који функционишу у глобалном циклусу угљеника [10]. Размена угљеника између атмосфере и земљине површине регулише се природним процесима као што су фотосинтеза и растварање у океанима. Ти природни процеси могу преузети око 57 % вештачки (антропогено) емитованог угљеника а остатак остаје у атмосфери (око 43 %). Позитиван салдо у емисији доводи до сталног пораста концентрација ГСБ, пре свега CO<sub>2</sub> [10].

При свој уверенисти да су ГСБ највећи узрочници климатских промена остаје чињеница да неки природни фактори такође утичу на промену климе. Узимајући у обзир ту природну променљивост, тешко је одредити степен промена које узрокује човек својим активностима. Компјутерски модели коришћени за тај прорачун (неки оспоравају њихову поузданост, наводи касније у тексту), дају као резултат пораст средње глобалне температуре, што последично може утицати на климатске промене на Земљи. Процене засноване на томе генерално упућују на загревање наше планете током протеклог века и сугеришу да је антропогена емисија CO<sub>2</sub>, највероватније, важан покретачки фактор ове појаве. У једној студији из 2001. године америчког Националног савета за истраживања (National Research Council) се истиче "Чињеница је да *температура расте. Промене осмислене током последњих неколико деценија су највероватније настале под утицајем човекових активности, али ми не можемо одгајити да је неки значајан део тих промена рефлексија природних варијабилности*" [10]. Међутим, постоји неизвесност у томе како се климатски систем прилагођава и реагује на емисију ГСБ. Напредак у смањивању неизвесности за предвиђање будућих климатских промена захтева боље схватање и разумевање нагомилавања ГСБ у атмосфери и понашања климатског система у вези са тим.

Неки истраживачи (наводи касније у тексту), прихватајући да концентрација ГСБ расте и да би то могло бити основни узрочник запажених промена

климе, истичу да постоје и други могући узроци. Они у њих укључују промене у активностима Сунца, осцилације површинске температуре океана и промене у концентрацији аеросола. Све поменуто, по њима, појединачно може узроковати (мали) пораст или смањивање температуре Земље, али додају, да ти фактори, укупно узети, нису довољни да објасне забележене промене температуре. *Ел Нино* и *Ла Нина* управо су пример како океани могу утицати на глобалну температуру. Они изазивају абнормално топлу или хладну површинску температуру дела Јужног Пацифика, која је узрокована променама океанских струја. Глобалне температуре опадају са настанком Ла Нине, што се догађа када се хладна дубинска вода од обала Перуа шири западно у екваторијални Пацифик. Ла Нина успорава глобално загревање јер хлади површинску океанску воду. Сматра се да је посебно јак Ел Нино циклус у 1998. години допринео неубичајено високим температурама, које су обележиле ту годину. Џемс Хансен (James Hansen), директор ГИСС-а, истиче да је значајна варијација температуре, из године у годину, узрокована тропским Ел Нино и Ла Нина циклусима [5]. Већина научника процењује да ови феномени могу довести до осцилација у глобалној температури за око 0,2 °С. Други извори наводе да осцилације соларне радијације могу изазвати промене глобалне температуре веће од 0,1 °С по stoleћу (што је око 50 % уочених промена) [11].

Да ли улогу у целој причи имају и емитовани аеросоли, остаје отворено питање [12]. Мишљења да аеросоли можда смањују ефекат ГСБ за целих 50 %, узимају се са доста сумње. Због многих непознаница везаних за аеросолне честице, величина тог утицаја на климу остаје међу најнеизвеснијим факторима у предвиђању будућих дешавања [13]. Међутим, како год да се тумаче горе наведени ставови остаје владајућа доктрина да се Земља убрзано загрева и да је највећи кривац за ту, могуће катастрофалну појаву, углавном један – CO<sub>2</sub> настао сагоревањем фосилних горива. Мада овакав став доминира, знатан је број и оних (називају их « скептици ») који ово не узимају здраво за готово [14- 18]. Уз сваки аргумент за имају и аргумент против и *vice versa* [19]. Међутим, пошто ово није само академско, већ готово судбоносно питање цивилизације, неопходно је дилеме разјаснити, а онда деловати, сигурни у оно шта треба урадити, јер у решавању овог питања грешке нису дозвољене, а погрешне мере могу скупо да нас коштају.

Проблем са гасовима стаклене баште, био он стваран или умишљен, јако утиче на наше будуће активности, а тренутно највише на планирање енергетских потреба и извора. У којој мери и времену остали извори (који су у општини) могу преузети део производње енергије која се сада ослања на фосилна горива. У 2007. години 87% примарне енергије дошло је из фосилних горива – дакле путем сагоревања. Уз многа питања и проблеме који прате планирање и изградњу нових енергетских капацитета, намеће се и онај који је везан за емисију гасова стаклене баште, посебно CO<sub>2</sub>. Обзиром на правац размишљања, постојеће и планиране

прописе и посебно на преовлађујућа друштвена усмерења биће у тој области још доста тема за дискусију.

Једно је изгледа сигурно; производња примарне енергије из фосилних горива, пре свега угља, још деценијама имаће значајан, ако не и доминантан, удео у задовољавању енергетских потреба човечанства. Са тим нам следи и висока емисија CO<sub>2</sub>. Па кад је тако, погледајмо, шта стварно од тог озлоглашеног гаса можемо очекивати?

Европа је прихватила политику ограничавања емисије ГСБ и посебно CO<sub>2</sub>. С тим у вези је постало веома битно где градити нове термо-енергетске објекте. Од тога где се они налазе, произилазе и обавезе плаћања трошкова за емисију CO<sub>2</sub>. Последице тога осетиће сви грађани Европе, преко трошкова за нова обавезна светлосна тела, таксе за аутомобиле и пенале за вишак преко дозвољене емисије CO<sub>2</sub>. Од краја прошле године, ЕУ је у оквиру своје политике трговине квотама за емисију CO<sub>2</sub> (European Union Emissions Trading Scheme – EU ETS) прописала свим авиокомпанијама, које лете на европском небу, таксе за емисију ГСБ. О којим се сумама ради нека послужи пример Луфтханзе која, само за 2012, треба да плати око милијарду еура. Сигурно је да ће део тих нових трошкова бити пренет (и већ је сте) на цену путничких карата.

Да би се умањили могући неповољни ефекати глобалног загревања, (ако су тачна предвиђања ИПЦЦ-а) емисија CO<sub>2</sub> морала би се смањити за 50 % - уз 80 % смањивања емисије у најразвијенијим земљама, што за сада изгледа немогућа мисија. Јер се, с друге стране, САД, Индија, Кина, Бразил и неке друге доминирајуће и економике у развоју не понашају у складу са најављеном опасношћу. Чак, шта више, повећавају употребу фосилних горива, а тиме и емисију CO<sub>2</sub>. Тек завршена конференција УН у Дохи (Катар, децембар 2012.), уз учешће представника из близу 200 земаља, о продужењу важења Кјото протокола, није дала ништа конкретније осим договора о новом састанку 2015. године.

**Табела 1. Емисија CO<sub>2</sub> у неким земљама израчуната на бази емисије за 2004. годину [8]. (\*500 kg/ становник, година)**

Држава	Еквивалент емисије CO <sub>2</sub> kg/становнику у 2000. год.	*Ниво за који емисија прелази ниво одрживости
САД	5.628	11,3 пута
Немачка	2.678	5,4
Француска	1.639	3,3
Мексико	1,148	2
Мозамбик	27	-

У Европској Унији јавности се представља теорија да је наша цивилизација, повећаном емисијом CO<sub>2</sub>, главни узрочник климатских промена и катастрофичних временских појава у будућности, што један део стручне јавности у добром делу оспорава [6, 20]. На чему то, ови скептици, који не мисле да је CO<sub>2</sub> најодговорнији за глобалну промену температуре заснивају своје становиште? Неки од тих ставова наведени су и представљени у реф. [20]. Погледајмо детаљније који

су аргументи изнети и на чему се заснивају оспоравања владајуће теорије о узроцима глобалног загревања.

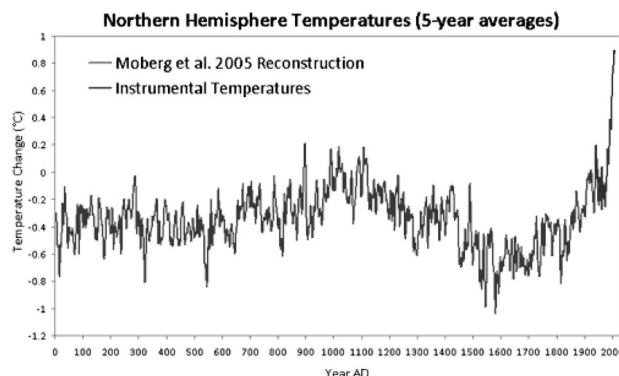
У прошлости промене у количини атмосферског  $\text{CO}_2$  нису пратиле (заостајале су) за променама температуре. Како онда можемо тврдити да  $\text{CO}_2$  подиже температуру? Температура је бивала приметно нижа или виша, а удео  $\text{CO}_2$  у атмосфери није увек следио те промене. Водена пара је најефикаснији гас стаклене баште. Степен загревања атмосфере се не слаже са оним што би очекивали од ГСБ. Антропогени извори  $\text{CO}_2$  у поређењу са природним су занемарљиви. Температура на Земљи следи активности Сунца. Резултати примењених модела још увек нису довољно сигурни да би се на основу њих доносиле одлуке са дугорочним дејством... Ево, за почетак, неких ставова која подржавају ова гледишта.

Шта се може закључити на основу историјских података? Када се посматра реконструкција температуре и промена атмосферског садржаја  $\text{CO}_2$  за последњих 300 - 400 хиљада година, добијена на основу анализе заробљеног гаса у узорцима леда са станице Восток на Антарктику, запајају се три периода значајног отопљавања. Сваки овај период завршавао се захлађењима познатим као ледена доба. Ови периоди трајали су десетинама хиљада година и доводили су до драматичних промена климе и биодиверзитета на Земљи. Оно што се такође запажа јесте да је свако отопљавање настајало значајно пре пораста атмосферске концентрације  $\text{CO}_2$ . Мерење састава мехурића ваздуха заробљених у узорцима леда, у периоду око 240.000 година пре садашњег времена, сугерише да пораст  $\text{CO}_2$  касни за почетком пораста температуре за  $800 \pm 200$  година [21]. Ово значи да пораст концентрације  $\text{CO}_2$  не изазива пораст температуре током дегласијације. Насупрот, последични пораст температуре океана доводи до пораста атмосферског садржаја  $\text{CO}_2$ . Када је температура на максимуму циклуса и почне да опада, концентрација  $\text{CO}_2$  наставља да расте током следећих векова. Како  $\text{CO}_2$  расте, температура пада, што је у супротности са ставом да је  $\text{CO}_2$  основни покретач климатских промена. Подаци из леда то не показују. Постоји више радова на ову тему, у врхунским научним часописима, са готово истим закључцима. На ово присталице ТГЗ (Теорије Глобалног Загревања) кажу да  $\text{CO}_2$  не иницира загревање али да га појачава [19, 22]. Свака страна ово тумачи на свој начин.

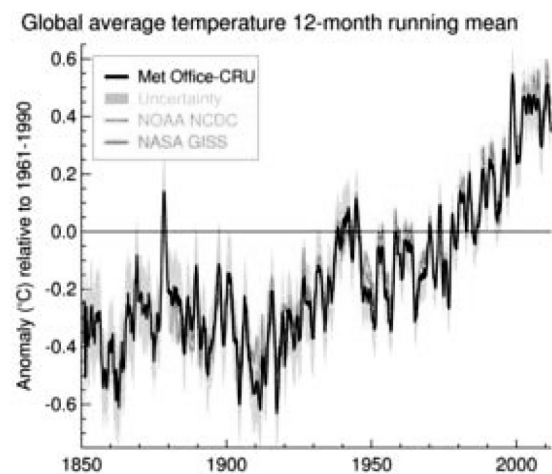
Температуре су и у ближеј прошлости већ биле приметно ниже или више, а удео  $\text{CO}_2$  у атмосфери то не прати – рецимо у 15. и 16. и на прелазу из 17. у 18. век у Европи (и већем делу Северне Хемисфере) настао је период веома хладних зима, са просечном температуром нижом од вишегодишњег просека (слика 4) а није потврђено да је удео  $\text{CO}_2$  у атмосфери пратио ове промене [23, 24].

Примери за такво понашање могу се наћи и у знатно скоријем периоду. Како се може видети на слици 5, температуре су у паду почетком прошлог века, потом показују раст у периоду 1915 – 1940, а затим поново падају или стагнирају све до средине 70-тих година када долази до убрзаног раста до краја протеклог века. Су-

дећи према резултатима за последњу декаду тај пораст температура за сада је успорен [7, 25]. При томе промене концентрације  $\text{CO}_2$ , које би одговарале оваквим променама, нису забележене.



Слика 4. Температуре на Северној Хемисфери реконструисане према Мобергу (*Moberg et al.*) [23]. Крајње десно (око 2000.) је предвиђање ИПЦЦ-а. У последњих 1000 година запајају се два јака захлађења у Европи у периоду 15. и 17. века.



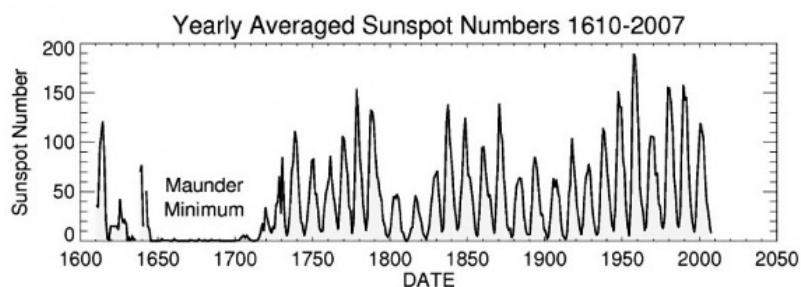
Слика 5: Средње глобалне површинске температуре током претходних 150 година – HadCRUT3\*. <http://www.metoffice.gov.uk/research/monitoring/climate/surface-temperature>

\* HadCRUT – је назив за базу података глобалних температура насталу у сарадњи The MetOffice **H**adley Centre и **C**limatic **R**esearch **U**nit – University of East Anglia, а 3 је ознака за трећу групу података.

У претходних две хиљаде година највећи пад температуре (слика 4) поклапа се са неубичајено малом активношћу Сунца, познатом као Маундеров (Maunder) минимум, са врло ретким појавама пега на Сунцу (слика 6) [26, 27]. У том периоду Балтичко море се замрзавало као и већина река у Европи, укључујући и познате канале у Холандији. Алпски глечери су се проширили на некада обрадиве површине. Норвешке колоније установљене на Гренланду, током топлијег средњевековног периода (од 10. до 13 века) напуштене су, јер су биле недоступне услед огромних количина нагомиланог леда.

Цео овај период је познат као „Мало ледено доба“. Ово је навело поједине истраживаче да сугеришу да





Слика 6. Средњи годишњи број сунчевих пега у периоду 1610-2007 [27]. Запажа се изостанак активности Сунца у 17 и почетком 18. века.

треба да размотримо и друге узроке климатских промена, не само ГСБ, а соларна активност једна је од тих алтернатива. Основна идеја коју износе соларни физичари је да би активности Сунца могле бити један од важнијих разлога уочених климатских промена повезаних са променом температуре [26, 28]. Тим поводом се истиче да Маундеров минимум није само од интереса за соларне физичаре, у контексту теорије о магнетној активности Сунца, већ би могао бити и пут ка одговору о утицају променљивости зрачења Сунца на климу Земље. Ова идеја је прихваћена од извесног броја истраживача, као и бројни новији налази у корист претпоставке да је варијабилност соларне активности један, ако не и основни, чинилац запажених климатских промена повезаних са глобалним загревањем [11, 26 - 36].

Даглас Хојт и Кенет Шејтен (Douglas Hoyt, Kenneth Schatten) истичу да је велики број пега на Сунцу (појачана активност Сунца) за време 11. и 12. века учинио Земљу значајно топлијом [28]. Тај период се карактерише високим средњим глобалним температурама, неки кажу и вишим него што се бележе данас. То је, на пример, омогућило Викинзима да населе Гренланд. Ако би правили паралелу са тим временом, онда треба рећи да су два циклуса пега на Сунцу, у прошлом веку, са максимумима током 1958. и 1990. године били први и други најснажнији циклуси Сунца од 1610. године па до наших дана [28]. Управо у том периоду се бележи најновији значајни пораст температуре. Хојт и Шејтен закључују „наша истраживачка је да је соларна активност у овом веку (20.) порасла и изгледа да одговара осмисленом порасту температуре доље него варијације у концентрацији угљен диоксида“. Батлер и Џонсон (J. Butler и D.J. Johnston) додају – „наши резултати потврђују корелацију температуре са дужином соларних циклуса“ [29]. Кад је Сунце активније и Земља је топлија и обрнуто. Да ли то значи да Сунце управља климом наше планете? За Џ. Хансена (већ поменути директор Годар института) сигурно не. Он у свом недавном чланку, из децембра 2011. године, истиче да „Земљин енергетски биланс остаје ван контроле упркос неувидљивој ниској соларној активности“ (посматрано за последњих пет година). По њему ГСБ остају и даље главни узрочник климатских промена на Земљи а не промене у активности Сунца [37].

