

**UNIVERSITATEA “POLITEHNICA” TIMIȘOARA
FACULTATEA DE CHIMIE INDUSTRIALĂ ȘI INGINERIA
MEDIULUI**

Chim.-fiz. PÎRLEA HARIETA HERMINA

TEZĂ DE DOCTORAT

**CONTRIBUȚII LA STUDIUL MODELĂRII ȘI SIMULĂRII
PROCESELOR DE DISPERSIE A IMISIILOR ȘI EMISIILOR
DE DIOXID DE AZOT**

Conducător științific
Prof.dr.ing. PERJU DELIA

2009

CUPRINS

	INTRODUCERE	6
	OBIECTIVELE GENERALE ALE LUCRĂRII	10
I	NIVELUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIU	12
I.1	Metode speciale pentru reducerea emisiilor de dioxid de azot în atmosferă	12
I.1.1.	Surse de poluare cu dioxid de azot	12
I.1.2.	Mecanisme de formare a dioxidului de azot	12
I.1.3	Proprietăți. Efecte asupra mediului	13
I.1.4.	Efecte asupra mediului înconjurător	14
I.1.5.	Metode de reducere a emisiilor de dioxid de azot	15
I.1.5.1	Emisii provenite din surse staționare	15
I.1.5.1.1	Metode primare de reducere a emisiilor de dioxid de azot	15
I.1.5.1.2.	Metode secundare de reducere a emisiilor de dioxid de azot	20
I.1.5.2	Emisii provenite din surse mobile	30
I.1.5.2.1.	Compararea emisiilor provenite de la motorul cu aprindere prin scânteie și motorul cu aprindere prin compresie	30
I.1.5.2.2.	Factori ce influențează emisiile de dioxid de azot în transporturi	31
I.1.5.2.3.	Metode de reducere a emisiilor de dioxid de azot	31
I.1.5.2.3.1	Injectia de apă	31
I.1.5.2.3.2	Recircularea gazelor arse	32
I.1.5.2.3.3	Reducerea catalizată a emisiilor de dioxid de azot	32
I.2.	Modelarea proceselor chimice ce însoțesc emisiile de dioxid de azot	44
I.2.1	Noțiunea de sistem. Definiție, clasificare	44
I.2.2.	Identificarea sistemelor	46
I.2.3.	Noțiunea de model. Definiție, clasificare	47
I.2.4.	Noțiunea de modelare. Etapele modelării	49
I.2.5.	Abordarea structurată a teoriilor modelării	50
I.2.6.	Conceperea modelelor	52
I.2.6.1.	Proceduri de determinare a modelelor	52
I.2.6.2.	Aprecierea calității modelelor	54
I.2.6.3	Echivalența sistemului cu modelul	54
I.2.6.4	Metodologia de elaborare a modelelor matematice	55

I.2.6.5	Metodologia de elaborare a modelelor matematice experimentale	58
I.2.6.6.	Modelarea proceselor de poluare a mediului	64
I.2.6.6.1	Modele matematice pentru dispersia poluanților proveniți de la surse staționare	65
I.2.6.6.1.1	Predicția nivelului poluării aerului utilizând modele analitico-experimentale	66
I.2.6.6.1.2	Predicția nivelului de poluare atmosferică utilizând modele bazate pe rețele neuronale	67
I.2.6.6.1.3	Modelul Gaussian de dispersie	69
I.2.6.6.2.	Modele matematice pentru dispersia poluanților proveniți de la surse mobile	71
I.2.6.6.2.1	Modelul ierarhic	71
I.2.6.6.3	Tipuri generice de modele pentru procesele din atmosferă	72
I.2.6.6.4	Modele comerciale pentru emisii provenite din surse staționare și mobile	73
I.2.6.7.	Modelarea proceselor ce însoțesc emisiile de NO ₂	76
I.2.6.7.1	Modelul GOME	76
I.2.6.7.2.	Modelul Carlos	77
I.2.6.7.3	Model pentru studierea impactului emisiilor provenite de la autovehicule asupra calității aerului	78
I.3.	Sinteza principalelor legi și reglementări naționale și internaționale privind protecția mediului, în general și conținutului de dioxid de azot, în particular	81
II	PARTE EXPERIMENTALĂ	88
II.1	Procesul dinamic studiat	88
II.1.1	Dioxidul de azot. Efectele poluării	88
II.1.2	Emisii și imisii	88
II.1.3	Prezentarea studiului de caz	89
II.1.4	Fenomenul de dispersie și sursele de poluare	92
II.2	Studiul fenomenului de dispersie în aer a dioxidului de azot global, bazat pe monitorizarea parametrilor în municipiul Timișara	94
II.2.1	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul II.	99

II.2.1.1	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizarea a 2 parametri.	101
II.2.1.2	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizarea a 3 parametri.	106
II.2.1.3	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazat pe monitorizarea a 4 parametrii	117
II.2.1.4	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazat pe monitorizarea a 5 parametrii	122
II.2.1.5	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizare a n parametri.	126
II.2.2.	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizare a 3 parametri, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul 3.	126
II.2.3	Concluzii	129
II.3	Studiul fenomenului de dispersie în aer a dioxidului de azot provenit de la microcentrale, bazat pe monitorizarea parametrilor în municipiul Timișoara	132
II.3.1	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul II.	140
II.3.1.1	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, bazate pe monitorizare a 3 parametri.	140
II.3.1.2	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, bazate pe monitorizare a 4 parametri.	152
II.3.1.3	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, bazate pe monitorizare a 5 parametri.	156
II.3.2	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul III.	156

II.3.3	Concluzii	159
II.4	Studiul fenomenului de dispersie în aer a dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU ȘI CET SUD, bazat pe monitorizarea parametrilor în municipiul Timișoara	161
II.4.1	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul II.	167
II.4.1.1	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, bazate pe monitorizare a 3 parametri.	167
II.4.1.2	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, bazate pe monitorizare a 4 parametri.	187
II.4.1.3	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, bazate pe monitorizare a 5 parametri.	191
II.4.2	Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul III.	193
II.4.3	Concluzii	197
II.5	Simularea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot în atmosferă prin metode analitico-experimentale în studiul de caz abordat	198
II.5.1	Estimarea în punctul de referință a concentrațiilor de dioxid de azot provenit de la surse staționare	198
II.5.2	Estimarea în punctul de referință a concentrațiilor de dioxid de azot provenit de la surse mobile	208
II.5.3	Estimarea în punctul de referință a concentrațiilor de dioxid de azot global	209
II.5.4	Concluzii	213
III	CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE	214
IV	BIBLIOGRAFIE	226
	ANEXE 1-9	235

INTRODUCERE

Oxizii de azot se numără printre cele mai poluante substanțe emise în mediul înconjurător. Există trei oxizi de azot: monoxid de azot – NO, dioxid de azot – NO₂ care sunt denumiți generic NO_x și protoxid de azot N₂O. Oxizii de azot, în special dioxidul de azot, constituie un factor poluant pentru om și mediul înconjurător. Emisiile de dioxid de azot sunt pe locul secundar ca pondere în producerea efectului de seră și au un rol semnificativ în formarea smogului fotochimic. [1] Oxizii de azot sunt foarte periculoși pentru mediu deoarece contribuie la formarea ploilor acide, a smogului, la efectul de seră și deci la distrugerea stratului de ozon. În figura (1) este prezentat ciclul transferului oxizilor de azot în natură. [2]

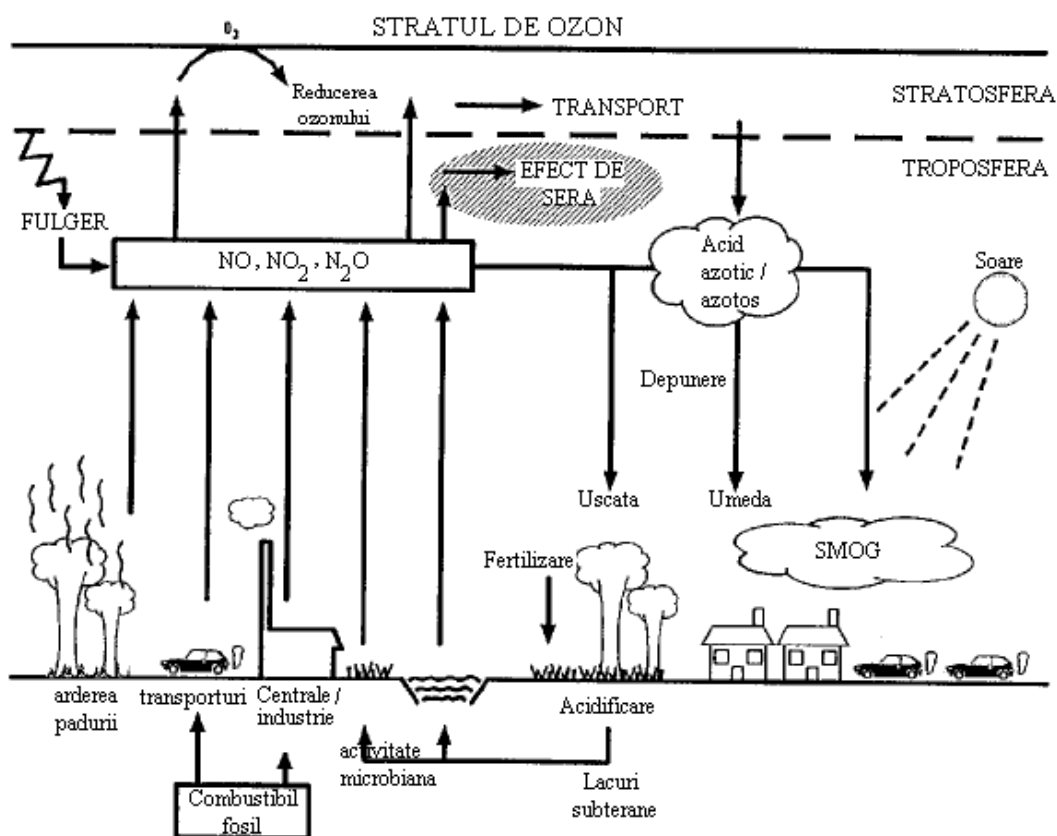


Fig. 1. Ciclul transferului oxizilor de azot în natură.

Dioxidul de azot este un poluant ce creează probleme atât la nivel local, regional și chiar global. La *nivel local* are efecte asupra sănătății populației și are rol de precursor al smogului, în special vara. La *nivel regional* contribuie la poluarea acidă și fotochimică, fenomene ce se pot manifesta până la câțiva kilometri de zona industrială. Ploile acide sunt periculoase pentru

om și mediul înconjurător și produc importante pagube. Ele atacă de asemenea fauna piscicolă și vegetația, prin perturbarea echilibrului chimic al solului. Poluarea fotochimică este realizată prin intermediul unui amestec de poluanți chimici: dioxid de azot, compuși organici volatili și monoxid de carbon, sub efectul radiațiilor solare. La nivel global dioxidul de azot contribuie la diminuarea stratului de ozon stratosferic, precum și la creșterea efectului de seră. [3]

Oxizii de azot favorizează stocajul de clor în straturile înalte ale atmosferei, în special la poli, efect poluant pentru că în aceste nivele clorul determină scăderea stratului de ozon. Oxizii de azot participă la formarea efectului de seră direct - N_2O și indirect pentru că aceștia contribuie la poluarea fotochimică. [2,4]

Legislația europeană și mai recent cea românească impun norme tot mai stricte marilor poluatori ai atmosferei cu dioxid de azot: centrale termoelectrice, fabrici producătoare de autovehicule, incineratoare de deșuri, fabricile de acid azotic, etc. Acestea sunt obligate să-și îmbunătățească continuu instalațiile și produsele astfel încât să limiteze și să reducă poluarea atmosferei cu dioxid de azot, deoarece acesta are efecte negative asupra sănătății populației.

În continuare sunt prezentate câteva din efectele acestuia asupra sănătății omului. Diluat, dioxidul de azot are gust dulceag, iar concentrat atacă violent organele respiratorii, are efecte negative asupra mușchilor inimii până la provocarea morții și de asemenea poate produce edem pulmonar și scăderea tensiunii arteriale. Inspirarea dioxidului de azot poate duce la intoxicații datorită anesteziei pe care o produce.[5] Pragul olfactiv (concentrația la care substanța este percepută prin miros) este de $225 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Expunerea la o concentrație de $9400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ timp de 10 minute produce dificultăți respiratorii tranzitorii. Expunerea la $162000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ timp de 30 de minute conduce la edem pulmonar, iar la concentrații de $117\text{-}205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ timp de 6 luni apar îmbolnăviri respiratorii acute. În ultimul caz un individ va contracta în medie una sau două bronșite la fiecare 6 luni datorită poluării cu NO_2 . [6, 7]

În contextul mondial actual când accentul pe problemele de poluare a mediului înconjurător sunt tot mai pregnante, studiul posibilităților de reducere a emisiilor de dioxid de azot precum și a posibilităților de modelare a fenomenelor ce însoțesc dispersia acestui poluant

în ciclul său în natură este de actualitate și de o importanță deosebită pentru protejarea populației, industrie și organele administrative.

Ca studiu de caz, în lucrarea de față, se prezintă cercetările efectuate în vederea simulării și modelării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot pentru municipiul Timișoara, luându-se ca bază, date valorice ale parametrilor importanți măsurați în anul 2004.

Dioxidul de azot este un puternic poluant al atmosferei deci dispersia lui va fi condiționată de valorile parametrilor meteorologici. Este foarte important de stabilit gradul de influență al acestor parametrii asupra dispersiei dioxidului de azot pentru a putea lua cele mai bune măsuri de contracarare a efectelor nocive pe care le poate produce la toate nivelurile.

În lucrarea de față ne-am propus să caracterizăm și să cuantificăm aceste influențe prin modele matematice de dependență a dispersiei dioxidului de azot în atmosferă în funcție de principalii parametrii meteorologici. Pentru aceasta, în lucrare s-au studiat influențele a 4 parametrii meteorologici, asupra dispersiei dioxidului de azot provenit de la diverse surse: microcentrale, cele două termocentrale ale municipiului Timișoara și respectiv traficul rutier și s-au elaborat modele matematice ce caracterizează dependența dispersiei acestui poluant în funcție de acești parametrii. La elaborarea acestor modele matematice s-a utilizat metoda regresiei multiple neliniare de ordinul 2 și respectiv de ordinul 3 și programe informatice de specialitate: MATHCAD și STATISTICA 6.0. Prin metoda regresiei multiple neliniare de ordinul 2 s-au elaborat modele matematice prin corelația a 2,3,4 și 5 parametrii, iar în cazul regresiei multiple neliniare de ordinul 3 s-au elaborat modele matematice prin corelarea a 3 parametrii.

Cercetările efectuate în cadrul acestei lucrări, rezultatele experimentale obținute, prelucrarea acestora au urmărit în principal trei aspecte:

1. Aducerea unor contribuții personale la caracterizarea proceselor de dispersie a dioxidului de azot în atmosferă.

2. Abordarea sistemică a problemelor legate de protecția mediului utilizând avantajele oferite de modelarea matematică în studiul câtorva din multitudinea de aspecte legate de procesul de dispersie a dioxidului de azot în atmosferă.
3. Utilizarea tehnicilor de modelare matematică în vederea studierii influenței parametrilor meteorologici asupra procesului de dispersie a dioxidului de azot.

Îmbinând armonios aspecte interdisciplinare complexe și luând în considerare conținutul și modul de abordare al obiectivelor stabilite, al prelucrării rezultatelor experimentale, teza încearcă să satisfacă cerințele actuale, să răspundă unor exigențe științifice și aplicative, atât din punct de vedere al fundamentelor chimice, cât și din punctul de vedere al aspectelor specifice legate de ingineria chimică și pentru protecția mediului.

OBIECTIVELE GENERALE ALE LUCRĂRII

- 1. Realizarea unei documentări bibliografice cu privire la metodele speciale de reducere a emisiilor de dioxid de azot în atmosferă: emisii provenite de la surse staționare și cele provenite din traficul rutier.**
- 2. Documentare bibliografică referitoare la modelarea matematică și simularea numerică.**
- 3. Documentare bibliografică asupra proceselor de dispersie a diversilor poluanți în atmosferă, în general și modelarea proceselor ce însoțesc emisiile de dioxid de azot, în particular.**
- 4. Sinteza principalelor legi și reglementări naționale și internaționale privind protecția mediului, în general și conținutului de dioxid de azot, în particular.**
- 5. Documentare bibliografică referitoare la corelația multiplă neliniară.**
- 6. Elaborarea unor modele matematice statistice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot global în atmosferă, în funcție de parametrii meteorologici, considerând ca studiu de caz municipiul Timișoara.**
- 7. Stabilirea de corelații matematice între dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentralele din Timișoara și valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici.**
- 8. Elaborarea unor modele matematice statistice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la cele două termocentrale din municipiul Timișoara, în funcție de parametrii meteorologici.**
- 9. Testarea și validarea modelelor elaborate.**

- 10. Stabilirea concluziilor referitoare la influența parametrilor meteorologici asupra fenomenului de dispersie a dioxidului de azot în atmosferă.**

- 11. Simularea fenomenului de dispersie a NO₂ într-un anumit punct de referință prin metode analitico-experimentale. Stabilirea ponderii procentuale cu care fiecare sursă din municipiul Timișoara contribuie la poluarea globală cu dioxid de azot.**

- 12. Elaborarea de scheme predictive pe termen scurt și mediu a procesului de dispersie a NO₂ provenit de la principalele surse de poluare, în scopul adoptării unor măsuri de compensare a efectelor poluante.**

PARTEA I. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIU.

I.1. Metode speciale pentru reducerea emisiilor de dioxid de azot în atmosferă

I.1.1. Surse de poluare cu dioxid de azot

S-a stabilit că sursele naturale sunt predominante pentru formarea N_2O și deci minoritare pentru NO_2 . Dintre sursele naturale se pot aminti: activitatea vulcanică, fulgerele și oxidarea amoniacului prin descompunere bacteriană a proterinelor din sol. [2] Dioxidul de azot se formează în cantități foarte mari în urma proceselor de ardere. Principalele surse de poluare cu dioxid de azot în mediul urban și rural sunt: centralele termoelectrice, microcentralele de apartament, sobe cu combustibil gazos sau fosil, industrie, mijloacele de transport: autovehicule, autoutilitare, nave, aeronave.

În tabelul 1 sunt prezentate ponderile procentuale pentru fiecare sursă de poluare cu dioxid de azot în Germania și Statele Unite ale Americii:

Tabel 1. Ponderile procentuale ale surselor de poluare cu NO_2 în Germania și SUA

Sursa de poluare	Ponderea procentuală a surselor de poluare în Germania [15]	Ponderea procentuală a surselor de poluare în S.U.A [25]
Industrie	9,8%	16 %
Centrale electrice	24,6 %	29%
Utilizări civile	4,8 %	12 %
Transporturi	60,8 %	43%

Media orară a concentrației de dioxid de azot în apropierea unei autostrăzi foarte aglomerate depășește valoarea de 1000 mg/m^3 . Nivelul concentrației de dioxid de azot în mediul urban variază în funcție de sezon, perioada din zi, precum și în funcție de condițiile meteorologice. [8]

1.1.2. Mecanisme de formare a dioxidului de azot [9,10,11]

În urma proceselor de ardere se formează prioritar monoxidul de azot, acesta urmând a fi transformat în dioxid de azot în canalele de gaze și în atmosferă. Cei doi oxizi ce rezultă în urma arderilor sunt denumiți generic NO_x . Deși monoxidul de azot este preponderent emisia de NO_x se exprimă în dioxid de azot.

Sunt cunoscute trei mecanisme de formare a dioxidului de azot: în flacără, în canalele de gaze sau coșuri de fum și în atmosferă liberă.

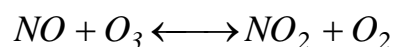
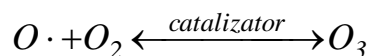
Dioxidul de azot se formează în urma procesului de oxidare a monoxidului de azot. Acest proces are loc foarte lent în flacără și în canalele de gaze de ardere, dar în atmosferă liberă se realizează foarte rapid datorită luminii solare, precum și concentrației mari de oxigen. Formarea dioxidului de azot în flacără are loc conform reacției chimice redată de relația (1):



Formarea dioxidului de azot în canalele de gaze și în coșul de fum are loc conform reacției chimice redată de relația (2) și este influențată de concentrația de oxigen, temperaturi mai mici de 650 °C, precum și de timpul de reacție:



În atmosferă liberă formarea dioxidului de azot decurge după un mecanism prezentat în relația (3). Randamentul reacției chimice este influențat de concentrația oxigenului, lumina solară, timpul de reacție, precum și de impuritățile prezente în atmosferă.



1.1.3. Proprietăți. Efecte asupra sănătății

Dioxidul de azot se descompune la temperaturi mai mari de 150 °C în oxid de azot și oxigen, iar sub această temperatură polimerizează în tetraoxid de diazot. În stare solidă există numai tetraoxid de diazot. Dioxidul de azot este un gaz, vaporii săi având culoare roșie. [12] Dioxidul de azot poate rămâne în atmosferă între 1 și 3 zile după care datorită reacției cu vaporii de apă se transformă în HNO_3 . [13]

Reacțiile pe care le poate suferi dioxidul de azot în atmosferă sunt: transformarea în acid azotic, transformarea în azotați organici și anorganici. [12, 14, 15]

Diluat, dioxidul de azot are gust dulceag, iar concentrat atacă violent organele respiratorii. Are efecte negative asupra mușchilor inimii provocând moartea. Poate produce edem pulmonar și scăderea tensiunii arteriale. Amestecat cu oxid de carbon este și mai toxic. [12] Inspirarea dioxidului de azot poate duce la intoxicații datorită anesteziei pe care o produce.[5]

Pragul olfactiv (concentrația la care substanța este percepută prin miros) este de 225 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Expunerea la o concentrație de 9400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ timp de 10 minute produce dificultăți respiratorii tranzitorii. Expunerea la 162000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ timp de 30 de minute conduce la edem pulmonar, iar la concentrații de 117-205 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ timp de 6 luni apar îmbolnăviri respiratorii acute. În ultimul caz un individ va contracta în medie una sau două bronșite la fiecare 6 luni datorită poluării cu NO_2 . [6, 7]

Pentru exprimarea pericolului posibil prin expunerea la efectele negative ale noxelor din transporturi se folosește noțiunea de risc. Ecuația matematică ce exprimă noțiunea de risc este definită prin relația (4) [3]:

$$R = C \cdot D \cdot T \cdot N \quad (4)$$

unde:

R – risc, C – concentrația poluanților la emisie, D – factor de dispersie, T – agresivitatea poluanților (caracterul toxic, mutagen, cancerigen, etc), N – numărul de persoane afectate de noxe.

1.1.4. Efecte asupra mediului înconjurător

Dioxidul de azot este un puternic poluant al mediului cu influențe majore asupra distrugerii stratului de ozon, fiind pe locul secundar ca pondere. NO_2 favorizează apariția smogului și contribuie semnificativ la formarea ploilor acide care au deasemenea o influență negativă asupra mediului. Totodată, dioxidul de azot favorizează stocajul de clor în straturile înalte ale atmosferei, acesta determinând creșterea efectului de seră. [3] NO_2 poate rămâne în atmosferă sub această formă între 1 și 3 zile, după care se transformă în HNO_3 , în urma reacției cu vaporii de apă. [13].

I.1.5. Metode de reducere a emisiilor de dioxid de azot din aer

Emisiile de dioxid de azot provin de la surse staționare, considerate punctiforme și respectiv de la surse mobile. Pentru reducerea nivelului de dioxid de azot trebuie aplicate metode de reducere a acestuia în ambele cazuri. În cele ce urmează vor fi prezentate principalele metode de reducere a dioxidului de azot provenit atât de la surse staționare cât și de la surse mobile.

I.1.5.1. Emisii provenite din surse staționare

Sursele staționare de poluare cu dioxid de azot sunt centralele termoelectrice, microcentralele de apartament, diverse sectoare industriale. Dintre acestea cele mai importante surse de poluare cu dioxid de azot sunt: obținerea energiei termoelectrice, incinerarea deșeurilor, procesul chimic de sinteză a acidului azotic. [9] Producția de energie termoelectrică a crescut foarte mult în ultimii 100 de ani, aceasta dublându-se o dată la 10 ani.

Oxizii de azot rezultă prin oxidarea azotului din aerul de combustie sau prin oxidarea azotului din combustibil.[3]

Pentru reducerea emisiilor de dioxid de azot rezultat din surse punctiforme se utilizează metode primare și metode secundare. Metodele primare reprezintă tehnici de control a combustiei, iar cele secundare reprezintă tehnici de control post combustie. [16]

I.1.5.1.1. Metode primare de reducere a emisiilor de dioxid de azot

Factorii principali care determină formarea într-o cantitate mai mare sau mai mică a dioxidului de azot sunt temperatura ridicată și excesul de oxigen în zona de ardere. Măsurile primare de reducere a dioxidului de azot urmăresc scăderea simultană a temperaturii și a coeficientului excesului de aer în zona de ardere. Principalele metode primare de reducere a dioxidului de azot sunt: utilizarea diverselor tipuri de arzătoare performante, recircularea gazelor în canale, injecția de apă sau vapori, ardere cu exces mic de aer. [8,10,11]

A. Utilizarea arzătoarelor

Arzătoarele pot fi de mai multe feluri: arzătoare în trepte pentru praf de cărbune (turbionare sau de tip fantă) sau cu ardere în trepte la nivelul focarului. [8,11]

A.1. Arzătoare în trepte pentru praf de cărbune

Aplicarea metodei de ardere în trepte la nivelul arzătorului a condus la apariția unor arzătoare denumite *sărace în NO_x*. [10,11] Arzătoarele sărace în NO_x reduc emisiile de oxizi de azot prin: controlul amestecării combustibilului cu aerul, prin arderea automată a excesului de aer sau prin etapizarea combustiei. [8,17] Există două clase de arzătoare sărace în NO_x și anume: arzătoare turbionare și arzătoare tip fantă. [10,11]

Arzătoarele turbionare realizează procesul de ardere prin reglarea coeficientului de exces de aer și îmbunătățirea amestecării în zona de ardere. [11] Aceste arzătoare limitează formarea de NO_x prin controlul amestecului de combustibil și aer. Comparativ cu alte tipuri de arzătoare cele sărace în NO_x reduc emisiile de dioxizi de azot cu 40 până la 60%. Un alt avantaj al acestor arzătoare este acela că sunt relativ ieftine.[8]

Principiul de funcționare al arzătoarelor turbionare se bazează pe două situații limită de câmpuri de curgere pentru flacără. Cele două situații limită sunt descrise în cele ce urmează și schemele sunt prezentate în figurile (2a și 2b):

- prima situație limită este redată în figura (2a). Jetul central de combustibil străpunge zona centrală de formă inelară. În acest caz arderea are loc în atmosferă reducătoare iar într-o astfel de flacără se formează cantități mici de NO. Dezavantajul major este că flacăra este prea lungă și unghiul de degajare prea mic iar din acest motiv aceste arzătoare pot fi folosite doar pentru focare mari.[10,11]

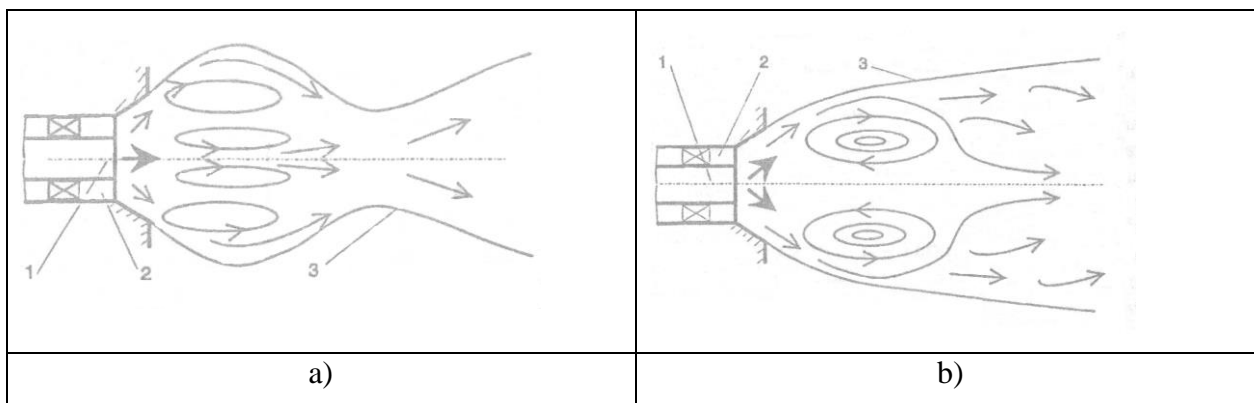


Fig.2 Situații limită de câmpuri de curgere pentru flacără

Semnificațiile notațiilor din fig.2 sunt:

1 – amestec primar și praf de cărbune, 2 – aer secundar, 3 – limita de radiație

• cea de-a doua situație limită este prezentată în figura (2b). Aerul primar se amestecă timpuriu cu aerul secundar. Datorită turbulențelor intensive a aerului secundar rezultă o flacără cu o zonă interioară de recirculație stabilă, ce poate susține aprinderea. Acest principiu se poate aplica și în cazul focarelor mici. Dezavantajul este că într-o astfel de flacără se va forma o cantitate mare de NO. [10,11]

Prin corelarea celor două situații prezentate în fig. (2) se poate realiza un principiu favorabil arderii, cu formarea unei cantități minime de NO_x. Acest principiu este aplicat în cazul arzătorului cu tub central împins înainte. În figura (3) este prezentat câmpul de curgere al acestui tip de arzător.

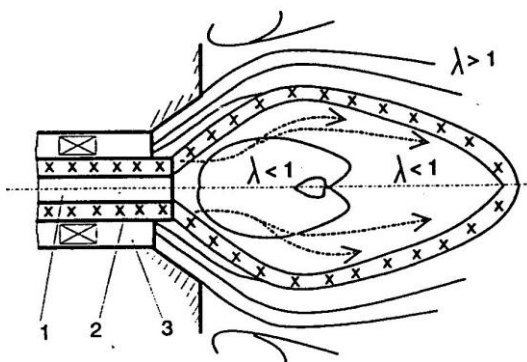


Fig. 3. Câmpul de curgere pentru un arzător cu tub central împins înainte

Semnificațiile notațiilor din fig. 3 sunt:

1 – aer secundar central, 2 – aer primar și praf de cărbune, 3 – aer secundar periferic

Volatilele degajate la intrarea în zona de recirculare vor fi aspirate de aerul din manta. Particulele sărace în volatili traversează atmosfera reducătoare rezultată din arderea volatilor la marginea zonei de recirculare. În aval particulele fine de combustibil și gazele fierbinți ajung în zona interioară de recirculare. Se împiedică formarea de NO_x ca urmare a introducerii etapizate a aerului și combustibilului pentru un cărbune cu conținut mare de volatili. [8,11]

Un alt tip de arzător turbionar este produs de firma Steinmüller și are ca principiu de funcționare introducerea aerului în trepte. Astfel în zona de ardere primară unde se introduce amestecul de aer primar și secundar arderea se realizează cu deficit de oxigen, deci se diminuează formarea de dioxizi de azot. În figura (4) este prezentată schema unui astfel de arzător. [8,11]

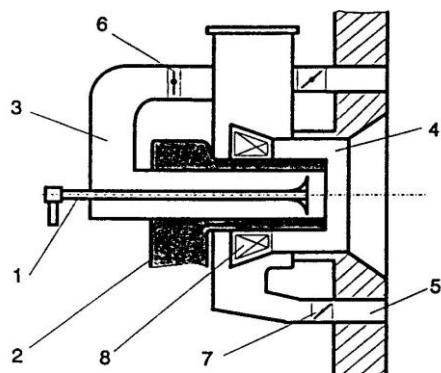


Fig. 4. Arzător turbionar cu introducerea aerului în trepte, produs de firma Steinmüller

Semnificațiile notațiilor din fig. 4 sunt:

1 – arzător pentru hidrocarburi, 2 – canal de aer primar și praf de cărbune, 3 – aer secundar central, 4 – aer secundar de manta, 5 – aer terțiar, 6,7 – clapete de reglaj, 8 – aparat de turbionare a aerului secundar de manta

Arzătoarele tip fantă sunt utilizate pentru focarele mari. Acest tip de arzătoare conțin mai multe blocuri etajate ce pot fi dispuse în colțurile focarului sau pe pereții laterali. Direcția de injecție a jeturilor de aer și cărbune este tangențială la un cerc imaginar ce ar avea centrul în axa verticală a focarului. [10]. În cazul în care blocurile etajate sunt dispuse în colțurile focarului o parte din aerul secundar se introduce tangențial, cu un unghi față de direcția principală pentru a limita frontul flamei și a crea în centrul focarului zona bogată în combustibil. Prin această metodă se obține o reducere cu aproximativ 40 % a oxizilor de azot, implicit a NO_2 . [18]

Pentru același tip de cărbune focarele dotate cu *arzătoare tip fantă* realizează o ardere mai lentă comparativ cu cele dotate cu arzătoare turbionare. În acest caz jetul de praf de cărbune este paralel cu cel de aer secundar ceea ce face ca amestecul lor să se facă mai lent. Acest fapt determină o atmosferă reducătoare în zona de ardere a compușilor volatili care determină oprirea formării de dioxizi de azot. La aplicarea sistemului “over fire air” (aer în afara zonei de ardere) rezultă o scădere cu 20% a oxizilor de azot formați. În urma aplicării acestui sistem se introduce în zona arzătoarelor un debit de aer mai mic decât cel necesar arderii perfecte, iar restul (over fire air) se introduce deasupra blocului de arzătoare pentru definitivarea arderii. Schema unui bloc de arzătoare tip fantă cu sistem “over fire air” este prezentată în figura (5) [10,11,19]:

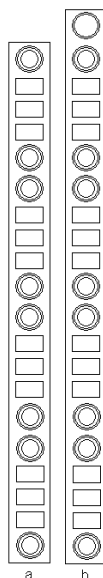


Fig. 5 Schema unui bloc de arzătoare tip fantă cu sistem “over fire air”

Semnificațiile notațiilor din fig. 5 sunt:

a – blocul de arzătoare fără sistemul “over fire air”, b – blocul de arzătoare cu sistemul “over fire air”

A.2. Arzătoare cu ardere în trepte la nivelul focarului

Una din cele mai cunoscute metode de realizare a arderii în trepte este metoda denumită “in furnace NO_x reduction” (reducerea NO_x în furnal)[10] a cărei prezentare schematică este redată în fig. 6.

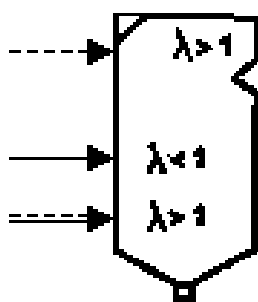


Fig. 6 Metoda “in furnace NO_x reduction” (reducerea NO_x în furnal)

-----> aer, ———> combustibil, ==> arzător cu mult aer

Arderea în trepte se realizează după următorul mecanism: în partea inferioară a focarului se găsește un arzător sărac în NO_x, iar deasupra se injectează doza de combustibil pentru crearea

unei atmosfere reducătoare; în zona superioară se introduce restul de aer necesar arderii. Deci în focar se delimitează trei zone: zona principală de ardere, zona reducătoare și zona de finalizare a arderii. [10,11,18]

I.1.5.1.1.2. Recircularea gazelor în canale

Prin recircularea gazelor în furnal se poate reduce atât temperatura aerului, cât și concentrația de oxigen. Această metodă este utilizată pentru cazanele cu combustibili petrolieri sau gazoși și poate reduce cu 20 până la 50 % emisiile de NO_x. Dezavantajul major al metodei îl constituie prețul de cost ridicat.[8,17]

I.1.5.1.1.3. Injecția de apă sau vapori

Injecția de apă sau vapori reduce temperatura flăcării și deci va reduce cantitatea de NO formată termic. Deoarece cantitatea de oxid de azot este unul din factorii determinanți ai cantității de dioxid de azot, prin scăderea emisiei acestuia se limitează formarea NO₂. Această metodă se pretează cel mai bine turbinelor cu combustibil gazos unde procentul de reducere a emisiilor de NO_x este de aproximativ 80 %. În cazul altor tipuri de combustibili procentul de reducere este mic. [8]

I.1.5.1.1.4. Ardere cu exces mic de aer

Excesul de aer este necesar pentru realizarea 100 % a arderii. În trecut, când prețul combustibilului era mai mic, se utiliza un exces de aer de 50-100 %. În prezent se poate obține o ardere completă a cărbunelui cu un exces mic de aer, în jur de 15-30 %. Studii experimentale au demonstrat că o reducere de la 20% la 14 % a excesului de aer reduce emisiile de NO_x cu până la 19%. [8]

I.1.5.1.2. Metode secundare de reducere a emisiilor de dioxid de azot

Metodele secundare urmăresc reținerea oxizilor de azot din gazele de ardere înainte ca acestea să fie eliminate pe coșul de fum. Principalele metode secundare de reducere a dioxidului de azot sunt: reducere selectivă catalizată – SCR (selectiv catalytic reduction) și reducere selectivă necatalizată – SNCR (selectiv noncatalytic reduction).

Scăderea emisiilor de oxizi de azot se poate realiza prin reducere omogenă în fază gazoasă cu amoniac sau cu uree. La SCR transformarea oxizilor de azot în azot și apă are loc,

cel mai adesea, în urma reacției cu amoniacul iar la SNCR în urma reacției cu amoniacul sau ureea. Mecanismul de reducere a oxizilor de azot este identic în ambele metode: SCR și SNCR, diferența fiind temperatura la care au loc reacțiile. Catalizatorul scade energia de activare deci în cazul SCR reacțiile vor avea loc la temperaturi mai scăzute față de SNCR.[9,10]

Există și studii care arată că reducerea NO_x poate avea loc printr-un procedeu catalizat chiar la temperaturi mari, similare celor pentru care se aplică SNCR. În acest caz se utilizează zeoliții ca și catalizatori, iar intervalul de temperatură la care sunt eficienți este: 675-1100 °C. [20]

Reducerea omogenă în fază gazoasă cu amoniac a dioxidului de azot se poate realiza în absența sau în prezența oxigenului. În prezența oxigenului gradul de reducere crește după cum se poate observa din tabelul 2 a). Pentru un exces mare de aer sau temperaturi foarte ridicate se poate produce o reacție nedorită prin care se generează monoxid de azot suplimentar. Reducerea omogenă în fază gazoasă cu uree a dioxidului de azot începe după 132 °C și are loc foarte rapid la temperaturi cuprinse între 300-400 °C. Mecanismul reacțiilor ce au loc este redat în tabelul 2 b).[9,10,11]

Tabel 2. Mecanismul reacțiilor de reducere a NO₂

Reducere omogenă în fază gazoasă cu amoniac	Reducere omogenă în fază gazoasă cu uree
$8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 \rightleftharpoons 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ $4\text{NH}_3 + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	
a)	b)

1.1.5.1.2.1. Reducere selectivă catalizată SCR

Reducerea selectivă catalizată este cel mai răspândit procedeu de denoxare și are o largă aplicabilitate în țările industrializate ale lumii. Reducerea dioxidului de azot are loc prin reacție cu amoniacul, în prezența unui catalizator care este un amestec de dioxid de titan, pentaoxid de vanadiu și trioxid de wolfram. [8,9,10] Reducerea NO₂ cu catalizator V₂O₅ pe SiO₂/TiO₂ a fost studiată de Odenbrand pentru mai multe temperaturi situate în intervalul 75 – 425 °C. Reacțiile ce au loc la diferite temperaturi sunt prezentate în tabelul 3 [9]:

Tabel. 3 Ecuțiile reacțiilor chimice de reducere a NO₂ la diferite temperaturi

Temperatura	Reacția chimică
> 150 °C	$2\text{NO}_2 + 2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{N}_2 + \text{HO}_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$
200 – 350 °C	$6\text{NO}_2 + 8\text{NH}_3 \longrightarrow 7\text{N}_2 + 12\text{HO}_2$
320 °C	$5\text{NO}_2 + 2\text{NH}_3 \longrightarrow 7\text{NO} + 3\text{HO}_2$

Se observă că la temperatura de 320 °C are loc reducerea dioxidului de azot la monoxid de azot, un fapt nedorit. Deci este ideal ca procesul de reducere selectivă catalizată să se desfășoare la orice altă temperatură din intervalul 75 – 425 °C.[9]

În cele ce urmează se denumește unitate SCR unitatea în care are loc procedeul reducerii selective catalizate. Această unitate poate fi amplasată în mai multe poziții, după cum urmează[9,10,11]:

a) înainte instalației de desulfurare umedă, notată REA:

- în *sistem high dust* – gazele de ardere nedesprăfuite trec mai întâi prin catalizator. [10,11] Principiului high dust este redat schematic în figura (7) În acest caz gazele care ies din boiler sunt curățate în unitatea SCR.[9]

Pentru figurile (7), (9) și (11) notațiile sunt:

B – boiler, SCR – unitate în care are loc procedeul reducerii selective catalizate, AE – filtru electrostatic

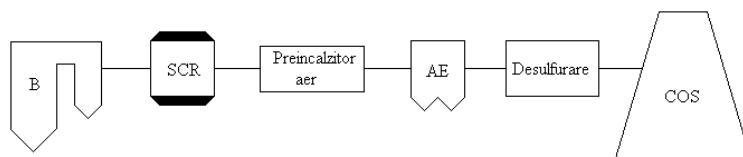


Fig. 7 Schema de principiu a instalației high dust

În cazul sistemului “high dust” pulverizatorul de cenușă trebuie să îndepărteze acumulările de cenușă pe catalizator[9] Acest procedeu poartă numele **tehnica de “pulverizare a cenușii”**. [21], [22] și este prezentat în cele ce urmează.

ADA Environmental Solution a dezvoltat un brevet de invenție ce folosește eliminarea de cenușă pentru extragerea unei mostre de gaz. Pulverizatorul de cenușă acționează prin introducerea unui tub, denumit lance. Lancea este mult mai scurtă decât pulverizatorul de cenușă. Capătul ei este închis, excepție face perechea duzelor de la extremitatea îndepărtată care dirijează jetul de aer, denumit “aer insuflat mediu” - AIM, perpendicular pe lance jetul de aer este introdus și scos prin acționarea mecanică a valvei de aerisire de la capătul pulverizatorului de cenușă. Lancea se introduce în reactor printr-un ansamblu mecanic numit cărucior. Când acesta se deplasează din poziția de repaus introduce aerul insuflat care este trecut de la supapa de aerisire la cărucior printr-un tub de alimentare. Când pulverizatorul de cenușă este în repaus căruciorul este în spatele acestuia și tubul de alimentare avansează de-a lungul căruciorului și în interiorul lancei. Dacă pulverizatorul de cenușă este pregătit pentru curățare, căruciorul avansează către fața acestuia iar tubul de alimentare rămâne fix la valva de aerisire. În figura (9) este prezentată schema de automatizare pentru “pulverizatorul de cenușă” [21].

Valva de aerisire a pulverizatorului de cenușă are posibilitatea conectării unei țevi în partea de ieșire în scopul ventilării și pentru măsurarea presiunii aerului insuflat. Se folosește această conexiune pentru a extrage o mostră de gaz din boiler (încălzitor) și de a o transporta prin sistemul de filtre până la analizorul de gaz. Pulverizatorul de cenușă este ideal pentru luarea acestei mostre ținând cont de amplasarea sa fizică și de rugozitatea sa. Poziția pulverizatorului de cenușă poate fi determinată în orice moment prin introducerea unui întrerupător de proximitate, deci suflătorul de cenușă poate fi pus în proba de gaz, înăuntrul căreia se mișcă, permițând determinarea spațială a compoziției de gaz.

Sistemul de control închide valva de distanță a aerului insuflat și elimină prin țevi în atmosferă o cantitate din acesta. Ventilul este închis și pulverizatorul de cenușă înaintază în încălzitor sau reactor cu o distanță specifică determinată de folosirea întrerupătorului de proximitate care trimite o indicație sistemului de control: momentul când capul șurubului trece sub el. Acest cap de șurub este plasat în afara intervalului normal, de-a lungul pulverizatorului de cenușă. [21,22]

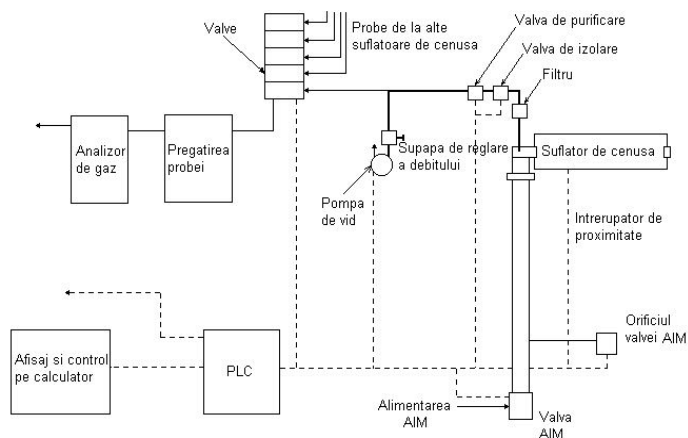


Fig. 8 Schema de automatizare a pulverizatorului de cenușă”

Semnificațiile notațiilor din fig. 8 sunt:

PLC – calculator

AIM – aer insuflat

După ce pulverizatorul de cenușă a avansat la distanța dorită o a doua valvă de izolare, la distanță de sistemul de prelevare este deschisă și o pompă de vid este pusă în funcțiune pentru a trece un eșantion prin lance. Eșantionul este filtrat pentru a îndepărta toate urmele de cenușă și alte impurități. Acesta se împarte: cea mai mare parte a gazului ajunge la pompa de vid iar ce rămâne ajunge la un sistem de unde este distribuit analizoarelor de gaze. Semnalul de ieșire din analizoarele de gaz este monitorizat de un sistem de control. Când compoziția gazului atinge o stare de echilibru, pulverizatorul de cenușă avansează în următorul spațiu de măsurare, unde procesul se repetă. După ultimul spațiu de măsurare pompa de vid este oprită și valva de purjare la distanță se deschide iar jetul de aer comprimat va curăța filtrul. În același timp mișcarea pulverizatorului de cenușă este inversă permițându-i revenirea la poziția de repaus. Când se oprește în poziția de repaus, valva de purjare la distanță și de prelevare sunt închise. Valva îndepărtată a aerului insuflat se redeschide, odată ce pulverizatorul de cenușă este readus la condiția normală de operare. [21, 22]

- în *sistem low dust* – gazele sunt desprăfuite ceea ce prelungește durata de viață a catalizatorului însă electrofiltrul trebuie să lucreze la temperaturi înalte. [10,11] Principiul low dust este redat schematic în figura (9).[9]:

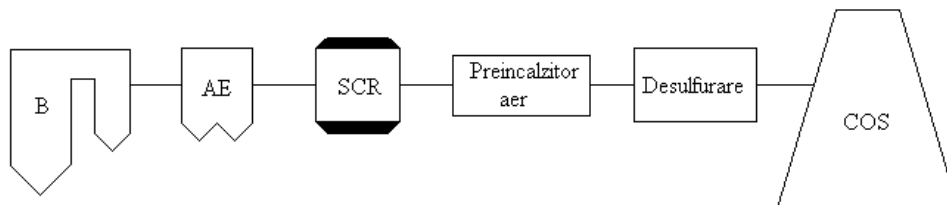


Fig. 9. Schema de principiu a instalației low dust

În figura (9) semnificațiile notațiilor sunt următoarele:

B – boiler, AE – filtru electrostatic, SCR – unitate în care are loc procesul reducerii selective catalizate

În figura (10) este redată schema unei instalații în care unitatea SCR este plasată înaintea instalației de desulfurare umedă REA:

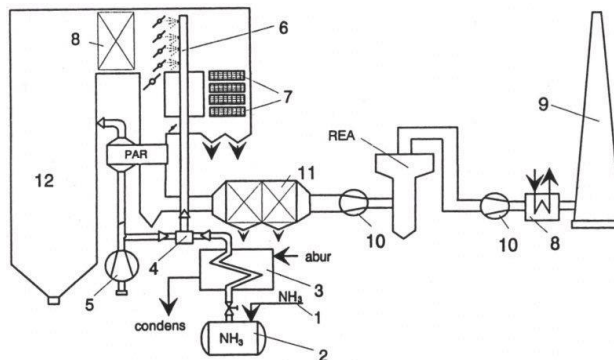


Fig. 10 Schema instalației în care unitatea SCR este plasată înaintea instalației de desulfurare umedă REA

În fig. 10 semnificațiile notațiilor sunt următoarele:

1 - conductă de alimentare; 2- rezervor de NH_3 lichid; 3- încălzitor; 4 - amestecător; 5 - ventilator de aer; 6 - duze; 7- catalizator; 8 - schimbător de căldură; 9 - coș de fum; 10 - ventilator de gaze de ardere; 11 - filtru; 12 – focar.

Principiul de funcționare al instalației este următorul: amoniacul este trecut printr-un schimbător de căldură cu abur unde primește căldură pentru a se vaporiza. Amoniacul gazos se amestecă cu aer iar amestecul se injectează în curentul de gaze de ardere. În cazul prezentat gazele de ardere în care se injectează amoniacul conțin cenușă și oxizi de sulf. Catalizatorul poate fi format din module tip fagure sau plăci dispuse în mai multe straturi. Modulul tip fagure

este un material ceramic ce conține catalizatorul activ ($\text{TiO}_2 - \text{V}_2\text{O}_5$) sau ($\text{TiO}_2 - \text{V}_2\text{O}_5 - \text{WO}_3$). Pentru a minimiza efectul de otrăvire a catalizatorului se prevede un separator grosier de cenușă, dispus înaintea catalizatorului.[8,10,11] Dezavantajul acestui sistem îl constituie otrăvirea catalizatorului datorită prezenței oxizilor de sulf și prafului de cenușă.

Cele două sisteme: “high dust” și “low dust” prezintă avantaje și dezavantaje. Dezavantajele sistemului “high dust” comparativ cu sistemul “low dust” sunt: eroziunea datorată prafului și posibilitatea contaminării cenușii zburătoare cu compuși amoniacali. Avantajele sistemului “high dust” comparativ cu sistemul “low dust” sunt: depunere mică de praf în reactor, depunere redusă de bisulfat de amoniu în preîncălzitorul de aer precum și costurile reduse pentru realizarea electrofiltrului. [9]

b) plasarea unității SCR după instalația de desulfurare umedă REA. Schema instalației este redată în figura (11)[9]:

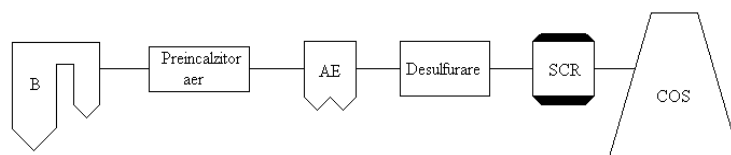


Fig.11 Schema instalației în care SCR este plasată după unitatea de desulfurare umedă REA

Semnificațiile notațiilor din fig. 11 sunt:

B – boiler, AE – filtru electostatic, SCR – unitate în care are loc procesul reducerii selective catalizate

Pentru evitarea otrăvirii catalizatorului datorită oxizilor de sulf și a prafului de cenușă unitatea SCR se poate amplasa după filtrul de praf și după unitatea de desulfurare umedă, înainte de coș, adică între REA și coș. Schema unei instalații în care unitatea SCR este cuplată între REA și coș este prezentată în figura (12)[10,11]:

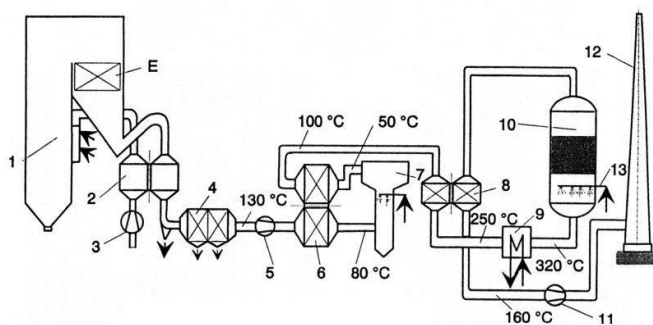


Fig. 12 Schema unei instalații în care unitatea SCR este cuplată între REA și coș

Semnificațiile notațiilor din fig. 12 sunt: 1 - cazan; 2 – PAR; 3 – ventilator de aer; 4- electrofiltru; 5 – ventilatoare de gaze; 6,8 – schimbătoare de căldură; 7 – instalație de desulfurare (REA); 9 – preîncălzitor; 10 – instalație DeNO_x; 11 – ventilator de gaze de ardere; 12 – coș de fum; 13 – conductă pentru injecția de amoniac și aer.

Gradul de reducere R a concentrației NO_x prin metoda SCR este dat de relația (5) [11]:

$$R_{NO_x} = \frac{NO_{x_{intrare}} - NO_{x_{iesire}}}{NO_{x_{intrare}}} * 100 \quad (5)$$

Semnificația notațiilor din formula (5) este:

R_{NO_x} – gradul de reducere a concentrației de NO_x din gazele de ardere [%]

NO_{x intrare} – cantitatea de NO_x înainte de SCR [kg]

NO_{x ieșire} - cantitatea de NO_x după SCR [kg]

Factorii care influențează gradul de reducere a NO_x sunt: volumul catalizatorului, activitatea catalizatorului și pierderile de amoniac.

De regulă eficiența reducerii emisiilor de oxizi de azot, respectiv a NO₂ este de 60-90% utilizând metoda SCR la instalații staționare (surse de poluare staționare). Din păcate însă la ora actuală această metodă este foarte scumpă. Pe de altă parte injecția de amoniac poate fi nesigură, din această cauză stocarea amoniacului se face în stare anhidră. [8]

Metoda SCR este folosită mai mult pentru prevenirea apariției NO₂, deoarece diminuează cantitatea de NO formată în urma arderii ceea ce duce implicit la scăderea cantității de NO₂ ce rezultă la finalul procesului de ardere, respectiv a cantității de NO₂ ce se va forma în atmosferă prin reacția dintre NO eliminat prin coșurile de fum și oxigen.

1.1.5.1.2.2. Reducere selectivă necatalizată SNCR

Reducerea NO₂ se poate realiza cu amoniac sau uree în absența catalizatorilor, procedeu ce poartă numele de reducere selectivă necatalizată – SNCR. Metoda SNCR se folosește atunci când costurile pentru denoxare trebuie să fie minime sau când există riscul otrăvirii catalizatorului. La aplicarea acestui procedeu este necesară o temperatură de lucru înaltă ce poate furniza energia termică necesară pentru descompunerea și vaporizarea agentului

reducător. Principalii agenți folosiți pentru reducerea oxizilor de azot sunt amoniac și uree. Ureea este preferată amoniacului din motive de siguranță și posibilității de transport.[11]

A.1. Reducere selectivă necatalizată cu amoniac

Pocedeul de reducere SNCR cu amoniac a NO_x este influențat de parametrii cinetici (temperatura în zona de injecție, timpul de staționare, conținutul de oxigen în gazele de ardere, concentrația inițială de NO) și parametrii tehnici (fluidul transportor, notat FT, care poate fi aer, abur, etc., raportul NH_3/FT). [10,11]

În figura (13) esre prezentată schema unei instalații de alimentare și injecție de amoniac pentru procedeul SNCR, ce folosește cazanul de producție românească ABA [11]:

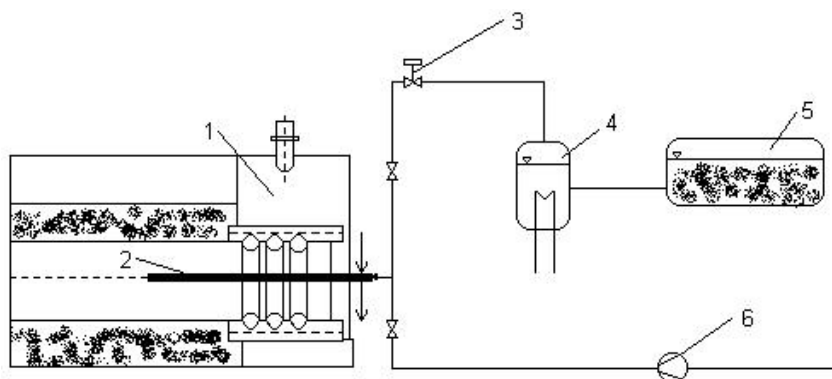


Fig. 13 Schema instalației de alimentare și injecție de amoniac

Semnificațiile notațiilor din fig. 13 sunt: 1 - cazan tip ABA; 2 – lance; 3 – reductor de presiune; 4 – vaporizator; 5 – rezervor de amoniac; 6 – ventilator de aer.

Amoniacul este injectat în amestec cu aerul sau aburii deoarece trebuie menținută o temperatură sub $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ în lance. În caz contrar amoniacul s-ar descompune iar randamentul denoxării ar scădea.

Randamentul maxim al procedurii de denoxare SNCR cu amoniac se atinge pentru temperaturi cuprinse în intervalul $950\text{-}970\text{ }^{\circ}\text{C}$ și crește cu creșterea raportului β : număr moli NH_3 /număr moli NO. [11]

Unul din dezavantajele apărute la utilizarea amoniacului ca agent reducător este acela al riscului de poluare. Poluarea se datorează posibilităților de scăpări de amoniac sau de compuși ai acestuia, precum și posibilității ca o parte din amoniac să rămână nereacționat în cazul în care

acesta este injectat într-o zonă cu temperaturi necorespunzătoare.[10,11] Un alt dezavantaj apărut la utilizarea amoniacului ca agent reducător este acela al formării unei cantități suplimentare de NO_x atunci când temperatura depășește intervalul optim de lucru. [18]

A.2. Reducere selectivă necatalizată cu uree

Ureea este considerată un bun agent reducător al NO_x prin procedeul SNCR. Schema unei instalații de denoxare cu uree ce funcționează după procedeul SNCR este redată în figura (14)[11]:

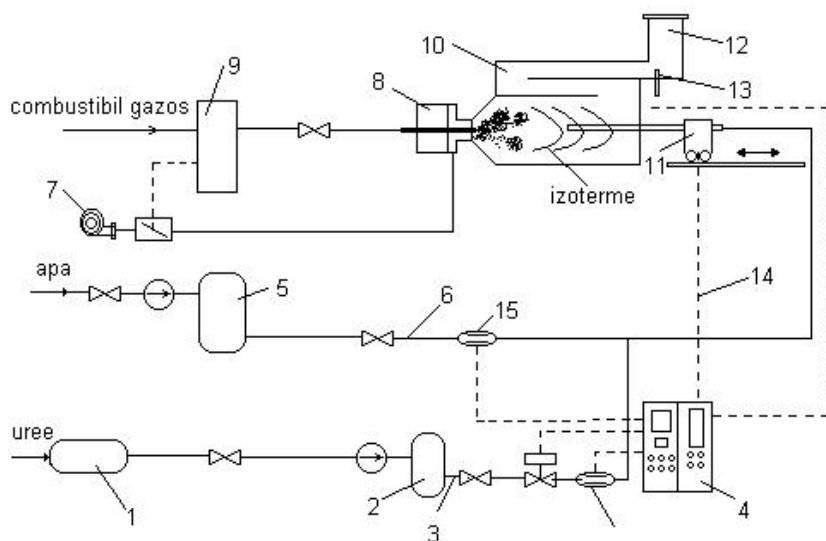


Fig. 14 Schema instalației de denoxare cu uree

Semnificațiile notațiilor din fig. 14 sunt: 1 – rezervor de uree; 2 – rezervor de liniștire; 3 – conductă de uree; 4 – tablou de comandă; 5 – rezervor de apă; 6 – conductă de apă; 7 – ventilator de aer; 8 – arzător; 9 – sistem disjunctiv; 10 – cazan cu trei drumuri de gaze; 11 – lancea deplasabilă pentru injecția de uree; 12 – coș de fum; 13 – aparat de determinare a concentrației de NO_x ; 14 – sistem de reglare a poziției lancei; 15- debitmetre.

Ureea este pompată la o presiune de 10 barr și se amestecă cu apa. Amestecul rezultat se introduce în lancea de injecție ce se sprijină pe cărucior. [11]

Instalația de denoxare cu uree are două trepte de automatizare cu ajutorul cărora se realizează reglarea primară și reglarea de finețe.[11]

1.1.5.2. Emisii provenite din surse mobile (transporturi)

Principalele surse mobile de poluare a mediului cu dioxid de azot sunt:

- autoturisme
- autoutilitare
- nave
- aeronave.

Mijloacele de transport de mai sus sunt echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie, notate m.a.s (cele care folosesc drept combustibil benzina sau gaze naturale) sau motoare cu aprindere prin compresie, notate m.a.c. (cele care folosesc drept combustibil motorina).

Dioxidul de azot rezultă în urma arderii incomplete a combustibililor. În figura (15) sunt prezentați combustibilii și produșii obținuți în cazul celor două tipuri de ardere: arderea ideală și reală [1]:

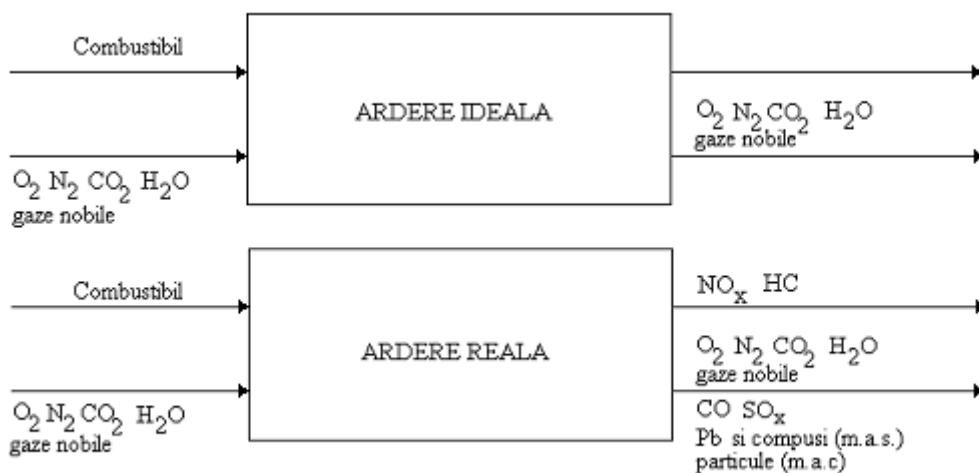


Fig. 15. Arderea ideală și reală

1.1.5.2.1 Compararea emisiilor provenite de la motorul cu aprindere prin scânteie și motorul cu aprindere prin compresie

Testele au arătat că autoturismele dotate cu motor standard cu aprindere prin scânteie emit de două ori mai mult NO_x decât cele dotate cu motor cu aprindere prin compresie [1,3], dar emisiile provenite de la motorul cu aprindere prin compresie sunt duble față de motorul cu aprindere prin scânteie cu catalizator. [1] În cazul vehiculelor grele această proporție nu se mai menține. [3]. Traficul intens are de asemenea o influență importantă asupra gradului de poluare cu NO_x: emisia provenită de la motor cu aprindere prin compresie. este similară celei provenită

de la motor standard cu aprindere prin scânteie și mult mai mare decât cea de la motorul cu aprindere prin scânteie cu catalizator. [1]

I.1.5.2.2. Factori ce influențează emisiile de dioxid de azot în transporturi

Principalii factori care influențează nivelul emisiei de NO_x la un motor cu aprindere prin scânteie sunt: calitatea amestecului aer-combustibil, regimul de funcționare al motorului, proprietățile combustibilului, condiții de exploatare și modul de organizare a traficului în zolele aglomerate.[1]

Principalii factori care influențează nivelul emisiei de dioxid de azot la un motor cu aprindere prin compresie sunt: regimul funcțional (turația motorului, sarcina și regimul termic al motorului), caracteristicile injecției, particularitățile motorului, caracteristicile combustibilului, regimul de exploatare.[1]

I.1.5.2.3. Metode de reducere a emisiilor de dioxid de azot

Metodele de reducere a emisiilor de dioxid de azot sunt specifice pentru cele două tipuri de motoare sau comune. Pentru reducerea emisiilor de NO_2 provenite de la motoare cu aprindere prin scânteie sunt utilizate atât metode active, care reduc emisiile în faza de formare, precum și metode pasive, care acționează după ce emisiile au fost produse. Din prima categorie fac parte: injecția de apă, recircularea gazelor, iar din a doua: utilizarea reactoarelor termice și catalitice. [1,9] Pentru reducerea emisiilor provenite de la motorul cu aprindere prin compresie sunt utilizate metode active: intervenții asupra regimului funcțional, a caracteristicilor injecției, a particularităților motorului, și metode pasive: utilizarea catalizatorilor de oxidare diesel. [1]

În cele ce urmează se face o prezentare a metodelor de reducere a emisiilor de dioxid de azot provenite din transporturi.

A.1 Injecția de apă

Injecția de apă este utilizată pentru reducerea emisiilor de NO_2 provenite de la motorul cu aprindere prin scânteie. Injecția de apă are ca efect răcirea cilindrului, ceea ce determină reducerea oxizilor de azot din gazele de evacuare, deoarece este cunoscut faptul că la temperaturi mari cantitatea de NO_2 formată este mai mare. Cea mai bună performanță a acestei metode se obține la un raport apă:combustibil 1:1. Dezavantajele metodei constau în faptul că

apa poate coroda recipientul metalic, contaminează uleiul și îngheață. Din aceste motive metoda prezentată nu este utilizată pe scară largă. [1]

A.2. Recircularea gazelor arse

Metoda de recirculare a gazelor arse este utilizată în cazul motorului cu aprindere prin scânteie. Caracterul inert al gazelor arse face ca prezența acestora în cilindru să reducă temperatura pe ciclu și conținutul de emisii de NO_x, implicit NO₂. Conținutul de gaze arse poate fi controlat prin întârzierea închiderii supapei de evacuare sau prin recircularea unei cote părți din gazele eșapate spre cilindru. Procedeu este mai eficient decât cel ce apelează la gazele arse deoarece în prezența gazelor reziduale, formarea NO₂ este mult frânată.

Prelevarea gazelor arse se poate realiza fie cu comandă mecanică, fie cu un dispozitiv servo-vacuumatic de comandă. În cel de-al doilea caz reglajul cantității de gaze arse recirculate se face în raport cu sarcina și contrapresiunea pe traseul de evacuare, precum și funcție de turația motorului. La motoarele de ultimă generație comanda prelevării gazelor arse este electronică. În raport cu cantitatea de gaze arse recirculate, conținutul de NO_x, respectiv NO₂ se poate reduce cu până la 60%. [1,7]

A.3. Reducerea catalizată a emisiilor de dioxid de azot

Reducerea emisiilor de dioxid de azot se poate face prin SCR - reducere selectivă catalizată, folosind diferite tipuri de catalizatori și agenți de reducere.

A.3.1. Reducere selectivă catalizată – SCR (selective catalytic reduction)

Procedeu de reducere selectivă catalizată poate fi aplicat atât pentru motoarele cu aprindere prin scânteie, cât și pentru motoarele cu aprindere prin combustie, utilizându-se tipuri diferite de catalizatori pentru cele două cazuri.

A.3.1.1. Reducerea selectivă catalizată aplicată la motoarele cu aprindere prin scânteie

Pentru reducerea emisiilor de dioxid de azot provenite de la motoarele cu aprindere prin scânteie sunt cunoscute trei metode catalitice. Prima metodă se poate defini ca “tripla cataliză controlată în inel închis” și este redată schematic în figura (16) [9].

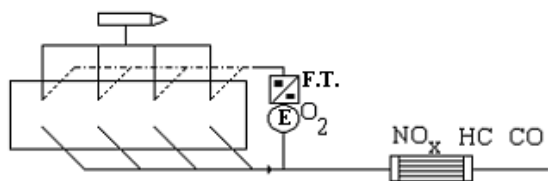


Fig. 16. “Tripla cataliză controlată în inel închis”

Semnificația notațiilor din fig. 16 este: F.T. și E - sistem de reglare a debitului de oxigen și a debitului de gaze exhaustate.

În acest caz un singur catalizator, plasat în țeava de evacuare a gazelor, este capabil să promoveze toate reacțiile de reducere simultană a monoxidului de carbon, hidrocarburilor și oxizilor de azot [9]. Datorită sistemului închis și controlului de oxigen compoziția gazelor exhaustate este aproape stoechiometrică. Ținând cont de performanțele sale metoda “tripla cataliză controlată în inel închis” este des utilizată în cazul motoarelor cu aprindere prin scânteie.[9]

Cea de-a doua metodă se poate defini ca “tripla cataliză controlată în sistem deschis”. Aceasta reprezintă o simlificare a primei metode. La fel ca și în primul caz se folosește un catalizator multifuncțional care să reducă simultan cei trei poluanți rezultați în urma arderii, dar diferența constă în faptul că nu mai este controlată compoziția gazelor exhaustate. Acest fapt duce la scăderea randamentului de reducere a celor trei poluanți și face ca metoda să fie aplicată atunci când limita maximă admisă a gazelor poluante emise se poate atinge cu un randament de reducere a poluanților de aproximativ 50%. Metoda “tripla cataliză controlată în sistem deschis” este redată schematic în figura (17) [9]:

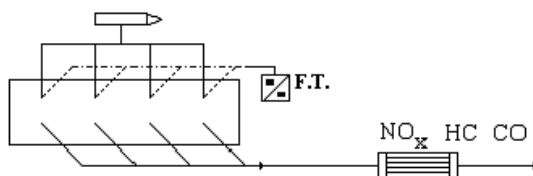


Fig.17 “Tripla cataliză controlată în sistem deschis”

În prezent cel mai utilizat catalizator cu triplă acțiune este cu suport ceramic. Catalizatorul poate fi cu granule sau monolitic, cel mai utilizat fiind cel monolitic. Un catalizator cu triplă acțiune este compus din suport, strat intermediar și strat catalitic activ.

Stratul intermediar este alumina care are rolul de a intensifica activitatea catalitică a metalelor nobile din stratul catalitic activ. Metalele nobile ce pot alcătui stratul catalitic activ sunt: platină, paladiu și rodium. Platina are rol de catalizare a reacțiilor de oxidare, iar rodium are rol în reducerea NOx.[1]

Cea de-a treia metodă este “cataliză pe pat dublu pentru reducerea emisiilor” În acest caz sunt doi catalizatori: unul pentru oxizi de azot și celălalt pentru hidrocarburi și monoxid de carbon. Cel de-al doilea catalizator este unul de oxidare deci pentru a reduce CO și HC se injectează acestuia un exces de aer acestuia. Metoda “cataliză pe pat dublu pentru reducerea emisiilor” este redată schematic în figura (18) [9]:

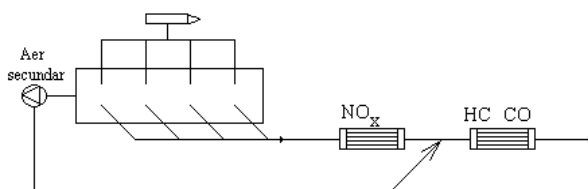


Fig. 18 “Cataliză pe pat dublu pentru reducerea emisiilor”

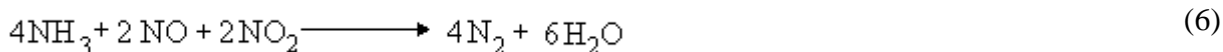
A.3.1.2. Reducerea selectivă catalizată aplicată motoarele cu aprindere prin compresie

Există multe studii referitoare la reducerea selectivă catalizată a noxelor, respectiv a dioxidului de azot, provenite de la m.a.c. Randamentul reducerii diferă în funcție de tipul de catalizator folosit. Pentru procedeul SCR sunt cunoscuți mai mulți agenți de reducere și anume: amoniac, uree, hidrocarburi, formaldehidă, etanol, etc și o serie de catalizatori specifici pentru fiecare proces. [4,5,23,24,25,26]

A.3.1.2.1. Reducerea selectivă catalizată folosind uree sau amoniac

Metoda de reducere selectivă catalizată folosind uree sau amoniac a fost mult utilizată pentru reducerea emisiilor de dioxid de azot provenit din surse staționare. Recent s-a încercat utilizarea metodei SCR și la motoarele Diesel. [1, 27] Ca și la sursele staționare și în acest caz se folosește ca agent reducător ureea sau amoniacul. Catalizatorul poate fi: amestec V_2O_5/TiO_2 sau zeoliți supersilicici (ZSM [15]. Zeoliții sunt aluminosilicați hidratați, cu structura cristalină, care pot pierde reversibil apa. Cea mai importantă proprietate a zeoliților este aceea că sunt poroși, permițând astfel introducerea în structura lor a unor ioni metalici cu proprietăți catalitice bune. [1] S-a ajuns la concluzia că zeolitul Cu-ZSM-5 are un puternic efect de reducere a oxizilor de azot proveniți de la motoare cu aprindere prin compresie.

