

UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” DIN IAȘI

FACULTATEA DE CHIMIE

ȘCOALA DOCTORALĂ DE CHIMIE ȘI ȘTIINȚE ALE VIEȚII ȘI PĂMÂNTULUI

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Doctorand,

LUCIA TUDORACHI

Coordonator științific,

Prof. dr. GABI DROCHIOIU

IAȘI

2016

UNIVERSITATEA "ALEXANDRU IOAN CUZA" din IAȘI

Școala Doctorală de Chimie și Științe ale Vieții și Pământului
Nr. 9/6.01.2017

ANUNȚ

La data de 30.01.2017, ora 11:00, în sala R 502, d-ra TUDORACHI C. LUCIA va susține, în ședință publică, teza de doctorat cu titlul **POLUANȚI MAJORI AI MEDIULUI: SOLUȚII COMUNE ÎN ȘTIINȚELE VIEȚII, ȘTIINȚELE SOCIALE ȘI CELE TEHNICE**, în vederea obținerii titlului științific de doctor în domeniul CHIMIE.

Comisia de doctorat are următoarea componență:

Președinte:

Prof. univ. dr. Aurel Pui, Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași

Conducător științific:

Prof. univ. dr. Gabi Drochioiu, Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași

Referenți:

Prof. univ. dr. ing. Dan Cașcaval, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" Iași

Prof. univ. dr. Constantin Măruțoiu, Universitatea "Babeș Bolyai" Cluj Napoca

Prof. univ. dr. Ion Sandu, Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași

Vă invităm să participați la ședința de susținere a tezei.

Teza poate fi consultată la Biblioteca Facultății de Chimie.

DIRECTOR ȘCOALĂ DOCTORALĂ,

Prof.univ.dr. Gabi DROCHIOIU

Cuprins

Abrevieri	2
Introducere	4
Partea I. studiu de literatură	6
Capitolul I. Aspecte fizico-chimice și biologice ale poluării mediului	6
I.1.2. Poluanți majori ai aerului înconjurător	6
I.1.2.1 Poluarea cu praf și alte particule (PM ₁₀ și PM _{2,5})	6
I.1.2.2 Poluarea cu oxizi de azot (NO _x)	7
I.1.2.3. Poluarea cu dioxid de sulf (SO ₂)	7
I.1.2.5. Poluarea cu ozon (O ₃)	7
I.2. Poluarea apelor și a solurilor	8
I.2.2. Poluanți majori ai apelor și ai solului	8
I.2.2.1. Contaminarea cu metale grele	8
Partea a II-a. Rezultate originale	9
Capitolul III. Metoda de cercetare	9
III.1. Calitatea aerului în aglomerarea Iași	9
III.3. Efectele poluării asupra organismului uman. Relația dintre metale grele, diabet și peptida amilină	10
Capitolul IV. Studii de caz privind poluarea mediului înconjurător	12
IV.1. Calitatea aerului în aglomerarea Iași	12
Capitolul V. Contaminarea cu metale grele. Relația cu diverse afecțiuni	15
V.1. Contaminarea cu metale grele în zona Tarnița	15
V.1.1. Conținutul de metale grele din probele colectate	15
V.1.2. Limitele standard ale metalelor grele în sol	16
V.2. Relația dintre metale grele, diabet și peptida amilină	16
V.2.1. Specii reactive de oxigen, glutatationul și starea de sănătate	17
V.2.2. Amilina, rolul său în corp și relația cu metalele grele	17
V.2.2.3. Rezultatele analizelor efectuate	19
V.3. Relația dintre metale grele, boala Alzheimer și aspirina NOSH	23
Concluzii generale	24
Bibliografie selectivă	27
Activitate Științifică și Diseminarea Rezultatelor	30

Abrevieri

AEM - Agenția Europeană de Mediu

Ala - alanină

ANPM - Agenția Națională pentru Protecția Mediului

Ag - argint

As – arsen

Asn - asparagină

Au - aur

Ba - bariu

BEM - Biroul European de Mediu

C₆H₆ - benzen

Cd - cadmiu

CE - Comisia Europeană

CEE - comunitatea economică europeană

CO - monoxid de carbon

COV - compuși organici volatili

Cr - crom

Cu - cupru

Cys - cisteină

DNP - dinitrofenoli

EPA - Agenția pentru protecția mediului din SUA

Fe - fier

Glu - glutamină

Gly - glicină

HAP - hidrocarburi aromatice policiclice

Hg - mercur

His - histidină

Lys - lizină

Mn - mangan

NEC - Directiva 2001/81/EC a Parlamentului European și a Consiliului din 23 Octombrie 2001 privind plafoanele naționale de emisie ale anumitor poluanți atmosferici

NH₃ - amoniac

Ni - nichel

NMVOC - compuși organici volatili nonmetanici

NO - monoxid de azot

NO₂ - dioxid de azot

NO_x - oxizi de azot

NOSH - aspirină cu eliberare de grupări NO și SH

O₃ - ozon

OMS - Organizația Mondială a Sănătății

Pb - plumb

PM - particule în suspensie

PM_{2.5} - particule fine

ppm - părți per milion

RNMCA - Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului

SO₂ - dioxid de sulf

Thr - treonină

U - uraniu

UE - Uniunea Europeană

UNEP - Programul de Mediu al Națiunilor Unite

Zn - zinc

Introducere

Poluarea deteriorează mediul și sănătatea oamenilor în întreaga lume, în pofida îmbunătățirilor semnificative din ultimele decenii. Efectele poluării sunt puternice în două mari arii. În primul rând, locuitorii zonelor urbane sunt vulnerabilizați, confruntându-se cu riscuri grave pentru sănătatea lor, determinate în special de poluarea cu particule în suspensie (PM) și cea cu ozon (O₃), urmată de dioxidul de azot (NO₂). În al doilea rând, ecosistemele întâmpină dezvoltări scăzute ale vegetației și pierderea biodiversității. Efectele poluării au, în subsidiar, și un impact economic considerabil: scurtând viețile, crescând costurile medicale și reducând productivitatea forței de muncă prin pierderea zilelor lucrătoare. Totodată, poluarea produce daune materialelor și clădirilor, inclusiv celor mai importante clădiri din patrimoniul cultural al Europei.

Prezenta teză de doctorat are un caracter interdisciplinar, îmbinând pregătirea teoretică din domeniul juridic și criminalistic cu cea practică din domeniul chimiei și toxicologiei. Pornind de la problema actuală, stringentă, de interes global a poluării și a degradării mediului, s-au analizat din diverse perspective anumite aspecte referitoare la poluare și la răsfângerea efectelor poluării în diverse domenii. Firul lucrării de doctorat urmărește efectele poluanților majori în aer, în ape și soluri, apoi în organismul uman, fiind prezentate trei mari studii în acest sens în capitolele ce urmează. În cadrul tezei de doctorat, aspectele legislative sunt avute în vedere în permanență, fie sub formă de limite legale ale emisiilor poluanților, fie sub formă de evidențiere a lacunelor ori a modului de implementare incomplet a legislației, dar și de evidențiere a măsurilor care ar trebui luate de către autorități atunci când limitele poluării sunt depășite.

În consecință, obiectivele principale urmărite în cadrul cercetării doctorale au fost:

- i. identificarea unor poluanți majori ai mediului și găsirea soluțiilor de contracarare a acestora, comune în științele vieții, științele sociale și cele tehnice;
- ii. investigarea impactului anumitor poluanți chimici și fizici din atmosferă, ape și soluri asupra sănătății oamenilor și mediului înconjurător;
- iii. îmbunătățirea metodologiei de cercetare, prin realizarea unui studiu integrat ce cuprinde în primul rând date de chimie analitică, toxicologie chimică, dar și de legislație, științele ale vieții, etc.;
- iv. realizarea unor studii de caz privind gradul de poluare din aglomerarea Iași și din zona Târnița, județul Suceava;

v. diseminarea rezultatelor prin publicarea în reviste de specialitate cu factor de impact și prezentarea lucrărilor la manifestări științifice naționale și internaționale.

Teza de doctorat este structurată în două părți distincte, o parte a studiului de literatură și una a contribuțiilor personale, în care obiectivele de cercetare propuse au fost dezvoltate și pe deplin realizate. Lucrarea însumează 169 pagini. Cele cinci capitole însumează 127 pagini și conțin 69 de figuri, 19 tabele și 141 de indici bibliografici. Anexele lucrării conțin lucrările științifice publicate în reviste cu factor de impact, însumând 42 pagini.