Може ли се онда закључити да промене на Сунцу имају везе са нашом климом? Из реченог скептици закључују да Сунце а не  $\text{CO}_2$  одређује температуру Земље. Скафета и Вест додају да модели које су они кори-

стили сугеришу да Сунце утиче на климу више него што говоре извештаји ИПЦЦ-а и процењују да Сунце можда доприноси половини од забележеног раста температуре у 20. веку [11]. К. Ласен (K.Lassen) у свом чланку из 1991. године упоређује промене средње глобалне температуре у периодима од 70 – 90 година са одговарајућим осцилацијама у соларној активности и закључује „да је соларни утицај очигледан у подацима за последња четврти века, а да утицај човекових активности још није зајачан у осмисленим подацима“ [30]. Касније у другом чланку из 1999. Ласен делом коригује свој став [38]. За промене у дужини 11-годишњих циклуса нађено је да јако корелирају са дужевременским променама температура Северне хемисфере од почетка систематских мерења температуре тј. током последњих 130 година [31].

Ипак, утицај Сунца на климу Земље, пре свега у смислу промена соларне активности (соларне константе), није још увек довољно разјашњен. Ако недовољно познајемо неке од главних факторе климатских промена, треба бити опрезан у закључцима о њиховом утицају на глобално загревање. Тим више, што на климатски систем Земље утиче велики број сложених физичких процеса укључених у релације океани-копно-атмосфера, какви су на пример: Ел Нино/Ла Нина циклуси, промена транспарентности атмосфере, утицај космичког зрачења на формирање облака и многи други. [25]. Како, уз толико бројне могућности утицаја, можемо издвојити један - пораст концентрације гасова стаклене баште – и тврдити да је то искључиви узрок глобалног загревања?

Новина повезана са Маундеровим минимумом, у разматраном случају, је да временска скала климатских промена може бити реда стотина година пре него деценија – као што би била скала повезана директно са једнасто- или двадесетдвогодишњим циклусима сунчеве активности [26]. Да би се разумела мерења из последње декаде, у ширем контексту дуготрајнијих климатских промена, морају се посматрати промене температуре за неколико деценија. Доктор П. Стот (Peter Stot) директор Климатских мерења у Хадли центру каже „Мада је прва декада 21. века забележена као најтоплија декада од почетка модерних мерења температуре, загревање од 2000. није било тако брзо као током дужег периода од 1970“ [25]. Скептици у погледу ГГЗ сматрају да се тренд у промени температуре мења, пошто средња температура на Земљи не расте за последњих 10 година (слике 2, 7 и 8). Остаје да се види шта ће бити у наред-

ном периоду, што може да укаже на то ко је био у праву.

Према Моберговој реконструкцији температура за протеклих 2000 година (слика 4), високе температуре сличне онима посматраним у 20. веку биле су током 11. и 12. века, а јача захлађења се могу запазити од почетка 17. века и наредних стотинак година. Ове велике природне варијабилности температуре у прошлости сугеришу важну улогу природних фактора који ће се вероватно наставити. Дужина посматраног интервала има значајан утицај на закључак о току раста или пада температуре. Могуће је избрати жељени период у коме се уочава хлађење или загревање, па посматрано изоловано, ван контекста, закључити како коме одговара.

У већ поменутом чланку Хансена [3] се износи да поређење мерених површинских температура Западног Пацифика са реконструисаним палеоклиматским подацима, сугерише да је тај критични регион (главни извор океанског транспорта топлоте), а вероватно и цела планета, сада исто толико топао као што је био у максимуму за Халоген и у оквиру је приближно  $\pm 1^\circ\text{C}$  максималних температура за протеклих милион година. Загревање које се десило између последњег ледјалног минимума (пре око 25.000 година) и Халогена (период од последњих 12.000 година до данас) било је приближно  $10^\circ\text{C}$  на Антарктику и  $4-5^\circ\text{C}$  глобално. Сматра се да при томе садржај  $\text{CO}_2$  није био већи од 270 ppm, а температуре су биле исте ако не и више него данас [34].

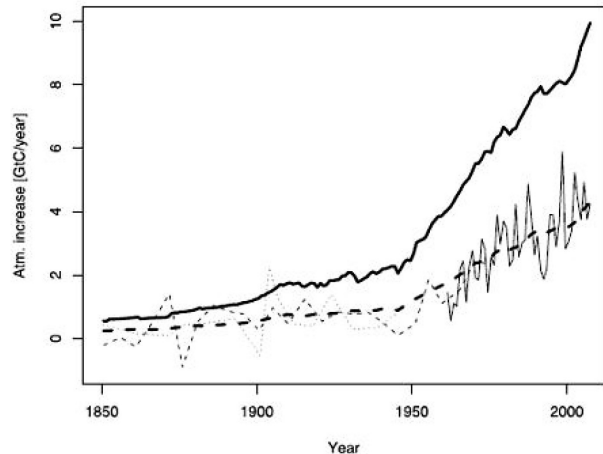
Заинтересованост обеју страна за аргументе „за“ и „против“ узрока загревања су очигледни. Посматрано са стручног становишта, метеоролози, климатолози, атмосферски физичари и хемичари, који су „откривање“ антропогеног доприноса глобалном загревању угљеном приписали себи у заслугу, заборавили су да можда још неког треба питати за мишљење. Соларни физичари, посебно они чији је интерес међусобни однос Сунца и планета (Земље) и који су стално наглашавали могућу важност дужевременских промена соларне константе као главни разлог климатских промена, били су неоправдано игнорисани [26]. Нажалост, нема података о сунчевим пегима пре 1610. године и о томе се поуздано не може закључивати, али многи се слажу да је Маундеров минимум једно од објашњења за периоде хладније климе.

„Скептици“ имају још аргумената. Случајно или намерно се превиђа да далеко најугицајнији гас стаклене баште није  $\text{CO}_2$  већ водена пара. Она задржава термалну радијацију око стотину пута ефикасније него  $\text{CO}_2$ . Тачно је да је  $\text{CO}_2$  најважнији гас стаклене баште, у делу у коме је антропогеног порекла, али много важнија по учинку је водена пара, која доприноси од 70 % до 90 % природном ефекту глобалног загревања. При концентрацији водене паре од око 4 % у ваздуху се просечна температура повећава за  $30^\circ\text{C}$  (што је отприлике сада ситуација на нашој планети и одговара природно присутном ефекту стаклене баште). Сви остали гасови стаклене баште заједно, доприносе

(овом природном загревању) само за још неки степен [20].

Сагласности нема ни око дела емитованог  $\text{CO}_2$  који остаје у ваздуху. Део емитованог  $\text{CO}_2$  који остаје у атмосфери *ваздушна фракција* (АФ), а за који је претходно речено да је око 43% од укупно емитованог, израчунава се из брзине антропогене емисије и промена у атмосферској концентрацији. Има истраживача који сматрају да укупни удео атмосферског  $\text{CO}_2$ , не расте и да је на истом нивоу на коме је био и пре 160 година (сл. 7).

В. Кнор (W. Knorr) са Универзитета Бристол налази да је од 1850. године фракција  $\text{CO}_2$  у ваздуху релативно константна [39]. Када је емисија  $\text{CO}_2$  ниска, количина  $\text{CO}_2$  апсорбована природним циклусом угљеника (океани, вегетација) остаје одговарајуће ниска. Како је антропогена емисија значајно порасла у 20. веку, део преузет природним процесима је оговарајуће порастао, а АФ је остала на нивоу од око 43 %. Нађено је да је тренд раста АФ од 1850. године само  $0.7 \pm 1.4$  % по декади, што је готово занемарљиво. Приказани резултати показују да је равнотежа између дела  $\text{CO}_2$  преузетог природним процесима и оног осталог у ваздуху готово ненарушена од 1850. године упркос знатном порасту емисије. Супротно предвиђањима која дају модели о повезаности климатских промена и циклуса угљеника [13], тренд у атмосферској фракцији угљеника није промењен.



Слика 7. Пораст атмосферског  $\text{CO}_2$  из директних мерења узимајући усредњене резултате забележене на опсерваторији Мауна Лоа, Хаваји (танка пуна линија) и са две станице на Јужном полу (испрекидана танка линија), поређен са укупном антропогеном емисијом (дебља пуна линија) и 46% од укупне емисије (дебља испрекидана линија) колико се узима да је приближно АФ (Knorr, 2009).

Ово сугерише да копнени екосистем и океани имају много већи капацитет да прихвате  $\text{CO}_2$  него што је претходно процењено и коришћено у моделовању климатских промена. Ти резултати су супротни значајном делу других истраживања, на основу којих се очекује да капацитет глобалног екосистема за преузимање  $\text{CO}_2$  треба да опада како његова емисија расте [13]. Дру-

ги резултат Кнорових истраживања - да је емисија са копна можда прецењена за 18 – 75 % у сагласности је са резултатима објављеним од стране ван дер Верфа и сарадника (G. van der Werf et al.) који су корекцијом резултата за дефорестацију закључили да је копнена емисија CO<sub>2</sub> прецењена најмање за фактор 2 [40].

На основу ових резултата, могло би се рећи да модели реконструишу протекле ситуације без довољно поузданости, а према томе и за предвиђања могу постојати иста ограничења. Па, ако ствари стоје тако, можда глобални екосистем одговара на антропогену CO<sub>2</sub> емисију на различит начин него што нам модели показују. Резултати Кнорових истраживања касније су названи “Бомбом из Бристола” због могућих импликација на постојећу Теорију глобалног загревања. Има и других радова о одређивању атмосферске фракције CO<sub>2</sub> [41], у којима се износи да је емисија из фосилних горива стално расла у последњим декадама а да је АФ и даље остајала око 44%, са малим варијацијама током година.

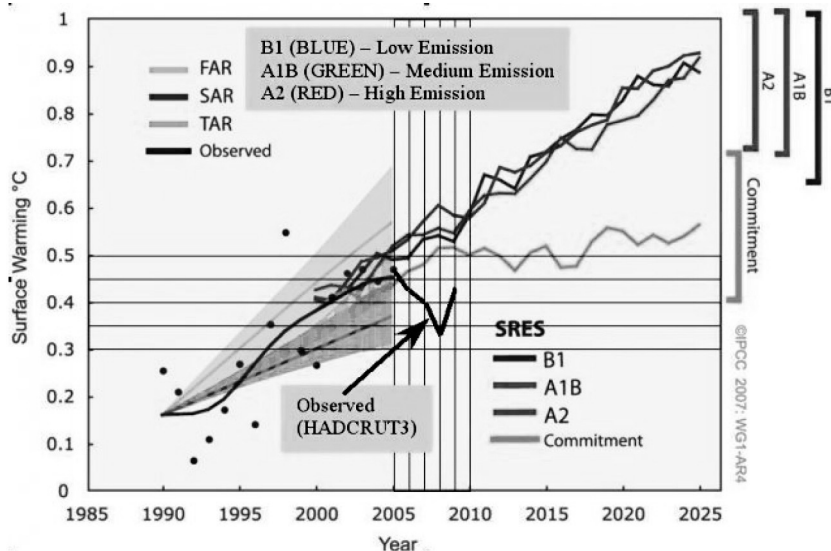
Да приказани резултати нису остали без одјека сведочи и један извештај ИПЦЦ-а из 2007 [13] у ком се каже „*Још увек нема статистички значајног тренда у брзини пораста CO<sub>2</sub> фракције од антропогенних извора од када су почела атмосферска мерења CO<sub>2</sub> у 1958. Фракција у ваздуху показује малу варијацију у току овог периода*“. Даље се у истом извештају додаје да је и процењени ефекат аеросола мањи од очекиваног и да у томе остају велике неизвесности. Довољно да се закључи да не треба увек слепо веровати прорачунима.

За пројекцију пораста температуре у 21. веку ИПЦЦ има неколико сценарија, датих у познатим документима Third (и Forth) Assessment Report – TAR (FAR) [42, 43], који предвиђају пораст температуре од 0,3 - до 6,4 °C за период 1999-2100. Пројекције су засноване на неколико различитих сценарија брзине раста CO<sub>2</sub> (A1, A2, B1, B2 итд.) које ИПЦЦ узима у обзир у документу познатом као „Special Report on Emissions“ (SRES) 2000 [42], а приказане су (делом) на слици 8. По тим предвиђањима, чак и ако би се концентрације свих ГСБ и аеросола задржале на сталном нивоу од

2000. године, даље загревање би ишло брзином око 0,1 °C по декади. Међутим, ако се на слици додају температуре из последње деценије и узму у обзир друге пројекције [44, 45] онда се види да ту има неслагања са предвиђеним, што опет покреће већ дискутовану причу о временском периоду посматрања промена [46]. Друга истраживања, са различитих страна, указују, нарочито што се тиче горње границе пораста температуре, да је раст температуре мање осетљив на промене у атмосферској концентрацији CO<sub>2</sub> него што се првобитно предвиђало. После објављивања TAR-а, појавило се неколико чланака који су довели у сумњу неке претпоставке на основу којих су израчунате пројектоване температуре, а у којима се предвиђају мањи опсеги раста од 1,0 – 1,6 °C [45]. Ти резултати доводе до закључка да се у 21. веку може очекивати умерено до слабо загревање Земље близу доње границе пројектованих температура.

Ово последње (и не само то) доводи у питање и извесност предвиђања будућих промена на основу коришћених модела. Ево шта се каже у већ поменутом извештају ИПЦЦ-а [13]: „*Величина укујног ефекта аеросола на падавине је веома неизвесна, јер се резултати из модела крећу од тога да нема промена до смањивања од 0.13 милиметара на дан*“. Смањивања падавина су већа када се модели општих атмосферских циркулација (GCMs – General Circulation Models) повежу са „mixed-layer“ океанским моделима. Скептици закључују да ако један модел даје неизвесне резултате климатских промена могу и други.

Динамика промене климе се моделује системом нелинеарних парцијалних диференцијалних једначина. Проблем је у томе што у таквом систему резултат јако зависи од употребљене методе за налажење решења [28] и улазних параметара (ефекат лептира) [47, 48]. Климатске промене, с једне стране, садрже законитости које још недовољно познајемо, а са друге, не познајемо ни све потребне параметре са довољном тачношћу [20]. Тако, на пример, модели третирају океанску воду као дестиловану, а у реалности она је пуферски



**Слика 8.** Пројектоване (ИПЦЦ) температуре по различитим сценаријима. На слици је додата и осматрена средња глобална површинска температура (HADCRUT3 – означена стрелицом) из Климатске јединице Хадли центра које су ниже него по било ком сценарију ИПЦЦ-а.