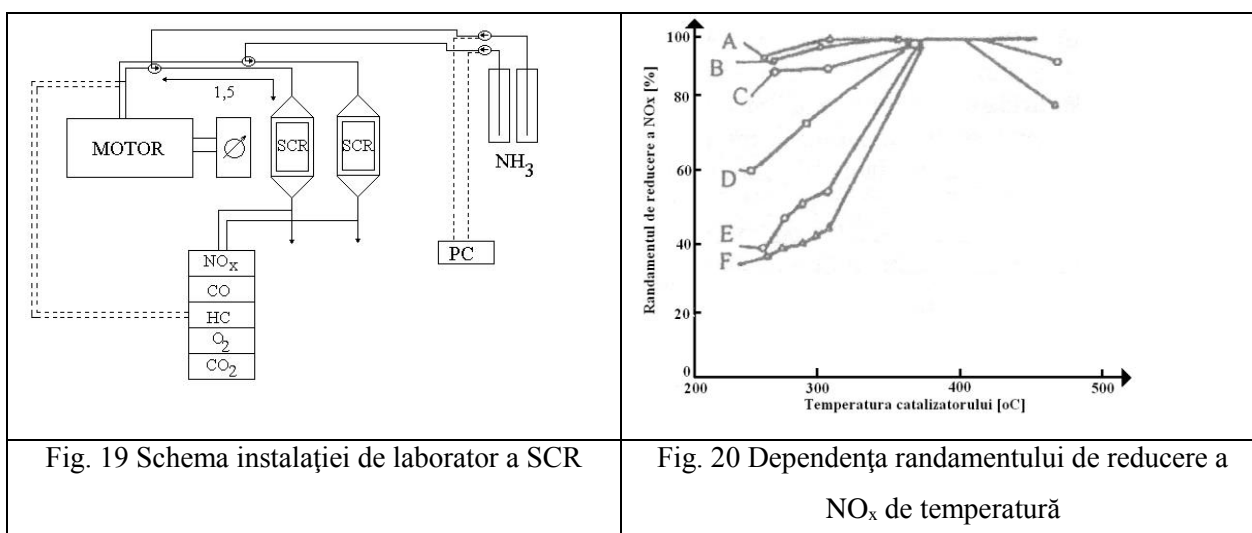
Pentru un amestec echimolecular de NO și NO₂ randamentul de reducere a celor doi oxizi este foarte mare. Ecuația reacției chimice de reducere simultană a celor doi oxizi este relația (6)[23]:



În practică se formează NO₂ suplimentar prin oxidare precatalitică. Frația NO₂ reprezintă 50% din totalul NO_x și poate fi evitată prin reacția cu amoniac, conform ecuației (7) [23]:



În figura (19) este prezentată schema unei instalații de cercetare utilizată pentru efectuarea unui studiu asupra procedeei SCR pentru doi catalizatori diferiți. În acest caz mediul reducător este o soluție apoasă de 25% amoniac. Injecția soluției de amoniac se realizează electronic. [1]



S-au testat mai mulți catalizatori iar concluzia este că randamentul de reducere a oxizilor de azot este diferit în funcție de temperatură. În figura (20) este prezentată dependența randamentului de reducere a NO_x de temperatură pentru 6 tipuri de catalizatori bazați pe V₂O₅/TiO₂ sau zeoliți supersilicici – ZSM. [1] Notațiile corespunzătoare figurii (20) sunt: A – catalizator compact V₂O₅/TiO₂/WO₃, B – suport metalic V₂O₅/TiO₂, C – suport ceramic V₂O₅/TiO₂, D – suport ceramic V₂O₅/TiO₂/WO₃, E – catalizator compact Fe/ZSM, F – suport ceramic Cu/ZSM. Cel mai activ catalizator este A, la fel ca și în cazul surselor staționare.

Impedimenul metodei SCR de reducere a NO_x , folosind ca agent reducător amoniacul este că pot rezulta scăpări de amoniac, fapt care a dus la dezvoltarea sistemului electronic de introducere a amoniacului, care ține cont de emisiile de NO_x , de temperatura catalizatorului și de cantitatea de amoniac stocată în catalizator.[1]. Problema scăpărilor de amoniac poate fi rezolvată prin introducerea unui catalizator de oxidare pe bază de platină, însă inconvenientul major este că acesta generează cantități mari de sulfatați la temperaturi peste $400\text{ }^\circ\text{C}$.[1]

Din figura (20) rezultă că intervalul optim pentru aplicarea procedurii SCR cu amoniac este $200\text{-}500\text{ }^\circ\text{C}$. [15] M. Koebel a experimentat procedura SCR și pentru temperaturi mai mici de $200\text{ }^\circ\text{C}$. Experimentele au fost realizate în reactoare cu debitul gazului de $0,3\text{ m}^3/\text{h}$. Cei doi oxizi de azot: NO și NO_2 au fost adăugați în diferite proporții, iar ca agent reducător s-a folosit amoniacul. Catalizatorul $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2/\text{WO}_3$ a fost folosit sub formă de pulbere și monolit. Rezultatele studiului sunt prezentate în trei situații diferite [23]:

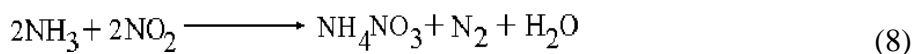
➤ **experiment la $t = 200\text{ }^\circ\text{C}$**

La temperaturi de $200\text{ }^\circ\text{C}$ experimentul a constatat în modificarea cantității de NH_3 ce se adaugă la o cantitate fixă de NO_x . Catalizatorul a fost în acest caz sub formă de monolit. Se observă că gradul de denoxare crește proporțional cu creșterea procentului de dioxid de azot în amestecul de oxizi și atinge valoare maximă pentru un procent de 50 %. Rezultatele catalizei realizată pe o probă monolitică de catalizator pentru diferite valori ale raportului NO_2/NO_x sunt redată în figura (21) [23].

Concluzia studiului a fost că gradul de denoxare depinde de raportul NO_2/NO_x , atingând maximum pentru valoarea de 50% NO_2 , iar pentru valori mai mari de 50% randamentul scade. Totodată, gradul de denoxare depinde și de cantitatea de amoniac adăugată, randamentul maxim obținându-se în intervalul $0\text{-}30\text{ppm}$. În practică doar valorile denoxării la scurgeri mici de NH_3 sunt importante. Se poate observa că denoxarea pentru o scurgere de NH_3 de 10 ppm va crește de la 20% pentru NO pur la 95% pentru un amestec $1:1\text{ NO}:\text{NO}_2$ [23]

➤ **experiment la $t = 150\text{ }^\circ\text{C}$**

La $150\text{ }^\circ\text{C}$ s-au folosit două probe de catalizator: una sub formă de pulbere și cea de-a doua sub formă de monolit. La temperaturi mai mici de $200\text{ }^\circ\text{C}$ are loc reacția de formare a nitratului de amoniu (solid sau lichid) ce decurge conform ecuației (8)[23,12]



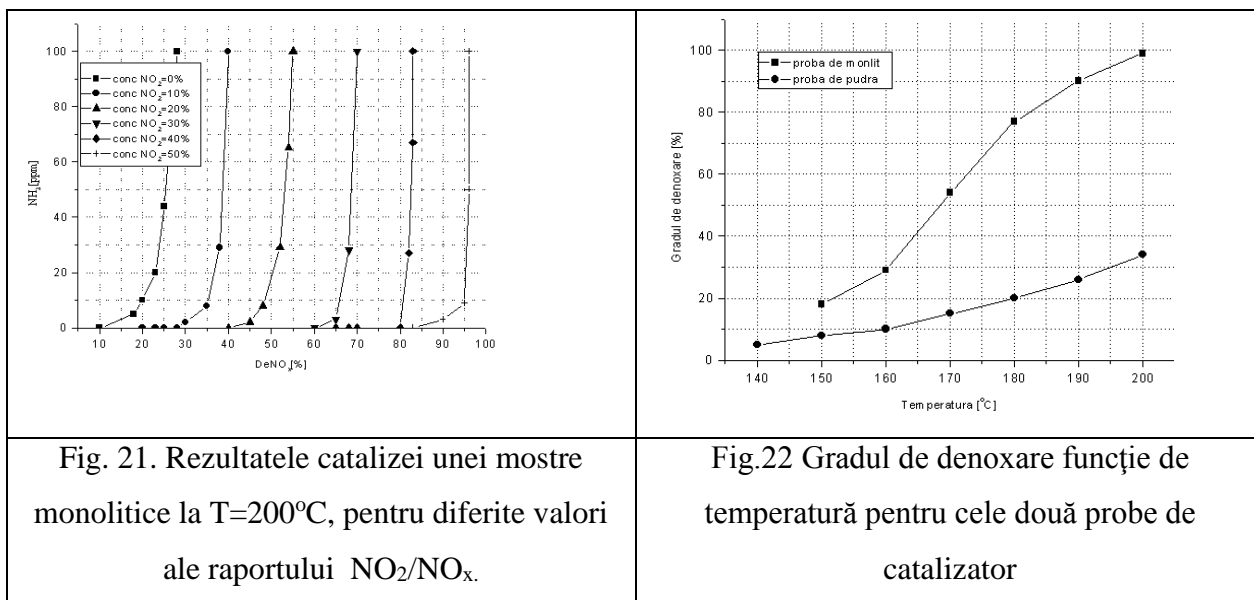
Pentru catalizatorul sub formă de pudră reacția de mai sus este practic una exclusivă. Pentru catalizatorul sub formă de monolit ce a fost mai întâi supusă la o alimentare de bază de 1000

ppm pentru ambele componente: NO_2 și NH_3 se observă o scădere a concentrației de amoniac și implicit a dioxidului de azot.

Inconvenientul procedurii SCR la $150\text{ }^\circ\text{C}$ este acela că se formează nitrat de amoniu care în urma descompunerii termice va genera amoniac și acid azotic, produși care trebuie neutralizați. [23]

➤ **experiment în intervalul $150\text{-}200\text{ }^\circ\text{C}$**

Pentru acest experiment s-au folosit ambele tipuri de catalizatori: pudră și monolit, iar raportul $\text{NO}:\text{NO}_2$ în amestecul gazos a fost de 1:1. În figura (22) este prezentat gradul de denoxare funcție de temperatură pentru cele două probe de catalizator, în intervalul de temperatură studiat.[23]



Reducerea catalitică selectivă cu amoniac ($\text{NH}_3\text{-SCR}$) este o metodă greu de aplicat pentru controlul emisiilor provenite de la mașini datorită prețului prea ridicat și problemelor apărute la manipularea amoniacului. [28] Din acest motiv, în practică, se utilizează mai mult ureea deoarece este mai sigură la manipulare și depozitare și nu este toxică. [1]

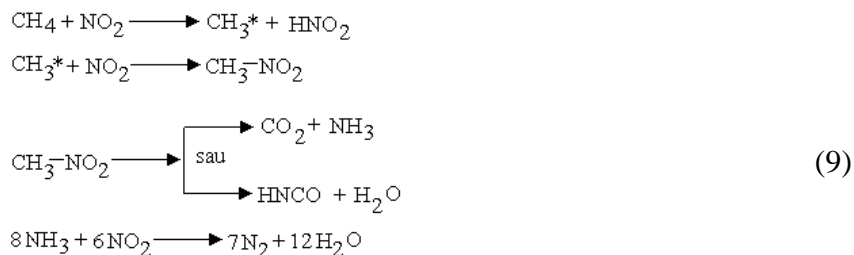
În cazul aplicării procedurii SCR cu uree catalizatorul conține oxizi metalici. Ureea poate fi privită ca un compus de stocare a amoniacului, care este agentul activ în ambele cazuri.[1]

A.3.1.2.2. Reducerea selectivă catalizată folosind hidrocarburi HC-SCR

Procedeul SCR pentru reducerea emisiilor de NO₂ se poate realiza și cu hidrocarburi, folosite ca agent reducător. Primul catalizator utilizat pentru reducerea NO_x prin SCR cu agent reducător hidrocarburi a fost zeolitul Cu-ZSM-5. Multe metale tranziționale și metale nobile sunt considerate acum active din acest punct de vedere: Co-ZSM-5, Fe-ZSM-5, Pt/Al₂O₃, Pt-ZSM-5, Pt/SiO₂. Dintre agenții reducători folosiți în HC-SCR se amintesc: metan, propan, propenă, hexan, amestec octan/izooctan. [28] De asemenea un randament ridicat de reducere a dioxidului de azot se obține prin tratarea cu hidrocarburi în prezența plasmei și a catalizatorilor. [5,24,25]

A.3.1.2.2.1. Reducerea selectivă catalizată HC-SCR folosind metan

În procedeul de reducere selectivă HC-SCR a dioxidului de azot cu metan catalizatorul folosit este Co-ZSM-5. Mecanismul propus pentru acest tip de reducere este redat de ecuațiile chimice (9) [26]:



Acidul cianhidric format poate duce la dezactivarea catalizatorului. [26]

Există și alți catalizatori cu randament bun de reducere a NO₂ folosind ca agent de reducere metanul. Dintre aceștia fac parte cei pe bază de metale nobile, având ca suport sulfatul de zirconiu. În funcție de randamentul lor acești catalizatori au fost grupați în trei categorii [28]:

- catalizatori cu activitate redusă pentru transformarea NO în NO₂ dar cu activitate intensă pentru reducerea NO₂ la N₂: Pd, Rh;
- catalizatori cu activitate intensă pentru transformarea NO în NO₂ dar cu activitate redusă pentru reducerea NO₂ la N₂: Ru, Ir, Pt;
- catalizatori cu activitate redusă pentru ambele reacții: Au, Ag.

Combinarea între Pd cu Pt, Pd cu Ru, Rh cu Pt și Rh cu Ru duce la o reactivitate crescută pentru HC-SCR cu metan. [26]

A.3.1.2.2.2. Reducerea selectivă catalizată HC-SCR folosind propenă

Prin folosirea propenei ca și agent reducător pentru reducerea NO_x la N_2 cu ajutorul metodei HC-SCR se formează compuși intermediari de forma R-NO_2 . Reacțiile care au loc la reducerea NO_x cu propenă sunt similare cu cele care au loc la reducerea cu metan.[26,29]

Pentru procedeul HC-SCR cu propenă se pot folosi ca și catalizatori zeoliții și vapori de zeoliți de forma NaH-Y . Zeolitul este foarte activ pentru această reacție, transformând tot NO_2 la temperaturi cuprinse între $150\text{-}600^\circ\text{C}$. La temperaturi joase propena reacționează ușor cu NO_2 . Reducerea optimă s-a obținut pentru un amestec de NO_2 : $\text{C}_3\text{H}_6 = 4:1$. Prezența acizilor Brønsted pe suportul zeolitic are un efect pozitiv asupra performanțelor catalizatorului. Reactivitatea catalizatorului crește cu creșterea concentrației de acid pe zeolit. [26]

Pentru determinarea performanțelor catalizatorilor zeolitici și a celor cu vapori zeolitici de forma Na-Y s-au făcut determinări spectroscopice, evidențiindu-se dependența absorbantei de lungimea de undă și timp. Pentru aceasta s-au testat două amestecuri și anume: amestecul 1 – $1000 \text{ ppm NO}_2 + 3000 \text{ ppm C}_3\text{H}_6$, iar amestecul 2 - $1000 \text{ ppm NO}_2 + 3000 \text{ ppm C}_3\text{H}_6 + 5 \% \text{ O}_2$ pe suport de zeolit NaH-Y și aburi din același zeolit. Spectrele au fost înregistrate timp de 250 de minute la o temperatură de 120°C . În figura (23) sunt prezentate spectrele rezultate în urma experimentului prezentat mai sus [26]:

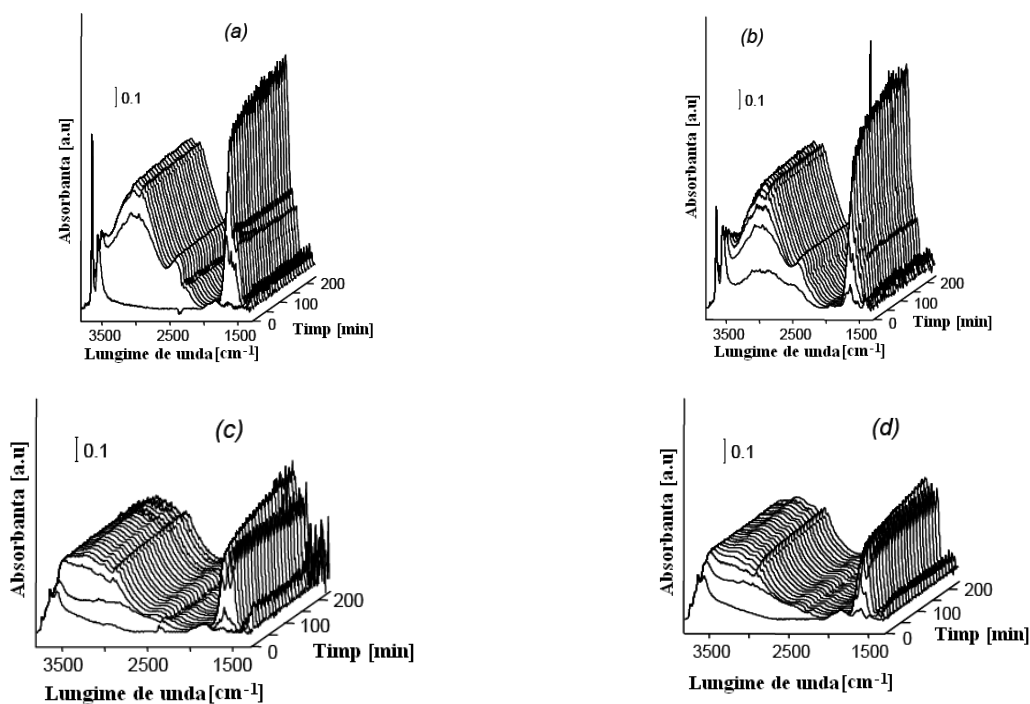


Fig. 23. Spectrele NaH-Y (a,b) și aburi NaH-Y (c,d) expuse la 2 amestecuri: $\text{NO}_2 + \text{C}_3\text{H}_6$ și $\text{NO}_2 + \text{C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2$

Concluzile ce au rezultat în urma experimentului au fost că randamentul de reducere al NO_2 și conversia acestuia în N_2 este similară în cazul celor doi catalizatori, nevariind foarte mult în funcție de prezența sau absența oxigenului. În figura (24) sunt prezentate gradul de conversie a dioxidului de azot și N_2 format în cazul celor doi catalizatori, în prezența oxigenului – cazul a) și în absența oxigenului – cazul b) [26]:

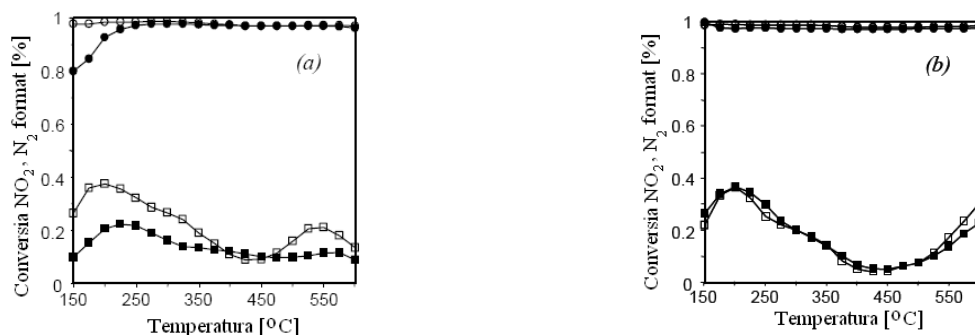


Fig. 24. Conversia NO_2 și N_2 pe suport de NaH-Z și vapori NaH-Y în prezența și în absența oxigenului

În procesul HC-SCR cu propenă sunt utilizați, cu un randament foarte bun și alți catalizatori, cum ar fi: Cu, Co, Fe pe suport de cărbune activ, ZSM-5 sau Al_2O_3 . Ordinea de activitate a acestora în reducerea NO_2 cu propenă în exces de oxigen este $\text{Cu} > \text{Fe} > \text{Co}$ pentru toate trei suporturile. [28] Tot în procedeul de reducere a dioxidului de azot cu propenă cu exces de oxigen s-au folosit și catalizatori bimetalici de tip Cu-Pt/ZSM-5. [28]

A.3.1.2.2.3. Reducerea selectivă catalizată HC-SCR cu plasmă și diferiți catalizatori

Prin metoda HC-SCR cu plasmă și catalizatori se urmărește reducerea simultană a celor doi oxizi de azot, precum și a altor substanțe care rezultă în urma arderii combustibililor în motoarele autovehiculelor. Reducerea acestora se realizează în două etape: în prima etapă plasma stimulează transformarea NO în NO_2 și oxidează parțial câteva din hidrocarburile existente. Speciile parțial oxidate precum și dioxidul de azot sunt mult mai reactive. În a doua etapă catalizatorul este utilizat pentru transformarea NO_2 în N_2 . [5,24,25] În figura (25) este prezentată schema instalației în care au loc cele două etape succesive [24]:

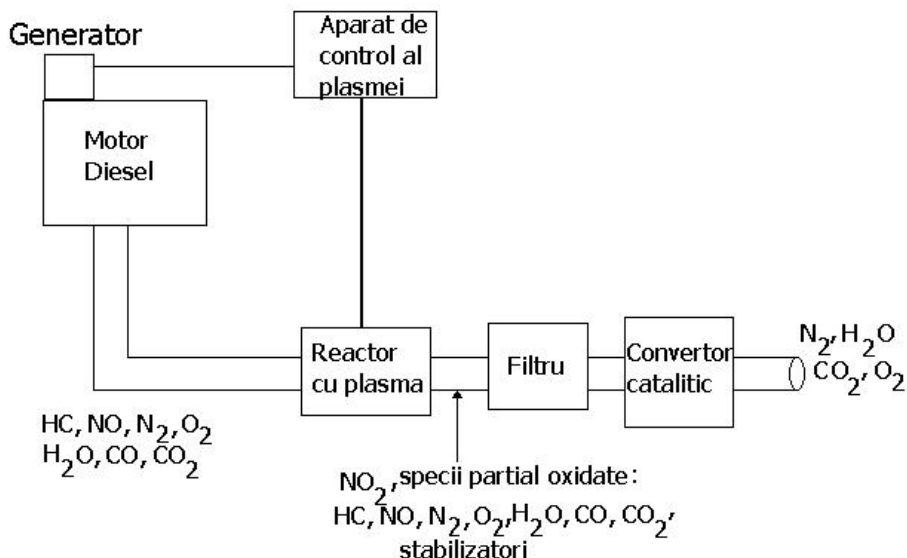
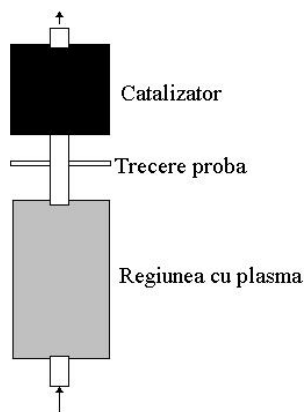


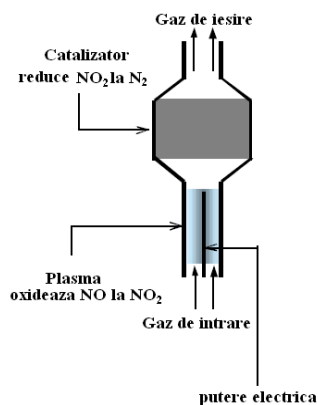
Fig. 25. Schema instalației pentru reducerea NO_2 cu ajutorul catalizatorilor și a plasmei.

Cele două etape succesive: transformarea NO în NO_2 cu ajutorul plasmei și respectiv reducerea NO_2 la N_2 cu ajutorul catalizatorilor se realizează într-un reactor a cărui schemă este redată în figura (26) [25,30]: Tratamentul cu plasmă convertește monoxidul de azot în dioxid de azot, deci amestecul de oxizi de azot care iese din regiunea cu plasmă este în proporție de 98 % dioxid de azot.[25] Apoi acesta este adus la azot molecular prin trecere peste diverși catalizatori, cum ar fi: catalizatori zeolitici, alumina, amestec de alumina și catalizatori zeolitici, Au sau Ag. [15,25,30,31]

În figura 26 este prezentat reactorul plasmă-catalizator, în care are loc reducerea NO_2 , în cele două variante cunoscute: Koebel și Penetrante. [27,30]



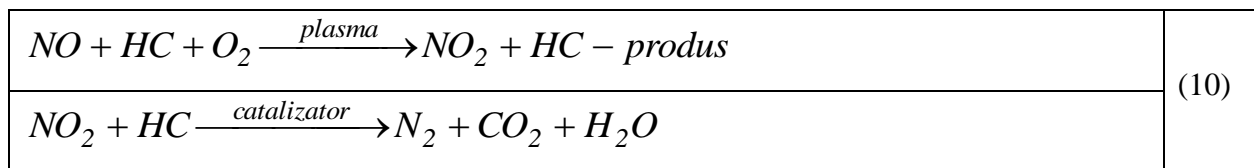
Varianta după Koebel



Varianta după B.M. Penetrante

Fig. 26 Schema reactorului în două etape: plasmă-catalizator

Reducerea NO_x cu plasmă și catalizator se realizează în două etape. Acestea sunt redată în relația (10) [5,30]:



Unde: HC - hidrocarburi

Catalizatorii folosiți pentru reducerea NO_x, utilizând reactorul prezentat mai sus sunt: alumina și zeoliții. Catalizatorul zeolitic are eficiență maximă în intervalul de temperatură 150-300 °C și reduce aproximativ 70 % din dioxidul de azot. La temperaturi superioare intervalului optim randamentul de reducere a oxizilor de azot scade.[25] Au fost studiați mai mulți catalizatori zeolitici cu metale alcaline și alcalino-pământoase. În figura (27) este redat gradul de conversie a dioxidului de azot la azot molecular în funcție de temperatură pentru zeoliți cu metale alcaline (cazul a) și alcalino-pământoase (cazul b). [15]

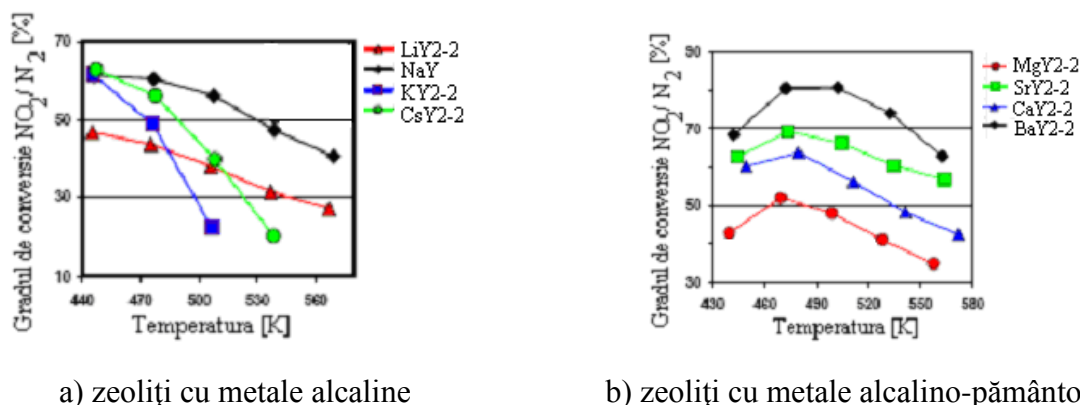


Fig. 27. Gradul de conversie al NO₂ la N₂ în funcție de temperatură pentru zeoliți cu metale alcaline și alcalino-pământoase

Din figura (27) se observă că zeoliții cu Na și Ba sunt cei mai reactivi. Între zeoliții cu metale alcaline ordinea reactivității ar fi: Na/Cs/Li/K iar pentru cei cu metale alcalino-pământoase: Ba/Sr/Ca/Mg. [30]

O reducere mai eficientă a NO₂ este cu ambii catalizatori: zeolitici și alumina. [25] Oxidul de aluminiu metastabil are o activitate semnificativă pentru reducerea termică a dioxidului de azot cu propilenă. Intervalul optim de temperatură în acest caz este 300-600 °C. În studiul de caz prezentat (reducerea NO_x cu plasmă și catalizatori) s-a măsurat activitatea catalizatorului de alumina în combinație cu plasma. La temperaturi mai mici de 250° C se

observă în special absorbția NO_2 . O rată mare de reducere a NO_x (81%) a fost observată când s-a menținut proba la 340°C timp de 18 ore. Pentru a confirma formarea azotului în timpul reacției, azotul din amestecul de reacție a fost înlocuit cu heliu. În acest caz azotul rezultat la sfârșitul reacției este exclusiv cel rezultat din conversia NO_2 prin HC-SCR cu propilenă la tratare cu plasmă și alumină. Dacă amestecul de reacție a fost tratat cu *alumină*, fără plasmă, reducerea NO_x a fost de 10% la 340°C . Când amestecul de reacție a fost tratat cu plasmă catalizatorul (alumina) convertește aproximativ 65% din cantitatea de NO_2 . Toată cantitatea de NO_2 transformată s-a regăsit în N_2 . [25]

În tabelul 4 sunt prezentate efectele utilizării plasmei simultan cu cei doi catalizatori: zeoliți și alumină la reducerea NO_x . [16,31]

Tabelul 4. Efectele utilizării plasmei simultan cu zeoliți sau alumină la reducerea NO_x

Influența plasmei pentru reducerea NO_x cu catalizatori	
Zeoliți	Alumina
Tratarea cu plasmă mărește semnificativ activitatea catalizatorului zeolitic.	La temperatura de 340°C catalizatorul de alumină nu este activ pentru reducerea NO_2 exceptând cazul în care propilena a fost tratată cu plasmă.
Catalizatorul zeolitic poate să reducă NO_2 la N_2 fără tratarea prealabilă cu plasmă a gazelor de reacție.	Pe catalizatorul de alumină la temperaturi mai mici de 340°C NO_2 este redus la N_2 în special prin produșii formați în plasmă, probabil formaldehida. Această presupunere se bazează pe faptul că formaldehida dispare din gaze după trecerea peste catalizatorul de alumină.
În timpul tratamentului cu plasmă NO este oxidat la NO_2 și propilena este parțial oxidată la aldehydă.	

I.2. Modelarea proceselor ce însoțesc emisiile de dioxid de azot

Modelarea și simularea sunt concepte moderne cu aplicabilitate în rezolvarea problemelor de proiectare, analiză, sinteză și prognoză în diverse domenii de activitate, cum ar fi: științe tehnice, științe exacte, medicale, economice sau sociale. [32,33] Modelarea și simularea se bazează pe modele, deci acestea determină toate activitățile ce țin de modelare și simulare sau de procesele conexe acestora: identificarea, similitudinea, proiectarea, reglarea sau conducerea. [32,34]

Modelarea matematică a proceselor are o importanță deosebită în problemele atât de actuale ale protecției mediului, în estimarea concentrației poluanților în anumite puncte, pentru sursele staționare, sau într-o anumită zonă, pentru sursele nestaționare. La ora actuală nivelul poluanților este destul de mare. Oxizii de azot, în special NO₂, constituie un factor poluant, periculos pentru om și mediul său și poate crea diverse probleme la nivel local, regional și chiar global. Din acest motiv estimarea din timp a concentrațiilor poluanților în anumite zone și în anumite condiții este importantă, permițând adoptarea unor măsuri reale de prevenire a acestora. Această predicție se poate realiza cu ajutorul simulării și modelării. Prin modelarea proceselor din ingineria mediului se urmărește obținerea unor relații matematice care să permită predicția concentrațiilor poluanților prin măsurarea unui singur parametru al procesului.

I.2.1. Noțiunea de sistem. Definiție, clasificare

Un *sistem* este o grupare de elemente pasive și active, astfel organizate încât la o comandă să execute o funcție determinată. Principalele caracteristici ale sistemului sunt [33]:

- părțile sale componente se află într-o relație cu ajutorul căreia se delimitează sistemul de mediul înconjurător;
- elementele sistemului au funcții bine determinate;
- între mărimile fizice ale sistemului există relații de cauzalitate.

Teoria sistemelor definește sistemul ca o mulțime ordonată și structurată de entități între care există conexiuni bine determinate. [32,34] Entitățile pot fi grupate în trei categorii [34]:

- concepte – sunt entități abstracte care formează sisteme abstracte, ca de exemplu: sisteme de ecuații matematice, limbajele de programare, etc;

- obiecte – sunt entități materiale fără viață care reprezintă sistemele reale. Ex: un vehicul mecanic
- subiecte – sunt entități materiale cum ar fi de exemplu microorganismele unui sistem biologic sau personalul de operare dintr-o fabrică.

Proprietățile individuale ale entităților sistemului sunt denumite atribute exprimate în majoritatea cazurilor prin numere reale și caracterizând entitatea atât cantitativ cât și calitativ. [34] Pentru studierea unui sistem este importantă delimitarea acestuia. Delimitarea este operația de separare a entităților sistemului de restul mediului înconjurător. La sistemele reale interfața de delimitare coincide de cele mai multe ori cu elementele constructive ale acestora, dar există și situații în care este necesară prezicerea unei interfețe. [34] Pentru descrierea analitică a sistemului este necesar să se cunoască atributele și interacțiunile dintre entități. Fiecare entitate poate fi descrisă matematic printr-un sistem de ecuații care reprezintă relațiile de interdependență dintre atribute. Relațiile dintre atributele sistemului pot fi legi, postulate și teoreme, Ex: legea de conservare a masei, energiei sau impulsului, ecuații de stare, etc. În relația (11) este prezentată o ecuație prin care poate fi descris un sistem [32,34,35]:

$$\begin{aligned}
 R_1(u_1, u_2, \dots, u_q, y_1, y_2, \dots, y_p) &= 0 \\
 R_2(u_1, u_2, \dots, u_q, y_1, y_2, \dots, y_p) &= 0 \\
 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots & \\
 R_r(u_1, u_2, \dots, u_q, y_1, y_2, \dots, y_p) &= 0
 \end{aligned}
 \qquad \text{sau } R(u,y) = 0 \qquad (11)$$

În relația (11) semnificațiile notațiilor sunt: vectorul funcțiilor de legătură: $R = [R_1 \ R_2 \ \dots \ R_r]$, vectorul variabilelor de intrare: $u = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_q]$, vectorul variabilelor de ieșire $y = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_p]$
 Pe baza celor de mai sus sistemul poate fi descris printr-o reprezentare simplificată cum este cea redată în figura (28) [34,35]:

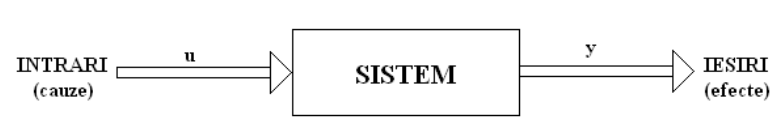


Fig.28 Reprezentarea simplificată a unui sistem

Sistemele pot fi clasificate în mai multe categorii determinate de natura atributelor și de natura relațiilor dintre acestea:

- *sisteme dinamice și statice*. Se definesc ca și *sisteme dinamice* acele sisteme pentru care în orice moment de timp vectorul $y(t)$ depinde de valorile vectorului de intrare $u(t)$ și de

valorile vectorului $u(t+\Delta t)$ iar *sisteme statice* acele sisteme pentru care în orice moment de timp vectorul $y(t)$ depinde doar de valorile vectorului de intrare $u(t)$; [34]

- ***sisteme cu parametri concentrați și distribuiți.*** Sistemele cu atribute dependente de una sau mai multe coordonate spațiale se numesc *sisteme cu parametri distribuiți*, iar sistemele ale căror atribute nu sunt dependente de nici o coordonată spațială se numesc *sisteme cu parametri concentrați*. [34] Criteriul de clasificare în acest caz este distribuția parametrilor în interiorul sistemului [35];
- ***sisteme deterministe sau stochastice.*** Sistemele deterministe sunt acele sisteme pentru care vectorul variabilelor $y(t)$ este univoc cunoscut de $u(t)$ pentru intervalul $t > t_0$, adică la o intrare univoc cunoscută sistemul răspunde cu o ieșire univoc cunoscută. Sistemul stochastic este acel sistem pentru care vectorul $y(t)$ depinde de timp și de o altă variabilă [34] Criteriul folosit în acest caz este predictibilitatea ieșirii la o intrare deterministă [32];
- ***sisteme staționare și nestaționare.*** Sistemele pentru care atributele sunt constante în raport cu variabila independentă poartă numele de *sisteme staționare*, iar cele pentru care atributele variază în raport cu aceeași variabilă se numesc *sisteme nestaționare*; [34]
- ***sisteme uniforme și neuniforme.*** Sistemele pentru care relațiile de dependență a entităților se modifică funcție de diverse variabile se numesc *sisteme neuniforme*. Contrarul este reprezentat de *sistemele uniforme*. [34]
- ***sisteme liniare și neliniare.*** Sistemele uniforme cu relații de dependență liniară sunt *sisteme liniare*. De regulă sistemele neuniforme sunt și *neliniare*. [35]
- ***Sisteme continue, discrete și finite.*** Sistemele continue sunt cele pentru care variabilele terminale sunt funcții continue de timp. [34] Pentru această clasificare s-a aplicat criteriul continuității semnalelor. [35]

1.2.2. Identificarea sistemelor

Identificarea, potrivit definiției lui Zadeh, constă în determinarea pe baza intrării și ieșirii, a unui sistem dintr-o clasă determinată de sisteme față de care sistemul considerat este echivalent. Scopul procesului de identificare este descrierea cât mai completă cantitativ și calitativ a funcționării, respectiv a existenței și stării sistemului sursă. Sinteza celor două aspecte trebuie redată sub forma unui model matematic. [32] Există două modalități de realizare a identificării: ***conceptuală*** când se pleacă de la cunoștințele și informațiile apriorice privind situația analizată, neținându-se cont de datele reale ale prototipului și ***empirică*** în care sunt

considerate doar mărimile de intrare și ieșire, fără a face referire la sensul lor sau la modul de obținere. [36]

Identificarea proceselor este ansamblul metodelor folosite pentru obținerea modelelor matematice cât mai reprezentative pentru procesul studiat. [35]

Etapele identificării sunt următoarele [32,35]:

- ✓ precizarea scopului identificării;
- ✓ determinarea propriu-zisă a modelului matematic:
 - ◆ alegerea structurii modelului pe baza cunoștințelor apriorice;
 - ◆ corelarea parametrilor cu datele disponibile;
 - ◆ verificarea și testarea modelului;
- ✓ concluzii și aplicarea modelului.

Identificarea poate fi clasificată astfel [35,37,38,39]:

- **globală** - se determină atât forma modelului cât și parametrii și constantele ce intervin în ecuațiile acestora;
- **parametrică** - se cunoaște forma modelului matematic și se determină doar domeniul real de valori pentru parametrii sau constantele modelului.

I.2.3. Noțiunea de model. Definiere. Clasificare

Analiza și sinteza unui sistem se poate realiza cu ajutorul modelelor matematice. [33]
Făcând legătura cu sistemul, modelul se poate defini ca o reprezentare adecvată a aspectelor esențiale ale acestuia. [32]

Modelul matematic al unui sistem este un ansamblu de relații matematice, ecuații și inecuații, ce caracterizează și descriu interdependențele dintre parametrii constructivi și funcționali ai sistemului. Prezența inecuațiilor în model se datorează unor restricții cu caracter fizico-chimic, tehnologic sau constructiv.[40,41]

Modelul se consideră a fi un sistem abstract sau material cu ajutorul căruia pot fi studiate indirect proprietățile unui alt sistem, mai complex (sistemul sursă), cu care modelul prezintă o analogie limitată și orientată.

Modelul este o reprezentare a aspectelor esențiale ale unui sistem (existent sau virtual). Necesitatea construcției modelului este determinată de cele mai multe ori de necesitatea studiului, construcției sau conducerii unui sistem, în condițiile imposibilității efectuării acestor

activități asupra sistemului dat, din motive economice, ecologice, de complexitate, de accesibilitate, etc.

Definirea modelului trebuie să țină cont de următoarele:

- oglindirea trebuie făcută printr-o reprezentare simplificată, oferind deci și posibilități de studiu mai simple pentru beneficiarul modelului. Gradul de simplificare trebuie privit prin prisma posibilității de construire a modelului, precum și cea a posibilității de utilizare a acestuia în scopul propus.
- în cadrul aceleiași reprezentări, deseori se consideră necesară relevarea trăsăturilor caracteristice, care diferențiază sistemul studiat de alte sisteme.
- reținerea doar a acelor trăsături care sunt adecvate scopului. [32]

Avantajele pe care le prezintă modelele le fac pe aceste să fie utilizate în foarte multe domenii. Dintre cele mai importante avantaje ale modelelor se pot enumera [32]:

- modelele prezintă o accesibilitate pentru studiu superioară sistemelor sursă;
- modelele necesită mai puțin timp și costuri mai mici pentru realizare și validare;
- modelele permit experimentări chiar și într-un mediu periculos în care s-ar afla sistemul sursă.

La nivelul actual de cunoaștere în domeniu se cunosc mai multe tipuri de modele. Clasificarea acestora se realizează în funcție de anumite criterii. În literatura de specialitate sunt cunoscute trei criterii de clasificare a modelelor: materialitatea modelelor, posibilitatea structurării modelelor elementare [32] și modul de deducere a relațiilor dintre variabile [40].

În funcție de materialitatea lor modelele pot fi **abstracte** sau **materiale**, în funcție de posibilitatea structurării modelelor elementare modelele pot fi **sintetice** sau **structurale**, iar în funcție de modul de deducere a relațiilor dintre variabile modelele pot fi **analitice**, **statistice** sau **stohastice**. [32,40,42]

Modelele abstracte se pot clasifica după cum urmează [32]:

a) funcție de forma de prezentare:

❖ forma clasică:

- modele matematic-analitice pentru elaborarea cărora se ține seama de legile fizice, acestea concretizându-se în relații matematice;
- matematic-analogice pentru elaborarea cărora se utilizează o presupusă analogie cu legi fizice cunoscute;

❖ mulțimi de date corelate de intrare și ieșire;

- ❖ forma descriptivă care este cel mai des utilizată în medicină;
- b) funcție de aspectul sistemului:
 - ❖ model conceptual – este modelul prin care se urmărește compoziția sau structura internă a sistemului studiat;
 - ❖ model informațional – este modelul prin care se urmărește comportamentul sistemului și modul de transmitere a informației;
 - ❖ model hibrid – modelul la care se urmăresc ambele aspecte prezentate mai sus.

Modelele materiale permit rezolvarea prin experimente a unor probleme ce nu pot fi rezolvate pe cale analitică. Modelele materiale se clasifică în două tipuri [32]:

- ❖ modele similare – în acest caz modelul este de aceeași natură cu sistemul sursă și se diferențiază de acesta prin numărul sau valoarea dimensiunilor sau caracteristicilor;
- ❖ modele analoge – se bazează pe fenomene diferite de cele din sistemul sursă însă ecuațiile matematice care redau comportamentul modelului au aceeași formă cu cele care descriu sistemul sursă.

Modelele analitice se bazează pe ecuații de conservare care se obțin prin scrierea ecuațiilor de bilanț pentru sistem sau pentru o porțiune infinitesimală a acestuia. [40] **Modelele statistice** se bazează pe corelarea datelor experimentale. Forma ecuațiilor poate să nu fie corelată cu semnificația fizică a variabilelor ce caracterizează procesul. [40] **Modelele stochastice** sunt utilizate în cazul în care descrierea probabilistică este mai apropiată de comportarea reală a procesului. [36,40]

Modelele sintetice sunt acele modele la care proprietățile relevante sunt prezentate într-un tot cvasiunitar iar **modelele structurale** sunt constituite din unul sau mai multe modele elementare. [32]

1.2.4. Noțiunea de modelare. Etapele modelării

Modelarea reprezintă activitatea de elaborare a modelului unui sistem sursă. Etapele modelării sunt următoarele [32,36]:

- construirea modelului urmând pașii următori:
 - ◆ analiza preliminară a sistemului sursă pentru stabilirea parametrilor importanți și a legăturilor dintre aceștia;
 - ◆ stabilirea structurii modelului;

- ◆ stabilirea valorilor parametrilor definatorii.
- analiza modelului;
- compararea rezultatelor analizei cu date experimentale;
- corectarea modelului, dacă este cazul;
- validarea

Modelarea matematică prezintă o serie de **avantaje**, cum ar fi: aprofundarea cunoașterii și înțelegerii procesului, proiectarea optimală a instalațiilor, optimizarea exploatării instalațiilor în funcțiune, controlul optimal, predicția unor fenomene sau evenimente[35,40]

I.2.5. Abordarea structurală a teoriei modelării

Elementele de bază ale teoriei modelării sunt definite cu ajutorul unor concepte din teoria sistemelor, ca de exemplu [32]:

- **sistemul real sau sistem sursă** - este sursa datelor observabile (de cele mai multe ori perechi de date intrare/ieșire);
- **modelul bază** constituie imaginea sau modelul mental prin care este perceput sistemul real. Este un sistem capabil să redea, chiar ipotetic, întregul comportament al acestuia. Complexitatea mare a sistemului real determină o complexitate similară a modelului-bază.
- **cadrul experimental** reprezintă setul de circumstanțe limitate în domeniul cărora sistemul real va fi observat și înțeles cu scopul de a se realiza modelarea. Este un set restrâns al mărimilor comportamentale de la ieșire;
- **modelul concentrat** - reprezintă modelul capabil să reproducă comportamentul la ieșire al sistemului real prin prisma limitărilor impuse de cadrul experimental. E o simplificare a modelului de bază, structura sa fiind complet cunoscută de investigator.
- **calculatorul** generează comportamentul modelului concentrat.

În figura (29). este prezentată schematic abordarea structurală a teoriei modelării.

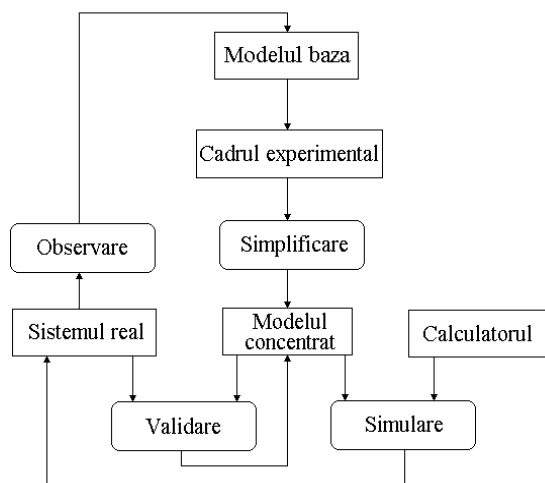


Fig. 29. Prezentarea schematică a abordării structurale a teoriei modelării

Din figura (29) se observă că în cazul teoriei modelării operațiile importante sunt: validarea, simplificarea și simularea. [32] **Validarea** constă în obținerea relațiilor de corelație dintre model și sistemul real. Scopul validării este acela de a certifica faptul că modelul reflectă sistemul real. Validarea, fiind un proces dificil, poate fi realizată la mai multe niveluri existând mai multe forme de realizare, după cum urmează [32]:

- ◆ validitate aparentă – când modelul este acceptat ca rezonabil;
- ◆ validitate la modul replicativ – dacă traiectoriile sale urmează datele de intrare și ieșire ale sistemului real;
- ◆ validitate predictivă – dacă traiectoriile modelului urmează date experimentale neutilizate la elaborarea sa;
- ◆ validitate structurală – când există similitudine de comportament între model și sistem.

Simplificarea este operația de obținere a relațiilor de corelație dintre modelul de bază și modelele sale concentrate. Scopul simplificării este acela de a realiza cel mai bun model concentrat pentru condițiile experimentale în care a fost definit. [32] **Simularea** conține relațiile de corelație între datele experimentale și model. Scopul simulării este acela de a obține certitudinea că mijlocul de calcul reproduce cu fidelitate comportamentul indus de model. [32,43,44]

1.2.6. Conceperea modelelor

La conceperea modelelor trebuie luate în calcul următoarele aspecte [32]:

- oglindirea trebuie făcută printr-o reprezentare simplificată;
- în cadrul aceleiași reprezentări trebuie evidențiate trăsăturile caracteristice, care diferențiază sistemul analizat de alte sisteme;
- pentru realizarea modelului trebuie reținute doar acele caracteristici ale sistemului care sunt adecvate scopului stabilit.

1.2.6.1. Proceduri de determinare a modelelor

În contextul teoriei generale a modelării, prin identificare se poate înțelege una din modalitățile de determinare a modelului unui sistem sursă, modalități denumite **proceduri**. [32] Se cunosc mai multe modalități de elaborare a modelelor denumite proceduri. În cele ce urmează vor fi prezentate trei dintre acestea.

1.2.6.1.1. Procedura Tertîșco și Stoica [32, 45]

Procedura propusă de Tertîșco și Stoica scoate în evidență cele două laturi: experimentală și teoretică. Pentru realizarea modelelor după procedura mai sus menționată se parcurg mai multe etape:

- ◆ **înțelegerea sistemului** – în această etapă se stabilesc mărimile de intrare;
- ◆ **caracterizarea modelului**
- ◆ **stabilirea obiectivelor și sarcinilor** – se stabilește gradul de complexitate al modelului și ce tip de model este adecvat pentru sistemul studiat;
- ◆ **proiectarea experimentului** - este utilă pentru îmbunătățirea preciziei estimațiilor parametrilor modelului. Datele care rezultă în urma experimentului de identificare urmează a fi validate și corectate, utilizându-se apoi pentru operația de identificare propriu-zisă;
- ◆ **alegerea setului de modele** – este cea mai importantă etapă. În această etapă se stabilește clasa de modele reprezentative pentru sistemul studiat;
- ◆ **determinarea modelelor** – se realizează prin estimări parametrice, ex: regresie multiplă liniară sau neliniară, metoda variabilelor instrumentale, metoda verosimilității maxime, etc;
- ◆ **validarea modelului**

I.2.6.1.2. Procedura Eykhoff [32]

Procedura Eykhoff prevede formularea modelelor folosind două căi distincte: calea abstractă și cea bazată pe experiment. *Calea abstractă* pornește de la un bilanț de substanță sau energie. Complexitatea majorității sistemelor necesită simplificarea modelului prin: liniarizarea ecuațiilor neliniare, găsirea condițiilor în care sistemul poate rămâne invariant, etc. *Calea bazată pe experiment*, oferă posibilitatea de verificare sau de construire și validare de model pe baza culegerii și prelucrării datelor asupra comportamentului intrare/ieșire.

Principalele etape ce trebuie urmate pentru deducerea unui model cu ajutorul procedurii Eykhoff sunt:

- studierea experimentală a sistemului – se culeg informații despre sistem, se aleg metodele experimentale de studiu, se alege aparatura necesară și se stabilesc factorii perturbatori;
- realizarea experimentului
- interpretarea datelor experimentale obținute, corectarea erorilor și prelucrarea statistică a datelor determinându-se funcțiile de corelație.
- minimizarea erorilor.

În figura (30) este redată schema logică a procedurii Eykhoff de deducere a modelelor. [32,40]:

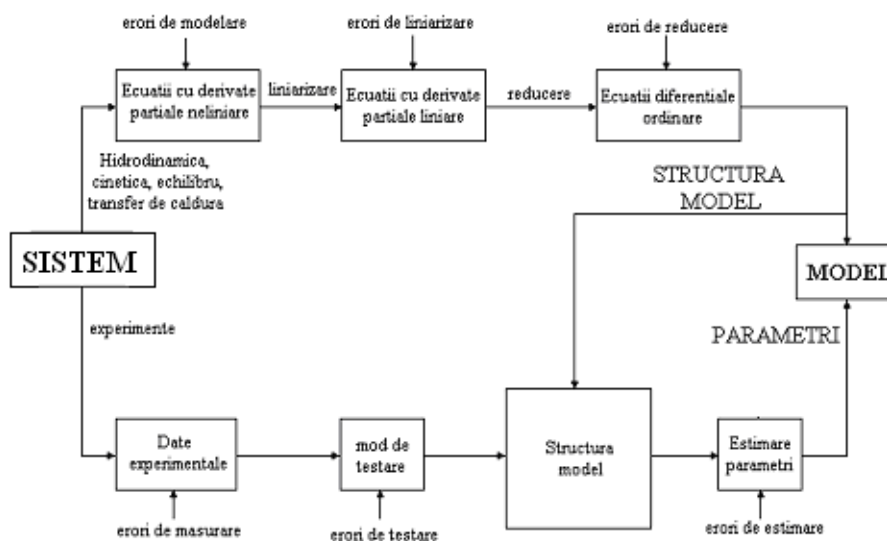


Fig. 30. Schema logică a procedurii Eykhoff de deducere a modelelor

I.2.6.1.3. Procedura Söderström și Stoica [32,45]

Schema logică ce redă etapele importante ce trebuie parcurse pentru deducerea modelelor prin metoda Söderström și Stoica este redată în figura (31):

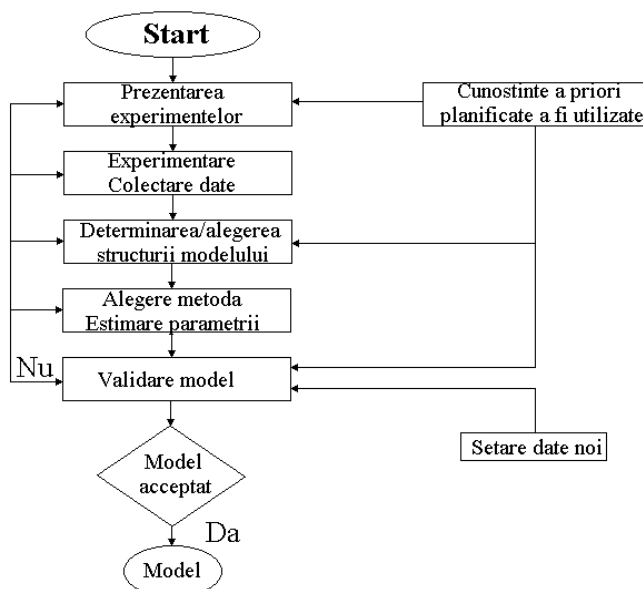


Fig. 31. Etapele determinării modelelor prin metoda Söderström și Stoica

I.2.6.2. Aprecierea calității modelelor [32]

Calitatea modelului elaborat este dată de fidelitatea cu care acesta reproduce comportamentul sistemului sursă și depinde de corectitudinea stabilirii scopului analizei și de metodele alese pentru stabilirea modelului.

I.2.6.3. Echivalența sistemului cu modelul [32]

Este important ca după elaborarea modelului să se stabilească echivalența sa cu sistemul sursă. Pentru aceasta se consideră că dacă sistemul sursă S are structura „U,X,Y,d,l,t”, atunci modelul lui S este doar un alt sistem S' cu structura „U',X',Y',d',l',t'”. Teoria modelării optează pentru cele mai bune relații care stabilesc echivalența dintre cele două sisteme, reprezentată printr-o funcție matematică determinată pe baza unui criteriu, a pierderilor sau a erorii. Echivalența dintre sistemul sursă și modelul determinat se poate exprima conform relației (12):

$$E_c = E'(y, y_m) \quad (12)$$

unde: E_c – echivalența, y – ieșirea sistemului, y_m - ieșirea modelului

În cele ce urmează vor fi descrise metodele de elaborare a modelelor matematice analitice, experimentale și statistice.

1.2.6.4. Metodologia de elaborare a modelelor matematice analitice

Pentru deducerea analitică a modelului matematic se pot folosi: relații ce descriu transportul mărimilor conservabile: masă, energie și impuls, ecuații de stare, ecuații de echilibru, relații asociate cineticii reacțiilor chimice. [40, 46,47]

1.2.6.4.1. Ecuația de transport generalizată

Se notează cu Ψ mărimea generalizată care este reprezentarea generică pentru mărimile conservabile: masă totală, masă de component, energie și impuls. Dacă se notează densitatea cu Γ se pot scrie relațiile pentru cele trei legi de conservare [46]:

- **legea conservării masei** se enunță astfel: diferența dintre debitul masic de intrare și debitul masic de ieșire reprezintă viteza de variație a masei în sistem. [47,48,49] Expresiile mărimii generalizate pentru această lege sunt prezentate în tabelul nr. 5 [46]:

Tabel nr. 5. Expresiile mărimii generalizate pentru legea conservării masei

Masă totală	Masă de component
$\Psi = m$ [Kg];	$\Psi = N_i$ [Kmol];
$\Gamma = \Psi/V = m/V = \rho$ [Kg/m ³]	$\Gamma = \Psi/V = N_i/V = c_i$ [Kmol/m ³]

- **legea conservării energiei** se enunță conform relației (13) [47,48]:

Debitul de energie care intră în sistem, prin convecție sau difuzie	-	Debitul de energie care iese din sistem, prin convecție sau difuzie	+/-	Caldura adăugată sistemului prin conducție, radiație sau reacție, în unitatea de timp	-	Lucrul mecanic efectuat de sistem asupra mediului	=	Viteza de variație a energiei în sistem	(13)
---	---	---	-----	---	---	---	---	---	------

Expresiile mărimii generalizate pentru această lege sunt prezentate în relația (14) [46]:

$$\Psi = mc_p T \text{ [Kcal]}; \Gamma = \Psi/V = mc_p T/V = \rho c_p T \text{ [Kcal/m}^3\text{]} \quad (14)$$

➤ **legea conservării impulsului** se definește astfel: viteza de modificare a cantității de mișcare a unui sistem pe direcția i este egală cu suma forțelor ce acționează asupra sistemului, pe această direcție. [48]. Expresiile mărimii generalizate pentru această lege sunt prezentate în relația (15) [46]:

$$\Psi = mv \text{ [Kg*m/s]}; \Gamma = \Psi/V = mv/V = \rho v \text{ [Kg m/s m}^3\text{]} \quad (15)$$

Pentru tabelul nr. 5 și relațiile (14) și (15) notațiile sunt [46]:

Ψ – mărime generalizată;

m – masa [Kg]

N_i – masa componentului i [Kmol];

c_p – căldura specifică [Kcal/KgK];

T – temperatura [K];

v - viteza [m/s];

ρ – densitate [Kg/m³];

c_i – concentrația componentului i [Kmol/m³].

Forma generală a ecuației de transport a mărimii generalizate este redată de relația (16) [46]:

$$A = I - E - C \quad (16)$$

Unde: A – acumularea mărimii generalizate în unitatea de volum a sistemului și în unitatea de timp; I – fluxul care intră în unitatea de volum a sistemului și în unitatea de timp; E - fluxul care iese din unitatea de volum a sistemului și unitatea de timp; C – consumul mărimii generalizate în unitatea de timp, în aceeași unitate de volum.

Unitatea de volum depinde de natura sistemului: dacă sistemul este cu parametri concentrați aceasta se referă la întregul sistem iar dacă sistemul este cu parametri distribuiți la elementul diferențial de volum. [35,46]

Bilanțul de materiale reprezintă o particularizare a legii conservării masei. Pentru realizarea bilanțurilor de materiale se parcurg următoarele etape [48]:

⇒ delimitarea sistemului;

⇒ alcătuirea schemei de circulație a materialelor;

⇒ scrierea ecuațiilor reacțiilor chimice (dacă au loc);

⇒ stabilirea transformărilor fizice care au loc în fiecare fază

⇒ alegerea intervalului de timp pentru care se realizează calculul de bilanț;

⇒ întocmirea bilanțului de materiale pentru fiecare fază.

I.2.6.4.2. Ecuatii de stare

Ecuatiile de stare stabilesc modul în care proprietățile fizice se modifică în raport cu temperatura, presiunea sau compoziția. [47] Altfel spus ecuațiile de stare exprimă legătura dintre variabilele dependente de cele independente, numite și mărimi de stare. [46]. Cele mai des utilizate ecuații de stare sunt: entalpia lichidului, entalpia vaorilor, densitatea vaporilor sau gazelor ce poate fi aproximată cu legea gazelor perfecte, presiunea parțială a vaporilor, dependența presiunii de vapori de temperatură, etc. [46,47]

Ecuatiile de stare ajută la alegerea variabilelor de decizie cu ajutorul cărora procesul poate fi condus în direcția dorită. Una dintre cele mai uzuale ecuații de stare este ecuația gazelor.

I.2.5.5.3. Relații de echilibru

Relațiile de echilibru redau condițiile în care între două faze omogene aflate în contact nu are loc transport al mărimii generalizate. De exemplu pentru reacții omogene de tipul celor prezentate în relația (17) echilibrul chimic este atins când este îndeplinită condiția dată de relația (18) [46,50]:



$$-v_1 q_1 - v_2 q_2 + v_3 q_3 + v_4 q_4 = 0 \quad (18)$$

Pornind de la aceste relații se poate deduce constanta de echilibru a cărei expresie este redată în relația (19) [46]:

$$K_p = (p_3^{v_3} \cdot p_4^{v_4}) / (p_1^{v_1} \cdot p_2^{v_2}) \quad (19)$$

Notațiile pentru relațiile (17), (18) și (19) sunt: v_i – coeficientul reacției chimice, q_i – potențialul chimic al componentului i [J], K_p – constanta de echilibru, p_i – presiunea parțială a componentului i [N/m²].

I.2.6.4.4. Ecuatii cinetice

Ecuatiile cinetice redau dependența vitezei de reacție de concentrațiile reactanților. În relațiile (20) și (21) sunt redată expresiile vitezei de reacție pentru reacții de ordinul I și ordinul II [46,47]:

$$r = kC_A \quad (20)$$

$$r = kC_A C_B \quad (21)$$

Notațiile pentru relațiile (20) și (21) sunt: C_A , C_B – concentrațiile reactanților [Kmol/m^3], r – viteza de reacție [47].

În cazul analizei teoretice a sistemului modelul se determină pe baza ecuațiilor de bilanț ce îl caracterizează. Pentru construcția modelului se parcurg, de regulă următoarele etape [32]:

- ✓ stabilirea unor ipoteze simplificatoare asupra sistemului;
- ✓ stabilirea ecuațiilor de bilanț pentru masele, energiile și impulsurile, care apar în cadrul sistemului. Scrierea acestor ecuații se face pentru întreg sistemul, în cazul sistemelor cu parametri concentrați, sau pentru un element infinitezimal, pentru sistemele cu parametri distribuiți;
- ✓ stabilirea ecuațiilor de stare;
- ✓ stabilirea ecuațiilor fenomenologice, în cazul proceselor
- ✓ scrierea ecuațiilor de bilanț pentru entropii, în cazul în care au loc mai multe procese ireversibile.

1.2.6.5. Metodologia de elaborare a modelelor matematice experimentale

Elaborarea experimentală a unui model matematic se impune atunci când sistemul este insuficient cunoscut sau atunci când este prea complex și este necesară obținerea unui model mai simplu.[40] Operația de determinare experimentală a modelului este identică cu identificare experimentală. Procedeele de identificare experimentală sunt parametrice atunci când este cunoscută structura sistemului sau neparametrice când structura sistemului nu este cunoscută. [32] Principalele metode ce pot fi folosite pentru identificare experimentală sunt [32]:

A. Analiza Fourier este utilizată în special pentru determinarea caracteristicilor de frecvență la sistemele liniare care operează cu semnale continue;

B. Analiza de corelație este folosită în cazul identificării sistemelor liniare care operează cu semnale continue sau discrete. Mărimile de intrare sunt în acest caz semnale stohastice sau periodice;

C. Analiza spectrală se aplică în aceleași condiții ca și analiza de corelație și are ca rezultat obținerea funcțiilor de densitate spectrală și a funcțiilor asociate;

D. Procedee de identificare care utilizează modele ajustabile se folosesc pentru estimarea parametrilor modelelor analogice (coeficienții ecuațiilor diferențiale) care operează cu semnale continue;

E. Procedee de estimare a parametrilor furnizează estimațiile parametrilor modelului unui sistem cu structură cunoscută. Aceste procedee se pot utiliza atât în cazul semnalelor discrete, cât și în cazul semnalelor continue. Ca semnal de eroare între sistem și model se utilizează eroarea generalizată și eroarea de ieșire.

I.2.6.5.1. Etapele deducerii modelelor experimentale. Generalități

Etapele deducerii modelelor experimentale sunt următoarele [32,40,51,52]:

- ✓ organizarea și realizarea experimentelor pentru studiul comportamentului sistemului pe baza sau ținând cont de:
 - culegerea informațiilor asupra sistemului de studiat;
 - alegerea modalității de experimentare;
 - alegerea aparaturii;
 - estimarea factorilor de perturbație;
- ✓ efectuarea experimentului și prelevarea datelor în cursul acestuia;
- ✓ stabilirea și eliminarea erorilor grosolane;
- ✓ interpretarea și prelucrarea datelor experimentale prelevate:
 - selecționarea și sistematizarea datelor obținute;
 - corelarea erorilor ;
 - prelucrarea statistică;
- ✓ deducerea modelului prin utilizarea metodelor de aproximare matematică a rezultatelor interpretate și prelucrate (metode de minimizare a erorilor);
- ✓ verificarea modelului.

I.2.6.5.2. Modele statistice. Descriere. Elaborare

Elaborarea modelelor statistice se bazează pe corelarea statistică a datelor experimentale. [40] Pentru realizarea practică a unui model statistic se parcurg următoarele etape:

a) **determinarea erorilor** ce pot apărea în timpul studierii sistemului. Aceste erori se numesc erori de măsurare și se clasifică în trei clase: erori sistematice, erori aleatorii și erori grosolane. **Erorile sistematice** nu variază la repetarea unei măsurători în aceleași condiții, iar dacă măsurătorile se fac în condiții diferite aceste erori variază în mod determinabil. Există trei tipuri de erori sistematice: constante, variabile și nestăpânite. Primele două pot fi corectate. Înainte de a începe un experiment trebuie prevăzute toate erorile sistematice care pot apărea și eliminate, pe cât posibil. [50] **Erorile aleatorii** variază imprevizibil la repetarea experimentului în aceleași condiții. Acest tip de erori se datorează fluctuațiilor instrumentelor de măsurare sau influenței unor factori de mediu. În cazul unui număr foarte mare de experimente se consideră că eroarea aleatorie a mediei rezultatelor succesive este cu atât mai mică cu cât se realizează mai multe măsurători. Repartiția erorilor aleatorii se face conform curbei lui Gauss. **Erorile grosolane** se datorează efectuării necorespunzătoare a unui experiment. [51]

b) **eliminarea erorilor grosolane**. Aceste erori se recunosc prin faptul că sunt valori foarte mari sau foarte mici în raport cu restul rezultatelor de măsurare. Pentru eliminarea acestor erori se pot folosi două teste [51]:

⇒ testul Q (testul Dean și Dixon)

Acest test este utilizat în cazul unui număr mic de date experimentale. Testul constă în determinarea valorii Q a cărei expresie este redată de relația (22):

$$Q = \frac{x^* - x_1}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (22)$$

unde: x_1 – valoarea cea mai apropiată de valoarea suspectă a fi eroare grosolană; x^* - valoarea suspectă a fi eroare grosolană; $x_{\max} - x_{\min}$ reprezintă amplitudinea împrăștierei.

Dacă valoarea Q calculată este mai mare decât valoarea Q tabelată în bibliografia de specialitate, în funcție de nivelul de încredere valoarea x^* este nesigură și trebuie eliminată.

⇒ testul t (testul student)

Acest test poate fi folosit pentru orice număr de determinări experimentale. Se calculează eroarea standard fără valoarea suspectată a fi eroare grosolană. Relația matematică pentru calculul erorii standard este redată în relația (23):

$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}_{n-1})^2}{n - 2}} \quad (23)$$

\bar{x}_{n-1} - media aritmetică fără valoarea x^* , s_{n-1} – eroarea standard fără valoarea x^* .

c) **alegerea formei ecuației empirice sau forma modelului.** Forma de bază a unui model statistic este cea a unui sistem de ecuații algebrice. Stabilirea numărului de ecuații se face pe baza împărțirii variabilelor în dependente (de ieșire) și independente (de intrare). Dacă u_1, u_2, \dots, u_m sunt variabile independente și y_1, y_2, \dots, y_k sunt variabile dependente forma modelului este redată de relația (24) [40]:

$$y_j = f_j(u_1, u_2, \dots, u_m) \quad (24)$$

unde $j=1, \dots, k$

Stabilirea formei ecuațiilor se mai poate face și prin analiză dimensională. În mod arbitrar, se poate alege pentru exprimarea dependenței o formă polinomială ca cea prezentată în relația (25):

$$y(u_1, u_2, \dots, u_m) = a_0 + a_1 u_1 + \dots + a_m u_m + a_{12} u_1 u_2 + \dots + a_{1m} u_1 u_m + \dots + a_{mm} u_m^2 + \dots \quad (25)$$

Această alegere este justificată de faptul că ea corespunde unei dezvoltări în serie trunchiată (de exemplu serie Taylor) a dependenței reale $y(u_1, u_2, \dots, u_n)$. [40]

d) **stabilirea coeficienților modelului.** Pentru definitivarea modelului este necesar să se determine valorile coeficienților ecuațiilor stabilite anterior. Există mai multe metode de determinare a coeficienților și anume [51]:

⇒ metoda punctelor – pe curba reprezentată a valorilor măsurate se aleg un număr de puncte egal cu numărul coeficienților ce trebuie determinați. Perechile de valori x, y obținute se introduc în ecuația curbei, rezultând un sistem de n ecuații cu n necunoscute. Prin rezolvarea acestui sistem se determină cei n coeficienți ai modelului;

⇒ analiza de regresie liniară [51] – folosește metoda celor mai mici pătrate pentru determinarea coeficienților ecuațiilor liniare.

În continuare este prezentat modul de deducere a coeficienților ecuației liniare redată de relația (26):

$$y = b_0 + b_1 x \quad (26)$$

Coeficientul b_0 (termenul liber) este segmentul de pe axa OY cuprins între originea axelor și punctul de intersecție al dreptei cu axa OY. Coeficientul b_1 este tangenta unghiului de înclinare a drepte față de axa OX și reprezintă panta dreptei. [51]

Condiția care trebuie pusă este: dispersia abaterilor valorilor determinate experimental y față de valorile determinate pe baza ecuației de regresie (26) să fie minimă. Acest lucru este redat în relația (27):

$$U = \sum_{i=1}^n [y_i - (b_0 + b_1 x_i)]^2 = \min \quad (27)$$

Unde: U – funcția de eroare, b_0 și b_1 – coeficienți de regresie.

Pentru a afla valorile coeficienților b_0 și b_1 care minimizează funcția U se anulează derivatele parțiale ale expresiei (27) în raport cu coeficienții funcției de regresie: b_0 , b_1 și se obține un sistem de ecuații ce poartă numele de ecuații normale. Prin rezolvarea matematică a sistemului de ecuații se obțin valorile coeficienților b_0 și b_1 redată în relațiile (28) și (29):

$$b_0 = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (28)$$

$$b_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (29)$$

De cele mai multe ori în cercetarea științifică a unui sistem o proprietate y depinde de mai mulți factori - n. În acest caz se vor scrie ecuațiile pentru toți factorii și se va obține un sistem de n ecuații cu n necunoscute, prin rezolvarea căruia se obțin valorile coeficienților.

⇒ analiza de regresie neliniară [51] - folosește metoda celor mai mici pătrate pentru determinarea coeficienților ecuațiilor neliniare. Ecuația corelației multiple neliniare de ordinul 2 este redată de relația (30) [52]:

$$Y(x_1, x_2) = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_1^2 + a_4 x_2^2 + a_5 x_1 x_2 \quad (30)$$

Coeficienții a_0, a_1, \dots, a_5 se numesc coeficienții funcției de regresie. Aceștia se determină cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate, în așa fel încât dispersia abaterilor valorilor determinate experimental y față de valorile determinate pe baza ecuației de regresie (30) să fie minimă. Această situație este redată matematic prin relația (31):

$$M(f) = M[y - Y(x_1, x_2)]^2 = \min, \text{ unde:}$$

$$f(a_0, a_1, \dots, a_5) = (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)^2 \quad (31)$$

M – funcția de eroare, a_0, a_1, \dots, a_5 - coeficienții funcției de regresie.