PARTEA I. STUDIU DE LITERATURĂ

CAPITOLUL I

Aspecte fizico-chimice și biologice ale poluării mediului

I.1.2. Poluanți majori ai aerului înconjurător

I.1.2.1 Poluarea cu praf și alte particule (PM₁₀ și PM_{2,5})

Particulele sau pulberile în suspensie reprezintă un poluant răspândit al aerului, fiind constituit dintr-un amestec de particule lichide și solide suspendate în aer. Indicatorii adesea folosiți pentru a descrie PM (*particulate matter*) și care pot influența sănătatea populației se referă la concentrația masei particulelor cu diametrul mai mic de 10 μm (PM₁₀) și a celor al căror diametru nu depășește 2,5 μm (PM_{2,5}). Sursele naturale includ sarea marină, praful, polenul și cenușa vulcanică, erupțiile vulcanice și vântul care le deplasează de la nivelul solului. Sursele antropice includ:

- i. șantierelor în construcții;
- ii. transportul rutier prin arderea combustibililor vehiculelor și prin uzura pneurilor și abraziunea cauzată de frânări;
- iii. procesele de producție din industria metalurgică sau chimică (minerit, producerea cimentului, ceramicii sau cărămidilor și procese metalurgice);
- iv. arderea combustibilului în vederea generării energiei termice;
- v. deșeurile municipale și industriale;
- vi. sistemele de încălzire din gospodării, în special cele care presupun utilizarea combustibililor solizi;
- vii. incinerarea.

Evaluarea concentrațiilor de particule în suspensie cu diametrul mai mic de 10 microni din aerul înconjurător se realizează în funcție de valoarea limită zilnică (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), pentru care sunt permise 35 depășiri anuale și o valoare limită anuală de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel I.1. Norme privind PM₁₀

Limita orară/zilnică	Nr. depășiri permise/an	Limita anuală
50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

I.1.2.2 Poluarea cu oxizi de azot (NO_x)

Evaluarea concentrațiilor de NO/NO₂/NO_x din aerul înconjurător se realizează în funcție de valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane (200 μg/m³), ce poate fi depășită de 18 ori/an, și în funcție de valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane (40 μg/m³).

Tabel I.2. Norme privind NO_x

Limita orară	Nr. depășiri permise/an	Limita anuală	Prag de alertă	Nivel critic pentru vegetație
200 μg/m ³	18	40 μg/m ³	400 μg/m ³	30 μg/m ³ pe an calendaristic

I.1.2.3. Poluarea cu dioxid de sulf (SO₂)

Evaluarea concentrațiilor de SO₂ din aerul înconjurător se realizează în funcție de valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane (350 μg/m³), ce poate fi depășită de 24 ori pe an, și valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane (125 μg/m³), care nu se recomandă a fi depășită de mai mult de 3 ori pe an.

Tabel I.3. Norme privind SO₂

Limita orară	Limita zilnică	Prag de alertă	Nivel critic vegetație
350 μg/m ³	125 μg/m ³	500 μg/m ³	20 μg/m ³ pe an calendaristic

I.1.2.5. Poluarea cu ozon (O₃)

Evaluarea concentrațiilor de ozon din aer se realizează în funcție de pragul de alertă de 240 μg/m³, calculat ca medie a concentrațiilor orare (valoare ce trebuie măsurată timp de 3 ore consecutiv), pragul de informare (180 μg/m³) calculat ca medie a concentrațiilor orare și valoarea țintă pentru protecția sănătății umane (120 μg/m³), calculată ca valoare maximă zilnică a mediilor pe 8 ore (medie mobilă), pentru care sunt permise un număr de 25 de depășiri pe an calendaristic.

Tabel I.4. Norme privind O₃

Valoare țintă (medie mobilă)	Nr. depășiri permise/an	Limita zilnică	Prag de alertă
120 μg/m ³	25	125 μg/m ³	240 μg/m ³

I.2. Poluarea apelor și a solurilor

I.2.2. Poluanți majori ai apelor și ai solului

I.2.2.1. Contaminarea cu metale grele

Termenul de *metale grele* se referă la acele metale care au o densitate mai mare de 5g/cm^3 ; acestea sunt în general substanțe toxice pentru organismele vii, inhibând procesele enzimatice celulare și antrenând numeroase dereglări fiziologice. Aceste efecte se produc atunci când sunt depășite anumite concentrații în ape, soluri sau substanțe alimentare. Altfel, în concentrații mici, ionii metalelor grele sunt esențiali în desfășurarea proceselor metabolice ale plantelor și animalelor. Un alt risc de mediu al acestor metale este acela că sunt non-degradabile.

Odată ajunse în sol, unele metale au o natură imobilă, dar altele sunt mai mobile, așadar au potențialul de a fi transportate prin infiltrarea solului în apele de adâncime ori pot fi preluate de rădăcinile plantelor, fiind astfel transferate în lanțul alimentar. De aici, metalele grele pot cauza defecte biochimice la nivelul organelor corpului (ficat, rinichi, plămâni și splină). Mineritul reprezintă o sursă majoră de contaminare cu metale grele. Extracția acestora din minereu implică menținerea unei cantități mari de steril, depozitat sub forma unei halde care conține în continuare metale grele.

Metalele grele fac obiectul unui studiu ce este prezentat în cadrul tezei de doctorat în capitolul V. Analizele contaminării cu metale din zona Tarnița, Suceava (fosta mină de barită, închisă în prezent) au indicat un risc considerabil pentru sănătatea umană și pentru păduri. Activitatea minieră a condus la contaminarea apelor de suprafață și subterane, acesta fiind una dintre cele mai mari dezastre ecologice din România, cu impact major și continuu asupra comunităților locale. Măsurile de reabilitare ecologică luate până în prezent de autorități cu scopul de a atenua efectele activităților de după închiderea minei nu au reușit să prevină poluarea apelor din zonă; simpla construire a digurilor ori îngrădirea poluanților în gropi de steril și bazine de decantare nu au rezolvat sarcina.

PARTEA a II-a. Rezultate originale

Capitolul III

Metoda de cercetare

III.1. Calitatea aerului în aglomerarea Iași

S-a efectuat un studiu de caz privind calitatea aerului în aglomerarea Iași cu ajutorul *Agenției pentru Protecția Mediului Iași* și a platformei sale online care difuzează zilnic emisiile poluanților majori din cadrul stațiilor de monitorizare amplasate în diverse zone strategice. În aglomerarea Iași există șase stații de monitorizare a poluanților, dispuse atât în perimetrul orașului, cât și în zone rurale alăturate din județ astfel: Stația IS-1: Bulevardul N. Iorga, Podu de piatră; Stația IS-2: Aleea Decebal, nr. 10, zona Decebal – Cantemir; Stația IS-3: Str. Han Tătar, nr. 14, zona Oancea – Tătărăși; Stația IS-4: sat Aroneanu, comuna Aroneanu (fostă zonă Copou – Sadoveanu); Stația IS-5: Str. M. Codreanu, Tomești; Stația IS-6: sat Bosia, comuna Ungheni.

Studiul evaluării calității aerului în aglomerarea Iași a avut în vedere următoarele aspecte:

- i. Colectarea zilnică a datelor (emisiilor orare ale poluanților de interes) timp de un an, în perioada octombrie 2015 – octombrie 2016;
- ii. Evidențierea evoluției emisiilor poluanților în funcție de: ziua săptămânii, luna și sezonul – date raportate întotdeauna la limitele legale;
- iii. Efectuarea de comparații cu date din anii trecuți puse la dispoziție de Agenție;
- iv. Evidențierea gradului de depășire a nivelului permis de poluare în zona Iași, a eventualelor praguri de alertă existente, prezentarea celor mai periculoși poluanți din aglomerarea Iași, precum și a perioadelor din an cu emisii crescute. Studiul a luat în considerare emisiile următorilor poluanți ai aerului: particulele în suspensie (PM₁₀), oxizii de azot (NO_x), dioxidul de azot (NO₂), monoxidul de azot (NO), dioxidul de sulf (SO₂), benzenul (C₆H₆), ozonul (O₃) și monoxidul de carbon (CO).

Evaluarea s-a realizat în funcție de valorile limită pentru protecția sănătății umane, impuse de Legea 104/2011, lege supusă Directivei 2001/81/EC, și în funcție de pragurile de alertă.