сигет за CO<sub>2</sub>. Прорачуни око копнене емисије CO<sub>2</sub> не узимају у обзир урбанизацију, а само веома приближно су познати ефекти нестајања шума. У поменутој књизи Хојга и Шејтена указује се на низ могућих извора грешака у прикупљању података. Различите технике мерења температуре могу дати разлике од 0,05 – 0,15 °C, што је 10-30 % од забележеног пораста у последњих 10 година. Различите методе обраде података могу произвести разлике у реконструкцији регионалних температурних промена. Мале промене у локацији мерног места могу дати јасне разлике у читавању података. Температуре пре 1850. године углавном се дају на основу реконструкција, по различитим основама. Да ли знамо колико су оне тачне? Број осматрачких мерних станица смањен је од 1990. године за преко 60 %, а вишеструко је порасла неажурност у достављању података са преосталих станица. Ово се посебно односи на земље бившег Совејског Савеза и Африке. Такође се игнорише сазнање по коме већи број станица не задовољава стандарде ВМО (WMO- World Meteorological Organization). Истина, савремена сателитска мерења у добром делу превазилазе ове проблеме. Ипак је помало неочекивано да је распон предвиђених промена средње глобалне температуре у 21. веку тако велики од 1,5 – 6,5 °C (у односу на укупну промену за протеклих 130 година од 0,8 °C). Присталице ТГЗ одговарају да модели успешно репродукују трендове глобалне температуре на Земљи од 1900. године. Климатски модели су већ предвидели многе феномене за које данас имамо емпиријске доказе. Тренутна ситуација у овој дебасти је можда најбоље описана у извештајима NERA (New England Regional Assessment) [49], где се каже “*Варијабилност у сунчевој активности може такође имати важне консекуенце на глобалну и регионалну климу .... Истину смо у периоду брзих климатских промена иј. десет најпоближих година од почетка прошлог миленијума додирале су се од краја седамдесетих година прошлог века. Колико се од тог недавног загревања може предвидети антициклонички фактори још увек се активно расправља, али истину је сазнаја да је значајна комбинована дејеловања у 20. веку услед емисије гасова стаклене баште*”. Или смо можда сведоци суперпонирања антропогенних и природних фактора [50]

О темама које су покренуте у овом чланку има, небројено много, различитих мишљења и ставова у доступној писаној и „електронској“ литератури. Сигурно је да ће се расправа о стварним узроцима отопавања и даље наставити и то не само зато што иза обе стране стоје снажне интересне групе и што је политика дубоко увучена у целу ту причу. Сама статистика и модели који се њоме служе неће дати прави одговор без бољег упознавања физичких појава које стоје иза уочених промена. Пре него што било која страна поверује да је сасвим у праву, потребно је то потврдити кроз научну дебагу и толерантним дијалогом. Неки међусобно споравани закључци, који се уочавају код обе стране, не треба да дисквалификују целу област истраживања. Чињеница је да се веома уверљиви аргументи могу навести у корист тезе да је Сунце покретачка снага кли-

матских промена, али то не значи да се све климатске промене могу објаснити утицајем Сунца и да је антропогени утицај у свему томе неважан. Ипак, за сада изгледа да није јасно колико сваки од ових механизма доприноси уоченом порасту температуре. Клима на Земљи је увек била веома променљива, а прави трендови промена могу се очекивати на дужој или краћој временској скали [51]. Треба уложити још много рада на овом пољу, али мора се радити пажљиво и не дозволити да политичка позадина овог питања однесе превагу над научним аргументима.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/decadaltemp.php>
2. <http://www.epa.gov/climatechange/science/recenttc.html>
3. James Hansen et al, Global temperature change, PNAS vol. 103, no.39, (2006) 14288 –14293, [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606291103](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606291103)
4. <http://www.cotf.edu/ete/modules/climate/GCremote3.html>
5. <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/temp-analysis-2009.html>
6. Climate Change Science, Compiled by Ken Gregory email: [kgregory@shaw.ca](mailto:kgregory@shaw.ca) [http://members.shaw.ca/sch25/FOS/Climate\\_Change\\_Science.html#Introduction](http://members.shaw.ca/sch25/FOS/Climate_Change_Science.html#Introduction)
7. Swanson, K. L., and A. A. Tsonis, Has the climate recently shifted?, *Geophys. Res. Lett.*, 36, (2009) L06711, doi:10.1029/2008GL037022.
8. Yann Arthus-Bertrand, “Earth from Above”, 2009. ABRAMS, New York.
9. <http://www.cotf.edu/ete/modules/climate/GCremote2.html>
10. <http://www.eia.gov/oiaf/1605/ggcebpro/chapter1.html>
11. N. Scafetta and J. West; Phenomenological solar signature in 400 years of reconstructed Northern Hemisphere temperature record, *Geophys. Res. Lett.*, 33, (2006) L 17718.
12. [http://www.ucsusa.org/global\\_warming/science\\_and\\_impacts/science/aerosols-and-globalwarming-faq.html](http://www.ucsusa.org/global_warming/science_and_impacts/science/aerosols-and-globalwarming-faq.html)
13. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/ch7s7-es.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch7s7-es.html)
14. <http://www.skepticalscience.com/global-warming-scientific-consensus.htm>
15. [http://en.wikipedia.org/wiki/Public\\_opinion\\_on\\_climate\\_change](http://en.wikipedia.org/wiki/Public_opinion_on_climate_change)
16. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Public\\_opinion\\_on\\_falsified\\_global\\_warming\\_research.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Public_opinion_on_falsified_global_warming_research.png)
17. <http://www.petitionproject.org/>
18. National Survey of American Public Opinion on Climate Change, (Brookings Institute)
19. <http://www.skepticalscience.com/argument.php>
20. R. Mihalič, CO<sub>2</sub> in segrevanje ozračja – Povzročitelj katastrofe ali grešni kozel, *Življenje in Tehnika* 61, 1, (2010) 50-57.
21. Nicolas Caillon, Jeffrey P. Severinghaus, Jean Jouzel, Jean-Marc Barnola, Jiancheng Kang, Volodya Y. Lipenkov, Timing of Atmospheric CO<sub>2</sub> and Antarctic Temperature Changes Across Termination II, *SCIENCE*, 299 (2003), 1728-1731. [DOI:10.1126/science.1078758], [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)
22. James Hansen, Makiko Sato, Pushker Kharecha, Gary Russell, David W Lea and Mark Siddall, Climate change and trace gases, *Phil. Trans. R. Soc. A* 15 July 2007 vol. 365 no. 1856 1925-1954

23. Moberg, A, D.M. Sonechkin, K. Holmgren, N.M. Datsenko, and W. Karlén, "Highly variable Northern Hemisphere Temperatures Reconstructed from Low- and High-Resolution Proxy Data." *Nature*, Vol. 433, No. 7026, (2005) pp. 613 – 617.
24. A. Moberg, R. Mohammad and T. Mauritsen, Analysis of the Moberg et al. (2005) hemispheric temperature reconstruction, *Climate Dynamics Volume 31*, Numbers 7-8 (2008), 957-971, DOI: 10.1007/s00382-008-0392-8
25. <http://www.metoffice.gov.uk/research/monitoring/climate/surface-temperature>
26. J. E. Beckman, T. J. Mahoney The Maunder Minimum and Climate Change: Have Historical Records Aided Current Research?, *Library and Information Services in Astronomy III*, ASP Conference Series, Vol. 153, 1998, Editors: U. Grothkopf, H. Andernach, S. Stevens-Rayburn, and M. Gomez, Electronic Editor: H. E. Payne
27. <http://www.universetoday.com/38505/maunderminimum/>
28. D. V. Hoyt and K. H. Schatten, *The Role of the Sun in Climate Change*, Oxford University Press, USA (1997)
29. C.J. Butler and D.J. Johnston, A provisional long mean air temperature series for Armagh Observatory, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 58, 15 (1996), 1657-1672,
30. K. Lassen, 1991, Long-term Variations in Solar Activity and their Apparent Effect on the Earth's Climate, Danish Meteorological Institute, Solar-Terrestrial Physics Division, Lyngbyvej, 100, DK-2100 Copenhagen (2), Denmark <http://www.tmgnow.com/repository/solar/lassen1.html>
31. E. Friis-Christensen, K. Lassen; Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely associated with Climate, *Science, New Series*, 254, 5032 (1991) 698– 700.
32. Nicola Scaffeta, Bruce.J. West ; Estimated solar contribution to the global surface warming using the ACRIM TSI satellite composite, *Geophys. Res. Lett.*, 32, 4 (2005), doi: 10. 1029/2005GL023849.pdf
33. Nicola Scaffeta, Bruce.J. West, Is climat sensitive to solar variability? *Physics Today*, 3 (2008) 50-51, pdf
34. Deborah Schoen, Learning from Polar Ice Core Research, *Environ. Sci. Technol.*, 33(7), (1999) 160 - 163A.
35. Solheim, J.-E., Stordahl, K., Humlum, O., 2011. Solar activity and Svalbard temperatures. *Advances in Meteorology* 2011, 8 p. doi: 10.1155/2011/543146.
36. Jan-Erik Solheim, Kjell Stordahl, Ole Humlum, Zhelong sunspot cycle 23 predicts a significant temperature decrease in cycle 24, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 80 (2012) 267-284.
37. J. Hansen, M. Sato, P. Kharecha, and K. von Schuckmann, Earth's energy imbalance and implications, *Atmos. Chem. Phys.*, 11 (2011) 13421–13449, doi:10.5194/acp-11-13421-2011
38. P. Thejll and K. Lassen, Solar forcing of the Northern hemisphere land air temperature: New data, (1999) Danish Meteorological Institute Science Report 99-9.
39. G. Wolfgang Knorr, Is the airborne fraction of anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions increasing?, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L21710, 5 , 2009 doi:10.1029/2009GL040613
40. G. van der Werf, G. R., Morton, D. C., DeFries, R. S., Olivier, J. G. J., Kasibhatla, P. S., Jackson, R. B., Collatz, G. J., Randerson, J. T.: CO<sub>2</sub> emissions from forest loss, *Nature Geoscience* 2 (2009) 737, doi:10.1038/ngeo-720
41. C. Le Quéré, M.R. Raupach, J.G. Canadell, G. Marland et al, Trends in the sources and sinks of carbon dioxide, *Nature Geoscience* 2, (2009), 831 – 836 doi:10.1038/ngeo689
42. The Emission Scenarios of the IPCC: Special Report on Emission Scenarios (SRES)
43. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/spmssp-projections-of.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmssp-projections-of.html)
44. Girma Orssengo, Predictions Of Global Mean Temperatures & IPCC Projections B. Tech, MASc, PhD orssengo@lycos.com April 2010.
45. Patrick J. Michaels et al, Revised 21st century temperature projections *Climate Research* 23, (2002) 1-9.
46. <http://www.woodfortrees.org/plot/hadcrut3vgl/compress:12/from:1880/plot/hadcrut3vgl/from:1880/trend/plot/hadcrut3vgl/from:1880/trend/offset:0.3/plot/hadcrut3vgl/from:1880/trend/offset:-0.3>
47. Lorenz, Edward N. "Deterministic Nonperiodic Flow". *Journal of the Atmospheric Sciences* 20, 2(1963) 130–141..doi:10.1175/1520-0469(1963)020<0130:DNF>2.0.CO;2 ISSN ISSN .
48. <http://www.aikb.net/t1316-lorencov-sistem>
49. [www.necci.sr.unh.edu/reports.html](http://www.necci.sr.unh.edu/reports.html)
50. Tsonis, A. A., K. Swanson, and S. Kravtsov (2007), A new dynamical mechanism for major climate shifts, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L13705, doi:10.1029/2007GL030288.
51. Wang, G., P. Yang, X. Zhou, K. L. Swanson, and A. A. Tsonis (2012), Directional influences on global temperature prediction, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L13704, doi:10.1029/2012GL052149

#### Abstract

DO WE KNOW THE THRUT ABOUT GLOBAL WARMING

**Dragan A. MARKOVIĆ<sup>1</sup>, Mark ADLER<sup>2</sup>**

*Faculty for applied ecology, University Singidunum, Belgrade<sup>1</sup>, Intersect Partners, LLC, San Clemente, CA 92673<sup>2</sup>*

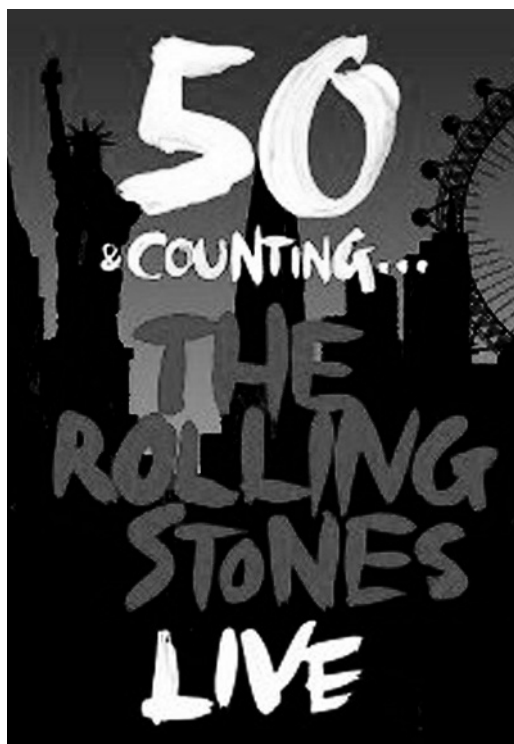
It is generally accepted, for the past several decades, that "greenhouse gases" which results from human activities, are causing significant warming of the Earth. Contrary many scientists have suggested that some other natural changes could also contribute to this warming. Some climatologist have argued that significant changes in the Earth's temperatures in the past were associated with variation in solar activity, recurring shifts in the Pacific Ocean current, changes in concentration of aerosols and changes in level of airborne gas fractions dissolved in Earth's oceans. They concluded that these natural occurring phenomena overpowered influence of CO<sub>2</sub> on global temperature changes. The question of climate connections to different anthropogenic and natural phenomena still remain controversial. Scientists should reach a conclusion by examining both sides of the issue, and then seeing which one is better validated.



Бранко Ј. ДРАКУЛИЋ, Центар за хемију – ИХТМ, Универзитет у Београду,  
[bdrakuli@chem.bg.ac.rs](mailto:bdrakuli@chem.bg.ac.rs)

## СЕДАМДЕСЕТ МИЛИОНИТИ МАЛИ МОЛЕКУЛ У ЕЛЕКТРОНСКОЈ БАЗИ ПОДАТАКА CHEMICAL ABSTRACT - А

Крајем новембра и почетком децембра 2012. група коју сам као дечак волео, и још увек волим да сушам, The Rolling Stones, је одржала пет концерата поводом педесетогодишњице рада [1].

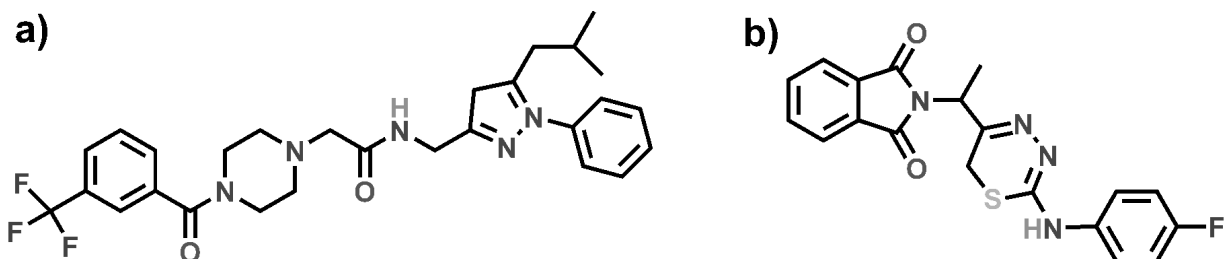


Слика 1. Детаљ плаката који је огласио децембарску мини-турнеју Rolling Stones-а.

Назив те мини-турнеје је био 50 & Counting (Слика 1). Некако у исто време, шестог децембра 2012., елек-

тронска база података Chemical Abstract [2] је забележила 70 милионити мали молекул, Слика 2 а. Молекул је описан 14. новембра у патенту аутора са Корејског института за науку и технологију из Сеула (Јужна Кореја). Блокатор је јонских канала Т – типа којима се транспортује  $Ca^{2+}$ , а који се налазе углавном у неуронима и контролишу пренос нервних импулса. Као такав овај молекул може да послужи за третман епилепсије, Паркинсонове болести, деменције итд. У Хемијском Прејледу 1/2010 [3], смо објавили да је почетком септембра 2009. Chemical Abstract 'укњижио' 50 милионити мали молекул, дали мало детаљнији опис саме базе података Chemical Abstract-а и направили паралелу између тога како се хемијска литетрагура претраживала некада и како се претражује сада. Оне које интересује више упућујемо на тај текст. Нешто мање од две године после 50-ог, у мају месецу 2011, 'укњижен' је 60 милионити мали молекул (Слика 2б), описан у патенту аутора из Народне Републике Кине, као једињење које показује антивирусно дејство.

70-милионити мали молекул, забележен у бази података Chemical Abstract-а, као и 50, 60-милионити, и било који пре или после њега, могао је бити било који молекул који се скоро појавио у примарној литератури (научни радови, патенти). Важна информација је да је у току нешто више од три године регистровано 20 милиона малих молекула и да тај број стално, скоро експоненцијално, расте. Тако да се и Chemical Abstract, свакако најауторитативнија комерцијална база података која региструје хемијска једињења, може огласити слоганом сличним децембарској мини-турнеји Rolling Stones-а, 70 Millionth & Counting...



Слика 2. 'Јубиларни' молекули регистровани у бази података CAS. а) 70-милионити мали молекул *N*-[[5-(2-метилпропил)-1-фенил-1*H*-пиразол-3-ил]метил]-4-[3-(трифлуорметил)бензоил]-1-пиперазиниоacetamid (CAS број 1411769-41-9), б) 60-милионити мали молекул 2-(1-(2-(4-флуорфениламино)-6*H*-1,3,4-тиадиазин-5-ил)етил)изоиндолин-1,3-дион (CAS број 1298016-92-8)

## Abstract

70 MILLIONTH & COUNTING – 70 MILLIONTH SMALL MOLECULE RECORDED IN CAS

Branko J. DRAKULIĆ

Department of Chemistry-ICHTM, University of Belgrade

In this note the record of 70 millionth small molecule in Chemical Abstract database is described. In HP 1/2010, pp. 3-7 more detail description of Chemical Abstract database, CAS number and almost exponential growth of number of new molecules registered throughout last few years was given. Author found common point among the title of the last mini-tour of The Rolling Stones, 50 & Counting,

and the appearance of the 70 millionth molecule in database, connecting his long-time passions - chemistry and music.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.rollingstones.com/>
1. <http://www.cas.org/>
1. Р.М. Јанков, Б.Ј. Дракулић, Педесетмилиони мали молекули регистровани у Chemical Abstract-у, или како се претраживала хемијска литература некада и сада, *Хемијски Препис* 1 (2010) 3-7.