Pentru aceasta se anulează derivatele parțiale ale expresiei (31) în raport cu coeficienții funcției de regresie: a_0, a_1, \dots, a_5 iar ecuațiile matematice sunt redată în relația (32) [52]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial a_0} &= -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2) = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial a_1} &= -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_1 = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial a_2} &= -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_2 = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial a_3} &= -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_1^2 = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial a_4} &= -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_2^2 = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial a_5} &= -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_1 \cdot x_2 = 0 \end{aligned} \quad (32)$$

Se obține astfel sistemul de 6 ecuații cu 6 necunoscute: a_0, a_1, \dots, a_5 ce se regăsește în relația (33) [51]:

$$\begin{aligned} na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_1^2 + a_4 \sum x_2^2 + a_5 \sum x_1x_2 &= \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1x_2 + a_3 \sum x_1^3 + a_4 \sum x_1x_2^2 + a_5 \sum x_1^2x_2 &= \sum yx_1 \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_1^2x_2 + a_4 \sum x_2^3 + a_5 \sum x_1x_2^2 &= \sum yx_2 \\ a_0 \sum x_1^2 + a_1 \sum x_1^3 + a_2 \sum x_1^2x_2 + a_3 \sum x_1^4 + a_4 \sum x_1^2x_2^2 + a_5 \sum x_1^3x_2 &= \sum yx_1^2 \\ a_0 \sum x_2^2 + a_1 \sum x_1x_2^2 + a_2 \sum x_2^3 + a_3 \sum x_1^2x_2^2 + a_4 \sum x_2^4 + a_5 \sum x_1x_2^3 &= \sum yx_2^2 \\ a_0 \sum x_1x_2 + a_1 \sum x_1^2x_2 + a_2 \sum x_1x_2^2 + a_3 \sum x_1^3x_2 + a_4 \sum x_1x_2^3 + a_5 \sum x_1^2x_2^2 &= \sum yx_1x_2 \end{aligned} \quad (33)$$

Rezolvând sistemul de ecuații se obțin cei 6 coeficienți de regresie a_0, a_1, \dots, a_5 , care conduc la ecuația corelației multiple neliniare de ordinul 2.

e) analiza de corelație a modelului cu sistemul sursă.

În cazul *regresiei multiple liniare* analiza de corelație necesită calculul mai multor coeficienți de corelație [51]:

- ◆ coeficientul de corelație simplă r_{zx_j} – exprimă intensitatea legăturii dintre variabila dependentă y și una din variabilele independente, ignorându-le pe celelalte;

- ◆ coeficientul de corelație simplă $r_{x_j x_m}$ – exprimă intensitatea legăturii dintre două variabile independente;
- ◆ coeficientul de corelație parțială – exprimă intensitatea legăturii dintre variabila dependentă y și una din variabilele independente atunci când toate celelalte sunt constante.
- ◆ coeficientul de corelație multiplă – exprimă influența tuturor variabilelor independente asupra variabilei dependente;
- ◆ abaterea medie pătratică – determină împrăștierea punctelor experimentale în jurul suprafeței de regresie;
- ◆ coeficient de determinare multiplă – este pătratul coeficientului de corelație multiplă.

În cazul *regresiei multiple neliniare* analiza de corelație necesită calculul coeficientului de corelație multiplă a cărui expresie este redată de relația (34), abaterea medie pătratică a cărei expresie este redată de relația (35) și indicatorul preciziei redat de relația (36) [40,51]:

$$R(y, u_1, \dots, u_m) = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_a)^2}} \quad (34)$$

$$\sigma^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n}} \quad (35)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - y_a)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_a)^2} \quad (36)$$

În relațiile (34), (35) și (36) semnificația termenilor este următoarea: R - coeficient de corelație multiplă, σ^2 – abaterea medie pătratică, y_i – valoarea măsurată a mărimii dependente, Y_i – valoarea calculată a mărimii dependente, y_a – media aritmetică a valorilor măsurate, n – numărul de seturi de date, R^2 – indicator al preciziei modelului.

1.2.6.6. Modelarea proceselor de poluare a mediului

Modelarea proceselor de poluare a mediului este foarte importantă deoarece cu ajutorul acesteia ecosistemele sunt studiate mai ușor și de asemenea cu ajutorul modelelor se pot face predicții ale nivelului de poluare într-o anumită zonă sau de la o anumită sursă. Aceste predicții sunt utile pentru elaborarea unor strategii de reducere a noxelor sau de eliminare a efectelor surselor se poluare.

Pentru obținerea modelelor matematice ale proceselor de poluare a mediului în vederea realizării unor predicții este necesară operația clasică de identificare a sistemelor. În acest caz, sistemul va avea un număr de parametri de intrare (meteorologici) și un parametru de ieșire (ex: concentrația poluantului, clasa de calitate a aerului etc.).

Spre deosebire de sistemele obișnuite, în cazul poluării aerului este aproape imposibil a trece sistemul real prin diverse stări cu modificări programate ale parametrilor de intrare (meteorologici de regula), pentru a genera seturi de date experimentale care să fie utilizate la elaborarea modelului. [32] Din acest motiv modelarea unui asemenea sistem se bazează pe date experimentale prelevate în condiții variabile: parametrii meteorologici nu pot fi programați.

Dispersia poluanților în atmosferă este deci un proces dinamic ce are loc în condiții relativ diferite la fiecare determinare, chiar dacă sursa de poluare ar putea fi constantă. Din acest motiv modelarea unui asemenea sistem se poate realiza cu o precizie mai mică decât în cazul sistemelor statice. În continuare este prezentat un studiu de caz [53] referitor la evoluția penei de dispersie a poluantului provenit de la o sursă staționară în funcție de viteza vântului pe direcția vântului. În figura (32) este prezentată schematic evoluția acestei penei de dispersie a poluantului [53]:

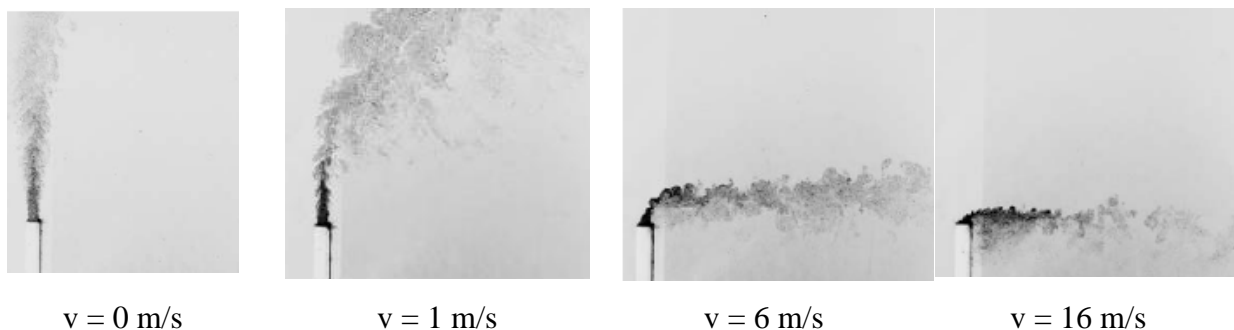


Fig. 32 evoluția penei de dispersie a poluantului în funcție de viteza vântului pe direcția vântului

I.2.6.6.1. Modele matematice pentru dispersia poluanților proveniți de la surse staționare

În cele ce urmează vor fi prezentate câteva modele matematice utilizate pentru predicția nivelului de poluare provenită de la surse staționare: modele matematice analitico-experimentale, ca etapa de sine stătătoare în operația de identificare, modelul bazat pe rețelele neuronale și modelul Gaussian.

I.2.6.6.1.1. Predicția nivelului poluării aerului utilizând modele analitico-experimentale [32, 35]

Predicția nivelului poluării aerului se poate realiza prin intermediul modelelor matematice analitico-experimentale, ca etapa de sine stătătoare în operația de identificare. Ecosistemul considerat va avea un număr de parametri de intrare și un singur parametru de ieșire. În cazul studiului poluării atmosferei parametri de intrare vor fi parametri meteorologici, iar parametrul de ieșire concentrația poluantului. [32]

În continuare se prezintă un studiu de caz [32] referitor la poluarea atmosferică provenite de la o sursă staționară (coș de evacuare a gazelor). În experimentul prezentat viteza de evacuare a gazelor pe coș este singura variabilă ce influențează concentrația poluantului. Au fost simulate 1000 de măsurători în 24 de ore, Primele 800 de perechi de valori măsurate sunt utilizate pentru stabilirea dependenței concentrației de viteza de evacuare a gazelor, iar celelalte 200 de valori sunt utilizate pentru validarea modelului (predictiv). În figura (33) sunt prezentate variațiile în timp ale valorilor celor două mărimi măsurate pe perioada de identificare (800 de perechi). Se observă o dependență inversă a concentrației în raport cu viteza de evacuare a gazelor, din cauza valorilor mai mari ale înălțimii efective a coșului.

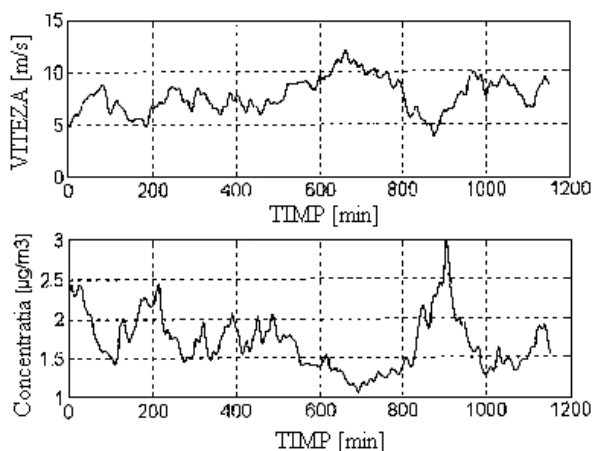


Fig. 33 Datele inițiale pentru identificare sistemului.

Pentru studiul de caz luat în considerare s-a determinat expresia matematică a modelului, utilizând algoritmul ARX (*AutoRegressive with eXternal input*), aceasta fiind redată de relația (37):

$$y(t) - 4,1978*y(t-1) + 7,3912*y(t-2) - 6,8345*y(t-3) + 3,3169*y(t-4) - 0,67514*z(t-5) - 2,0117*10^{-2}*u(t-18) + 3,9552*10^{-2}*u(t-19) - 1,8288*10^{-2}*u(t-20) - 7*10^{-3}*u(t-21) + 5,71*10^{-3}*u(t-22) \quad (37)$$

În relația (37) y este concentrația poluantului [mg/m^3], iar intervalul dintre măsurători este de 1,44 minute.

Validarea modelului a fost realizată prin simularea comportării sistemului utilizând modelul obținut și datele de intrare din ultimele 200 de măsurători. Rezultatele au fost comparate cu valorile corespunzătoare măsurate ale concentrațiilor iar graficul rezultat în urma acestei comparații este prezentat în figura (34). Se observă o buna corelare între cele două seturi de date deci modelul este valid.

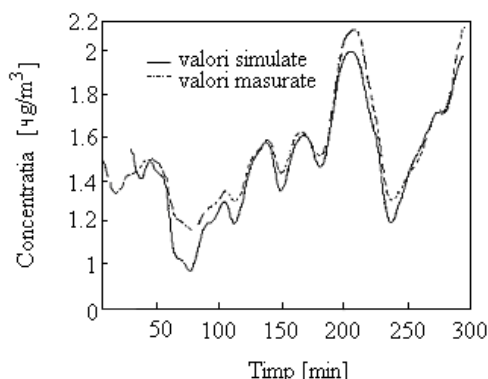


Fig. (34) Compararea valorilor simulate cu cele măsurate

1.2.6.6.1.2. Predicția nivelului de poluare atmosferică utilizând modele bazate pe rețele neuronale [32]

În cazul în care nu este posibilă identificarea structurală a sistemelor se folosesc modele informaționale, obținute cu metode de identificare ce considera sistemul drept “cutie neagră”. O categorie foarte utilizată de astfel de modele se bazează pe rețele neuronale. Parametrii rețelei se determina pe baza datelor experimentale (perechi de vectori intrare – ieșire).

Studiul de caz prezentat se referă la un sistem în care sursa are debit și înălțime constante, vântul are direcție constantă, receptorul e fix, și se considera ca variabile clasa de sabilitate a stării atmosferice și viteza vântului.

Datele de intrare – concentrațiile funcție de clasa stabilității atmosferice și viteza vântului sunt prezentate în tabelul 6. Din aceste date, jumătate sunt folosite la antrenarea rețelei - cele pentru vitezele de 2, 4, 6, 8, și 10 m/s, cealaltă jumătate fiind folosită la verificarea metodei.

Tabelul 6. Datele de intrare folosite în experiment

Clasa stabilitate	Viteza vântului [m/s]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	66.59	33.29	22.2	16.65	13.32	11.1	9.51	8.32	7.4	6.66
B	55.26	27.63	18.42	13.81	11.05	9.21	7.89	6.91	6.14	5.53
C	52.24	26.12	17.41	13.06	10.45	8.7	7.46	6.53	5.8	5.22
D	40.45	20.23	13.48	10.11	8.09	6.74	5.78	5.06	4.5	4.05
E	28.22	14.11	9.41	7.05	5.64	4.7	4.03	3.53	3.14	2.82
F	17.13	8.57	5.71	4.28	3.43	2.86	2.45	2.14	1.9	1.71

Se adoptă o rețea neuronală cu două straturi ascunse, primul cu 12 neuroni, al doilea cu 10 neuroni. Stratul de ieșire are un singur neuron deoarece există o singură mărime de ieșire – concentrația poluantului. Stratul de intrare are doi neuroni pentru că există două mărimi de intrare - clasa de stabilitate și viteza vântului, fiind în total 177 de conexiuni pentru care trebuie determinate ponderile prin antrenament. Antrenarea rețelei se realizează cu o rată de învățare constantă $\alpha = 0.4$ și un moment $\eta = 0.8$. Pentru antrenare, datele din tabel sunt împărțite cu 100, pentru a le aduce în domeniul [0.1]. Funcțiile de pondere au formă sigmoidă $F(x) = (1+e^{-x})^{-1}$ iar valorile inițiale ale ponderilor au fost alese aleator, între -3 și 3.

În figura (35) este prezentată distribuția erorilor pentru seturile de date de antrenament la terminarea perioadei de învățare.

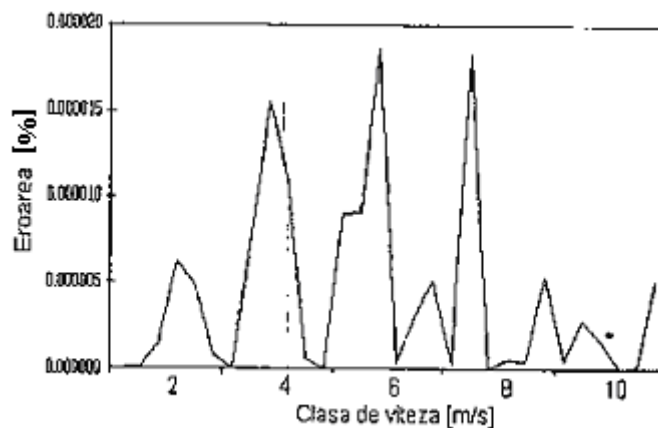


Fig. 35. Distribuția erorilor pentru seturile de antrenament

În figura (36) este prezentată distribuția erorilor comparativ pentru valorile date și pentru cele calculate. Se observă că pentru valorile interpolate (vitezele de 3, 5, 7, și 9 m/s), prognoza este foarte bună, însă pentru cele extrapolate (viteza de 1m/s), prognoza are erori de peste 40%.

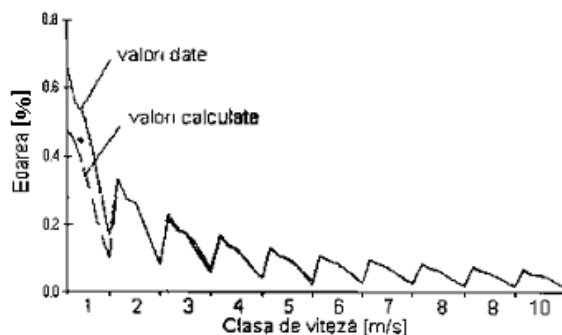


Fig. 36. Distribuția erorilor pentru toate seturile de date

1.2.6.6.1.3. Modelul Gaussian

Cel mai uzual model folosit pentru dispersia în atmosferă a poluanților proveniți de la surse staționare este modelul Gaussian. Conform acestui model ecuația de dispersie este obținută în regim staționar, adică se presupune că emisia și condițiile meteorologice sunt constante. Ecuația gaussiană pentru dispersia dinamică a poluanului se poate defini conform relației (38) cu următoarele limitări [54]:

- stabilitatea atmosferică și toți ceilalți parametrii meteorologici să fie uniformi și constanți în spațiul în care sunt emiși poluanții, iar în particular viteza și direcția vântului sunt uniforme și constante în acest domeniu;
- difuzia este o activitate dezordonată dar poate fi descrisă în ambele direcții, atât orizontal cât și vertical de ecuația de distribuție gaussiană.
- gradul de distribuție este invers proporțional cu viteza vântului
- poluantul este conservativ, el nu suferă nici o reacție chimică și nici un alt fel de transformare
- poluantul este emis la o anumită înălțime de pământ, iar aceasta este dată de înălțimea fizică a coșului la care se adaugă înălțimea penei de dispersie .

În relația (38) este prezentată ecuația modelului gaussian de dispersie a poluanților proveniți de la surse staționare. [54]

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi v \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z - H_{eff})^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] + \exp\left(-\frac{(z + H_{eff})^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (38)$$

Cu această ecuație se poate deduce, în condiții staționare, concentrația în orice punct (x,y,z), în domeniul definit de model, pentru o rată constantă de emisie.

Înălțimea efectivă la care este emis poluantul se poate calcula cu ajutorul relației (39) [8,54,55,56]:

$$H_{eff} = H + \Delta h \quad (39)$$

Semnificația termenilor din relațiile (38) și (39) este:

- C(x, y, z) - concentrația poluantului în punctul (x, y, z) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];
- v - viteza vântului, în direcția vântului [m/s];
- σ - deviația standard a concentrației pe direcția x și y, în direcția vântului [m];
- Q - debitul de poluant emis [g/s];
- H_{eff} - înălțimea efectivă de la nivelul solului până în centrul norului poluant [m]
- H – înălțimea coșului [m]
- Δh – înălțimea norului poluant [m].

Pentru deducerea înălțimii penei se folosește diagrama logică redată în figura (37) [56]:

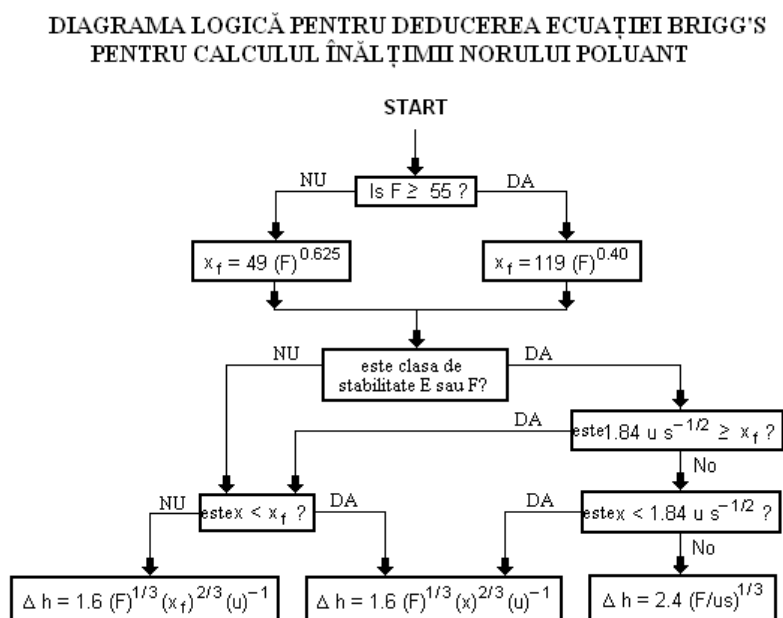


Fig. 37 Diagrama logică pentru deducerea înălțimii norului poluant

unde:

Δh înălțimea norului poluant [m]

F flotabilitate [m^4/s^3]

x distanța dintre pană și sursă, pe direcția vântului [m]

x_f distanța dintre pană și sursă, pe direcția vântului, în punctul de maxim al penei [m]

v viteza vântului [m/s]

s parametru de stabilitate [s^{-2}]

Cu ajutorul modelului Gaussian se pot face predicții pe termen scurt și mediu referitoare la concentrația de poluant la o anumită înălțime, în condițiile deja prezentate.

I.2.6.6.2. Modele matematice pentru dispersia poluanților proveniți de la surse mobile

În cele ce urmează este prezentat modelul ierarhic pentru sursele mobile.

I.2.6.6.2.1. Modelul ierarhic

Modelul ierarhic este folosit la scară regională sau locală. Compușii pentru care se poate utiliza acest tip de model sunt: O_3 , NO_2 , NO_x , SO_2 , PM_{10} , CO , benzen iar ținta modelului o reprezintă stabilirea concentrației orare a poluanților într-un an întreg. Principalele obiective ale modelului sunt:

- ◆ Stabilirea calității aerului înconjurător într-o arie pentru care nu există măsurători disponibile
- ◆ Oferirea unei baze de date cu informații adecvate despre impactul emisiilor și strategiile de control a calității aerului înconjurător

Acest model este de complexitate medie pentru aplicații pe termen lung. Schema modelului ierarhic este prezentată în figura (38) [57]:

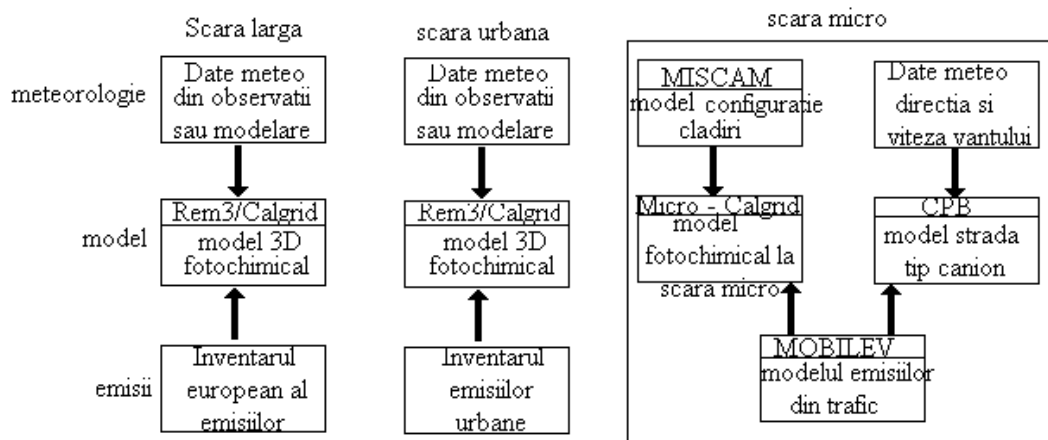


Fig. 38. Schema modelului ierarhic

I.2.6.6.3. Tipuri generice de modele pentru procesele din atmosferă

Pentru aer pot fi create mai multe tipuri de modele, ce sunt prezentate în figura (39) [58,59]:

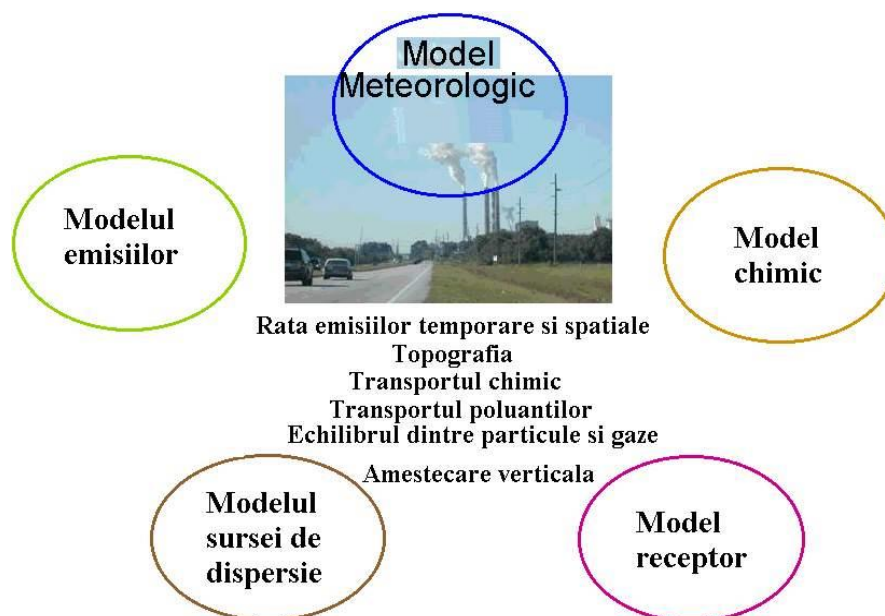


Fig. 39 Tipuri de modele pentru aer

Modelul emisiilor estimează temporal și spațial rata emisiilor, bazându-se pe nivelul de activitate, rata emisiilor pe unitatea de activitate și pe meteorologie. *Modelul meteorologic* descrie transportul, dispersia, amestecarea verticală și umiditatea în timp și spațiu. *Modelul chimic* se referă la transformarea particulelor și gazelor emise direct în particule și gaze

secundare; de asemenea estimează echilibrul între gaz și particule pentru speciile volatile. Un alt tip de model este *modelul sursei de dispersie* care estimează valoarea concentrațiilor la receptori pe baza valorile mărimilor generate de modelele anterioare. Acestea sunt mai complicate deoarece includ și modelele de simulare matematică a transportului, a dispersiei, a amestecării verticale, a depunerii și cele care reprezintă transformările particulelor. *Modelul receptor* reflectă contribuția surselor primare de emisie pornind inițial de la măsurătorile realizate la una sau mai multe locații. [58]

I.2.6.6.4. Modele comerciale pentru emisii provenite de la surse staționare și mobile

În tabelul 7 sunt prezentate principalele modele utilizate în acest moment pentru modelarea proceselor din atmosferă [55,58,59]

Tabelul 7. Modele comerciale pentru modelarea proceselor din atmosferă

Nr.	Modelul comercial	Descriere
1	BLP	Model al dispersiei gaussiene pentru probleme asociate cu reducerea aluminiului din fabrici și alte surse industriale.
2	CALINE3	Model de dispersie gaussiană în regim staționar; determină concentrația poluanților din aer la receptori localizați pe terenuri relativ necomplicate
3	CALPUFF	Model pentru mai multe specii care nu au o dispersie omogenă. Simulează efectele în timp și spațiu ale transportului poluanților, ținând cont de condițiile meteorologice.
4	OCD	Determină un impact al emisiilor din afara zonei sursei în calitatea aerului în zona coastei maritime.
5	CTDMPLUS	Se poate folosi pentru terenuri complicate. Modelul conține tehnologii de modelare a dispersiei în condiții neutre și stabile.
6	ISC3	Poate fi folosit pentru evaluarea concentrației poluanților din mai multe surse asociate cu un complex industrial. Poate face evaluarea în funcție de diferite setări: punct, arie, linie,

		volumul sursei, caracteristicile terenului.
7	ADAM	Model de dispersie gaussiană ce include aspecte termodinamice, chimice, de transfer de căldură și ale efectelor gazelor. Scenariul poate include: emisii continue sau instantanee, suprafață sau punct.
8	ADMS-3	Model avansat pentru calcularea concentrațiilor poluanților emiși continuu sau discret din surse punctiforme. Urmărește: efectele din punctual de emisie, terenul complex, fluctuațiile concentrațiilor pe termen scurt, reacții chimice, etc.
9	ASPEN	Model de dispersie gaussiană ce utilizează estimarea poluanților toxici la scară largă, putând fi chiar și un întreg continent
10	EMS-HAP	Este un procesor de emisii care obține pașii necesari pentru a avea un inventar al emisiilor (acestea constituie datele de intrare pentru modelul ASPEN)
11	AVACTA II:	Poate fi aplicat un timp scurt pentru simularea transportului. Are precizie de picofarazi.
12	CDM2	Se poate folosi pentru determinări ale mediilor concentrațiilor de poluanți sezoniere sau anuale. Se utilizează în special în mediile urbane.
13	CMAQ	Folosit pentru managementul de mediu. Simulează interacții fizice și chimice în atmosferă.
14	DEGADIS	Simulează dispersia la nivelul solului.
15	EKMA	Model empiric, cu specific urban, care este folosit pentru a umple golurile dintre modelul fotochimic și modelul tehnic echivalent.
16	ERT	Model de dispersie gaussiană realizat pentru a estima deteriorarea vizibilității de partea liniei arbitrare în punctele izolate de emisii simulate, conversie gaz-particule, conversia NO la NO ₂ .
17	HGSYSTEM	Colecție de programe pentru predicția dispersiei în urma unui

		accident chimic.
18	HOTMAC/RAPTAD	Model 3D (Euler) pentru prezicerea vremii. Se folosește pentru predicția proceselor de transport și difuzie pe terenuri complexe, ex: falii continentale.
19	MESOPUFF II	Calculează cu precizie concentrațiile pentru mai mult de 5 poluanți: (SO₂, SO₄, NO_x, HNO₃, NO₃).
20	Panache	Simulează dispersia continuă și pe termen scurt a poluanților în atmosferă.
21	PLUVUE II	Model folosit pentru estimarea decolorării atmosferei și vizibilității reduse datorate emisiilor de: particule, oxizi de azot, oxizi de sulf de la aceeași sursă.
22	RAM	Model gaussian pentru estimarea concentrației poluanților relativ stabili, pentru medii de la o oră până la o zi.
23	REMSAD	Model eulerian (3D) simulează concentrația poluanților atmosferici la scară largă. Problema poluării aerului din punct de vedere al acestui program include PM _{2,5} , NO _x și altele.
24	RPM-IV	Model pentru estimarea pe termen scurt a concentrației poluanților primari și secundari proveniți din sursa de emisie. Modelul este capabil să simuleze interacțiunile complexe ale penei de dispersie și procesele fotochimice.
25	SDM	Modelul dispersiei gaussiene pentru mai multe puncte de emisie.
26	UAM-V	Model fotochimic – grafică 3D. Calculează concentrația poluanților prin simularea proceselor fizice și chimice din atmosferă.
27	MODELUL SURSEI SIMPLE	Se poate folosi pentru estimarea concentrației poluanților la o distanță de până la 100 m de sursa de poluare.
28	WYNDVALLEY	Model de dispersie euleriană ce permite utilizarea următoarelor mărimi pentru definirea modelului: condițiile meteo, intensitatea și localizarea sursei de emisii.

I.2.6.7. Modelarea proceselor ce însoțesc emisiile de NO_2

Datorită efectelor sale negative asupra omului și a mediului dioxidul de azot este considerat un poluant important. Modelarea proceselor ce însoțesc evoluția acestui poluant în ciclul său în natură este de o importanță deosebită.

În continuare sunt prezentate trei modele pentru procesele ce însoțesc evoluția concentrației de dioxid de azot în atmosferă: modelul GOME, modelul CARLOS și modelul din orașul Tokyo.

I. 2.6.7.1. Modelul GOME [60]

Dioxidul de azot are o acțiune nefastă asupra stratului de ozon deoarece favorizează reținerea de clor în straturile înalte ale atmosferei. Din acest motiv este foarte important să se cunoască valorile concentrației dioxidului de azot la nivelul troposferei.

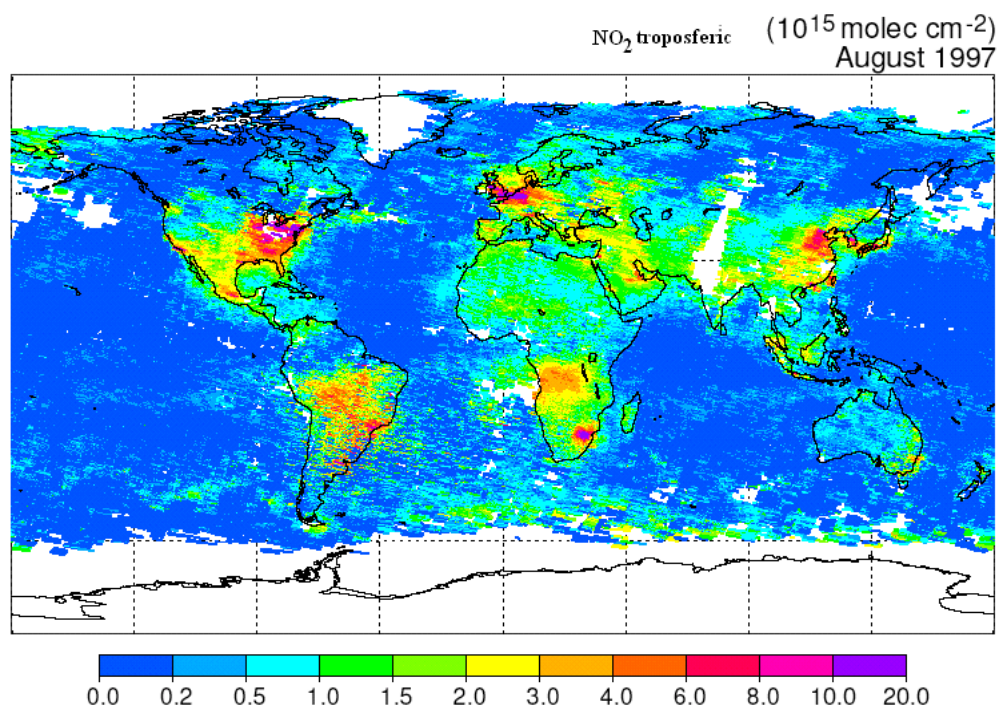


Fig. 40. Hartă realizată cu ajutorul modelului GOME

Modelul GOME oferă posibilitatea realizării unor hărți din satelit care să evidențieze dioxidul de azot și monoxidul de azot troposferic. O astfel de hartă este redată în figura (40).

I. 2.6.7.2. Modelul CARLOS pentru NO₂[61]

Reducerea precursorilor ozonului (NO, NO₂, și VOC) este un o etapă importantă în protecția atmosferei. Caracterul emisiilor poate fi variabil iar multe din acestea provoacă reacții chimice în procesul de transport prin atmosferă. Din acest motiv efectul poluării aerului poate fi estimat ca o combinație de emisii, modele de dinamica atmosferică și de chimia aerului.

Pentru a studia impactul traficului asupra calității aerului și a potențialului beneficiu al strategiilor de reducere, se aplica un model dinamic de trafic foarte exact, care este completat cu modelul serial al chimiei atmosferice și transportului.

Pentru simularea parțială a poluării în zonele urbane și industriale numai informațiile zonale nu mai sunt suficiente, de când poluarea zonala a aerului este influențată de diverse procese chimice și meteorologic, la diverse scale. Pentru descrierea relațiilor complexe de dependență între emisia și dispersia poluanților gazoși în atmosferă se utilizează modelul CARLOS (Chemical and Atmospheric transport in Regional and Local Scale) dezvoltat de IGMK. Acest model are funcții multiple care permit simularea la o scară locală în diferite regiuni. Schema bloc a modelului CARLOS este prezentată în figura (41) în care semnificația notațiilor este următoarea: EURAD – European Air Pollution Dispersion Model (modelul european pentru dispersia poluanților în aer); MM5 – model meteorologic, CTM2 – modelul de transport; EEM – modul de emisii, WiTraK – sistem de simulare, FOOT3D/CTM2F – modele pentru determinarea debitului de poluant.

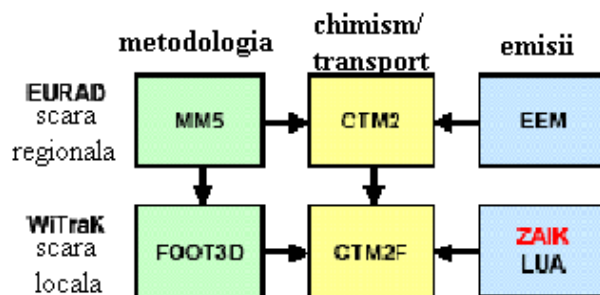


Fig. 41. Schema bloc a modelului CARLOS

La nivel regional, sistemul EURAD (EUROPEAN Air Pollution Dispersion Model) se aplica la transportul poluanților la diferite nivele folosind modelul tehnicii seriale. Modelul brut acoperă Europa Centrală cu o rezoluție de 27 Km. Două subdomenii seriale urmează, de la primul domeniu (Western Germany, rezoluție de 9 Km) la rezoluție 3km pentru al doilea domeniu principal, acoperind North-Rhine Westphalia. Rezultatele modelului meteorologic

MM5 se folosesc la modelul CTM2 care determină transportul poluantului. Suma emisiilor este dată de EEM, inclusiv informații despre circulație, emisiile casnice sau emisiile industriale.

Rezultatele acestor simulări pot fi folosite ca și condiții limită pentru WiTraK. Se mai folosesc modele cu rezoluție mică și mare FOOT3D/CTM2F care sunt capabile să simuleze valorile concrete ale debitului poluantului. Prin simularea emisiei unei singure mașini în rețeaua stradală modelul ZAIK ia în considerare interacțiunea cu ceilalți participanți la trafic. Design-ul acestui model permite studierea impactului regulamentelor administrative locale sau planificării dezvoltării municipale în volumul traficului și emisiile aferente. Având eficiența dată de sistemul computerizat este necesar să se calculeze emisiile mașinilor având ca bază o singură mașină într-un timp rezonabil, ajungând apoi la o rețea de transport aprox. 10^6 autovehicule.

I.2.6.7.3. Model pentru studierea impactului emisiilor provenite de la autovehicule asupra calității aerului [62]

Sudiul impactului emisiilor provenite de la autovehicule, în special emisiile de NO_2 este foarte important pentru autoritățile locale deoarece acestea pot lua măsurile necesare de compensare a surselor de poluare, prin limitarea traficului în anumite zone. Modelul prezentat s-a realizat în urma studierii impactului emisiilor provenite de la sursele mobile (autovehicule) asupra calității aerului din orașul Tokyo. Scopul acestui model este de a putea prezice concentrația de NO_x în 2010 în Tokyo pe baza unor analize făcute în prezent.

Primul pas pentru realizarea acestui model a fost determinarea concentrației poluanților proveniți de la autovehicule. Metoda de determinare a acesteia este prezentată sub formă de schemă bloc în figura (42):

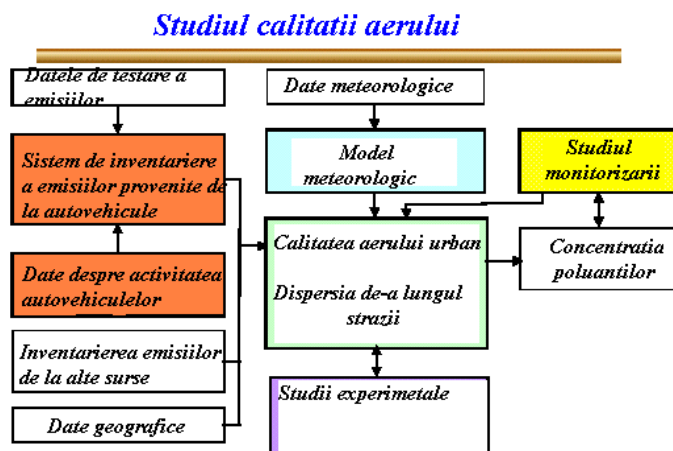


Fig. 42 Metoda de determinare a concentrației poluanților proveniți de la autovehicule

Această schemă a fost dezvoltată în cadrul programului japonez de “curățare a aerului”. Numărul și nivelul traficului actual sunt date cunoscute. Se estimează că rata utilizării autovehiculelor va crește cu 19,2 %. Se mai presupune că tehnologiile de filtrare a emisiilor poluante vor evolua până în 2010. În figura (43) sunt prezentate rezultatele modelului propus - estimările concentrației de NO_x în 2010 în orașul Tokyo pentru toate tipurile de autovehicule implicate în trafic și respectiv pentru anotimpurile vară și iarnă:

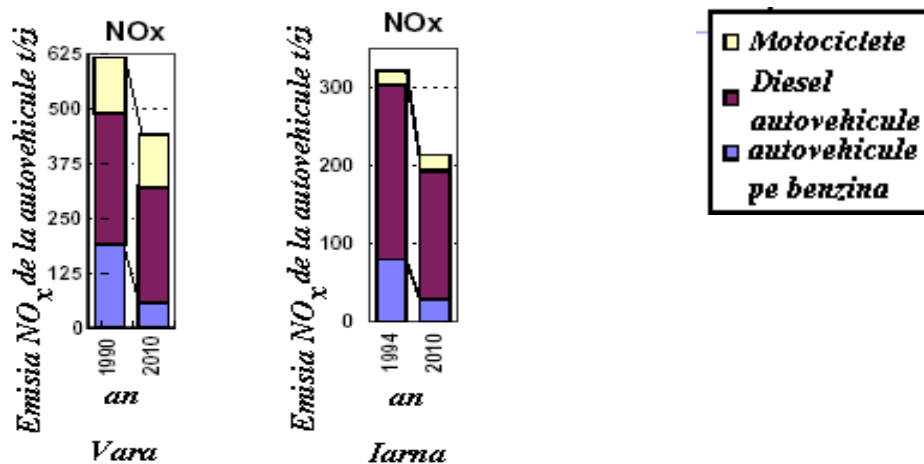


Fig. 43. Estimările concentrației de NO_x în 2010 în orașul Tokyo

Într-un oraș, pe lângă emisiile poluante provenite de la autovehicule trebuie luate în calcul emisiile provenite din alte surse. În cazul NO_x aceste surse sunt în principal unități de producție. În figura (44) sunt prezentate rezultatele modelului pentru emisiile globale de NO_x , paralel pentru iarnă și vară.

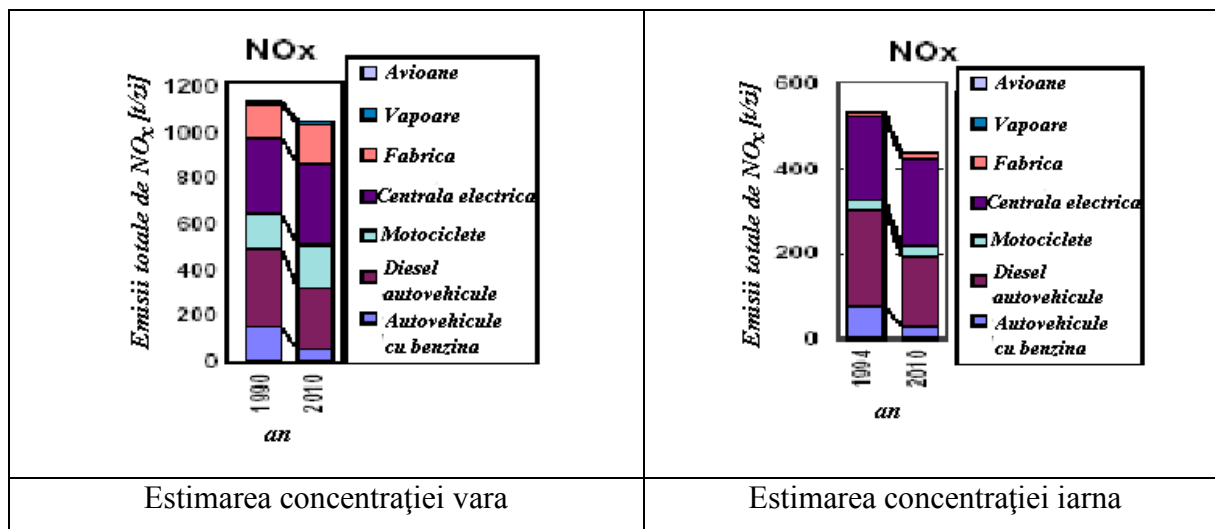


Fig. 44. Estimarea concentrației totale a NO_x în 2010 în orașul Tokyo

Validitatea modelului s-a verificat prin calculul erorii normale, erorii standard și acurateții modelului obținându-se valori satisfăcătoare pentru acești indicatori.

1.3. SINTEZA PRINCIPALELOR LEGI ȘI REGLEMENTĂRI NAȚIONALE ȘI INTERNAȚIONALE PRIVIND PROTECȚIA MEDIULUI ÎN GENERAL ȘI CONȚINUTUL DE NO₂ ÎN PARTICULAR

Protecția atmosferei este un domeniu de actualitate. Dorim să avem un mediu curat, propice vieții și activităților cotidiene, fără a pune în pericol sănătatea umană. Însă în condițiile actuale de dezvoltare industrială acest lucru este un deziderat greu de atins. Din acest motiv s-au adoptat regulamente, legi și reglementări pentru a proteja mediul înconjurător limitând poluarea și efectele nocive ale acesteia. România, în urma procesului de aderare la Uniunea Europeană a transpus în legislația națională prevederile legilor și regulamentelor europene în toate domeniile de activitate, deci implicit și în domeniul protecției mediului.

În continuare sunt redate în continuare principalele legi în domeniul protecției mediului [63-69], referitoare la:

- ⇒ poluarea atmosferică;
- ⇒ cei mai importanți poluanți;
- ⇒ limitele legale de emisie ale poluanților atmosferici;
- ⇒ evaluarea impactului asupra mediului;
- ⇒ controlul integrat al poluării;
- ⇒ plata taxelor pentru diverse emisii poluante;
- ⇒ gaze cu efect de seră;
- ⇒ obligativitatea reducerii emisiilor poluante și a re tehnologizării instalațiilor industriale în acest sens.

- 1 Ordonanța de urgență a Guvernului nr. 243/28.11.2000 privind protecția atmosferei (publicată în Monitorul Oficial cu numărul 633/6.12.2000)
- 2 Legea nr. 655/20.11.2001 pentru aprobarea Ordonanței de urgență a Guvernului nr. 243/2000 privind protecția atmosferei (publicată în Monitorul Oficial cu numărul 773/4.12.2001)
- 3 Ordinul MAPM nr. 745/30.08.2002 privind stabilirea aglomerărilor și clasificarea aglomerărilor și zonelor pentru evaluarea calității aerului în România (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 739/9.10.2002)

- 4 Ordinul MAPM nr. 592/25.06.2002 pentru aprobarea Normativului privind stabilirea valorilor limită, a valorilor de prag și a criteriilor și metodelor de evaluare a dioxidului de sulf, **dioxidului de azot și oxizilor de azot**, pulberilor în suspensie (PM10 și PM2,5), plumbului, benzenului, monoxidului de carbon și ozonului în aerul înconjurător (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 765/21.10.2002)
- 5 Hotărârea Guvernului nr. 543/07.04.2004 privind elaborarea și punerea în aplicare a planurilor și programelor de gestionare a calității aerului (publicată în Monitorul Oficial cu numărul 393/4.05.2004)
- 6 Hotărârea Guvernului nr. 586/15.04.2004 privind înființarea și organizarea Sistemului național de evaluare și gestionare integrată a calității aerului (publicată în Monitorul Oficial cu numărul 389/3.05.2004)
- 7 Hotărârea Guvernului nr. 731/14.05.2004 pentru aprobarea Strategiei naționale privind protecția atmosferei (publicată în Monitorul Oficial cu numărul 496/2.06.2004)
- 8 Hotărârea Guvernului nr.738/14.05.2004 pentru aprobarea Planului național de acțiune în domeniul protecției atmosferei (publicată în Monitorul Oficial cu numărul 476/27.05.2004)
- 9 Ordinul MMGA nr. 1273/14.12.2005 pentru aprobarea listelor rezultate din evaluare calității aerului pentru aglomerarea București (publicat pe pagina de Internet a APM București, www.arpmb.ro)
- 10 Ordinul MMGA nr. 1294/23.12.2005 pentru aprobarea listelor rezultate din evaluarea preliminară a calității aerului pentru Regiunea 1 Nord-est Bacău, Regiunea 4 Sud-vest Craiova și Regiunea 6 Nord-vest Cluj (publicat pe pagina de Internet a MMGA, www.mmediu.ro)
- 11 Ordinul MMGA nr. 35/11.01.2007 privind aprobarea Metodologiei de elaborare și punere în aplicare a planurilor și programelor de gestionare a calității aerului (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 56/24.01.2007)
- 12 Ordinul MMGA nr. 27/10.01.2007 pentru modificarea și completarea unor ordine care transpun acquis-ul comunitar de mediu (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 194/21.03.2007)
- 13 Ordonanța de urgență nr. 12/28.02.2007 pentru modificarea și completarea unor acte normative care transpun acquis-ul comunitar în domeniul protecției mediului (publicată

- în Monitorul Oficial cu numărul 153/2.03.2007) adoptat prin Legea nr. 161/2007 (MO nr. 395/ 12.06.2007)
- 14 Hotărârea Guvernului nr. 210/28.02.2007 pentru modificarea și completarea unor acte normative care transpun acquis-ul comunitar în domeniul protecției mediului (publicată în Monitorul Oficial cu numărul 187/19.03.2007)
 - 15 Ordinul MMGA nr. 346/12.03.2007 privind aprobarea încadrării localităților din cadrul Regiunii 1 în liste, potrivit prevederilor Ordinului MAPM nr. 745/2002 (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 316/11.05.2007)
 - 16 Ordinul MMGA nr. 348/12.03.2007 privind aprobarea încadrării localităților din cadrul Regiunii 3 în liste, potrivit prevederilor Ordinului MAPM nr. 745/2002 (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 316/11.05.2007)
 - 17 Ordinul MMGA nr. 349/12.03.2007 privind aprobarea încadrării localităților din cadrul Regiunii 4 în liste, potrivit prevederilor Ordinului MAPM nr. 745/2002 (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 316/11.05.2007)
 - 18 Ordinul MMGA nr. 351/12.03.2007 privind aprobarea încadrării localităților din cadrul Regiunii 6 în liste, potrivit prevederilor Ordinului MAPM nr. 745/2002 (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 324/15.05.2007)
 - 19 Ordinul MMGA nr. 352/12.03.2007 privind aprobarea încadrării localităților din cadrul Regiunii 7 în liste, potrivit prevederilor Ordinului MAPM nr. 745/2002 (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 316/11.05.2007)
 - 20 Ordinul MMGA nr. 448/21.03.2007 pentru aprobarea Normativului privind evaluarea pentru arsen, cadmiu, mercur, nichel, hidrocarburi aromatice policiclice în aerul înconjurător (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 226/03.04.2007)
 - 21 Ordinul MMDD nr. 1095/2.07.2007 pentru aprobarea Normativului privind stabilirea indicilor de calitate a aerului în vederea facilitării informării publicului (publicat în Monitorul Oficial cu numărul 513/31.07.2007)
 - 22 LEGE nr. 3 din 2 februarie 2001 pentru ratificarea Protocolului de la Kyoto la Convenția-cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice, adoptat la 11 decembrie 1997
 - 23 HOTĂRÂRE nr. 645 din 7 iulie 2005 pentru aprobarea Strategiei naționale a României privind schimbările climatice – 2005-2007

- 24 HOTĂRÂRE nr. 1877 din 22 decembrie 2005 pentru aprobarea Planului național de acțiune privind schimbările climatice (PNASC)
- 25 HOTĂRÂRE nr. 780 din 14 iunie 2006 privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de sera, Mof 554/27.06.2006
- 26 Legea nr. 265/2006 (MO nr. 586/06.07.2006) pentru aprobarea și modificarea OUG nr. 195/2005 (MO nr. 1196/30.12.2005) privind protecția mediului
- 27 OM nr. 1.798/2007 (MO nr. 808/27.11.2007) pentru aprobarea Procedurii de emitere a autorizației de mediu
- 28 Legea nr. 72/2005 pentru aprobarea OUG nr 99/2004 privind instituirea Programului de stimulare a înnoirii Parcului național auto M.Of. nr. 313 din 14 aprilie 2005
- 30 HG nr.132/2005 pentru aprobarea Protocolului celei de-a doua reuniuni a Comisiei mixte Româno – Ungară pentru realizarea prevederilor Acordului între Guvernul României și Guvernul Republicii Ungare privind cooperarea în domeniul protecției mediului, 18-19 noiembrie 2004 – M.Of. nr. 222/16.03.2005
- 31 O.U.G. nr. 195/2005, aprobată prin Legea nr.265/2006, privind protecția mediului care transpune DC 85/337/CEE (modificată prin DC 97/11/CE) ; DC 90/313/CE ; DPEC 2001/42/CE ; DC 96/62/CEE ; DC 1999/30/CE ; DPEC 2000/69/CE ; DC 92/72/CEE ; DPEC 2002/3/CE ; DC 91/689/CEE ; DPEC 2000/76/CE ; DPEC 94/62/CE ; DC 99/31/CE ; DC 75/439/CEE ; DC 91/157/CEE ; RC 259/93 ; DC 92/43/CEE ; DC 79/409/CEE
- 32 H.G. nr. 541/2003 privind stabilirea unor măsuri pentru limitarea emisiilor în aer ale anumitor poluanți proveniți din instalații mari de ardere, modificată și completată prin H.G. nr. 322/2005 și HG 1502/2006, care transpune Directiva Parlamentului European și a Consiliului 2001/80/CE din 23 octombrie 2001, publicată în JOCE nr. L 309/2001
- 33 H.G. nr. 95/2003 privind controlul activităților care prezintă pericole de accidente majore în care sunt implicate substanțe periculoase, care transpune Directiva 96/82/EC – SEVESO II
- 34 Legea nr. 655/20.11.2001 pentru aprobarea O.U.G. nr. 243/2000 privind protecția atmosferei care transpune DC 96/62/CEE ; DC 1999/30/CE ; DPEC 2000/69/CE ; DC 92/72/CEE ; DPEC 2002/3/CE
- 35 Legea nr. 24/06.05.1994 (M.O. nr. 119/12.05.1994) pentru ratificarea Convenției –cadru

- a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice, semnată la Rio de Janeiro la 5 iunie 1992 care transpune Decizia 2004/280/CE și DC 93/389/CEE modificată de DC 99/296/CEE
- 36 Ordinul MAPPM 462/1993 pentru aprobarea Condițiilor tehnice privind protecția atmosferei și Normelor metodologice privind determinarea emisiilor de poluanți atmosferici produși de surse staționare
- 37 Ordinul MAPPM 756/1997 pentru aprobarea reglementării privind evaluarea poluării mediului
- 38 H.G. 1879/2006 pentru aprobarea Programului național de reducere progresivă a emisiilor de dioxid de sulf, oxizi de azot, compuși organici volatili și amoniac.
- 39 H.G. 1856 privind plafoanele naționale de emisii pentru anumiți poluanți atmosferici
- 40 Hotărârea nr. 1.209/2004 privind stabilirea procedurilor pentru aprobarea de tip a motoarelor destinate a fi montate pe mașini mobile nerutiere și a motoarelor secundare destinate vehiculelor pentru transportul rutier de persoane sau de marfa și stabilirea măsurilor de limitare a emisiilor de gaze și particule poluante provenite de la acestea, în scopul protecției atmosferei, publicată în Monitorul Oficial nr. 809 din 2 septembrie 2004.
- 41 ORDIN Nr. 863 din 26 septembrie 2002 privind aprobarea ghidurilor metodologice aplicabile etapelor procedurii-cadru de evaluare a impactului asupra mediului
EMITENT: MINISTERUL APELOR ȘI PROTECȚIEI MEDIULUI PUBLICAT ÎN: MONITORUL OFICIAL NR. 52 din 30 ianuarie 2003
- 42 HOTĂRÂRE nr. 1213 din 6 septembrie 2006 privind stabilirea procedurii-cadru de evaluare a impactului asupra mediului pentru anumite proiecte publice și private
- 43 ORDIN Nr. 860 din 26 septembrie 2002 pentru aprobarea Procedurii de evaluare a impactului asupra mediului și de emitere a acordului de mediu
- 44 ORDIN Nr. 864 din 26 septembrie 2002 pentru aprobarea Procedurii de evaluare a impactului asupra mediului în context transfrontieră și de participare a publicului la luarea deciziei în cazul proiectelor cu impact transfrontieră
EMITENT: MINISTERUL APELOR ȘI PROTECȚIEI MEDIULUI PUBLICAT ÎN: MONITORUL OFICIAL NR. 397 din 9 iunie 2003
- 45 DECIZIA COMISIEI EUROPENE din 29 ianuarie 2004, de stabilire a liniilor

- directoare pentru monitorizarea și raportarea emisiilor de gaze cu efect de seră în conformitate cu Directiva 2003/87/CE a Parlamentului European și a Consiliului [notificată cu numărul C(2004) 130]
- 46 ORDIN nr. 876 din 20 decembrie 2004, pentru aprobarea Procedurii de autorizare a activităților cu impact semnificativ asupra mediului EMITENT: MINISTERUL MEDIULUI SI GOSPODARIRII APELOR PUBLICAT IN: MONITORUL OFICIAL nr. 31 din 11 ianuarie 2005
- 46 Ordinul nr. 1798/2007 pentru aprobarea Procedurii de emitere a autorizației de mediu a fost publicat in Monitorul Oficial, Partea I nr. 808 din 27.11.2007
- 47 Ordin nr. 818 / 2003 din 17.10.2003 privind aprobarea Procedurii de emitere a autorizației integrate de mediu publicat in Monitorul Oficial nr. 800 / 13.11.2003
- 48 ORDONANȚĂ DE URGENȚĂ nr. 196 din 22 decembrie 2005 privind Fondul pentru mediu, cu modificările și completările ulterioare
- 49 BREF - Prevenirea si Controlul Integrat al Poluării (IPPC) Document de Referință asupra Celor Mai Bune Tehnici Disponibile pentru Instalațiile Mari de Ardere Mai 2005
- 50 Ordinul nr. 47/2006 pentru aprobarea Listei standardelor române care adoptă standardele europene armonizate referitoare la aparatele consumatoare de combustibili gazoși (actualizată), publicat in Monitorul Oficial nr.. 253 din 21 martie 2006.

Majoritatea legilor și reglementărilor din legislația românească reprezintă transpuneri ale legislației europene. În continuare sunt enumerate câteva din aceste reglementări ale comunității europene în domeniul protecției mediului [87,88]:

- 1 Directiva Consiliului 85/203/CEE din 07.03.1985 privind normele de calitate a aerului pentru dioxid de azot
- 2 Directiva Consiliului 84/360/CEE din 28.07.1984 privind combaterea poluării aerului de către instalațiile industriale
- 3 Directiva Consiliului 88/77/CEE din 03.12.1977 privind armonizarea legilor statelor membre asupra măsurilor împotriva emisiilor de poluanți gazoși de la motoarele diesel pentru utilizarea vehiculelor.
- 4 Directiva Consiliului 88/609/CEE din 24 noiembrie 1988 pentru limitarea substanțelor

- toxice provenite de la instalații mari de ardere
- 5 Directiva Consiliului 89/369/CEE din 8.06.1989 privind prevenirea poluării aerului pentru instalațiile noi de ardere a deșeurilor orășenești
 - 6 Directiva Consiliului 96/62/CEE din 27.09.1996 privind evaluarea și controlul calității aerului
 - 7 Directiva Consiliului 1999/30/CEE din 22.04.1999 privind valorile limită pentru dioxidul de sulf, dioxidul de azot și monoxidul de azot, pulberi și plumb în aerul ambiental
 - 8 Directiva Consiliului 90/313/CEE din 07.06.1990 privind accesul liber la informațiile asupra mediului
 - 9 Directiva Consiliului 96/61/CEE din 24.09.1996 privind evitarea și reducerea integrată a poluării mediului
 - 10 Decizia Consiliului și a reprezentanților guvernelor statelor membre întâlniți în consiliu 93/C 138/01 din 1.02.1993 privind un program comunitar pentru politica de mediu și măsuri în vederea unei dezvoltări durabile și compatibile cu mediul

II. PARTEA EXPERIMENTALĂ

II.1. PROCESUL DINAMIC STUDIAT

II.1.1. Dioxidul de azot. Efectele poluării.

Dioxidul de azot este un puternic poluant al mediului cu influențe majore asupra distrugerii stratului de ozon, fiind pe locul secundar ca pondere. NO₂ favorizează apariția smogului și contribuie semnificativ la formarea ploilor acide care au deasemenea o influență negativă asupra mediului. Totodată, dioxidul de azot favorizează stocajul de clor în straturile înalte ale atmosferei, acesta determinând creșterea efectului de seră.[6] Efectele negative pe care dioxidul de azot le are asupra mediului înconjurător se datorează și reacțiilor pe care acesta le poate suferi în atmosferă: transformarea în acid azotic, transformarea în azotați organici și anorganici. [12, 14, 15]

Efectele negative pe care dioxidul de azot le are asupra sănătății umane sunt: atacă violent organele respiratorii, are efecte negative asupra mușchilor inimii putând provoca moartea, poate produce edem pulmonar și scăderea tensiunii arteriale. Amestecat cu oxid de carbon este și mai toxic. [12] Inspirarea dioxidului de azot poate duce la intoxicații datorită anesteziei pe care o produce.[5]

II.1.2. Emisii și imisii

În lucrarea de față sunt prezentate studii referitoare la modelarea și simularea imisiilor și emisiilor de dioxid de azot în diverse situații, care vor fi prezentate în capitolele următoare.

În continuare se vor defini noțiunile de emisie și imisie [72-77]:

- prin emisie de poluanți se înțelege eliminarea în atmosferă a unor poluanți solizi, lichizi sau gazoși din surse punctiforme sau de suprafață;
- prin norme de limitare preventivă a emisiilor se înțeleg normele privind valorile concentrațiilor maxime de poluanți admise a fi eliminate în atmosferă de către diferite activități.

- valorile limită de emisie (VLE) reprezintă masa, exprimată prin parametrii specifici, concentrația și/sau nivelul unei emisii care nu trebuie depășită în cursul uneia sau mai multor perioade de timp. Valoarea limită de emisie - cantitatea admisibilă a unei substanțe conținută în gazele reziduale provenite din instalația de ardere, care poate fi evacuată în aer într-o perioadă de timp dată; se calculează ca masă de substanță raportată la volumul de gaze reziduale, considerând conținutul de oxigen în gazul rezidual de 3% în volum, în cazul combustibililor lichizi sau gazoși, de 6% în volum, în cazul combustibililor solizi, și de 15% în volum, în cazul turbinelor cu gaz; se exprimă în [mg/Nmc] sau [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].
- prin plafon național de emisie se înțelege cantitatea maximă dintr-o substanță, exprimată în kilotone, care poate fi emisă la nivel național în decursul unui an calendaristic;
- prin imisie se înțelege transferul poluanților în atmosferă către un receptor (omul și factorii sistemului său ecologic, bunuri materiale etc.);
- prin **norme de imisie**: norme privind valorile concentrațiilor maxime admisibile ale unor substanțe poluante în atmosferă. Unitatea de măsură utilizată este [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

II.1.3. Prezentarea studiului de caz

Ca studiu de caz în lucrare se prezintă cercetările efectuate în municipiul Timișoara, cu o populație de 300.000 locuitori, cercetări care se referă la modelarea matematică și simularea procesului de dispersie a dioxidului de azot în funcție de diverși parametri meteorologici. Pentru aceasta s-au studiat mai multe situații iar rezultatele au fost modelele matematice elaborate. În tabelul 8 sunt prezentate generic studiile efectuate și tipurile de modele matematice elaborate.

Tabel 8. Prezentarea studiilor de caz efectuate

NR. CRT.	STUDIUL	SIMULĂRILE ȘI MODELELE MATEMATICE ELABORATE
1	<i>Dispersia dioxidului de azot global (imisii), monitorizat pe strada Mihai Viteazul din Timișoara, în funcție de parametrii meteorologici</i>	<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 2 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 3 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 4 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 5 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a n parametrii (ecuații de gradul II). Generalizare.</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 3 parametrii (ecuații de gradul 3)</i>
2	<i>Dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentralele din municipiul Timișoara (emisii), în funcție de parametrii meteorologici</i>	<i>Simularea emisiilor de dioxid de azot provenite de la microcentrale</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 3 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 4 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 5 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 3 parametrii (ecuații de gradul III)</i>

3	<i>Dispersia dioxidului de azot provenit de la cele două termocentrale ale municipiului Timișoara (emisii) – CET CENTRU și CET SUD, în funcție de parametrii meteorologici</i>	<i>Prezentarea algoritmului de simulare a cantităților de dioxid de azot și a concentrațiilor acestui poluant (emisii) provenite de la cele două termocentrale CET Centru și CET Sud</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 3 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 4 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 5 parametrii (ecuații de gradul II)</i>
		<i>Modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 3 parametrii (ecuații de gradul III)</i>
4	<i>Similarea procesului de dispersie a dioxidului de azot (imisii), prin metode analitico-experimentale</i>	<i>Estimarea într-un punct de referință a concentrațiilor de NO₂ provenite de la surse staționare</i>
		<i>Estimarea într-un punct de referință a concentrațiilor de NO₂ provenite de la surse mobile</i>
		<i>Estimarea într-un punct de referință a concentrațiilor de NO₂ global</i>

Pentru realizarea acestui studiu amplu referitor la dispersia dioxidului de azot în municipiul Timișoara s-au urmărit valorile parametrilor implicați în proces pentru 4 luni ale anului 2004, reprezentative pentru fiecare anotimp: ianuarie, aprilie, iulie și octombrie. Studiul s-a efectuat pe baza datelor furnizate legal de către următoarele instituții ale municipiului: DISTRIGAZ NORD, COLTERM TIMIȘOARA, CENTRUL METEO TIMIȘOARA, DIRECȚIA REGIM PERMISE DE CONDUCERE ȘI ÎNMATRICULARE A VEHICULELOR TIMIȘ ȘI AGENȚIA DE PROTECȚIA MEDIULUI TIMIȘOARA.

Astfel:

- COLTERM TIMIȘOARA a furnizat date referitoare la emisiile zilnice și concentrațiile de NO_x pentru lunile ianuarie, aprilie, iulie, octombrie 2004, la toate cazanele și CAF-urile existente la CET Centru și CET Sud. Valoarea acestor emisii a fost obținută cu ajutorul programului informatic EMPOL realizat pe baza manualului pentru centrale mari, elaborat în conformitate cu Hotărârea de Guvern 541/2003 și Ordonanța de Urgență a Guvernului 34/2002. În algoritmul de calcul s-au introdus următoarele date inițiale: compoziția gazului natural, compoziția păcurii, coeficientul corespunzător combustibilului – specific fiecărui tip de combustibil, factorul de emisie pentru NO_x , gradul de reținere a sulfului, umiditatea combustibilului gazos, date generale despre cazan, concentrația CO_2 și O_2 în gazele de ardere.
- DISTRIGAZ NORD a furnizat consumul zilnic de gaze naturale în municipiul Timișoara în lunile ianuarie, aprilie, iulie, octombrie 2004 și buletinele de analiză cromatografică a gazului, realizate conform STAS 12001–81, pentru aceeași perioadă.
- CENTRUL METEO TIMIȘOARA a furnizat date referitoare la valorile zilnice ale parametrilor meteorologici: presiune, temperatură, umiditate, viteza și direcția vântului pentru lunile ianuarie, aprilie, iulie, octombrie 2004, în municipiul Timișoara.
- DIRECȚIA REGIM PERMISE DE CONDUCERE ȘI ÎNMATRICULARE A VEHICULELOR TIMIȘ a furnizat date referitoare la dimensiunea parcului auto al municipiului Timișoara în anul 2004. Conform legislației europene – Directiva 98/69/EC din anul 2000 – emisia de dioxid de azot s-a considerat a fi de 0.5 g/km. [78].
- AGENȚIA DE PROTECȚIA MEDIULUI TIMIȘOARA a furnizat valorile medii orare ale concentrațiilor de dioxid de azot înregistrate în punctul de măsurare situat pe strada Mihai Viteazul din Timișoara, pentru aceeași perioadă pentru care au fost furnizate toate celelalte date.

În continuare, în cadrul lucrării, vor fi prezentate modalitățile de prelucrare a datelor furnizate de către instituțiile menționate în vederea atingerii obiectivelor propuse.

II.1.4. Fenomenul de dispersie și sursele de poluare

Spre deosebire de sistemele obișnuite, în cazul poluării aerului este aproape imposibil a trece sistemul real prin diverse stări cu modificări programate ale parametrilor de intrare (meteorologici de regula), pentru a genera seturi de date experimentale care să fie utilizate la elaborarea modelului. [32] Din acest motiv modelarea unui asemenea sistem se bazează pe date

experimentale prelevate în condiții variabile - parametrii meteorologici nu pot fi programați. **Dispersia poluanților în atmosferă este un proces dinamic ce are loc în condiții relativ diferite la fiecare determinare, chiar dacă sursa de poluare ar putea fi constantă.** Din acest motiv modelarea unui asemenea sistem se poate realiza cu o precizie mai mică decât în cazul sistemelor statice.

Principalii factori care influențează dispersia poluanților în general, și a dioxidului de azot în particular sunt: debitul sursei de poluare, înălțimea sursei de poluare, coordonatele carteziene ale punctului de măsurare a concentrației poluantului, precum și parametrii meteorologici. Dintre parametrii meteorologici până în prezent s-a studiat doar influența vitezei și a direcției vântului, găsiindu-se date de literatură în acest sens. [8,79,80,81,82]

În lucrarea de față vor fi prezentate modele matematice care definesc influența pe care o au alți parametrii meteorologici asupra fenomenului de dispersie a poluanților, modele rezultate în urma studiului de caz în municipiul Timișoara. Parametrii meteorologici luați în considerare sunt: temperatură, umiditate, presiune, direcția și viteza vântului. În situațiile ce vor fi prezentate în continuare s-a determinat influența singulară a parametrilor meteorologici amintiți, precum și influența combinată a acestora.

Pentru realizarea studiului s-a considerat că emisiile de dioxid de azot provin de două tipuri de surse:

➤ Staționare:

- ◆ cele două termocentrale care realizează alimentarea cu energie termică a municipiului Timișoara, notate CET SUD și CET CENTRU;
- ◆ microcentralele de apartament care asigură energia termică la nivel casnic, centralele industriale de capacitate mică, ce realizează alimentarea cu energie termică a sectorului industrial, precum și sobele care funcționează cu gaze. Toate acestea au fost considerate în lucrare o singură categorie notată generic microcentrale;

➤ Mobile: transportul rutier.

În lucrare vor fi prezentate mai multe situații care au condus la modele matematice pe baza cărora s-au putut desprinde concluzii referitoare la influența parametrilor meteorologici asupra fenomenului de dispersie a dioxidului de azot. La elaborarea modelelor matematice s-au folosit programe informatice: Statistica 6.0, Excel, Origin, MATHCAD, precum și metode analitice bazate pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2 și 3.

II.2. STUDIUL FENOMENULUI DE DISPERSIE ÎN AER A DIOXIDULUI DE AZOT GLOBAL, BAZAT PE MONITORIZAREA PARAMETRILOR ÎN MUNICIPIUL TIMIȘOARA

Pentru studierea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot global în funcție de parametrii meteorologici s-a luat în considerare influența singulară a fiecărui parametru meteorologic, precum și influența combinată a acestora, realizându-se astfel modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 2, 3, 4 și 5 parametri.

Pentru realizarea acestui lucru s-au utilizat valorile medii zilnice ale concentrațiilor de dioxid de azot, precum și valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici: temperatură, presiune, umiditate, viteza vântului, pentru lunile ianuarie, aprilie, iulie și octombrie ale anului 2004. Aceste date au fost legal furnizate de:

- ◆ AGENȚIA DE PROTECȚIA MEDIULUI TIMIȘOARA - valorile medii orare ale concentrațiilor de dioxid de azot, pentru fiecare zi a celor 4 luni din anul 2004 studiate. Aceste valori au fost măsurate pe strada Mihai Viteazul din Timișoara, sediul agenției – laboratorul de monitorizare și sunt prezentate în ANEXA 1;
- ◆ CENTRUL METEO TIMIȘOARA - valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici: temperatură, presiune, umiditate, viteza vântului pentru fiecare zi a celor 4 luni din anul 2004 studiate. Aceste valori au fost măsurate la Pădurea Verde, sediul acestei instituții. Aceste date sunt prezentate în ANEXA 2.