Tabel III.2. Concentrația maximă admisă pentru poluanții majori

Poluant	Concentrația	Perioada de mediere
Particule fine (PM _{2.5})	25 µg/m ³	1 an
Dioxid de sulf (SO ₂)	350 µg/m ³	1 oră
Particule în suspensie (PM ₁₀)	50 µg/m ³	1 oră
Monoxid de carbon (CO)	10 mg/m ³	Valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore
Benzen (C ₆ H ₆)	5 µg/m ³	1 an
Ozon (O ₃)	120 µg/m ³	Valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore
Dioxid de azot (NO ₂)	200 µg/m ³	1 oră

Tabel III.3. Pragurile de alertă stabilite pentru NO_x, SO₂ și O₃

Poluant	Prag de alertă
NO _x	400 µg/m ³
SO ₂	500 µg/m ³
O ₃	240 µg/m ³

III.3. Efectele poluării asupra organismului uman. Relația dintre metale grele, diabet și peptida amilină

III.3.1. Simularea dinamicii moleculare (MD)

Cu ajutorul unui calculator puternic și a unui program adecvat se poate realiza modelarea moleculară, și anume obținerea unei imagini tridimensionale a moleculelor, precum și calculul unor parametri: unghiurile de valență, distanțele dintre atomi, energiile de legătură etc. În această teză de doctorat a fost investigat rolul legăturii disulfidice în agregarea amilinei. Tehnica de modelare moleculară și simulare a dinamicii moleculelor de amilină (în prezența și în absența legăturii disulfidice, -S-S-) a permis înțelegerea modului în care această peptidă poate agrega sub influența factorilor chimici nocivi. Așadar, experimentul s-a realizat prin metoda simulării dinamicii moleculare (MD). S-a lucrat cu cei patru monomeri cunoscuți și diferiți ai amilinei (prezențați în figura III.1), care au fost asamblați sub formă octamerică întrucât doar oligomerii sunt implicați în fenomenul de agregare. Unul dintre obiectivele acestui

studiu, a vizat efectul înlăturării legăturii disulfidice din oligomerii amilinei, pentru a înțelege cum afectează aceste punți morfologia amilinei, și cum influențează schimbările conformaționale și populațiile diversilor oligomeri construiți. Există patru peptide amilice a căror structură tridimensională este descrisă în literatura de specialitate:

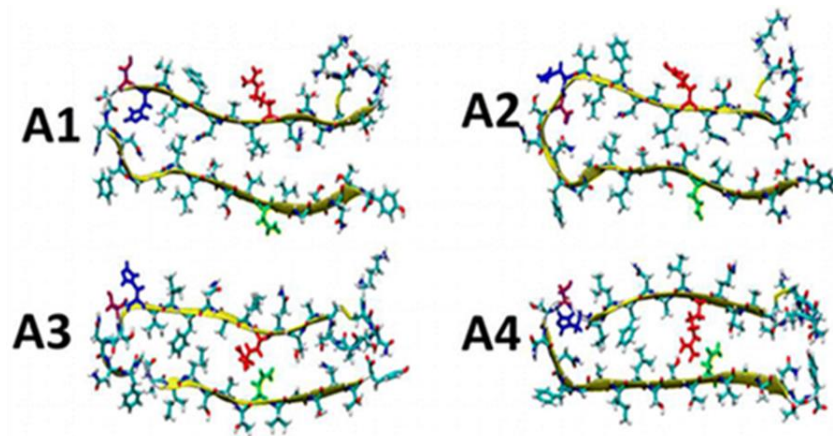


Figura III.1. Structurile inițiale ale celor patru amiline raportate în literatura de specialitate

S-a lucrat cu modele de oligomeri ai amilinei utilizate de către Wineman-Fisher *et al.* în studiul anterior, și anume M1, M2, M5 și M6, dar notate în acest studiu M1, M2, M3 și M4. În primă instanță s-a înlăturat legătura disulfidică dintre Cys² și Cys⁷ din amilină (secvența de aminoacizi fiind prezentată mai jos în figura III.2.) în fiecare monomer pentru fiecare model oligomeric și s-au construit apoi 8 noi modele de oligomeri: D1–D4 și E1–E4 (prezentate în figurile III.3. și III.4. de mai jos).

1 5 10 15 20 25 30 35
KCNTATCATQRLANFLVHSSNFGAILSSTNVGSNTY

Figura III.2. Structura primară a amilinei

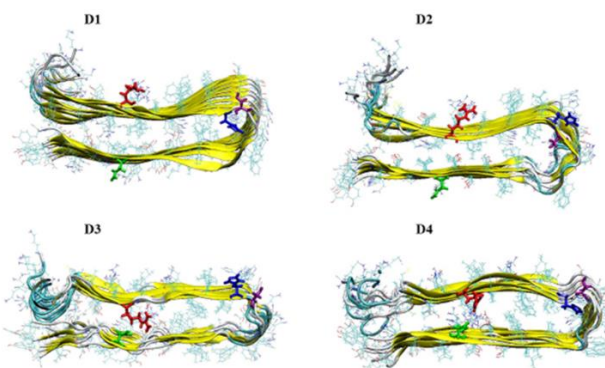


Figura III.3. Modele D1-D4 construite inițial, după desfacerea legăturilor disulfidice

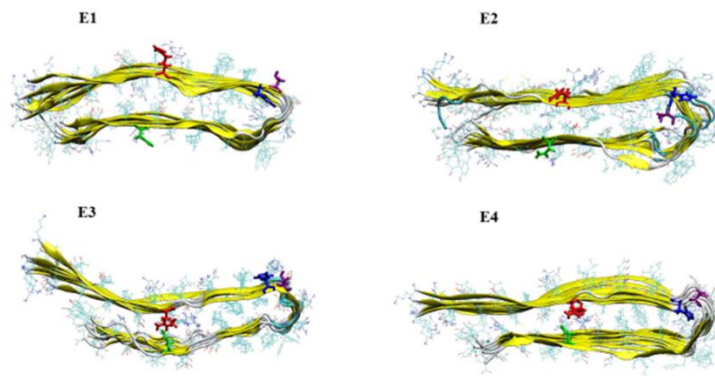


Figura III.4. Modele E1-E4 construite inițial, după înlăturarea legăturilor disulfidice și întinderea capătului N-terminal

CAPITOLUL IV

Studii de caz privind poluarea mediului înconjurător

IV.1. Calitatea aerului în aglomerarea Iași

În cadrul acestei teze de doctorat am efectuat un studiu de caz ce vizează calitatea aerului în aglomerarea Iași. În urma colectării datelor privind emisiile poluanților majori din zonă timp de un an de zile (octombrie 2015 – octombrie 2016), am putut concluziona care sunt poluanții ce prezintă pericol, când aceștia prezintă pericol și de ce aceștia sunt cei mai problematici în orașul Iași. S-a realizat evoluția emisiilor în funcție de oră, zi a săptămânii, lună, an.

IV.1.14. Evaluarea anuală a rezultatelor monitorizării

1. PM₁₀

a) Se evidențiază evoluția lunară a emisiilor în perioada octombrie 2015-octombrie 2016 (figura IV.32.). Se observă că zona Podu de Piatră este cel mai poluată, cu cele mai mari emisii înregistrate în **noiembrie** 2015. Se calculează media anuală pentru cele două stații, comparându-se cu valoarea limită anuală. Se observă că în zona Podu de Piatră și zona Oancea-Tătărași, mediile anuale depășesc media anuală permisă (Tabel IV.1).

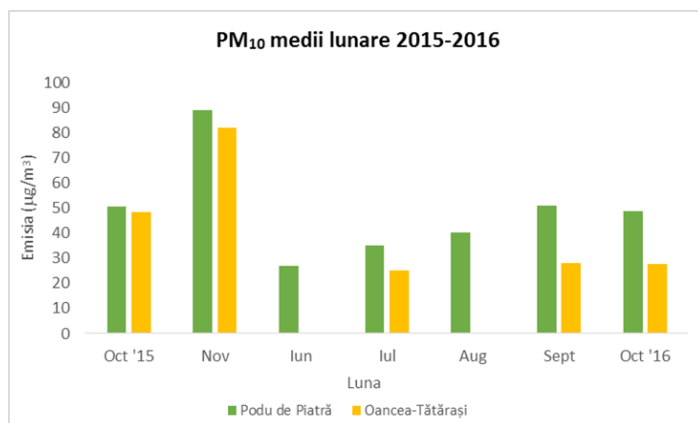


Figura IV.32. Medii lunare ale PM₁₀ în perioada octombrie 2015 - octombrie 2016

Tabel IV.1. Mediile anuale pentru PM₁₀ în anul 2015-2016

PM ₁₀	Media anuală (µg/m³)	Valoarea limită anuală (µg/m³)
Podu de Piatră	49.1408	40
Oancea-Tătărași	42.6233	40

2. NO_x

Se evidențiază evoluția lunară a emisiilor în perioada octombrie 2015-octombrie 2016 (figura IV.33.). Se observă că zona Podu de Piatră este cel mai poluată, cu cele mai mari emisii înregistrate în **noiembrie** 2015. Se calculează media anuală pentru cele cinci stații, comparându-se cu valoarea limită anuală. Se observă că în zona Podu de Piatră și zona Decebal-Cantemir, mediile anuale depășesc media permisă (Tabel IV.2).