Ерне Е. КИШ, Горан Ц. БОШКОВИЋ, Технолошки факултет у Новом Саду и Анђелка В. ТОМАШЕВИЋ, Институт за пестициде и заштиту животне средине, Београд-Земун, ekiss@tf.uns.ac.rs

## КАТАЛИЗА У СЛУЖБИ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

*"У екологији катализа представља истраживачку снагу за побољшање квалитета живота, здравља и животне средине".*

*Катализа је присутна у врло широком спектру еколошких исцртавања, не само у областима хемије и хемијској инжењерства, већ и у областима изучавања атмосфере, биосфере, вода и земљишта. Значај катализе и каталитичких исцртавања у области заштите животне средине последње три деценије непрекидно расте. Одрживи развој хемијске индустрије је зацртан са 12 принципа изв. Зелене хемије. У раду је дајено неколико примера како каталитичке технологије могу непрекидно да допринесу очувању животне средине у смислу поменутих 12 принципа, а уколико је већ дошло до зајачања животне средине дајено је неколико примера како настале шtetне моћу да буду ошклоњене индустријским процесима.*

Богатство друштва у индустријски развијеним државама у великој мери одређује развијеност хемијске индустрије. Хемијска индустрија поред материјалних и економских добара непосредно или посредно значајно утиче на животну средину, тиме и на људско здравље, а у крајњој линији утиче на читав биодиверзитет. Успешност неког хемијског процеса у прошлим временима била је одређена приносом жељеног производа, али изнад свега, економским ефектом новог производа. У последњој деценији минулог века поред ова два мерила јавља се и једно ново мерило, а то је еколошки ефекат. Еколошки ефекат подразумева утицај хемијског процеса и хемијског производа на животну средину. У циљу очувања здраве животне средине усвојени су закони о заштити животне средине за Републику Србију [1]. Ови закони постају све строжији, што говори о потреби и жељи савременог човека за очувањем животне средине. Хемијска индустрија је присиљена да

уводи чистије процесе и да проналази нове технологије које су у могућности да отклоне настале штетне пратеће нуспроизводе и отпад. У будућности цену неког производа вероватно неће одређивати само његова производна цена, већ и екстерни трошкови који подразумевају трошкове уклањања полутаната и отпада који настају током производње. У савременим економским наукама већ се говори о друштвеној цени производа, што подразумева збир цене коштања производа и екстерних трошкова [2].

У циљу ублажавања штетних и нежељених ефеката у области заштите животне средине људско друштво је потрошило током минулих времена више од  $10^{12}$  US\$ [3]. Хемичари и инжењери хемије данас су овладали знањем да хемијске процесе и њихове производе усмере тако да они не утичу, или да утичу само незнатно на животну средину, а тиме и на људско здравље. Захваљујући истраживањима у области Зелене хемије (или како се још назива "одржива хемија", представља правац и покрет у хемијској индустрији који се јавља почетком 90-тих година прошлог века) постигнути су значајни успеси у области синтезе хемијских производа, у којима су сами производи, исто као и процеси, постали безбедни за животну средину, а истовремено су прихватљиви и у економском смислу.

Одговарајући покрети грађана, слух и разумевање хемијске индустрије, наравно и закони као и нормативна акта појединих влада у циљу заштите животне средине зацртали су 12 принципа рада савремене хемијске индустрије, познатих под именом Зелена хемија (Green Chemistry) [4]. Зелена хемија се базира на таквим сировинама које су по могућству обновљиве

природе, а раније разрађени процеси се могу заменити одговарајућим алтернативним процесима. Нови процеси често примењују биокатализаторе или користе нове катализаторе који обезбеђују еколошки прихватљиве процесе који су истовремено и економски оправдани. Са становишта овог рада треба истаћи да каталитички процеси могу двојачко да утичу на заштиту животне средине: *превентивно* (правилан избор еколошко-ефективних каталитичких технологија) и *интервентивно* (каталитичке технологије за одстрањивање полутаната из загађеног ваздуха, воде и земљишта).

## ПРЕВЕНТИВНИ КАТАЛИТИЧКИ ПРОЦЕСИ

Превентивни каталитички процеси практично су обухваћени и одређени IPPC (**I**ntegrated **P**ollution **P**revention and **C**ontrol) директивама Европске уније. Дозволе које издаје IPPC обезбеђују увид представницима хемијске индустрије као и одговарајућим властима у потенцијале будућег предузећа и у могућа загађења, као последицу индустријске производње. IPPC директиве у Републици Србији су обухваћене законом [5]. Издате дозволе упућују инвеститоре и државне власти на најбоље расположиве технике (ВАТ технике-**Best Available Techniques**) које су ближе одређене и описане у тзв. референтним документима ВАТ-а (скраћено BREF документи).

У циљу лакшег разумевања утицаја катализатора који се користе у хемијским процесима на очување животне средине упознаћемо читаоце са појединим тачкама 12 принципа Зелене хемије. У овом раду дефиниције су преузете из рада [6], а наведени примери могу да представљају већ давно познате, нове или будуће индустријске процесе.

## 12 ПРИНЦИПА ЗЕЛЕНЕ ХЕМИЈЕ

### 1. Превенције (Prevention)

*Боље је спречити загађење него чистити настале отпаднике ("ђудре").*

Свака производња па тако и израда хемијских производа праћена је и добијањем нуспроизвода. У новије време, класичан пример за нагомилана нуспроизвода на тржишту је глицерол који се добија при индустријској производњи биодизела. Класична производња биодизела заснива се на хомогеној катализи. Трансестерификација биљних уља метанолом врши се у присуству раствора NaOH. Основни производ је биодизел (метил-естри одговарајућих масних киселина), а глицерол настаје као споредни производ. Овако добијени глицерол по правилу садржи 15% нечистоћа (углавном натријум-глицерат, натријум-метилат и натријумови сапуни масних киселина). Рафинација глицерола се врши неутрализацијом раствора поменутих соли при чему може да се добија и глицерол фармацеутске чистоће. Настају и значајне количине отпадака (остаци катализатора у виду NaCl као и друге нечистоће). Увођењем хетерогеног катализатора цинк-алумината у индустријску производњу биодизела добијен је како квалитетнији биодизел, тако и квалитетнији нуспроизвод

глицерол. Глицерол у овако добијеном поступку практично је фармацеутске чистоће, а отпадака практично нема [7]. Индустријско искуство је показало да је количина добијеног нуспроизвода по јединици масе производа утолико већа уколико су производи финији и суптилнији. Као што је представљено у Табели 1 највише нуспроизвода или отпадака се добија приликом израде фармацеутских производа [8].

**Табела 1. Вредности Е-фактора хемијских производа према категоријама**

Производи	Обим производње тона/год.	kg споредног производа/kg производа
Базични хем. производи	$10^4$ - $10^6$	1→5
Фине хемикалије	$10^2$ - $10^4$	5→>50
Лекови	$10$ - $10^3$	25→>100

Квантитативно мерило утицаја неког хемијског производа на животну средину је такозвани "Е-фактор" (еколошки фактор) [9, 10]. Е-фактор је дефинисан формулом  $E = \frac{S_p}{P}$ , где  $S_p$  представља количину бескорисног отпада, што Шелдон (Sheldon) једноставно зове "солима",  $P$  представља количину корисног производа, а  $E$  представља фактор штете. Фактор штете је један "произвољан и релативан број". На пример, ако кухињска со има фактор штете 1, онда ће друге настале соли имати неку већу бројчану вредност. За израчунавање бројчане вредности Е-фактора користе се стехиометријске једначине, уз напомену да се количина настале воде не узима у обзир. На основу података наведених у Табели 1 може се закључити да производи фармацеутске индустрије, тј. лекови имају највеће вредности "Е-фактора", док производи високогтонажне хемијске индустрије (bulk chemical industry) имају најмање вредности. Е-фактор полиетилена је мањи од 0,1. У идеалном случају вредност Е-фактора је једнака нули [10].

### 2. Атомска селективност (Atom Economy)

*Синтетичке методе треба реализовати тако да се уишредбени материјали што ефикасније уграде у крајњи производ.*

Применом селективних катализатора у сложеним реакцијама фаворизује се жељена реакција. На тај начин повећава се принос жељеног производа као и његова чистоћа, а смањује се количина нуспроизвода [11]. Атомска селективност у правилно изабраним каталитичким реакцијама се повећава у односу на некатализоване реакције. *Атомска селективност* (фактор искоришћавања атома) даје представу о еколошкој природи реакције (или хемијског поступка) и представља однос молекулске масе жељеног производа и збира молекулских маса свих производа реакције. О утицају катализатора на повећање атомске селективности говоре подаци који су наведени у Табели 2. Примери за поједине реакције наведене у Табели 2 узети су из литературе [8].



**Табела 2. Атомска селективност неких некатализованих и катализованих реакција у циљу добијања истих производа**

Упоредба атомске селективности (АС) појединих реакција и поступака	
Некатализована реакција	Каталитичка реакција
Редукција	
$4\text{PhCOCH}_3 + \text{NaBH}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $4\text{PhCH(OH)CH}_3 + \text{NaB(OH)}_4$ $\text{AC} = 122 / (122 + \frac{1}{4}92,8) = 84\%$ $\text{PhNO}_2 + 2\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} = \text{PhNH}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ $\text{AC} = 93 / 253 = 36,8\%$	$\text{PhCOCH}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{PhCH(OH)CH}_3$ (хетер. $\text{NaBH}_4\text{-ZrCl}_4$ катализатор) $\text{AC} = 122 / 122 = 100\%$ $\text{PhNO}_2 + 3\text{H}_2 = \text{PhNH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (хетер. $\text{Ni}$ катализатор) $\text{AC} = 93 / 129 + 72\%$
Оксидација	
$3\text{PhCH(OH)CH}_3 + 2\text{CrO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ $3\text{PhCOCH}_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{AC} = 120 / (120 + \frac{1}{3}296 + 36) = 47\%$	$\text{PhCH(OH)CH}_3 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ (или $\text{H}_2\text{O}_2$ ) $\rightarrow$ $\text{PhCOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (или $2\text{H}_2\text{O}$ ) (хомог. или хетерог. катализатор) $\text{AC} = 120 / 138 = 87\%$ (AC=120/156=77%)
Добијање 2-фенилпропанске киселине	
Купловањем С-С атома	Карбониловањем
$\text{PhCH(OH)CH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{PhCH(CH}_3\text{)Cl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{PhCH(CH}_3\text{)Cl} + \text{Mg} + \text{CO}_2 + \text{HCl} \rightarrow$ $\text{PhCH(CH}_3\text{)COOH} + \text{MgCl}_2$ $\text{AC} = 150 / 245,3 = 61\%$	$\text{PhCH(OH)CH}_3 + \text{CO} \rightarrow \text{PhCH(CH}_3\text{)COOH}$ (хомог. катализатор) $\text{AC} = 150 / 150 = 100\%$

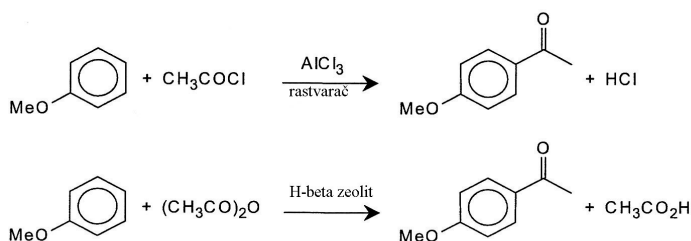
Добијање 2-фенилпропанске киселине у одсуству катализатора врши се у два степена. Полази се од 1-фенил-1-етанола који реагује са хлороводоничном киселином уз настајање 1-фенил-1-хлоретана и воде. У другом степену врши се купловање С атома са С атомом из угљен-диоксида у присуству магнезијума и хлороводоничне киселине. Атомска селективност овакве синтезе је 61%. У присуству катализатора ово једињење може да се добије и карбониловањем, тј. инсертацијом угљен-моноксида у молекул 1-фенил-1-етанола. Атомска селективност ове каталитичке реакције је 100%.

### 3. Еколошка хемијска синџеза (*Less Hazardous Chemical Syntheses*)

*Колико јој је могуће избега применавајти синџезичке методологије које користе и које стварају супстанце које нису токсичне или су мало штетне по људско здравље и околину.*

Допринос развоја катализе трећем принципу Зелене хемије може да се интерпретира развојем катализе и катализатора у области Фридел-Крафтсове (Friedel-Crafts) синтезе (Слика 1).

Класична Фридел-Крафтсова ацилација се обавља у присуству хомогеног катализатора, најчешће  $\text{AlCl}_3$  или  $\text{BF}_3$ . Као извор ацетил-групе користи се ацетилхлорид, а смеша реактанта и катализатора је растворена у неком неводеном растварачу, нпр. у хлорованом угљоводонику. Као производ добија се пара-метоксиацетофенон (принос 85-95%) а хлороводонична киселина настаје као нуспроизвод. Фридел-Крафтсова ацилација у присуству зеолита обавља се помоћу реактанта анхидрида сирћетне киселине у одсуству растварача и као производ се добија пара-метоксиацетофенон (принос преко 95%) и сирћетна киселина као нуспроизвод. Трећи принцип Зелене хемије је задовољен чињеницом да се уместо агресивне хлороводоничне киселине хетерогено-каталитичким поступком добија сирћетна киселина која је мање штетна. Такође, количина растварача који се користи у хомогено-каталитичком поступку је значајна. Растварач (хлоровани угљоводоник) треба да раствори реактант ацетил-хлорид и катализатор алуминијум-хлорид. По једном килограму корисног производа добија се око 4,5 kg ефлуента



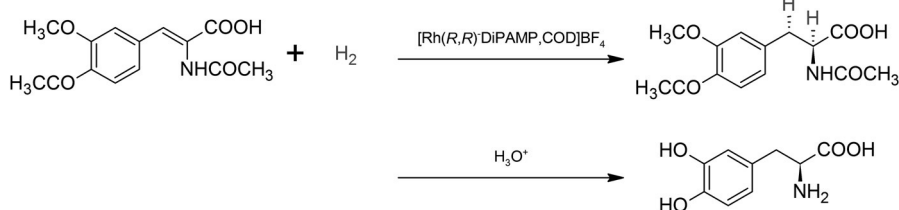
**Слика 1.** Ацилација ароматичног језгра Фридел-Крафтсовом методом у присуству хомогеног (горња шема) и хетерогеног катализатора (доња шема)

који представља смешу  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{HCl}$  и првобитног растварача. Даљи недостатак хомогено-каталитичке методе огледа се и у потреби сепарације фаза. Број технолошких операција које се изводе хомогено-каталитичким поступком је 12, а у случају хетерогено-каталитичког поступка број технолошких операција је сведен на свега две операције [8].

#### 4. Синтеза безбедних хемијских производа (Designing Safer Chemicals)

*Треба дизајнирати хемијске производе који ће задржавати ефикасну функционалност, а да се смањи њихова токсичност.*

Човек користи природне и синтетске материје све док се не покаже да су оне штетне (разни производи од азбеста, боје и лепила која се временом распадају и отпуштају токсичне материје, итд.). Хемијска индустрија за наведене, па и за нешто сложеније изазове релативно лако може предложити позитивно решење. Међутим, најсложенији и најсуптилнији задаци стоје несумњиво пред фармацеутском индустријом. Већина лекова се састоји од молекула врло сложене структуре, те и најмање промене у структури молекула могу да изазову токсично дејство. У дизајнирању безбеднијих молекула сложене структуре савремене компјутерске технике значајно могу да помогну истраживачима [12]. Значајан број лекова је формулисан на бази молекула који делују у људском организму са својим стереоспецифичним облицима. На пример, L-облик стереоизомера може да има лековито дејство, док D-облик истог стереоизомера може да делује токсично на људски организам (видети ближе о стереоизомерима и о хиралној катализи код 12. принципа Зелене хемије). Како катализа може да буде успешна у синтези стереоспецифичних лекова илуструје пример синтезе L-DOPA (L-3,4-дихидроксифенилаланин), лека за лечење Паркинсонове болести, неуропсихичког поремећаја који се јавља врло често код старијих особа. L-DOPA је изолована из легуминозе *Vicia faba* давне 1913. године. Мукотрпна изолација, пречишћавање препарата и значајна потреба за овим леком натерали су хемичаре да пронађу пут за његову хемијску синтезу. Индустријску синтезу L-DOPA је започела компанија Monsanto још 1970. године у присуству хиралног катализатора (Слика 2). Интересантно је напоменути да је Нобелова награда за хиралну катализу додељена тек 2001. године Кнолису, Најорију и Шарплису (William S. Knowles, Ryoji Noyori и K. Barry Sharpless).