Pentru determinările experimentale ale concentrației de dioxid de azot s-a folosit un analizor de oxizi de azot – model AC31M, prezentat în figura 45. Acest tip de analizor este utilizat pentru măsurarea concentrațiilor mici, domeniul de măsurare fiind: 0.35 ppb la 10 ppm. Analizorul AC31M poate fi utilizat pentru monitorizarea aerului ambiental, poluare urbană și poluare provenită de la vehicule rutiere, monitorizarea oxizilor de azot în scop de cercetare, precum și monitorizarea continuă a emisiilor de oxizi de azot. [83]

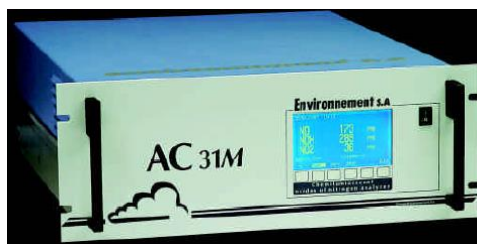


Fig. 45 Analizor pentru oxizi de azot–AC31M

Principalele specificații tehnice ale analizorului AC31M sunt:

- ◆ Cameră duală, un singur tub de particule PM;
- ◆ Afișaj cu cristale lichide LCD;
- ◆ Meniu interactiv;
- ◆ Calibrare grafică în timp real;
- ◆ Interfață serială RS232/RS422
- ◆ Valoarea minimă detectată: 0.35 ppb;
- ◆ Timp de răspuns minim 20 de secunde;
- ◆ Debitul probei: 0.6 l/mim;
- ◆ Poate stoca în memorie ultimele 1500 de măsurători;
- ◆ Dimensiuni: 581/483/177 mm;
- ◆ Greutate: 32 Kg.

Principiul de funcționare al analizorului se bazează pe reacția de chemiluminiscență dintre oxizii de azot și ozon. Concentrația de NO_x este măsurată trecând mai întâi proba prin molibden, unde dioxidul de azot este redus la monoxid de azot cu o rată mare de conversie. Aparatul are o caracteristică specială deoarece poate face o analiză simultană de NO și NO_x în cele două camere de măsurare dintr-o singură mostră de gaz, cu ajutorul tubului PM. Aparatul are posibilitatea de calibrare automată cu ajutorul microscopului. Verificările pot fi făcute manual, automat sau cu ajutorul telecomenzii, prin folosirea unui tub de gaz de control, special construit pentru testări. Diagrama calibrării poate fi afișată în timpul executării testelor de verificare. Un software performant împreună cu un afișaj LCD oferă posibilitatea programării, utilizării și întreținerii ușoare. Aparatul poate afișa diagramele de măsurare, diagnosticare și parametrii de întreținere în orice moment. O funcție automată determină timpul cel mai potrivit pentru măsurarea concentrației de NO-NO_x. Aparatul de măsurare AC31M are posibilitatea de stocare și memorare a parametrilor urmăriți și a mediilor acestora. Datorită portului de comunicare serială aparatul poate fi conectat la calculator cu ajutorul căruia se pot monitoriza parametrii de poluare a aerului. [83]

Datele experimentale referitoare la concentrația de dioxid de azot au fost furnizate de către AGENȚIA DE PROTECȚIA MEDIULUI Timișoara. Aceste date sunt prezentate în ANEXA 1. Din mediile orare furnizate de această instituție s-a obținut media zilnică măsurată

în municipiul Timișoara pe parcursul a patru luni din anul 2004 – ianuarie, aprilie, iulie și octombrie – însumând 100 de zile. Valorile parametrilor meteorologici au fost furnizate de CENTRUL METEO TIMIȘOARA și au fost obținute prin metode și aparatură proprie acestuia. Datele sunt prezentate în ANEXA 2.

În tabelul 9 sunt prezentate aceste date experimentale.

Tabel 9. Valorile medii zilnice ale concentrației NO₂ și a parametrilor meteorologici

Nr. crt	Luna	Ziua	$C_{NO_2} [\mu g / m^3]$	Presiune [bar]	Temperatura [oC]	Umiditate [%]	Viteza vântului [m/s]
1	IANUARIE	1	69.58	1000.9	4.7	87	1.3
2		2	45.53	998	2.7	91	1.5
3		3	45.02	1004.1	-1.6	74	4.3
4		4	48.03	1006.1	-4.2	69	2.5
5		5	59.53	1006	-4.2	76	1.5
6		6	91.84	1012.7	-7.5	78	2.8
7		7	102.93	1013.3	-10.7	83	1.3
8		8	135.06	1010.7	-7.2	83	0.3
9		9	102.18	1005.7	-6.7	76	1.5
10		10	99.31	1000.5	-1.2	90	1.3
11		11	78.77	1009.5	-1.2	89	1.5
12		12	89.44	1004.3	0.8	82	1.5
13		13	58.65	992.5	3.9	81	2.3
14		14	123.88	989.3	6.6	76	2
15		15	104.64	989.2	1.3	91	2.3
16		16	72.16	999.8	2.3	82	2.5
17		17	44.16	997.5	5.3	62	4.5
18		18	66.38	1000.4	3.8	84	2.5
19		19	87.01	1005.2	2.2	88	1.5
20		20	64.19	994.2	1.7	93	2
21		21	93.86	997.8	-0.6	77	3
22		22	72.27	1003.4	-3.8	63	4.8
23		23	78.60	1006.4	-6.7	67	3.5
24		24	62.44	1003.6	-5.9	75	4
25		25	70.33	1002.3	-4.6	85	1
26		26	102.73	1003.9	-5.4	87	1.5
27		27	110.25	995.8	-5.3	77	2.5
28		28	124.19	987.5	-1	83	2
29		29	133.52	993.9	-5.2	85	1.8
30		30	175.59	1007.7	-11.7	84	0.8
31		31	132.66	1017.8	-9.2	85	1

Contribuții la studiul modelării și simulării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

32	APRILIE	1	44.37	1004.2	13	50	2.5
33		2	30.94	1008	12.1	51	1.5
34		3	31.51	1013	11.2	50	1.3
35		4	25.13	1012.9	10.4	49	1
36		5	21.40	1005.4	12.9	59	3
37		6	28.46	1000.5	10.6	72	1.5
38		7	26.50	993.9	10.3	85	2.3
39		8	31.24	1002	8.2	71	1.5
40		9	56.51	1003.3	7.9	73	2
41		10	54.30	997.7	10.6	89	1
42		11	34.81	1000.8	11.1	92	1
43		12	40.13	1005.3	10	90	2.3
44		13	39.96	999.2	9.7	91	2
45		14	41.97	1004	8.1	85	2
46		15	50.32	1015.6	9.9	71	1.5
47		16	52.71	1012.5	11.3	58	2
48		17	51.45	1000	12.4	69	2
49		18	43.41	992.6	13.6	64	2
50		19	38.36	991.6	14	54	2.5
51	IULIE	1	20.88	1006	21.2	49	0.8
52		2	34.16	1002.2	19.9	64	1.8
53		3	23.96	1005.9	20.8	57	2.5
54		4	24.89	1009.1	21.6	52	1.3
55		5	16.35	1007.4	24.3	46	2.3
56		6	12.94	1005.9	25.6	52	2
57		7	26.45	1006.8	23.7	55	2.3
58		8	28.05	1005.5	26.7	52	2
59		9	27.28	1001.3	28.7	51	2.5
60		10	24.18	999.3	27.5	47	2.3
61		11	33.64	1000	21.7	42	2.5
62		12	28.23	998.2	20.2	45	2.3
63		13	17.56	996.7	19.9	47	3.3
64		14	37.45	1002.2	17.8	59	3.5
65		15	39.63	1004.3	17.4	53	3
66		16	27.17	1006.9	20.2	58	1.5
67		17	33.83	1009.5	22.5	54	1.3
68		18	29.42	1009.4	25.2	47	1.8
69		19	25.95	1007.6	27	44	2
70		20	22.88	1006	27.1	48	1.8
71		21	29.34	1005.7	27.2	51	1.3
72		22	30.10	1005.4	28	49	1.5
73		23	47.26	1004.6	28.6	44	2
74		24	26.10	1002.4	24.8	57	2.5
75		25	41.60	1000.2	24.4	60	1.8
76		26	24.76	998.4	21.8	75	1.5

77	OCTOMBRIE	1	41.77	1011.5	14.6	75	0.5
78		2	36.95	1011.2	14.3	76	0.5
79		3	29.78	1012.8	12.2	83	0.8
80		4	32.07	1014.8	11.1	93	1
81		5	32.50	1014.2	13.5	77	1.5
82		6	29.33	1013.2	14.3	63	2.3
83		7	42.25	1009.9	12.8	70	1.5
84		8	47.73	1007.3	12	78	0.5
85		9	24.88	1003.2	13.7	79	1.8
86		10	24.40	1002	11.9	91	1.8
87		11	32.42	1006.6	9.4	76	3.8
88		12	21.92	1017.1	7.6	70	1.3
89		13	35.57	1018.4	7.7	63	1.5
90		14	30.8	1011.2	8.4	75	2
91		15	22.08	1003.9	11.2	72	2.8
92		16	20.47	997.5	12.9	77	2.8
93		17	18.55	997.3	9.8	85	2.5
94		18	33.93	1005.5	7.3	82	1.3
95		19	37.79	1005.4	12.1	78	0.8
96		20	40.07	1004.3	14.2	80	1
97		21	32.7	1004.9	12	89	1.3
98		22	37.64	1010.6	15	86	0.3
99		23	25.94	1009.7	14.8	89	1.3
100		24	28.27	1010.3	14.4	86	0.5

În cele ce urmează vor fi prezentate modelele matematice pentru dispersia dioxidului de azot global în atmosferă în funcție de parametrii meteorologici și studiile care au condus la elaborarea lor.

Ipotezele simplificatoare considerate la elaborarea modelelor matematice privind dispersia dioxidului de azot global în funcție de parametrii meteorologici sunt următoarele:

- ⇒ măsurarea concentrației de dioxid de azot și a parametrilor meteorologici nu sunt realizate în același loc: concentrația de NO₂ a fost măsurată pe strada Mihai Viteazul - sediul Agenției de Protecția Mediului Timișoara, iar parametrii meteorologici la sediul CENTRULUI METEO Timișoara, între acestea existând o distanță de aproximativ 1Km.
- ⇒ nu s-au luat în calcul precipitațiile. Se știe că dioxidul de azot reacționează cu apa de ploaie, producând ploile acide, deci concentrația acestuia este diminuată în prezența precipitațiilor.
- ⇒ parametrii meteorologici nu respectă întru-totul valorile specifice perioadei pentru care se face studiul.

⇒ senzorul de măsură al aparatului cu care s-au făcut măsurătorile este amplasat la 3m față de nivelul solului, iar în jur sunt clădiri cu o înălțime mai mare.

II.2.1. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul II.

Ecosistemul studiat este un sistem neliniar, dinamic și din acest motiv procesul de modelare matematică este foarte complex. Emisiile de dioxid de azot sunt provenite de la mai multe surse: staționare (două centrale termice ale orașului, microcentrale de apartament) și transporturi. Dispersia dioxidului de azot măsurat într-un punct depinde de parametrii atmosferici, cei mai importanți dintre aceștia fiind: temperatura, presiunea, umiditatea și viteza vântului. Parametrii perturbatori în cazul de față sunt precipitațiile deoarece dioxidul de azot în combinație cu apa de ploaie formează acid azotic iar acesta ajunge în sol.

În multe cazuri practice legătura dintre doi sau mai mulți parametri care intervin într-un anumit proces este suficient de strânsă astfel încât variația unui parametru poate fi controlată și exprimată pe baza variației celorlalți parametri. Legăturile funcționale de acest fel se numesc legături stohastice sau probabilistice. Studiul acestor legături a condus la dezvoltarea teoriei corelației multiple.[51,84,85,86,87]

Din punct de vedere matematic parametrii studiați sunt variabile aleatoare, variația lor într-un domeniu limitat fiind determinată de factori întâmplători, iar fiecare parametru urmează, în general, o lege de distribuție bine determinată.

În cazul regresiei multiple neliniare de ordinul 2 se presupune că pe parcursul desfășurării unui proces s-au făcut m măsurători a n+1 variabile. Se dorește să se exprime una dintre aceste variabile, y, în funcție de celelalte variabile x_i , cu $i = \overline{1, n}$, printr-o funcție de gradul 2 prezentată în relația (40):

$$Y(x_i) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_{1i} x_i + \sum_{i=1}^n a_{2i} x_i^2 + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} x_j x_{i+j} \quad (40)$$

Coefficienții a_0 , a_{1i} , a_{2i} , b_{ji} , se numesc coeficienții funcției de regresie. Aceștia se determină prin metoda celor mai mici pătrate, astfel încât dispersia abaterilor valorilor determinate experimental y față de valorile determinate pe baza ecuației de regresie (40) să fie minimă, adică:

$$M(f) = M[y - Y(x_i)]^2 = \text{minim},$$

unde:

$$f(a_0, a_{1i}, a_{2i}, b_{ji}) = [y - a_0 - \sum_{i=1}^n a_{1i} x_i - \sum_{i=1}^n a_{2i} x_i^2 - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} x_j x_{i+j}]^2 \quad (41)$$

Pentru aceasta se anulează derivatele parțiale ale funcției (41) în raport cu coeficienții $a_0, a_{1i}, a_{2i}, b_{ji}$:

$$\frac{\partial f}{\partial a_0} = -2 \sum_{k=1}^m [y_k - a_0 - \sum_{i=1}^n a_{1i} x_{ik} - \sum_{i=1}^n a_{2i} x_{ik}^2 - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} x_{jk} x_{i+j,k}] = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_{1i}} = -2 \sum_{k=1}^m [y_k x_{ik} - a_0 x_{ik} - \sum_{i=1}^n a_{1i} x_{ik}^2 - \sum_{i=1}^n a_{2i} x_{ik}^3 - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} x_{jk} x_{i+j,k} x_{ik}] = 0$$

$$i = \overline{1, n}$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_{2i}} = -2 \sum_{k=1}^m [y_k x_{ik}^2 - a_0 x_{ik}^2 - \sum_{i=1}^n a_{1i} x_{ik}^3 - \sum_{i=1}^n a_{2i} x_{ik}^4 - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} x_{jk} x_{i+j,k} x_{ik}^2] = 0 \quad i = \overline{1, n}$$

$$\frac{\partial f}{\partial b_{1i}} = -2 \sum_{k=1}^m [y_k x_{1k} x_{i+1,k} - a_0 x_{1k} x_{i+1,k} - \sum_{i=1}^n a_{1i} x_{ik} x_{1k} x_{i+1,k} - \sum_{i=1}^n a_{2i} x_{ik}^2 x_{1k} x_{i+1,k} - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} x_{jk} x_{i+j,k} x_{1k} x_{i+1,k}] = 0$$

$$i = \overline{1, n-1}$$

$$\frac{\partial f}{\partial b_{ji}} = -2 \sum_{k=1}^m [y_k x_{jk} x_{i+j,k} - a_0 x_{jk} x_{i+j,k} - \sum_{i=1}^n a_{1i} x_{ik} x_{jk} x_{i+j,k} - \sum_{i=1}^n a_{2i} x_{ik}^2 x_{jk} x_{i+j,k} - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} x_{jk}^2 x_{i+j,k}^2] = 0$$

$$i = \overline{1, n-j}$$

$$\frac{\partial f}{\partial b_{n-1,n}} = -2 \sum_{k=1}^m [y_k x_{n-1,k} x_{nk} - a_0 x_{n-1,k} x_{nk} - \sum_{i=1}^n a_{1i} x_{ik} x_{n-1,k} - \sum_{i=1}^n a_{2i} x_{ik}^2 x_{n-1,k} x_{nk} - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} x_{jk} x_{i+j,k} x_{n-1,k} x_{nk}] = 0$$

Se obține astfel sistemul (42) de $(1+2n+C_n^2)$ ecuații cu necunoscutele $a_0, a_{1i}, a_{2i}, b_{ji}$, cu

$$i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n}; i \neq j:$$

$$m a_0 + \sum_{i=1}^n a_{1i} \sum_{k=1}^m x_{ik} + \sum_{i=1}^n a_{2i} \sum_{k=1}^m x_{ik}^2 + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} \sum_{k=1}^m x_{jk} x_{i+j,k} = \sum_{k=1}^m y_k$$

$$a_0 \sum_{k=1}^m x_{ik} + \sum_{i=1}^n a_{1i} \sum_{k=1}^m x_{ik}^2 + \sum_{i=1}^n a_{2i} \sum_{k=1}^m x_{ik}^3 + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} \sum_{k=1}^m x_{jk} x_{i+j,k} x_{ik} = \sum_{k=1}^m y_k x_{ik} \quad i = \overline{1, n}$$

$$a_0 \sum_{k=1}^m x_{ik}^2 + \sum_{i=1}^n a_{1i} \sum_{k=1}^m x_{ik}^3 + \sum_{i=1}^n a_{2i} \sum_{k=1}^m x_{ik}^4 + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} \sum_{k=1}^m x_{jk} x_{i+j,k} x_{ik}^2 = \sum_{k=1}^m y_k x_{ik}^2 \quad i = \overline{1, n}$$

$$a_0 \sum_{k=1}^m x_{1k} x_{i+1,k} + \sum_{i=1}^n a_{1i} \sum_{k=1}^m x_{ik} x_{1k} x_{i+1,k} + \sum_{i=1}^n a_{2i} \sum_{k=1}^m x_{ik}^2 x_{1k} x_{i+1,k} + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} \sum_{k=1}^m x_{jk} x_{i+j,k} x_{1k} x_{i+1,k} = \sum_{k=1}^m y_k x_{1k} x_{i+1,k}$$

$i = \overline{1, n-1}$

$$a_0 \sum_{k=1}^m x_{jk} x_{i+j,k} + \sum_{i=1}^n a_{1i} \sum_{k=1}^m x_{ik} x_{jk} x_{i+j,k} + \sum_{i=1}^n a_{2i} \sum_{k=1}^m x_{ik}^2 x_{jk} x_{i+j,k} + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} \sum_{k=1}^m x_{jk}^2 x_{i+j,k}^2 = \sum_{k=1}^m y_k x_{jk} x_{i+j,k}$$

$i = \overline{1, n-j}$

$$a_0 \sum_{k=1}^m x_{n-1,k} x_{nk} + \sum_{i=1}^n a_{1i} \sum_{k=1}^m x_{ik} x_{n-1,k} x_{nk} + \sum_{i=1}^n a_{2i} \sum_{k=1}^m x_{ik} x_{n-1,k} x_{nk} + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^{n-j} b_{ji} \sum_{k=1}^m x_{jk} x_{i+j,k} x_{n-1,k} x_{nk} = \sum_{k=1}^m y_k x_{n-1,k} x_{nk}$$

(42)

Prin rezolvarea sistemului de ecuații (42) se obțin valorile coeficienților funcției de regresie (40).

II.2.1.1. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizarea a 2 parametri.

Particularizând algoritmul matematic prezentat anterior, se presupune că numărul de parametri este $n=2$. Pe baza datelor experimentale prezentate în tabelul 8 s-au dedus modele matematice statistice care să redea influența singulară pe care o au parametrii meteorologici asupra disepției dioxidului de azot în municipiul Timișoara Pentru aceasta s-a studiat influența parametrilor meteorologici asupra dispersiei dioxidului de azot luând în considerare luna ianuarie 2004 [89], iar apoi toate cele 100 de date din cele 4 luni studiate. În figurile 46, 47, 48, 49 sunt prezentate rezultatele obținute pentru luna ianuarie 2004.

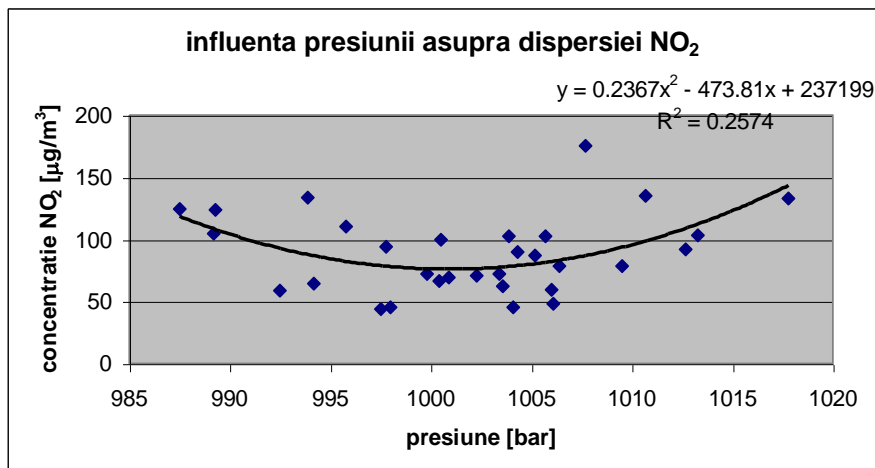


Fig. 46 Influența presiunii asupra dispersiei NO₂ în luna ianuarie 2004

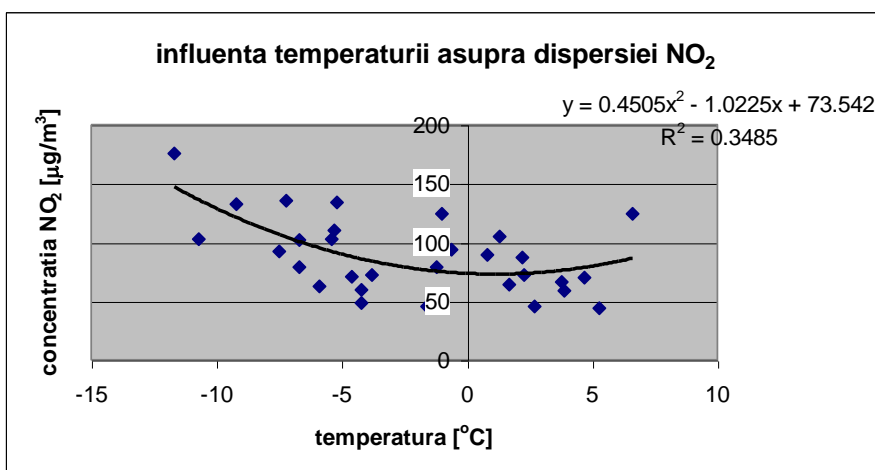


Fig. 47 Influența temperaturii asupra dispersiei NO₂ în luna ianuarie 2004

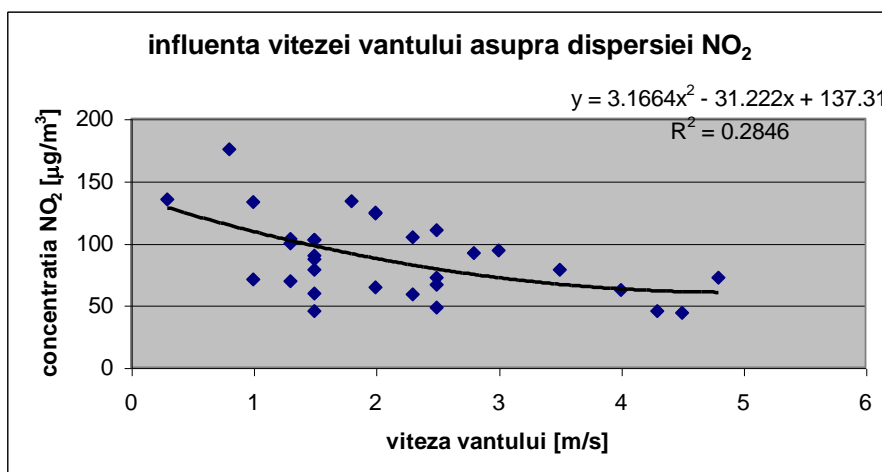


Fig. 48 Influența vitezei vântului asupra dispersiei NO₂ în luna ianuarie 2004

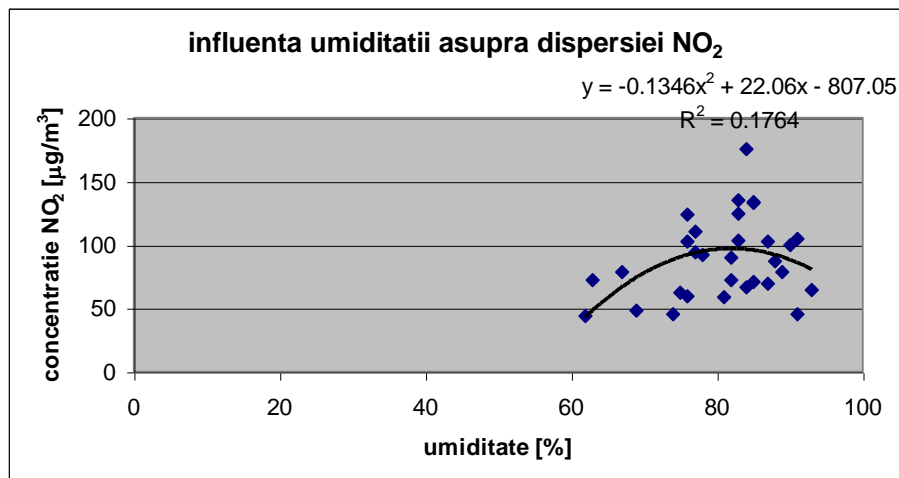


Fig. 49 Influența umidității asupra dispersiei NO₂ în luna ianuarie 2004

În tabelul 10 sunt prezentate cele patru modele matematice obținute în studiul dispersiei dioxidului de azot în funcție de acțiunea singulară a parametrilor meteorologici pentru luna ianuarie, precum și valorile indicatorului preciziei modelului R².

Tabel 10 Modele matematice de dispersie a NO₂ funcție de parametrii meteo în ian. 2004

Funcția	Modelul matematic	Explicitare parametrii	R ²
c=f(p)	$y=0.2367x^2-473.81x+237199$	y=c, x=p	0.2574
c=f(t)	$y=0.4505x^2-1.0225x+73.542$	y=c, x=t	0.3485
c=f(u)	$y=-0.1346x^2+22.06x-807.05$	y=c, x=u	0.1764
c=f(v)	$Y=3.1664x^2-31.222x+137.31$	y=c, x=t	0.2846

unde: c – concentrația NO₂ [µg/m³], p – presiune [bar], t + temperatura [°C], u – umiditate [%], v – viteza vântului [m/s]

Valorile indicatorului preciziei modelului R² nu sunt satisfăcătoare pentru validarea modelului. Rezultă concluzia că studiul dispersiei dioxidului de azot în funcție de parametrii meteorologici doar pentru o lună dintr-un an nu este relevantă. De aceea s-a extins studiul pentru 4 luni ale anului 2004: ianuarie, aprilie, iulie și octombrie, considerându-se 100 de zile din acestea. S-au ales aceste 4 luni considerându-se reprezentative pentru anotimpul din care fac parte. În figurile 50, 51, 52 și 53 sunt prezentate rezultatele obținute pentru studiul

dispersiei dioxidului de azot pentru anul 2004, funcție de acțiunea singulară a parametrilor meteorologici.

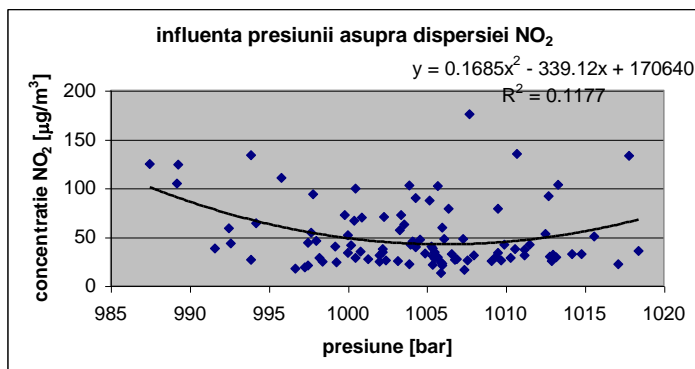


Fig. 50 Influența presiunii asupra dispersiei NO₂ în anul 2004

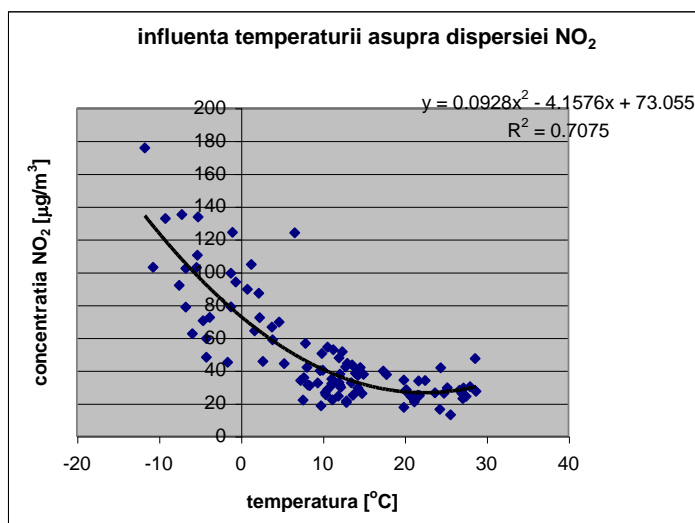


Fig. 51 Influența temperaturii asupra dispersiei NO₂ în anul 2004

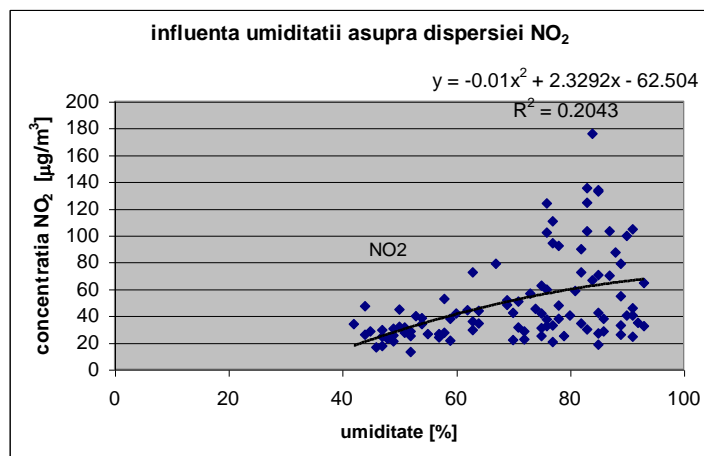


Fig. 52 Influența umidității asupra dispersiei NO₂ în anul 2004

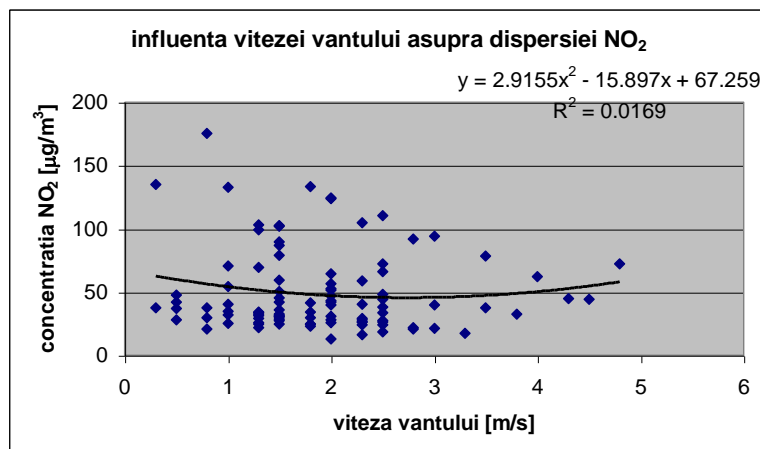


Fig. 53 Influența vitezei vântului asupra dispersiei NO₂ în anul 2004

În tabelul 11 sunt prezentate cele patru modele matematice obținute în studiul dispersiei dioxidului de azot în funcție de parametrii meteorologici pentru anul 2004, precum și valorile indicatorului preciziei modelului R².

Tabelul 11. Modele matematice de dispersie a NO₂ funcție de parametrii meteo în 2004

Funcția	Modelul matematic	Explicitare parametrii	R ²
c=f(p)	$y=0.1685x^2-33.912x+170640$	y=c, x=p	0.1177
c=f(t)	$y=0.0928x^2-4.1576x+73.055$	y=c, x=t	0.7075
c=f(u)	$y=-0.01x^2+2.3292x-62.504$	y=c, x=u	0.2043
c=f(v)	$y=2.9155x^2-15.897x+67.259$	y=c, x=v	0.0169

unde: c – concentrația NO₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], p – presiune [bar], t + temperatura [°C], u – umiditate [%], v – viteza vântului [m/s]

Valorile indicatorului preciziei modelului R² nu sunt satisfăcătoare pentru validarea modelului nici în acest caz. Doar în cazul temperaturii se poate vorbi de o corelare bună ceea ce sugerează că temperatura este singurul parametru meteorologic ce poate avea o influență singulară asupra dispersiei dioxidului de azot. Din valorile indicatorului preciziei modelului, prezentate în tabelul 10 se desprinde concluzia că studiul dispersiei dioxidului de azot în funcție de un singur parametru meteorologic nu este relevantă, un singur parametru neputând defini o dispersie corectă. Se conturează ideea că dispersia dioxidului de azot este influențată de aportul concomitent al mai multor parametrii meteorologici.

II.2.1.2 Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizare a 3 parametri.

În cazul corelației multiple liniare între 3 parametrii se particularizează algoritmul matematic prezentat la capitolul II.2.1. pentru $n=3$. [89, 51] În prezentul studiu s-a analizat corelația multiplă neliniară de ordinul 2 între 3 parametrii.

Ecuția corelației multiple neliniare de ordinul 2 este redată în relația (43):

$$Y(x_1, x_2) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1^2 + a_4x_2^2 + a_5x_1x_2 \quad (43)$$

Coeficienții a_0, a_1, \dots, a_5 se numesc coeficienții funcției de regresie. Aceștia se determină cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate, în așa fel încât dispersia abaterilor valorilor determinate experimental y față de valorile determinate pe baza ecuației de regresie (40) să fie minimă, adică:

$$M(f) = M[y - Y(x_1, x_2)]^2 = \text{minim},$$

unde:

$$f(a_0, a_1, \dots, a_5) = (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)^2 \quad (44)$$

Pentru aceasta se anulează derivatele parțiale ale expresiei (44) în raport cu coeficienții funcției de regresie: a_0, a_1, \dots, a_5 :

$$\frac{\partial f}{\partial a_0} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2) = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_1} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_1 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_2} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_3} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_1^2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_4} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_2^2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_5} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_1^2 - a_4x_2^2 - a_5x_1x_2)x_1 \cdot x_2 = 0$$

Se obține astfel sistemul de 6 ecuații cu 6 necunoscute: a_0, a_1, \dots, a_5 :

$$na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_1^2 + a_4 \sum x_2^2 + a_5 \sum x_1x_2 = \sum y$$

$$a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1x_2 + a_3 \sum x_1^3 + a_4 \sum x_1x_2^2 + a_5 \sum x_1^2x_2 = \sum yx_1$$

$$a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_1^2x_2 + a_4 \sum x_2^3 + a_5 \sum x_1x_2^2 = \sum yx_2$$

$$\begin{aligned}
 a_0 \sum x_1^2 + a_1 \sum x_1^3 + a_2 \sum x_1^2 x_2 + a_3 \sum x_1^4 + a_4 \sum x_1^2 x_2^2 + a_5 \sum x_1^3 x_2 &= \sum y x_1^2 \\
 a_0 \sum x_2^2 + a_1 \sum x_1 x_2^2 + a_2 \sum x_2^3 + a_3 \sum x_1^2 x_2^2 + a_4 \sum x_2^4 + a_5 \sum x_1 x_2^3 &= \sum y x_2^2 \\
 a_0 \sum x_1 x_2 + a_1 \sum x_1^2 x_2 + a_2 \sum x_1 x_2^2 + a_3 \sum x_1^3 x_2 + a_4 \sum x_1 x_2^3 + a_5 \sum x_1^2 x_2^2 &= \sum y x_1 x_2
 \end{aligned} \tag{45}$$

Sistemul de ecuații (45) poate fi scris matricial sub forma: $[A] \cdot \{a\} = \{b\}$, unde $[A]$ este matricea coeficienților, $\{a\}$ matricea necunoscutelor și $\{b\}$ matricea termenilor liberi.

Rezolvând sistemul de ecuații (45) se obțin cei 6 coeficienți de regresie a_0, a_1, \dots, a_5 , care ne conduc la ecuația corelației multiple neliniare de ordinul 2. [90, 91, 92, 93]

Pentru elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizare a 3 parametri s-a studiat influența simultană pe care o au câte doi parametri meteorologici la acest fenomen. Prelucrarea datelor experimentale s-a realizat prin două metode: utilizând metoda corelației multiple neliniare, prezentată anterior și respectiv utilizând programul de calcul STATISTICA 6.0. [94] Astfel după prima metodă s-au obținut 6 funcții de corelație multiplă și s-au calculat abaterea medie pătratică – relația (35) și coeficientul multiplu de corelație – relația (34) [51, 95, 96].

Cele 6 funcții de corelație multiplă sunt redată în relațiile (46)-(51):

a. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :

$n=f(t,p)$

$$Y(x_1, x_2) = 568.455 - 59.27x_1 + 0.26x_2 + 0.102x_1^2 - 7.501 \cdot 10^{-4}x_2^2 + 0.055x_1x_2 \tag{46}$$

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=t$ – temperatură, $x_2=p$ – presiune

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 16.22$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.86$**

b. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :

$n=f(t,u)$

$$Y(x_1, x_2) = -141.277 + 4.784x_1 + 4.508x_2 + 0.021x_1^2 - 0.022x_2^2 - 0.106x_1x_2 \tag{47}$$

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=t$ – temperatură, $x_2=u$ – umiditate

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 15.93$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.87$**

c. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :

$n=f(p,u)$

$$Y(x_1, x_2) = -480.46 + 1.161x_1 + 7.035x_2 - 7.609 \cdot 10^{-4} x_1^2 - 0.015x_2^2 - 4.056 \cdot 10^{-3} x_1x_2 \quad (48)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=u$ – umiditate

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 28.27$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.477$**

d. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v)

$n=f(p,v)$

$$Y(x_1, x_2) = -480.46 + 1.161x_1 + 7.035x_2 - 7.609 \cdot 10^{-4} x_1^2 - 0.015x_2^2 - 4.056 \cdot 10^{-3} x_1x_2 \quad (49)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 30.76$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.92$**

e. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :

$n=f(t,v)$

$$Y(x_1, x_2) = 85.189 - 3.957x_1 - 4.99x_2 - 0.815x_1^2 + 0.09x_2^2 + 0.434x_1x_2 \quad (50)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 16.29$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.86$**

f. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :

$n=f(u,v)$

$$Y(x_1, x_2) = -79.864 + 8.99x_1 + 2.519x_2 + 0.382x_1^2 - 9.523 \cdot 10^{-3} x_2^2 - 0.134x_1x_2 \quad (51)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 28.64$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.46$**

În tabelul 12 sunt prezentate toate cele 6 modele matematice, obținute cu ajutorul metodei analitice bazate pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2, ce caracterizează dispersia dioxidului de azot global în funcție de acțiunea simultană a 2 parametrii meteorologici și valorile indicatorilor preciziei acestora.

Tabel 12. Modele matematice, obținute cu ajutorul metodei analitice bazate pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2, ce redau dependența dispersiei NO₂ global de 2 parametrii meteorologici

Nr. crt	Cazul	Modelul matematic	R	σ
1	Y=f(p,t)	$Y(x_1, x_2) = 568.455 - 59.27x_1 + 0.26x_2 + 0.102x_1^2 - 7.501 \cdot 10^{-4}x_2^2 + 0.055x_1x_2$	0.86	16.22
2	Y=f(t,u)	$Y(x_1, x_2) = -141.277 + 4.784x_1 + 4.508x_2 + 0.021x_1^2 - 0.022x_2^2 - 0.106x_1x_2$	0.87	15.93
3	Y=f(p,u)	$Y(x_1, x_2) = -480.46 + 1.161x_1 + 7.035x_2 - 7.609 \cdot 10^{-4}x_1^2 - 0.015x_2^2 - 4.056 \cdot 10^{-3}x_1x_2$	0.47	28.27
4	Y=f(p,v)	$Y(x_1, x_2) = -480.46 + 1.161x_1 + 7.035x_2 - 7.609 \cdot 10^{-4}x_1^2 - 0.015x_2^2 - 4.056 \cdot 10^{-3}x_1x_2$	0.92	30.76
5	Y=f(t,v)	$Y(x_1, x_2) = 85.189 - 3.957x_1 - 4.99x_2 - 0.815x_1^2 + 0.09x_2^2 + 0.434x_1x_2$	0.86	16.29
6	Y=f(u,v)	$Y(x_1, x_2) = -79.864 + 8.99x_1 + 2.519x_2 + 0.382x_1^2 - 9.523 \cdot 10^{-3}x_2^2 - 0.134x_1x_2$	0.46	28.64

După a doua metodă datele experimentale au fost prelucrate cu STATISTICA 6.0. S-au obținut diagramele prezentate în figurile (54) – (59) [94] și coeficienții de corelare prezentați în continuare.[51]

a) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :

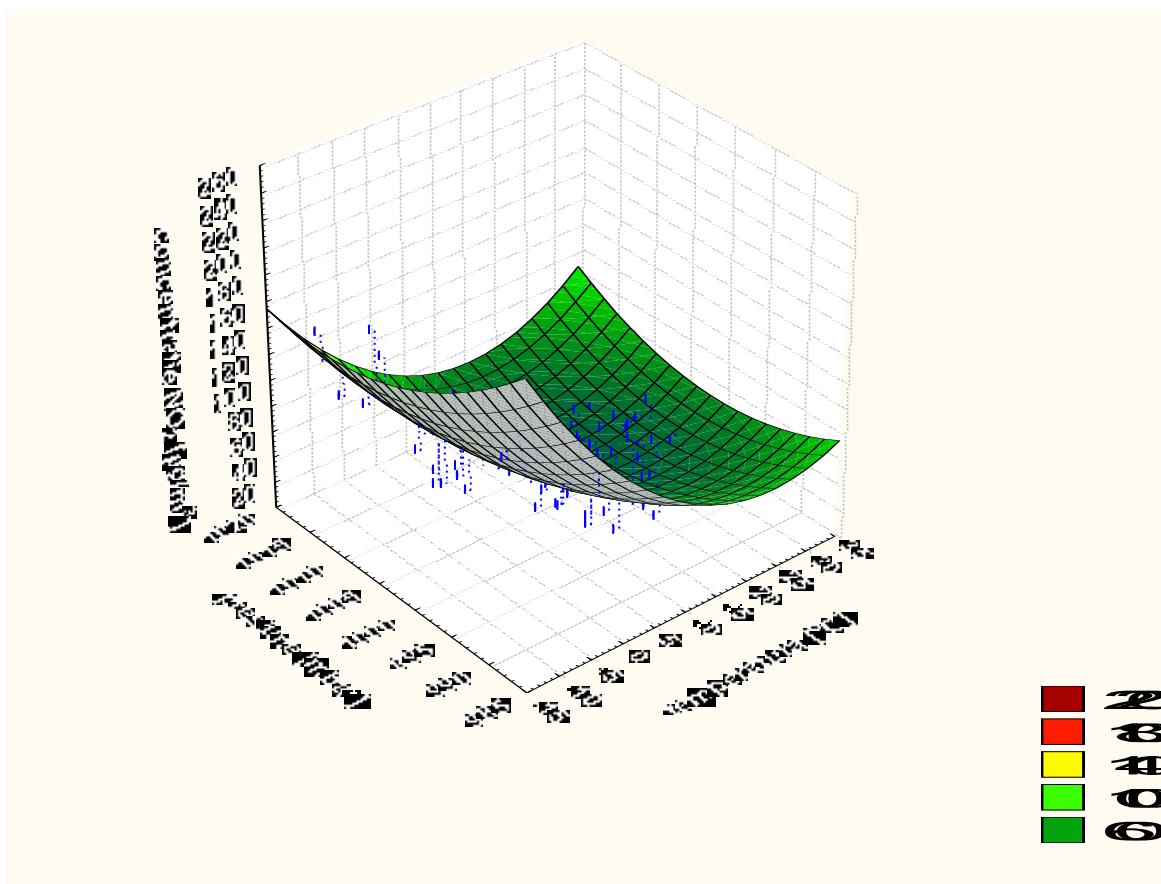


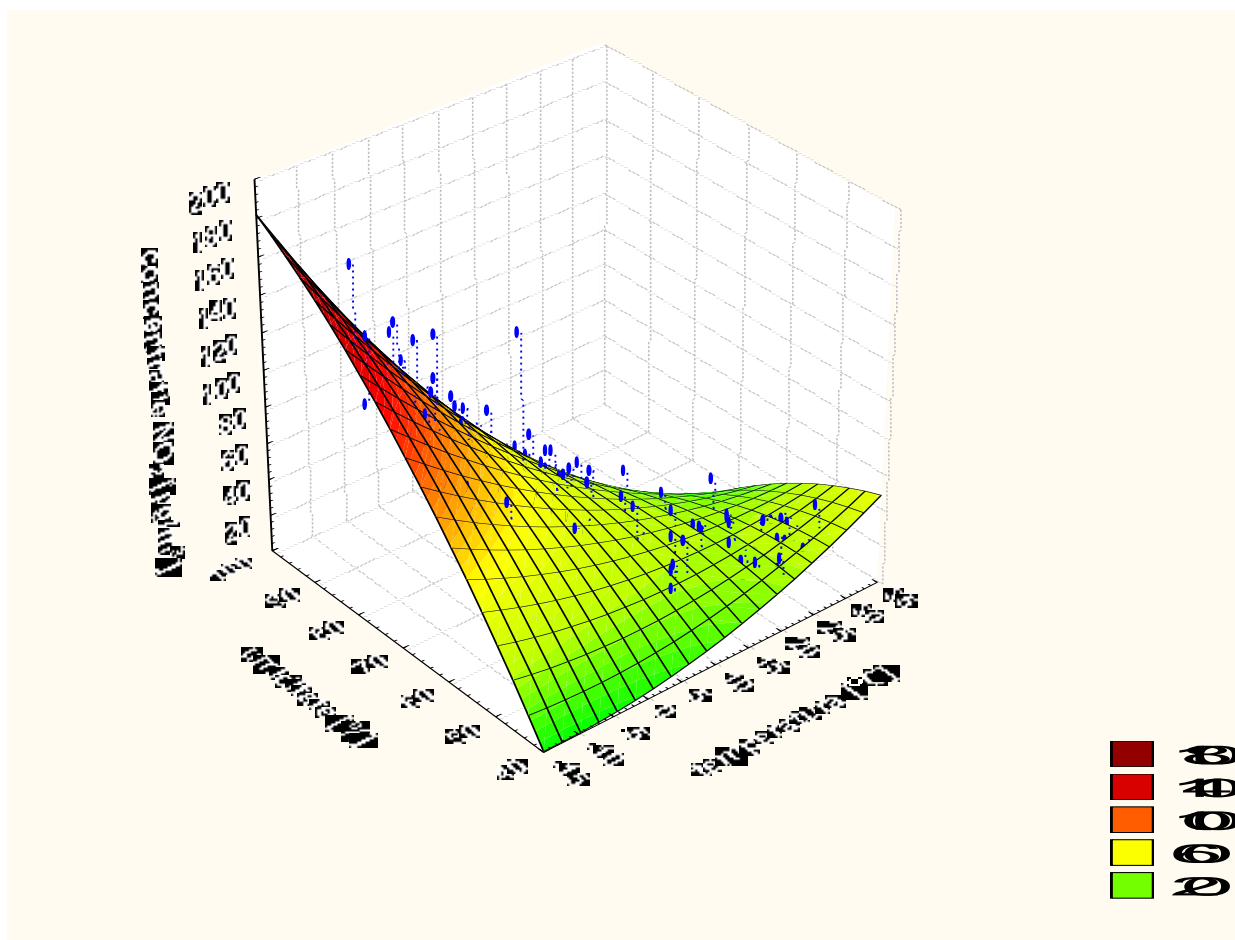
Fig. 54. Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și presiune

$$n=f(t,p)$$

În figura (54) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici temperatură și presiune. De asemenea s-au calculat și în acest caz abaterea medie pătratică și coeficientul multiplu de corelare.

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, p - presiune

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 16.223$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.864$



b) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :

Fig. 55 Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și umiditate

În figura (55) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici temperatură și umiditate, precum și valorile σ și R .

$$n=f(t,u)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, u - umiditate

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 15.93$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.869$

c) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :

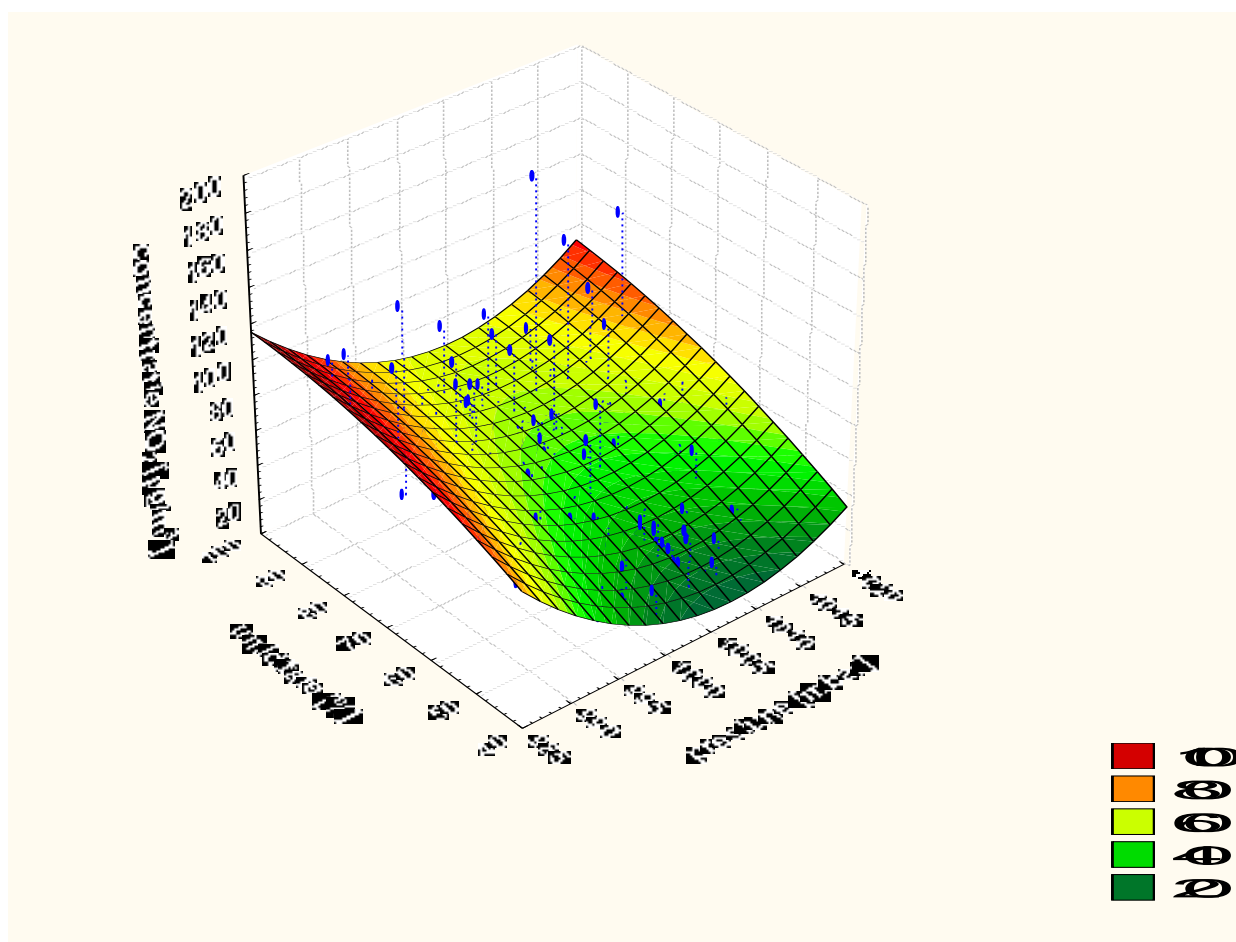


Fig. 56. Dependența concentrației de dioxid de azot de presiune și umiditate

În figura (56) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici presiune și umiditate, precum și valorile σ și R.

$$n=f(p,u)$$

n – concentrația de dioxid de azot, p - presiune, u - umiditate

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 28.276$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.477$

d) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v) :

$$n=f(p,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, p - presiune, v – viteza vântului

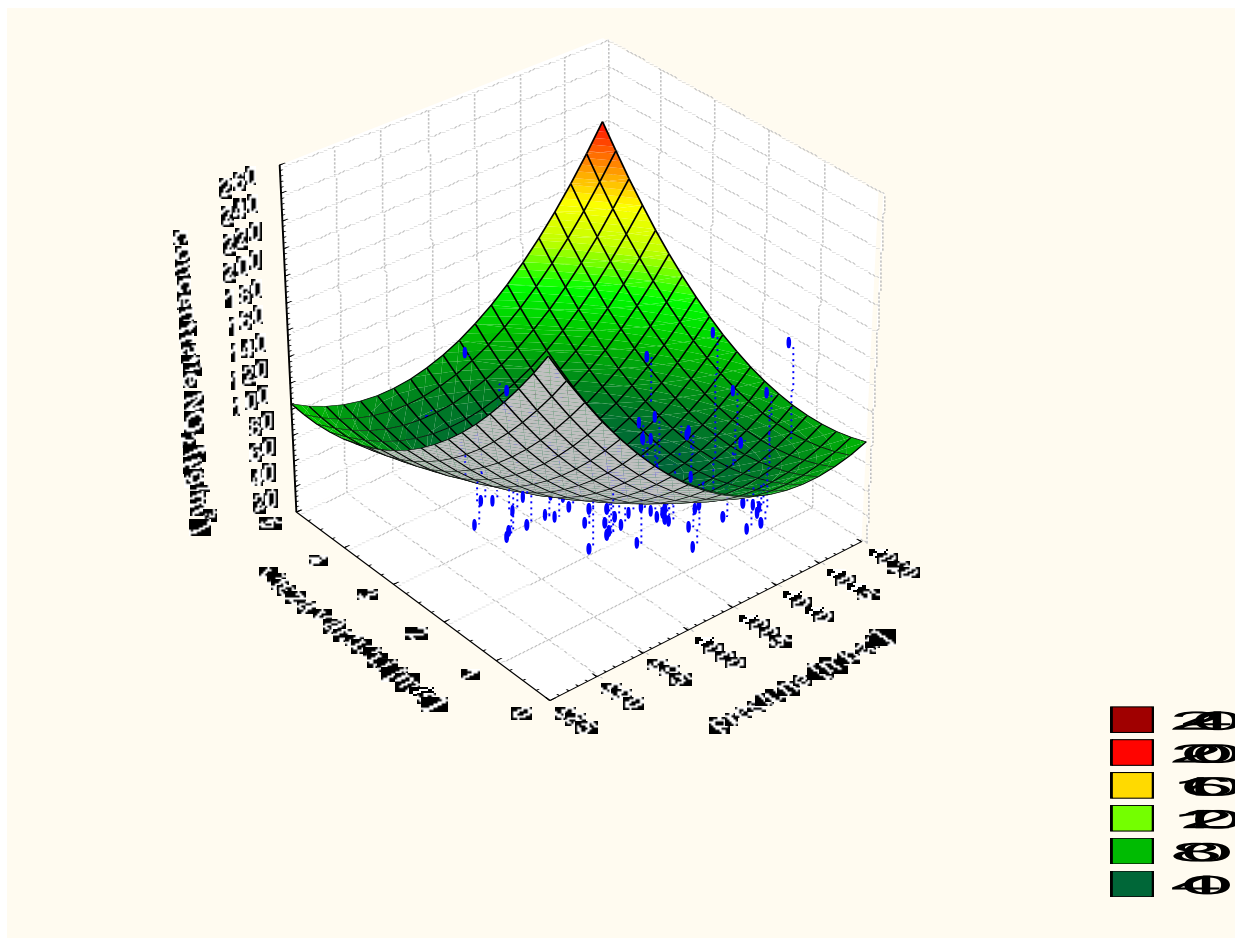


Fig. 57 Dependența concentrației de dioxid de azot de presiune și viteza vântului

În figura (57) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici presiune și viteza vântului, precum și valorile σ și R .

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 30.768$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.92$

e) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :

$$n=f(t,v)$$

Dependența concentrației de dioxid de azot de influența simultană a parametrilor meteorologici temperatură și viteza vântului este redată în figura (58).

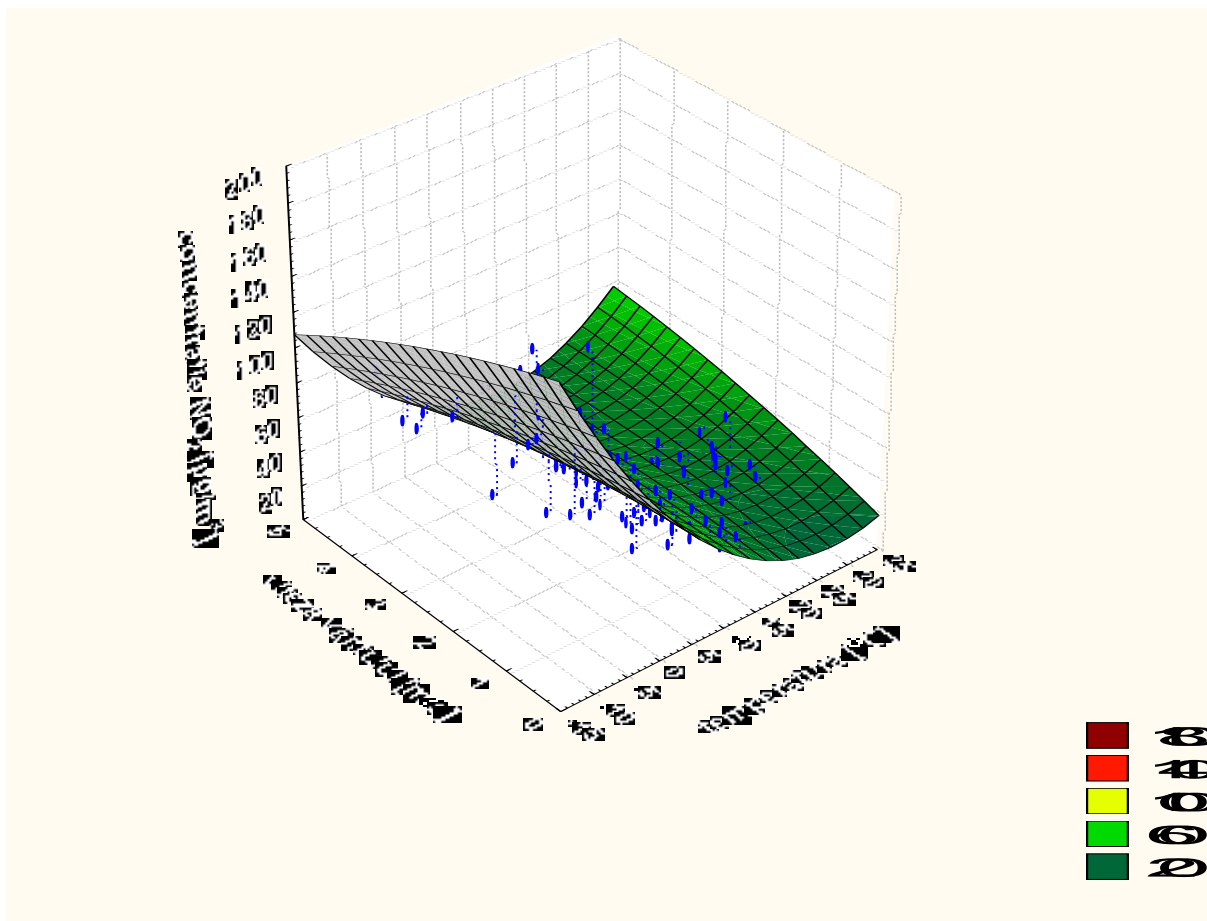


Fig. 58. Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și viteza vântului

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, v – viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 16.289$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.862$

f) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :

Dependența concentrației de dioxid de azot de influența simultană a parametrilor meteorologici umiditate și viteza vântului este redată în figura (59).

$$n=f(u,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, u - umiditate, v – viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 28.638$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0,456$

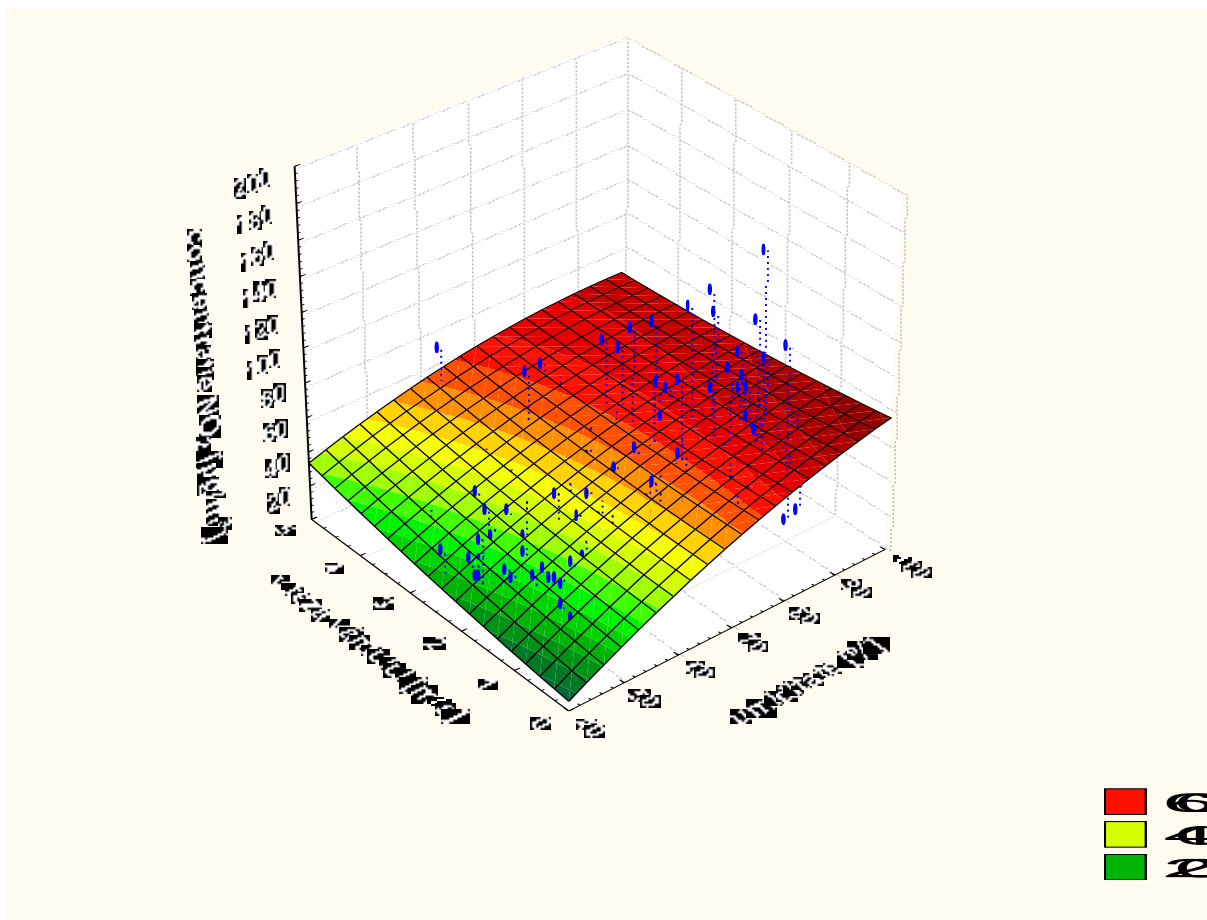


Fig. 59 Dependența concentrației de dioxid de azot de umiditate și viteza vântului

Tabel 13. Valorile indicatorilor preciziei modelelor ce caracterizează dispersia NO_2 global în funcție de acțiunea simultană a 2 parametrii meteorologici

Nr. crt	Cazul	Metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2		Metoda utilizând programul informatic Statistica 6.0	
		R	σ	R	σ
1	$Y=f(p,t)$	0.86	16.22	0.864	16.223
2	$Y=f(t,u)$	0.87	15.93	0.869	15.93
3	$Y=f(p,u)$	0.477	28.27	0.477	28.276
4	$Y=f(p,v)$	0.92	30.76	0.92	30.768
5	$Y=f(t,v)$	0.86	16.29	0.862	16.289
6	$Y=f(u,v)$	0.46	28.64	0.456	28.638

În tabelul 13 sunt prezentate comparativ valorile coeficienților de corelație multiplă și abaterilor medii pătratice pentru cele 6 modele matematice elaborate prin cele două metode: utilizarea metodei analitice bazate pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2 și a programului Statistica 6.0.

Prin ambele metode modelele obținute sunt aproximativ identice, coeficienții de corelație ai acestora având diferențe doar de ordinul zecimalelor. Ca atare abordarea problemelor e corectă.

Procesele chimice din mediu sunt complexe și dificil de estimat deoarece parametrii mediului înconjurător variază uneori în mod neprevăzut. Deși aceștia variază aleatoriu pe parcursul anului, dar după anumite tipare în fiecare anotimp, există posibilitatea predicției valorilor parametrilor meteorologici. Prin legătura dintre concentrația NO_2 și parametrii meteorologici, modelele elaborate dau posibilitatea predicției dispersiei dioxidului de azot în funcție de parametrii meteorologici pe timp scurt și mediu.

Coeficienții de corelație ai modelelor sunt în majoritatea cazurilor apropiați de 1 deci modelele elaborate sunt apropiate de fenomenele fizice. Principalele cauze pentru care valorile coeficienților de corelație multiplă au valori mai mici decât în cazul experimentelor de laborator sunt:

- ⇒ procesul studiat este dinamic
- ⇒ procesul studiat este dependent de forțele naturii
- ⇒ măsurătorile nu au fost făcute în același loc, existând o distanță de aproximativ 1 Km între punctele de măsură (concentrația de dioxid de azot a fost măsurată în centrul orașului, pe strada Mihai Viteazul, iar parametrii meteorologici la Pădurea Verde).
- ⇒ senzorul pentru măsurarea concentrației de dioxid de azot este plasat la 3m deasupra solului.

Coeficienții de corelare reduși: 0,477 - în cazul dependenței concentrației de NO_2 de presiune și umiditate și 0,456 - în cazul dependenței concentrației de NO_2 de umiditate și viteza vântului sugerează o influență antagonică a celor doi parametrii meteorologici.

Concentrațiile de NO_2 , măsurate în atmosferă, depind de parametrii meteorologici din momentul măsurării.

Estimarea concentrațiilor pe termen scurt și mediu se realizează, conform modelelor elaborate, ținând cont de mediile zilnice ale parametrilor meteorologici.

Testarea modelelor

După calcularea parametrilor modelului, este necesar să se efectueze o testare a modelelor prin efectuarea unor comparații între prezicerile modelului și datele furnizate de procesul real. Dacă modelul este adecvat, el poate fi acceptat cu condiția să nu se facă alte simplificări, de exemplu prin eliminarea unor termeni sau variabile (este necesară testarea semnificației coeficienților).

Tabel 14. Valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la testarea modelului dependenței dispersiei dioxidului de azot global, funcție de câte 2 parametrii meteorologici

Nr crt.	Funcție	Luna	Ziua	NO₂ măsurat [μg/m³]	NO₂ calculat [μg/m³]	R	σ²	σ
1	n=f(t,p)	ianuarie	15	104.64	85.51	0.91	152.73	12.36
		aprilie	10	54.31	46.06			
		iulie	19	25.96	39.24			
		octombrie	13	35.58	36.24			
2	n=f(t,u)	ianuarie	15	104.64	80.48	0.86	229.55	15.15
		aprilie	10	54.31	38.74			
		iulie	19	25.96	33.03			
		octombrie	13	35.58	42.07			
3	n=f(p,u)	ianuarie	15	104.64	74.30	0.83	292.15	17.09
		aprilie	10	54.31	67.61			
		iulie	19	25.96	17.53			
		octombrie	13	35.58	36.18			
4	n=f(p,v)	ianuarie	15	104.64	64.50	0.66	518.28	22.76
		aprilie	10	54.31	68.93			
		iulie	19	25.96	41.11			
		octombrie	13	35.58	31.25			
5	n=f(t,v)	ianuarie	15	104.64	66.76	0.72	443.98	21.07
		aprilie	10	54.31	42.24			
		iulie	19	25.96	28.35			
		octombrie	13	35.58	49.35			
6	n=f(u,v)	ianuarie	15	104.64	65.15	0.72	446.88	21.14
		aprilie	10	54.31	66.34			
		iulie	19	25.96	20.25			
		octombrie	13	35.58	42.71			

Pe baza valorilor experimentale obținute se calculează pentru fiecare din dependențele considerate valoarea teoretică (conform modelului) – z calculat. Aceste date se compară cu cele obținute experimental. Drept indicatori ai adecvănței modelului se folosesc: dispersia σ^2 , coeficientul de corelație R , abaterea medie pătratică – σ , ale căror expresii au fost deja prezentate. [40,51,97].

Pentru a realiza aceste comparații s-a utilizat următorul set de date, prezentat în tabelul 14. Tot în tabelul 14 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la verificarea dependenței dispersiei dioxidului de azot global, funcție de câte 2 parametrii meteorologici.

Din tabelul 14 se observă că valorile coeficientului de corelație R sunt bune, tinându-se cont că dispersia unui poluant în atmosferă este un proces dinamic, ce nu poate fi controlat, fiind dependent de forțele naturii. Valorile abaterilor medii pătratice și ale coeficienților de corelație multiplă R sunt apropiate de cele prezentate la calculul acestora utilizând toate datele experimentale ce au stat la baza modelelor matematice elaborate. Valorile dispersiei de adecvănță σ^2 sunt mari, însă acest fapt nu cataloghează modelele drept inadecvate ci explicația pentru aceste valori este dinamicitatea procesului studiat. Per ansamblu, analizând indicatorii preciziei modelului, prezentați în tabelul 14 putem concluziona că modelele matematice elaborate reflectă cu o bună acuratețe fenomenul real studiat.

II.2.1.3 Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizarea a 4 parametri.

Prin studierea dependenței concentrației de dioxid de azot de influența simultană a doi parametrii meteorologici s-a constatat că modelele matematice în majoritatea lor au un coeficient de corelare apropiat de 1 ceea ce confirmă faptul că modelele elaborate sunt viabile și reflectă cu o precizie destul de bună fenomenul fizic. În studiul următor, pe baza aceluiași date experimentale, prezentate anterior s-a încercat prin modelare matematică determinarea dependenței concentrației de dioxid de azot de influența simultană a 3 parametrii meteorologici. Pentru aceasta s-au elaborat modele matematice bazate pe monitorizarea a 4 parametrii, particularizând algoritmul matematic prezentat la capitolul II.2.1 pentru $n=4$.

Parametrii urmăriți sunt: concentrația de dioxid de azot, parametrii meteorologici: temperatură, presiune, umiditate și viteza vântului. Plecând de la aceste date pot fi realizate 4 corelații între concentrația de dioxid de azot și câte 3 parametrii meteorologici, după cum urmează:

- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, temperatură și umiditate, $n=f(p,t,u)$
- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, temperatură și viteza vântului, $n=f(p,t,v)$
- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, umiditate și viteza vântului $n=f(p,u,v)$
- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și temperatură, umiditate și viteza vântului $n=f(t,u,v)$

Pentru elaborarea modelelor matematice s-a folosit regresia multiplă neliniară de ordinul 2. Se notează generic y – parametrul principal – concentrația de dioxid de azot și cu x_1, x_2, x_3 - parametrii secundari – trei parametrii meteorologici.