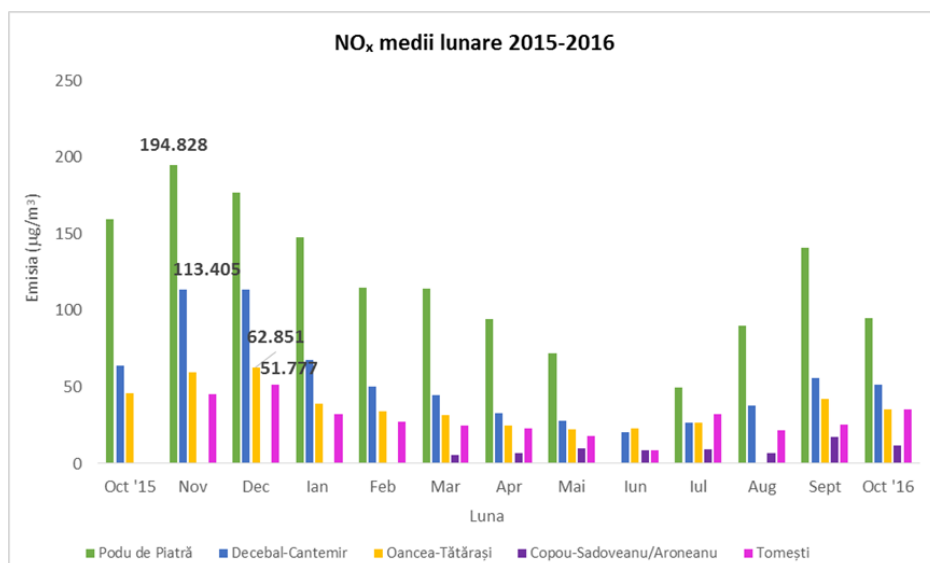


Figura IV.33. Medii lunare ale NO_x în perioada octombrie 2015 - octombrie 2016

Tabel IV.2. Mediile anuale pentru NO_x în anul 2015-2016

NO _x	Media anuală (μg/m ³)	Valoarea limită anuală (μg/m ³)
Podu de Piatră	121.1293	40
Decebal-Cantemir	54.6617	40
Oancea-Tătărași	37.3948	40
Copou-Sadoveanu/Aroneanu	9.5239	40
Tomești	28.8871	40

3. O₃

Se evidențiază evoluția lunară a emisiilor în perioada octombrie 2015-octombrie 2016 (figura IV.38.). Se observă că zona Copou/Aroneanu este cel mai poluată, cu cele mai mari emisii înregistrate în **iunie** 2016. Se calculează mediile anuale pentru cele trei stații, nefiind reglementată nici o valoare limită anuală în acest caz.

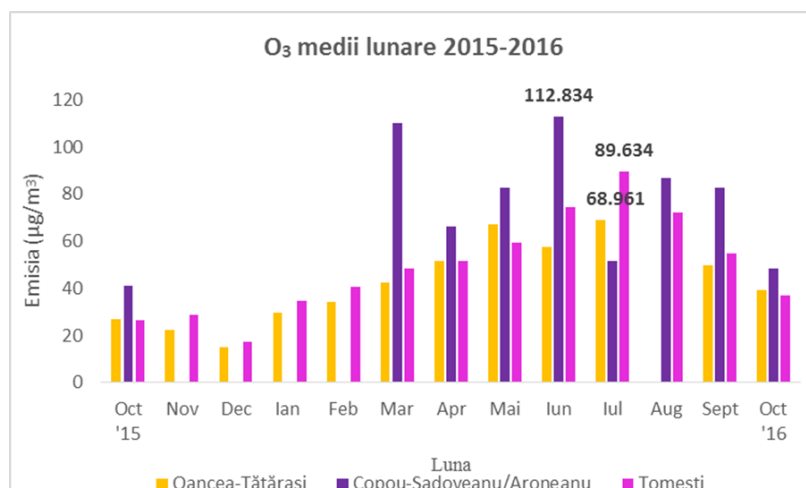


Figura IV.38. Medii lunare ale O₃ în perioada octombrie 2015 - octombrie 2016

Tabel IV.7. Mediile anuale pentru O₃ în anul 2015-2016

O ₃	Oancea-Tătărași	Copou/Aroneanu	Tomești
Media anuală	41.9933	76.1004	48.8405

CAPITOLUL V

Contaminarea cu metale grele. Relația cu diverse afecțiuni

V.1. Contaminarea cu metale grele în zona Tarnița

V.1.1. Conținutul de metale grele din probele colectate

În cadrul cercetărilor din prezenta teză de doctorat, s-a realizat un studiu al efectelor metalelor grele din zona poluată de la fosta mină Leșu Ursului, uzina Tarnița, situată pe teritoriul administrativ al localităților Ostra, Crucea și Broșteni, județul Suceava. În urma testelor privind gradul de poluare al apelor și solului din acea zonă, se dorește identificarea cazurilor de depășire a limitelor legale și stabilirea unor modalități eficiente de remediere. Studiul a constat în prelevarea probelor de apă, de sol și de material steril din vecinătatea minei abandonate de la Tarnița.



Figura V.1. Halda de steril, Tarnița

Așadar, în halda de steril (L1), concentrațiile metalelor grele și ai alor toxici au scăzut în următoarea ordine:

Fe > Cu > Pb > As > Zn > Al > Ba > Ni > Mn > Cd > Cr

În solul din vecinătatea haldei de steril (L2), concentrațiile metalelor grele și ai alor toxici au scăzut în următoarea ordine:

Fe > Al > Mn > Ba > Zn > Cu > Pb > As > Ni > Cr > Cd

În solul nisipos (L3), concentrațiile metalelor grele și ai alor toxici au scăzut în următoarea ordine:

Fe > Cu > Zn > As > Pb > Mn > Ni > Cd > Cr

V.1.2. Limitele standard ale metalelor grele în sol

Tabel V.2. Concentrațiile medii ale metalelor grele în L1, L2 și L3 în comparație cu limitele standard în sol (mg/kg)

Metale grele	L1	L2	L3	EU	UK	SUA
Cu	3119	334	802	100	70	270
Pb	2672	137	270	300	45	200
Fe	357869	493500	164958	-	-	-
Ni	<0,9	29	9	75	25	72
Ba	14	537	-	-	-	-
Mn	<0,5	661	215	-	-	-
Zn	432	421	499	300	200	1100
Cr(total)	<0,5	20	<0,5	100	70	11
As	676	96	310	10	43	0.11
Al	173	8948		-	-	-
Cd	<0.7	<0.7	<0.7	1	0,7	0,48

V.2. Relația dintre metale grele, diabet și peptida amilină

V.2.1. Specii reactive de oxigen, glutatationul și starea de sănătate

Răspunsul principal al plantelor, dar și a oricărei celule vii, la stresul provocat de metalele grele este generarea speciilor reactive de oxigen (ROS). GSH este o piesă importantă în procesul de detoxifiere al organismului de poluanți toxici, metale grele și chimicale. El este produs de orice celulă a organismului și este principalul agent antioxidant și de detoxifiere. Diversele funcții ale GSH sunt influențate de gruparea -S-S- în cisteină. Printre beneficiile cisteinei se numără faptul că cisteina ajută la detoxifierea organismului de metale grele și faptul că protejează celulele de radicalii liberi.

Oxidarea proteinelor, care reprezintă o modificare covalentă a proteinei, indusă de specii reactive de oxigen ori de produși ai stresului oxidativ, s-a dovedit a fi implicată în multe boli (diabet, Alzheimer, Parkinson etc.) și în îmbătrânire. Consecințele biochimice ale oxidării proteinelor sunt importante, cum ar fi: pierderea funcțiilor proteinei, absorbție celulară anormală, imunogenicitate crescută, și cel mai important, agregarea proteinei. Glutathionul scade

odată cu vârsta, cu starea de boală sau intoxicarea cu diverse substanțe (inclusiv arsen și metale grele). Astfel, GSH reduce grupările disulfidice ale enzimelor și a altor proteine cu rol funcțional la grupări -SH libere, activând diverse procese biologice vitale. Acesta poate reduce, de pildă grupările -S-S- din amilină, împiedicând agregarea acesteia.

V.2.2. Amilina, rolul său în corp și relația cu metalele grele

Beneficiind de o bursă Erasmus Mundus – Eden la Universitatea Ben-Gurion din Negev, Beerseha, Israel, am avut posibilitatea să investigăm o peptidă cu rol biologic deosebit, prin metoda simulării dinamicii moleculare (MD). În studiul efectuat, am evidențiat rolul legăturii disulfidice în structura, stabilitatea, oligomerizarea și formarea amiloizilor amilini, precum și posibilul efect al metalelor grele și al condițiilor de mediu asupra aspectelor prezentate. Amilina umană sau IAPP (*polipeptidul insular amiloid*), identificată în anul 1987, este un hormon polipeptidic compus din 37 de aminoacizi, exprimat de o genă localizată pe cromozomul 12.1. Amilina este co-sintetizată, co-secretată și co-depozitată odată cu insulina în celulele β pancreatice. Amilina este asociată cu moartea celulelor β în cadrul dezvoltării bolii diabet zaharat de tip 2. S-a demonstrat de asemenea că speciile reactive de oxigen (ROS) promovează disfuncția celulelor insulare pancreatice. Fibrilele de amilină au fost identificate la aproape toți bolnavii de diabet.