Слика 2. Синтеза L-DOPA у присуству хиралног катализатора [13]

#### 5. Примениви безбедније растварааче и помоћне материјале (Safer Solvents and Auxiliaries)

*Примена помоћних супстанци (нпр. растварача, реаџенса за раздвајање и сл.) треба да се учини неопредељивим идејом је то могуће, а када се употребе да су нешкодљиве.*

Катализа пети принцип Зелене хемије покушава да задовољи на два начина: увођењем хетерогено-каталитичких поступака у којима се не користе растварачи (биодизел по поступку Esterfir-H, који је развио IFP, а комерцијализовао Axens [7], синтеза неких финих хемикалија у одсуству растварача [8]) или применом биокатализатора. У случају примене биокатализатора супстрат се обично налази у воденом раствору, а радна температура је због термичке нестабилности ензима ниска, обично близу собне температуре (ферментација шећера у алкохол, синтеза неких лекова, млечне, лимунске, јабуче киселине, итд.).

#### 6. Дизајнирање енергетски ефикасних процеса (Design for Energy Efficiency)

*Потребе у енерџији треба да се минимизирају и буду примерене утицају на окружење и цену производа. Синтетичке методе треба изводити на обичној температури и притиску.*

Каталитички процеси омогућају бржу (мењање брзине хемијске реакције), јефтинију (снижавање температуре и притиска одигравања хемијске реакције) и чистију (већа селективност, већи принос, мање отпадака) производњу. У погледу дизајнирања енергетски ефикасних процеса синтеза биодизела може да послужи као врло добар пример. Синтеза биодизела може да се одиграва и у одсуству катализатора. Некатализована метанолиза биљних уља може да се одиграва на температури од  $350^\circ\text{C}$  и притиску од 43 MPa (430 бара) [14, 15]. Кисела хидролиза (катализатор је сумпорна киселина) биљних уља и њихова трансестерификација обично се врше на  $100^\circ\text{C}$  и на притиску од 5 бара [16], а ако се овај процес врши базама (раствор калијум- или натријум-хидроксида) онда се биодизел добија обично на температурама између  $60\text{--}80^\circ\text{C}$  и притисцима близу атмосферском [7]. Применом биокатализатора (липазе) метанолиза биљних уља и њихова естерификација се одигравају истовремено, практично у амбијенталним условима [17]. Док снижавање температуре и притиска одигравања хемијске реакције доприноси и смањењу инвестиционих трошкова (тањи зидови реактора) и безбеднијем вођењу процеса.

## 7. Примена обновљивих сировина (Use of Renewable Feedstocks)

Сировине радије преба да су обновљиве него оне чији су извори ограничени и могу бити исцрпљени, било из техничких или економских разлога.

Овај принцип Зелене хемије успешно се реализује у области биокатализе (катализа ензимима, односно ферментима). Посебно добри резултати су постигнути на пољу синтезе биогорива, биоетанола ( $100 \cdot 10^9$  литара у 2011. години), биодизела ( $23 \cdot 10^9$  литара у 2011. години) и метана биолошког порекла [18]. У органској синтези и у области синтезе лекова сировине синтетичког порекла се често замењују природним, исто тако природне сировине су често основна сировина. У овим реакцијама успешно се примењују и биокатализатори. Иако су ови процеси еколошки оправдани, коришћење хране (шећер, уље) изазива незадовољство у значајном делу светске популације. Хемијска индустрија ће у будућности ове природне сировине вероватно заменити морским алгата и целулозом, тачније лигноцелулозом (отпад пољопривреде, слама, орезане гране у воћњацима и виноградима, отпад дрвне индустрије). Danisco, водећа фирма у производњи ензима и ензимских технологија најављује производњу изопрена (мономер природне гуме) из лигноцелулозе помоћу одговарајућих бактерија. Ове технологије блиске будућности такође се базирају на примени биокатализатора. Моисеев овакве промене у будућој хемијској производњи назива "другом зеленом револуцијом" [10].

## 8. Избећавање деривата (Reduce Derivatives)

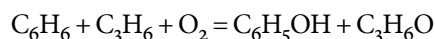
Колико год је могуће преба избећавајући дериватизацију синтетичких интермедијера (заштитна функционалних група, привремена модификација физичких и хемијских процеса).

Фенол се некада добијао сувом дестилацијом одговарајућих угљева. Међутим, ова метода није ни издале-

ка могла да задовољи потребе хемијске индустрије за фенолом. (Производња фенола у свету 1999. година била је  $6,1 \cdot 10^6$  тона [10].) Зато је разрађен поступак који се заснива на сулфовању бензена (Слика 3).

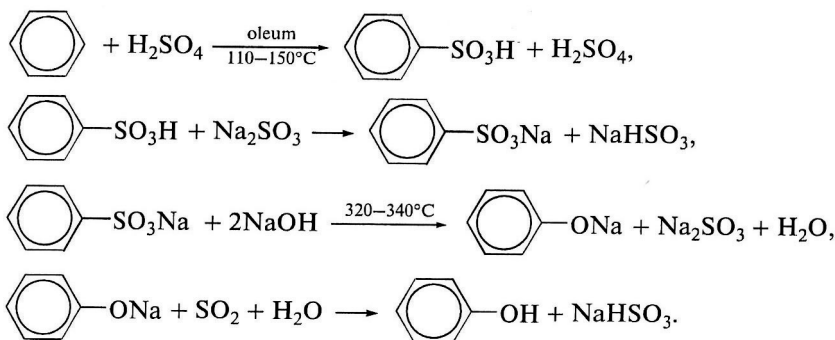
Слика показује да се производња одиграва поступно, што је приказано са четири стехиометријске једначине. Прво се добијају деривати сулфонске киселине, натријум-сулфонат и натријум-фенолат из којег се затим добија жељени производ фенол. Наравно да је овакав поступак праћен добијањем различитих нуспроизвода, па је еколошки фактор овог процеса 3,45 иако је принос овог синтетичког поступка висок, и износи 88% [10]. Данас се фенол производи каталитичким поступком Хока и Ланга (H. Hock and S. Lang). Поступак се заснива на реакцији између бензена и пропилена у присуству киселог катализатора  $AlCl_3$ . Настали међупроизвод се затим оксидује и добија се кумил-хидропероксид. Кумил-хидропероксид у присуству киселог катализатора (сумпорна киселина) се распада на фенол и ацетон (Слика 4) [10].

Формална стехиометријска једначина овог индустријског процеса је следећа:

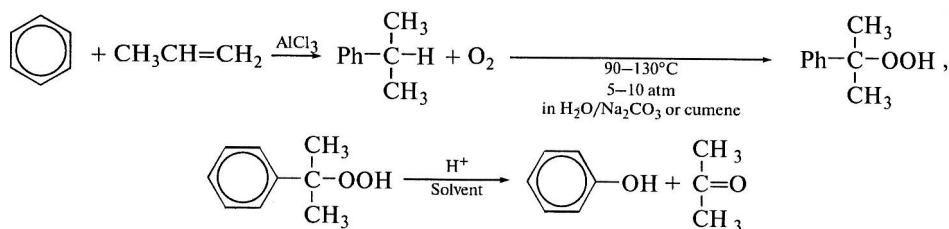


Иако еколошки фактор реакције практично тежи нули овај поступак има и недостатака. Наиме, у реалним индустријским условима потрошња бензена и пропилена не следи стехиометријску једначину и зато је реални принос реакције мањи од теоријског. Даље, треба запазити да се синтеза изводи у три посебна степена и да се поред главног производа фенола добија и нуспроизвод ацетон. Ово подразумева недовољну атомску селективност. Производња фенола по поступку Хока и Ланга условљава и сепарацију производа од нуспроизвода.

Борјесков институт за катализу Руске академије наука у Новомосибирску разрадио је нови поступак

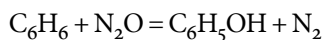


Слика 3. Добијање фенола сулфовањем бензена



Слика 4. Добијање фенола из бензена по Хок-Ланговом поступку

синтезе фенола који се заснива на реакцији између бензена и азот-субоксида у присуству посебног хетерогеног катализатора (гвожђе у/на зеолиту) [10]. Стехиометријска једначина ове реакције је следећа:



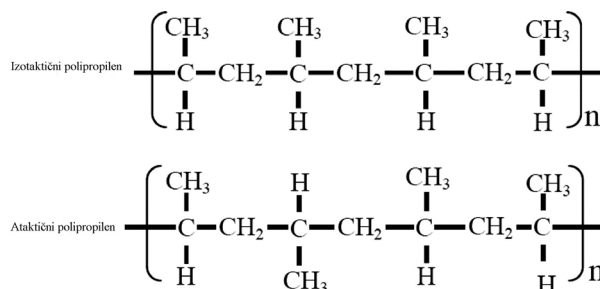
Еколошки фактор ове реакције практично је једнак нули, јер се азот не може сматрати штетним отпадом.

### 9. Катализа (Catalysis)

*Радије уиопређавати каталитичке количине неіо стехиометријске количине реајенаса.*

Ова 9. тачка основних принципа Зелене хемије мало је "збуњујућа", посебно на енглеском језику: "Catalytic reagents (as selective as possible) are superior to stoichiometric reagents" [4]. Зато осећамо потребу да нагласимо младим читаоцима овог чланка да се хемијске реакције, како у одсуству тако и у присуству катализатора, одигравају у стехиометријским односима. Каталитичке реакције могу се посматрати у секвенцама, где катализатор гради одговарајуће интермедијере са реактантима који се у низу стехиометријских реакција претварају у производ, а катализатор се ослобађа у непромењеном облику. Међутим, једна је од основних карактеристика катализатора и катализе да каталитичко дејство не подразумева стехиометријски однос катализатора и реактанта. Тако на пример, у производњи сумпорне киселине или амонијака односи масених делова катализатора и добијеног производа могу бити  $10^{-4}$  до  $10^{-6}$ , а у биокаталитичким реакцијама овај однос може да буде још драстичнији [11]. Друга важна карактеристика катализатора је селективност. Селективност може да се дефинише на више начина. У пракси селективност се најчешће дефинише уделом изреагованог реактанта који је преведен у жељени производ [19]. Селективним катализаторима може да се утиче на квалитет производа. Применом стереоспецифичних катализатора регулише се просторно уређење молекула. Уколико се полимеризација пропилена (пропен) врши у одсуству катализатора добија се атактични полипропилен неуређене структуре. У присуству Циглер-Ната (Ziegler-Natta) катализатора [катализатор  $TiCl_3$  + кокатализатор  $(C_2H_5)_2AlCl$ ] добија се уређени термоеластични полимер конфигурације као што је приказано на Слици 5. Овакав полимер зове се изотактични полипропилен и има добра прерађивачка својства. Може се обликовати у облику одговарајућих посуда, цеви, филмова или влакана за потребе текстилне индустрије. Атактични полипропилен нема ова добра прерађивачка својства и он представља отпадни материјал у индустрији полипропилена. Да не би се бацао умешава се у асфалтну базу.

Енантоселективна синтеза или хирална синтеза је асиметрична стереоселективна синтеза где се уводи један или више елемената, или једна или више функционалних група у неки хирални молекул (асиметрични молекул). Ова каталитичка метода има изузетну важност у области синтезе лекова. Наиме, различити енантиомери (стереоизомери који се односе као предмет и



Слика 5. Изотактични и атактични полипропилен

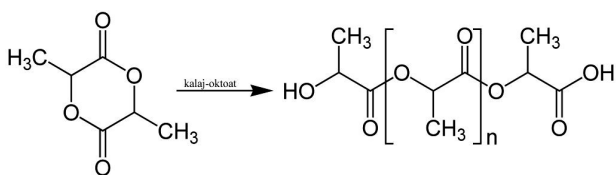
лик у огледалу, и не могу се међусобно преклопити) и диастероизомери (представљају пар стереоизомера који имају супротне конфигурације на једном или на већем броју хиралних центара, али ови молекули се не односе као предмет и лик у огледалу) могу да имају различите биолошке активности [20]. Лоше синтетисани лекови у најбољем случају немају одговарајуће лековито дејство. Међутим, грешке у фармацеутској катализи могу имати фаталне последице, како на људско здравље тако и на потомство.

### 10. Дизајнирање деградације (Design for Degradation)

*Хемијске производе треба дизајнирати тако да на крају њихове уиопређе своју функцију не задрже и у окружењу и да се разложе на нешкодљиве деградационе производе.*

Неразграђујуће материје представљају највеће и најупорније загађиваче животне средине (већина полимера, али и значајан део хербицида и инсектицида припадају групи тешко разградивих хемијских производа). Први синтетисани полимерни материјали су били биоразградиви (скроб, беланчевине, целулозна влакна и модификована целулозна влакна: целулоид, целофан, вештачка свила). Брзом развоју индустријске производње полимерних материјала највише је допринела нафта, јер је она релативно лако доступна, налази се у значајним количинама, а на тржишту може да се набави по релативно ниским ценама. Међутим, полимерни материјали пореклом из нафте тешко се разграђују. Зато се хемијска индустрија поново враћа природним сировинама у циљу добијања биоразградивих полимера. Високомолекулске биљне сировине уз додатак одговарајућих адитива или хемијске модификације могу непосредно да се користе као полимерни материјали. Нискомолекулске биљне сировине обезбеђују мономере за синтезу макромолекулских супстанци или служе као део хранљиве подлоге за биосинтезу макромолекулских супстанци [21]. За израду једног врло важног биоразградивог полимера полилактида треба применити биокатализатор за синтезу млечне киселине (ферментација скроба или сахарозе) која се затим претвара у лактид (циклични димер млечне киселине) из којег се полимеризацијом у присуству катализатора калај-октоата ( $[CH_3(CH_2)_3CH(C_2H_5)COO]_2Sn$ ) или калај-хлорида  $SnCl_2$  добија финални производ (Слика 6). Полилактид се користи за покривање њива у повртарству (краставци, лубенице, диње, јагоде, итд.), за при-

премање посуда за једнократну употребу (тањира, чаше и слично) а користи се и за израду кеса за паковање хране [22].



**Слика 6.** Каталитичко-термолитичко отварање прстена лактида и његова полимеризација у поли-лактид

#### 11. Благовремена анализа ради превенције загађења (*Real-time analysis for Pollution Prevention*)

*Треба и даље да се развијају аналитичке методе које би омогућиле праћење и контролу процеса и које би уједно биле нешто више напредне суштинске.*

Катализатори су нашли широку примену у области израде уређаја за сигнализацију присуства експлозивних гасова и пара. Уколико су у некој просторији присутни самозапљиви гасови и паре и ако је поред њих присутан и неки гас који може да изврши њихову оксидацију, нпр. кисеоник из ваздуха, тада у одговарајући уређај треба уградити детектор са катализатором који ће на погодној температури убрзати каталитичко сагоревање горивих гасова. На тржишту постоји изузетно велики број уређаја чији детектори раде на принципу каталитичког сагоревања експлозивних гасова и пара [23]. Исто тако, прва сигурносна рударска лампа, Дејвијева лампа (Sir Humphry Davy) из 1815. године је радила и ради на принципу каталитичког беспламеног сагоревања метана и других угљоводоника, као и алкохола, на ужареној платинској или паладијумовој мрежи [24].

Катализатори и каталитичке реакције нашле су широку примену и у квантитативној аналитичкој хемији. Неке каталитичке реакције могу да послуже и за одређивање завршне тачке титрације. Методе се заснивају на титрацији таквих система при којима ће први вишак титрационог средства катализовати неку споредну реакцију тзв. индикаторску реакцију, на основу чијег се топлотног ефекта одређује завршна тачка титрације [25].

#### 12. Обезбедити бијо безбеднију хемију ради спречавања незгода (*Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention*)

*Облик суштинске уједно је у хемијском процесу треба да буде тако одабран да се минимизира могућност хаварије, укључујући експлозије, ватру и изливање течности.*

У оквиру шестог принципа Зелене хемије приказан је пример различитих некаталитичких и каталитичких технологија за синтезу биодизела. На овом примеру може да се објасни и дванаести принцип Зелене хемије који говори о безбедности рада у циљу спречавања незгода на раду. Снижавање радног притиска са 430 бара (некаталитичка метанолиза) на атмо-

сферски притисак (метанолиза ензимима) без сумње доприноси спречавању експозије. Рад са јаким киселинама (сумпорна киселина) и рад са јаким базама (раствор хидроксида калијума или натријума) на повишеним температурама, у односу на рад са ензимима при амбијенталним условима такође представља значајан допринос безбеднијем раду. Исто тако, мање је опасно изливање раствора из процеса ензимске синтезе биодизела у односу на растворе који су врло кисели (кисела хидролиза), односно јако базни (базна хидролиза биљног уља).