Ecuția generală a corelației multiple neliniare de ordinul 2 este redată în relația (52).

$$Y(x_1, x_2, x_3) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^2 + a_7x_1x_2 + a_8x_2x_3 + a_9x_3x_1 \quad (52)$$

Coefficienții a_1, a_2, \dots, a_9 se numesc coeficienții funcției de regresie și sunt determinați cu metoda celor mai mici pătrate cu condiția ca dispersia abaterilor valorilor determinate experimental y față de valorile determinate pe baza ecuației de regresie (52) să fie minimă, adică [98]:

$$M(f) = M[y - Y(x_1, x_2, x_3)]^2 = \text{minim, unde:}$$

$$f(a_0, a_1, \dots, a_9) = (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_3 - a_4x_1^2 - a_5x_2^2 - a_6x_3^2 - a_7x_1x_2 - a_8x_2x_3 - a_9x_3x_1)^2 \quad (53)$$

Pentru aceasta derivatele parțiale ale expresiei (53) se anulează în raport cu coeficienții a_0, a_1, \dots, a_9 . Se obține un sistem de 10 ecuații cu 10 necunoscute redat în relația (54). Ecuațiile sistemului pot fi scrise ca o relație $[A]\{a\}=\{b\}$, unde $[A]$ este matricea coeficienților, $\{a\}$ este matricea necunoscutelor iar $\{b\}$ este matricea termenilor liberi.

$$na_0 + a_1 \sum x_2 + a_3 \sum x_3 + a_4 \sum x_1^2 + a_5 \sum x_2^2 + a_6 \sum x_3^2 + a_7 \sum x_1 x_2 + a_8 \sum x_2 x_3 + a_9 \sum x_3 x_1 = \sum y$$

$$a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 + a_3 \sum x_1 x_3 + a_4 \sum x_1^3 + a_5 \sum x_1 x_2^2 + a_6 \sum x_1^2 x_3 + a_7 \sum x_1^2 x_2 + a_8 \sum x_1 x_2 x_3 + a_9 \sum x_1^2 x_3 = \sum y x_1$$

$$a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_2 x_3 + a_4 \sum x_1^2 x_2 + a_5 \sum x_2^2 + a_6 \sum x_2 x_3^2 + a_7 \sum x_1 x_2^2 + a_8 \sum x_2^2 x_3 + a_9 \sum x_3 x_2 x_1 = \sum y x_2$$

$$a_0 \sum x_3 + a_1 \sum x_1 x_3 + a_2 \sum x_2 x_3 + a_3 \sum x_3^2 + a_4 \sum x_1^2 x_3 + a_5 \sum x_2^2 x_3 + a_6 \sum x_3^3 + a_7 \sum x_1 x_2 x_3 + a_8 \sum x_2 x_3^2 + a_9 \sum x_3^2 x_1 = \sum y x_3$$

$$a_0 \sum x_1^2 + a_1 \sum x_1^3 + a_2 \sum x_1^2 x_2 + a_3 \sum x_1^3 x_3 + a_4 \sum x_1^4 + a_5 \sum x_1^2 x_2^2 + a_6 \sum x_1^2 x_3^2 + a_7 \sum x_1^3 x_2 + a_8 \sum x_1^2 x_2 x_3 + a_9 \sum x_3 x_1^3 = \sum y x_1^2$$

$$a_0 \sum x_2^2 + a_1 \sum x_1 x_2^2 + a_2 \sum x_2^3 + a_3 \sum x_2^2 x_3 + a_4 \sum x_1^2 x_2^2 + a_5 \sum x_2^4 + a_6 \sum x_2^2 x_3^2 + a_7 \sum x_1 x_2^3 + a_8 \sum x_2^3 x_3 + a_9 \sum x_3 x_2^2 x_1 = \sum y x_2^2$$

$$\begin{aligned}
 & a_0 \sum x_3^2 + a_1 \sum x_1 x_3^2 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_3^3 + a_4 \sum x_1^2 x_3^2 + a_5 \sum x_2^2 x_3^2 + a_6 \sum x_3^4 + a_7 \sum x_1 x_2 x_3^2 + a_8 \sum x_2 x_3^3 + a_9 \sum x_3^3 x_1 = \sum y x_3^2 \\
 & a_0 \sum x_1 x_2 + a_1 \sum x_1^2 x_2 + a_2 \sum x_1 x_2^2 + a_3 \sum x_1 x_2 x_3 + a_4 \sum x_1^3 x_2 + a_5 \sum x_1 x_2^3 + a_6 \sum x_1 x_2 x_3^2 + a_7 \sum x_1^2 x_2^2 + a_8 \sum x_1 x_2^2 x_3 + a_9 \sum x_1^2 x_2 x_3 = \\
 & \sum y x_1 x_2 \\
 & a_0 \sum x_2 x_3 + a_1 \sum x_1 x_2 x_3 + a_2 \sum x_2^2 x_3 + a_3 \sum x_2 x_3^2 + a_4 \sum x_1^2 x_2 x_3 + a_5 \sum x_2^3 x_3 + a_6 \sum x_2 x_3^2 + a_7 \sum x_1 x_2^2 x_3 + a_8 \sum x_2^2 x_3^2 + a_9 \sum x_1 x_2 x_3^2 = \\
 & \sum y x_2 x_3 \\
 & a_0 \sum x_1 x_3 + a_1 \sum x_1^2 x_3 + a_2 \sum x_1 x_2 x_3 + a_3 \sum x_1 x_3^2 + a_4 \sum x_1^3 x_3 + a_5 \sum x_1 x_2^2 x_3 + a_6 \sum x_1 x_3^3 + a_7 \sum x_1^2 x_2 x_3 + a_8 \sum x_1 x_2 x_3^2 + a_9 \sum x_3^2 x_1^2 = \\
 & \sum y x_1 x_3
 \end{aligned}$$

(54)

Prin rezolvarea sistemului de ecuații (54) se obțin valorile celor 10 coeficienți care se introduc apoi în ecuația (52) rezultând ecuația regresiei multiple neliniare de ordinul 2 pentru 4 parametrii. Acest algoritm matematic a mai fost folosit și în alte lucrări științifice publicate. [92, 93]. Pentru testarea modelelor matematice s-au calculat următorii parametrii: abaterea medie pătratică și coeficientul multiplu de corelație [51, 91, 101]

În urma aplicării algoritmului matematic prezentat anterior s-au obținut următoarele corelații, redacte de relațiile (55) – (58) [102, 103]:

a) *concentrația de dioxid de azot - n în funcție de presiune – p, temperatură – t și viteza vântului v:*

$$Y = 1,064 \cdot 10^5 - 209,086 x_1 - 83,577 x_2 - 510,066 x_3 + 0,103 x_1^2 + 0,11 x_2^2 + 3,106 x_3^2 + 0,078 x_1 x_2 + 0,675 x_2 x_3 + 0,483 x_3 x_1$$

(55)

$$n = f(p, t, v)$$

n=Y - concentrația de dioxid de azot, p=x₁ – presiune, t=x₂ – temperatura, v=x₃ – viteza vântului

b) *concentrația de dioxid de azot - n în funcție de presiune – p, umiditate - u și viteza vântului v:*

$$Y = 1,8 \cdot 10^5 - 355,543 x_1 - 2,948 x_2 - 1,09 \cdot 10^3 x_3 + 0,176 x_1^2 - 8,083 \cdot 10^{-3} x_2^2 + 4,013 x_3^2 + 5,122 \cdot 10^{-3} x_1 x_2 - 0,186 x_2 x_3 + 1,079 x_3 x_1$$

(56)

$$n = f(p, u, v)$$

n=Y - concentrația de dioxid de azot, p=x₁ – presiune, u=x₂ – umiditate, v=x₃ – viteza vântului

c) *concentrația de dioxid de azot - n în funcție de temperatură - t, umiditate - u și viteza vântului v:*

$$Y = -195,233 + 4,939 x_1 + 5,749 x_2 + 23,005 x_3 + 0,015 x_1^2 - 0,028 x_2^2 - 0,927 x_3^2 - 0,108 x_1 x_2 - 0,321 x_2 x_3 - 0,037 x_3 x_1$$

(57)

$$n=f(t,u,v)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $t=x_1$ - temperatură, $u=x_2$ - umiditate, $v=x_3$ - viteza vântului

d) concentrația de dioxid de azot - n în funcție de temperatură - t , presiune - p și umiditate - u :

$$Y = 1,66 \cdot 10^3 - 52,359x_1 - 1,221x_2 - 13,31x_3 + 0,04x_1^2 - 5,497 \cdot 10^{-4}x_2^2 - 0,021x_3^2 + 0,055x_1x_2 + 0,017x_2x_3 - 0,09x_3x_1$$

(58)

$$n=f(t,p,u)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $t=x_1$ - temperatură, $p=x_2$ - presiune, $u=x_3$ - umiditate

Valorile abaterii medii pătratice σ și respectiv a coeficientului multiplu de corelație R sunt prezentate în tabelul 15.

Tabel 15. Valorile abaterii medii pătratice σ și a coeficientului multiplu de corelație R

Cazul	Dependența	σ	R
a	$n = f(p,t,v)$	13.243	0.911
b	$n = f(p,u,v)$	27.084	0.540
c	$n = f(t,u,v)$	15.383	0.878
d	$n = f(t,u,p)$	15.223	0.881

Rezultatele prezentate în tabelul 15 arată că abaterile medii pătratice ale valorilor măsurate în raport cu valorile calculate cu ajutorul ecuațiilor de regresie multiplă neliniară și de asemenea valorile coeficienților de corelație multiplă sunt foarte bune. Excepție face cazul b ceea ce conduce la ideea că umiditatea influențează dispersia dioxidului de azot doar în acțiune simultană cu temperatura, în rest aceasta are o influență antagonică asupra fenomenului de dispersie. Din valorile indicatorilor preciziei modelului se poate desprinde concluzia că predicția dispersiei dioxidului de azot în funcție de parametrii meteorologici (3 parametri cu acțiune simultană) poate fi realizată cu o precizie satisfăcătoare.

Procesele chimice din mediu sunt complexe și imposibil de controlat deoarece variația parametrilor meteorologici este aleatoare, deși respectă anumite tipare. Luând în considerare aceste tipare ale variației parametrilor meteorologici de-a lungul anului și mai precis în fiecare sezon există posibilitatea predicției acestora.

Modelele elaborate pe baza monitorizării a 4 parametrii pot prezice cu mare acuratețe dispersia dioxidului de azot în funcție de parametrii meteorologici pe termen scurt și mediu.

Din valorile abaterilor medii pătratice și ale coeficienților multipli de corelație se deduce concluzia că fiecare parametru meteorologic are un anumit impact asupra dispersiei dioxidului de azot, putând avea o influență diferită în combinație cu alți parametrii meteorologici. Pe baza acestor concluzii se pot realiza simulări matematice pertinente pentru estimarea sau predicția poluării viitoare cu dioxid de azot a municipiului Timișoara.

În cazul dependenței concentrației dioxidului de azot de presiune, umiditate și viteza vântului coeficientul de corelație a fost mai redus – 0,54 ceea ce sugerează o influență antagonică a celor trei parametrii meteorologici.

O altă modalitate de testare a acurateții modelului este aceea a calculării erorilor relative. Acestea se calculează cu relația (59):

$$E = 100 \frac{(Y - y)}{Y} \quad (59)$$

unde: E – eroarea relativă, Y – concentrația de dioxid de azot calculată cu ajutorul modelului matematic [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], y – valoarea reală a concentrației dioxidului de azot [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

În tabelul 16 sunt prezentate valorile mediilor erorilor relative obținute pentru cele 4 modele matematice elaborate pentru dependența concentrației de dioxid de azot de acțiunea simultană a 3 parametrii meteorologici.

Tabel 16. Valorile mediilor erorilor relative obținute pentru cele 4 modele matematice elaborate pentru dependența concentrației de dioxid de azot de acțiunea simultană a 3 parametrii meteorologici.

Nr. crt	Funcția	Eroare relativă (media) [%]
1	$n=f(p,u,v)$	40
2	$n=f(t,u,v)$	22
3	$n=f(p,u,t)$	24
4	$n=f(p,v,t)$	22

Ținând cont de faptul că procesul studiat este unul dinamic în care parametrii implicați (parametrii meteorologici) depind de forțele naturii, iar variația lor nu respectă întru-totul anumite tipare, se poate considera că valorile obținute pentru erorile relative în cazul celor 4

modele matematice prezentate în relațiile (55)-(58) sunt acceptabile și pot fi luate în considerare pentru validarea acestor modele.

II.2.1.4. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizarea a 5 parametri.

După elaborarea modelelor matematice ale dependenței dispersiei dioxidului de azot de câte unul, doi și trei parametri în etapa următoare s-a determinat dependența dispersiei acestui poluant de acțiunea simultană a tuturor celor patru parametri meteorologici studiați: temperatură, presiune, umiditate și viteza vântului. Pentru aceasta s-a particularizat algoritmul matematic prezentat la capitolul II.2.1. pentru $n=5$.

Pentru a realiza corelația multiplă între 5 parametri se fac următoarele notații: Y – concentrația de dioxid de azot, x_1 – presiune, x_2 - temperatura, x_3 - umiditate și x_4 – viteza vântului.

Ecuția corelației multiple neliniare de ordinul 2 este redată de relația (60):

$$Y(x_1, x_2, x_3, x_4) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_1^2 + a_6x_2^2 + a_7x_3^2 + a_8x_4^2 + a_9x_1x_2 + a_{10}x_2x_3 + a_{11}x_3x_4 + a_{12}x_4x_1 + a_{13}x_1x_3 + a_{14}x_2x_4 \quad (60)$$

Coefficienții a_1, a_2, \dots, a_{14} se numesc coeficienții funcției de regresie și sunt estimați cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate cu condiția ca dispersia abaterilor valorilor determinate experimental y față de valorile determinate pe baza ecuației de regresie (60) să fie minimă, adică [98]:

$M(f) = M[y - Y(x_1, x_2, x_3, x_4)]^2 = \text{minimum, where:}$

$$f(a_0, a_1, \dots, a_{14}) = (y - a_0 - a_1x_1 - a_2x_2 - a_3x_3 - a_4x_4 - a_5x_1^2 - a_6x_2^2 - a_7x_3^2 - a_8x_4^2 - a_9x_1x_2 - a_{10}x_2x_3 - a_{11}x_3x_4 - a_{12}x_4x_1 - a_{13}x_1x_3 - a_{14}x_2x_3)^2 \quad (61)$$

Pentru aceasta derivatele parțiale ale expresiei (61) în raport cu coeficienții a_0, a_1, \dots, a_{14} vor fi anulate :

$$\frac{\partial f}{\partial a_0} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_1} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_1 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_2} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_3} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_3 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_4} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_4 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_5} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_1^2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_6} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_2^2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_7} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_3^2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_8} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_4^2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_9} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_1 x_2 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_{10}} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_2 x_3 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_{11}} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_3 x_4 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_{12}} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_4 x_1 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_{13}} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_1 x_3 = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial a_{14}} = -2 \sum_n (y - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - a_4 x_4 - a_5 x_1^2 - a_6 x_2^2 - a_7 x_3^2 - a_8 x_4^2 - a_9 x_1 x_2 - a_{10} x_2 x_3 - a_{11} x_3 x_4 - a_{12} x_4 x_1 - a_{13} x_1 x_3 - a_{14} x_2 x_3) x_2 x_4 = 0$$

Se obține un sistem de 15 ecuații cu 15 necunoscute a_1, a_2, \dots, a_{14} , relația (62):

$$\begin{aligned} na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_3 + a_4 \sum x_4 + a_5 \sum x_1^2 + a_6 \sum x_2^2 + a_7 \sum x_3^2 + a_8 \sum x_4^2 + a_9 \sum x_1 x_2 + a_{10} \sum x_2 x_3 + a_{11} \sum x_3 x_4 + a_{12} \sum x_4 x_1 + a_{13} \sum x_1 x_3 + a_{14} \sum x_2 x_3 &= \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 + a_3 \sum x_1 x_3 + a_4 \sum x_1 x_4 + a_5 \sum x_1^3 + a_6 \sum x_1 x_2^2 + a_7 \sum x_1^2 x_3 + a_8 \sum x_1 x_4^2 &+ a_9 \sum x_1^2 x_2 + a_{10} \sum x_1 x_2 x_3 + a_{11} \sum x_1 x_3 x_4 + a_{12} \sum x_1^2 x_4 + a_{13} \sum x_1^2 x_3 + a_{14} \sum x_1 x_2 x_4 = \sum y x_1 \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_2 x_3 + a_4 \sum x_2 x_4 + a_5 \sum x_1^2 x_2 + a_6 \sum x_2^3 + a_7 \sum x_2^2 x_3 + a_8 \sum x_2 x_4^2 &+ a_9 \sum x_2^2 x_1 + a_{10} \sum x_2^2 x_3 + a_{11} \sum x_2 x_3 x_4 + a_{12} \sum x_1 x_2 x_4 + a_{13} \sum x_1 x_2 x_3 + a_{14} \sum x_2^2 x_4 = \sum y x_2 \\ a_0 \sum x_3 + a_1 \sum x_1 x_3 + a_2 \sum x_2 x_3 + a_3 \sum x_3^2 + a_4 \sum x_3 x_4 + a_5 \sum x_1^2 x_3 + a_6 \sum x_2^2 x_3 + a_7 \sum x_3^3 + a_8 \sum x_3 x_4^2 &+ a_9 \sum x_2 x_3 x_1 + a_{10} \sum x_3^2 x_2 + a_{11} \sum x_3^2 x_4 + a_{12} \sum x_1 x_3 x_4 + a_{13} \sum x_1 x_3^2 + a_{14} \sum x_2 x_3 x_4 = \sum y x_3 \\ a_0 \sum x_4 + a_1 \sum x_1 x_4 + a_2 \sum x_2 x_4 + a_3 \sum x_3 x_4 + a_4 \sum x_4^2 + a_5 \sum x_1^2 x_4 + a_6 \sum x_2^2 x_4 + a_7 \sum x_3^2 x_4 + a_8 \sum x_4^3 &+ a_9 \sum x_2 x_4 x_1 + a_{10} \sum x_3 x_2 x_4 + a_{11} \sum x_3 x_4^2 + a_{12} \sum x_1 x_4^2 + a_{13} \sum x_1 x_3 x_4 + a_{14} \sum x_2 x_4^2 = \sum y x_4 \\ a_0 \sum x_1^2 + a_1 \sum x_1^3 + a_2 \sum x_2 x_1^2 + a_3 \sum x_3 x_1^2 + a_4 \sum x_1^2 x_4 + a_5 \sum x_1^4 + a_6 \sum x_2^2 x_1^2 + a_7 \sum x_3^2 x_1^2 + a_8 \sum x_4^2 x_1^2 &+ a_9 \sum x_2 x_1^3 + a_{10} \sum x_3 x_2 x_1^2 + a_{11} \sum x_3 x_4 x_1^2 + a_{12} \sum x_1^3 x_4 + a_{13} \sum x_3 x_1^3 + a_{14} \sum x_2 x_1^2 x_4 = \sum y x_1^2 \\ a_0 \sum x_2^2 + a_1 \sum x_2^2 x_1 + a_2 \sum x_2^3 + a_3 \sum x_3 x_2^2 + a_4 \sum x_2^2 x_4 + a_5 \sum x_1^2 x_2^2 + a_6 \sum x_2^4 + a_7 \sum x_2^2 x_3^2 + a_8 \sum x_4^2 x_2^2 &+ a_9 \sum x_1 x_2^3 + a_{10} \sum x_3 x_2^2 + a_{11} \sum x_3 x_4 x_2^2 + a_{12} \sum x_2^2 x_4 x_1 + a_{13} \sum x_3 x_2^2 x_1 + a_{14} \sum x_2^3 x_4 = \sum y x_2^2 \\ a_0 \sum x_3^2 + a_1 \sum x_3^2 x_1 + a_2 \sum x_3^2 x_2 + a_3 \sum x_3^3 + a_4 \sum x_3^2 x_4 + a_5 \sum x_1^2 x_3^2 + a_6 \sum x_2^2 x_3^2 + a_7 \sum x_3^4 + a_8 \sum x_4^2 x_3^2 &+ a_9 \sum x_1 x_3^2 x_2 + a_{10} \sum x_2 x_3^3 + a_{11} \sum x_4 x_3^3 + a_{12} \sum x_3^2 x_4 x_1 + a_{13} \sum x_3^3 x_1 + a_{14} \sum x_3^2 x_4 x_2 = \sum y x_3^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & a_0 \sum x_4^2 + a_1 \sum x_4^2 x_1 + a_2 \sum x_4^2 x_2 + a_3 \sum x_4^2 x_3 + a_4 \sum x_4^3 + a_5 \sum x_1^2 x_4^2 + a_6 \sum x_2^2 x_4^2 + a_7 \sum x_3^2 x_4^2 + a_8 \sum x_4^4 \\
 & + a_9 \sum x_1 x_4^2 x_2 + a_{10} \sum x_2 x_4^2 x_3 + a_{11} \sum x_3 x_4^3 + a_{12} \sum x_4^3 x_1 + a_{13} \sum x_4^2 x_1 x_3 + a_{14} \sum x_4^3 x_2 = \sum y x_4^2 \\
 & a_0 \sum x_1 x_2 + a_1 \sum x_1^2 x_2 + a_2 \sum x_2^2 x_1 + a_3 \sum x_1 x_2 x_3 + a_4 \sum x_1 x_2 x_4 + a_5 \sum x_1^3 x_2 + a_6 \sum x_1 x_2^3 + a_7 \sum x_1 x_2^2 x_2 + a_8 \sum x_4^2 x_1 x_2 \\
 & + a_9 \sum x_1^2 x_2^2 + a_{10} \sum x_1 x_2^2 x_3 + a_{11} \sum x_1 x_2 x_3 x_4 + a_{12} \sum x_1^2 x_2 x_4 + a_{13} \sum x_1^2 x_2 x_3 + a_{14} \sum x_2^2 x_4 x_1 = \sum y x_1 x_2 \\
 & a_0 \sum x_3 x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 x_3 + a_2 \sum x_2^2 x_3 + a_3 \sum x_2 x_3^2 + a_4 \sum x_3 x_2 x_4 + a_5 \sum x_1^2 x_2 x_3 + a_6 \sum x_3 x_3^3 + a_7 \sum x_2 x_3^3 + a_8 \sum x_4^2 x_3 x_2 \\
 & + a_9 \sum x_1 x_3 x_2^2 + a_{10} \sum x_2^2 x_3^2 + a_{11} \sum x_2 x_3^2 x_4 + a_{12} \sum x_1 x_2 x_3 x_4 + a_{13} \sum x_3^2 x_2 x_1 + a_{14} \sum x_2^2 x_4 x_3 = \sum y x_2 x_3 \\
 & a_0 \sum x_3 x_4 + a_1 \sum x_1 x_4 x_3 + a_2 \sum x_2 x_3 x_4 + a_3 \sum x_4 x_3^2 + a_4 \sum x_3 x_4^2 + a_5 \sum x_1^2 x_4 x_3 + a_6 \sum x_3 x_2^2 x_4 + a_7 \sum x_4 x_3^3 + a_8 \sum x_4^2 x_3 \\
 & + a_9 \sum x_1 x_3 x_2 x_4 + a_{10} \sum x_2 x_3^2 x_4 + a_{11} \sum x_3^2 x_4^2 + a_{12} \sum x_1 x_3 x_4^2 + a_{13} \sum x_3^2 x_4 x_1 + a_{14} \sum x_4^2 x_2 x_3 = \sum y x_4 x_3 \\
 & a_0 \sum x_1 x_4 + a_1 \sum x_1^2 x_4 + a_2 \sum x_2 x_1 x_4 + a_3 \sum x_4 x_1 x_3 + a_4 \sum x_1 x_4^2 + a_5 \sum x_1^3 x_4 + a_6 \sum x_1 x_2^2 x_4 + a_7 \sum x_4 x_3^3 x_1 + a_8 \sum x_4^3 x_1 \\
 & + a_9 \sum x_1^2 x_2 x_4 + a_{10} \sum x_1 x_2 x_3 x_4 + a_{11} \sum x_1 x_3 x_4^2 + a_{12} \sum x_1^2 x_4^2 + a_{13} \sum x_1^2 x_4 x_3 + a_{14} \sum x_4^2 x_2 x_1 = \sum y x_4 x_1 \\
 & a_0 \sum x_1 x_3 + a_1 \sum x_1^2 x_3 + a_2 \sum x_2 x_1 x_3 + a_3 \sum x_1 x_3^2 + a_4 \sum x_1 x_3 x_4 + a_5 \sum x_1^3 x_3 + a_6 \sum x_1 x_2^2 x_3 + a_7 \sum x_3^3 x_1 + a_8 \sum x_4^2 x_1 x_3 \\
 & + a_9 \sum x_1^2 x_2 x_3 + a_{10} \sum x_1 x_2 x_3^2 + a_{11} \sum x_1 x_4 x_3^2 + a_{12} \sum x_1^2 x_3 x_4 + a_{13} \sum x_1^2 x_3^2 + a_{14} \sum x_2 x_1 x_3 x_4 = \sum y x_3 x_1 \\
 & a_0 \sum x_2 x_4 + a_1 \sum x_1 x_2 x_4 + a_2 \sum x_2^2 x_4 + a_3 \sum x_2 x_3 x_4 + a_4 \sum x_2 x_4^2 + a_5 \sum x_1^2 x_2 x_4 + a_6 \sum x_2^3 x_4 + a_7 \sum x_3^2 x_4 x_2 + a_8 \sum x_4^3 x_2 \\
 & + a_9 \sum x_2^2 x_1 x_4 + a_{10} \sum x_3 x_4 x_2^2 + a_{11} \sum x_2 x_3 x_4^2 + a_{12} \sum x_4^2 x_1 x_2 + a_{13} \sum x_1 x_1 x_3 x_4 + a_{14} \sum x_2^2 x_4^2 = \sum y x_2 x_4
 \end{aligned}$$

(62)

Sistemul de ecuații poate fi scris și sub formă matriceală: $[A]\{a\}=\{b\}$, unde $[A]$ – matricea coeficienților, $\{a\}$ – matricea necunoscutelor și $\{b\}$ – matricea termenilor liberi.

Prin rezolvarea sistemului de ecuații (62) se obțin valorile celor 14 coeficienți care se introduc apoi în ecuația (60) rezultând ecuația regresiei multiple neliniare de ordinul 2 pentru 5 parametrii. Pentru testarea modelelor matematice s-au calculat următorii parametrii: abaterea medie pătratică și coeficientul multiplu de corelație [51, 91, 101]

Aplicând algoritmul matematic prezentat mai sus celor 100 de date din tabelul 8 s-a obținut următorul model matematic, relația (63):

$$\begin{aligned}
 Y = & 79.982 - 0.071x_1 + 7.483x_2 + 1.967x_3 - 16.481x_4 + 6.27 \cdot 10^{-6} x_1^2 + 0.074x_2^2 - 0.011x_3^2 + 2.654x_4^2 - 8.635 \cdot 10^{-3} x_1 x_2 - 0.047x_2 x_3 + \\
 & 0.393x_3 x_4 - 0.029x_4 x_1 - 1.161 \cdot 10^{-4} x_1 x_3 + 0.646x_2 x_4
 \end{aligned}$$

(63)

unde: $n=Y$ – concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ – presiune, $t=x_2$ – temperatură, $u=x_3$ – umiditate, $v=x_4$ – viteza vântului.

Valorile indicatorilor preciziei modelului sunt:

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 16.302$

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.862$**

Testarea modelului

După calcularea parametrilor modelului, este necesar să se efectueze o comparație între prezicerile modelului și datele furnizate de procesul real. Pentru a realiza aceste comparații s-a utilizat următorul set de date, prezentat în tabelul 17. Tot în tabelul 17 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la verificarea dependenței dispersiei dioxidului de azot global, funcție de 4 parametrii meteorologici.

Tabel 17. Valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la testarea modelului dependenței dispersiei dioxidului de azot global, funcție de 4 parametrii meteorologici.

<i>Nr crt.</i>	<i>Funcție</i>	<i>Luna</i>	<i>Ziua</i>	<i>NO₂ măsurat [μg/m³]</i>	<i>NO₂ calculat [μg/m³]</i>	<i>R</i>	<i>σ²</i>	<i>σ</i>
1	n=f(t,p)	ianuarie	15	104.64	85.51	0.9	174.67	13.22
		aprilie	10	54.31	46.06			
		iulie	19	25.96	39.24			
		octombrie	13	35.58	36.24			

Valorile obținute pentru indicatorii preciziei modelului permit validarea acestuia. Deci acest model elaborat pentru dependența dispersiei dioxidului de azot în funcție de 4 parametrii meteorologici: presiune, temperatură, umiditate și viteza vântului reflectă cu mare acuratețe fenomenul real.

II.2.1.5. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizare a n parametri.

În cazul în care s-ar cunoaște valorile mai multor parametrii meteorologici s-ar putea aplica algoritmul prezentat în capitolul II.2.1. pentru elaborarea modelelor matematice de dependență a dispersiei dioxidului de azot de aceștia. Cum pentru toate modelele elaborate: influența simultană a câte unul, doi, trei și patru parametrii meteorologici la dispersia dioxidului de azot în atmosferă s-au obținut valori foarte bune ale coeficientului multiplu de corelație și al abaterii medii pătratice putem presupune că și la influența simultană a mai multor parametrii meteorologici s-ar obține valori similare.

Ținând cont de cele prezentate mai sus se poate afirma că regresia multiplă neliniară de ordinul 2 se poate utiliza cu încredere pentru elaborarea modelelor matematice de dependență a dispersiei dioxidului de azot de parametrii meteorologici.

II.2.2. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot global în aer, bazate pe monitorizare a 3 parametri, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul 3.

S-a constatat că la aplicarea regresiei multiple neliniare de ordinul 2 pentru stabilirea dependențelor dispersiei dioxidului de azot de parametrii meteorologici s-au obținut modele matematice cu un grad de încredere ridicat și care reflectă cu acuratețe fenomenul real. În cercetările următoare s-a urmărit determinarea influenței pe care o au parametrii meteorologici asupra dispersiei dioxidului de azot în atmosferă, prin elaborarea de modele matematice aplicând de această dată regresia multiplă neliniară de ordinul 3 între 3 parametri. Pentru aceasta s-au utilizat datele prezentate în tabelul 9, aceleași ca cele folosite la modelele elaborate utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul 2.

Ecuția regresiei multiple neliniare de ordinul 3 este prezentată în relația (64):

$$Y = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4y^2 + a_5xy + a_6x^3 + a_7y^3 + a_8x^2y + a_9xy^2 \quad (64)$$

Pentru realizarea modelelor matematice bazate pe acest tip de regresie matematică s-a utilizat programul MATHCAD. S-au elaborat 6 modele matematice, acestea fiind prezentate în relațiile (65)-(70). Pentru fiecare model matematic s-au determinat apoi valorile coeficientului multiplu de corelare, precum și ale abaterii medii pătratice.

a) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :*

$n=f(p,t)$

$$Y = 6.811 \cdot 10^6 - 2.023 \cdot 10^4 x_1 - 7.801 \cdot 10^3 x_2 + 20.027 x_1^2 + 1.867 x_2^2 + 15.466 x_1 x_2 - 6.609 \cdot 10^{-3} x_1^3 - 2.486 \cdot 10^{-3} x_2^3 - 7.067 \cdot 10^{-3} x_1^2 x_2 - 1.691 \cdot 10^{-3} x_1 x_2^2$$

(65)

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune $x_2=t$ – temperatură

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 14.46$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.893$**

b) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :*

$n=f(t,u)$

$$Y = 262.445 + 2.109x_1 - 11.675x_2 - 0.249x_1^2 + 0.188x_2^2 + 0.027x_1x_2 + 1.713 \cdot 10^{-3}x_1^3 - 8.82 \cdot 10^{-4}x_2^3 + 3.635 \cdot 10^{-3}x_1^2x_2 - 1.294 \cdot 10^{-3}x_1x_2^2$$

(66)

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=t – temperatură, x₂=u – umiditate

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 15.41$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.878$

c) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :*

n=f(p,u)

$$Y = 6.282 \cdot 10^6 - 1.907 \cdot 10^4 x_1 + 5.638 \cdot 10^3 x_2 + 19.296x_1^2 - 0.775x_2^2 - 11.123x_1x_2 - 6.503 \cdot 10^{-3}x_1^3 + 2.471 \cdot 10^{-4}x_2^3 + 5.454 \cdot 10^{-3}x_1^2x_2 + 1.266 \cdot 10^{-3}x_1x_2^2$$

(67)

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=p – presiune, x₂=u – umiditate

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 26.134$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.583$

d) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v)*

n=f(p,v)

$$Y = 4.5 \cdot 10^6 - 1.319 \cdot 10^4 x_1 - 3.369 \cdot 10^4 x_2 + 12.877x_1^2 - 435.152x_2^2 + 67.462x_1x_2 - 4.19 \cdot 10^{-3}x_1^3 + 0.432x_2^3 - 0.034x_1^2x_2 + 0.437x_1x_2^2$$

(68)

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=p – presiune, x₂=v – viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 28.804$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.446$

e) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :*

n=f(t,v)

$$Y = 95.092 - 5.986x_1 - 19.559x_2 + 0.097x_1^2 + 7.882x_2^2 + 1.204x_1x_2 + 2.313 \cdot 10^{-3}x_1^3 - 1.405x_2^3 - 0.0424x_1^2x_2 - 0.056x_1x_2^2$$

(69)

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=t – temperatură, x₂=v – viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 15.91$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.869$

f) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :*

$$n=f(u,v)$$

$$Y = 1.322 \cdot 10^3 - 56.432x_1 - 204.734x_2 + 0.794x_1^2 + 16.973x_2^2 + 5.568x_1x_2 - 3.593 \cdot 10^{-3}x_1^3 + 0.164x_2^3 - 0.034x_1^2x_2 - 0.289x_1x_2^2 \quad (70)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 27.66$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.511$

În tabelul 18 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelelor ce caracterizează procesul de dispersie a dioxidului de azot în funcție de parametrii meteorologici, modele realizate cu ajutorul metodei analitice bazate pe regresia multiplă neliniară de ordinul 3.

Tabel 18. Valorile indicatorilor preciziei modelelor de dependență a dispersiei NO₂ în funcție de 2 parametrii meteorologici, utilizând regresia multiplă neliniară de ordin 3

Nr. crt.	Cazul	R	σ
1	$Y=f(p,t)$	0.893	14.46
2	$Y=f(t,u)$	0.878	15.41
3	$Y=f(p,u)$	0.583	26.134
4	$Y=f(p,v)$	0.446	28.804
5	$Y=f(t,v)$	0.869	15.91
6	$Y=f(u,v)$	0.511	27.66

Valorile coeficienților de corelare multiplă au valori apropiate de 1 pentru unele modele, dar au și valori mai mici pentru altele: în cazul acțiunii simultane a presiunii și vitezei vântului, umidității și vitezei vântului și presiunii și umidității. Se poate concluziona că în aceste cazuri cei doi parametrii meteorologici ce au influențat simultan dispersia dioxidului de azot în atmosferă au acțiune antagonică.

De asemenea se observă că valorile coeficienților de corelație multiplă sunt mai mici în cazul modelor elaborate pe baza regresiei multiple neliniare de ordinul 3 decât în cazul celor elaborate pe baza regresiei multiple neliniare de ordinul 2, diferența însă nu este foarte mare. Aceasta înseamnă că metoda regresiei multiple neliniare este bună pentru modelarea dispersiei dioxidului de azot global în funcție de parametrii meteorologici.

II.2.3. CONCLUZII

1. Studiul dispersiei dioxidului de azot global în funcție de un singur parametru meteorologic nu este relevantă nici pentru o lună și nici pentru cele 100 de date utilizate.
2. Un singur parametru meteorologic nu poate defini fenomenul de dispersie, acesta fiind influențat de aportul concomitent al mai multora.
3. În cazul elaborării modelelor matematice de dependență a dispersiei dioxidului de azot de 2 parametrii meteorologici se obțin rezultate similare prin ambele metode utilizate: regresia multiplă neliniară de ordinul 2 și programul informatic STATISTICA 6.0.
4. Cea mai mare parte a modelelor elaborate au coeficienți multipli de corelație apropiați de 1. Există însă și modele cu coeficienți de corelație mai mici deoarece umiditatea exercită în acest caz o influență antagonică vis-à-vis de alți parametrii meteorologici.
5. O altă explicație a valorilor mici ale coeficienților multipli de corelație în cazul în care unul din parametrii este umiditatea este aceea că se diminuează concentrația dioxidului de azot prin reacția acestuia cu apa din atmosferă. În acest caz dioxidul de azot se transformă în acid azotic, rezultând ploile acide.
6. Coeficienții de corelație ai modelelor nu sunt la nivelul celor pentru procese statice din mai multe motive: procesul este dinamic, pentru realizarea modelării s-au făcut o serie de simplificări, natura este într-o continuă evoluție iar parametrii meteorologici depind de o serie de factori ce nu pot fi controlați. De asemenea sursele de emisii de dioxid de azot nu sunt constante.
7. S-au obținut rezultate comparabile la modelarea matematică a dioxidului de azot global în funcție de 2 parametrii meteorologici utilizând cele 2 ecuații de regresie: de ordinul 2 și de ordinul 3. Valorile indicatorilor preciziei modelor obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 2 și cea bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 3 sunt prezentate comparativ în tabelul 19.

Tabel 19. Valorile indicatorilor preciziei modelor obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 2 și cea bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 3.

Nr. crt.	Cazul	Metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 2		Metoda utilizând programul informatic Statistica 6.0		Metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 3	
		R	σ	R	σ	R	σ
1	$Y=f(p,t)$	0.86	16.22	0.864	16.223	<u>0.893</u>	<u>14.46</u>
2	$Y=f(t,u)$	0.87	15.93	0.869	15.93	<u>0.878</u>	<u>15.41</u>
3	$Y=f(p,u)$	0.477	28.27	0.477	28.276	<u>0.583</u>	<u>26.134</u>
4	$Y=f(p,v)$	0.92	30.76	0.92	30.768	<u>0.446</u>	<u>28.804</u>
5	$Y=f(t,v)$	0.86	16.29	0.862	16.289	<u>0.869</u>	<u>15.91</u>
6	$Y=f(u,v)$	0.46	28.64	0.456	28.638	<u>0.511</u>	<u>27.66</u>

8. Valorile abaterii medii pătratice sunt bune pentru toate modelele elaborate în acest capitol, aceasta fiind o dovadă în plus că modelele sunt veridice.
9. La testarea modelelor elaborate pentru dispersia dioxidului global în atmosferă în funcție de parametrii meteorologici s-au obținut rezultate satisfăcătoare, ceea ce înseamnă că abordarea problematicii este corectă iar modelele elaborate reflectă cu acuratețe fenomenul real.

II.3. STUDIUL FENOMENULUI DE DISPERSIE ÎN AER A DIOXIDULUI DE AZOT PROVENIT DE LA MICROCENTRALE, BAZAT PE MONITORIZAREA PARAMETRILOR ÎN MUNICIPIUL TIMIȘOARA

Una din principalele surse staționare de poluare cu dioxid de azot este constituită de microcentrale. În lucrarea de față s-a notat generic “microcentrale” ansamblul următoarelor surse de încălzire:

- ⇒ microcentralele de apartament - asigură energia termică la nivel casnic,
- ⇒ centralele industriale de capacitate mică - realizează alimentarea cu energie termică a sectorului industrial,
- ⇒ sobele care funcționează cu gaze.

S-a stabilit anterior că dispersia dioxidului de azot este puternic influențată de valorile parametrilor meteorologici din momentul măsurărilor. Pentru studierea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de parametrii meteorologici s-a luat în considerare influența combinată a acestora, realizându-se astfel modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 3, 4 și 5 parametri.

Pentru realizarea studiului de caz s-au folosit valorile medii zilnice ale concentrațiilor de dioxid de azot provenit de la microcentrale, precum și valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici: temperatură, presiune, umiditate, viteza vântului, pentru lunile ianuarie, aprilie, iulie și octombrie ale anului 2004. Pentru determinarea concentrației de dioxid de azot provenit de la microcentrale s-au utilizat următoarele date brute: consumul zilnic de gaze naturale în municipiul Timișoara în lunile ianuarie, aprilie, iulie, octombrie 2004, buletinele de analiză cromatografică a gazului, realizate conform STAS 12001–81 [96], pentru aceeași perioadă și valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici: temperatură, presiune, umiditate, viteza vântului pentru fiecare zi din perioada menționată. Aceste date au fost legal furnizate de instituții ale municipiului Timișoara după cum urmează:

⇒ **DISTRIGAZ NORD:**

- ◆ consumul zilnic de gaze naturale în municipiul Timișoara în lunile ianuarie, aprilie, iulie, octombrie 2004, date prezentate în ANEXA 3;
- ◆ buletinele de analiză cromatografică a gazului, realizate conform STAS 12001–81, pentru aceeași perioadă, date prezentate în ANEXA 4;

⇒ **CENTRUL METEO TIMISOARA**

- ◆ valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici: temperatură, presiune, umiditate, viteza vântului pentru fiecare zi a celor 4 luni din anul 2004 studiate. Aceste valori au fost măsurate la Pădurea Verde, sediul acestei instituții. Datele sunt prezentate în ANEXA 2.

Calculul concentrației de dioxid de azot s-a realizat pentru 100 de zile din cele 4 luni menționate anterior, aceleași pentru care s-a realizat și studiul dispersiei dioxidului de azot global, prezentat în capitolul II.2.

Pentru a obține concentrația de dioxid de azot în gazele de ardere s-a considerat o microcentrală de apartament de tip Hermann, care este una de clasă medie, fără filtre și cu un randament de funcționare de 90%. **Ca ipoteză simplificatoare s-a considerat că toate microcentralele, în arealul luat în discuție, funcționează după același principiu.**

Valorile concentrației de NO₂ provenit de la microcentralele de apartament, în volumul gazelor rezultate în urma arderii au fost calculate conform următorului algoritm [104]:

1. Calculul volumului de gaz ars [m³] : din consumul zilnic de gaze în municipiul Timișoara s-a scăzut consumul zilnic de la cele 2 centrale termice ale orașului (CET Centru și CET Sud), date furnizate de COLTERM Timișoara și prezentate în ANEXA 5.
2. Calculul cantității de gaz ars [Kg] : pe baza valorilor densității gazului prezentate în buletinele de analiză cromatografică, utilizând relația (71) :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (71)$$

unde : m – masa zilnică de gaz ars [Kg], v – volumul de gaz ars [m³].

3. Determinarea compoziției chimice a gazului [Kg] - pe baza buletinelor de analiză cromatografică. Din buletinele de analiză cromatografică a gazului se determină compoziția acestuia. Se constată că în gazele furnizate de DISTRIGAZ NORD se găsesc următorii compuși chimici : metan, etan, propan, izo-butan, n-butan, izo-pentan, n-pentan, hexani, heptani, n-octan, azot, oxigen și dioxid de carbon în diverse procente. Se calculează masa fiecăruia din acești compuși, cu ajutorul relației (72) :

$$m_c = \frac{m \cdot \%}{100} \quad (72)$$

unde : m_c – masa zilnică din fiecare component al gazului studiat [Kg], m - masa zilnică de gaz ars [Kg], % - procentul de masa în care se găsește fiecare component în gazul studiat.

4. Calculul masei de gaze rezultate în urma arderii (Kg) - pe baza ecuațiilor reacțiilor chimice de ardere totală a componentelor gazului, prezentate în relațiile (73)-(81)



În masa de gaze rezultate în urma arderii se vor găsi:

- ◆ 10% din toate hidrocarburile existente în gazul de ardere, precum și 10% din azot (randamentul centralei termice s-a considerat 90%).
- ◆ CO_2 - CO_2 provenit în urma arderii fiecărui component organic + CO_2 inițial (din compoziția gazului)
- ◆ O_2 - O_2 necesar arderii tuturor componentelor + excesul de 3% din necesarul pentru ardere + O_2 inițial (din compoziția gazului)
- ◆ **Vapori H_2O** - proveniți în urma arderii fiecărui component organic
- ◆ NO_2 - provenit în urma arderii gazului combustibil

5. Calculul densităților în funcție de condițiile meteorologice (presiune și temperatură) (Kg/m^3) pentru fiecare compus din gazul rezultat în urma arderii. Pentru aceasta se utilizează densitățile fiecărui component în condiții normale [105,106,107], presiunea și

temperatura. Ecuația matematică pentru calculul prezentat mai sus este redată în relația (82):

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} \cdot \frac{1}{1000} \quad (82)$$

unde: ρ – densitatea fiecărui component al gazului rezultat în urma arderii în condiții reale [Kg/m^3], ρ_0 - densitatea fiecărui component al gazului rezultat în urma arderii, în condiții normale [Kg/m^3], T_0 – temperatura fiecărui component al gazului rezultat în urma arderii, în condiții normale [K], T – temperatura fiecărui component al gazului rezultat în urma arderii, în condiții reale [K], P_0 – presiunea fiecărui component al gazului rezultat în urma arderii, în condiții normale [mbar] = 981 mbar, P - presiunea fiecărui component al gazului rezultat în urma arderii, în condiții reale [mbar].

6. Calculul volumului fiecărui component din gazele rezultate în urma arderii [m^3]. Acesta se realizează cu ajutorul relației (71), unde: m – masa fiecărui component din gazele rezultate în urma arderii [Kg], ρ – densitatea fiecărui component din gazele rezultate în urma arderii, în condiții reale [Kg/m^3], v – volumul fiecărui component din gazele rezultate în urma arderii [m^3].

7. Calculul volumului de gaze rezultate în urma arderii V [m^3]. Se realizează prin însumarea volumelor fiecărui component din gazul rezultat, volum care s-a determinat la punctul anterior.

8. Calculul debitului de gaze rezultate în urma arderii [m^3/h] cu ajutorul relației (83):

$$D = V/24 \quad (83)$$

unde: D - debitului de gaze rezultate în urma arderii [m^3/h], V - volumului de gaze rezultate în urma arderii V [m^3].

9. Calculul emisiei E_h de NO_2 [Kg/h] la înălțimea h față de coș – se utilizează relația (84)

$$E_h = m_{\text{NO}_2}/24 \quad (84)$$

unde m_{NO_2} - cantitatea de NO_2 rezultată în urma arderii [Kg], E_h – emisia de NO_2 [Kg/h]

10. Calculul concentrației de NO₂ în gazele rezultate în urma arderii [mg/m³] cu ajutorul relației (85)

$$C = (10^6 \cdot E_h) / D \quad (85)$$

unde: D – debit de gaze de ardere evacuate [m³/h], C - concentrația de NO₂ în gazele rezultate în urma arderii [mg/m³], D - debitului de gaze rezultate în urma arderii [m³/h]. [65,108,109]

Algoritmul prezentat mai sus a fost utilizat pentru a calcula concentrația de dioxid de azot provenită de la microcentrale, pentru lunile: ianuarie, aprilie, iulie și octombrie 2004 – în total 100 de zile. Calculul s-a realizat pentru aceleași 100 de zile pentru care s-a efectuat și studiul prezentat în capitolul II.2. Datele experimentale astfel obținute sunt redate în tabelul 20. Tot în tabelul 20 sunt prezentate valorile parametrilor meteorologici, furnizați de CENTRUL METEO TIMISOARA.

Tabel 20. Valorile concentrației NO₂ provenit de la microcentrale și a parametrilor meteorologici

Nr. crt	Luna	Ziua	Concentrația NO ₂ provenită de la microcentrale [mg/m ³]	Presiune [mbar]	Temperatura [°C]	Umiditate [%]	Viteza vântului [m/s]
1	Ianuarie	1	959.67	1000.9	4.7	87	1.3
2		2	971.31	998	2.7	91	1.5
3		3	989.33	1004.1	-1.6	74	4.3
4		4	999.03	1006.1	-4.2	69	2.5
5		5	998.95	1006	-4.2	76	1.5
6		6	1014.98	1012.7	-7.5	78	2.8
7		7	1025.83	1013.3	-10.7	83	1.3
8		8	1012.35	1010.7	-7.2	83	0.3
9		9	1006.56	1005.7	-6.7	76	1.5
10		10	985.12	1000.5	-1.2	90	1.3
11		11	992.57	1009.5	-1.2	89	1.5
12		12	982.19	1004.3	0.8	82	1.5
13		13	963.25	992.5	3.9	81	2.3
14		14	952.77	989.3	6.6	76	2
15		15	968.23	989.2	1.3	91	2.3

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

16		16	973.98	999.8	2.3	82	2.5
17		17	963.23	997.5	5.3	62	4.5
18		18	970.02	1000.4	3.8	84	2.5
19		19	978.72	1005.2	2.2	88	1.5
20		20	971.16	994.2	1.7	93	2
21		21	981.06	997.8	-0.6	77	3
22		22	995.54	1003.4	-3.8	63	4.8
23		23	1007.15	1006.4	-6.7	67	3.5
24		24	1002.27	1003.6	-5.9	75	4
25		25	997.11	1002.3	-4.6	85	1
26		26	1000.95	1003.9	-5.4	87	1.5
27		27	993.85	995.8	-5.3	77	2.5
28		28	973.72	987.5	-1	83	2
29		29	991.95	993.9	-5.2	85	1.8
30		30	1024.36	1007.7	-11.7	84	0.8
31		31	1024.75	1017.8	-9.2	85	1
32	Aprilie	1	1057.70	1004.2	13	50	2.5
33		2	1063.93	1008	12.1	51	1.5
34		3	1071.26	1013	11.2	50	1.3
35		4	1073.73	1012.9	10.4	49	1
36		5	1059.09	1005.4	12.9	59	3
37		6	1061.96	1000.5	10.6	72	1.5
38		7	1056.96	993.9	10.3	85	2.3
39		8	1070.98	1002	8.2	71	1.5
40		9	1073.13	1003.3	7.9	73	2
41		10	1059.44	997.7	10.6	89	1
42		11	1060.64	1000.8	11.1	92	1
43		12	1068.18	1005.3	10	90	2.3
44		13	1063.65	999.2	9.7	91	2
45		14	1073.11	1004	8.1	85	2
46		15	1077.75	1015.6	9.9	71	1.5
47		16	1070.49	1012.5	11.3	58	2
48		17	1055.83	1000	12.4	69	2
49		18	1045.46	992.6	13.6	64	2
50		19	1043.33	991.6	14	54	2.5
51	Iulie	1	935.69	1006	21.2	49	0.8
52		2	936.20	1002.2	19.9	64	1.8

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

53		3	936.69	1005.9	20.8	57	2.5
54		4	937.06	1009.1	21.6	52	1.3
55		5	928.47	1007.4	24.3	46	2.3
56		6	923.85	1005.9	25.6	52	2
57		7	929.60	1006.8	23.7	55	2.3
58		8	920.64	1005.5	26.7	52	2
59		9	912.16	1001.3	28.7	51	2.5
60		10	913.71	999.3	27.5	47	2.3
61		11	929.59	1000	21.7	42	2.5
62		12	932.21	998.2	20.2	45	2.3
63		13	931.82	996.7	19.9	47	3.3
64		14	941.95	1002.2	17.8	59	3.5
65		15	944.73	1004.3	17.4	53	3
66		16	939.12	1006.9	20.2	58	1.5
67		17	934.94	1009.5	22.5	54	1.3
68		18	927.65	1009.4	25.2	47	1.8
69		19	921.50	1007.6	27	44	2
70		20	919.99	1006	27.1	48	1.8
71		21	919.49	1005.7	27.2	51	1.3
72		22	917.17	1005.4	28	49	1.5
73		23	914.99	1004.6	28.6	44	2
74		24	923.22	1002.4	24.8	57	2.5
75	Octombrie	25	922.55	1000.2	24.4	60	1.8
76		26	928.05	998.4	21.8	75	1.5
77		1	3124.04	1011.5	14.6	75	0.5
78		2	3126.02	1011.2	14.3	76	0.5
79		3	3149.77	1012.8	12.2	83	0.8
80		4	3165.39	1014.8	11.1	93	1
81		5	3141.32	1014.2	13.5	77	1.5
82		6	3131.27	1013.2	14.3	63	2.3
83		7	3136.52	1009.9	12.8	70	1.5
84		8	3137.12	1007.3	12	78	0.5
85		9	3110.52	1003.2	13.7	79	1.8
86		10	3124.03	1002	11.9	91	1.8
87		11	3159.73	1006.6	9.4	76	3.8
88		12	3204.91	1017.1	7.6	70	1.3
89		13	3207.40	1018.4	7.7	63	1.5

90	14	3181.50	1011.2	8.4	75	2
91	15	3135.60	1003.9	11.2	72	2.8
92	16	3102.85	997.5	12.9	77	2.8
93	17	3131.19	997.3	9.8	85	2.5
94	18	3176.83	1005.5	7.3	82	1.3
95	19	3131.16	1005.4	12.1	78	0.8
96	20	3108.81	1004.3	14.2	80	1
97	21	3130.77	1004.9	12	89	1.3
98	22	3118.00	1010.6	15	86	0.3
99	23	3117.48	1009.7	14.8	89	1.3
100	24	3122.74	1010.3	14.4	86	0.5

Pe baza datelor prezentate în tabelul 20 s-au elaborat modele matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de parametrii meteorologici.

Ipotezele simplificatoare adoptate sunt următoarele:

- ⇒ s-a considerat că toate microcentralele ar fi de tip Hermann, care este una de clasă medie, fără filtre și cu un randament de funcționare de 90%;
- ⇒ toate microcentralele din Timișoara au fost asimilate cu o singură sursă punctiformă de poluare;
- ⇒ măsurătorile parametrilor meteorologici nu au fost realizate în același loc cu locația microcentralelor;
- ⇒ coșurile de evacuare a gazelor sunt în majoritatea lor poziționate orizontal;
- ⇒ înălțimea de amplasare a coșurilor de evacuare a gazelor este de cele mai multe ori inferioară înălțimii clădirilor din zonă.

În continuare sunt prezentate modelele matematice elaborate referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de parametrii meteorologici.

II.3.1. Elaborarea modelelor matematice statistice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul II.

Pentru studiul dispersiei dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de parametrii meteorologici s-a utilizat, ca și în cazul NO₂ global, regresia multiplă neliniară de ordinul 2 și regresia multiplă neliniară de ordinul 3.

II.3.1.1. Elaborarea modelelor matematice statistice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, bazate pe monitorizarea a 3 parametri.

Ținând cont de faptul că studiul dispersiei dioxidului de azot global în funcție de acțiunea singulară a unui singur parametru meteorologic nu a fost relevantă pentru studiul dispersiei dioxidului de azot provenit de la microcentrale s-a pornit de la influența simultană a doi parametrii meteorologici. Pentru acest studiu s-a efectuat modelarea matematică folosind două metode: corelația multiplă neliniară de ordinul 2 și programul STATISTICA 6.0. În continuare vor fi prezentate comparativ rezultatele obținute cu aceste două metode.

Astfel după prima metodă s-a utilizat algoritmul matematic prezentat în capitolul II.2.1 pentru $n=3$ și s-au obținut 6 funcții de corelație multiplă, calculându-se apoi abaterea medie pătratică – relația (35) și coeficientul multiplu de corelație – relația (34) [51].

Cele 6 funcții de corelație multiplă sunt redată în relațiile (86)-(91):

a) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :*

$n=f(t,p)$

$$Y(x_1, x_2) = 9.5286 \cdot 10^5 - 1951.5098x_1 - 412.5478x_2 + 0.9999x_1^2 + 0.488x_1x_2 - 3.8087x_2^2 \quad (86)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=p$ – presiune

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 712$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.63$**

b) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :*

$n=f(t,u)$

$$Y(x_1, x_2) = -1001.7618 - 150.8613x_1 + 71.005x_2 + 0.0519x_1^2 + 2.7599x_1x_2 - 0.5178x_2^2 \quad (87)$$

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=t – temperatură, x₂=u – umiditate

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 707.67$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.65$

c) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :

n=f(p,u)

$$Y(x_1, x_2) = 1.2567 \cdot 10^6 - 2482.061x_1 - 1036.1516x_2 + 1.2225x_1^2 + 1.143x_1x_2 - 0.6566x_2^2 \quad (88)$$

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=p – presiune, x₂=u – umiditate

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 767.244$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.55$

d) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v)

n=f(p,v)

$$Y(x_1, x_2) = 1.3072 \cdot 10^6 - 2673.0305x_1 + 17108.72x_2 + 1.3676x_1^2 - 17.3488x_1x_2 + 98.36x_2^2 \quad (89)$$

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=p – presiune, x₂=v – viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 90.42$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.83$

e) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :

n=f(t,v)

$$Y(x_1, x_2) = 2671.1 + 80.355x_1 - 1030.9x_2 - 3.49x_1^2 - 2.49x_1x_2 + 172.7655x_2^2 \quad (90)$$

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=t – temperatură, x₂=v – viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 745.49$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.58$

f) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :

n=f(u,v)

$$Y(x_1, x_2) = -4620.21 + 186.78x_1 - 275.27x_2 - 1.1816x_1^2 - 6.0579x_1x_2 + 93.365x_2^2 \quad (91)$$

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 810.71$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.47$

În tabelul 21 sunt centralizate valorile indicatorilor modelelor matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de acțiunea simultană a câte 2 parametrii meteorologici, modele obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2.

Tabel 21. Valorile indicatorilor modelelor matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție câte 2 parametrii meteorologici

Nr. crt.	Cazul	Modelul matematic	R	σ
1	$Y=f(t,p)$	$Y(x_1, x_2) = 9.5286 \cdot 10^5 - 1951.5098x_1 - 412.5478x_2 + 0.9999x_1^2 + 0.488x_1x_2 - 3.8087x_2^2$	0.63	712
2	$Y=f(t,u)$	$Y(x_1, x_2) = -1001.7618 - 150.8613x_1 + 71.005x_2 + 0.0519x_1^2 + 2.7599x_1x_2 - 0.5178x_2^2$	0.65	707.6
3	$Y=f(p,u)$	$Y(x_1, x_2) = 1.2567 \cdot 10^6 - 2482.061x_1 - 1036.1516x_2 + 1.2225x_1^2 + 1.143x_1x_2 - 0.6566x_2^2$	0.55	767.2
4	$Y=f(p,v)$	$Y(x_1, x_2) = 1.3072 \cdot 10^6 - 2673.0305x_1 + 17108.72x_2 + 1.3676x_1^2 - 17.3488x_1x_2 + 98.36x_2^2$	0.83	90.42
5	$Y=f(t,v)$	$Y(x_1, x_2) = 2671.1 + 80.355x_1 - 1030.9x_2 - 3.49x_1^2 - 2.49x_1x_2 + 172.7655x_2^2$	0.58	745.5
6	$Y=f(u,v)$	$Y(x_1, x_2) = -4620.21 + 186.78x_1 - 275.27x_2 - 1.1816x_1^2 - 6.0579x_1x_2 + 93.365x_2^2$	0.47	810.7

După a doua metodă datele experimentale au fost prelucrate cu STATISTICA 6.0. S-au obținut diagramele prezentate în figurile (60) – (65) [89] și coeficienții de corelare prezentați în continuare.[51]

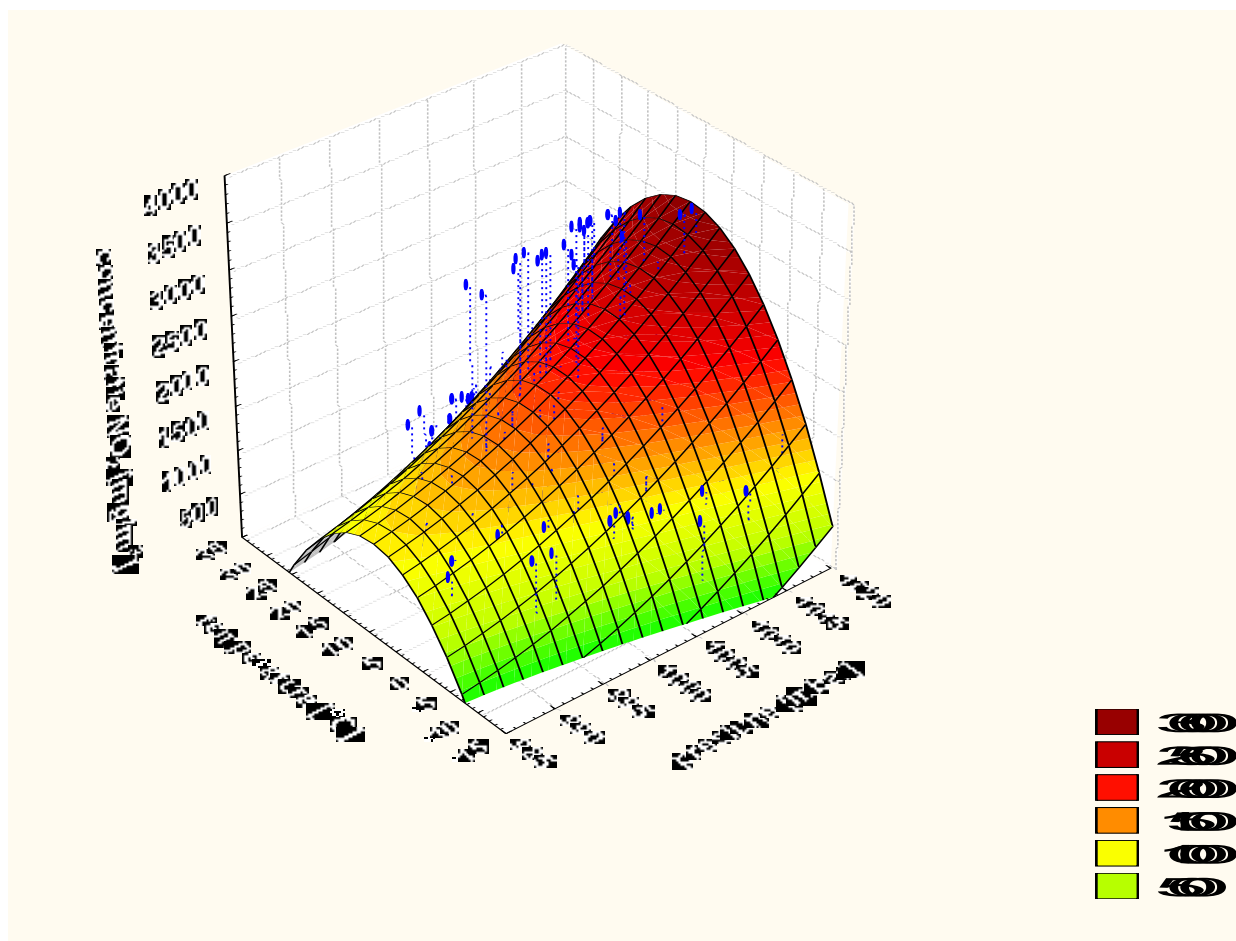
g) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :

$$n=f(t,p)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, p - presiune

În figura (60) este redată dependența concentrației de dioxid de azot provenit de la microcentrale de parametrii meteorologici temperatură și presiune. De asemenea s-au calculat și în acest caz abaterea medie pătratică și coeficientul multiplu de corelare.

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 711.7$



◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.64$

Fig. 60. Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și presiune

h) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u):

În figura (61) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici temperatură și umiditate, precum și valorile σ și R .

$$n=f(t,u)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, u – umiditate

Valorile coeficientului multiplu de corelație și abaterea medie pătratică sunt:

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 707.67$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.64$

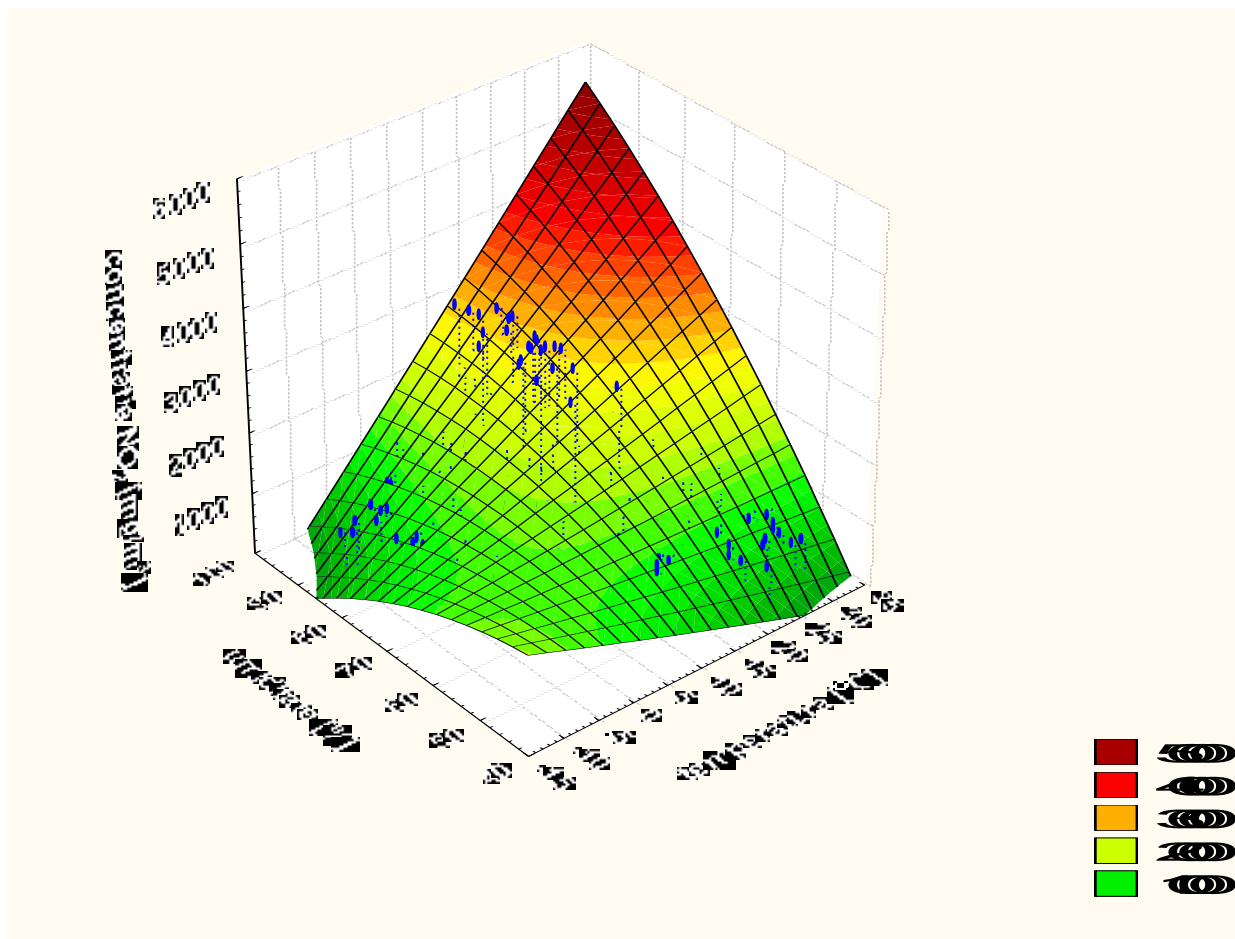


Fig. 61 Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și umiditate

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 707.67$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.64$

i) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :

În figura (62) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici presiune și umiditate, precum și valorile σ și R .

$$n=f(p,u)$$

n – concentrația de dioxid de azot, p - presiune, u - umiditate

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 767.25$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.55$

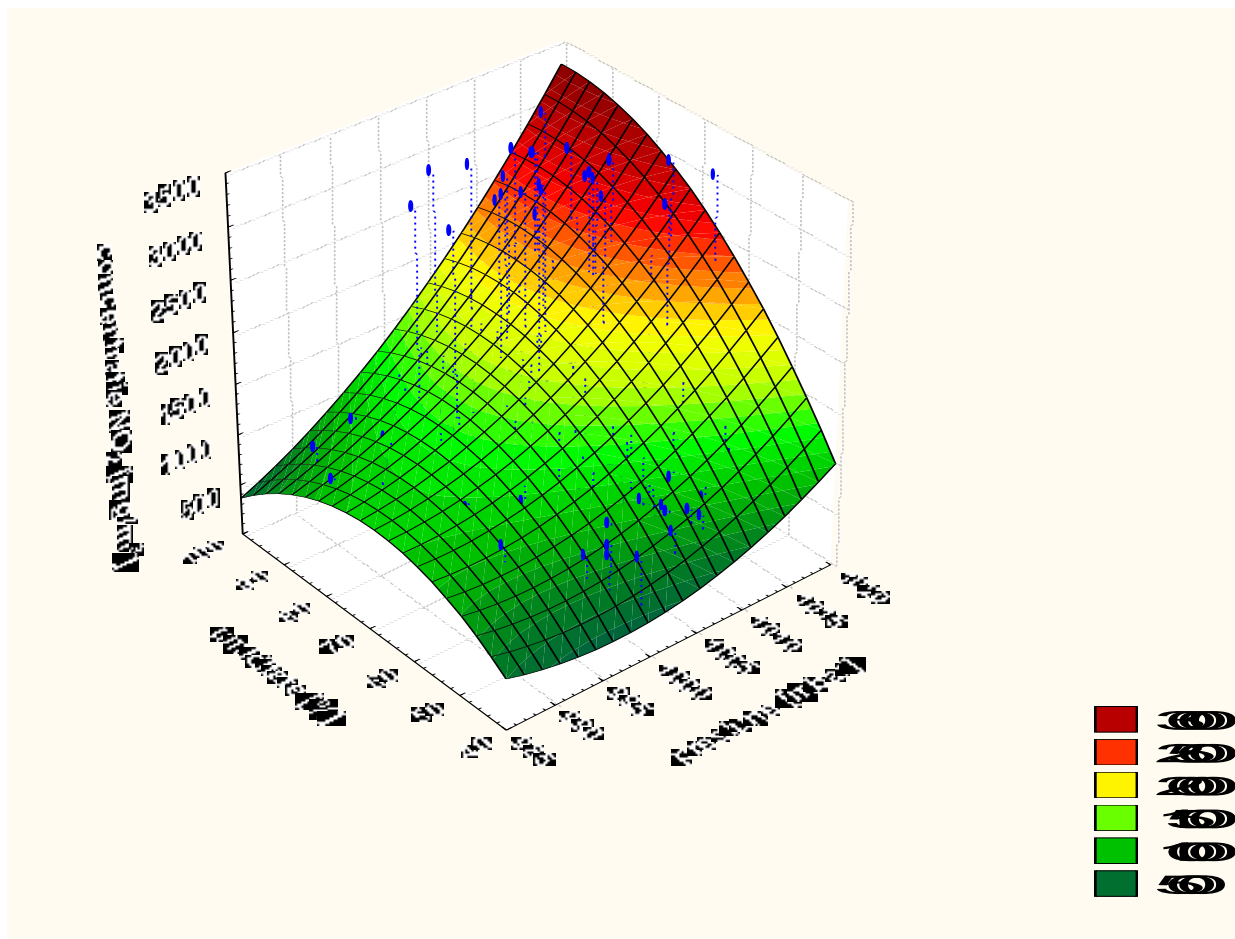


Fig. 62. Dependența concentrației de dioxid de azot de presiune și umiditate

j) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v) :

$$n=f(p,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, p - presiune, v – viteza vântului

În figura (63) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici presiune și viteza vântului, precum și valorile σ și R .

