

Универзитет у Београду
ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО: 4.9.2015.			
Орг. јед.	Број	Година	Вредности
	152115		

Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду

На редовној седници Наставно-научног већа Хемијског факултета Универзитета у Београду, одржаној 16.01.2014. године, одређени смо за чланове комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Миодрага М. Пергала, мастер хемичара, под насловом

“Утицај температуре сагоревања угља на настајање полицикличних ароматичних угљоводоника у термоелектранама и последице по животну средину”

После прегледа докторске дисертације кандидата Миодрага М. Пергала, подносимо Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

о урађеној докторској дисертацији

А. Приказ садржаја докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Миодрага М. Пергала, под горе наведеним насловом, написана је на 149 страна формата А4, у оквиру којих се налазе 59 слика, 17 табела и 156 литературних навода. Докторска дисертација садржи следећа поглавља: **Увод** (2 стране), **Теоријски део** (48 страна), **Експериментални део** (11 страна), **Резултати и дискусија** (30 страна), **Закључак** (4 стране), **Литература** (16 страна) и **Прилог** (38 страна). Поред наведеног, дисертација садржи **Захвалницу**, **Резиме на српском и енглеском језику**, **Садржај** и **Биографију аутора**.

У **Уводу** кандидат даје краћи осврт на област истраживања и тему свога рада.

Одељак **Теоријски део** описује основе структуре полицикличних ароматичних угљоводоника (РАН-ова) и особине ових органских једињења које су од значаја за заштиту животне средине. У овом делу је описано распрострањавање полицикличних ароматичних угљоводоника у животној средини (ваздуху, земљишту и води), уз осврт на изворе

загађивања овим једињењима. Посебан осврт је дат на доступне информације о настајању полицикличних ароматичних угљоводоника током процеса сагоревања при различитим условима сагоревања (температура, вишак ваздуха...) при коришћењу како угља као горива тако и модел једињења. Осврт је дат и на токсикологију ових једињења. Приказани су и процеси старења, трансфера и деградације полицикличних ароматичних угљоводоника у животној средини. На самом крају **Теоријског дела** дат је и преглед метода екстракције као и преглед метода анализе ових једињења.

У одељку **Експериментални део** кандидат је описао постројење термоелектране „Никола Тесла Б“ у ком су прикупљани узорци који су били предмет испитивања, начин прикупљања узорака из процеса рада термоелектране и начин прикупљања узорака са депоније пепела термоелектране (активне и пасивне касете). У завршном делу овог одељка описане су методе припреме (екстракције органским растварачем и екстракције дестилованом, речном водом, као и растворима различите киселости и јонске силе) и анализе узорака на гасно-масеном хроматографу.

У оквиру одељка **Резултати и дискусија** кандидат је описао утицај температуре на формирање полицикличних ароматичних угљоводоника поредећи концентрације ових анализата у полазном угљу, пепелу и шљаци као производима сагоревања у термоелектрани. Поред анализе података о количини укупних полицикличних ароматичних угљоводоника кандидат је дао осврт и на расподелу појединачних анализата у полазној сировини и производима сагоревања. У следећем делу овог одељка кандидат је описао утицај воде као екстракционог медијума имајући у виду да се управо речна вода користи за транспорт пепела од термоелектране до депоније. Утицај је дискутовао у погледу различитих рН вредности водених раствора као и различитих јонских сила водених раствора коришћених у експериментима, поредећи ефекат такве екстракције са ефектом екстракције дестилованом водом и водом из реке Саве која се користи за транспорт пепела у термоелектрани „Никола Тесла Б“. Приказани су и дискутовани резултати добијени анализом прикупљених узорака из активне и пасивне касете депоније за одлагање пепела у погледу механизма екстракције приликом транспорта пепела до депоније као и могућег механизма екстракције који се одвија након одлагања пепела у касету. Осврт је дат и на ефекат који имају услови у животној средини на концентрацију полицикличних

ароматичних једињења у површинском слоју пепела и слоју са дубине од 1 m активне и пасивне касете.

Најважнији резултати овог истраживања и научни допринос дисертације су приказани у поглављу **Закључак**. У поглављу **Литература** приказане су све референце, њих 156, релевантне за проблематику обухваћену овом докторском дисертацијом, а које су коришћене у раду, док су у поглављу **Прилог** дати хроматограми добијени анализом узорака на гасно-масеном хроматографу.