#### ИНТЕРВЕНТНИ КАТАЛИТИЧКИ ПРОЦЕСИ

Први значајни радови који се баве катализом и катализаторима ван производње одговарајућих добара појављују се у другој половини 20. века и они се односе на заштиту животне средине. Прва масовна производња катализатора у области заштите животне средине односи се на катализаторе за смањење штетности издувних гасова аутомобила, што значи да ови катализатори доприносе очувању чистоће ваздуха. Касније се појављују и катализатори за пречишћавање отпадних гасова хемијске као и других индустрија, и наставља се са катализаторима у области домаћинства (каталитичко сагоревање горива у пећима за загревање станова и породичних кућа, каталитичко сагоревање материје које проузрокују непријатне мирисе и слично), болница и јавних просторија (фото-каталитичко сагоревање микроорганизама и прљавих наслага са зидова и подова).

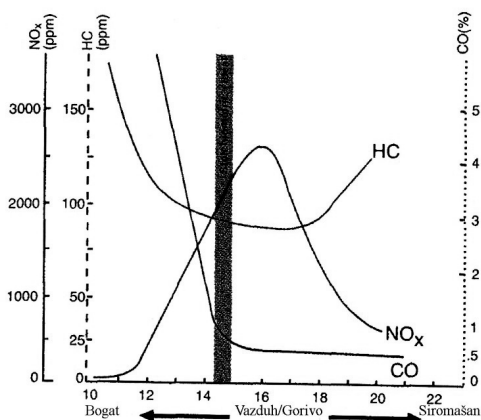
Паралелно са загађивањем ваздуха одиграва се и загађивање вода (језера, реке, мора, подземне воде) чему највише доприносе хемијска индустрија и развој пољопривреде (примена великих количина минералних ђубрива, хербицида, инсектицида, итд.), као и пренасељеност појединих региона. Пре свега, овакве воде (као и киселе атмосферске падавине) доприносе и загађивању земљишта угљоводоникима (алифатичним, цикличним и ароматичним), нитратима, нитритима, сулфатима, хлоридима и другим једињењима.

#### Катализатори за пречишћавање издувних гасова аутомобила

Далеко највећи део друмског саобраћаја се одвија аутомобилима у којима су уграђени бензински и дизел мотори. У овим моторима сагоревање горива је непотпуно и зато се у издувним гасовима аутомобила поред угљен-диоксида и водене паре јављају и други гасови: остаци непотпуно сагорелих угљоводоника, угљен-моноксид, оксиди азота и сумпора и других полутаната. Број аутомобила и лаких камиона у свету 2007. године процењен је на 806 милиона [26] тако да је данас друмски саобраћај један од највећих загађивача ваздуха.

У бензинским моторима однос количине ваздуха и горива игра важну улогу, како у погледу ефикасности процеса сагоревања, тако и у погледу стварања полутаната. Уколико има више горива него ваздуха за сагоревање повећава се потрошња горива, а у издувним гасо-

вима се појављује значајна количина непотпуно сагорелих угљоводоника и угљен-моноксида. Уколико је смеша за сагоревање сиромашна горивом смањује се снага мотора. Када мотор ради са приближно стехиометријском смешом што је дефинисано односом ваздух/гориво (сиви стубац на Слици 7), количина непотпуно сагорелих угљоводоника и угљен-моноксида је ниска, а количина насталих оксида азота је висока [27]. Ово значи да је пречишћавање издувних гасова аутомобила неопходно због очувања чистоће ваздуха.



Слика 7. Зависност емисије полутаната од односа ваздух/гориво у моторима са унутрашњим сагоревањем на бензински погон

У циљу ублажавања овог неминовног и непожељног ефекта у аутомобилима су уграђени катализатори који значајно доприносе смањењу штетних гасова. Носач катализатора за пречишћавање издувних гасова је израђен од неког термостабилног материјала, нпр. кордијерита  $(MgO)_2(Al_2O_3)_2(SiO_2)_5$ . Носач је најчешће обликован у виду пчелињег саћа (поједине цевчице су дебљине око 1mm) где су унутрашњи зидови пресвучени танким слојем (20-60  $\mu m$ ) смеше земноалкалних метала и лантана, или оксидима церијума и алуминијума. На овај начин постиже се површина од 50-200  $m^2/g$  на који се затим наноси активна компонента 1-2 мас. % племенитих метала Pt, Pd и Rh. Метали Pt и Pd служе за оксидацију несагорелих остатака угљоводоника и угљен-моноксида у угљен-диоксид и воду, док је Rh ефикасан за редукцију оксида азота у амонијак, који се затим сагорева уз ослобађање азота и воде (three way catalysts) [28].

Катализатори који се користе за пречишћавање издувних гасова из бензинских мотора дизајнирани су за рад при стехиометријском односу ваздух/гориво и нису погодни за пречишћавање издувних гасова из дизел мотора. Пошто се угљоводонични састав бензинске фракције разликује од угљоводоничног састава дизел горива овај однос је поремећен и зато треба разрадити нове каталитичке системе. Различите фабрике дизел мотора користе различита решења за каталитичко сагоревање несагорелих гасова из дизел мотора. Наравно, и ови каталитички системи би морали да имају исту

функцију као они који се уграђују у аутомобиле на бензински погон, али на овом пољу још нису постигнута опште-прихватљива и универзална решења.

### Катализатори за пречишћавање индустријских отпадних гасова

Свака индустрија доприноси загађивању животне средине. Највећи индустријски загађивачи су термоелектране, нафтна и петрохемијска индустрија, азотаре, текстилна и прехранбена индустрија и пољопривреда. Од индустријских отпадних гасова треба истаћи угљен-диоксид, угљен-моноксид, непотпуно сагореле угљоводонике, лакоиспарљива органска једињења (VOCs, Volatile Organic Compounds), сумпор-диоксид, азотове оксиде, халогеноиде, честице дима, итд. У овом поглављу биће дат кратак преглед катализатора за пречишћавање индустријских отпадних гасова, с обзиром да је пречишћавању индустријских отпадних вода, као и пречишћавању загађеног земљишта, посвећено посебно поглавље.

Непотпуно сагорели угљоводонични и лакоиспарљива органска једињења (преко милион једињења) могу се одстранити из отпадних гасова у посебним пећима за сагоревање на температурама између 800-900°C. У присуству катализатора њихово сагоревање може да се одвија и на знатно нижим температурама (200-400°C) уз ослобађање мање количине оксида азота и угљен-моноксида него у некаталитичком поступку. Ови катализатори су састављени од оксида метала и племенитих метала, или представљају њихову комбинацију. Угљен-моноксид и нижи алифатични угљоводонични обично се одстрањују на катализаторима од племенитих метала који су нанесени на носач алуминијум-триоксид. Неки типови ових катализатора су отпорни према сумпорним једињењима, тако да успешно одстрањују и ова једињења. Паре органских растварача успешно се одстрањују и на катализаторима који се састоје од смеше оксида бакра и мангана на носачу алуминијум-триоксиду. Хлоровани угљоводонични из отпадних гасова хемијске и фармацеутске индустрије се одстрањују на катализатору оксида хрома на алуминијум-триоксиду. Специјални катализатори израђени од оксида бакра и мангана на носачу силицијум-диоксиду су погодни за одстрањивање сумпорних једињења, и за одстрањивање амонијака, који селективно оксидују амонијак у молекуларни азот. DeNOx катализатори каталишу реакцију између оксида азота и амонијака. Производи ове каталитичке реакције су молекуларни азот и вода. У каталитичким процесима у којима се ослобађају сумпор-диоксид, хлороводонична киселина или молекуларни хлор гасови се "перу у скруберима" и на тај начин се спречава њихова емисија у атмосферу [29].

Суви реформинг метана (технологија будућности) може истовремено да одстрани два штетна гаса који изазивају ефекат стаклене баште, метан и угљен-диоксид. Реакција  $CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$  може да буде катализована оксидом никла на носачу од алуминијум-триоксида [30]. Настала смеша угљен-моноксида и во-

доника може да буде потенцијална сировина за синтезу горива по Фишер-Тропшовом (Franz Fischer-Hans Tropsch) поступку [31].

#### *Катализатори за пречишћавање индустријске и комуналне отпадне воде*

Штетне материје из индустријских постројења образују индустријске отпадне воде, док оне које потичу из домаћинства урбаних средина образују комуналне отпадне воде. Индустријске и комуналне отпадне воде садрже велике количине растворених органских и неорганских материја. Индустријске отпадне воде могу да буду токсичне природе јер оне садрже врло често алифатична, циклична и полициклична угљоводонична једињења, као и њихове хлороване, нитроване и сулфоване деривате, природне масти и уља, боја, итд. Комуналне отпадне воде могу да садрже значајне количине азотних, фосфорних и калијумових једињења која могу да допринесу непожељном развоју живих организама (еутрофикација). Вода може и индиректно да се загађује у процесу спирања штетних материја у земљишту. Ова појава посебно је изражена у пољопривреди када се примењују непотребно велике количине минералних ђубрива, инсектицида и хербицида. Ова једињења затим доспевају у земљиште одакле лагано стижу у подземне воде, те природним кружењем доспевају у реке, језера и мора.

Из отпадних вода грубе механичке примесе се одстрањују таложењем и цеђењем. Традиционални поступци за пречишћавање отпадних вода заснивају се на адсорпцији контаминаната на активном угљу (или на неком другом адсорбенсу), на хемијској оксидацији (примена хлора, водоник-пероксида, калијум-перманганата, продување ваздуха и сл.) или на разграђивању полутаната различитим микробиолошким поступцима. Сваки од ових поступака има и неке недостатке. Адсорпција на активном угљу повлачи за собом пренос полутаната без њихове разградње, хемијска деградација често је праћена настајањем нежељених споредних производа, а микробиолошки поступци су спори, или је њихова примена немогућа, јер су полутанти токсични за радне микроорганизме. Савремени поступци за пречишћавање отпадних вода углавном се заснивају на каталитичким поступцима [32-34]. Најчешћи и најефикаснији оксидациони каталитички процеси су такозвани Виши оксидациони процеси (Advanced Oxidation Processes, AOPs). Они се заснивају на примени хемијских иницијатора (слободних радикала) и енергије (UV зраци, топлота) да би разградили полутанте присутне у води. AOPs укључују озонизацију, UV зрачење, фотокатализу и електрохемијску оксидацију, као и комбинацију ових поступака.

Фотокаталитички процеси се користе за потпуну минерализацију полутаната до угљен-диоксида, воде и минералних соли. Ове фотокаталитичке реакције укључују хемијске оксиданте (на пример  $H_2O_2$ ,  $O_2$  или  $O_3$ ) и катализаторе полупроводнике ( $TiO_2$  и  $ZnO$ ), а у случају Фентонских (Henry John Horstman Fenton) каталитичких реакција најчешће се користе јони дво-

валентног и тривалентног гвожђа, или јони неких других метала са више валентних стања. Каталитичка разградња често се изводи у присуству UV зрачења ради појачања ефекта разградње полутанта. Сви AOPs процеси подразумевају стварање хидроксил радикала  $\bullet OH$ , који је главни интермедијар у оксидационом процесу, а истовремено представља и јак оксидант [35-40].

#### *Катализатори за пречишћавање загађеног земљишта*

Ремедијација земљишта, као и вода, подразумева очување незаменљивих природних ресурса. Она представља гарант одрживог развоја пољопривреде, прехранбене индустрије и здраве животне средине. Класичне методе се заснивају на примени микроорганизама (биоремедијација) и биљака (фиторемедијација). Ове методе имају две мањкавости: споро делују, а често су и неприменљиви, јер је земљиште загађено таквим полутантима који су токсични за радне микроорганизме и за радне биљке. Хемијске методе обухватају разне оксидационе методе са јаким оксидантима (водоник-пероксид, калијум-перманганат, озон). У хемијске методе се убрајају и поступци који се заснивају на интензивној аерацији загађеног земљишта (air sparging / air stripping) чиме се одстрањују лако испарљиве материје, док се теже испарљиве и тешко испарљиве материје одстрањују применом површински активних материја. Сагориве компоненте екстрахованих полутаната спаљују се затим у специјалним пећима. У одсуству катализатора сагоревање се обично одиграва на температурама  $730-815^{\circ}C$ , а у присуству катализатора на температурама  $315-430^{\circ}C$  [41]. Катализатори који се користе за оксидацију припадају типу катализатора - племенити метали на инертном носачу, нпр. Pt и Pd на  $\alpha-Al_2O_3$ . Смеша сагорљивих гасова и ваздуха у концентрацији од  $2,34 g/m^3$  обезбеђује довољну количину топлоте за самоодржавање реакције каталитичког сагоревања отпадних гасова и пара [42].

Примењена маса катализатора у свету у 2007. години процењена је на 850000 тона [43]. Радни век катализатора у индустријским условима се креће од неколико делова минута до неколико година, тако да је реално претпоставити да сваке године треба безбедно одлагати, прерадити или рециклирати око милијон тона истрошених катализатора. Уколико се ради о катализаторима који не представљају опасност за животну средину, и не садрже скупе метале, посебно племените метале, такви катализатори могу да се користе као материјали у грађевинској индустрији. Истрошени катализатори који садрже скупе племените метале најчешће се враћају произвођачу катализатора ради рециклирања, или другим прерађивачким институцијама где се врши њихова даља прерада [44, 45].

#### **РЕЗИМЕ**

До друге половине двадесетог века катализа је постала присутна такоређи у свим производним гранама хемијске индустрије. Међутим, од овог времена катализа се појављује не само у индустрији за производњу

врло различитих добара, већ се појављује и у области заштите животне средине и значајно доприноси одрживом развоју хемијске индустрије и пољопривреде. Катализа омогућава не само бржу, јефтинију и чистију производњу, већ је врло ефикасна и у отклањању загађивача из ваздуха, вода и земљишта. Улога катализе је постала незаобилазна у очувању здраве животне средине, што подразумева очување здравља људи и уопште живог света. Грана катализе у области екологије врло брзо се развија и већ се данас може убројати у најважније области хемије, хемијског инжењерства и хемијске индустрије уопште. Заједничка вредност катализатора који ће учествовати у производњи енергената и катализатора за заштиту животне средине процењује се на 22,5 милијарди US\$ за 2015. годину. Предвиђена годишња стопа раста примене ових катализатора између 2010. и 2015. године је око 6,6% [46].