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 90.4$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.83$

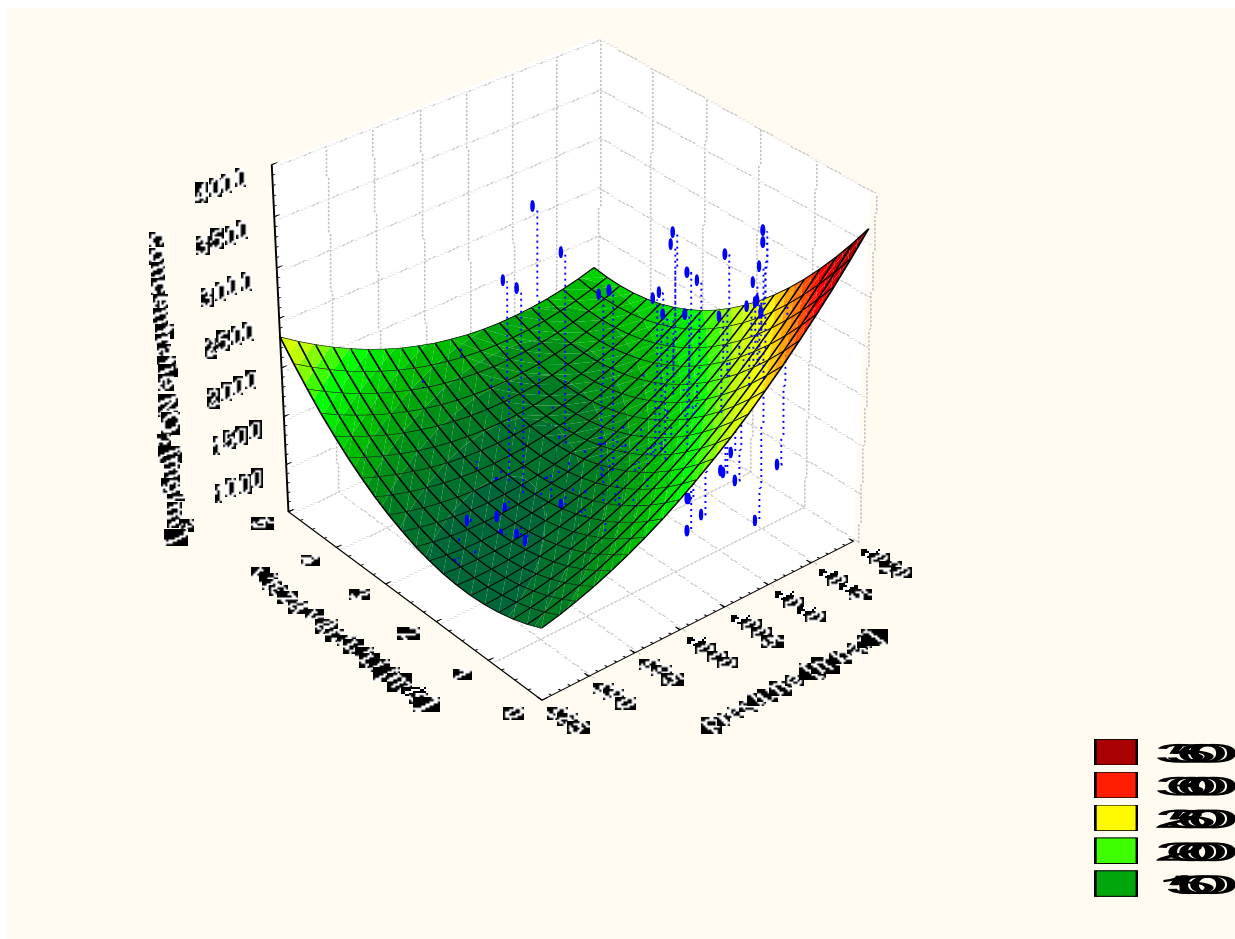


Fig. 63 Dependența concentrației de dioxid de azot de presiune și viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 90.4$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.83$

k) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :

Dependența concentrației de dioxid de azot de influența simultană a parametrilor meteorologici temperatură și viteza vântului este redată în figura (64).

$$n=f(t,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, v – viteza vântului

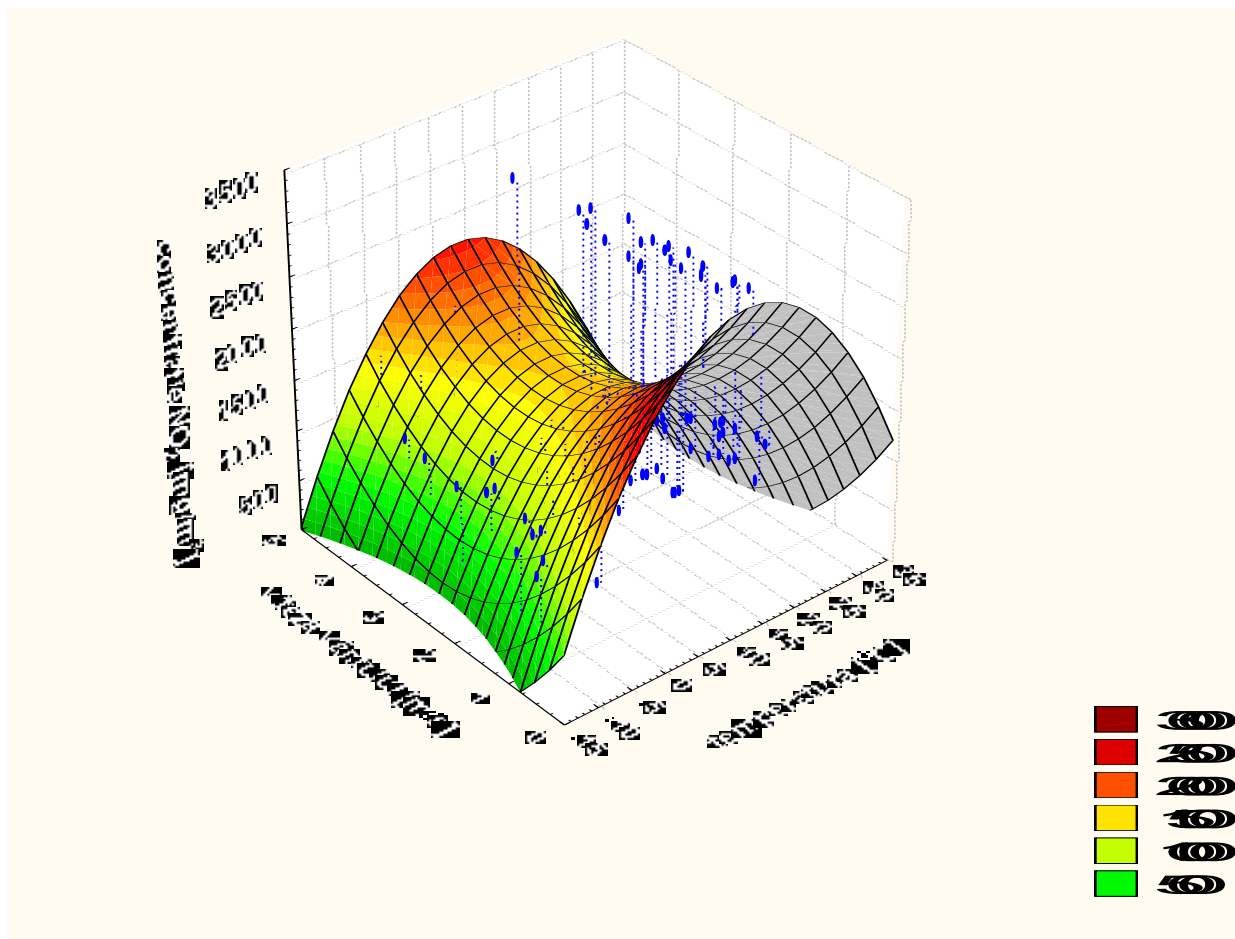


Fig. 64. Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 745.49$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.587$

l) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :

Dependența concentrației de dioxid de azot de influența simultană a parametrilor meteorologici umiditate și viteza vântului este redată în figura (65).

$$n=f(u,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, u - umiditate, v – viteza vântului

Valorile indicatorilor preciziei modelului sunt:

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 810.71$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0,47$

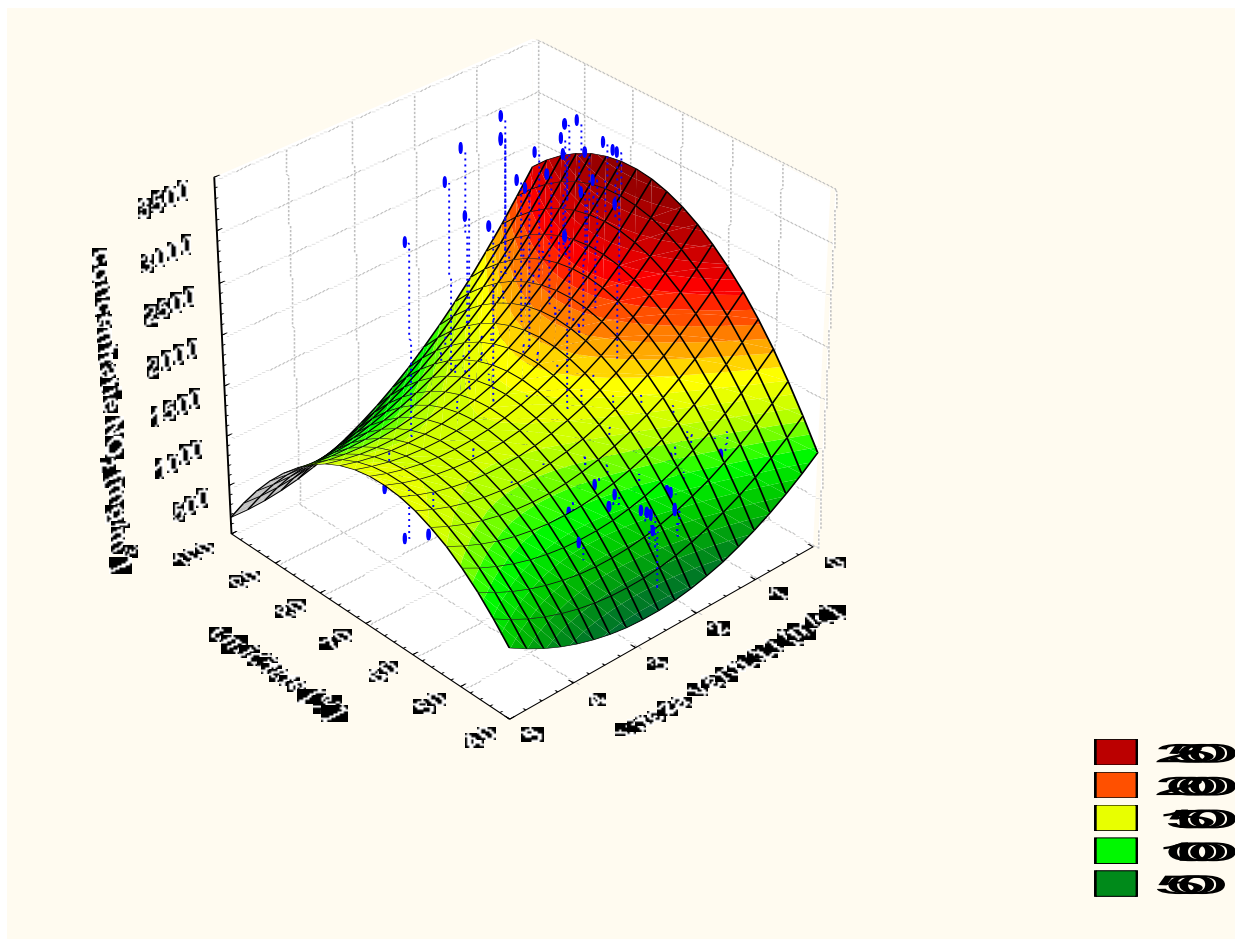


Fig. 65 Dependența concentrației de dioxid de azot de umiditate și viteza vântului

Prin ambele metode rezultatele obținute sunt aproximativ identice, coeficienții de corelație ai acestora având diferențe doar de ordinul zecimalelor. Ca atare abordarea problemelor este corectă.

În tabelul 22 sunt prezentate comparativ valorile coeficienților de corelație multiplă și ale abaterilor medii pătratice pentru cele 6 modele matematice elaborate prin cele două metode: metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2 și programul informatic Statistica 6.0.

Tabel 22. Valorile indicatorilor preciziei modelelor ce caracterizează dispersia NO₂ global în funcție de acțiunea simultană a 2 parametrii meteorologici

Nr. crt	Cazul	Metoda analitică bazată pe regresea multiplă neliniară de ordinul 2		Metoda utilizând programul informatic Statistica 6.0	
		R	σ	R	σ
1	Y=f(p,t)	0.63	712	0.64	711.7
2	Y=f(t,u)	0.65	707.67	0.64	707.67
3	Y=f(p,u)	0.55	767.24	0.55	767.25
4	Y=f(p,v)	0.83	90.42	0.83	90.4
5	Y=f(t,v)	0.58	745.49	0.587	745.49
6	Y=f(u,v)	0.47	810.71	0.47	810.7

Coeficienții de corelație ai modelelor sunt în unele cazuri apropiați de 1 deci modelele elaborate sunt apropiate de fenomenele fizice. Principalele cauze pentru care valorile celorlalți coeficienți de corelație multiplă au valori mai mici decât în cazul experimentelor de laborator sunt:

- ⇒ procesul studiat este dinamic
- ⇒ procesul studiat este dependent de forțele naturii
- ⇒ calculul concentrației de dioxid de azot s-a făcut considerându-se ardere perfectă
- ⇒ s-a considerat că toate microcentralele din oraș sunt asimilate cu o singură sursă de emisie cu dioxid de azot.
- ⇒ măsurătorile parametrilor meteorologici s-au realizat la Pădurea verde, la distanță de punctul estimat pentru emisiile microcentralelor.

Coeficienții de corelare reduși: 0.55 - în cazul dependenței concentrației de NO₂ de presiune și umiditate și 0.47 - în cazul dependenței concentrației de NO₂ de umiditate și viteza vântului sugerează o influență antagonică a celor doi parametrii meteorologici, la fel ca în cazul studiului dispersiei dioxidului de azot global în funcție de aceeași parametrii meteorologici.

Valorile abaterii medii pătratice sunt mari. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că necunoscându-se numărul exact de “focuri” – microcentrale și sobe și respectiv distribuția

acestora pe harta municipiului Timișoara s-a făcut aproximarea că toate microcentralele și sobele ar fi o singură sursă de emisie.

Estimarea concentrațiilor pe termen scurt și mediu se realizează, conform modelelor elaborate, ținând cont de mediile zilnice ale parametrilor meteorologici.

Testarea modelelor

După calcularea parametrilor modelului, este necesar să se efectueze o comparație între prezicerile modelului și datele furnizate de procesul real. Dacă modelul este adecvat, el poate fi acceptat cu condiția să nu se facă alte simplificări, de exemplu prin eliminarea unor termeni sau variabile (este necesară testarea semnificației coeficienților)..

Tabel 23. Valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la testarea modelului dispersiei dioxidului de azot provenit de la microcentrale, funcție de câte 2 parametrii meteorologici

Nr. crt.	Funcție	Luna	Ziua	NO ₂ măsurat [mg/m ³]	NO ₂ calculat [mg/m ³]	R	σ
1	n=f(t,p)	ianuarie	15	968.23	930.09	0,96	276.59
		aprilie	10	1059.44	1504.37		
		iulie	19	921.5	1035.76		
		octombrie	13	3207.41	2901.56		
2	n=f(t,u)	ianuarie	15	968.23	1302.25	0.80	1046.39
		aprilie	10	1059.44	2226.58		
		iulie	19	921.5	363.34		
		octombrie	13	3207.41	1596.68		
3	n=f(p,u)	ianuarie	15	968.23	844.41	0,87	472.68
		aprilie	10	1059.44	1305.31		
		iulie	19	921.5	740.32		
		octombrie	13	3207.41	2321.34		
4	n=f(p,v)	ianuarie	15	968.23	974.13	0,84	512.36
		aprilie	10	1059.44	1232.62		
		iulie	19	921.5	1366.01		
		octombrie	13	3207.41	2300.52		
5	n=f(t,v)	ianuarie	15	968.23	1305.08	0,35	902.41
		aprilie	10	1059.44	2245.97		
		iulie	19	921.5	789.76		
		octombrie	13	3207.41	1896.41		
6	n=f(u,v)	ianuarie	15	968.23	1183.97	0,36	897.61
		aprilie	10	1059.44	1921.88		
		iulie	19	921.5	599.95		
		octombrie	13	3207.41	1681.28		

Pe baza valorilor experimentale obținute se calculează pentru fiecare din dependențele considerate valoarea teoretică (conform modelului) – Y calculat. Aceste date se compară cu cele obținute experimental. Drept indicatori ai adecvănței modelului se folosesc: coeficientul de corelație R , abaterea medie pătratică – σ , ale căror expresii au fost deja prezentate. [40,51,97]

Pentru a realiza aceste comparații s-a utilizat următorul set de date, același ca și în studiile de caz anterioare, prezentat în tabelul 23. Tot în tabelul 23 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la verificarea dependenței dispersiei dioxidului de azot provenit de la microcentrale, funcție de câte 2 parametrii meteorologici

Din tabelul 23 se observă că valorile coeficientului de corelație R sunt bune, tinându-se cont că dispersia unui poluant în atmosferă este un proces dinamic, ce nu poate fi controlat, fiind dependent de forțele naturii. Valorile abaterilor medii pătratice și ale coeficienților de corelație multiplă R sunt puțin mai mari decât cele prezentate la calculul acestora utilizând toate datele experimentale ce au stat la baza modelelor matematice elaborate, cu excepția cazurilor e) și f). Acest fapt se datorează variațiilor neregulate ale parametrilor meteorologici în cazul aceleiași luni, respectiv în cazul aceluiasi anotimp și faptului că emisia de dioxid de azot nu este constantă. Per ansamblu, analizând indicatorii preciziei modelului, prezentați în tabelul 16 putem concluziona că modelele matematice elaborate reflectă cu o acuratețe satisfăcătoare fenomenul real studiat.

II.3.1.2. Elaborarea modelelor matematice statistice ce caracterizează la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, bazate pe monitorizarea a 4 parametri.

În continuare s-a studiat influența simultană pe care o au câte trei parametrii meteorologici asupra dispersiei dioxidului de azot provenit de la microcentrale. Pentru a realiza acest lucru s-a particularizat algoritmul matematic prezentat la capitolul II.2.1. pentru $n=4$ și s-au obținut 4 modele matematice. Parametrii urmăriți sunt: concentrația de dioxid de azot provenit de la microcentrale, parametrii meteorologici: temperatură, presiune, umiditate și viteza vântului. Plecând de la aceste date pot fi realizate 4 corelații între concentrația de dioxid de azot și câte 3 parametrii meteorologici, după cum urmează:

- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, temperatură și umiditate, $n=f(p,t,u)$

- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, temperatură și viteza vântului, $n=f(p,t,v)$
- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, umiditate și viteza vântului $n=f(p,u,v)$
- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și temperatură, umiditate și viteza vântului $n=f(t,u,v)$

Aceste modele matematice, precum și valorile abaterilor medii pătratice și a coeficienților multipli de corelație sunt redate în relațiile (92)-(95):

a) *concentrația de dioxid de azot - n în funcție de presiune – p, temperatură – t și viteza vântului:*

$$Y(x_1, x_2) = 6.245 \cdot 10^5 - 1.31 \cdot 10^3 \cdot x_1 + 1.231 \cdot 10^4 \cdot x_2 - 143.899x_3 + 0.687x_1^2 + 89.281x_2^2 - 3.661x_3^2 - 12.766x_1x_2 - 2.593x_2x_3 + 0.225x_1x_3$$

(92)

$$n=f(p,t,v)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ – presiune, $v=x_3$ – viteza vântului, $t=x_2$ – temperatura

- ◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 692.576$**
- ◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.66$**

b) *concentrația de dioxid de azot - n în funcție de presiune – p, umiditate - u și viteza vântului:*

$$Y = -2.493 \cdot 10^5 + 406.206x_1 - 301.806x_2 + 3.523 \cdot 10^4 x_3 - 0.162x_1^2 - 0.873x_2^2 - 27.971x_3^2 + 0.447x_1x_2 - 3.447x_2x_3 - 34.807x_1x_3$$

(93)

$$n=f(p,u,v)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ – presiune, $u=x_2$ – umiditate, $v=x_3$ – viteza vântului

- ◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 755.668$**
- ◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.572$**

c) *concentrația de dioxid de azot - n în funcție de temperatură - t, umiditate - u și viteza vântului:*

$$Y = -134.585 - 141.19x_1 + 83.113x_2 - 965.241x_3 - 0.397x_1^2 - 0.64x_2^2 + 140.789x_3^2 + 2.458x_1x_2 + 1.127x_2x_3 + 8.91x_1x_3$$

(94)

$$n=f(t,u,v)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $t=x_1$ - temperatură, $u=x_2$ - umiditate, $v=x_3$ - viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 674.851$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.681$

d) concentrația de dioxid de azot - n în funcție de temperatură - t, presiune - p și umiditate - u:

$$Y = 2.155 \cdot 10^6 - 4.156 \cdot 10^3 x_1 - 2.313 \cdot 10^3 x_2 - 3.111 \cdot 10^3 x_3 + 2x_1^2 - 0.513x_2^2 - 0.827x_3^2 + 2.389x_1x_2 + 1.58x_2x_3 + 3.044x_1x_3$$

(95)

$$n=f(t,p,u)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ - presiune, $u=x_2$ - umiditate, $t=x_3$ - temperatură

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 583.22$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.774$

În tabelul 24 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelului pentru modelele matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de acțiunea simultană a câte 3 parametrii meteorologici.

Tabel 24. Valorile indicatorilor preciziei modelului pentru modelele matematice de dispersie a dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de câte 3 parametrii meteorologici.

Nr. crt.	Cazul	R	σ
1	$Y=f(p,t,v)$	0.66	692.58
2	$Y=f(p,u,v)$	0.572	755.668
3	$Y=f(t,u,v)$	0.681	674.851
4	$Y=f(t,p,u)$	0.774	583.22

Abaterile medii pătratice ale valorilor măsurate în raport cu valorile calculate cu ajutorul ecuațiilor de regresie multiplă neliniară sunt mari, explicația fiind aceeași ca și în cazul corelațiilor multiple neliniare între 3 parametrii. Valorile coeficienților de corelație multiplă sunt bune. Excepție face cazul b ceea ce conduce la ideea că umiditatea influențează dispersia dioxidului de azot doar în acțiune simultană cu temperatura, în rest aceasta are o influență antagonică asupra fenomenului de dispersie. Se poate observa că același rezultat s-a obținut și în cazul modelării dispersiei dioxidului de azot global în funcție de acești parametrii meteorologici. Din valorile indicatorilor preciziei modelului se poate desprinde concluzia că predicția dispersiei dioxidului de azot în funcție de parametrii meteorologici (3 parametrii cu acțiune simultană) poate fi realizată cu o precizie bună.

Modelele elaborate pe baza monitorizării a 4 parametrii pot prezice cu suficientă acuratețe și dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de parametrii meteorologici pe termen scurt și mediu.

Testarea modelelor

Verificarea modelelor s-a realizat utilizând același set de date ca și pentru celelalte modele prezentate anterior. În tabelul 25 sunt prezentate valorile coeficienților multipli de corelare și abaterile medii pătratice obținute la validarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, bazate pe monitorizarea a 4 parametri.

Din rezultatele prezentate în tabelul 25 se observă că valorile coeficienților multipli de corelație, precum și valorile abaterilor medii pătratice sunt asemănătoare cu cele obținute în cazul utilizării celor 100 de date din cele 4 luni ale anului 2004. Aceasta dovedește că modelele elaborate sunt viabile.

Tabel 25. Valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la testarea modelului dependenței dispersiei dioxidului de azot provenit de la microcentrale, funcție de câte 3 parametrii meteorologici

Nr. crt.	Funcție	Luna	Ziua	NO₂ măsurat [mg/m³]	NO₂ calculat [mg/m³]	R	σ
1	n=f(p,u,t)	ianuarie	15	968.23	1293.69	0.77	615.57
		aprilie	10	1059.44	2194.11		
		iulie	19	921.5	1169.41		
		octombrie	13	3207.41	2960.75		
2	n=f(p,u,v)	ianuarie	15	968.23	511.39	0.56	797.41
		aprilie	10	1059.44	800.10		
		iulie	19	921.5	271.01		
		octombrie	13	3207.41	1849.34		
3	n=f(p,v,t)	ianuarie	15	968.23	717.86	0.89	439.81
		aprilie	10	1059.44	1434.42		
		iulie	19	921.5	704.16		
		octombrie	13	3207.41	2484.07		
4	n=f(t,u,v)	ianuarie	15	968.23	1022.66	0.7	1027.32
		aprilie	10	1059.44	2340.98		
		iulie	19	921.5	314.89		
		octombrie	13	3207.41	1721.37		

II.3.1.3. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, bazate pe monitorizarea a 5 parametri

La fel ca și în cazul dioxidului de azot global și în cazul microcentralelor s-a urmărit dependența concentrației acestui poluant de acțiunea simultană a 4 parametrii meteorologici: presiune, temperatură, umiditate și viteza vântului. În relația (96) este redat modelul matematic obținut pentru acest studiu.

$$Y = 1.455 \cdot 10^3 - 1.123x_1 - 300.962x_2 - 62.072x_3 + 515.169x_4 + 7.571 \cdot 10^{-4}x_1^2 + 1.098x_2^2 + 0.217x_3^2 - 93.493x_4^2 - 0.044x_1x_2 + 5.151x_2x_3 + 19.481x_3x_4 + 1.081x_4x_1 + 0.022x_1x_3 - 7.119x_2x_4 \quad (96)$$

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 715.673$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.628$**

Se observă că și în cazul acțiunii simultane a 4 parametrii meteorologici valorile abaterii medii pătratice sunt mari, concluzia fiind că aceasta se datorează simplificării modelului prin care toate microcentralele și sobele ar fi asimilate cu o singură sursă de emisie. Coeficientul multiplu de corelație are o valoare acceptabilă.

II.3.2. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul III.

Pentru a realiza modelele matematice de dependență a dispersiei dioxidului de azot de acțiunea simultană a câte 2 parametri meteorologici, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul 3 s-a utilizat programul informatic MATHCAD. La fel ca și în cazul regresiei multiple de ordinul 2 și în cazul regresiei multiple de ordinul 3 s-au obținut 6 modele matematice ale căror expresii sunt redate în relațiile (97)-(102):

a. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :*

$n=f(p,t)$

$$Y = 8.065 \cdot 10^7 - 2.396 \cdot 10^5 x_1 - 1.27 \cdot 10^5 x_2 + 237.179x_1^2 + 242.067x_2^2 + 248.861x_1x_2 - 0.078x_1^3 - 0.117x_2^3 - 0.122x_1^2x_2 - 0.241x_1x_2^2 \quad (97)$$

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=p$ – presiune $x_2=t$ – temperatură

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 695.384$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.656$**

b. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :*

$n=f(t,u)$

$$Y = 1.709 \cdot 10^4 - 15.648x_1 - 862.799x_2 - 11.643x_1^2 + 14.392x_2^2 - 1.973x_1x_2 - 0.224x_1^3 - 0.076x_2^3 - 0.095x_1^2x_2 + 0.04x_1x_2^2 \quad (98)$$

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=t$ – temperatură, $x_2=u$ – umiditate

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 647.533$**

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.711$

c) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :

$n=f(p,u)$

$$Y = 1.979 \cdot 10^8 - 5.769 \cdot 10^5 x_1 - 1.852 \cdot 10^5 x_2 + 560.717 x_1^2 + 97.5 x_2^2 + 354.456 x_1 x_2 - 0.182 x_1^3 - 0.04 x_2^3 - 0.17 x_1^2 x_2 - 0.089 x_1 x_2^2 \quad (99)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=u$ – umiditate

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 746.841$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.585$

d) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v)

$n=f(p,v)$

$$Y = -3.002 \cdot 10^8 + 8.849 \cdot 10^5 x_1 + 7.67 \cdot 10^6 x_2 - 869.664 x_1^2 - 2.906 \cdot 10^4 x_2^2 - 1.516 \cdot 10^4 x_1 x_2 + 0.285 x_1^3 - 58.527 x_2^3 + 7.484 x_1^2 x_2 + 29.513 x_1 x_2^2 \quad (100)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 799.493$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.497$

e) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :

$n=f(t,v)$

$$Y = 2.903 \cdot 10^3 + 108.229 x_1 - 1.939 \cdot 10^3 x_2 - 1.71 x_1^2 + 687.087 x_2^2 - 25.998 x_1 x_2 - 0.105 x_1^3 - 76.584 x_2^3 - 0.766 x_1^2 x_2 + 1.583 x_1 x_2^2 \quad (101)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 723.637$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.619$

f) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :

$n=f(u,v)$

$$Y = -9.362 \cdot 10^3 + 289.456 x_1 + 3.986 \cdot 10^3 x_2 - 1.02 x_1^2 + 24.421 x_2^2 - 135.94 x_1 x_2 - 7.278 \cdot 10^{-3} x_1^3 - 52.242 x_2^3 + 0.77 x_1^2 x_2 + 7.131 x_1 x_2^2 \quad (102)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 793.855$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.507$

În tabelul 26 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelului pentru modelele ce caracterizează dispersia dioxidului de azot în funcție de acțiunea simultană a câte 2 parametrii meteorologici, modele matematice obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordinul 3.

Tabel 26. valorile indicatorilor preciziei modelului pentru modelele ce caracterizează dispersia dioxidului de azot în funcție câte 2 parametrii meteorologici, modele matematice obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordinul 3.

Nr. crt.	Cazul	R	σ
1	$Y=f(p,t)$	0.656	695.384
2	$Y=f(t,u)$	0.711	647.533
3	$Y=f(p,u)$	0.585	746.841
4	$Y=f(p,v)$	0.497	799.493
5	$Y=f(t,v)$	0.619	723.637
6	$Y=f(u,v)$	0.507	793.855

Valorile coeficienților de corelare multiplă au valori apropiate de cele obținute folosind regresia multiplă neliniară de ordinul 2. Unele dintre aceste valori sunt mai mici: în cazul acțiunii simultane a presiunii și vitezei vântului, umidității și vitezei vântului și presiunii și umidității. Se poate concluziona că în aceste cazuri cei doi parametrii meteorologici ce au influențat simultan dispersia dioxidului de azot în atmosferă au acțiune antagonică.

De asemenea se observă că valorile coeficienților de corelație multiplă sunt mai mici în cazul modelor elaborate pe baza regresiei multiple neliniare de ordinul 3 decât cele elaborate pe baza regresiei multiple neliniare de ordinul 2, însă diferența nu este mare.

II.3.3. CONCLUZII

1. Pentru toate modelele matematice elaborate în acest capitol, referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale în funcție de câte 2,3 și 4 parametrii meteorologici, valorile abaterilor medii pătratice sunt mari. Acest fapt se datorează adoptării ipotezelor simplificatoare prin care toate microcentralele și sobele sunt asimilate cu o singură sursă de emisie.
2. Valorile mai scăzute ale coeficienților multipli de corelație se datorează mai multor cauze:
 - ⇒ umiditatea are influență antagonică față de ceilalți parametrii meteorologici la dispersia dioxidului de azot.
 - ⇒ umiditatea din aer determină transformarea dioxidului de azot în acid azotic, deci concentrația acestuia scade.
3. La fel ca și în studiile de caz referitoare la dispersia dioxidului de azot global în funcție de parametrii meteorologici cele mai mici valori ale coeficientului de corelație multiplă sunt în cazurile în care unul din parametrii a fost umiditatea.
4. Pentru modelele matematice realizate prin corelația a 3 parametrii s-au obținut rezultate similare folosind cele două ecuații de regresie multiplă neliniară: de ordin 2 și de ordin 3. Acest fapt se poate observa din tabelul 27 unde sunt prezentate comparativ valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute prin cele 2 metode.

Tabel 27. Valorile indicatorilor preciziei modelor obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 2 și cea bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 3.

Nr. crt.	Cazul	Metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 2		Metoda utilizând programul informatic Statistica 6.0		Metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 3	
		R	σ	R	σ	R	σ
1	$Y=f(p,t)$	0,63	712	0,64	711,7	0.656	695.384
2	$Y=f(t,u)$	0,65	707,67	0,64	707,67	0.711	647.533
3	$Y=f(p,u)$	0,55	767,24	0,55	767,25	0.585	746.841
4	$Y=f(p,v)$	0,83	90,42	0,83	90,4	0.497	799.493
5	$Y=f(t,v)$	0,58	745,49	0,587	745,49	0.619	723.637
6	$Y=f(u,v)$	0,47	810,71	0,47	810,7	0.507	793.855

5. Deoarece indicatorii preciziei modelului obținuți în cazul corelațiilor între 3 parametri prin regresie multiplă neliniară și programul informatic STATISTICA 6.0 au valori apropiate se poate aprecia că abordarea fenomenului studiat a fost corectă.
6. Există similitudini între valorile indicatorilor preciziei modelului obținuți în cele două cazuri studiate: dispersia dioxidului de azot global și a celui provenit de la microcentrale în funcție de parametrii meteorologici.

II.4. STUDIUL FENOMENULUI DE DISPERSIE ÎN AER A DIOXIDULUI DE AZOT PROVENIT DE LA CET CENTRU ȘI CET SUD, BAZAT PE MONITORIZAREA PARAMETRILOR ÎN MUNICIPIUL TIMIȘOARA

Cea mai importantă sursă staționară de poluare a atmosferei cu dioxid de azot în municipiul Timișoara o constituie cele două termocentrale care asigură încălzirea orașului: CET CENTRU și CET SUD.

La fel ca și în studiile anterioare și pentru studierea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU ȘI CET SUD în funcție de parametrii meteorologici, s-a luat în considerare influența combinată a acestora, realizându-se astfel modele matematice statistice bazate pe monitorizarea a 3, 4 și 5 parametri.

Pentru realizarea studiului s-au folosit valorile medii zilnice ale concentrațiilor de dioxid de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, precum și valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici: temperatură, presiune, umiditate, viteza vântului, pentru lunile ianuarie, aprilie, iulie și octombrie ale anului 2004. Aceste date au fost legal furnizate de instituții ale municipiului Timișoara după cum urmează:

⇒ COLTERM TIMIȘOARA

- ◆ concentrațiile de NO_x rezultat la fiecare CAF și cazan din cele două termocentrale: CET CENTRU și CET SUD, pentru fiecare zi din cele 4 luni studiate: ianuarie, aprilie, iulie și octombrie ale anului 2004. Aceste date sunt prezentate în ANEXA 6.
- ◆ caracteristicile tuturor cazanelor și caf-urilor, date prezentate în ANEXA 7.
- ◆ puterea calorică a gazelor naturale utilizate, compoziția chimică a acestora, puterea calorică a păcurii și compoziția chimică a acesteia, date prezentate în ANEXA 8.
- ◆ consumul de gaze naturale pentru fiecare cazan și caf, precum și consumul de păcură, consumul de cărbune, încărcarea instalației și numărul de ore de funcționare pentru fiecare zi din cele 4 luni, date prezentate în ANEXA 9

⇒ CENTRUL METEO TIMISOARA

- ◆ valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici: temperatură, presiune, umiditate, viteza vântului pentru fiecare zi a celor 4 luni din anul 2004. Aceste

valori au fost măsurate la Pădurea Verde, sediul acestei instituții. Datele sunt prezentate în ANEXA 2.

S.C. Colterm S.A dispune de două termocentrale CET CENTRU și CET SUD. CET CENTRU are 6 cazane și 5 caf-uri iar combustibilii utilizați sunt păcura și gazele naturale. Principalele caracteristici ale acestora sunt prezentate în tabelul 28. [110]. CET SUD are două caf-uri și două cazane iar combustibilii utilizați sunt cărbuni și gaze naturale.

Tabel 28. Caracteristicile instalațiilor de la CET CENTRU

Nr. coș	Nr. cazan cu abur tehnologic/cu apă fierbinte	Capacitate [t/h] / [Gcal/h]	Putere termică [MW]	Înălțime [m]	Diametru [m]	Viteza gazelor de ardere la ieșire [m/s]	Temperatura gazelor arse [°C]
1	1	30	23	44	1.59	5.4	160
2	2	12.5	47	51	1.95	7	130
	3	12.5					
	6	30					
3	7	7	12	44	1.59	10	130
	8	7					
4	1	50	58.1	53	2.52	5.8	130
5	2	50	58.1	53	2.52	5.8	130
6	3	100	116.3	55	3.19	5.7	130
7	4	100	116.3	55	3.19	5.7	130
8	5	100	116.3	55	3.19	5.7	130

Datele furnizate de COLTERM TIMIȘOARA s-au obținut prin calcul matematic, utilizând programul informatic EMPOL în conformitate cu standardele române în vigoare. [65,101,102]

În continuare se prezintă metodologia de calcul ce stă la baza acestui program informatic. [65,108,109,111]

În urma arderii combustibililor fosili în cazane de abur și de apă caldă (cazane și caf-uri), cu care sunt echipate termocentralele rezultă emisii de poluanți care ajung în mediul înconjurător. Cei mai importanți poluanți ce rezultă în acest caz sunt:

- ⇒ pulberi – au efect la scară locală;
- ⇒ SO₂ și NO_x – au efecte la scară regională;
- ⇒ CO₂ – are efect la scară globală.

Metoda de calcul a NO_x rezultat în urma arderii combustibililor fosili în caf-uri și cazane din termocentrale se bazează pe consumul de combustibili și pe factorul de emisie. [112,113,114] Cantitatea de NO_x evacuată – emisia – se determină cu formula redată în relația (103):

$$E = B \cdot H_i \cdot e \quad (103)$$

semnificația termenilor din relația (103) este:

E – cantitatea de NO_x evacuată în atmosferă într-o anumită perioadă de timp [Kg]

B – cantitatea de combustibil consumată în perioada respectivă [Kg]

H_i – puterea calorică inferioară a combustibilului [Kj/Kg]

e – factorul de emisie [Kg/Kj]

Factorul de emisie reprezintă cantitatea de poluant evacuată în atmosferă, raportată la unitatea de căldură introdusă odată cu combustibilul în cazan. Factorii de emisie se determină experimental și depind de caracteristicile combustibililor folosiți, de tipul instalațiilor de ardere și de puterea termică a acestora. [111] Factorii de emisie pot fi determinați și prin calcule. Modelul de calcul prezentat în continuare este adaptat pentru cele două termocentrale, unde au loc procese clasice de ardere a combustibililor și nu există instalații de epurare a gazelor poluante. În cazul poluantului NO_x se utilizează factori de emisie tabelați în literatura de specialitate și care au fost obținuți în urma unor măsurători [114], prezentați în tabelul 29.

Tabel 29. Valorile factorilor de emisie a NO_x pentru diverși combustibili

Combustibil	e_{NO_x} [Kg/Kj]					
	Puterea termică a cazanului [MW]					
	50-100		100-300		>300	
	Kg/Kj	g/Gj	Kg/Kj	g/Gj	Kg/Kj	g/Gj
Lignit	$2 \cdot 10^{-7}$	200	$2,2 \cdot 10^{-7}$	220	$2,6 \cdot 10^{-7}$	260
Huilă	$3,8 \cdot 10^{-7}$	380	$4,2 \cdot 10^{-7}$	420	$4,5 \cdot 10^{-7}$	450
Păcură	$1,9 \cdot 10^{-7}$	190	$2,1 \cdot 10^{-7}$	210	$2,8 \cdot 10^{-7}$	280
Gaze naturale	$1,3 \cdot 10^{-7}$	130	$1,5 \cdot 10^{-7}$	150	$1,7 \cdot 10^{-7}$	170

Valorile factorilor de emisie din tabelul 29 sunt măsurate pentru capacitatea maximă de funcționare a cazanului. În cazul în care încărcarea cazanelor este parțială se corectează factorul de emisie, utilizând relația (104) [108]:

$$e_x^{NO_x} = e_{100}^{NO_x} \left[a + (1-a) \frac{L-50}{50} \right] \quad (104)$$

semnificația termenilor din relația (104) este:

$e_x^{NO_x}$ - factorul de emisie la sarcina x [Kg/Kj];

$e_{100}^{NO_x}$ - factorul de emisie la sarcina de 100% [Kg/Kj];

L – încărcarea cazanului [%]. Trebuie să fie minim 50%.

a – coeficient ales în funcție de tipul combustibilului: 0,85 – cărbune, 0,75 – păcură, 0,5 – gaze naturale.

Emisiile de NO_x sunt foarte mult influențate de conținutul de oxigen din gazele de ardere, astfel normele standard prevăd 6% oxigen în cărbuni și 3% în gazele naturale și păcură. În cazul în care în urma măsurătorilor procentul de oxigen este diferit de aceste procente, valoarea emisiei de NO_x se corectează utilizând relația (105):

$$c_{NO_x}^{corect} = c_{NO_x}^{masurat} \left[\frac{21 - O_{2(\%)}^{standard}}{21 - O_{2(\%)}^{masurat}} \right] \quad (105)$$

Dacă se ține cont de umiditatea gazelor de ardere, precum și de temperatura medie a acestora relația (105) devine (106):

$$c_{NO_x}^{corect} = c_{NO_x}^{masurat} \left[1 + \frac{22.4W}{18 \cdot 10^3} \right] \left[\frac{273 + t_m}{273} \right] \left[\frac{20.9 - O_{2(\%)}^{standard}}{20.9 - O_{2(\%)}^{masurat}} \right] \quad (106)$$

unde:

W – umiditatea gazelor de ardere [gH₂O/m³uscăt]

t_m – temperatura medie a gazelor de ardere [°C].

Pe baza celor prezentate mai sus se poate determina concentrația poluantului în gazele evacuate. Pentru aceasta se utilizează relația (107):

$$c = \frac{10^6 E_h}{D} \quad (107)$$

unde: E_h – cantitatea de poluant evacuată în atmosferă [Kg/h], D – debitul de gaze de ardere evacuate [m³/h]

În algoritmul prezentat mai sus pentru determinarea concentrației NO_x la cele termocentrale ale orașului, respectiv la toate caf-urile și cazanele acestora s-a utilizat terminologia reglementată prin lege. [66,115,116,117]

Conform algoritmului prezentat mai sus s-au calculat valorile concentrației de NO_x pentru 100 de zile din cele 4 luni menționate anterior, aceleași pentru care s-a realizat și studiul dispersiei dioxidului de azot global, prezentat în capitolul II.2.

Luând în considerare multitudinea variabilelor măsurate direct, respectiv a mărimilor calculate cu ajutorul unor relații de dependență, pentru a simplifica metodologia de prelucrare a datelor experimentale [118,119,120], respectiv a determinării modelelor matematice s-au luat în considerare următoarele ipoteze simplificatoare:

⇒ atât CET SUD, cât și CET CENTRU au fost considerate ca două surse punctiforme staționare de emisie de gaze poluante. În felul acesta desigur că această ipoteză simplificatoare va avea o anumită influență asupra criteriului de performanță al modelelor determinate.

⇒ Concentrația de NO_x pentru fiecare centrală termică s-a obținut prin însumarea concentrațiilor de la toate cazanele și caf-urile fiecăreia.

⇒ Concentrația de NO_x s-a considerat egală cu cea de NO₂

În tabelul 30 sunt prezentate concentrațiile de NO₂ provenite de la CET CENTRU și CET SUD

Tabel 30. Concentrațiile de NO₂ provenite de la CET CENTRU și CET SUD [mg/m³]

Zi	Ianuarie		Aprilie		Iulie		Octombrie	
	Cet Centru	Cet Sud	Cet Centru	Cet Sud	Cet Centru	Cet Sud	Cet Centru	Cet Sud
1	1476.944	880.891	854.028	202.741	818.281	-	987.104	-
2	1307.38	850.829	783.902	197.94	806.07	-	1000.125	-
3	1515.625	898.239	860.524	190.279	846.703	-	1001.305	-
4	1573.958	921.131	997.586	181.105	857.964	-	1025.19	-
5	1671.116	922.588	967.112	171.11	409.597	-	1070.568	-
6	2045.774	935.295	701.254	215.498	107.283	-	1082.361	-
7	1868.428	1478.342	701.609	140.399	338.302	-	1029.744	-
8	1877.821	1013.781	716.252	235.358	265.157	-	1069.344	-
9	1897.619	1010.24	724.889	224.409	259.94	155.279	1128.581	-
10	1872.241	994.901	746.657	241.803	307.761	113.295	1194.993	-
11	1824.24	976.917	709.103	232.169	281.692	101.593	1336.649	-
12	1864.081	935.957	722.761	228.388	296.227	96.258	1381.237	-
13	1507.914	868.04	744.874	241.803	273.541	95.485	1423.666	-
14	1557.625	214.348	810.912	256.994	284.692	101.483	1425.315	-
15	2175.402	523.94	793.18	244.959	282.308	105.457	1379.903	-
16	1690.296	927.772	680.998	219.313	312.069	107.812	1368.493	-
17	1227.979	927.239	796.116	214.249	236.937	97.656	1350.952	-
18	1313.543	907.859	688.491	214.709	207.484	113.295	1381.897	-
19	1165.83	885.376	747.249	173.642	371.42	0	1488.396	-
20	1141.181	917.523	-	-	372.42	0	1349.272	-
21	1712.231	934.464	-	-	373.42	80.951	1771.772	-
22	1703.62	982.54	-	-	374.42	98.429	1345.089	-
23	1960.338	1047.379	-	-	375.42	91.99	1353.231	-
24	1601.122	1056.783	-	-	596.357	93.351	1288.96	-
25	1538.322	1045.012	-	-	617.659	94.124	-	-
26	1534.528	1031.234	-	-	618.659	93.204	-	-
27	1527.467	1015.538	-	-	-	-	-	-
28	1860.071	984.874	-	-	-	-	-	-
29	1476.724	968.896	-	-	-	-	-	-
30	1428.055	1030.677	-	-	-	-	-	-
31	1332.305	1048.13	-	-	-	-	-	-

Pe baza datelor prezentate în tabelul 30, precum și a valorilor parametrilor meteorologici, prezentați în ANEXA 2 s-au elaborat modele matematice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD în funcție de parametrii meteorologici.

În continuare sunt prezentate modelele matematice elaborate ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la cele două termocentrale în funcție de parametrii meteorologici.

II.4.1. Elaborarea modelelor matematice statistice ce caracterizează dispersia NO₂ provenit de la CET Centru și CET Sud, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul II.

Pentru studiul dispersiei dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD în funcție de parametrii meteorologici s-a utilizat, ca și în cazul NO₂ global și a celui provenit de la microcentrale, regresia multiplă neliniară de ordinul 2 și regresia multiplă neliniară de ordinul 3.

II.4.1.1. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, bazate pe monitorizare a 3 parametri.

Ținând cont de faptul că studiul dispersiei dioxidului de azot global în funcție de acțiunea singulară a unui singur parametru meteorologic nu a fost relevantă pentru studiul dispersiei dioxidului de azot provenit de la cele două termocentrale s-a pornit de la influența simultană a doi parametrii meteorologici. Pentru acest studiu s-a realizat modelarea matematică folosind două metode: corelația multiplă neliniară de ordinul 2 și programul STATISTICA 6.0. În continuare vor fi prezentate comparativ rezultatele obținute cu aceste două metode.

CET CENTRU

După prima metodă s-a utilizat algoritmul matematic prezentat în capitolul II.2.1 pentru $n=3$ și s-au obținut 6 funcții de corelație multiplă, calculându-se apoi coeficientul multiplu de corelație – relația (34) [51].

Cele 6 funcții de corelație multiplă sunt redată în relațiile (108)-(113):

a) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :*

$n=f(t,p)$

$$Y = 1.179 \cdot 10^4 - 1.002 \cdot 10^3 x_1 - 14.888 x_2 - 0.305 x_1^2 + 4.641 \cdot 10^{-3} x_2^2 + 0.961 x_1 x_2 \quad (108)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=p$ – presiune

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.856**

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 469.09$**

b) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :

$n=f(t,u)$

$$Y = 309.587 - 59.183x_1 + 29.111x_2 + 0.24x_1^2 - 0.179x_2^2 + 0.304x_1x_2 \quad (109)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=p$ – umiditate

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.863$

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 237.28$

c) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :

$n=f(p,u)$

$$Y = -3.964 \cdot 10^4 + 33.111x_1 + 615.443x_2 + 2.529 \cdot 10^{-3}x_1^2 - 0.729x_2^2 - 0.49x_1x_2 \quad (110)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=u$ – umiditate

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.73$

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 346.09$

d) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v)

$n=f(p,v)$

$$Y = 3.7862 \cdot 10^6 - 7469.4868x_1 - 34765.2808x_2 + 3.685x_1^2 + 33.746x_1x_2 + 190.09x_2^2 \quad (111)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.43$

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 707.67$

e) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :

$n=f(t,v)$

$$Y = 1450.091 - 20.0383x_1 + 32.071x_2 - 0.2721x_1^2 - 8.9521x_1x_2 - 2.4741x_2^2 \quad (112)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.84$

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 745.67$

f) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :

$n=f(u,v)$

$$Y = -1559.7421 + 73.3549x_1 - 746.82x_2 - 0.4555x_1^2 + 6.8905x_1x_2 + 75.2768x_2^2 \quad (113)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ coeficientul multiplu de corelație **R = 0.74**

◆ abaterea medie pătratică **$\sigma = 810$**

În tabelul 31 sunt centralizate valorile indicatorilor modelelor matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU în funcție de acțiunea simultană a câte 2 parametrii meteorologici, modele obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2.

Tabel 31. Valorile indicatorilor modelelor matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU în funcție de câte 2 parametrii meteorologici

Nr. crt.	Cazul	Modelul matematic	R	σ
1	$Y=f(t,p)$	$Y = 1.179 \cdot 10^4 - 1.002 \cdot 10^3 x_1 - 14.888x_2 - 0.305x_1^2 + 4.641 \cdot 10^{-3} x_2^2 + 0.961x_1x_2$	0.85	469.09
2	$Y=f(t,u)$	$Y = 309.587 - 59.183x_1 + 29.111x_2 + 0.24x_1^2 - 0.179x_2^2 + 0.304x_1x_2$	0.86	237.28
3	$Y=f(p,u)$	$Y = 3.7862 \cdot 10^6 - 7469.4868x_1 - 34765.2808x_2 + 3.685x_1^2 + 33.746x_1x_2 + 190.09x_2^2$	0.73	346.09
4	$Y=f(p,v)$	$Y = 3.7862 \cdot 10^6 - 7469.4868x_1 - 34765.2808x_2 + 3.685x_1^2 + 33.746x_1x_2 + 190.09x_2^2$	0.43	707.67
5	$Y=f(t,v)$	$Y = 1450.091 - 20.0383x_1 + 32.071x_2 - 0.2721x_1^2 - 8.9521x_1x_2 - 2.4741x_2^2$	0.84	745.67
6	$Y=f(u,v)$	$Y = -1559.7421 + 73.3549x_1 - 746.82x_2 - 0.4555x_1^2 + 6.8905x_1x_2 + 75.2768x_2^2$	0.74	810

După a doua metodă datele experimentale au fost prelucrate cu STATISTICA 6.0. S-au obținut diagramele prezentate în figurile (66) – (71) [97] și coeficienții de corelare prezentați în continuare.[51]

a) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :

În figura (66) este redată dependența concentrației de dioxid de azot provenit de la CET CENTRU de parametrii meteorologici temperatură și presiune. De asemenea s-a calculat și coeficientul multiplu de corelare.

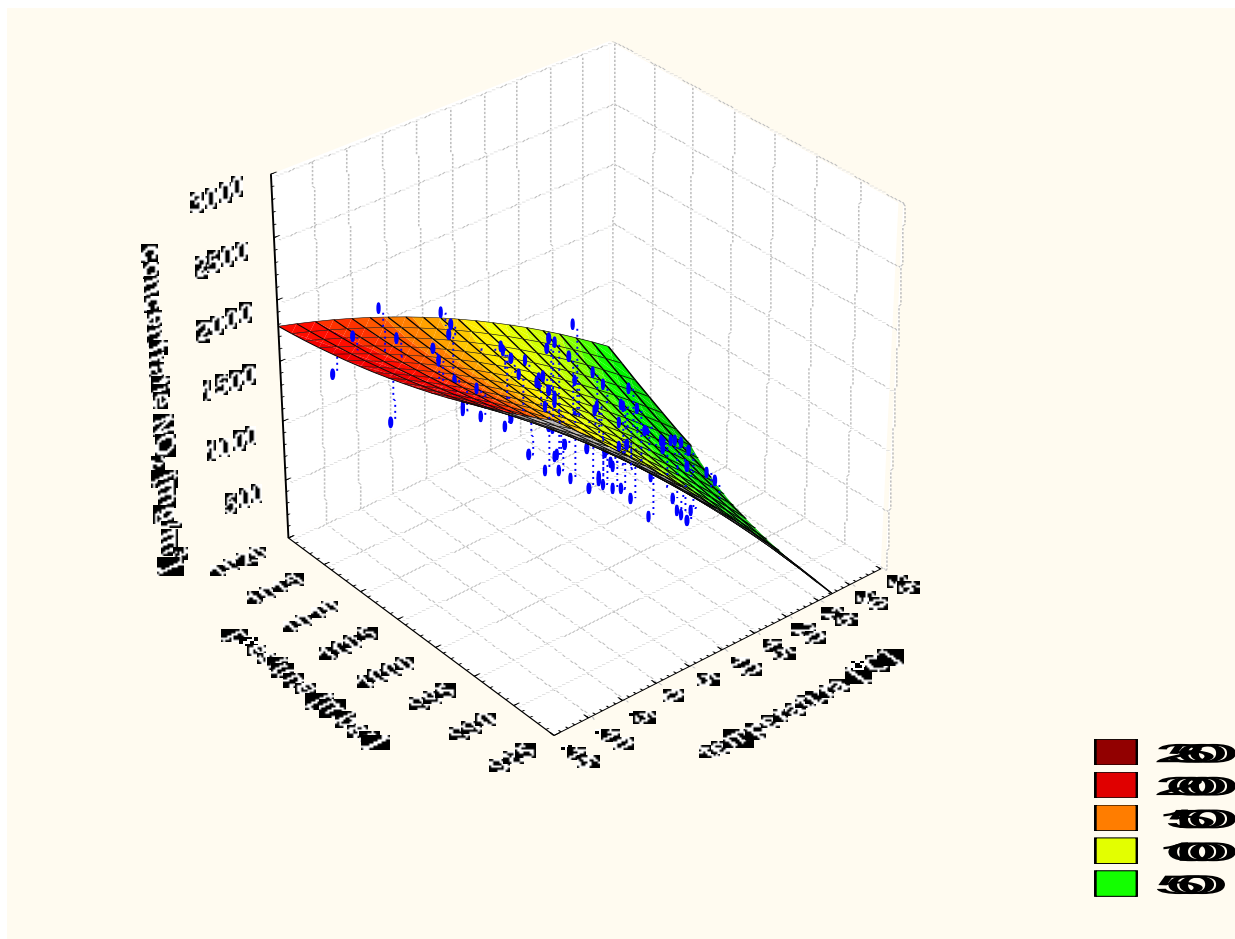


Fig. 66. Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și presiune

$$n=f(t,p)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, p - presiune

- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.84$
- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 469$

b) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :

În figura (67) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici temperatură și umiditate, precum și valorile lui R .

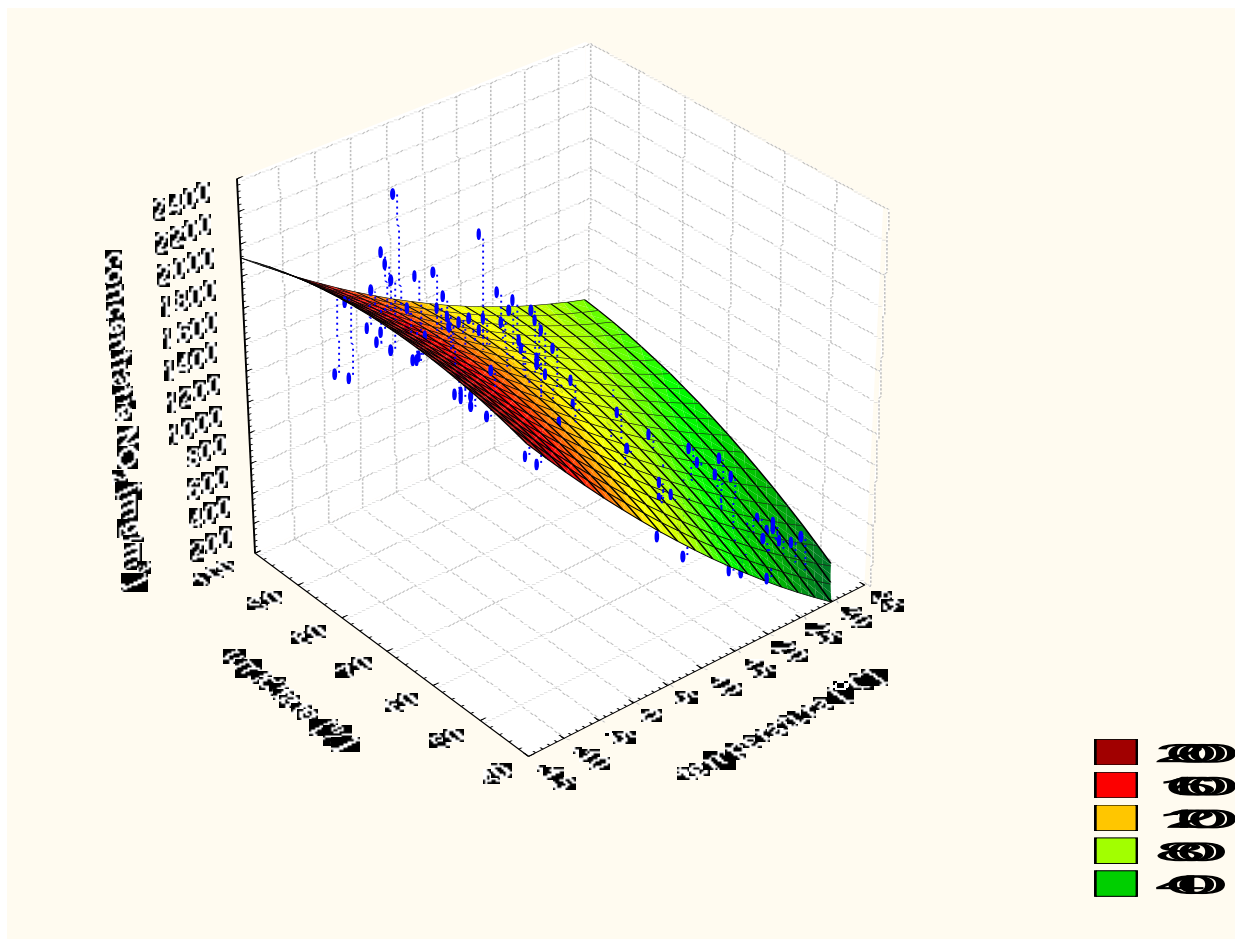


Fig. 67 Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și umiditate

$$n=f(t,u)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, u – umiditate

- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.87$
- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 238.1$

c) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :

În figura (68) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici presiune și umiditate, precum și valoarea lui R.

$$n=f(p,u)$$

n – concentrația de dioxid de azot, p - presiune, u - umiditate

- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.74$
- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 345.8$

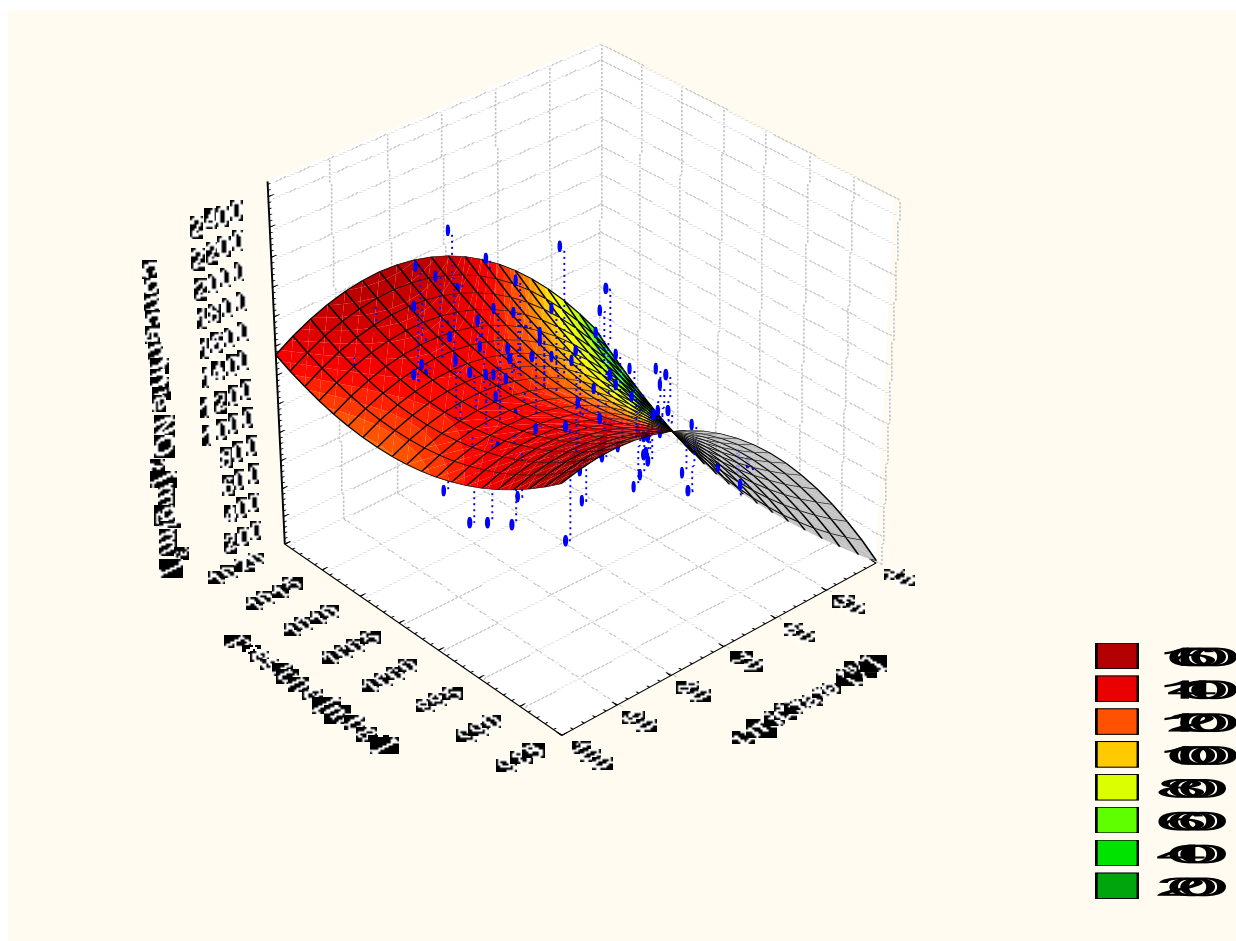


Fig. 68. Dependența concentrației de dioxid de azot de presiune și umiditate

d) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v) :

$$n=f(p,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, p - presiune, v – viteza vântului

În figura (69) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici presiune și viteza vântului, precum și valoarea lui R .

- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.44$
- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 707.6$

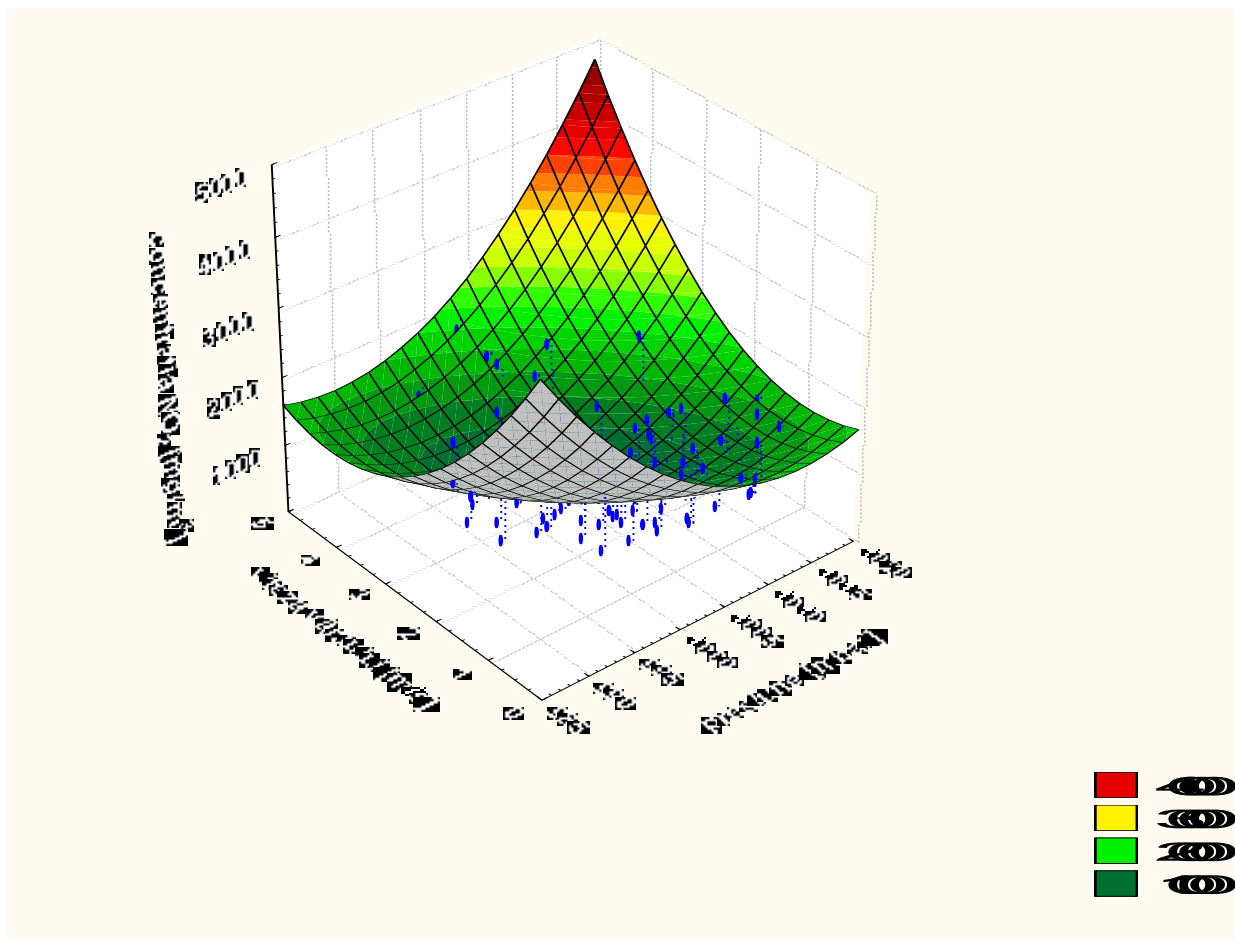


Fig. 69 Dependența concentrației de dioxid de azot de presiune și viteza vântului

e) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :*

Dependența concentrației de dioxid de azot de influența simultană a parametrilor meteorologici temperatură și viteza vântului este redată în figura (70).

$$n=f(t,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, v – viteza vântului

- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.83$
- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 744.8$

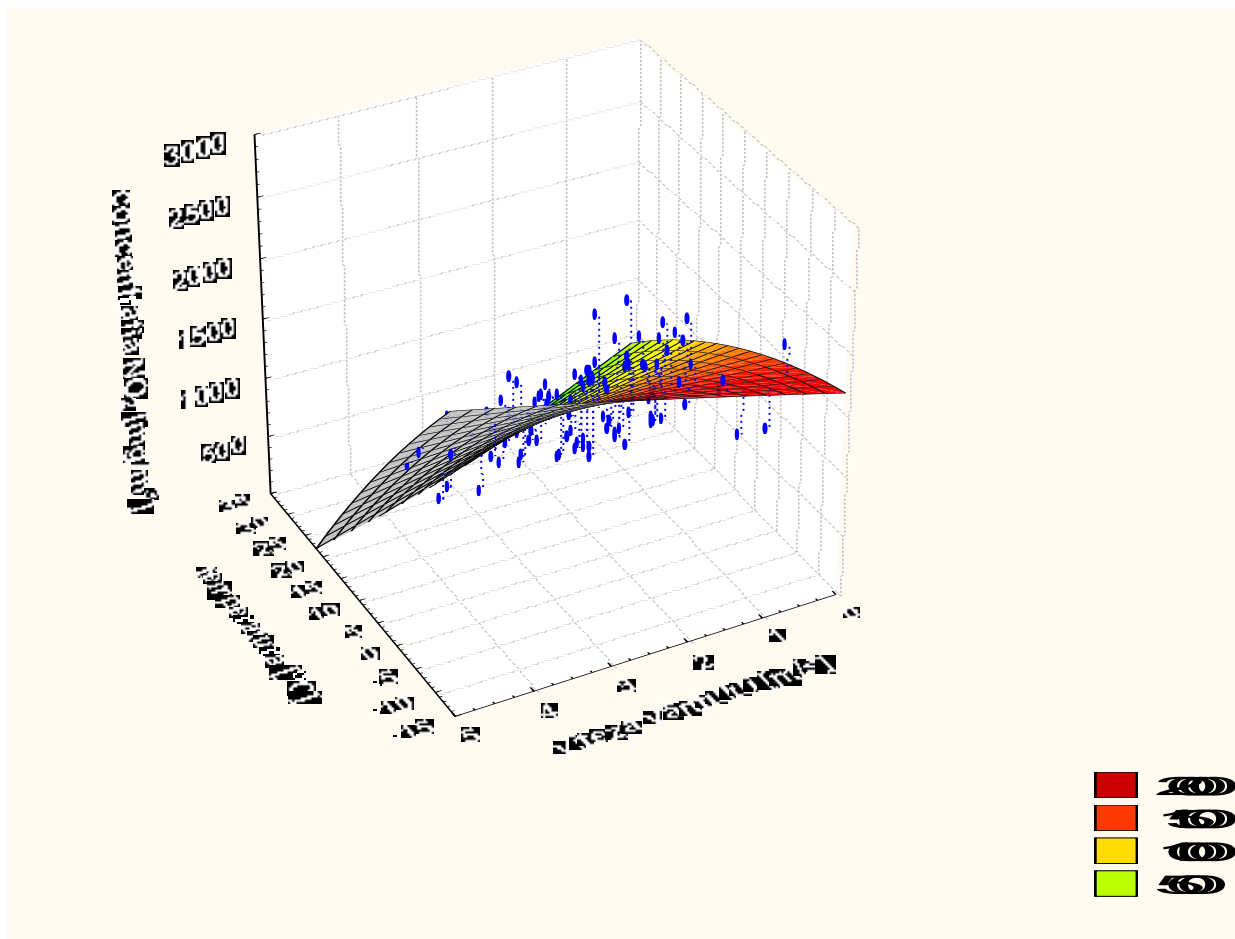


Fig. 70. Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și viteza vântului

f) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v):

Dependența concentrației de dioxid de azot de influența simultană a parametrilor meteorologici umiditate și viteza vântului este redată în figura (71).

$$n=f(u,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, u - umiditate, v – viteza vântului

- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.75$
- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 809.8$

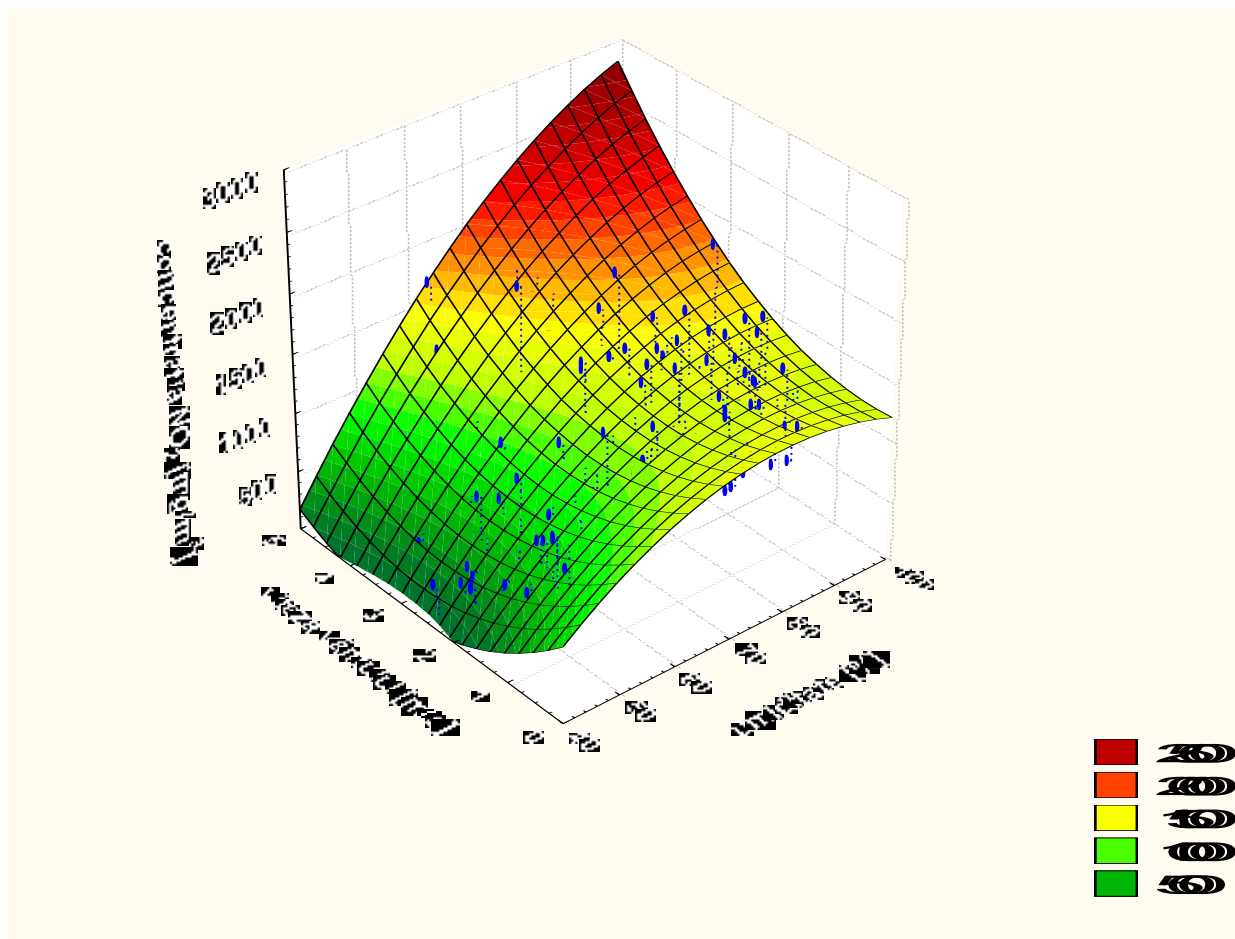


Fig. 71 Dependența concentrației de dioxid de azot de umiditate și viteza vântului

Prin ambele metode modelele obținute rezultatele sunt aproximativ identice, coeficienții de corelație ai acestora având diferențe doar de ordinul zecimalelor. Ca atare abordarea problemelor e corectă.