Б. Кратак опис постигнутих резултата

У оквиру докторске дисертације Миодрага М. Пергала одређиване су и проучаване концентрације РАН-ова у узорцима лигнита као и у пепелу и шљаци добијеним сагоревањем угља на различитим температурама сагоревања у термоелектрани „Никола Тесла Б“. На примеру добијених резултата из прикупљених узорака показано је да процес сагоревања смањује укупну количину РАН-ова у производима сагоревања у поређењу са угљем, али и да мења расподелу међу молекулима РАН-ова. Са порастом температуре сагоревања лигнита у термоелектрани количина РАН-ова у производима сагоревања је расла при расту температуре сагоревања од 930 °C до 973,5 °C, док је са даљим повећањем температуре постала константна. На основу експериментално одређених количина РАН-ова потврђено је присуство оба механизма формирања РАН-ова током сагоревања, тј. адиције фенила/циклизације (РАС) и елиминације водоника/адиције ацетилена (НАСА). Како би се испитало потенцијално загађење које може бити изазвано излуживањем РАН-ова из електрофилтерског пепела, добијеног сагоревањем угља у термоелектрани „Никола Тесла Б“, узорци електрофилтерског пепела су подвргнути екстракционим експериментима, који опонашају услове који се могу десити у животној средини. Узорци пепела су екстраховани воденим растворима различитих јонских сила (од дестиловане воде до 0,01 M раствора NaCl) и различитих вредности рН (4,5 – 8,0), као и са узорцима воде из реке Саве, која се користи за транспорт пепела у термоелектрани. Шест од шеснаест испитиваних РАН-ова (нафтален, аценафтилен, флуорен, фенантрен, флуорантен и пирен) су пронађени, у различитим концентрацијама, у екстрактима водом из реке Саве као и у растворима различитих јонских сила и рН. Утврђено је да око две трећине укупне

количине поменутих РАН-ова присутних у пепелу може бити екстраховано дестилованом водом, као и да је десорпција РАН-ова водом са честица пепела главни механизам одговоран за њихово излуживање. Узорци пепела прикупљеног са површине и 1 m дубине активне и пасивне касете депоније пепела термоелектране „Никола Тесла Б“, анализирани су гасно-масеном хроматографијом након екстракције. Разлике у концентрацијама РАН-ова у произведеном свежем пепелу и пепелу којим се пуни активна касета су биле веома велике и закључено је да су последица односа вода/пепео 10/1, турбулентног мешања транспортног флуида са пепелом и удаљености коју ова суспензија прелази. Предложена су два механизма који утичу на смањење концентрације РАН-ова у пепелу приликом и након његовог транспорта: први, који подразумева велику количину воде за транспорт и веома турбулентно мешање на великој удаљености, и други који подразумева скоро ламинарни проток екстракционог флуида у касети, која се понаша на сличан начин као хроматографска колона. Закључено је да након стајања пепела у пасивној касети депоније дужи временски период не постоје статистички значајне разлике у концентрацији РАН-ова у површинском слоју и 1 m дубине, али и да статистички тестови показују да је утицај услова у животној средини на концентрацију РАН-ова видљив тек након дужег временског периода.

Ц. Упоредна анализа резултата кандидата са резултатима из литературе

Истраживања у хемији животне средине се у погледу процеса сагоревања фокусирају на анализу производа сагоревања који се емитују у ваздух и оних који утичу на загађивање земљишта и вода. Често су одвојено испитивани и разни типови угља и других горива који се користе за сагоревање. Испитивања су вршена у погледу неорганских и органских анализа у поменутих матриксама. Органски загађивачи, који се често састоје од канцерогених или потенцијално канцерогених супстанци, међу којима су полициклични ароматични угљоводоници, су знатно мање проучавани. Процеси који се јављају приликом сагоревања, као што су циклизација, оксидација и реакције цепања су такође испитивани.

На основу опсежног прегледа доступне литературе, може се закључити да је, током рада на докторској дисертацији, кандидат успео да испита утицај промене температуре сагоревања

на разградњу и поновно настајање полицикличних ароматичних угљоводоника током процеса на реалном постројењу за сагоревање, термоелектрани „Никола Тесла Б“. При томе у литератури постоји релативно мали број радова који се баве одређивањем полицикличних ароматичних угљоводоника у добијеном пепелу, и нема радова који се баве променама до којих доводи варирање температуре у термоелектрани на састав (*in situ*) добијених полицикличних ароматичних угљоводоника, као ни радова који описују промене до којих долази током и након транспорта производа сагоревања на депонију. У актуелној литератури испитиван је утицај температуре и других параметара процеса сагоревања на мањим пилот постројењима и лабораторијским реакторима. Кандидат је у свом раду одредио оптималну температуру ложишта приликом сагоревања лигнита која производи најмању количину полицикличних ароматичних угљоводоника у производима сагоревања у термоелектрани „Никола Тесла Б“, и која би довела до, по животну средину, најмање лоших комбинација добијених појединачних полицикличних ароматичних угљоводоника.

Литературни подаци показују да је излуживање полицикличних ароматичних угљоводоника испитивано из различитих извора, као што су чврст отпад из пећи за спаљивање, муља из скрубера, контаминираног земљишта, катрана, асфалта и битумена. Иако је документовано да су реке низводно од депоније пепела загађене са органским супстанцама, студије о излуживању и потенцијалу загађивања полицикличним ароматичним угљоводоницима из пепела добијеног сагоревањем угља су релативно ретке.