## ЛИТЕРАТУРА

- Zakon o zaštiti životne sredine ("Službeni glasnik RS", br. 66/91, 83/92, 53/93, 67/93, 48/94 i 53/95).
- F. Kiš, Ekonomsko vrednovanje ekoloških efekata primene biodizela, Doktorska disertacije, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2011.
- [http://www.google.rs/search?hl=sr&source=hp&q=Zold+kemia+es+kornyeze-ti&gbv=2&oq=Zold+kemia+es+kornyezeti&aq=f&aql=&aql=&gs\\_sm=s&gs\\_upl=3766114657101714124124101610101281146810.6.21810](http://www.google.rs/search?hl=sr&source=hp&q=Zold+kemia+es+kornyeze-ti&gbv=2&oq=Zold+kemia+es+kornyezeti&aq=f&aql=&aql=&gs_sm=s&gs_upl=3766114657101714124124101610101281146810.6.21810)
- The Twelve Principles of Green Chemistry, [http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?nfpb=true&pageLabel=PP\\_ARTICLEMAIN&node\\_id=1415&content\\_id=WPCP\\_007504&use\\_sec=true&sec\\_url\\_var=region1&uid=2e69ac3d-1464-4bd9-9fcf-1ba971d599ad](http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?nfpb=true&pageLabel=PP_ARTICLEMAIN&node_id=1415&content_id=WPCP_007504&use_sec=true&sec_url_var=region1&uid=2e69ac3d-1464-4bd9-9fcf-1ba971d599ad)
- Zakon o integrisanom sprečavaњу и контроли загађивања животне средине (Сл. Гласник РС, број 135/2004).
- Ž. Čeković, Hem. ind., **58**, 4 (2000) 151-157.
- E.E. Kiss, F.E. Kiss, M. Jovanović, G.C. Bošković, Current Topics in Catalysis, **8** (2009) 23-38.
- R.A. Sheldon, Pure Appl. Chem., **72**, 7 (2000) 1233-1246.
- R.A. Sheldon, in Catalytic Oxidation: Principles and Applications, R.A. Sheldon, and R.A. van Santen Eds., London: World Scientific, 1995.
- I. I. Moiseev, Kinet. Catal., **52**, 3 (2011) 337-347.
- Putanov, P., Osnovi fizičke hemije, II deo, Treće izdanje, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Institut za petrohеmiju, gas, naftu i hemijsko inženjerstvo, Novi Sad, 1989.
- H. Yin, M.W. Anders, K.R. Korzekwa, L. Higgins, K.E. Thummel, E.D. Kharasch, J.P. Jones, Proc. Natl. Acad. Sci. USA (Pharmacology), **92** (1995) 11076-11080.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/L-DOPA>
- S. Saka, D. Kusdiana, Fuel, **80** (2001) 225-231.
- D. Kusdiana, S. Saka, Fuel, **80** (2001) 693-698. D.
- Bacovsky, W. Körbitz, M. Mittelbach, M. Wörgetter, Biodiesel Production: Technologies and European Providers. IEA, Task 39 Report T39-B6, 104 pp., 2007.
- H. Fukuda, A. Kondo, H. Nodo, J. Biosci. Bioeng., **92**, 5 (2001) 405-416.
- Biofuel production 2010-19, <http://www.oecd.org/document>
- E.E. Kiš, G.A. Lomić, R.P. Marinković-Nedućin, G.C. Bošković, T.J. Vulić, Eksperimentalna kataliza, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2009.
- Handbook of Pharmaceutical Catalysis (No authorized), Johnson Matthey Plc. 2009.
- S. Jovanović, Z. Stojanović, K. Jeremić, Hem. ind., **56**, 11 (2002) 447-460.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid)
- G. Barkóczy, A. Bátor, J. Lefler, Gáz- és gőzrobbanásveszélyt jelző berendezések, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Safety\\_lamp](http://en.wikipedia.org/wiki/Safety_lamp)
- F. Gaál, Katalitičke termometrijske titracije, Doktorska disertacija, PMF, Beograd, 1977.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Automobile>
- <http://www.autoshop101.com/forms/h55.pdf>
- <http://herkules.oulu.fi/isbn9514269543/html/x546.html>
- [www.topsoe.com](http://www.topsoe.com)
- L. Guzzi, G. Stefler, O. Geszti, I. Sajó, Z. Pászti, A. Tompos, Z. Schay, Applied Catalysis A, General, **375** (2010) 236-246.
- <http://www.carbonsciences.com/technology.html>
- M. K. Kovačević, E. E. Kiš, G. C. Bošković, Acta Periodica Technologica, **38** (2007) 69-74.
- G. Bošković, M. Kovačević, S. Ratković, E. Kiss, J. Radnik, Acta Periodica Technologica, **39** (2008) 93-99
- G. Boskovic, M. Kovacevic, E. Kiss, J. Radnik, M. Pohl, M. Schneider, U. Bentrup, A. Bruckner, Int. J. Env. Sci. Techn., **9** (2012) 235-246.
- E.E. Kiss, M.M. Lazić, G.C. Bošković, React. Kinet. Catal. Lett., **83**, 2 (2004) 221-227.
- A. Tomašević, D. Mijin, and E. Kiss, Separat. Sci. Technol., **45** (2010) 1617-1627.
- A. Tomašević, E. Kiss, S. Petrović, D. Mijin, Desalination, **262** (2010) 228-234.
- E. E. Kiss, A. V. Tomašević, G. C. Bošković, Advanced Oxidation Processes via Catalysis, in the "Catalysis: Principles, Types and Applications", Chapter 5, pp. 307-354, (Editor: Minsuh Song), ISBN: 978-1-61209-654-4, NOVA Science Publishers, Inc., Hauppauge, New York, USA, 2011
- A. V. Tomašević, S. M. Gašić, Photoremediation of Carbamate Residues in Water, in the "Insecticides-Basic and Other Applications", Chapter 3, pp. 39-60 (Editors: Sonia Soloneski and Marcelo Larramendy), ISBN: 978-953-51-0007-2, InTECH Publishers, Rijeka, Croatia, 2012
- A. V. Tomašević, S. M. Gašić, Impact of Methomyl and Carbofuran Insecticides on Environment and Their Remediation by Photochemical Processes, in the "Advances in Environmental Research", Chapter 2, pp. 33-67 (Editor: Justin A. Daniels), ISBN: 978-1-61942-171-4, NOVA Science Publishers, Inc., New York, USA, 2012
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental\\_remediation](http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_remediation)
- <http://www.falmouthproducts.com/tech1.html>
- C.A. Busacca, D.R. Fandrick, J.J. Song, C.H. Senanayake, Adv. Synth. Catal. **353** (2011) 1825-1864.
- M. Marafi, Spent catalyst waste minimization and utilization, Petroleum and Refining Department, Petroleum Research and Studies Center Kuwait Institute for Scientific Research – Kuwait (<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=13013>)
- V. Matković, B. Marković, M. Sokić, N. Vučković, Acta Metallurgica Slovaca, **12** (2006) 284 – 288.
- <http://bccresearch.wordpress.com/>



## Abstract

### CATALYSIS SERVICES IN ENVIRONMENT PROTECTION

**Ernő E. KISS, Goran C. BOŠKOVIĆ**, Faculty of Technology, Novi Sad, and **Andjelka V. TOMAŠEVIĆ**, Institute of Pesticides and Environmental Protection, Belgrade-Zemun

Catalysis is present not only in the fields of chemistry and chemical engineering but also in the wide range of en-

vironmental research, in studies of biosphere: atmosphere, water and soil. In the last three decades the role of catalysis in environment protection increases continually, and became the leading sector of the investigations. This paper presents several examples of different catalytic technologies which can give significant contributions for preservation of a healthy environment (preventive catalytic procedures), as well as different catalytic technologies for removing of the pollutants from the environment (interventional catalytic procedures).



## ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ



**Даринка ШКОРИЋ**, Иновациони центар Хемијског факултета у Београду, [darinka@chem.bg.ac.rs](mailto:darinka@chem.bg.ac.rs)

**Милош РАДЕНКОВИЋ**, студент мастер студија Хемијског факултета у Београду, [radenkovic31@yahoo.com](mailto:radenkovic31@yahoo.com)

## ПРИМЕНА ИСТОРИЈЕ НАУКЕ У НАСТАВИ ХЕМИЈЕ

### УВОД

У претходној деценији Србија се укључила у међународна истраживања PISA (Programme for International Student Assessment) и TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study). Према резултатима досадашњих циклуса истраживања, постигнућа наших ученика била су статистички значајно нижа од просека на међународној скали. Према резултатима PISA тестирања 2009. године, сваки трећи ученик из Србије може се сматрати функционално неписменим у области научне писмености. Само 1% петнаестогодишњака у Србији је способно да се сналази у сложеним животним ситуацијама, да доноси одговорне и научно утемељене одлуке на личном, друштвеном и професионалном плану [1].

Према резултатима TIMSS тестирања из 2003. и 2007. године, најбоља постигнућа наших ученика у домену хемије су се односила на *знање чињеница*, док су на нивоима *примене* и *резоновања* резултати били значајно нижи [2].

Како изучавање садржаја из историје науке може унапредити наставу хемије у школи и обезбедити ученицима достизање виших сазнајних нивоа?

Пре више од сто година научник Вилијам Џејмс (William James, 1907) је сматрао да се историјским приступом у настави могу објаснити готово сви садржаји [3]. Узимајући у обзир контекст у коме су научници долазили до сазнања, ученицима се боље може објаснити сама природа науке [4,5,6,7,8]. Историја науке је до половине двадесетог века била уобичајена у настави природних наука, да би се у каснијем периоду искључивала [9]. Као објашњење за такав приступ наводило се да историја науке није више легитиман предмет у научном образовању и да не доприноси учењу савре-

них научних садржаја [10], или да ју је тешко уклопити у теме актуелне наставе науке [11]. Последњих година, с повећањем свести о улози и утицају историје науке на научну писменост, историја науке почиње поново да се укључује у наставни процес. Последњих тридесетак година изведена су многобројна истраживања која су се бавила утицајем историје науке на научну писменост код ученика [9]. У овим истраживањима уочени су вишеструки позитивни утицаји историје науке на наставу природних наука:

- Историја науке подстиче боље разумевање научних појмова, концепата и метода.
- Историја науке указује на важност индивидуалног мишљења и стваралаштва за развој науке.
- Историја науке је неопходна за разумевање природе науке.
- Историја науке поништава догматски поглед науке који се најчешће налази у уџбеницима и приказује у настави.
- Историја науке хуманизује предмет науке, чинећи га мање апстрактним и повећава ученичко ангажовање.
- Историја науке показује повезаност између научних дисциплина [11].

За хемију се често каже да је централна наука јер се преклапа и гради мостове с осталим наукама. Зато историја хемије не само да омогућава ученицима веће разумевање и поштовање саме хемије, већ и приказује, боље него било која друга научна дисциплина, на који начин су природне науке, медицине и технологија испреплетане и повезане. Због нејасне границе са другим природним наукама многи физичари, геолози, лекари, филозофи су допринели развоју хемије [9].

Увођење садржаја из историје науке најчешће се врши селективно како би се задовољио само примарни циљ – да ученици науче савремене теорије и технике [9]. Међутим, примена неадекватно селектованог садржаја из историје науке у настави ученицима не пружа могућност да разумеју проблеме с којима су се научници суочавали, контекст у којем су радили или аргументе којим су убеђивали своје савременике да прихвате нове идеје [11].

При одабиру садржаја из историје науке за наставу хемије, најчешће се креће од историјских чињеница, а затим се избацују све информације које се сматрају непотребним, конфузним или контрадикторним. Овакав поједностављен садржај даје ученицима искривљен поглед на историју хемије, историју у којој су теорије и открића без мана и грешака. Иако је овако упрошћена верзија историје хемије лакша за повезивање са савременом хемијом, ученицима не пружа могућност да сазнају да нису све савремене теорије и концепти развијени линеарним, логичким путем. Оваква упрошћена историја се најчешће налази у савременим уџбеницима. Прави историјски приступ који укључује све грешке, апроксимације и људске мане, показује ученицима стварну слику науке. Тако ученици могу уочити да су, осим интелигенције и образованости, за научни рад битни и ентузијазам, оптимизам, жеља за напорним радом, чак и срећа. Ученици на тај начин препознају и признају сопствену креативност и уче да је интуиција, исто као логика, оправдан и исправан приступ при решавању проблема. Истина о животима неких најцењенијих хемичара може умањити њихову репутацију и дивљење код ученика и бацити њихова постигнућа у други план. Међутим, то може бити и разлог више за употребу целовите историје јер већина ученика, па и студената, при решавању неког компликованијег проблема има став да нису способни да реше тај задатак. Они осећају да захтевније проблеме не могу решити „нормални“ људи већ само интелектуално супериорнији. Препознајући да су и велики хемичари само људска бића са врлинама и манама, ученици могу променити негативан став о својим способностима [11].

У наставку су дата два текста из историје хемије с циљем да се покаже разлика између целовитијих и селективних прича из историје науке.

## А. Л. ЛАВОАЗЈЕ – СВЕСТРАНИ НАУЧНИК

### Лавоазјеови њочеци у науци

Лавоазје (Antoine-Laurent de Lavoisier) је рођен у Паризу 1743. године. Отац му је био имућан и уважени тужилац у парламенту. Омогућено му је одлично основно образовање, а затим је уписао студије науке на „Collège des Quatre Nations“, данашњи Француски институт. Ту је развио склоност и поштовање према прецизном раду. По узору на тадашње математичаре, сматрао је да је у раду важна систематичност и да не треба прелазити на други проблем све док се не реши први.



А. Л. Лавоазје

Након две године студирања одлучио је да напусти колеџ у јуну 1761. године и тако се одрекао две године основних студија филозофије. По савету свог оца почео је да студира право. Дипломирао је 1764. године и одмах затим започео праксу у париском парламенту. Две године касније се уписао у листу кандидата за место хемичара на Краљевској академији наука. Године 1768. након смрти Теодора Барона

(Théodore Baron), хемичара на Краљевској академији наука, ослободило се место и у 25. години, уз подршку оца и очевих пријатеља, Лавоазје је изабран за новог хемичара. Ту је остао двадесет пет година, а његови први радови су били извештаји о анализи: гипса, дијаманта, метеорита, угља, олова, минералних вода.

### Почетак развоја хемије као самосталне науке

За време Лавоазјеовог живота хемија је постепено почела да се одваја од других, тада актуелних области: занатства, природних наука, алхемије и медицине. Обрада метала, прављење текстила, стакла, прерада коже, производња барута, конзервирање хране, тадашњим људима су пружали увид у могућности примене хемије.

Истовремено, природне науке пролазиле су кроз брзе промене захваљујући све већем броју истраживања тадашњих научника. Алхемија је у дугогодишњем периоду свог развоја усавршила методе дестилације и сублимације и тиме доприносила производњи лекова (слика 1), док је медицина, још од шеснаестог века, промовисала развој хемије кроз фармацију.



Слика 1. Апаратура за дестилацију коју су користили алхемичари

### Хемија у XVII и XVIII веку

Лавоазјеов професор Руел (Guillaume François Rouelle, 1703–1770), подржавао је Аристотелово мишљење да у природи постоје четири елемента: флогистон или вагра, земља, вода и ваздух.

Још пре Лавоазјеовог рођења, у XVII и XVIII веку, научници су покушавали да разумеју и објасне хемијске промене. Године 1667. Бекер (Johann Joachim Becher, 1635–1682) је дао основу идеје коју је Штал (Georg Ernst Stahl, 1659–1734) 1703. године преформулисао, изменио и назвао флогистонска теорија. Флогистонска теорија је

била прихваћена од стране тадашњих хемичара. Према Шталу, све супстанце садрже веома запаљив елемент флогистон. Добијањем или губљењем флогистона, супстанце подлежу хемијским променама. На пример, сагоревањем метали губе флогистон и трансформишу се у оксиде метала који се разликују по физичким својствима (сјај, еластичност и савитљивост) од метала од којих су постали. Иако је ова теорија имала велики број присталица, њоме се нису могле објаснити све промене у природи које су изучавали тадашњи научници. Мерењем прецизним вагама, научници су установили да оксиди метала имају већу масу од масе метала од ког су постали. Према флогистонској теорији маса метала би требало да буде већа у односу на масу његовог оксида. Штал је признао неслагање теорије са експерименталним доказима, али није покушавао да га објасни. Други научник (Louis Bernard Guyton de Morveau, 1737-1816) је предложио објашњење да је флогистон замењен ваздухом, тј. да је у металу присутан флогистон, а у оксиду метала ваздух који има већу масу од флогистона. Овај научник је сматрао да је флогистон „обдарен“ негативном масом.



Ј. Ј. Бекер



Г. Е. Штал

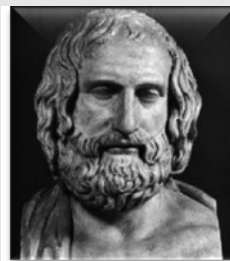


Л. Б. Морво

За разлику од Британаца Бојла (Robert Boyle, 1627-1691), Пристлија (Joseph Priestley, 1733-1804), Кевендиша (Henry Cavendish, 1731-1810), Французи још увек нису увиђали значај гасова у хемији. Године 1772. тадашњи високи функционер у француском Министарству финансија и Лавоазјеов колега, од доушника из Лондона је добио информацију да се болест скорбут (симптоми: општа телесна слабост, крварење десни, испадање зуба) може лечити давањем пацијенту воде „импрегниране фиксираним ваздухом“. Тај фиксирани ваздух, за који су Британци говорили да је фиксирани у одређеним органским једињењима био је загонетка за Лавоазјеа. По молби свог колеге, Лавоазје је започео да се бави хемијом гасова. Питао се да ли фиксирани ваздух може бити узрок повећања масе која се уочава када се при загревању метали трансформишу у оксиде. Да би решио загонетку Лавоазје је започео истраживање понављајући експерименте које су радили други научници. Његов метод рада био је

заснован на прецизном мерењу супстанци на ваги. Лавоазје је сматрао да је свака хемијска реакција једначина чија се једнакост потврђује мерењем масе супстанци пре и после реакције. Због овог принципа Лавоазје је у науци познат као научник који је открио Закон о одржању масе. Лавоазје је сматрао да је овај закон применљив на све науке, а да се његова тачност у хемији проверава систематском употребом ваге.

О Закону о одржању масе постоје подаци још од Старих Грка. Према Анаксагориним речима из 450. године п.н.е. „ништа се не рађа нити ишчезава, него се већ постојеће ствари комбинују, а онда се одвајају изнова“ (Quoted by R. Taton, *Histoire générale des sciences*, Paris, P.U.F., 1957, vol. 1, p. 217.). Руски научник Ломоносов (Mikhail Vasilyevich Lomonosov 1711-1765) је на основу резултата експеримената формулисао сличну правилност пре Лавоазјеа тако да је и Ломоносов у науци познат као научник који је открио Закон о одржању масе.



Анаксагора



М.В. Ломоносов

#### Експеримент са фосфором

У стаклену чашу Лавоазје је ставио 0,5 g фосфора и измерио масу чаше, фосфора и ваздуха присутног у чаши на ваги. Затим је чашу са фосфором поклопио стакленом посудом у облику звона (поклопац) и измерио укупну масу на ваги. Подигао је поклопац, запалио фосфор и одмах поклопио чашу са фосфором. Након престанка сагоревања фосфора измерио је масу поклопљене чаше са новом супстанцом и ваздухом.