Figura V.5. Structura primară a peptidei amilină

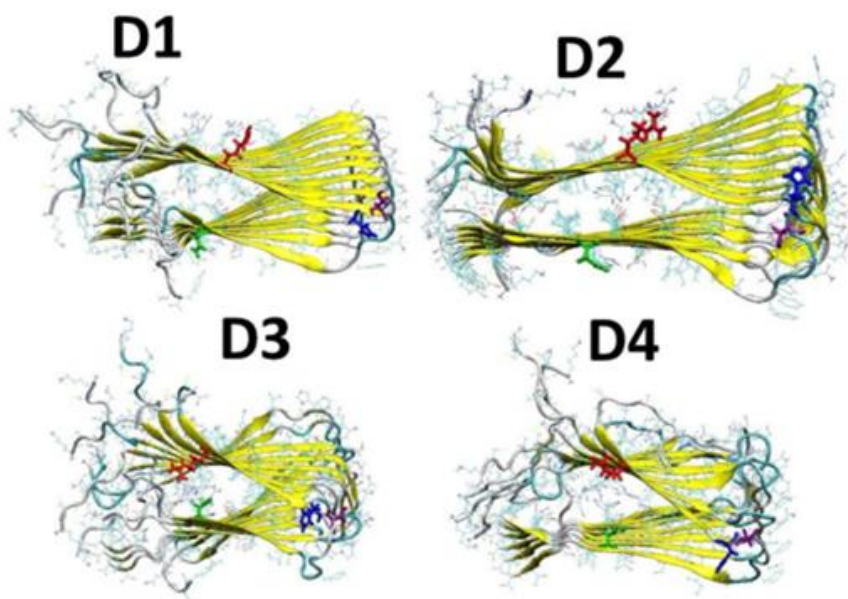


Figura V.8. Modelele simulate D1-D4 ale oligomerilor de amilină după înlăturarea legăturilor disulfidice Cys2-Cys7

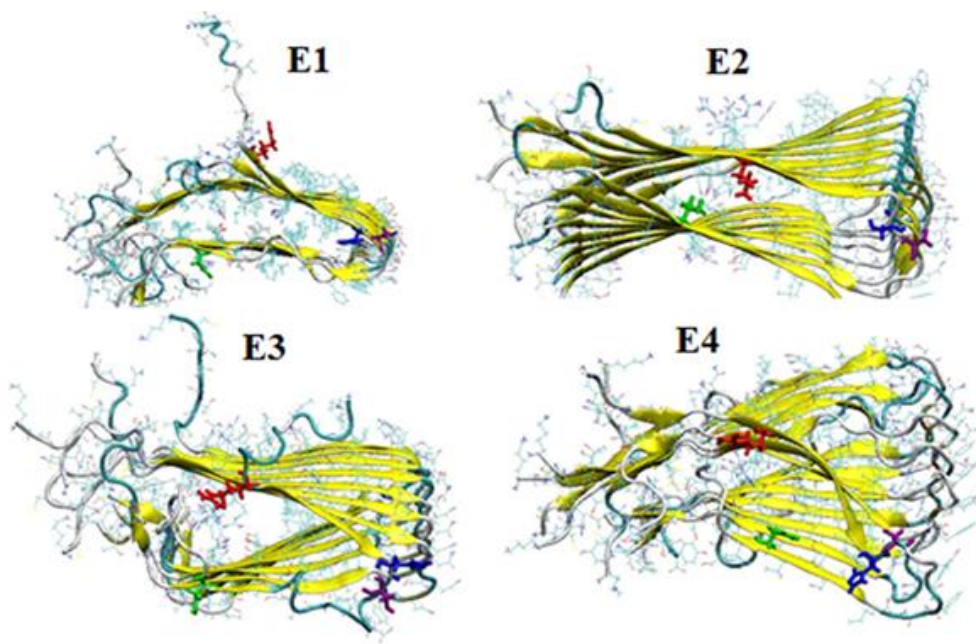


Figura V.9. Modelele simulate E1-E4 ale oligomerilor de amilină după înlăturarea legăturilor disulfidice Cys2-Cys7

V.2.2.3. Rezultatele analizelor efectuate

V.2.2.3.1. Analiza GBMV

Cu ajutorul acestei analize, s-au comparat energiile conformaționale relative și populațiile între toți cei patru oligomeri D1-D4, toți cei patru oligomeri E1-E4 și oligomerii amilinei native M1-M4 (rezultate în Tabel V.3. și Figura V.11). S-a putut observa faptul că, în timp ce în cazul oligomerilor amilinei native există două stări polimorfice preferate (modelele M1 și M2), în cazul oligomerilor cărora li s-a înlăturat legătura disulfidică există un singur model preferat: modelul D2/E2, care corespunde modelului M2. Așadar, s-a propus ideea conform căreia înlăturarea legăturii disulfidice conduce la o ușoară descreștere a polimorfismului în oligomerii de amilină.

Tabel V.4. Energiile conformaționale (calculare GBMV) și populațiile modelelor studiate

Modelul	Energia (kcal/mol)	Populațiile (%)
M1	-6921(149)	34.97
M2	-6908(147)	34.10
M3	-6668(151)	15.44
M4	-6668(151)	15.47
D1	-6892(149)	27.13
D2	-6959(139)	36.52
D3	-6704(156)	21.53
D4	-6925(159)	14.80
E1	-6841(143)	27.13
E2	-6956(156)	36.52
E3	-6776(143)	21.54
E4	-6690(157)	14.79

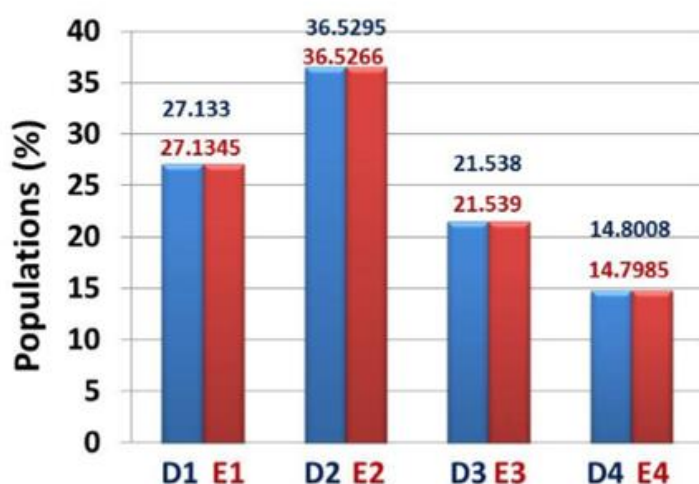


Figura V.10. Populațiile modelelor simulate D1-D4 și E1-E4 ale oligomerilor amilinei

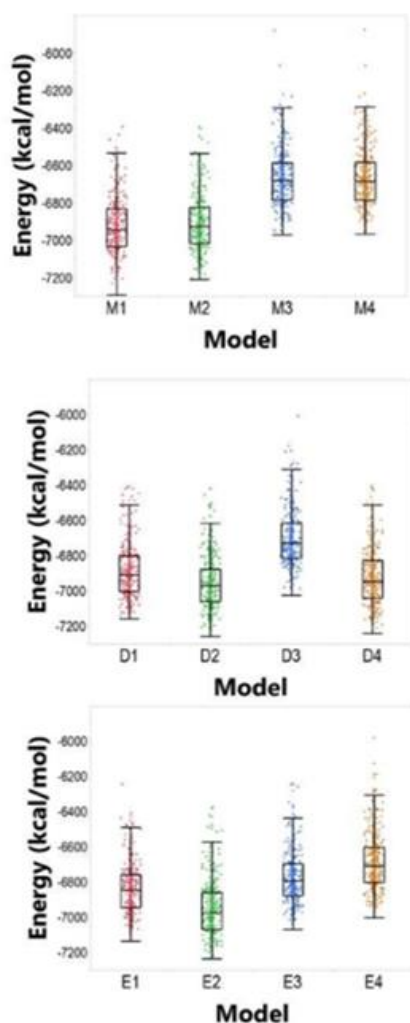


Figura V.11. Distribuția valorilor energiilor conformaționale ale modelelor simulate M1-M4, D1-D4 și E1-E4 ale oligomerilor amilinei, obținute din calcule GBMV

V.2.2.3.2. Analiza structurii secundare

Există un mare interes legat de investigarea efectului înlăturării legăturii disulfidice în amilină asupra caracteristicilor structurale ale oligomerilor acestei peptide, întrucât acest lucru ar oferi o viziune mai clară asupra problemei agregării amilinei. Studii anterioare au arătat faptul că înlăturarea legăturii disulfidice în monomerii de amilină promovează formarea fibrilelor de-a lungul secvenței de amilină. Studiile acestea, însă, s-au limitat la monomerii de amilină și nu s-au focusat pe oligomeri, aceștia din urmă fiind cunoscuți a fi de fapt speciile toxice.

În acest studiu am examinat efectul înlăturării legăturii disulfidice asupra trăsăturilor structurale ale oligomerilor de amilină. După înlăturare, regiunile N-terminal sunt libere,

flexibile și nu conțin structuri de tip helix. Cercetarea noastră a sugerat faptul că înlăturarea legăturii disulfidice promovează alungirea structurii fibrilice (β -strand) care este localizată în secvența ⁸Ala–His¹⁸, și poate astfel induce formarea unei structurii stabile β -încrucișat care este asociată cu agregarea amilinei.