У свом раду кандидат је дао поређење екстракционих медијума који имитирају услове који се могу срести у животној средини и који могу деловати на одложени пепео добијен из процеса сагоревања у термоелектрани. Испитивани медијуми су засновани на води као, у животној средини, једном од најраспрострањенијих флуида, неопходних за живот. Екстракциони медијуми базирани на води које је кандидат користио су се разликовали по јачини јонске силе, рН вредности и садржају органских материја. Поређењем ових екстракционих медијума, међу којима су били и дестилована вода као и вода из реке Саве, кандидат је успео да покаже који механизам је одговоран за највећи део екстрахованих полицикличних ароматичних угљоводоника.

Кандидат је по први пут у потписницима доступној литератури дао предлог различитих процеса екстракције који се одвијају током транспорта пепела у суспензији вода/пепео до активне касете депоније и процеса који се касније одвијају на депонији пепела, како у активној тако и у пасивној касети. Успешно је по први пут у потписницима доступној литератури испитао процес одлагања суспензије пепела у активној касети поређењем са свежим пепелом добијеним из процеса термоелектране и процес старења одложеног пепела у пасивној касети депоније анализом површинског и дубинског слоја, и тиме дао допринос сагледавању како антропогених процеса, тако и процеса у животној средини који утичу на одложени пепео и који могу утицати на загађивање животне средине.

Резултати дисертације су довели до реалног сагледавања последица сагоревања угља, транспортовања и одлагања пепела на загађивање животне средине (површинских и подземних вода и земљишта) полицикличним ароматичним угљоводоницима.

Д. Објављени и саопштени радови који чине део докторске дисертације

М21 - Радови објављени у врхунским часописима међународног значаја

1. Miodrag M. Pergal, Dubravka Relić, Živoslav Lj. Tešić, Aleksandar R. Popović, „Leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons from power plant lignite ash—influence of parameters important for environmental pollution“, *Environmental Science and Pollution Research* (2014), 21 (5), 3435 – 3442 (IF (2014) = 2,828).
2. Miodrag M. Pergal, Živoslav Lj. Tešić, Aleksandar R. Popović, „Polycyclic aromatic hydrocarbons: temperature driven formation and behavior during coal combustion in a coal-fired power plant“, *Energy & Fuels* (2013), 27 (10), 6273 – 6278 (IF (2014) = 2,790).

М22 – Радови објављени у истакнутим часописима међународног значаја

1. Pergal, M.M., Ž.L. Tešić, and A.R. Popović, „Influence of Anthropogenic and Environmental Conditions on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Pollution Originating from Coal Ash Dumps“, *Water, Air & Soil Pollution* (2015), 226 (35) DOI: 10.1007/s11270-015-2319-4 (IF (2014) = 1,554).

Е. Закључак

Комисија је прегледала докторску дисертацију кандидата Миодрага М. Пергала под насловом: „Утицај температуре сагоревања угља на настајање полицикличних ароматичних угљоводоника у термоелектранама и последице по животну средину“ и закључила да је ова дисертација резултат самосталног рада кандидата и да добијени резултати представљају значајан допринос научној области хемије животне средине. Додатно, комисија је закључила да је кандидат реализовао постављени циљ рада: дефинисање утицаја температуре сагоревања угља на настајање полицикличних ароматичних угљоводоника у термоелектранама. На основу резултата изложених у својој докторској дисертацији кандидат Миодраг М. Пергал је успешно испитао и утицај полицикличних ароматичних угљоводоника пореклом из угља и насталих током сагоревања у термоелектрани, а који се налазе у производима сагоревања (пепелу и шљаци), на животну средину. Резултати доприносе одређивању оптималних температурних режима који би довели до, по животну средину, најмање лоших комбинација добијених полицикличних ароматичних угљоводоника. Поред тога испитане су и реално сагледане последице сагоревања угља, транспортовања и одлагања пепела на загађивање животне средине (површинских и подземних вода и земљишта) полицикличним ароматичним угљоводонцима. Имајући у виду да наведена питања до сада нису била у потпуности расветљена у хемији животне средине, добијени резултати дају јасан фундаментални, али и практични допринос овој научној области и представљају значајан допринос у смањивању антропогених утицаја на животну средину.

Резултати ове дисертације публиковани су у три научна рада штампана у међународним часописима: два у часописима категорије М21 и један у часопису категорије М22.

На основу свега наведеног, Комисија сматра да су испуњени сви услови да се рад Миодрага М. Пергала, мастер хемичара, под насловом: „Утицај температуре сагоревања угља на настајање полицикличних ароматичних угљоводоника у термоелектранама и последице по животну средину“ прихвати као докторска дисертација, па стога


предлажемо Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду да
прихвати поднету докторску дисертацију и одобри њену одбрану.

У Београду, 31. августа 2015. године

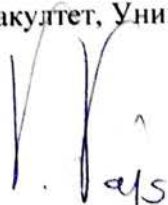
Комисија:



Др Живослав Тешић, редовни професор
Хемијски факултет, Универзитет у Београду, ментор



Др Александар Поповић, редовни професор
Хемијски факултет, Универзитет у Београду, ментор



Др Влатка Вајс, научни саветник
Институт за хемију, технологију и металургију, Универзитет у Београду