Затим је скинуо поклопац и измерио само масу чаше, нове супстанце и ваздуха. Открио је: 1. да је маса чаше, фосфора, ваздуха и поклопца једнака маси чаше, нове супстанце, ваздуха и поклопца; 2. да је маса чаше са новом супстанцом и ваздухом већа у односу на масу чаше, фосфора и ваздуха. Поновио је експеримент користећи друге супстанце (сумпор, олово и калај) и добио исте резултате. Закључио је да се маса супстанци при сагоревању повећала на рачун ваздуха који је био у чаши и испод поклопца. Сматрао је да је ваздух „фиксирани“ од стране супстанци и да та „фиксација“ објашњава повећање масе при сагоревању. То је било револуционарно откриће које се потпуно супротстављало Шталовој теорији. Лавоазје је тада био спреман да дефинише хемијску улогу ваздуха и да отворено постави питање да ли флогистон постоји. Истраживачки програм који је дефинисао на ову тему почетком 1773. године пажљиво је био праћен наредних двадесет година.

## Свестрани Лаваозје

У току свог живота Лаваозје се бавио минералогijом, геологијом, метеорологијом, биологијом, хемијом, медицином, економијом, политиком. Изучавао је састав Земљине коре, наводио је који се слојеви земљишта налазе у континенталном делу, а који формирају морско дно. Међутим, на путовањима је често проналазио наслагане један на други континентални и морски слој тла што му није било разумљиво и то није успевао ни да објасни. Током дугог низа година пратио је највише и најниже температуре ваздуха и вршио остала метеоролошка мерења (брзина и правац ветра, атмосферски притисак) на основу којих је сматрао да увек може предвидети временске прилике бар два дана унапред. Интересовао га је електрицитет те је једном приликом помогао Бенџамину Френклину да постави светлеће шипке на црквени кров.

### А. Л. Лаваозје

**А. Л. Лаваозје** (фр. *Antoine-Laurent de Lavoisier*; 26. август 1743. — 8. мај 1794) је био познати француски племић и хемичар. Рођен је у богатој и веома угледној париској породици што му је омогућило квалитетно образовање и удобан живот. У најранијем периоду свог образовања показао је велико интересовање за науку, првенствено хемију коју је предано изучавао. Међутим, по савету свога оца завршава права којима се никада није активно бавио. Овај научник се сматра оцем модерне хемије, с обзиром да је својим открићима и истраживањима извршио хемијску револуцију и ударио темеље снажном развоју хемије.

Пре Лаваозјеових открића, научници су процесе сагоревања објашњавали кроз флогистонску теорију. Према овој застарелој теорији при свакој реакцији сагоревања супстанце, ослобађа се флогистон. Лаваозје се није слагао са флогистонском теоријом. Извео је експеримент са сагоревањем фосфора под стакленим звоном и мерио масу пре и после реакције. На основу резултата огледа закључио је да сагоревањем фосфор фиксира ваздух и тако настаје нова супстанца која има већу масу од масе самог фосфора. Овим експериментом је оборио флогистонску теорију. У науци је познат по открићу Закона о одржању масе, поред руског научника М. А. Ломоносова који је такође открио овај закон.

У току свог живота Лаваозје се бавио минералогijом, геологијом, метеорологијом, биологијом, хемијом, медицином, економијом, политиком [12].

### ЗАКЉУЧАК

Приказани текстови из историје науке могу се користити у настави хемије с различитим циљевима. Уз одговарајућа питања и задатке може се проверити колико први, а колико други текст доприноси да ученици разумеју природу науке, али и садржаје из наставе хемије. Са ученицима се може дискутовати о текстовима с циљем да разумеју појмове у хемији, али и да кроз ди-

скусију развијају критичко мишљење, да вреднују и анализирају текст. На овај начин ученици се могу оспособавати да процењују истинитост прочитаних речи. Сукобљавајући различита тумачења кроз дискусију, ученици могу научити да се наука може посматрати из различитих углова, да саслушају туђе мишљење, да аргументују своје мишљење, да одлучују да ли ће на основу аргумента прихватити или одбацити туђе мишљење што све заједно доприноси достизању виших сазнајних нивоа.

*Напомена: Чланак представља резултат рада на пројекту „Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерацijske иерсијективне“, број 179048, чију реализацију финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Baucal A., Pavlović-Babić D. (2010). Nauči me da mislim, nauči me da učim: PISA 2009 u Srbiji, Institut za Psihologiju Filozofskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu, Retrived from [www.pisaserbia.org](http://www.pisaserbia.org)
2. Тривић, Д. (2010). TIMSS 2007: Резултати наставе и учења хемије у Србији, *Хемијски иреплег*, број 6, год. 51, 148-155.
3. Clough, M. P. (2010). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Sci & Educ* (2011) 20:701-717
4. Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). Young people's images of science. Buckingham: Open University Press.
5. Ryder, J., Leach, J., & Driver, R. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (2), 201-220.
6. Brickhouse, N. W., Dagher, Z. R., Letts, W. J., & Shipman, H. L. (2000). Diversity of students' views about evidence, theory, and the interface between science and religion in an astronomy course. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (4), 340-362.
7. Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32 (3), 403-419.
8. Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15 (5), 463-494.
9. Seth C. Rasmussen, Carmen J. Giunta, and Misty R. Tomchuk (2008). *Content Standards for the History and Nature of Science in Chemistry* in the National Science Education Standards: Models for Meaningful Learning, 2nd Ed., Bretz, S. L., Ed.; American Chemical Society: Washington, DC; Chapter 9
10. Brush, S. G. (1974). Should the History of Science Be Rated X? *Science*, 183, 1164-1172.
11. Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching, The Role of History and Philosophy of Science*; Philosophy of Education Research Library; Routledge: New York, Excellent review of using the history and philosophy of science in science education.
12. Poirier Jean-Pierre (1996), *Lavoisier Chemist, Biologist, Economist*, Philadelphia: Pennsylvania University Press

## Abstract

### HISTORY OF CHEMISTRY IN CHEMISTRY EDUCATION

Darinka Skorić, Miloš Radenković

In this article the role and importance of history of chemistry in chemistry education are discussed. Two texts related to life and scientific work of Lavoisier is presented.



## ИЗВЕШТАЈ СА СВЕЧАНЕ СКУПШТИНЕ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА

Свечана скупштина Српског хемијског друштва одржана је 12. децембра 2012. године у Свечаној сали Српске академије наука и уметности у Београду.

Председница Друштва Иванка Поповић отворила је Скупштину, поздравила присутне чланове, овогодишње лауреате и госте Друштва. У даљем обраћању, И. Поповић је подсетила на најзначајније активности у светлу обележавања 115 година Друштва и најавила бројне активности у следећој години.

У наставку рада Скупштине, по традицији, прошлогодишњи добитници Медаље за трајан и изванредан допринос науци и Медаље за прегалаштво и успех у науци одржали су предавања, која ће бити објављена и у неком од наредних бројева «Хемијског прегледа».

Добитник Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2011. годину, Проф. др Ратко Јанков, одржао је предавање са темом: „Од науке ка посредовању науке”.

Добитник Медаље за прегалаштво и успех у науци за 2011. годину, Др Ђорђе Вељовић одржао је предавање са темом: „Процесирање, механичка својства и биокompatibilност биокерамичких материјала на бази хидроксиапатита”.

Након одржаних предавања, секретар Друштва, Р. Баошић, је у име Комисије за јавна признања, известила о овогодишњим наградама и признањима Друштва.

Студентска признања – Специјално признање и Годишња награда – намењена су најбољим дипломираним студентима хемије и хемијске технологије на Универзитетима у Србији, који су, према Правилнику о наградама СХД, дипломирали у времену од 1. јула претходне године до 30. јуна текуће године са просечном оценом изнад 9. Награђени студенти добијају двогодишње бесплатно чланство у Друштву и двогодишњу претплату на *Journal of the Serbian Chemical Society*.

За 2012. годину носиоци Специјалног признања су:

- Милош Ђокић, Природно-математички факултет, Ниш – 9,28

- Милена Ивановић, Природно-математички факултет, Ниш – 9,32
- Нена Велинов, Природно-математички факултет, Ниш – 9,53
- Марија Илић, Природно-математички факултет, Ниш – 9,90
- Никола Карић, Хемијски факултет, Београд – 9,16
- Гордана Крстић, Хемијски факултет, Београд – 9,19
- Гордана Вуковић, Хемијски факултет – 9,26
- Марина Влајић, Хемијски факултет, Београд – 9,48
- Бранкица Рашковић, Хемијски факултет, Београд – 9,74
- Јелена Константиновић, Хемијски факултет, Београд – 9,97
- Владан Мартиновић, Хемијски факултет, Београд – 9,97
- Владимир Прокоповић, Хемијски факултет, Београд – 9,97
- Горан Томић, Хемијски факултет, Београд – 9,97
- Ксенија Анђелковић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,11
- Јована Максимовић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,11
- Јована Бркљача, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,13
- Слађана Ракита, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,16
- Сања Теодосин, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,24
- Милица Крунић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,29
- Бранкица Марчета, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,30
- Сандра Њаради, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,34
- Наташа Настић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,38
- Страхинја Ковачевић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,41

- Ангелина Васиљевић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,66
  - Тамара Ерцег, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,66
  - Вера Ивковић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,76
  - Милена Шошо, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,76
  - Елена Јаћимовски, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,11
  - Сандра Церовац, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,19
  - Драгана Лакетић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,23
  - Душан Марковић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,33
  - Филип Шибул, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,46
  - Исидора Вујовић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,02
  - Јелена Живановић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,02
  - Милан Михајловић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,10
  - Милица Ранђеловић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,12
  - Никола Илић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,15
  - Јелена Динић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,19
  - Ружица Миладиновић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,20
  - Ивана Матић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,26
  - Мила Крстајић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,34
  - Александра Ђорђевић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,39
  - Милица Митић, Технолошки факултет, Лесковац – 9,45
  - Јелена Катанић, Природно-математички факултет, Крагујевац – 9,00
  - Итана Нуша Бубања, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,22
  - Петар Ступар, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,27
- Ове године, добитници Годишње награде СХД за 2012. годину, признања које носи и новчану награду, су седморо најбољих студената. На Хемијском факултету у Београду је дипломирао троје студената са просечном оценом 10, са разликом у времену дипломирања од десет дана, па је Управни одбор СХД донео одлуку да уместо пет, како је наведено у Правилнику, ове године, седам студената буде награђено Годишњом наградом СХД. Награђени студенти су:
- Душан Минић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,45

- Мерима Ковачевић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,53
- Јелена Круљ, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,78
- Бобан Марковић, Природно-математички факултет, Ниш – 10
- Живота Селаковић, Хемијски факултет, Београд – 10
- Јована Милић, Хемијски факултет, Београд – 10
- Душан Коларски, Хемијски факултет, Београд – 10

Финансијски део награде за ову годину за петоро студената обезбедио је Хемијски факултет Универзитета у Београду, на чему СХД захваљује декану Факултета, а за двоје студената награду је обезбедило Српско хемијско друштво.

Друга група признања везана је за избор почасних председника и почасних чланова СХД, а стиче се преданом активношћу у Друштву. За почасне председнике изабрани су: Јован Јовановић и Бранислав Николић. За почасне чланове изабрани су: Биљана Абрамовић, Радмила Маринковић-Недучин и Милан Поповић.

У 2012. години СХД је доделило Захвалнице домаћинима Републичког такмичења из хемије и то:

- Основној школи «Јован Курсула» у Варварину као знак признања за подршку организацији Републичког такмичења из хемије за ученике основних школа и
- Хемијском факултету Универзитета у Београду као знак признања за подршку организацији републичког такмичења из хемије за ученике средњих школа.

У 2012. години СХД је доделило Похвалнице за успешну припрему ученика за Међународну хемијску олимпијаду у Вашингтону, САД, Душану Сладићу и Нику Радуловићу, а за постигнут успех на Међународној хемијској олимпијади - Видаку Раичевићу, Златку Јончеву, Филипу Илићу и Милици Лазаревић.

За успешну организацију Прве конференције младих хемичара Србије, Похвалнице су додељене Игору Опсеници, Јелени Радивојевић, Животи Селаковићу, Вуку Филиповићу, Давору Антанасијевићу и Александру Тоту.

Додељена су и овогодишња научна признања Друштва за допринос развоју хемијске мисли у нас:

- Драгици Тривић – Медаља за изванредне резултате у настави, као израз признања за развој методике наставе хемије;
- Нику Радуловићу - Медаља за прегалаштво и успех у науци, као израз признања за резултате у области хемије природних производа и
- Живадину Бугарчићу - Медаља за трајан и изванредан допринос науци, као израз признања за допринос у области неорганске хемије.

У оквиру подсећања на историју хемије, Снежана Бојовић је прочитала пригодне текстове.

**Александра Перић-Грујић,**  
секретар СХД

**Неке сугестије којих би требало да се држи сваки аутор при достављању чланка за објављивање у Хемијском ирепледу:**

1. Рад треба да буде јасно написан.
2. Рад **обавезно доставити у електронској форми, на CD-у, или електронском поштом** (пожељно у програму OpenOffice-Writer или Microsoft Word). Две копије у папиру су пожељне али не и обавезне.
3. Поред имена аутора рада **обавезно се наводи установа** у којој је аутор запослен, обавезна је фотографија сваког аутора, коју треба послати у електронској форми, а неопходна је и електронска адреса аутора (е-пошта).
4. Пожељно је да рад има кратак извод на српском језику, као увод у тему чланка.
5. Како је часопис штампан ћирилицом, потребно је да сви делови текста који треба да остану LАTИNІCНІ (на пример: оригинална имена – погледајте тачку 6, или мерне јединице – погледајте тачку 10, или литературни подаци – погледајте тачку 13) буду у фонту различитом од оног којим је написан остатак рада. Ово под условом да аутор цео текст напише латиничним писмом. Избор фонтова препушта се ауторима.
6. Страна имена у чланку требало би да буду транскрибована; а при првом појављивању у тексту потребно је у загради навести име у оригиналу.
7. Слике треба доставити у електронској форми (TIFF, JPG) у одговарајућој резолуцији (цртежи и шеме, као што су хемијске формуле или графици, 600 dpi или више; црно-беле слике (grayscale) и слике у боји 300 dpi или више), али их **не треба уметати у текст**, већ их треба доставити као независне фајлове. Пожељно је, али не и обавезно, слике, цртеже и шеме доставити и на квалитетном белом папиру. Све слике и шеме приспеле од аутора у боји, као такве објављујемо у PDF и html верзији.
8. Препоручујемо да слике молекулских формула **не преузимате са интернета** у облику jpg, bmp, gif и сличних фајлова, већ да их нацртате у ACD/ChemSketch-у (<http://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/>), Accelrys Draw-у (<http://accelrys.com/products/informatics/cheminformatics/draw/index.html>), који су (после регистрације) бесплатно доступни, или неком сличном програму. Исто тако препоручујемо коришћење ACS стила за цртање молекулских формула (предефинисана опција у оквиру препоручених, и већине других, програма за цртање формула).
9. Сви коментари у сликама треба да буду написани ЋИРИЛИЦОМ (ово не важи за ознаке хемијских елемената на цртежима молекулских формула), копија слика са латиничним натписима за html верзију часописа је пожељна.
10. У тексту треба да буде употребљен искључиво Међународни систем мерних јединица (SI). Иако је часопис штампан ћирилицом, мерне јединице треба да буду написане латиницом, одговарајућим фонтом.
11. Хемијска имена свих једињења наведена у тексту требало би да буду усаглашена са IUPAC-овом номенклатуром (<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>).
12. Краћи извод (резиме) рада наводи се на његовом крају, **обавезно на енглеском језику**. Изнад извода текста на енглеском језику треба прво навести наслов рада, затим име аутора и назив установе у којој ради.
13. На крају рада наводи се литература коју је аутор користио при писању текста, или коју жели да читаоцима препоручи за даље читање. Сва наведена литература (имена аутора и скраћенице имена журнала) мора да буде наведена на изворном језику (на пример, руска литература руским писмом, руским фонтом; енглеска – енглеским, итд.). Наводе литературе у тексту треба означавати у угласитим заградама, на пример: [4]. Препоручени формат навођења часописа је: Назив часописа, годиште (година) стр., на пример: J. Serb. Chem. Soc., 44 (1998) 123. Списак стандардних скраћеница имена журнала је слободно доступан са: <http://www.cas.org/expertise/cascontent/caplus/corejournals.html>.
14. Део литературе су и интернет адресе, које треба цитирати на стандардни начин, копирањем потпуног линка који је перманентно везан за навод.

Сваки достављени рад подлеже рецензији, а рецензенте одређује уредништво. Рукописи се не хоришу и не враћају.

Рад се може послати на адресу СХД, Карнегијева бр. 4, или директно у редакцију, на име проф. др Ратко М. Јанков, Хемијски факултет, Студентски трг 16; или електронском поштом на адресу [rjankov@chem.bg.ac.rs](mailto:rjankov@chem.bg.ac.rs)