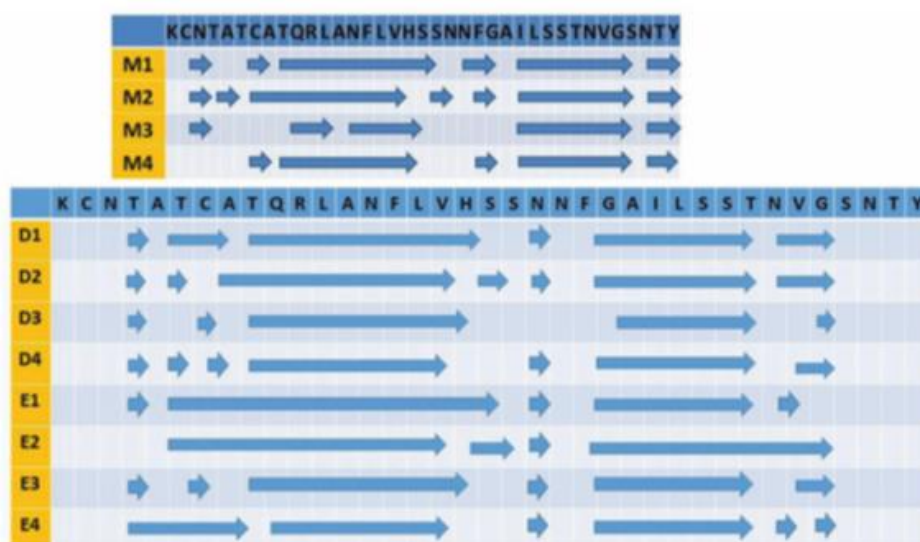


Figura V.12. Structura secundară a modelelor simulate ale oligomerilor amilinei native (M1-M4) și ale modelelor construite după desfacerea legăturii disulfidice (D1-D4 și E1-E4).

V.2.2.3.3. Analiza RMSF

În scopul investigării stabilității modelelor studiate, s-a monitorizat deviația medie pătrată (eng. *root mean standard deviation*, *RMSD*) și fluctuația medie pătrată (eng. *root mean standard fluctuation*, *RMSF*). Din figura V.13. se poate observa o fluctuație semnificativă în regiunea N-terminală în special. Cu toate acestea, se poate observă că regiunea N-terminală (Lys¹-Asn³) în modelele D1-D4 și E1-E4 prezintă mai multe fluctuații comparativ cu aceiași aminoacizi din modelele M1-M4. Dar aceste fluctuații le compensează pe acelea mai mici din regiunea β -întors (turn) a modelelor D1-D4 și E1-E4.

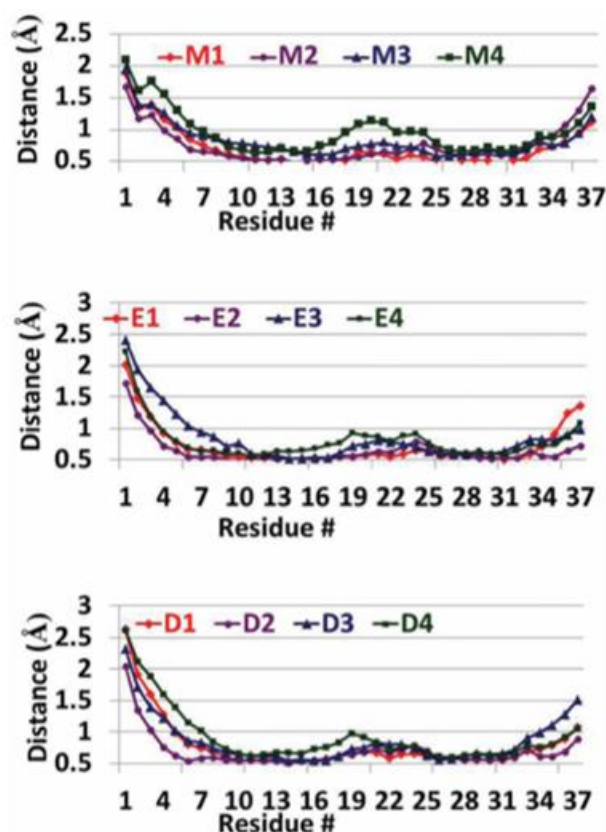


Figura V.13. RMSF pentru modelele simulate ale oligomerilor amilinei native (M1-M4) și ale modelelor construite după înlăturarea legăturii disulfidice (D1-D4 și E1-E4)

V.2.2.3.4. Analiza RMSD

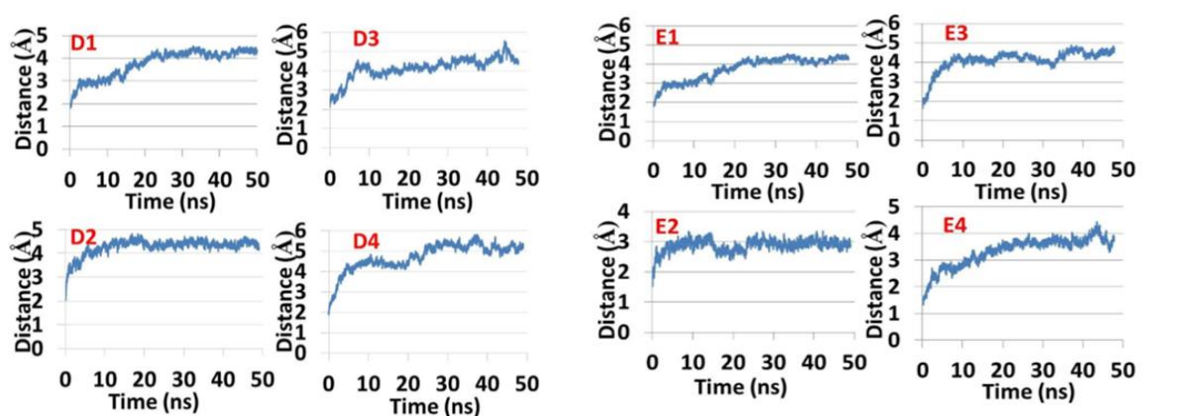


Figura V.14 & V.15.. Analiza RMSD pentru modelele D1-D4 și E1-E4

Analiza RMSD (Figura V.14. și Figura V.15.) arată că toți oligomerii amilinei native și toate modelele studiate aici prezintă valori similare. Așadar, toate modelele au structuri relativ

stabile, indicând că acestea s-au concentrat în timpul simulărilor de 50 ns. În timp ce în oligomerii amilinei native (în special modelul M4), domeniul β -întors (turn) fluctuează mai mult, în modelele D1-D4 și E1-E4, fluctuațiile din acest domeniul sunt mai mici. Din acest motiv, s-a sugerat faptul că înlăturarea legăturii disulfidice în oligomerii de amilină stabilizează domeniul β -întors (turn) și astfel poate induce agregarea amilinei.

V.3. Relația dintre metale grele, boala Alzheimer și aspirina NOSH

În cazul bolii Alzheimer, precum și în cazul diabetului de tip 2, mecanismele de agregare și formarea a plăcilor nu sunt încă pe deplin înțelese la momentul actual. Se cunoaște rolul metalelor grele în evoluția bolii Alzheimer, unde ionii de cupru, zinc, fier și aluminiu joacă un rol important. De asemenea, deoarece aspirina este un anti-inflamator ce poate fi folosit în boala Alzheimer, iar glutatyonul conține grupări -SH ce captează ionii metalelor grele din corp, în această teză am investigat din punct de vedere teoretic folosirea unui nou tip de aspirină, aspirina NOSH, ca potențial medicament împotriva intoxicațiilor cu metale grele din mediul înconjurător. Având în vedere faptul că grupările NO- și -SH ar putea atenua simptomele neurodegenerative, dar și cele ale intoxicației cu metale grele, aspirina NOSH a fost considerată a fi un potențial medicament în prevenția și tratarea bolii Alzheimer. Acțiunea aspirinei NOSH asupra efectului metalelor grele este indirectă, fiind anti-inflamatoare și nu neapărat protectoare.