Tabel 32. Valorile indicatorilor preciziei modelelor ce caracterizează dispersia NO_2 provenit de la CET CENTRU în funcție de acțiunea simultană a 2 parametrii meteorologici

Nr. crt	Cazul	Metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2		Metoda utilizând programul informatic Statistica 6.0	
		R	σ	R	σ
1	$Y=f(p,t)$	0.85	469.09	0.84	469
2	$Y=f(t,u)$	0.86	237.28	0.87	238.1
3	$Y=f(p,u)$	0.73	346.09	0.74	345.8
4	$Y=f(p,v)$	0.43	707.67	0.44	707.6
5	$Y=f(t,v)$	0.84	745.67	0.83	744.8
6	$Y=f(u,v)$	0.74	810	0.75	809.8

În tabelul 32 sunt prezentați comparativ indicatorii preciziei modelelor obținute prin cele 2 metode.

Prelucrarea datelor experimentale prin cele două metode abordate în lucrare au condus la modele cu performanțe asemănătoare, ceea ce demonstrează că modelul dispersiei de NO_2 funcție de parametrii meteorologici este corect atât din punct de vedere al aspectului matematic, cât și din punct de vedere al proceselor fizico-chimice care îl caracterizează.

Coeficienții de corelație ai modelelor sunt în unele cazuri apropiați de 1 deci modelele elaborate sunt apropiate de fenomenele fizice. Principalele cauze pentru care valorile celorlalți coeficienți de corelație multiplă au valori mai mici decât în cazul experimentelor de laborator sunt:

- ⇒ procesul studiat este dinamic
- ⇒ procesul studiat este dependent de forțele naturii
- ⇒ nu s-au făcut măsurători ale concentrației de NO_x ci s-au calculat
- ⇒ s-a aproximat concentrația de dioxid de azot ca fiind egală cu cea de NO_x
- ⇒ s-a considerat că toate coșurile de evacuare a gazelor reprezintă o singură sursă de emisie cu dioxid de azot.
- ⇒ măsurătorile parametrilor meteorologici s-au realizat la pădurea verde, la distanță de punctul estimat pentru emisiile microcentralelor.

Testarea modelelor

Pentru testarea modelelor s-a utilizat următorul set de date, același ca și în studiile de caz anterioare, prezentat în tabelul 33. Tot în tabelul 33 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la verificarea dependenței dispersiei dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU, funcție de cate 2 parametrii meteorologici.

Tabel 33. Valorile indicatorilor preciziei modelelor obținute la testarea modelului dependenței dispersiei dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU, funcție de câte 2 parametrii meteorologici

Nr crt	Funcție	Luna	Ziua	NO ₂ masurat [mg/m ³]	NO ₂ calculat [mg/m ³]	R	σ
1	n=f(t,p)	ianuarie	15	2175.402	1535.8	0.84	367.99
		aprilie	10	746.657	1062.62		
		iulie	19	371.42	367.49		
		octombrie	13	1423.66	1242.75		
2	n=f(t,u)	ianuarie	15	2175.402	1435.82	0.74	458.85
		aprilie	10	746.657	1169.02		
		iulie	19	371.42	182.09		
		octombrie	13	1423.66	1139.12		
3	n=f(p,u)	ianuarie	15	2175.402	1448.10	0.66	513.74
		aprilie	10	746.657	1402.54		
		iulie	19	371.42	234.52		
		octombrie	13	1423.66	1144.66		
4	n=f(p,v)	ianuarie	15	2175.402	1040.45	0.39	632.19
		aprilie	10	746.657	1054.70		
		iulie	19	371.42	404.68		
		octombrie	13	1423.66	960.40		
5	n=f(t,v)	ianuarie	15	2175.402	1457.49	0.78	424.73
		aprilie	10	746.657	1141.81		
		iulie	19	371.42	281.52		
		octombrie	13	1423.66	1218.80		
6	n=f(u,v)	ianuarie	15	2175.402	1466.26	0.66	515.23
		aprilie	10	746.657	1302.54		
		iulie	19	371.42	199.85		
		octombrie	13	1423.66	954.03		

Din tabelul 33 se observă că valorile coeficientului de corelație R sunt bune, tinându-se cont că dispersia unui poluant în atmosferă este un proces dinamic, ce nu poate fi controlat, fiind dependent de forțele naturii. Abaterilor medii pătratice sunt ridicate, aceasta se datorează faptului că sistemele studiate sunt dinamice, imposibil de controlat (evoluția lor depinde de fenomenele naturale și riscurile legate de posibilitatea apariției unor calamități) și datorită limitărilor modelelor prezentate mai sus.

CET SUD

După prima metodă s-a utilizat algoritmul matematic prezentat în capitolul II.2.1 pentru $n=3$ și s-au obținut 6 funcții de corelație multiplă, calculându-se apoi coeficientul multiplu de corelație și abaterea medie pătratică. [51].

Cele 6 funcții de corelație multiplă sunt redată în relațiile (114)-(119):

a. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :*

$n=f(t,p)$

$$Y = -5.2371 \cdot 10^5 + 1060.476x_1 - 521.562x_2 - 0.536x_1^2 + 0.4603x_1x_2 + 1.2949x_2^2 \quad (114)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_2=t$ – temperatură, $x_1=p$ – presiune

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.93**

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 151.53$**

b. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :*

$n=f(t,u)$

$$Y = 376.9743 + 5.7764x_1 + 1.2151x_2 + 0.4921x_1^2 - 0.7548x_1x_2 + 0.0377x_2^2 \quad (115)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=p$ – umiditate

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.92**

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 18.66$**

c. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :*

$n=f(p,u)$

$$Y = 38186.7176 - 71.8766x_1 + 79.076x_2 + 0.0326x_1^2 - 0.0456x_1x_2 - 0.1642x_2^2 \quad (116)$$

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=u$ – umiditate

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.43$

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 19.47$

d. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v)

$n=f(p,v)$

$$Y = 1.4038 \cdot 10^6 - 2752.3052x_1 - 16775.9988x_2 + 1.3494x_1^2 + 16.289x_1x_2 + 103.8661x_2^2 \quad (117)$$

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=p$ – presiune, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.35$

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 19.39$

e. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :

$n=f(t,v)$

$$Y = 502.0667 - 54.9826x_1 + 128.433x_2 + 1.2115x_1^2 - 1.0849x_1x_2 - 15.263x_2^2 \quad (118)$$

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.91$

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 18.66$

f. Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :

$n=f(u,v)$

$$Y = -20.6375 - 3.2083x_1 - 173.886x_2 + 0.0931x_1^2 + 2.0201x_1x_2 + 39.5921x_2^2 \quad (119)$$

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.52$

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 18.66$

În tabelul 34 sunt prezentate valorile indicatorilor modelelor matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU în funcție de acțiunea simultană a doi parametrii meteorologici, modele obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordinul 2.

Tabel 34. Valorile indicatorilor modelelor matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la CET SUD în funcție câte 2 parametrii meteorologici

Nr. crt.	Cazul	Modelul matematic	R	σ
1	$Y=f(t,p)$	$Y = 1.179 \cdot 10^4 - 1.002 \cdot 10^3 x_1 - 14.888x_2 - 0.305x_1^2 + 4.641 \cdot 10^{-3} x_2^2 + 0.961x_1x_2$	0.85	469.09
2	$Y=f(t,u)$	$Y = 309.587 - 59.183x_1 + 29.111x_2 + 0.24x_1^2 - 0.179x_2^2 + 0.304x_1x_2$	0.86	237.28
3	$Y=f(p,u)$	$Y = 3.7862 \cdot 10^6 - 7469.4868x_1 - 34765.2808x_2 + 3.685x_1^2 + 33.746x_1x_2 + 190.09x_2^2$	0.73	346.09
4	$Y=f(p,v)$	$Y = 3.7862 \cdot 10^6 - 7469.4868x_1 - 34765.2808x_2 + 3.685x_1^2 + 33.746x_1x_2 + 190.09x_2^2$	0.43	707.67
5	$Y=f(t,v)$	$Y = 1450.091 - 20.0383x_1 + 32.071x_2 - 0.2721x_1^2 - 8.9521x_1x_2 - 2.4741x_2^2$	0.84	745.67
6	$Y=f(u,v)$	$Y = -1559.7421 + 73.3549x_1 - 746.82x_2 - 0.4555x_1^2 + 6.8905x_1x_2 + 75.2768x_2^2$	0.74	810

După a doua metodă datele experimentale au fost prelucrate cu STATISTICA 6.0. S-au obținut diagramele prezentate în figurile (72) – (77) [97] și coeficienții de corelare prezentați în continuare.[51]

a. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :*

În figura (72) este redată dependența concentrației de dioxid de azot provenit de la CET SUD de parametrii meteorologici temperatură și presiune. De asemenea s-a calculat și coeficientul multiplu de corelare.

$$n=f(t,p)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, p - presiune

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.9**

◆ **abatere medie pătratică $\sigma = 150.1$**

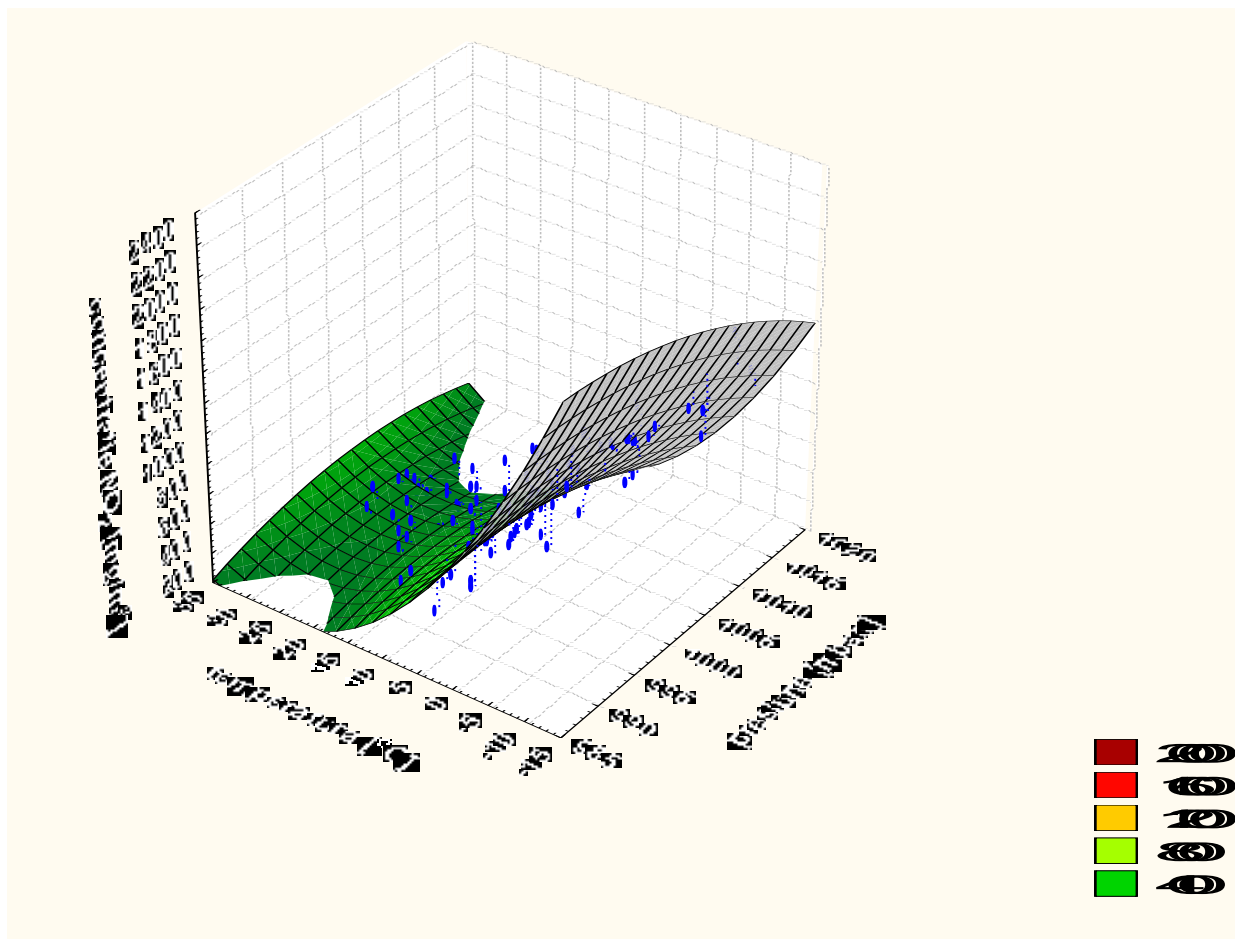


Fig. 72. Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și presiune

b. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :*

În figura (73) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici temperatură și umiditate, precum și valorile lui R .

$$n=f(t,u)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, u – umiditate

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.91$

◆ abatere medie pătratică $\sigma = 18.64$

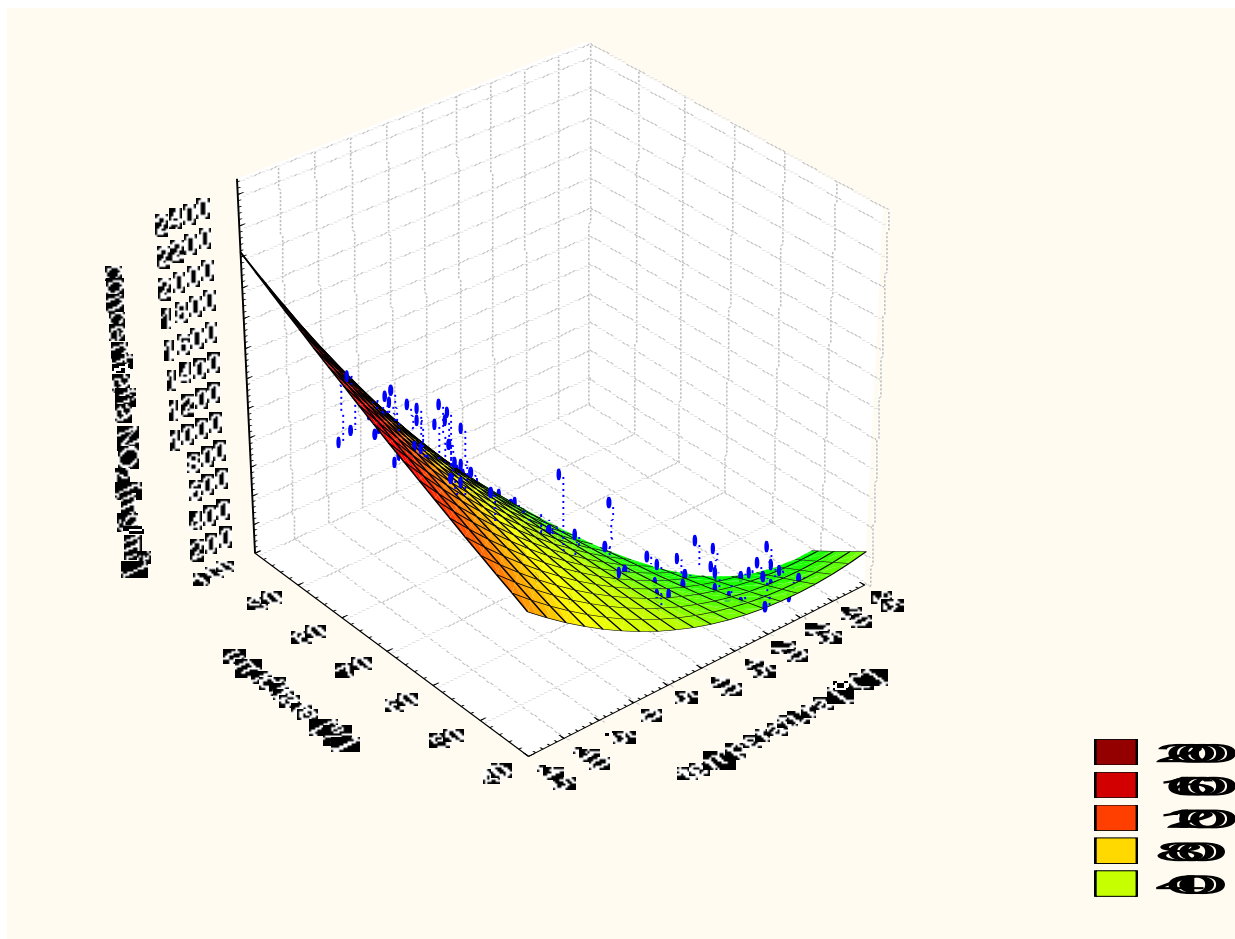


Fig. 73 Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și umiditate

c. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :*

În figura (74) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici presiune și umiditate, precum și valoarea lui R.

$$n=f(p,u)$$

n – concentrația de dioxid de azot, p - presiune, u - umiditate

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.47**

◆ **abatere medie pătratică $\sigma = 18.5$**

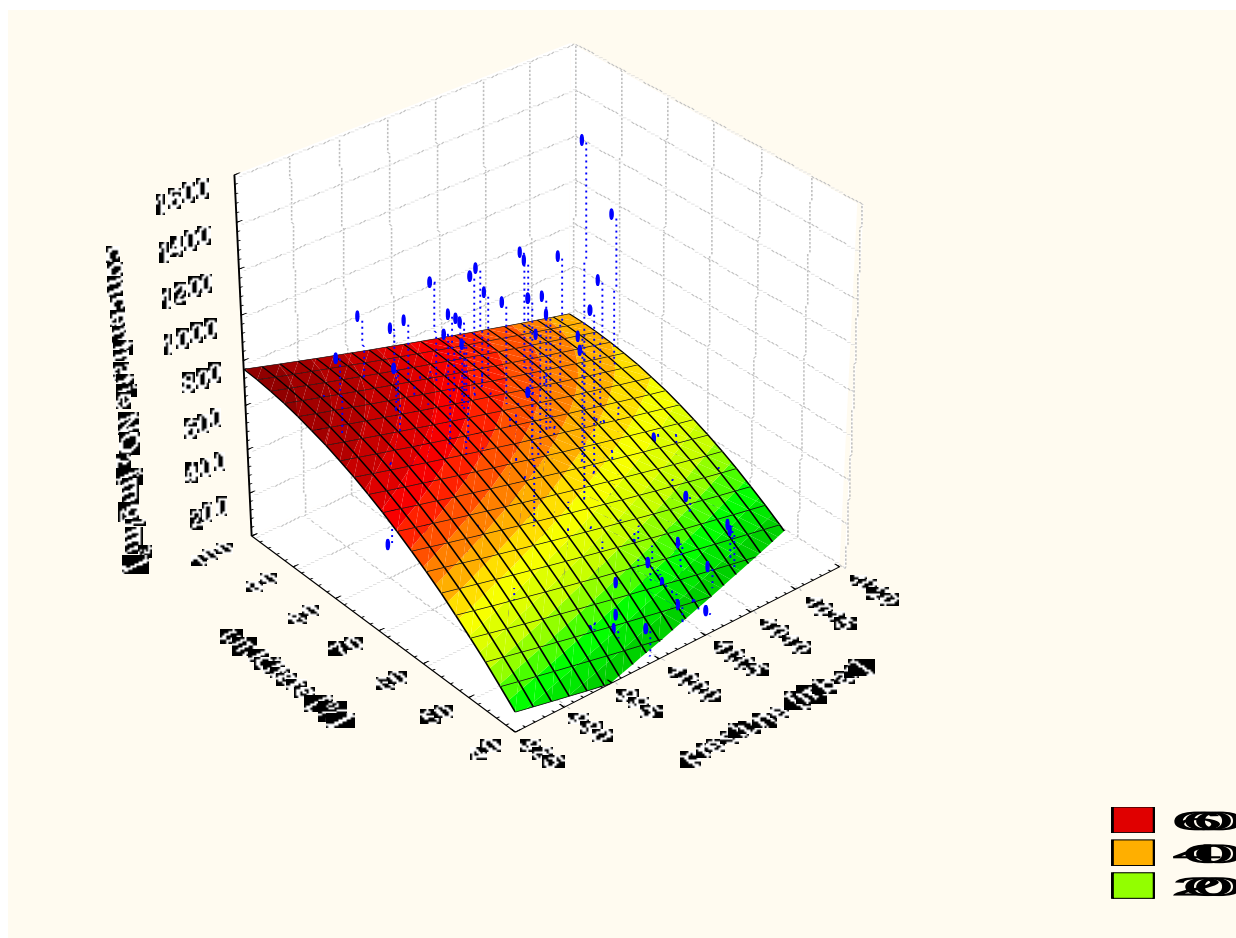


Fig. 74. Dependența concentrației de dioxid de azot de presiune și umiditate

d. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v) :*

$$n=f(p,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, p - presiune, v – viteza vântului

În figura (75) este redată dependența concentrației de dioxid de azot de parametrii meteorologici presiune și viteza vântului, precum și valoarea lui R.

- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.4$
- ◆ abatere medie pătratică $\sigma = 19.42$

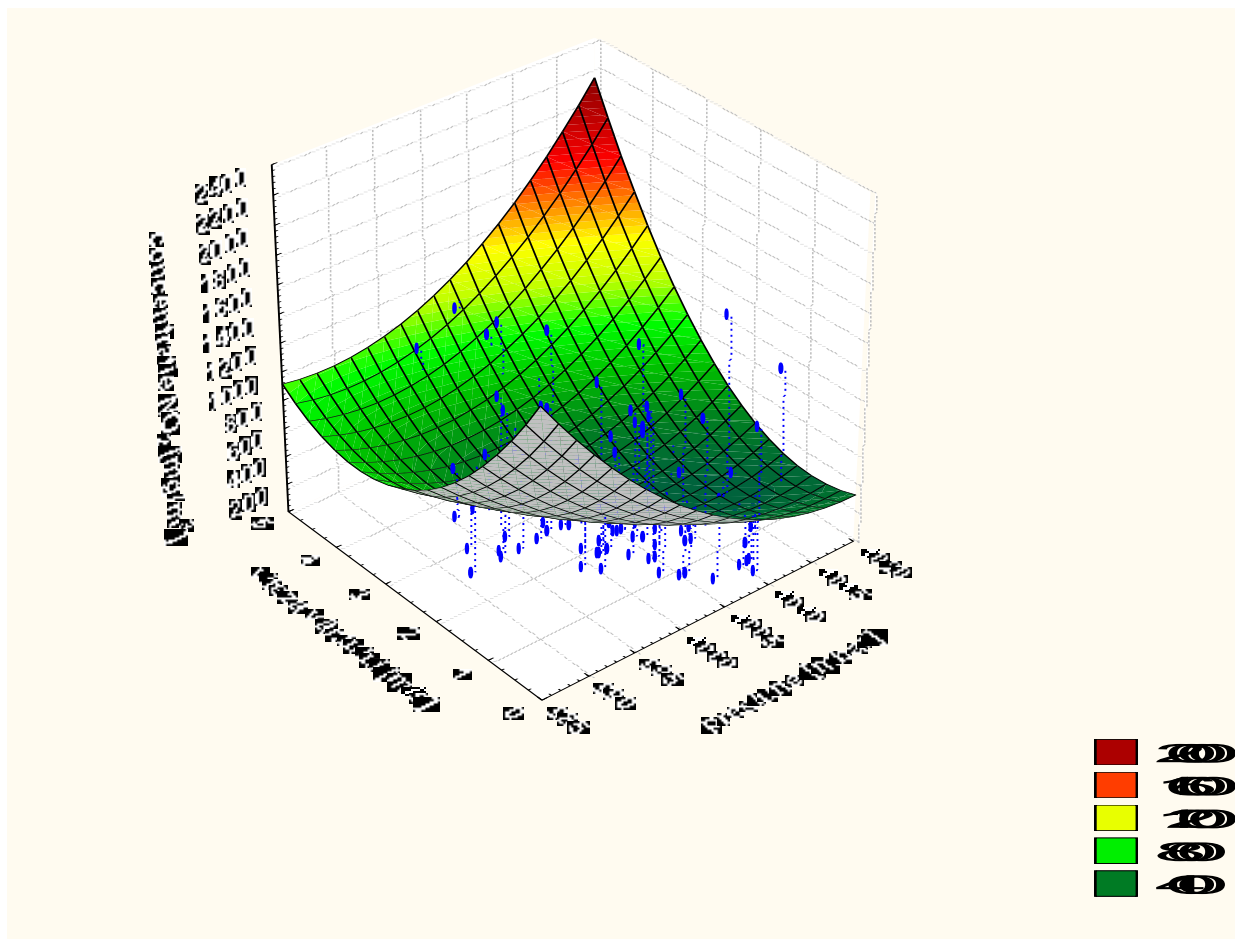


Fig. 75 Dependența concentrației de dioxid de azot de presiune și viteza vântului

e. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :*

Dependența concentrației de dioxid de azot de influența simultană a parametrilor meteorologici temperatură și viteza vântului este redată în figura (76).

$$n=f(t,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, t – temperatură, v – viteza vântului

- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.89$
- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 18.75$

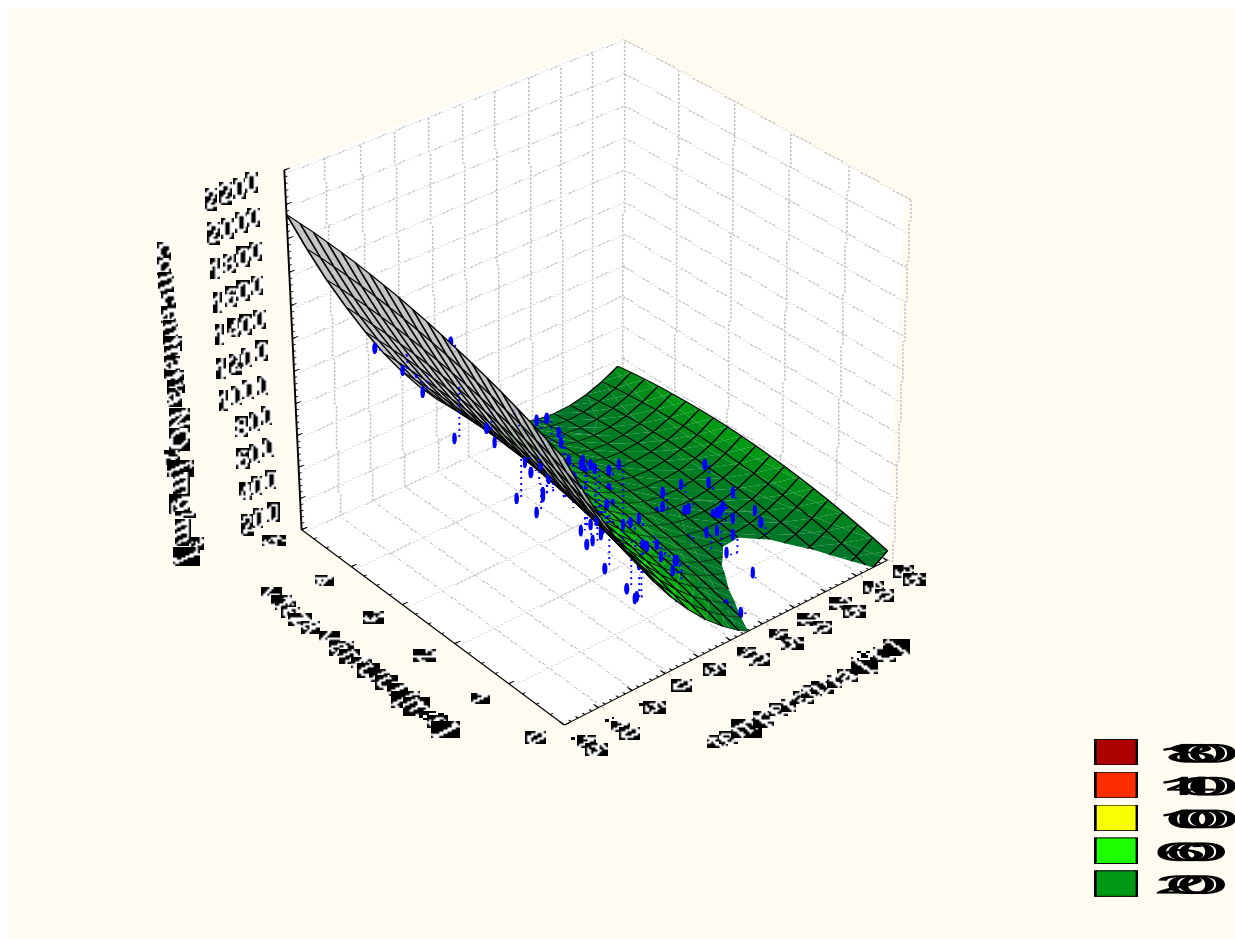


Fig. 76. Dependența concentrației de dioxid de azot de temperatură și viteza vântului

f. *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :*

Dependența concentrației de dioxid de azot de influența simultană a parametrilor meteorologici umiditate și viteza vântului este redată în figura (77).

$$n=f(u,v)$$

n – concentrația de dioxid de azot, u - umiditate, v – viteza vântului

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.55$**

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 18.8$**

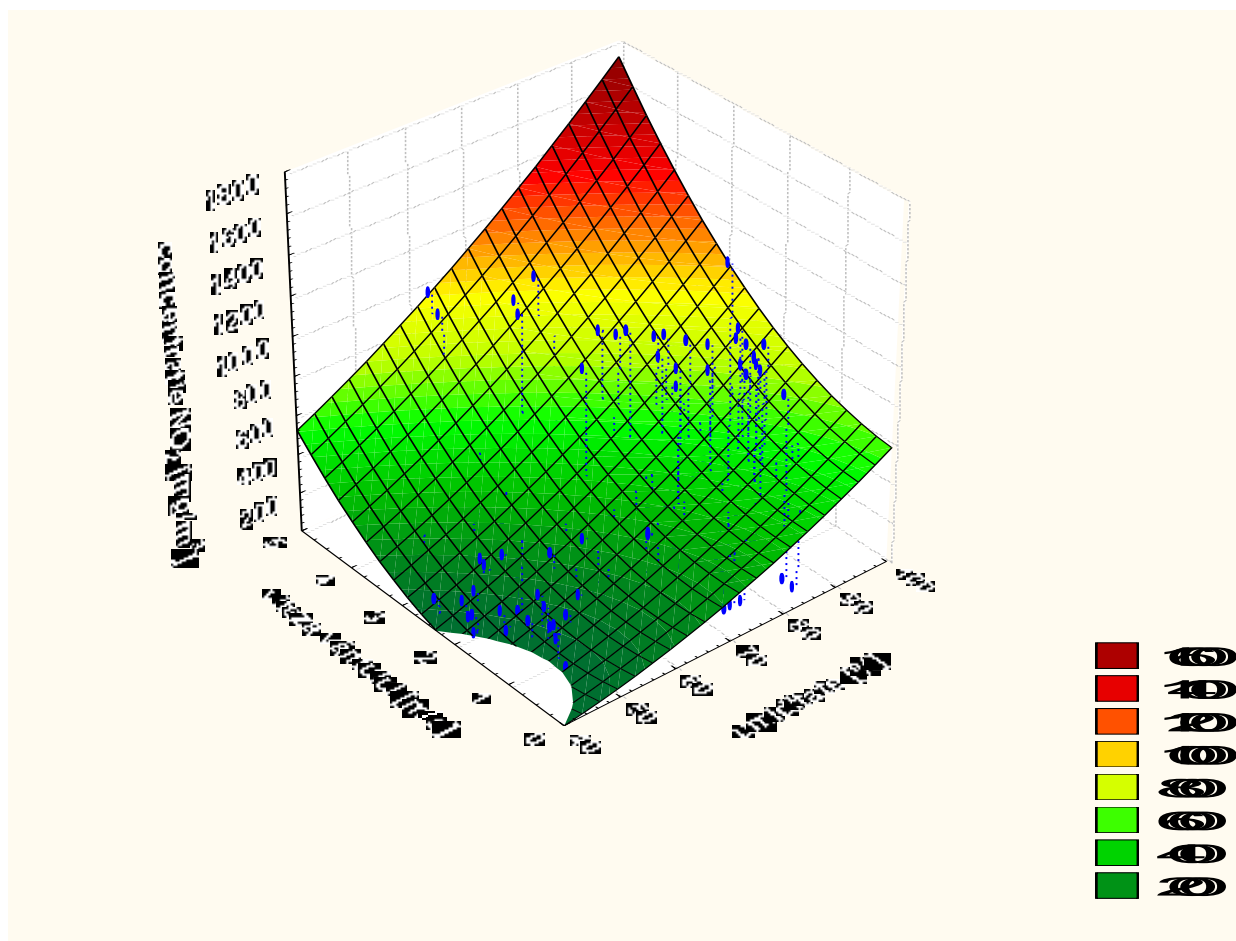


Fig. 77 Dependența concentrației de dioxid de azot de umiditate și viteza vântului

Prin ambele metode modelele obținute rezultatele sunt aproximativ identice, coeficienții de corelație ai acestora având diferențe doar de ordinul zecimalelor. Ca atare abordarea problemelor e corectă. În tabelul 35 sunt prezentați comparativ indicatorii preciziei modelelor obținute prin cele 2 metode.

Din valorile coeficienților multipli de corelație se observă că există similitudini între modelele elaborate pentru dispersia dioxidului de azot provenit de la cele 2 termocentrale. Și în acest caz cele mai mici valori ale coeficienților multipli de corelație s-au înregistrat pentru influența simultană a umidității și vitezei vântului – 0,52. Explicația este aceeași ca și în celelalte cazuri studiate și anume că umiditatea are o influență antagonică vis-à-vis de alți parametrii meteorologici și de asemenea contribuie la diminuarea concentrației de dioxid de azot prin transformarea acestuia în acid azotic.

Tabel 35. Valorile indicatorilor preciziei modelelor ce caracterizează dispersia NO₂ provenit de la CET SUD în funcție de acțiunea simultană a 2 parametrii meteorologici

Nr. crt	Cazul	Metoda analitică bazată pe regresea multiplă neliniară de ordinul 2		Metoda utilizând programul informatic Statistica 6.0	
		R	σ	R	σ
1	Y=f(p,t)	0.85	469.09	0.9	150.1
2	Y=f(t,u)	0.86	237.28	0.91	18.64
3	Y=f(p,u)	0.73	346.09	0.47	18.5
4	Y=f(p,v)	0.43	707.67	0.4	19.42
5	Y=f(t,v)	0.84	745.67	0.89	18.75
6	Y=f(u,v)	0.74	810	0.55	18.8

Se observă că cea mai mare influență pentru dispersia dioxidului de azot provenit de la cele două termocentrale o are acțiunea simultană a presiunii și temperaturii.

II.4.1.2. Elaborarea modelelor matematice statistice ce caracterizează la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, bazate pe monitorizarea a 4 parametri.

La fel ca în studiile anterioare și în cazul celor două termocentrale s-a studiat influența simultană pe care o au câte trei parametrii meteorologici asupra dispersiei dioxidului de azot. Pentru a realiza acest lucru s-a particularizat algoritmul matematic prezentat la capitolul II.2.1. pentru n=4 și s-au obținut câte 4 modele matematice pentru fiecare termocentrală. Parametrii urmăriți sunt: concentrația de dioxid de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, parametrii meteorologici: temperatură, presiune, umiditate și viteza vântului. Plecând de la aceste date pot fi realizate 4 corelații între concentrația de dioxid de azot și câte 3 parametrii meteorologici, după cum urmează:

- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, temperatură și umiditate, $n=f(p,t,u)$
- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, temperatură și viteza vântului, $n=f(p,t,v)$

- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și presiune, umiditate și viteza vântului $n=f(p,u,v)$
- ◆ corelație multiplă neliniară de ordinul 2 între concentrația de dioxid de azot și temperatură, umiditate și viteza vântului $n=f(t,u,v)$

Pentru aplicarea corelației multiple neliniare de ordinul 2 s-a utilizat programul informatic MATHCAD. Modelele matematice astfel obținute, precum și valorile abaterilor medii pătratice și a coeficienților multipli de corelație sunt redată în relațiile (119)-(122) pentru dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și relațiile (123)-(126) pentru dispersia dioxidului de azot provenit de la CET SUD:

CET CENTRU

a) concentrația de dioxid de azot - n în funcție de presiune - p , temperatură - t și viteza vântului v :

$$Y = 5.119 \cdot 10^5 - 1.009 \cdot 10^3 x_1 - 1646 \cdot 10^3 x_2 - 499.813 x_3 + 0.499 x_1^2 + 9.885 x_2^2 - 0.19 x_3^2 + 1.608 x_1 x_2 - 7.526 x_2 x_3 + 0.474 x_1 x_3$$

(119)

$$n=f(p,v,t)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ - presiune, $v=x_2$ - viteza vântului, $t=x_3$ - temperatura

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 262.942$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.864$

b) concentrația de dioxid de azot - n în funcție de presiune - p , umiditate - u și viteza vântului v :

$$Y = 1.75 \cdot 10^6 - 3.498 \cdot 10^3 x_1 + 266.889 x_2 - 8.324 \cdot 10^3 x_3 + 1.746 x_1^2 - 0.379 x_2^2 - 85.839 x_3^2 - 0.2 x_1 x_2 + 4.897 x_2 x_3 + 7.666 x_1 x_3$$

(120)

$$n=f(p,u,v)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ - presiune, $u=x_2$ - umiditate, $v=x_3$ - viteza vântului

- ◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 333.242$
- ◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.769$

c) concentrația de dioxid de azot - n în funcție de temperatură - t , umiditate - u și viteza vântului v :

$$Y = -277.002 - 4.853x_1 + 40.022x_2 - 58.566x_3 - 0.064x_1^2 - 0.233x_2^2 + 6.504x_3^2 - 0.183x_1x_2 + 1.056x_2x_3 - 7.768x_1x_3$$

(121)

$$n=f(t,u,v)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $t=x_1$ - temperatură, $u=x_2$ - umiditate, $v=x_3$ - viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 255.085$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.872$

d) concentrația de NO_2 - n în funcție de temperatură - t, presiune - p și umiditate - u:

$$Y = 25.773 \cdot 10^5 - 1.14 \cdot 10^3 x_1 - 6.952x_2 - 1.177 \cdot 10^3 x_3 + 0.563x_1^2 - 0.144x_2^2 + 0.561x_3^2 + 0.029x_1x_2 + 0.495x_2x_3 + 1.094x_1x_3$$

(122)

$$n=f(t,p,u)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ - presiune, $u=x_2$ - umiditate, $t=x_3$ - temperatură

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 255.34$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.872$

CET SUD

a) concentrația de dioxid de azot - n în funcție de presiune - p, temperatură - t și viteza vântului v:

$$Y = -8.771 \cdot 10^5 + 1.743 \cdot 10^3 x_1 + 1.161 \cdot 10^4 x_2 - 604.084x_3 - 0.865x_1^2 - 3.77x_2^2 + 1.263x_3^2 - 11.528x_1x_2 - 2.114x_2x_3 + 0.547x_1x_3$$

(123)

$$n=f(p,v,t)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ - presiune, $v=x_2$ - viteza vântului, $t=x_3$ - temperatura

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 190.144$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.895$

b) concentrația de dioxid de azot - n în funcție de presiune - p, umiditate - u și viteza vântului v:

$$Y = 4.715 \cdot 10^5 - 936.808x_1 + 70.3x_2 - 2.591 \cdot 10^3 x_3 + 0.465x_1^2 + 0.096x_2^2 + 66.006x_3^2 - 0.07x_1x_2 - 0.067x_2x_3 + 2.404x_1x_3$$

(124)

$$n=f(p,u,v)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ - presiune, $u=x_2$ - umiditate, $v=x_3$ - viteza vântului

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 361.921$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.528$**

c) concentrația de dioxid de azot - n în funcție de temperatură - t , umiditate - u și viteza vântului v :

$$Y = -1.759 \cdot 10^3 + 64.415x_1 + 32.602x_2 + 624.533x_3 + 0.241x_1^2 - 0.042x_2^2 - 9.805x_3^2 - 1.209x_1x_2 - 6.681x_2x_3 - 10.047x_1x_3 \quad (125)$$

$$n=f(t,u,v)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $t=x_1$ - temperatură, $u=x_2$ - umiditate, $v=x_3$ - viteza vântului

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 189.091$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.896$**

d) concentrația de NO_2 - n în funcție de temperatură - t , presiune - p și umiditate - u :

$$Y = -5.028 \cdot 10^5 + 1.049 \cdot 10^3 x_1 - 406.072x_2 - 973.423x_3 - 0.544x_1^2 + 0.158x_2^2 + 0.937x_3^2 + 0.384x_1x_2 - 0.221x_2x_3 + 0.894x_1x_3 \quad (126)$$

$$n=f(t,p,u)$$

$n=Y$ - concentrația de dioxid de azot, $p=x_1$ - presiune, $u=x_2$ - umiditate, $t=x_3$ - temperatură

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 189.706$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.85$**

Abaterile medii pătratice ale valorilor măsurate în raport cu valorile calculate cu ajutorul ecuațiilor de regresie multiplă neliniară sunt mari, dar mai mici decât în cazul modelelor elaborate pentru dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale. Abaterile medii pătratice sunt de același ordin de mărime pentru modelarea dispersie dioxidului de azot provenit de la cele două termocentrale. Valorile coeficienților de corelație multiplă sunt bune. Excepție face cazul b ceea ce conduce la ideea că umiditatea influențează dispersia dioxidului de azot doar în acțiune simultană cu temperatura, în rest aceasta are o influență antagonică asupra fenomenului de dispersie. Se poate observa că același rezultat s-a obținut și în cazul modelării

dispersiei dioxidului de azot global și a celui provănit de la microcentrale în funcție de acești parametrii meteorologici.

În tabelul 36 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelelor matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD în funcție de acțiunea simultană a 3 parametrii meteorologici.

Tabel 36. Valorile indicatorilor preciziei modelelor matematice ce caracterizează dispersia NO₂ provenit de la CET CENTRU și CET SUD în funcție de 3 parametrii meteorologici

Nr. crt.	Cazul	CET CENTRU		CET SUD	
		R	σ	R	σ
1	Y=f(p,t,v)	0.864	262.942	0.895	190.144
2	Y=f(p,u,v)	0.769	333.242	0.528	361.921
3	Y=f(t,u,v)	0.872	255.085	0.896	189.091
4	Y=f(t,p,u)	0.872	255.34	0.85	189.706

Din valorile indicatorilor preciziei modelului se poate desprinde concluzia că predicția dispersiei dioxidului de azot în funcție de parametrii meteorologici (3 parametrii cu acțiune simultană) poate fi realizată cu o precizie satisfăcătoare.

Coeficienții de corelație au valori similare pentru toate tipurile de dispersie studiate: dispersia dioxidului de azot global, a celui provenit de la microcentrale și a celui provenit de la cele două centrale termice ale orașului, pentru influența aceluiași parametrii meteorologici.

Modelele elaborate pe baza monitorizării a 4 parametrii pot prezice cu acuratețe satisfăcătoare și dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD în funcție de parametrii meteorologici pe termen scurt și mediu.

II.4.1.3. Elaborarea modelelor matematice statistice referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, bazate pe monitorizarea a 5 parametri

La fel ca și în studiile anterioare s-a urmărit dependența concentrației acestui poluant de acțiunea simultană a 4 parametrii meteorologici: presiune, temperatură, umiditate și viteza vântului. În relația (127) este redată modelul matematic obținut pentru dispersia dioxidului de

azot provenit de la CET CENTRU iar în relația (128) modelul matematic obținut pentru dispersia dioxidului de azot provenit de la CET SUD.

$$Y = 1.367 \cdot 10^3 - 0.882x_1 + 77.066x_2 + 25.954x_3 - 17.308x_4 - 1.318 \cdot 10^{-4}x_1^2 + 0.015x_2^2 - 0.199x_3^2 + 52.538x_4^2 - 0.077x_1x_2 - 0.287x_2x_3 + 6.836x_3x_4 - 0.651x_4x_1 + 4.44 \cdot 10^{-3}x_1x_3 - 3.847x_2x_4 \quad (127)$$

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 263.607$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.863$**

$$Y = 1.061 \cdot 10^3 - 0.337x_1 - 19.793x_2 - 30.766x_3 + 195.867x_4 - 8.409 \cdot 10^{-4}x_1^2 + 2.198x_2^2 + 0.264x_3^2 - 99.572x_4^2 - 0.137x_1x_2 + 1.33x_2x_3 - 6.927x_3x_4 + 0.811x_4x_1 - 7.674 \cdot 10^{-3}x_1x_3 - 6.235x_2x_4 \quad (128)$$

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 245.93$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.817$**

Valoarea abaterilor medii pătratice în cazul acțiunii simultane a 4 parametrii meteorologici sunt mari, concluzia fiind că aceasta se datorează ipotezelor simplificatoare adoptate. Coeficientul multiplu de corelație are o valoare bună ceea ce confirmă veridicitatea modelelor.

În cazul corelației dispersiei dioxidului de azot de acțiunea simultană a patru parametrii meteorologici s-au obținut valori satisfăcătoare pentru indicatorii preciziei modelului. Acest fapt sugerează că fenomenul de dispersie și respectiv predicția concentrației de dioxid de azot este bine descrisă ținând cont de acțiunea simultană a tuturor parametrilor meteorologici studiați.

Coeficienții de corelație ai modelelor nu sunt la nivelul celor pentru procese statice din mai multe motive: procesul este dinamic, pentru realizarea modelării s-au adoptat o serie de ipoteze simplificatoare, natura este într-o continuă evoluție iar parametrii meteorologici depind de o serie de factori ce nu pot fi controlați. De asemenea sursele de emisii de dioxid de azot nu sunt constante.

În același timp valorile mai scăzute ale coeficienților multipli de corelație se datorează și altor cauze:

⇒ umiditatea are influență antagonică față de ceilalți parametrii meteorologici la dispersia dioxidului de azot.

⇒ umiditatea din aer determină transformarea dioxidului de azot în acid azotic, deci concentrația acestuia scade.

II.4.2. Elaborarea modelelor matematice statistice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul III.

Pentru a realiza modelele matematice de dependență a dispersiei dioxidului de azot de acțiunea simultană a câte 2 parametri meteorologici, utilizând regresia multiplă neliniară de ordinul 3 s-a utilizat programul informatic MATHCAD. La fel ca și în cazul regresiei multiple de ordinul 2 și în cazul regresiei multiple de ordinul 3 s-au obținut 6 modele matematice pentru fiecare centrală termică. Modelele referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU sunt redată în relațiile (129)-(134) iar cele ale referitoare la dispersia dioxidului de azot provenit de la CET SUD sunt redată în relațiile (135)-(140).

CET CENTRU

a) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :

$n=f(p,t)$

$$Y = 1.978 \cdot 10^8 - 5.909 \cdot 10^5 x_1 - 6.044 \cdot 10^4 x_2 + 588.333 x_1^2 + 51.241 x_2^2 + 119.853 x_1 x_2 - 0.195 x_1^3 + 0.059 x_2^3 - 0.059 x_1^2 x_2 - 0.053 x_1 x_2^2$$

(129)

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune $x_2=t$ – temperatură

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 254.22$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.873$**

b) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :

$n=f(t,u)$

$$Y = 1.334 \cdot 10^4 - 266.519 x_1 - 498.412 x_2 - 0.981 x_1^2 + 6.964 x_2^2 + 5.245 x_1 x_2 + 0.076 x_1^3 - 0.032 x_2^3 - 5.113 \cdot 10^{-3} x_1^2 x_2 - 0.029 x_1 x_2^2$$

(130)

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=u$ – umiditate

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 248.553$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație $R = 0.879$**

c) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :*

$$n=f(p,u)$$

$$Y = 1.599 \cdot 10^8 - 4.748 \cdot 10^5 x_1 - 3.123 \cdot 10^4 x_2 + 469.977 x_1^2 + 21.117 x_2^2 + 59.894 x_1 x_2 - 0.155 x_1^3 - 0.037 x_2^3 - 0.029 x_1^2 x_2 - 0.014 x_1 x_2^2 \quad (131)$$

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=p – presiune, x₂=u – umiditate

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 335.579$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.765**

d) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v)*

$$n=f(p,v)$$

$$Y = -1.133 \cdot 10^8 + 3.322 \cdot 10^5 x_1 + 5.538 \cdot 10^6 x_2 - 324.439 x_1^2 - 2.427 \cdot 10^4 x_2^2 - 1.096 \cdot 10^4 x_1 x_2 + 0.106 x_1^3 + 24.262 x_2^3 + 5.426 x_1^2 x_2 + 24.199 x_1 x_2^2 \quad (132)$$

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=p – presiune, x₂=v – viteza vântului

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 455.678$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.486**

e) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :*

$$n=f(t,v)$$

$$Y = 1.867 \cdot 10^3 - 18.603 x_1 - 531.438 x_2 - 1.729 x_1^2 + 268.205 x_2^2 - 11.272 x_1 x_2 + 0.061 x_1^3 - 36.985 x_2^3 - 0.144 x_1^2 x_2 + 1.067 x_1 x_2^2 \quad (133)$$

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=t – temperatură, x₂=v – viteza vântului

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 254.742$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.873**

f) *Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :*

$$n=f(u,v)$$

$$Y = 2.526 \cdot 10^4 - 991.536 x_1 - 6.987 \cdot 10^3 x_2 + 13.326 x_1^2 + 714.513 x_2^2 + 161.496 x_1 x_2 - 0.058 x_1^3 - 26.68 x_2^3 - 0.938 x_1^2 x_2 - 7.25 x_1 x_2^2 \quad (134)$$

Y=n – concentrația de NO₂, x₁=t – temperatură, x₂=v – viteza vântului

◆ **abaterea medie pătratică $\sigma = 322.411$**

◆ **coeficientul multiplu de corelație R = 0.786**

CET SUD

a) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și presiune (p) :

$n=f(p,t)$

$$Y = -2.115 \cdot 10^7 + 6.267 \cdot 10^4 x_1 + 1.186 \cdot 10^4 x_2 - 61.889 x_1^2 - 36.545 x_2^2 - 23.549 x_1 x_2 + 0.02 x_1^3 + 0.05 x_2^3 + 0.012 x_1^2 x_2 + 0.036 x_1 x_2^2$$

(135)

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune $x_2=t$ – temperatură

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 188.122$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.897$

b) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și umiditate (u) :

$n=f(t,u)$

$$Y = 3.058 \cdot 10^3 - 25.538 x_1 - 67.968 x_2 - 5.709 x_1^2 + 0.554 x_2^2 + 0.08 x_1 x_2 + 0.115 x_1^3 - 7.57 \cdot 10^{-4} x_2^3 + 0.056 x_1^2 x_2 - 6.009 \cdot 10^{-3} x_1 x_2^2$$

(136)

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=t$ – temperatură, $x_2=u$ – umiditate

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 188.947$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.896$

c) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și umiditate (u) :

$n=f(p,u)$

$$Y = -2.569 \cdot 10^7 + 7.336 \cdot 10^4 x_1 + 4.711 \cdot 10^4 x_2 - 69.737 x_1^2 - 9.564 x_2^2 - 92.464 x_1 x_2 + 0.022 x_1^3 - 0.021 x_2^3 + 0.045 x_1^2 x_2 + 0.014 x_1 x_2^2$$

(137)

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=u$ – umiditate

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 375.817$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.472$

d) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de presiune (p) și viteza vântului (v)

$n=f(p,v)$

$$Y = -4.602 \cdot 10^7 + 1.384 \cdot 10^5 x_1 + 2.004 \cdot 10^5 x_2 - 138.675 x_1^2 - 5.42 \cdot 10^3 x_2^2 - 388.645 x_1 x_2 + 0.046 x_1^3 + 25.745 x_2^3 + 0.188 x_1^2 x_2 + 5.329 x_1 x_2^2$$

(138)

$Y=n$ – concentrația de NO₂, $x_1=p$ – presiune, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 398.363$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.355$

e) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de temperatură (t) și viteza vântului (v) :

$n=f(t,v)$

$$Y = 677.615 - 38.877 x_1 + 149.262 x_2 - 0.572 x_1^2 + 63.397 x_2^2 - 19.661 x_1 x_2 + 0.069 x_1^3 + 9.024 x_2^3 - 0.051 x_1^2 x_2 + 5.008 x_1 x_2^2$$

(139)

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 190.585$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.894$

f) Concentrația de dioxid de azot (n) funcție de umiditate (u) și viteza vântului (v) :

$n=f(u,v)$

$$Y = 2.058 \cdot 10^4 - 844.177x_1 - 4.29 \cdot 10^3 x_2 + 11.008x_1^2 + 169.86x_2^2 + 124.937x_1x_2 - 0.046x_1^3 + 11.978x_2^3 - 0.826x_1^2x_2 - 3.682x_1x_2^2$$

(140)

$Y=n$ – concentrația de NO_2 , $x_1=t$ – temperatură, $x_2=v$ – viteza vântului

◆ abaterea medie pătratică $\sigma = 347.652$

◆ coeficientul multiplu de corelație $R = 0.578$

În tabelul 37 sunt prezentate valorile indicatorilor preciziei modelelor matematice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la CET CENTRU și CET SUD în funcție de acțiunea simultană a 3 parametrii meteorologici, modele obținute prin metoda analitică bazată pe regresia multiplă neliniară de ordin 3.

Tabel 37. Valorile indicatorilor preciziei modelelor matematice ce caracterizează dispersia NO_2 provenit de la CET CENTRU și CET SUD în funcție de 3 parametrii meteorologici

Nr. crt.	Cazul	CET CENTRU		CET SUD	
		R	σ	R	σ
1	$Y=f(p,t)$	0.873	254.22	0.897	188.122
2	$Y=f(t,u)$	0.879	248.553	0.896	188.947
3	$Y=f(p,u)$	0.765	333.579	0.472	375.817
4	$Y=f(p,v)$	0.486	455.678	0.355	398.363
5	$Y=f(t,v)$	0.873	254.742	0.894	190.585
6	$Y=f(u,v)$	0.786	322.411	0.578	347.652

Valorile coeficienților de corelare multiplă au valori apropiate de cele obținute în cazul ecuației de regresie de ordinul 2. În unele cazuri acești coeficienți au valori mai mici: în cazul acțiunii simultane a presiunii și vitezei vântului, umidității și vitezei vântului și presiunii și

umidității. Se poate concluziona că în aceste cazuri cei doi parametri meteorologici ce au influențat simultan dispersia dioxidului de azot în atmosferă au acțiune antagonică.

De asemenea se observă că valorile coeficienților de corelație multiplă sunt mai mici în cazul modelor elaborate pe baza regresiei multiple neliniare de ordinul 3 decât cele elaborate pe baza regresiei multiple neliniare de ordinul 2, însă diferența nu este mare. Abaterile medii pătratice au valori apropiate de cele obținute cu ajutorul ecuației de regresie de ordinul 2, valorile destul de mari ale acestora având deci aceeași explicație.

II.4.3 CONCLUZII.

1. Pentru toate modelele matematice elaborate în acest capitol, ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la cele două centrale termocentrale ice ale orașului în funcție de câte 2,3 și 4 parametri meteorologici, valorile abaterilor medii pătratice sunt mari, dar mai mici decât în cazul dispersiei dioxidului de azot provenit de la microcentrale. Acest fapt se datorează admiterii ipotezelor simplificatoare și anume că toate coșurile fiecărei termocentrale au fost considerate ca o singură sursă de emisie.
2. Valorile mai scăzute ale coeficienților multipli de corelație se datorează mai multor cauze:
 - ⇒ umiditatea are influență antagonică față de ceilalți parametri meteorologici la dispersia dioxidului de azot.
 - ⇒ umiditatea din aer determină transformarea dioxidului de azot în acid azotic, deci concentrația acestuia scade.
3. La fel ca și în studiile anterioare cele mai mici valori ale coeficientului de corelație multiplă sunt în cazurile în care unul din parametri a fost umiditatea.
4. Pentru modelele matematice realizate prin corelația a 3 parametri s-au obținut rezultate similare folosind cele două ecuații de regresie multiplă neliniară: de ordin 2 și de ordin 3, atât în ceea ce privește abaterea medie pătratică cât și coeficienții multipli de corelație.

II.5. SIMULAREA FENOMENULUI DE DISPERSIE A NO₂ ÎN ATMOSFERĂ PRIN METODE ANALITICO-EXPERIMENTALE ÎN STUDIUL DE CAZ ABORDAT

S-a constatat că marile orașe sunt supuse unui grad mai ridicat de poluare atmosferică datorită activităților industriale, traficului rutier sau sistemelor de încălzire. Timișoara este un oraș care face parte din această categorie. Din acest motiv cunoașterea nivelului de poluare într-un punct de referință și mai precis proveniența poluării este importantă pentru găsirea unor modalități de reducere a acestuia sau de contracarare a efectelor negative pe care le induce.

Studiul următor realizează simularea într-un punct de referință a nivelului de poluare cu dioxid de azot, precizându-se ponderea procentuală pe care o are fiecare sursă de poluare considerată. Pentru aceasta s-au estimat concentrațiile de dioxid de azot într-un punct de referință, provenit de la: microcentrale, cele două termocentrale ale municipiului Timișoara și traficul rutier. Punctul de referință considerat în studiul efectuat a fost ales în centrul orașului, pe bulevardul Mihai Viteazul, sediul Laboratorului de Monitorizare al Agenției de Protecția Mediului Timișoara. S-a ales acest punct deoarece aici au fost realizate măsurători ale concentrațiilor de dioxid de azot de către Agenția de Protecția Mediului Timișoara, iar valorile obținute în urma prezentului studiu au fost comparate cu acestea.

II.5.1. Estimarea în punctul de referință a concentrațiilor de dioxid de azot provenit de la surse staționare

Sursele staționare considerate pentru acest studiu sunt: microcentralele, așa cum au fost ele definite în capitolul II.3 și cele două termocentrale ale orașului CET Centru și Cet Sud – cap. II.4. Parametrii necesari acestui studiu sunt: emisiile cantitative de dioxid de azot provenite de la microcentralele din oraș și de la cele două termocentrale (CET Centru și CET Sud), viteza și direcția vântului, coordonatele carteziene ale punctului de referință în raport cu sursele de emisii; înălțimea surselor de poluare. Pentru a micșora complexitatea studiului s-au formulat următoarele ipoteze simplificatoare:

⇒ pentru determinarea emisiei cantitative de dioxid de azot provenită de la microcentrale s-au făcut o serie de simplificări care au fost prezentate în capitolul II.3.

⇒ toate microcentralele au fost distribuite pe suprafața orașului, fiind asimilate cu 5 surse staționare. Această ipoteză este necesară deoarece nu se dețin date oficiale legate de numărul de microcentralelor și repartizarea acestora pe cartiere;

⇒ pentru determinarea emisiei cantitative de dioxid de azot provenită de la cele termocentrale ale orașului – CET CENTRU și CET SUD - s-au făcut o serie de simplificări care au fost prezentate în capitolul II.4.

Inventariind variabilele ce caracterizează fenomenul de dispersie a dioxidului de azot provenit de la surse staționare se disting următoarele:

1. variabile independente:

- ◆ emisiile cantitative de dioxid de azot provenite de microcentrale.

Tabelul 38. Valorile emisiilor cantitative de dioxid de azot provenite de la microcentrale

ZIUA	Emisiile cantitative de dioxid de azot [Kg]			
	IANUARIE 2004	APRILIE 2004	IULIE 2004	OCTOMBRIE 2004
1	4730.14	4383.72	2357.23	7343.30
2	5346.78	4095.28	2204.31	6296.39
3	6879.62	3229.00	1498.38	6896.97
4	7190.79	3781.03	1538.39	8847.89
5	8181.15	3338.44	2420.43	9899.11
6	8914.86	3675.80	2602.00	8590.21
7	9237.02	4311.32	2691.62	9240.11
8	9703.35	4412.63	2636.73	9713.66
9	8854.49	4889.49	2179.03	9294.55
10	7871.82	4712.08	1305.45	9620.32
11	7574.90	2833.19	1398.05	10427.52
12	5287.44	3410.82	1895.57	13323.11
13	6421.90	4378.11	1860.10	14155.19
14	6560.28	4460.19	1396.56	13701.63
15	7167.53	3863.70	1188.55	13401.43
16	6984.36	3791.56	1491.33	10027.50
17	6270.50	3313.64	1082.61	11884.29
18	6269.52	2637.75	1008.70	17293.71
19	6971.79	2633.00	2076.41	13357.70
20	8073.21	-	1959.66	19225.74
21	8211.21	-	1598.83	17599.49
22	9875.11	-	1380.26	14817.96
23	9048.86	-	1121.87	12243.00
24	8567.89	-	785.86	9838.37
25	8038.74	-	722.10	-
26	9797.72	-	1075.86	-
27	10020.55	-	-	-
28	8505.78	-	-	-
29	8385.21	-	-	-
30	9852.31	-	-	-

Metodologia de obținere a acestor date a fost prezentată în capitolul II.3., iar formula finală de calcul este dată de relația (84). Valorile acestor emisii cantitative de dioxid de azot provenite de la microcentrale sunt prezentate în tabelul 38.

- ◆ emisiile cantitative de dioxid de azot provenite de la cele două termocentrale (CET Centru și CET Sud).

Tabel 39. Valorile emisiilor cantitative de NO_x provenite de la CET CENTRU și CET SUD

Ziua	IANUARIE 2004		APRILIE 2004		IULIE 2004		OCTOMBRIE 2004	
	emisii CET centru [Kg]	emisii CET sud [Kg]	emisii CET centru [Kg]	emisii CET sud [Kg]	emisii CET centru [Kg]	emisii CET sud [Kg]	emisii CET centru [Kg]	emisii CET sud [Kg]
1	1198.84	2335.93	735.65	529.92	346.56	0.00	617.81	-
2	1875.66	2210.97	622.27	519.47	338.65	0.00	721.69	-
3	2490.77	2602.01	703.90	486.00	363.18	0.00	711.17	-
4	2898.57	2907.87	661.11	439.01	360.44	0.00	727.63	-
5	3099.29	2836.27	599.42	363.20	50.42	0.00	851.22	-
6	3326.78	2892.89	694.44	578.18	13.06	0.00	790.97	-
7	3284.67	3598.10	837.27	398.85	72.90	0.00	685.38	-
8	2827.67	4023.61	821.20	712.52	48.53	0.00	807.73	-
9	2995.62	4283.52	869.98	694.44	46.30	137.84	787.11	-
10	3178.23	3938.44	964.41	800.65	65.05	150.49	1128.06	-
11	3090.09	4058.47	857.21	697.27	62.63	123.45	1421.69	-
12	2215.46	3462.62	858.40	715.99	59.96	104.67	1490.08	-
13	2017.49	2443.27	940.26	792.61	49.90	102.38	1705.62	-
14	2237.68	605.08	1077.39	892.15	54.32	116.08	1633.69	-
15	1806.81	2660.75	974.90	799.62	52.52	124.69	1458.88	-
16	1693.37	3224.58	725.00	614.18	54.92	135.10	1495.04	-
17	1571.24	2901.18	805.63	630.36	35.31	129.65	1454.65	-
18	1484.05	2698.02	723.61	622.01	10.64	136.80	1477.53	-
19	1393.98	2700.47	824.17	416.75	27.34	0.00	2387.53	-
20	1425.90	2685.14	-	-	25.21	0.00	446.37	-
21	1708.11	3076.29	-	-	25.57	89.22	1206.98	-
22	2279.11	3630.62	-	-	25.21	111.05	1143.11	-
23	2786.03	4241.22	-	-	24.86	98.81	1376.91	-
24	3084.79	4470.43	-	-	59.84	106.68	1223.29	-
25	2921.33	4465.88	-	-	65.47	105.65	-	-
26	2959.19	4247.33	-	-	64.78	103.06	-	-
27	2801.62	4199.85	-	-	-	-	-	-
28	2637.41	3770.54	-	-	-	-	-	-
29	2594.00	3584.52	-	-	-	-	-	-
30	2654.29	4016.03	-	-	-	-	-	-
31	2409.16	4095.69	-	-	-	-	-	-

Aceste date au fost furnizate de S.C. COLTERM S.A Timișoara și se referă la cantitatea de NO_x emisă. Metodologia de obținere a acestor date a fost prezentată în capitolul II.4., iar formula finală de calcul este dată de relația (103). Valorile acestor emisii cantitative de dioxid de azot provenite de la CET CENTRU și CET SUD sunt prezentate în tabelul 39. Se aproximează că emisiile cantitative de NO_2 sunt egale cu cele de NO_x .

- ◆ viteza și direcția vântului
- ◆ coordonatele carteziene ale punctului de referință în raport cu sursele de emisii: x, y, z
- ◆ înălțimea surselor de poluare.

2. *variabile dependente:*

- concentrațiile de dioxid de azot provenite de la microcentralele din oraș și de la cele două termocentrale (CET Centru și CET Sud) în punctul de referință.

Amplasarea surselor de emisie și a punctului de referință s-a realizat conform figurii (79):

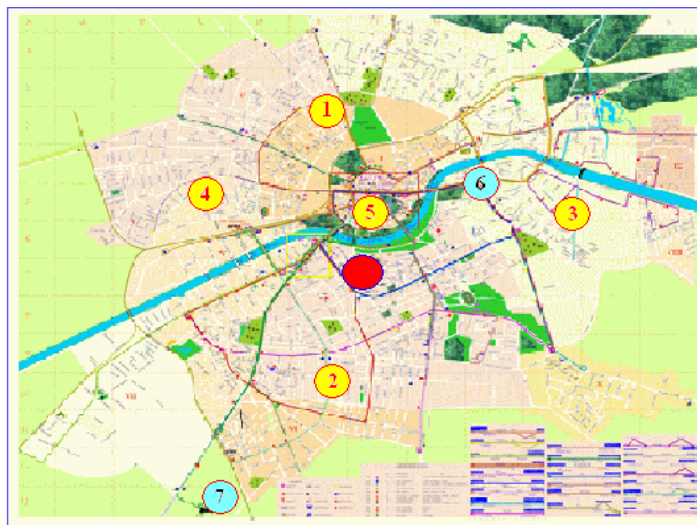


Fig. 78. Amplasarea surselor de poluare și a punctului de referință

1 – microcentrale nord; 2 – microcentrale sud; 3 – microcentrale est; 4 – microcentrale vest; 5 – microcentrale centru; 6 – C.E.T. Centru; 7 – C.E.T. Sud, • - punct de referință.

Pentru determinarea coordonatelor carteziene x și y ale surselor staționare de poluare în raport cu punctul de referință s-a ținut cont de direcția vântului în fiecare zi din lunile considerate. Coordonata carteziană z a punctului de referință a fost considerată egală cu 3m. În ceea ce privește înălțimea surselor de poluare, în studiul s-au considerat următoarele valori, redate în tabelul 40:

Tabel 40. Înălțimea surselor staționare de poluare

Zona	Micro Nord	Micro Sud	Micro Est	Micro Vest	Micro Centru	CET Centru	CET Sud
h [m]	10	14,5	8	4	11,5	54,2	160

Pentru estimarea în punctul de referință a concentrațiilor de dioxid de azot provenite de la fiecare din cele 7 surse staționare s-a utilizat formula de dispersie gaussiană [8,55,59], relația (141):

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (141)$$

Semnificația termenilor din relația (142) este:

$C(x, y, z)$ - concentrația poluantului în punctul (x, y, z) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$];

u - viteza vântului, în direcția vântului [m/s];

Q - debitul de poluant emis [g/s];

σ_y, σ_z - deviația standard a concentrației pe direcția y și z , în direcția vântului [m];

H - înălțimea efectivă de la nivelul solului până în centrul norului poluant [m]

Expresiile de calcul ale deviațiilor standard sunt redată în relațiile (142), (143) și (144) [53]:

$$\sigma_z = ax^b \quad (142)$$

$$\sigma_y = 465.11628x(\tan(\Theta)) \quad (143)$$

$$\Theta = 0.01745329(c - d \ln(x)) \quad (144)$$

unde: x – distanța dintre sursa de poluare și punctul de referință, [km]

a, b – constante ce depind de coordonata carteziană x și de clasa de stabilitate atmosferică. Valorile acestor parametri sunt redată în tabelul 41 [55].

c, d - constante ce depind de clasa de stabilitate atmosferică. Valorile acestor parametri sunt redată în tabelul 42.

Tabel 41. Valorile constantelor a și b

Clasa de stabilitate atmosferică	Coordonata carteziană x [Km]	a	b
A	<10	122.8	0.9447
	0.1-0.15	158.08	1.0542
	0.16-0.2	170.22	1.0932
	0.21-0.25	179.52	1.1262
	0.26-0.3	217.41	1.2644
	0.31-0.4	258.89	1.4094
	0.41-0.5	346.75	1.7283
	0.51-3.11	453.85	2.1166
B	<0.2	90.673	0.93198
	0.21-0.4	98.483	0.98332
	>0.4	109.3	1.0971
C	Toate valorile	61.141	0.91465
D	<0.3	34.459	0.86974
	0.31-1	32.093	0.81066
	1.01-3	32.093	0.64403
	3.01-10	33.504	0.60486
	10.01-30	36.65	0.56589
	>30	44.053	0.51179
E	<0.1	24.26	0.8366
	01-0.3	23.331	0.81956
	0.31-1	21.628	0.7566
	1.01-2	21.628	0.63077
	2.01-4	32.534	0.57154
	4.01-10	24.703	0.50527
	10.01-20	26.97	0.46713
	20.01-40	35.42	0.37615
F	<0.2	15.209	0.81558
	0.21-0.7	14.457	0.78407

	0.71-1	13.953	0.68465
	1.01-2	13.953	0.63227
	2.01-3	14.823	0.54503
	3.01-7	16.187	0.4649
	7.01-15	17.836	0.41507
	15.01-30	22.631	0.32681
	30.01-60	27.074	0.27436
	>60	34.219	0.21716

Tabel 42. Valorile constantelor c și d

Clasa de stabilitate atmosferică	C	d
A	24,167	2,5334
B	18,333	1,8096
C	12,5	1,0857
D	8,333	0,72382
E	6,25	0,54287
F	4,1667	0,36191

Înălțimea efectivă de la nivelul solului până în centrul norului poluant se deduce cu ajutorul relației (145):

$$H = h + \Delta h \quad (145)$$

unde:

h – înălțimea coșului [m]

Δh – înălțimea norului poluant [m].