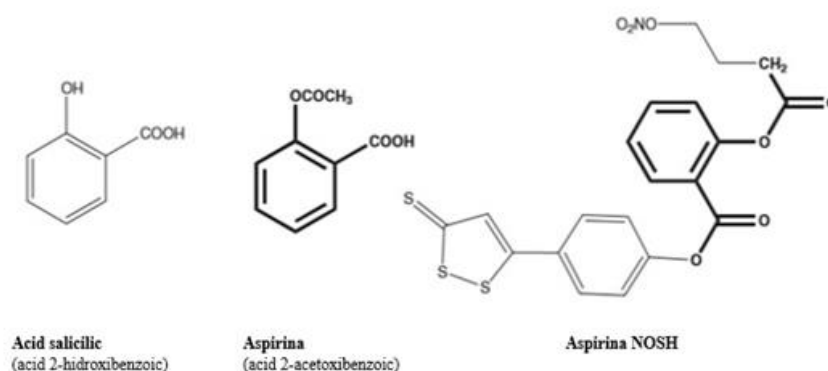


Figura V.21. Formula chimică a aspirinei NOSH

Concluzii generale

Teza de doctorat intitulată „Poluanți majori ai mediului: soluții comune în științele vieții, științele sociale și cele tehnice” este structurată în două părți distincte, o parte a studiului de literatură și una a contribuțiilor personale. Lucrarea însumează 169 pagini. Cele cinci capitole însumează 127 pagini și conțin 69 de figuri, 19 tabele și 141 de indici bibliografici. Anexele lucrării conțin lucrările științifice publicate în reviste cu factor de impact, însumând 42 pagini.

Concluziile generale ale studiilor și ale prezentei tezei de doctorat sunt următoarele:

- Capitolul I realizează o introducere în tema abordată, expunând de asemenea motivația care a stat la baza începerii acestor studii.

- S-a realizat abordarea interdisciplinară ale unor aspecte legate de mediul înconjurător, îmbinând științele sociale (juridica) cu cele tehnice (chimia), precum indică chiar titlul tezei.

- Capitolul II prezintă cadrul legal în combaterea poluării mediului înconjurător.

- S-au pus în evidență instrumentele cheie din domeniul legal ce urmăresc combaterea poluării mediului înconjurător, fiind prezentate cele mai importante acte legislative și instituții din România și din cadrul Uniunii Europene.

- În contextul poluării mediului, s-a adus la cunoștință existența dreptului la un mediu sănătos, care deși necodificat, face parte din jurisprudența Curții Europene a Drepturilor Omului din anul 1994. S-au prezentat spețele cele mai importante care garantează cetățeanului european apărarea acestui drept în fața Curții de la Strasbourg.

- În acest domeniu legal, va exista întotdeauna o discrepanță între teorie și practică, între eficiența textului și eficiența aplicabilității.

- Cadrul legal este avut în vedere pe tot parcursul tezei.

- Capitolul IV cuprinde un studiu de caz vizând calitatea aerului în aglomerarea Iași.

- S-a realizat acest studiu de caz în decursul perioadei octombrie 2015 – octombrie 2016. Concluzia generală a studiului este aceea că există zone foarte poluate în orașul Iași, deși nu pe tot parcursul anului. Zona Podu de Piatră fiind cea mai afectată, urmată de zona Decebal-

Cantemir. Acestea sunt zone centrale, iar poluarea accentuată este pusă în principal pe seama traficului.

➤ Orașul Iași este amenințat în special de poluarea cu particule în suspensie (PM₁₀). Uniunea Europeană permite un număr de 35 de depășiri medii zilnice în ceea ce privește PM₁₀, număr cu mult depășit, ceea ce teoretic atrage sancțiuni din partea Uniunii. Răspunderea juridică aparține autorității publice centrale.

➤ Oxizii de azot (NO_x) reprezintă următorul poluant problematic în orașul Iași.

➤ Emisiile de ozon (O₃) depășesc valoarea limită în zona rurală (Copou-Sadoveanu/Aroneanu), nu și în cartierele centrale din oraș.

➤ În luna noiembrie 2015 s-au înregistrat cele mai mari emisii ale poluanților problematici (PM₁₀, NO_x). Începând cu luna martie, emisiile scad însă mult. Se poate concluziona că toamna este anotimpul cel mai poluat. Toamna și primăvara emisiile sunt în general mai mari din cauza calmului atmosferic, inversiunilor termice, lipsei vegetației, traficului rutier greu, nisipului utilizat pe carosabil, curățării necorespunzătoare a străzilor etc.

- Capitolul V cuprinde un studiu referitor la toxicitatea zonei contaminate cu metale grele și arsen de la Tarnița, Suceava. Ulterior, se evidențiază relația dintre metale grele și boala diabet de tip 2 și boala Alzheimer.

➤ S-a investigat zona poluată cu metale grele și arsen din zona Tarnița, în jurul minei de barită, închisă în prezent. S-a constatat prezența unor metale grele, aluminiu și arsen ce depășesc cu mult limitele legale. Fierul în stările de oxidare 2+ și 3+ a fost depistat ca fiind metalul cu cea mai mare concentrație în zona Tarnița, județul Suceava. Mai mult decât atât, Fe se află în concentrații mai mari în vecinătatea haldei decât în zona efectiv contaminată.

➤ Un alt studiu a avut drept scop demonstrarea rolului legăturii disulfidice în agregarea unei peptide asociate cu boala diabet de tip 2 – amilina, în literatură fiind doar teoretizat faptul că prezența legăturii disulfidice în amilină inhibă tendința de agregare a peptidei. Astfel, s-a lucrat cu 8 oligomeri de amilină (D1-D4 și E1-E4), a căror legătură disulfidică a fost desfăcută, rezultatele s-au comparat cu cele ale oligomerilor de amilină nativă (M1-M4 din studii anterioare). În acest scop s-a utilizat metoda simulării dinamicii moleculare (MD).

➤ Analiza structurii secundare a sugerat faptul că înlăturarea legăturii disulfidice promovează alungirea structurii fibrilare, și poate astfel induce formarea unei structurii stabile β-încrucișat care este asociată cu agregarea amilinei.

➤ Înlăturarea legăturii disulfidice scade polimorfismul la oligomerii de amilină nativă.

➤ Studiul efectului desfacerii legăturii disulfidice prezintă importanță biologică. Elucidarea efectului potențial al înlăturării legăturii disulfidice poate avea ca finalitate crearea unui medicament ce ar putea împiedica agregarea amilinei în corp, fenomen observat la aproape toți pacienții cu boala diabet de tip 2.

➤ Severitatea sau riscul bolii Alzheimer pot fi reduse de către agenți antioxidanți și anti-inflamatori. S-a discutat în această teză fezabilitatea utilizării unor noi derivați ai aspirinei împotriva proprietăților patologice a AD. Aspirina NOSH a fost considerată a fi un potențial medicament în prevenția și tratarea bolilor neurodegenerative, cu multiple indicații terapeutice: reducerea zonele inflamatoare din creier, înlăturarea metalelor grele din plăci și creșterea nivelului de oxigen din neuroni.

Bibliografie selectivă

- [13] Seo, S., Kim, D., Min., S., Paul, C., Yoo, Y., Choung, J. T. GIS-based Association Between PM₁₀ and Allergic Diseases in Seoul: Implications for Health and Environmental Policy. *Allergy, asthma & immunology research*. 8(1): 32-40. **2016**.
- [14] EEA, 2012, Particulate matter from natural sources and related reporting under the EU Air Quality Directive in 2008 and 2009, EEA Technical report No 10/2012, European Environment Agency.
- [20] Peel, J.L., Haeuber, R., Garcia, V., Russell, A.G., Neas, L. Impact of nitrogen and climate change interactions on ambient air pollution and human health. *Biogeochemistry*. 114(1): 121-134. **2013**.
- [21] Alastair, C.L., Carslaw, C.D., Kelly, F.J. Vehicle emissions: Diesel pollution long under-reported. *Nature*. 526(7572): 195. **2015**.
- [22] Liu, S. C., Trainer, M., Fehsenfeld, F. C., Parrish, D. D., Williams, E. J., Fahey, D. W., Hübler, G., Murphy, P. C. Ozone production in the rural troposphere and the implications for regional and global ozone distributions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 92(D4): 4191–4207. **1987**.
- [23] Kossoff, D., Dubbin, W.E., Alfredsson, M., Edwards, S.J., Macklin, M.G., Hudson-Edwards, K.A. Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Applied Geochemistry*. 51: 229–245. **2014**.
- [24] Kraft, C., von Tumpling, W., Zachmann, D. W. The effects of mining in Northern Romania on the heavy metal distribution in sediments of the rivers Szamos and Tisza (Hungary). *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 34: 257-264. **2006**.
- [25] Tudorachi, L. Environmental Forensics: Linking Chemistry to Law. *Environmental Forensics*. 15(3): 213-218. **2014**.
- [28] Järup, L. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*. 68: 167-182. **2003**.
- [31] Wang, J., Chen, C. Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology Advances*. 27: 195-226. **2009**.

- [38] Surleva, A., Zaharia, M., Pintilie, O., Sandu, I., Tudorachi, L., Gradinaru, R. Improved ninhydrin-based reagent for spectrophotometric determination of ppb levels of cyanide. *Environmental Forensics*. 17(1): 48-58. **2016**.
- [40] ATSDR. *Toxicological Profile for Dinitrophenols*. Atlanta, GA: Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services. **1995**.
- [45] Johnson, C.A. The fate of cyanide in leach wastes at gold mines: An environmental perspective. *Applied Geochemistry*. 57: 194–205. **2015**.
- [46] Boadi, N.O., Twumasi, S.K., Ephraim, J.H. Impact of Cyanide Utilization in Mining on the Environment. *International journal of environmental research*. 3(1): 101-108. **2009**.
- [47] Drochioiu, G., Mangalagiu, I., Tataru, V. Specific spectrophotometric determination of hydrocyanic acid in the environment. *Analyst*. 125: 939-941. **2000**.
- [58] Zaharia, M., Tudorachi, L., Pintilie, O., Drochioi, C., Gradinaru, R., Murariu, M. Banned dinitrophenols still trigger both legal and forensic issues. *Environmental Forensics*. 17(1): 120-130. **2016**.
- [62] Borghesi, S. Water tradable permits: a review of theoretical and case studies. *Journal of Environmental Planning and Management*. 57(9): 1305-1332. **2014**.
- [65] Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 21 mai 2008 privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa, publicată în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene (JOUE) nr. L 152 din 11 iunie 2008.
- [76] Drochioiu, G., Surleva, A., Ilieva, D., Tudorachi, L., Necula, R. *Heavy metal toxicity around a close barite mine in Tarnita-Romania*, 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2016, Conference proceedings Volume II, pp. 525-532, 30 June-6 July, Albena, Bulgaria. **2016**.
- [84] Meyer, A.J., Hell, R. Glutathione homeostasis and redox-regulation by sulfhydryl groups. *Photosynth. Res*. 86: 435–457. **2005**.
- [94] Stefani, M., Dobson, C.M. Protein aggregation and aggregate toxicity: new insights into protein folding, misfolding diseases and biological evolution. *J Mol Med*. 81(11): 678-99. **2003**.
- [95] Wineman-Fisher, V., Tudorachi, L., Nissim, E., Miller, Y. The removals of disulfide bonds in amylin oligomers lead to the conformational change of the 'native' amylin oligomers. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 18: 12438 – 12442. **2016**.

- [96] Westermark, P., Wilander, E., Westermark, G.T, Johnson, K.H. Islet amyloid polypeptide-like immunoreactivity in the islet B cells of type 2 (non-insulin-dependent) diabetic and non-diabetic individuals. *Diabetologia*. 30: 887–892. **1987**.
- [99] Li, Y., Yan, J., Zhang, X., Huang, K. Disulfide bonds in amyloidogenesis diseases related proteins. *Proteins*. 81: 1862–1873. **2013**.
- [103] Mossuto, M.F., Bolognesi, B., Guixer, B., Dhulesia, A., Agostini, F., Kumita, J.R., Tartaglia, G.G., Dumoulin, M., Dobson, C.M., Salvatella, X. Disulfide bonds reduce the toxicity of the amyloid fibrils formed by an extracellular protein. *Angew Chem Int Ed Engl*. 50: 7048–7051. **2011**.
- [138] Drochioiu, G., Tudorachi, L., Murariu, M. NOSH Aspirin May Have a Protective Role in Alzheimer's Disease. *Medical Hypotheses*. 84(3): 262-267. **2015**.
- [139] Kimura, H. The physiological role of hydrogen sulfide and beyond. *Nitric Oxide*. 41: 4-10. **2014**.

Activitate Științifică și Diseminarea Rezultatelor

Lucrări publicate în reviste cotate ISI

1. Vered Wineman-Fisher, **Lucia Tudorachi**, Einav Nissim, Yifat Miller. The removals of disulfide bonds in amylin oligomers lead to the conformational change of the 'native' amylin oligomers. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 18: 12438 – 12442. 2016.

DOI: 10.1039/C6CP01196A

Impact Factor '16 = **4.449**

2. Marius Zaharia, **Lucia Tudorachi**, Olga Pintilie, Cristian Drochioiu, Robert Grădinaru, Manuela Murariu. Banned dinitrophenols still trigger both legal and forensic issues. *Environmental Forensics*. 17(1): 120-130. 2016.

DOI: 10.1080/15275922.2015.1133735

Impact Factor '16 = **0.687**

3. Andriana Surleva, Marius Zaharia, Olga Pintilie, Ion Sandu, **Lucia Tudorachi**, Robert Grădinaru. Improved ninhydrin-based reagent for spectrophotometric determination of ppb levels of cyanide. *Environmental Forensics*. 17(1): 48-58. 2016.

DOI: 10.1080/15275922.2015.1091404

Impact Factor '16 = **0.687**

4. Gabi Drochioiu, **Lucia Tudorachi**, Manuela Murariu. NOSH Aspirin May Have a Protective Role in Alzheimer's Disease. *Medical Hypotheses*. 84(3): 262-267. 2015.

DOI: 10.1016/j.mehy.2015.01.008

Impact Factor '15: **1.136**

5. **Lucia Tudorachi**. Linking Chemistry to Law in Environmental Forensics. *Environmental Forensics*. 15(3): 213-218. 2014.

DOI: 10.1080/15275922.2014.930938

Impact Factor '14 = **0.687**

Total factor de impact pentru Lucia Tudorachi: $4.449 + (0.687 \times 3) + 1.136 = 7.646$

Lucrări publicate în reviste indexate BDI

1. Olga Pintilie, Marius Zaharia, **Lucia Tudorachi**, Adelina Cosma, Cătălina Ciobanu, Gabi Drochioiu, Ion Sandu, *Sisteme de apărare ale organismului împotriva otrăvirii cu metale grele*, Scientific, Technological and Innovative Research in Current European Context (International Workshop EUROINVENT), Alexandru Ioan Cuza University Publishing House, (ISBN: 978-973-703-891-3), 109-118, 2014.
2. Olga Pintilie, Marius Zaharia, **Lucia Tudorachi**, Sabina Băncilă, Gabi Drochioiu, Ion Sandu, *Emphasizing the Toxicity of Heavy Metal Ions on Plants: Monitoring with an Amino Acids Assay*, The annals of “Dunărea de Jos” University of Galați. Fascicle IX. Metallurgy and Materials Science, ISSN 1453 – 083x, Nr. 1, 51-57, 2014.

Lucrări publicate în volumele conferințelor

1. Gabi Drochioiu, Andriana Surleva, Daria Ilieva, **Lucia Tudorachi**, Radu Necula, *Heavy metal toxicity around a close barite mine in Tarnita-Romania*, 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2016, Conference proceedings Volume II, pp. 525-532, 30 June-6 July, Albena, Bulgaria.

Lucrări prezentate la conferințe și alte manifestări științifice naționale

1. Gabriela Atanasova, **Lucia Tudorachi**, Andriana Surleva, Gabi Drochioiu, Robert Grădinaru. *A multi-component protein-based system for copper determination*. Sesiunea de comunicări științifice a studenților, masteranzilor și doctoranzilor „Chimia – frontiera deschisă spre cunoaștere”, Ediția VII, 24 iunie 2016, Iași, România.
2. **Lucia Tudorachi**, Andriana Surleva, Marius Zaharia, Gabi Drochioiu. *Cyanide determination in environmental samples*. Sesiunea de comunicări științifice a studenților, masteranzilor și doctoranzilor „Chimia – frontiera deschisă spre cunoaștere”, Ediția VI, 26 iunie 2015, Iași, România.

3. **Lucia Tudorachi**, Marius Zaharia, Manuela Murariu, Gabi Drochioiu, *Unexpected optical and biological properties of 2,4-Dinitrophenol: Looking for a realistic mechanism of toxicity*, XXXIII National Chemistry Conference, Călimănești, România, 1-3 octombrie, 2014.
4. Olga Pintilie, Marius Zaharia, **Lucia Tudorachi**, Adelina Cosma, Cătălina Ciobanu, Gabi Drochioiu, Ion Sandu, *Sisteme de apărare ale organismului împotriva otrăvirii cu metale grele*, Scientific, Technological and Innovative Research in Current European Context (International Workshop EUROINVENT), Alexandru Ioan Cuza University Publishing House, (ISBN: 978-973-703-8913), 2014, pp. 109-118.
5. Olga Pintilie, Marius Zaharia, **Lucia Tudorachi**, Sabina Băncilă, Gabi Drochioiu, Ion Sandu, *Effect of Heavy Metals on the Germination of Wheat Seeds*, International Scientific Conference UGALMAT 2014, Advanced Materials and Technologies, Galați University Press, 2014, pp. 154-160.

Lucrări prezentate la conferințe internaționale

1. **Lucia Tudorachi**, Marius Zaharia, Robert Grădinaru, Manuela Murariu, Gabi Drochioiu. *Cyanide Hazards to the Environment: Developing Improved Determination Methods*. The 19th Romanian International Conference on Chemistry and Chemical Engineering (RICCCE), Sibiu, România, 2-5 septembrie, 2015.

Alte proiecte din timpul studiilor doctorale

1. Stagiu de cercetare **ERASMUS MUNDUS – EDEN**, mobilitate la Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel.
2. Beneficiar proiect **POSDRU/159/1.5/S/137750**: Programe doctorale și postdoctorale - suport pentru creșterea competitivității cercetării în domeniul Științelor exacte