Înălțimea norului poluant se deduce cu ajutorul diagramei prezentate în figura (79) [73,80]:

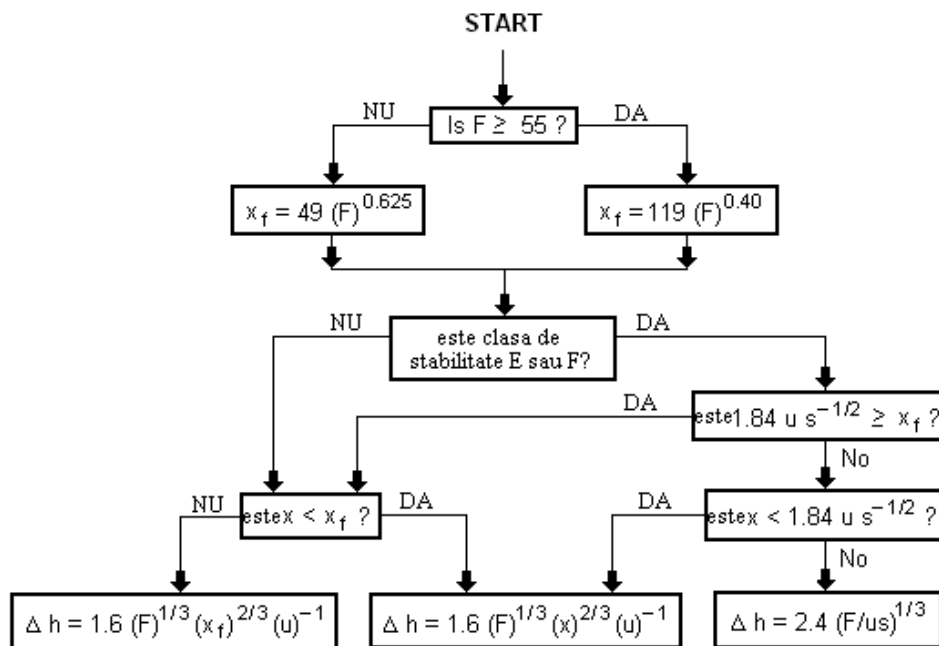


Fig.79 Diagrama logică pentru deducerea ecuației BRIGG'S pentru calculul înălțimii norului poluant

Algoritmul de calcul prezentat mai sus a fost aplicat pentru fiecare zi din cele patru luni considerate: ianuarie, aprilie, iulie și octombrie, însumând 100 de date, aceleași ca și în cazurile anterioare.

În urma aplicării algoritmului prezentat mai sus se obțin valorile concentrațiilor de dioxid de azot în punctul de referință considerat, provenit de la sursele staționare, notate după cum urmează:

C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 – concentrația de NO_2 în punctul de referință provenita de la microcentralele din nord, sud, est, vest și centru [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

C_6, C_7 -concentrația de NO_2 în punctul de referință provenita de la CET Centru și CET Sud, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Din valorile zilnice ale concentrațiilor de dioxid de azot în punctul de referință, provenite de la cele 7 surse staționare s-au realizat mediile lunare, acestea fiind prezentate în tabelul 43:

Tabel 43: Concentrațiile de NO₂ în punctul de referință, provenite de la cele 7 surse staționare [μg/m³]

luna	Concentratie provenita de la microcentrale					Concentratie provenita de la Cet-uri		Concentratie totala in punctul de referinta, provenita de la surse staționare
	nord	sud	est	vest	centru	CET centru	CET sud	
01	1.023	1.172E-02	1.833E-02	1.027E+00	1.447E+00	3.487E+00	4.552E-02	7.0588
04	7.223E-10	6.958E-02	2.883E-02	9.329E-02	4.999E-05	4.916E-01	1.064E-02	0.6940
07	1.748E-09	1.273E-02	1.791E-03	1.082E-01	5.387E-06	1.654E-03	5.342E-04	0.1249
10	5.506E-09	4.606E-01	2.654E-01	2.441E-01	7.641E-04	1.119E+00	0.000E+00	2.0899

În figura (80) sunt prezentate grafic valorile concentrației de dioxid de azot provenit de la cele 7 surse staționare într-un punct de referință, pentru cele 4 luni considerate [121].

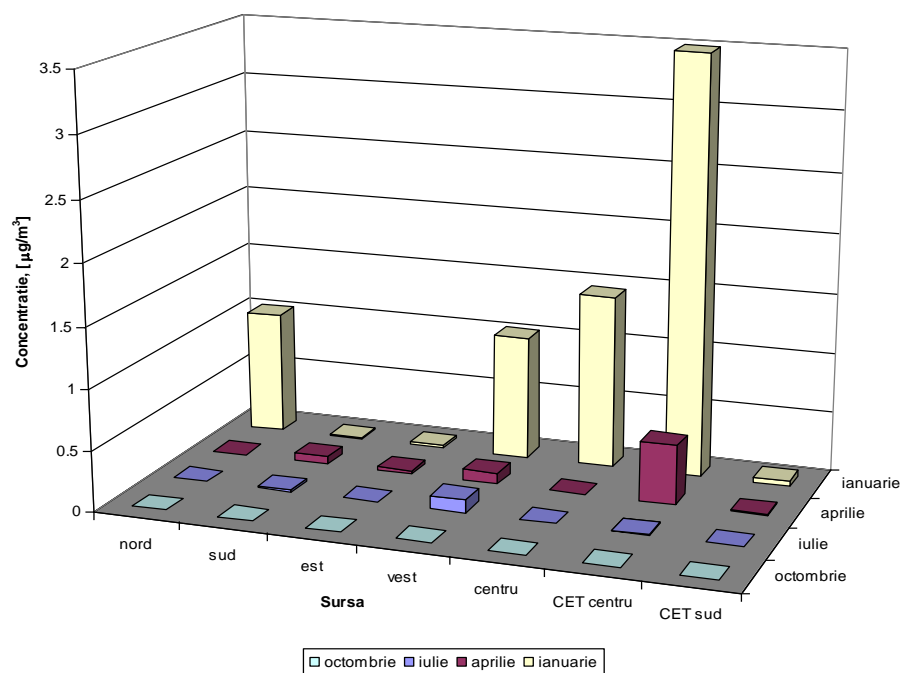


Fig. 80 Valorile concentrației de dioxid de azot provenit de la cele 7 surse staționare într-un punct de referință

Din figura (80) se constată că în punctul de referință considerat cea mai mare valoare a concentrației de dioxid de azot provenită de la surse staționare se înregistrează în luna ianuarie. Dintre sursele staționare CET Centru este sursa cu ponderea cea mai mare la poluarea din centrul orașului. CET Sud are o influență aproape nesensibilă, iar dintre microcentrale cea mai mare influență o au cele situate în centrul și vestul orașului.

În figura 81 a), b), c) și d) este prezentată ponderea procentuală pe care o are fiecare din cele 7 surse la poluarea în punctul de referință provenită de la sursele staționare.

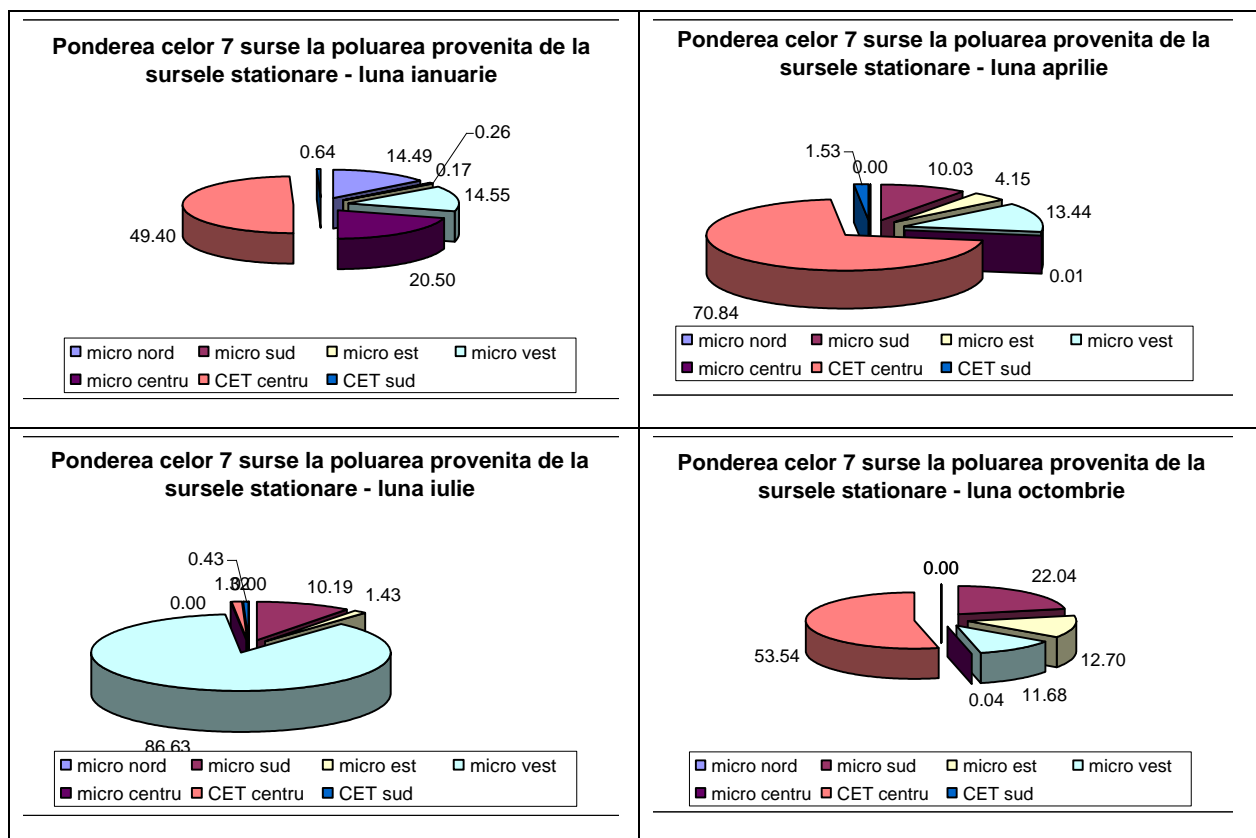


Fig. 81. Ponderea procentuală pe care o are fiecare din cele 7 surse la poluarea în punctul de referință provenită de la sursele staționare

Din figura (81) se observă că în lunile în care temperaturile impun funcționarea celor două termocentrale ponderea cea mai mare la poluarea provenită de la sursele staționare o are CET Centru. Influența celei de-a doua termocentrale nu este semnificativă deoarece aceasta este situată în afara orașului iar direcția preponderentă a vântului în Timișoara nu este spre punctul de referință considerat.

II.5.2. Estimarea în punctul de referință a concentrațiilor de dioxid de azot provenit de la surse mobile

Prin surse mobile se înțelege ansamblul tuturor mijloacelor de transport motorizate, notat generic în lucrare “traficul rutier”. Parametrii necesari acestui studiu sunt:

- ◆ emisia cantitativă de dioxid de azot provenită de la traficul rutier. Pentru stabilirea valorii acestei emisii s-a considerat că tot parcul auto al municipiului Timișoara și respectiv autovehiculele care tranzitează orașul sunt echipate EURO 3. Legislația în vigoare prevede că pentru mașinile echipate EURO 3 norma de emisie pentru NO₂ este de 0,5 [g/Km].[71]
- ◆ volumul zonei de dispersie. Deoarece norma de emisie prevăzută în legislația de specialitate este exprimată în [g/Km] a fost necesar să se stabilească o zonă de dispersie cu lungimea de 1 km. Se cunoaște că senzorul pentru analiza și detecția dioxidului de azot este amplasat la o înălțime de 3 m. Aparatul cu care s-au făcut măsurători aparține Agenției de Protecția Mediului Timișoara și este situat în incinta Laboratorului de Monitorizare al acesteia, situat pe bd-ul Mihai Viteazul . Lățimea șoselei în această zonă a orașului este de 15m. Deci zona de dispersie este situată pe bd-ul Mihai Viteazul, unde se află și punctul de referință considerat și are următoarele caracteristici: lungime – 1 Km, lățime – 15m, înălțime – 3m. Deci volumul zonei de dispersie este de 45000 m³
- ◆ numărul de mașini care traversează zona de dispersie considerată în intervalul de timp necesar senzorului aparatului să preleveze proba de analizat. Secvența de temporizare a senzorului este 30 s.

Pentru estimarea în punctul de referință a concentrațiilor de dioxid de azot provenite de la sursele de poluare mobile (traficul rutier) s-a utilizat relația (146) [122]:

$$C_r = \frac{N \cdot 10^6}{V} \cdot n \quad (146)$$

unde:

C_r - concentrația de NO₂ în punctul de referință provenita de la traficul rutier, [μg/m³]

N – norma europeană de emisie [102], [g/km], N=0.5 g/km

V – volumul zonei de dispersie, [m³], considerat 45000 m³.

n – numărul de surse mobile [buc]

Valorile medii lunare ale concentrațiilor de dioxid de azot provenite de la sursele de poluare mobile (traficul rutier) sunt prezentate în tabelul 44. La calculul acestor valori, numărul de surse mobile a fost ales în funcție de specificul de trafic al fiecărei luni.

Tabel 44: Concentrațiilor de NO₂ în punctul de referință, provenite de la traficul rutier

Luna	Număr surse mobile/interval analiză [buc]	Concentrație NO ₂ în punctul de referință, provenită de la surse mobile [μg/m ³]
Ianuarie	6.5	72.22
Aprilie	4	44.44
Iulie	2.25	25.00
Octombrie	3	33.33

Se observă că valorile concentrațiilor dioxidului de azot provenit de la traficul rutier în punctul de referință sunt considerabil mai mari față de cel provenit de la sursele staționare.

II.5.3. Estimarea în punctul de referință a concentrațiilor de dioxid de azot global

În acest studiu se urmărește simularea fenomenului de poluare cu dioxid de azot în municipiul Timișoara, într-un punct de referință. Pentru aceasta se determină concentrațiile de dioxid de azot într-un punct de referință – descris la începutul studiului, provenit de la surse staționare și mobile.

S-a elaborat un model matematic care să redea contribuția fiecărei surse de poluare cu dioxid de azot, în punctul de referință considerat. La baza deducerii analitico-experimentale a modelului matematic au stat ecuația bilanțului de materiale precum și o serie de ecuații suplimentare, prezentate anterior în capitolele II.5.1. și II.5.2.

În vederea estimării concentrației de dioxid de azot în punctul de referință s-a dedus ecuația bilanțului de materiale, pentru acest poluant, ecuație redată în relația (147):

$$C_{ref} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_r \quad (147)$$

unde:

C_{ref} – concentrația totală de dioxid de azot în punctul de referință, [μg/m³]

C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 – concentrația de NO₂ în punctul de referință provenita de la microcentralele din nord, sud, est, vest și centru [μg/m³]

C_6, C_7 - concentrația de NO_2 în punctul de referință provenita de la CET Centru și CET Sud, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

C_r - concentrația de NO_2 în punctul de referință provenita de la traficul rutier, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Concentrația totală de dioxid de azot în punctul de referință, pentru lunile considerate, calculată cu ajutorul modelului matematic dezvoltat, este prezentată în figura (82). În tabelul 45 sunt prezentate valorile concentrațiilor de dioxid de azot global în punctul de referință considerat, iar în figura (83) este prezentată ponderea procentuală în care sursele staționare și mobile contribuie la poluarea din centrul orașului – punctul de referință considerat. [122]

Tabel 45. valorile concentrațiilor de dioxid de azot global în punctul de referință considerat

Luna	Concentrație NO_2 în punctul de referință provenită de la surse staționare [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrație NO_2 în punctul de referință provenită de la surse mobile [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrație NO_2 în punctul de referință [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Ianuarie	7,06	72,22	79,28
Aprilie	0,69	44,44	45,13
Iulie	0,12	25,00	25,12
Octombrie	2,09	33,33	35,42

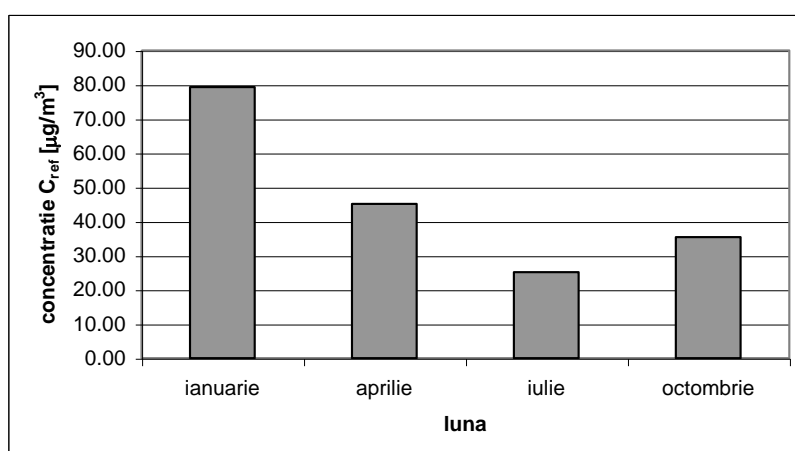


Fig. 82. Concentrația totală de dioxid de azot în punctul de referință pentru lunile considerate

Din figura (82) se constată faptul că concentrația totală de dioxid de azot în punctul de referință nu depășește valoarea limită admisă de lege pentru nici una dintre lunile considerate. În luna ianuarie se constată o concentrație mai mare fapt ce poate fi explicat prin temperaturile relativ scăzute ale perioadei. Aceasta se reflectă în consumul mai ridicat de combustibili și gaze naturale. În opoziție gradul de poluare este cel mai scăzut în luna iulie, perioadă destinată concediilor. Comparând influența surselor staționare și a celor mobile asupra poluării cu dioxid de azot în punctul de referință considerat, se constată că sursele mobile au o pondere covârșitoare în raport cu cele staționare (>90%). Aceste comparații, pentru fiecare lună considerată sunt prezentate în figura (83) [123].

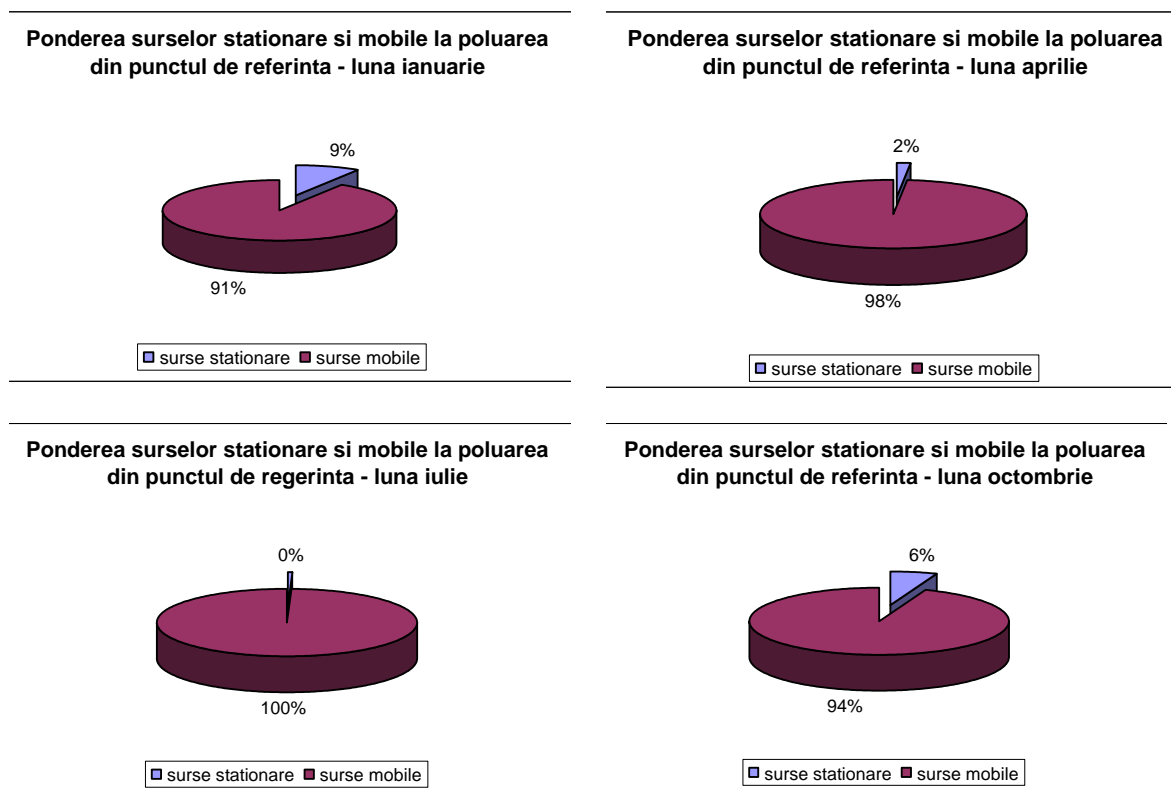


Fig. 83 Ponderea surselor staționare și mobile la poluarea din punctul de referință

Din grafic se observă că, în lunile aprilie și iulie sursele staționare au o influență nesemnificativă asupra poluării cu dioxid de azot în centrul orașului.

Testarea acurateții modelului matematic s-a realizat prin compararea rezultatelor obținute în urma aplicării modelului cu cele experimentale, furnizate de Agenția de Protecția Mediului Timișoara. Corelarea acestor date este prezentată în figura (84).

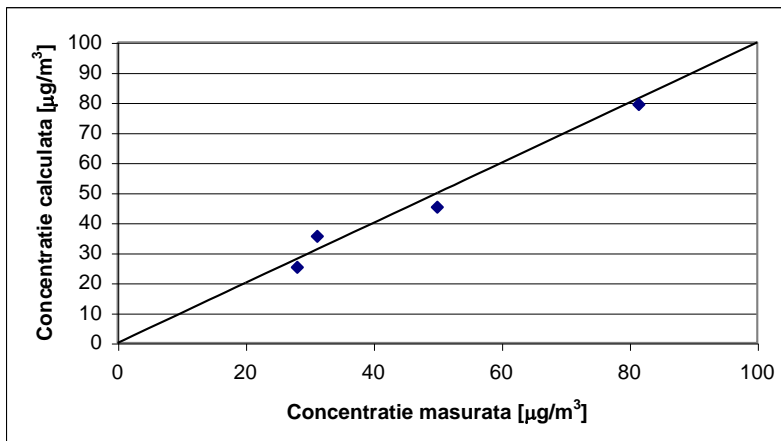


Fig. 84. Corelarea dintre datele experimentale și cele obținute pe baza modelului matematic

Disponerea aproape simetrică a rezultatelor experimentale în raport cu cele obținute pe baza modelului confirmă precizia modelului matematic generat. Acest lucru este confirmat și de valorile erorilor relative [123], prezentate în tabelul 46.

Tabel 46: Valorile erorilor relative

Luna	Ianuarie	Aprilie	Iulie	Octombrie
Eroarea relativă ΔC [%]	11.36	11.11	11.07	-6.73

Erorile relative provin din următoarele cauze:

- măsurarea parametrilor meteorologici nu s-a realizat în aceeași locație cu măsurătorile concentrației totale de dioxid de azot.
- microcentralele sunt distribuite aleator în oraș, sunt de diferite tipuri și amplasate la diferite înălțimi.
- sursele mobile sunt de mic și mediu tonaj, sunt echipate cu motoare cu aprindere prin scânteie sau compresie și dotate de la NON EURO la EURO 4.
- numărul de surse mobile în intervalul de analiză a rezultat ca urmare a unui studiu statistic.

II.5.4 CONCLUZII

Modelul matematic dezvoltat în vederea simulării procesului de dispersie a NO₂ în atmosferă a permis stabilirea influenței fiecărei surse de poluare cu dioxid de azot în punctul de referință studiat.

În punctul de reper studiat, unde s-au făcut și analize de către Agenția de Protecția Mediului Timișoara, se constată că influența majoră la poluarea cu dioxid de azot o au mijloacele de transport. Acestea au o influență >90% la poluarea centrului orașului cu dioxid de azot.

Prin compararea rezultatelor modelului matematic cu datele experimentale se constată o bună concordanță între acestea, fapt confirmat de valorile erorilor relative. Aceasta dovedește că modelul este suficient de precis pentru a simula procesul de dispersie a dioxidului de azot în atmosferă.

III. CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Lucrarea de față a avut ca scop prezentarea nivelului de cunoaștere în domeniul poluării cu dioxid de azot provenit de la surse staționare și mobile și a principalelor metode de reducere a acesteia. De asemenea scopul lucrării a fost și acela de a elabora modele matematice pertinente de dependență a dispersiei dioxidului de azot de parametrii meteorologici, în studiul de caz abordat: poluare cu NO₂ în municipiul Timișoara.

Predicția nivelului de poluare atmosferică este un domeniu actual și de interes global datorită efectelor negative pe care poluarea o are asupra omului și mediului înconjurător. La nivelul actual de dotare tehnologică a României nu există posibilitatea măsurătorilor on-line a poluanților atmosferici, proveniți de la toate sursele de poluare existente. Din acest motiv elaborarea unor modele de predicție a nivelului imisiilor sau emisiilor este importantă și binevenită.

Studiile abordate în lucrare au un caracter ingineresc, interdisciplinar, pentru care s-a făcut apel la mai multe domenii ale științei, cum ar fi: inginerie chimică, ingineria mediului, matematică, informatică – Mathcad, Statistica, Excel.

Ținând cont de conținutul lucrării se poate aprecia că obiectivele propuse au fost în totalitate atinse și rezolvate după cum urmează:

1. Realizarea unei documentări bibliografice cu privire la metodele speciale de reducere a emisiilor de dioxid de azot în atmosferă: emisii provenite de la surse staționare și cele provenite din traficul rutier.

Acest obiectiv a fost realizat prin studierea unui număr mare de referințe bibliografice de actualitate din țară și străinătate. În lucrare s-au prezentat aspecte legate de acțiunea dioxidului de azot asupra omului și mediului, proprietățile acestui poluant, precum și cele mai cunoscute metode de reducere a emisiilor acestuia, emisii provenite de la surse staționare (microcentrale, centrale termice, sobe, etc) și de la surse mobile (autovehicule, autoutilitare, nave și aeronave).

2. Documentare bibliografică referitoare la modelarea matematică și simularea numerică.

Acest obiectiv propus s-a concretizat prin studierea noțiunilor generale de modelare matematică și simulare numerică. În lucrare este prezentată teoria generală a modelării, noțiunile de sistem, model, modelare, identificare. De asemenea sunt prezentate tipurile de modele matematice existente punându-se un accent deosebit pe modelele statistice. A fost prezentat și rolul simulării în descrierea proceselor reale, în special cele care se referă la poluare, deoarece simularea reprezintă o încercare de imitare a procesului reprezentat prin modelul său.

3. Documentare bibliografică asupra proceselor de dispersie a diversilor poluanți în atmosferă, în general și modelarea proceselor ce însoțesc emisiile de dioxid de azot, în particular.

Acest obiectiv a fost atins și realizat prin prezentarea modelelor matematice referitoare la dispersia diversilor poluanți în atmosferă, între care cel mai cunoscut este modelul Gaussian. Tot pentru realizarea acestui obiectiv au fost prezentate modele matematice specifice surselor de poluare sau modele de predicție a concentrației poluantului în funcție de diverși parametrii considerați.

4. Sinteza principalelor legi și reglementări naționale și internaționale privind protecția mediului, în general și dioxidul de azot, în particular.

Legislația europeană și mai recent cea românească impun norme tot mai stricte marilor poluatori ai atmosferei cu dioxid de azot: centrale termoelectrice, fabrici producătoare de autovehicule, incineratoare de deșeuri, fabricile de acid azotic, etc. Acestea sunt obligate să-și îmbunătățească continuu instalațiile și produsele astfel încât să limiteze și să reducă poluarea atmosferei cu dioxid de azot, deoarece acesta are efecte negative asupra sănătății populației. Pentru realizarea obiectivului referitor la compendiul de legislație, în lucrare s-a realizat o sinteză a principalelor acte normative românești în vigoare și respectiv specificarea actelor comunitare transpuse.

5. Documentare bibliografică referitoare la corelația multiplă neliniară.

În lucrare s-a prezentat algoritmul de realizare a modelelor matematice utilizând corelația multiplă de ordinul 2, algoritmul care a fost apoi aplicat pentru elaborarea modelelor referitoare la dispersia dioxidului de azot în municipiul Timișoara în funcție de parametrii meteorologici.

6. Elaborarea unor modele matematice statistice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot global în atmosferă, în funcție de parametrii meteorologici, considerând ca studiu de caz municipiul Timișoara.

În lucrare s-au studiat posibilitățile de modelare matematică a dispersiei dioxidului de azot provenit de la mai multe surse. Un capitol important a fost acela al studierii dispersiei dioxidului de azot măsurat în centrul municipiului Timișoara – date furnizate de Agenția de Protecția Mediului – denumit generic dioxid de azot global. În cadrul acestui studiu s-au elaborat modele matematice pentru dispersia de dioxid de azot, utilizând corelația multiplă neliniară între 2,3,4 și 5 parametrii, adică influența a 1,2,3 și respectiv 4 parametrii asupra concentrației de dioxid de azot (imisia). Pentru influența simultană a 2 parametrii meteorologici asupra procesului de dispersie a dioxidului de azot s-au elaborat și modele utilizând programul informatic Statistica 6.0.

În cazul modelării matematice utilizând corelația multiplă neliniară de ordinul 2 s-au desprins următoarele concluzii:

- ◆ din valorile obținute pentru indicatorii preciziei modelului rezultă că un singur parametru meteorologic nu poate defini corect fenomenul de dispersie.
- ◆ în cazul corelației dispersiei dioxidului de azot funcție de acțiunea simultană a doi parametrii meteorologici s-au obținut valori bune pentru indicatorii preciziei modelului, excepție făcând acțiunea simultană a presiunii și umidității sau umidității și vitezei vântului. Explicația este că umiditatea are o acțiune antagonică în raport cu alți parametrii meteorologici și că datorită acesteia scade concentrația de dioxid de azot prin transformare în acid azotic (același mecanism cu cel al formării ploilor acide). Rezultate similare s-au obținut și prin utilizarea programului informatic Statistica 6.0 – figurile (54)-(59).

- ◆ în cazul corelației dispersiei dioxidului de azot de acțiunea simultană a trei parametrii meteorologici s-au obținut valori bune pentru indicatorii preciziei modelului, excepție făcând acțiunea simultană a presiunii, umidității și vitezei vântului.
- ◆ în cazul corelației dispersiei dioxidului de azot de acțiunea simultană a patru parametrii meteorologici s-au obținut valori bune pentru indicatorii preciziei modelului. Acest lucru sugerează faptul că fenomenul de dispersie și respectiv predicția concentrație de dioxid de azot este cel mai bine descrisă de acțiunea simultană a tuturor parametrilor meteorologici studiați.

În cazul modelării matematice utilizând corelația multiplă neliniară de ordinul 3 s-au desprins următoarele concluzii:

- ◆ coeficienții de corelație multiplă sunt puțin mai mici decât în cazul corelației multiple neliniare de ordinul 2.
- ◆ valorile mai scăzute ale coeficienților de corelație multiplă se înregistrează în aceleași cazuri ca și pentru studiul când se utilizează corelația multiplă neliniară de ordinul 2.

În ambele cazuri valorile abaterilor medii pătratice sunt satisfăcătoare.

7. Stabilirea de corelații matematice între dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentralele din Timișoara și valorile medii zilnice ale parametrilor meteorologici.

Pentru realizarea acestui obiectiv s-au calculat emisiile de dioxid de azot provenite de la microcentrale cu ajutorul unui algoritm propriu, pe baza datelor brute furnizate legal de Distrigaz Nord și Colterm Timișoara. Cu aceste date s-au dedus modele matematice similare cu cele obținute pentru studiul dispersiei de azot global în atmosferă. Astfel s-au dezvoltat modele matematice care să redea dependența dispersiei dioxidului de azot provenit de la microcentrale de acțiunea simultană a 2,3 și 4 parametrii atmosferici, utilizând corelația multiplă neliniară de ordinul 2 și 3. Ca și în cazul anterior modelarea grafică s-a realizat cu ajutorul programului Statistica 6.0 – figurile (60)-(65).

Se observă că valorile coeficienților de corelație multiplă sunt mai mici decât în studiul anterior, dar cu valori similare referitor la acțiunea acelorași parametrii atmosferici.

De asemenea se observă că valorile abaterilor medii pătratice sunt mult mai mari. Acest fapt nu înseamnă că modelele elaborate nu sunt veridice, ci explicația constă în admiterea unor ipoteze simplificatoare pentru obținerea datelor experimentale.

8. Elaborarea unor modele matematice statistice ce caracterizează dispersia dioxidului de azot provenit de la cele două termocentrale din municipiul Timișoara, în funcție de parametrii meteorologici.

Datele referitoare la concentrația de dioxid de azot au fost legal furnizate de Colterm Timișoara, pentru cele două termocentrale ale orașului – CET CENTRU și CET SUD. În scopul atingerii obiectivului, în lucrare este prezentat algoritmul de obținere a acestor date, precum și ipotezele simplificatoare adoptate. Cu datele astfel obținute s-au elaborat modele matematice de dependență a dispersiei dioxidului de azot provenit de la termocentrală, de acțiunea simultană a 2,3 și 4 parametrii atmosferici, utilizând corelația multiplă neliniară de ordinul 2 și 3. Ca și în cazul anterior modelarea grafică s-a realizat cu ajutorul programului Statistica 6.0 – figurile (66)-(71) și figurile (72)-(77).

Se observă că indicatorii preciziei modelului au valori foarte bune și în acest caz. Abaterile medii pătratice au valori puțin mai ridicate, mai mici decât în cazul modelelor elaborate pentru dispersia dioxidului de azot provenit de la microcentrale. Explicația pentru acest lucru este legată tot de ipotezele simplificatoare adoptate.

Se observă că și în acest caz cea mai bună descriere a fenomenului real este dată luarea în considerare a acțiunii simultane a tuturor parametrilor meteorologici asupra dispersiei dioxidului de azot.

9. Testarea și validarea modelelor elaborate.

Toate modelele matematice au fost testate, fapt realizat prin metoda clasică respectiv utilizând date valorile reale pentru: calculul coeficienților de corelație multiplă neliniară, a abaterilor medii pătratice, a erorilor relative, a dispersiei de adecvanță și a indicatorului preciziei modelului. Rezultatele obținute în urma testării au fost satisfăcătoare.

Dintre principalele cauze pentru care valorile unor indicatori calculați au valori mai mici, se pot aminti:

- ◆ procesele studiate sunt dinamic;
- ◆ procesele studiate depind de forțele naturii;
- ◆ pentru determinarea concentrației de dioxid de azot provenit de la microcentrale și de la cele două termocentrale s-au adoptat o serie de ipoteze simplificatoare.
- ◆ măsurătorile parametrilor meteorologici s-au realizat la CENTRUL METEO TIMIȘOARA, care se află amplasat la o anumită distanță față de cele două surse staționare sau de cele 5 puncte unde s-a considerat că se află microcentralele – figura (78).
- ◆ din calculele efectuate pentru obținerea datelor experimentale rezultă că valorile emisiilor de NO₂ pentru microcentrale sunt în marea majoritate a cazurilor mai mari decât cele provenite de la centralele termice. Dar pana de dispersie a emisiilor provenite de la microcentrale nu este foarte vizibilă deoarece acestea sunt dispuse aleator în tot orașul. Dacă ar fi toate dispuse în mănunchi, așa cum prevede ipoteza simplificatoare pana de dispersie de la microcentrale ar fi mult mai proeminentă decât cea de la cele două centrale termice.

Prin ambele metode utilizate pentru modelarea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot global și a celui provenit de la microcentralele de apartament și cele două centrale termice (corelația multiplă neliniară de ordinul 2 și de respectiv de ordinul 3) s-au obținut coeficienți de corelație aproape identici, diferența dintre valorile obținute prin cele două metode fiind de ordinul sutimilor. Acest fapt sugerează că abordarea problematicii studiate este corectă.

Ținând cont de valorile obținute pentru indicatorii urmăriți se poate concluziona că modelele elaborate în lucrare pot fi validate ca fiind corecte și se poate aprecia că ele reflectă cu o precizie satisfăcătoare fenomenul real. De asemenea se poate considera că utilizând reprezentările din figurile amintite: (54)-(59); (60)-(65); (66)-(71) și (72)-(77) pot fi efectuate predicții cu privire la nivelul de poluare cu dioxid de azot în municipiul Timișoara, pe termen scurt și mediu.

10. Stabilirea concluziilor referitoare la influența parametrilor meteorologici asupra fenomenului de dispersie a dioxidului de azot în atmosferă.

Tabel 47. Valorile coeficienților multipli de corelație și ale abaterilor medii pătratice obținute la modelele matematice elaborate pentru dispersia NO₂ provenit de la surse de emisie staționare

Modele matematice elaborate utilizând corelația multiplă neliniară de ordinul 2								
Caz	Dispersia NO ₂ global		Dispersia NO ₂ provenit de la microcentrale		Dispersia NO ₂ provenit de la CET CENTRU		Dispersia NO ₂ provenit de la CET SUD	
	R	σ	R	σ	R	σ	R	σ
n=f(p,t)	0.86	16.22	0.63	711.69	0.85	469,09	0.93	151.53
n=f(t,u)	0.87	15.93	0.65	707.67	0.86	237,28	0.92	18.66
n=f(p,u)	0.477	28.27	0.55	767.24	0.73	346,09	0.43	18.66
n=f(p,v)	0.92	30.76	0.83	90.42	0.43	707,67	0.35	19.39
n=f(t,v)	0.86	16.29	0.58	745.49	0.84	745,67	0.91	18.66
n=f(u,v)	0.46	28.64	0.47	810.71	0.74	810,71	0.52	18.66
n=f(p,t,v)	0.91	13.24	0.66	692.57	0.86	262.94	0.89	190.14
n=f(p,u,v)	0.54	27.08	0.572	755.66	0.77	333.24	0.53	361.9
n=f(t,u,v)	0.87	15.38	0.68	674.85	0.87	255.08	0.89	186.09
n=f(t,u,p)	0.88	15.22	0.77	583.22	0.87	255.34	0.85	189.7
n=f(p,t,u,v)	0.86	16.3	0.62	715.67	0.86	263.6	0.87	245.93
Modele matematice elaborate utilizând corelația multiplă neliniară de ordinul 3								
Caz	Dispersia NO ₂ global		Dispersia NO ₂ provenit de la microcentrale		Dispersia NO ₂ provenit de la CET CENTRU		Dispersia NO ₂ provenit de la CET SUD	
	R	σ	R	σ	R	σ	R	σ
n=f(p,t)	0.893	14.46	0.656	695.38	0.87	254.22	0.89	188.12
n=f(t,u)	0.87	15.41	0.71	647.53	0.88	248.55	0.89	188.94
n=f(p,u)	0.583	26.14	0.58	746.84	0.76	335.58	0.47	375.87
n=f(p,v)	0.44	28.8	0.5	799.49	0.49	455.68	0.35	398.36
n=f(t,v)	0.87	15.91	0.619	723.64	0.87	254.74	0.894	190.58
n=f(u,v)	0.511	27.66	0.507	793.85	0.78	322.41	0.58	347.65

Pentru realizarea acestui obiectiv s-au centralizat valorile obținute pentru coeficienții multipli de corelație și pentru abaterile medii pătratice obținute pentru toate modelele matematice elaborate în prezenta lucrare: dispersia dioxidului de azot global și a celui provenit de la surse staționare. Aceste date sunt redate în tabelul 47.

Examinând datele din tabelul 47 se pot face următoarele comentarii și elabora o serie de concluzii după cum urmează:

- a. În cazul $n=f(p,t)$ coeficienții de corelație obținuți au valori apropiate, atât în cazul corelației multiple neliniare de ordinul 2 cât și în cazul celei de ordinul 3. Valoarea coeficientului multiplu de corelație în cazul studiului dispersiei NO_2 provenit de la microcentrale este mai mică în raport cu cele obținute în celelalte studii efectuate. Aceasta se explică prin ipotezele simplificatoare adoptate: ardere perfectă, toate microcentralele sunt de același tip, fără filtre și cu un randament de 90% și toate microcentralele au fost asimilate cu o singură sursă de emisie. În ansamblu se poate concluziona că presiunea în combinație cu temperatura are o puternică influență asupra dispersiei dioxidului de azot.
- b. În cazul $n=f(t,u)$ coeficienții de corelație obținuți au valori apropiate, atât în cazul corelației multiple neliniare de ordinul 2 cât și în cazul celei de ordinul 3. Abaterea medie pătratică are valori bune pentru dispersia dioxidului de azot global și valori mai mari în cazul dispersiei celui provenit de la microcentrale și termocentrale. Acest fapt se datorează ipotezelor simplificatoare adoptate. Cum valorile coeficienților de corelație sunt satisfăcătoare se apreciază că ansamblul format din temperatură și umiditate are o influență mare asupra fenomenului de dispersie.
- c. În cazul $n=f(p,u)$ coeficienții de corelație obținuți au valori apropiate, atât în cazul corelației multiple neliniare de ordinul 2 cât și în cazul celei de ordinul 3. Valorile coeficienților sunt mult mai mici decât în cazurile anterioare ceea ce sugerează că umiditatea are o acțiune antagonică față de presiune. Totodată datorită umidității se diminuează concentrația de dioxid de azot prin transformare în acid azotic, deci acțiunea simultană a presiunii și temperaturii nu este relevantă pentru descrierea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot.
- d. În cazul $n=f(p,v)$ coeficienții de corelație obținuți nu au valori apropiate, fiind mai mari în cazul corelației multiple neliniare de ordinul 2 decât în cazul celei de ordinul 3. Valorile coeficienților de corelație sunt mari în cazul dispersiei dioxidului de azot global și a celui provenit de la microcentrale, dar sunt mici pentru dispersia dioxidului de azot provenit de la

cele două termocentrale. Deci acțiunea simultană a presiunii și vitezei vântului nu este relevantă pentru descrierea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot.

- e. În cazul $n=f(t,v)$ coeficienții de corelație obținuți au valori apropiate, atât în cazul corelației multiple neliniare de ordinul 2 cât și în cazul celei de ordinul 3. Valorile acestora fiind mari se poate concluziona că viteza vântului în combinație cu temperatura au o puternică influență asupra dispersiei dioxidului de azot.
- f. În cazul $n=f(u,v)$ coeficienții de corelație obținuți au valori apropiate, atât în cazul corelației multiple neliniare de ordinul 2 cât și în cazul celei de ordinul 3. Valorile acestora fiind mici se poate concluziona că acțiunea simultană a umidității și vitezei vântului nu este relevantă pentru descrierea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot.
- g. În cazul $n=f(p,t,v)$ coeficienții de corelație obținuți au valori asemănătoare pentru toate studiile abordate, iar valorile acestora fiind mari se poate concluziona că viteza vântului în combinație cu temperatura și presiunea au o puternică influență asupra dispersiei dioxidului de azot.
- h. În cazul $n=f(p,u,v)$ coeficienții de corelație obținuți au valori asemănătoare pentru toate studiile abordate, iar valorile acestora fiind mici se poate concluziona că viteza vântului în combinație cu umiditatea și presiunea nu este relevantă pentru descrierea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot. Și în acest caz umiditatea este cea care diminuează valorile coeficienților de corelație multiplă prin acțiunile descrise mai sus.
- i. În cazul $n=f(t,u,v)$ coeficienții de corelație obținuți au valori asemănătoare pentru toate studiile abordate, iar valorile acestora fiind mari se poate concluziona că viteza vântului în combinație cu temperatura și umiditatea au o puternică influență asupra dispersiei dioxidului de azot.
- j. În cazul $n=f(t,u,p)$ coeficienții de corelație obținuți au valori asemănătoare pentru toate studiile abordate, iar valorile acestora fiind mari se poate concluziona că viteza vântului în combinație cu temperatura și presiunea au o puternică influență asupra dispersiei dioxidului de azot. Se poate desprinde ideea că temperatura contracarează efectele umidității.

k. În cazul $n=f(p,t,v,u)$ coeficienții de corelație obținuți au valori asemănătoare pentru toate studiile abordate, iar valorile acestora fiind mari se poate concluziona că luarea în considerare a acțiunii simultane a tuturor celor 4 parametrii meteorologici urmăriți conduc la modele care descriu cu mare acuratețe procesul real.

Prin concluziile prezentate în lucrare obiectivul de mai sus a fost îndeplinit.

11. Simularea fenomenului de dispersie a NO₂ într-un anumit punct de referință prin metode analitico-experimentale. Stabilirea ponderii procentuale cu care fiecare sursă din municipiul Timișoara contribuie la poluarea globală cu dioxid de azot.

Pentru realizarea acestui obiectiv s-au estimat imisiile, într-un anumit punct de referință, provenite de la sursele staționare considerate: microcentrale, CET CENTRU și CET SUD, precum și cele provenite de la traficul rutier.

Pe baza valorilor concentrațiilor de dioxid de azot provenit de la sursele staționare de poluare din municipiul Timișoara s-a stabilit ponderea procentuală cu care fiecare sursă staționară contribuie la poluarea în punctul de referință considerat – figura (81).

Pentru sursele mobile – traficul rutier – s-a dezvoltat un model matematic în vederea estimării imisiilor provenite de la acestea, într-un anumit punct de referință – relația (146).

Pentru simularea fenomenului de poluare cu dioxid de azot în municipiul Timișoara, în punctul de referință s-a dedus ecuația bilanțului de materiale pentru acest poluant – relația (147). Cu ajutorul modelului matematic elaborat s-a determinat concentrația globală de dioxid de azot în punctul de referință și s-a stabilit apoi gradul de influență al surselor staționare și mobile la poluarea cu globală dioxid de azot. Testarea acurateții modelului matematic s-a realizat prin compararea rezultatelor obținute în urma aplicării acestuia cu cele experimentale, date furnizate de Agenția de Protecția Mediului Timișoara. Corelarea acestor date este prezentată în figura (84). Disponerea aproape simetrică a rezultatelor experimentale în raport cu cele obținute pe baza modelului confirmă precizia modelului matematic elaborat. Acest lucru este confirmat și de valorile erorilor relative, prezentate în tabelul 45.

12. Elaborarea de scheme predictive pe termen scurt și mediu a procesului de dispersie a NO₂ provenit de la principalele surse de poluare, în scopul adoptării unor măsuri de compensare a efectelor poluante.

Pe baza modelelor statistice elaborate în lucrare, care sunt și modele de predicție pentru orașul Timișoara, se pot estima, pe termen scurt și mediu, procesele de dispersie a NO₂ provenit de la microcentrale de apartament, CET Centru, CET Sud și traficul rutier în funcție de parametrii meteorologici, pentru cele patru anotimpuri ale anului calendaristic. În această situație organele administrative ale municipiului Timișoara ar putea lua măsuri de compensare a efectelor poluante a NO₂ prin modificarea și chiar schimbarea traseelor rutiere ale autovehiculelor astfel încât cantitatea totală de NO₂ să nu crească prea mult în unele zone (în apropiere de CET Centru, respectiv zone cu densitate mare de microcentrale de apartament).

Contribuții personale

Principalele contribuții personale sunt:

- 1. Realizarea unei documentări bibliografice privind proprietățile dioxidului de azot, acțiunea nocivă a acestuia asupra omului și mediului înconjurător și principalele metode de reducere a imisiilor și emisiilor acestui poluant.**
- 2. Prezentarea sintetică a conceptelor de modelare matematică și simulare numerică.**
- 3. Abordarea sistemică a unui studiu de caz respectiv determinarea unui pachet de modele matematice pentru caracterizarea proceselor ce însoțesc dispersia globală a dioxidului de azot în municipiul Timișoara.**
- 4. Stabilirea unor metodologii și a unor algoritmi de calcul acceptabili pentru determinarea modelelor matematice ce descriu procesele de dispersie a dioxidului de azot pentru sursele staționare și mobile existente în municipiul Timișoara. Astfel pentru sursele staționare s-a studiat fenomenul de dispersie în aer a NO₂ provenit de la microcentrale (rezultate prezentate în capitolul II.3) și pentru cel provenit de la**

termocentralele CET CENTRU și CET SUD (rezultate prezentate în capitolul II.4). Pentru elaborarea modelelor s-au utilizat două metode, respectiv cea analitico-experimentală și metoda statistică. În final rezultatele obținute au demonstrat că abordarea problemelor s-a efectuat corect, indicatorii de calitate ai modelelor obținuți prin cele două metode fiind foarte apropiați.

5. Stabilirea dependențelor care există între variabilele ce caracterizează procesul de dispersie a dioxidului de azot.
6. Elaborarea și validarea de modele matematice de dependență a dispersiei de dioxid de azot global, a celui provenit de la microcentrale și a celui provenit de la cele două termocentrale în funcție de acțiunea simultană a 2,3, și 4 parametrii meteorologici, utilizând corelația multiplă neliniară de ordinul 2 și respectiv de ordinul 3.
7. Elaborarea unor modele statistice grafice și corelații matematice pentru dependența dispersiei dioxidului de azot de acțiunea simultană a 2 parametrii meteorologici, utilizând programul Statistica 6.0, atât pentru dispersia dioxidului de azot global cât și a celui provenit de la microcentrale și termocentrale.
8. Realizarea simulării procesului de dispersie a dioxidului de azot în municipiul Timișoara prin metode analitico-experimentale – cap. II.5 respectiv pentru surse staționare cap. II.5.1, pentru surse mobile – trafic rutier cap. II.5.2. și pentru NO₂ global cap. II.5.3.
9. Stabilirea ponderii procentuale cu care fiecare sursă de poluare cu dioxid de azot: microcentralele, CET Centru , CET Sud, și traficul rutier contribuie la poluare într-un anumit punct de referință.

BIBLIOGRAFIE

1. Negrea Virgiliu, Veneția Sandu, *Combaterea poluării mediului în transporturi rutiere*, Editura Tehnică București, 2000
2. R. Prud'Homme, *Le management de la nature*, Editura Dunod Université, 1980
3. Cososchi Benonia, *Protecția mediului*, Universitatea Tehnică Ghe. Asachi, Iași, 1996.
4. Ștefan Glăvan, *Circulația rutieră și protecția mediului*, Editura Mirton, 1999
5. Christopher I. Aardahl, *Reduction of NO_x by Plasma-Facilitated Catalysis: An Update on the PNNL-Caterpillar CRADA on Heavy Duty Emission Reduction*, <http://www.osti.gov/fcvt/deer2001/aardahl.pdf>
6. Caluianu Sorin, *Măsurarea și controlul poluării atmosferei*, Editura MatrixRom, București 1999
7. Clair N. Sawyer, Perrz L. McCarty, Gene F. Parkin, *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, McGraw Hill, 2003
8. Cheremisinoff Nicolas, *Handbook of air pollution, prevention and control*, PhD, N&P Limited, ISBN 0-7506-7499-7
9. Ertl G., H. Knozinger, J. Weitkamp, *Environmental Catalysis*, Wiley-VCH Germanz, 1999, ISBN 3-527-29827-4
10. Ionel Ioana, *Impact on the air quality due to roumanian power plants*, August 2000, ISBN 973-31-0746-8
11. Ioana Ional, Ungureanu Cornel, *Termoenergetica și mediul*, Editura Politehnica, Timișoara, 1996.
12. Negoiu D., *Tratat de chimie anorganică*, Editura Tehnică, București, 1972
13. Popescu Maria, Popescu Miron, *Ecologie aplicată*, Editura MatrixRom, București, 2000, ISBN 973-685-183-4
14. *Gaseous inorganic air pollutants*
<http://www.sci.ccny.cuny.edu/~tbandosz/EC12.DOC>
15. Cecilia Savii, *Chimia mediului*, Presa Universitară Română, 1998, ISBN 973-98550-5-9
16. Sergio Eduardo Maisuls, *Multiphase Catalysts for Selective Reduction of NO_x with Hydrocarbons*, Enschede, The Netherlands, 2000, ISBN 90-365-14290
17. Racoceanu C., Cruceru M., Paliță V., Diaconu B., *Posibilități de reducere a emisiilor*

- de NO_x în centrale termoelectrice*, 8th international Conference, Tg. Jiu, Mai, 2002.
18. Lăzăroiu Ghe., *Protecția atmosferei împotriva poluării*, Editura Printech, București, 1998, ISBN 973-98454-9-8
 19. M. Cremer, B. Adams, J. Valentine, J. J. Letcavits, S. Vierstra, *Use of CFD modeling to guide design and implementation of overfire air for NO_x control in coal-fired boilers*, Proceedings of Nineteenth Annual International, Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh, PA, USA, September 23-27, 2002
http://www.reaction-eng.com/downloads/pcc_ofa_2002.pdf
 20. Status Report, *Emission Control Technology for Stationary Internal Combustion Engines*, Manufacturers of Emission Control Association, July 1997
 21. Comer J., Johnson S. *SCR Sootsniffers: A New NoxProcess Monitoring Tool*,
<http://www.adaes.com/publications/pub99005.pdf>
 22. J. Stephen, *Advanced Monitoring System for Effective NO_x Control*,
<http://www.nttc.edu/resources/funding/awards/epa/monitor00/Phase1/johnson.asp>
 23. M. Koebel, G. Madia, M. Elsner, *Selective catalytic reduction of NO and NO₂ at low temperature*, http://ene.web.psi.ch/Annex5_PDF/CombResearch/056_057.pdf
 24. Joachim Kupe, Joseph Bonadies, Dave Goulette, Mark Hemingway, Tom Silvis, *Delphi Enhanced NTP emission solution tested on light-duty vehicle*, Diesel engine emission reduction 2000, workshop, Portsmouth Virginia,
<http://www.osti.gov/fcvt/deer2001/kupe.pdf>
 25. A.G. Panov, R. Tonkyn, S.Yoon, A. Kolwaite, S Barlow, M. L. Balmer, *NO_x Reduction Behavior of Alumina and Zeolite Catalysts in Combination with Non-thermal Plasma*, <http://www.osti.gov/fcvt/deer2000/panovpap.pdf>
 26. Martin L. Smidth, *Reduction of NO₂ by Hydrocarbons over H-form Zeolites*,
<http://www.ub.utwente.nl/webdocs/ct/1/t000004e.pdf>
 27. B.M Penetrante, R.M. Brusasco, B.T. Merritt, W.J. Pitz, G.E. Vogtlin, M.C. Kung, H.H. Kung, C.Z. Wan and K.E. Voss, *Plasma-Assisted Catalytic Reduction of NO_x*, Fall Fuels and Lubricants Meeting, San Francisco, octombrie 1998
<http://www.llnl.gov/tid/lof/documents/pdf/234024.pdf>
 28. Chirilă L.M., Balasanian I. *Sur la réduction catalytique des émissions de NO_x aux moteurs a allumage par compression*, Actes du deuxième Colloque Franco-Roumain

- de chimie appliquée COFrRoCA, 2002, Bacău.
29. R. Dorai, *Modeling of plasma remediation of NO_x using global kinetic models accounting for hydrocarbons*
http://uigelz.ece.uiuc.edu/pub/theses/rajesh_ms_thesis.pdf
30. C.H.F. Peden, S.E. Barlow, J.W. Hoard, Ja Hun Kwak, Mari Lou Balmer-Millar, A.G. Panov, S.J. Schmiege, J. Szanyi, R.G. Tonkyn, *Selective Reduction of NO_x in oxygen rich environments with plasma-assisted catalysis: catalyst development and mechanistic studies*, DEER 2003
<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/829828-I7TPJQ/native/829828.pdf>
31. Dae-Won Lee, Jae-Hong Ryu, Dong-Hoon Jeong, Hyeong-Sang Lee, Kwang Min Chun and Kwan-Young Lee, *Hydrocarbon SCR by Plasma Enhanced Catalysis over Gold and Silver Supported on Alumina for Lean NO_x Treatment*,
http://nanocatal.kriect.re.kr/result_pds/kylee2-2.doc
32. G. Savii, M. Luchin, *Modelare și simulare*, Editura Eurostampa, Timișoara, 2000, ISBN: 973-8027-59-4
33. Ghe. Livinț, *Modelarea și identificarea sistemelor*, Ed. Ghe. Asachi, Iași, 2002, ISBN 973-8292-90-5
34. M.V. Cristea, Ș. Agachi, *Elemente de teoria sistemelor*, Ed. Risoprint, Cluj-Napoca, 2002, ISBN 973-656-266-2
35. Delia Perju, M. Geantă, M. Șuta, Carmen Rusnac, *Automatizarea proceselor chimice*, Ed. Mirton, Timișoara, 1998, ISBN 973-578-596-X
36. F. Gorunescu, A. Prodan, *Modelarea stochastică și simulare*, Ed. Albastră, Cluj-Napoca, 2001, ISBN 973-650-023-3
37. Delia Perju, t. Todinca, *Automatizarea proceselor chimice*, Centrul de Multiplicare, vol. 2, Timișoara, 1995
38. Delia Perju, M. Șuta, T.Todinca, Carmen Rusnac, *Echipamente de automatizare pneumatice de joasă presiune. Aplicații.*, Politehnica, Timișoara, 2001
39. Delia Perju, M. Șuta, Carmen Rusnac, *Echipamente de automatizare pneumatice de joasă presiune.*, Politehnica, Timișoara, 2003
40. T. Todinca, M. Geantă, *Modelarea și simularea proceselor chimice*, Ed. Politehnica, 1999, ISBN 973-9389-32-5

41. Isoc D, *Analiza, modelarea și identificarea sistemelor*, Editura Mediamira, 2001
42. Ghe. Constantin, A. Opric, *Caiet de seminar de teoria probabilităților*, Tipografia Universității de Vest, Timișoara, 1998
43. Dimian, *Integrated design and simulation of chemical processes*, Elsevier, 2003
44. Letiția T.S, Aștilean A.M. *Sisteme cu evenimente discrete: modelare, analiză, sinteză și control*, Editura Albastră, Cluj-Napoca, 1998
45. M. Tertișco, P. Stoica, *Identificarea și estimarea parametrilor sistemelor*, Ed. Academiei R.S.R., București, 1980
46. V. Marinoiu, N. Paraschiv, *Automatizarea proceselor chimice*, Ed. Tehnică, București, 1992, ISBN 973-31-0332-2, ISBN 973-31-0425-6
47. S. Agachi, *Automatizarea proceselor chimice*, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, 1994, ISBN 973-95959-7-9
48. Gheorghita Jinescu, Cornelia Balaban, *Operații și utilaje în industria chimică*, Centrul de multiplicare I.P.B, 1981
49. R. Minea, *Procese de separare bazate pe transferul de masă*
50. Nicolae Vaszilczin, *Electrochimie – curs*, Universitatea Politehnica Timisoara, 1996
51. A. Aloman, *Statistică și probabilitate în experimentul științific*, Ed. Matrix Rom, București, 1998, ISBN 973-9390-12-9
52. C. Jalobeanu, I. Rașa, *Probleme de calcul numeric și statistic MATHCAD*, Ed. Albastră, Cluj-Napoca, 1995
53. Nejla Mahjoub Said, Hatem Mhiri, Georges Le Palec, Philippe Bournot, *Experimental and numerical analysis of pollutant dispersion from a chimney*, Atmospheric Environment 39 (2005) 1727–1738
54. Air Quality Modeling in Environmental Impact Assessment
<http://www.ess.co.at/AIR-EIA/LECTURES/L001.html>
55. EPA
<http://www.epa.gov/scram001/>
56. The briggs plume rise equations
<http://www.air-dispersion.com/briggs.html>
57. R. Stern, R.J. Yamartino, A. Graff, *Dispersion modelling within the european communities new air quality framework directive: long term modelling of O₃, PM₁₀*

- and NO₂, USEPA/German Workshop Bad Breising, oct. 9-11, 2002.
58. ENV 6164/4932 *Atmospheric Modeling*
www.ees.ufi.edu/homepp/cywu/env_6164/Intro.ppt
59. Schnelle Karl B.jr., Partha R. Dey, *Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide*, McGraw-Hill, 1999
60. Henk Eskes, Folkert Boersma, *Combined retrieval, modelling and assimilation approach to GOME NO₂*,
http://www.knmi.nl/goa/no2/tm3no2a_webdocu/tm3no2a.html
61. Sentuc Florence-N. N. Eissfeldt, M. J. Kerschgens, R. Schrader, *Investigating the impact of changes in traffic emission structures on urban air pollution with a nested model system*,
<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/79865.pdf>
62. S. Yamazaki, *Preliminary Modeling Study of Vehicle Emission Impact on Air Quality*,
www.pecj.or.jp/japanese/jcap/report/model.pdf
63. Agenția Europeană de protecția mediului
64. Jurnalul Consiliului Europei
65. Stas 12001-81
66. Monitorul oficial al României
67. Ministerul mediului și gospodăririi apelor
www.mmediu.ro
68. Agenția națională de protecția mediului
www.anpm.ro
69. Anexa la ordinul 462/1993 - metodologia de determinare a poluanților atmosferici produși de surse staționare, Institutul de Cercetări și Ingineria Mediului - Splaiul Independenței nr. 294, sector 6, București.
70. *Nitrogen Dioxide (NO₂) ambient levels and Emissions trend*,
www.deq.state.la.us/evaluation/air-indicators/no_2.html
71. European Environmental Agency, *Emissions of air pollutants*
www.eea.europa.eu
72. HOTĂRÂRE Nr. 541 din 17 mai 2003 privind stabilirea unor măsuri pentru limitarea emisiilor în aer ale anumitor poluanți proveniți din instalații mari de ardere - cu

- modificările aduse de: Hotărârea Guvernului nr. 322/2005 și Hotărârea Guvernului nr. 1502/2006.
73. ORDINUL Nr. 462 din 1 iulie 1993 pentru aprobarea Condițiilor tehnice privind protecția atmosferei și Normelor metodologice privind determinarea emisiilor de poluanți atmosferici produși de surse staționare
 74. www.europa.eu
 75. ORDONANȚĂ DE URGENȚĂ nr. 152 din 10 noiembrie 2005 privind prevenirea și controlul integrat al poluării
 76. HOTĂRÂRE nr. 1856 din 22 decembrie 2005 privind plafoanele naționale de emisie pentru anumiți poluanți atmosferici
 77. Directiva nr. 2001/81/CE privind plafoanele naționale de emisie pentru anumiți poluanți atmosferici, publicată în Jurnalul Oficial al Comunităților Europene (JOCE) nr. L 309/2001.
 78. Directiva 98/69/EC a Parlamentului și Consiliului European din 13 Octombrie 1998 privind măsurile care trebuie luate împotriva poluării aerului cu emisii provenite de la autovehicule. Modifică Directiva Consiliului 70/220/EEC
 79. Ioana Ionel, C. Ungureanu, D. Bisorca, *Termoenergetica și mediul*, Editura Politehnica, Timișoara, 2006, ISBN (10) 973-625-387-2, ISBN (13) 978-973-625-387-4
 80. Milton R. Beychok (author and publisher), *Fundamentals of stack gas dispersion*, ISBN 0964458802 ... 4th Edition, 2005
 81. P. Goyal*, T.V.B.P.S. Rama Krishna, Dispersion of pollutants in convective low wind: a case study of Delhi, *Atmospheric Environment* 36 (2002) 2071–2079
 82. M.K. Neophytou, D.A. Goussis, E. Mastorakos, R.E. Britter, The conceptual development of a simple scale-adaptive reactive pollutant dispersion model, *Atmospheric Environment* 39 (2005) 2787–2794
 83. Chemiluminescent Oxides of Nitrogen Analyzer – model AC31M
<http://www.environnement-sa.com/>
 84. Tiron M., *Teoria erorilor de măsurare și metoda celor mai mici pătrate*, Editura tehnică, București, 1972
 85. T. Vladislav, Maria Dobrițoiu, *Elemente de analiză numerică. Teoria erorilor și*

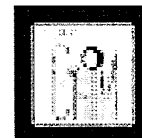
- calculul cu diferențe*, Petroșani, 1994
86. M. Botez, *Teoria erorilor și metoda celor mai mici pătrate*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1961
87. Zaki Moncef, *Traitements de problemes de probabilités en situation de simulation*, teza de doctorat
88. **Harieta Pîrlea**, Dana Silaghi-Perju, *The dispersion modeling of nitrogen dioxide in Timisoara basis on the statistical data*, Zilele Academice Timișene, Timișoara, mai 2005.
89. Ghe. Constantin, R. Negrea, *Lecții de statistică descriptivă*, Univ. de Vest, Timișoara, 2004
90. C. Jalobeanu, I. Rașa, *Probleme de calcul numeric și statistic MATHCAD*, Ed. Albastră, Cluj-Napoca, 1995
91. N. Rancu, L. Tovissi, *Statistică matematică cu aplicații în producție*, Ed. Academiei, 1963
92. F. Popescu, D. Bisorca, P.D. Oprișa-Stănescu, C. Gruescu, *Măsurarea calității aerului și dispersarea noxelor*, Editura Politehnica Timișoara, 2004
93. E. Pop, V. Stoica, I. Naforniță, E. Petriu, *Tehnici moderne de măsurare*, Editura Facla, 1983
94. **Harieta Pîrlea**, Carmen Rusnac, Dana Silaghi-Perju, Delia Perju, *Elaboration of some statistic experimental mathematical models concerning the NO₂ dispersion in the air, basis on the monitoring study of the parameters in Timisoara*, RICCE XiV, 22-24 septembrie 2005, Bucuresti , Vol. 3, Topic 5, pag. 154-163, ISBN 973-718-284-7/973-718-287-1.
95. B.W. Bequette, *Process Dynamics. Modeling, Analysis and Simulation*, Prentice Hall PTR, New Jersey, 1998
96. Antony J. Wheeler, Ahmad R Ganji, *Introduction to Engineering Experimentation*, Prentice Hall, New Jersey, 1996
97. Resa, D, s.a, *Probleme de statistică rezolvate pe calculator*, Ed. Facla, Timișoara, 1984
98. Petrișor E., *Probabilități și statistică*, Ed. Politehnica, Timișoara, 2001
99. Silaghi-Perju D., Riviș A., *Non-linear multiple correlations between the parameters*

- which define plasmatic lipoproteins of coronary artery diseases patients, The VIth Int. Symp. "Young people and multidisciplinary research", Timisoara, 2004*
100. Ionel Dobre, Dana Silaghi-Perju: *Correlations multiples entre les parameters de fluage lors des essais des conducteurs haute tension*, Bul.St.U.P.T, Tom 48(62), Seria mec., Fasc.1, 2003, pg. 49-54, ISSN 1224-6077.
101. Mihoc G., Craiu V., *Tratat de statistică matematică*, Vol. IV, Corelație și regresie liniară, Ed. Academiei, București, 1981
102. **Harieta Pîrlea**, Dana Silaghi-Perju, Delia Perju, M. Șuta, *Analytical and experimental mathematical models for nitrogen dioxide dispersion in the atmosphere, basis on the monitoring of 3 meteorological parameters in Timisoara*, Romania, 10th Mediterranean Congress on Chemical Engineering, 15-18 noiembrie 2005.
103. **Harieta Pîrlea**, Dana-Silaghi Perju, Delia Peju, M. Glevitzky, F. Dobren, *The description of nitrogen dioxid in atmosphere using statistical mathematical models*, Microcad 2006 International Scientific Conference, Environmental protection – Waste management, 16-17 March, Miskolc, Hungary, p. 95-100.
104. **Harieta Pîrlea**, Dana Silaghi-Perju, Delia Perju, Carmen Rusnac, *Modelarea fenomenului de dispersie a dioxidului de azot în atmosferă prin metode statistice*, Revista de Chimie, 57(7), p. 743-748, ISBN 0034-7752.
105. K.F. Pavlov, *Procese și aparate în ingineria chimică*, Timișoara, 1981
106. Manualul inginerului chimist, vol I.
107. Manualul inginerului chimist, vol II.
108. Manual pentru centrale mari – furnizat de Colterm Timișoara – metodologie internă
109. ORDONANȚĂ DE URGENȚĂ nr.34 din 21 martie 2002 privind prevenirea, reducerea și controlul integrat al poluării
110. Agenția de Protecția Mediului Timișoara - AUTORIZATIE INTEGRATA DE MEDIU, Nr.22 din 27.12.2006, Titularul autorizatiei : S.C. COLTERM S.A CET TIMISOARA CENTRU, www.arpmv5.ro
111. CORINAIR – Inventory – Commission of the European Community, CITEPA, Paris 1991.
112. Working Document nr.13 – Energy outlook of the USSR and Eastern Europe – Commission of the European Communities. Bruxelles, mai 1990

113. IEA – Climate change policy initiatives - 1991
114. OCDE/IEA – Greenhouse gas emission, 1991
115. Central Bureau of Statistics of Norway – Natural Resources and the Environment, 1991
116. STAS 12574-87
117. STAS 9081-88
118. I.V. Dunin-Barkovski, N.V. Smirnov, *Teoria probabilităților și statistica matematică în tehnică*, Academia Republicii Populare române, 1955
119. R. Kruse, e. Schwecke, J. Heinsohn, *Uncertainty and Vagueness in Knowledge Based Systems*, Springer-Verlag, 1991
120. Monica Dumitrescu, D. Florea, C. Tudor, *Probleme de teoria probabilităților și statistică matematică*, Editura Tehnică, 1985.
121. **Harieta Pîrlea**, Gabriela-Alina Brusturean, Dana Silaghi Perju, Delia Perju, *The simulation of NO₂ emission dispersion in Timișoara city, in a certain reference point in relation with a stationary source*, Chem. Bull. “Politehnica” Univ. Timișoara, 2008, 53(67), 1-2, p.248-250
122. Delia Perju, **Harieta Pîrlea**, Gabriela-Alina Brusturean, Dana Silaghi-Perju, S. Marinescu, *Modelling and Simulation of NO₂ Dispersion Phenomenon in Atmosphere by Analytical-Experimental Methods*, REV. CHIM. (București) ♦ 59 ♦ Nr.10 ♦ 2008
123. I. Plăcișteanu, *Teoria erorilor de măsurare și metoda celor mai mici pătrate*, Editura Tehnică, 1957
124. Pocinog Grigore, *Modele și metode de simulare*. Editura Eurobit, Timișoara 1998



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA
Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului
30006, Timișoara, Piața Victoriei, nr.2
tel/fax: +40 256 40 30 60
e-mail: decanatch@rectorat.utt.ro



NR. 3010 / 4.11.2004

A.R.P.M. TIMIȘOARA PENTRU REGIUNEA S VEST				
Nr. 4468 Din 10.11.2004				
I	L	R	M	C

Către,
AGENȚIA DE PROTECȚIA MEDIULUI TIMIȘOARA

Catedra de Inginerie Chimică a Facultății de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din cadrul UPT Timișoara, prin prezenta vă solicită posibilitatea inițierii unei colaborări cu agenția dvs în domeniul protecției mediului. Menționăm că în cadrul catedrei noastre este în desfășurare elaborarea unei teze de doctorat, cu titlul "Contribuții la simularea și modelarea proceselor chimice de reducere a emisiilor de dioxid de azot", autor drd. chim-fiz. Pîrlea Harieta, conducător științific Prof.dr.ing. Perju Delia.

Vă solicităm această colaborare în vederea unor determinări experimentale ce pot veni în sprijinul acestei teze de doctorat și a procesului didactic din facultatea noastră.

Considerăm că aceasta colaborare ar fi benefică pentru ambele instituții având în vedere faptul că în catedra noastră există multă experiență în domeniul prelucrărilor statistice informatizate ale datelor experimentale. Dispunem de pachete de programe moderne și de documentare de ultima oră în domeniu, astfel încât am putea să ne aducem aportul, în activitățile desfășurate în cadrul acestei colaborări, la rezolvarea unor probleme importante din domeniul activităților din instituția dvs.

Această colaborare s-ar înscrie în preocupările de la catedra noastră având în vedere că în facultatea noastră funcționează specializarea "Ingineria mediului", în cadrul căreia și cadre didactice ale catedrei noastre își desfășoară activitatea didactică și de cercetare.

Decan:
Prof.dr.ing. Rusnac Lucian

Șef catedră:
Prof.dr.ing. Perju Delia

ANEXA 1

Date furnizate de Agentia de Protectia Mediului Timisoara

**MEDII ORARE ALE CONCENTRATIEI DE NO2 - masurate pe strada M.
Viteazul**

Data	Concentratia NO2	Data	Concentratia NO2	Data	Concentratia NO2	Data	Concentratia NO2
	ug/m3		ug/m3		ug/m3		ug/m3
01/01/04 01:00'	102.5	01/04/04 01:00'	39.6	01/07/04 01:00'	15.0	01/10/04 01:00'	29.7
01/01/04 02:00'	101.7	01/04/04 02:00'	46.7	01/07/04 02:00'	17.0	01/10/04 02:00'	23.5
01/01/04 03:00'	87.3	01/04/04 03:00'	26.9	01/07/04 04:00'	21.7	01/10/04 03:00'	24.2
01/01/04 04:00'	91.2	01/04/04 04:00'	21.9	01/07/04 04:00'	22.6	01/10/04 04:00'	23.0
01/01/04 05:00'	96.1	01/04/04 05:00'	18.9	01/07/04 05:00'	22.1	01/10/04 05:00'	25.8
01/01/04 06:00'	80.0	01/04/04 06:00'	19.3	01/07/04 06:00'	21.9	01/10/04 06:00'	29.4
01/01/04 07:00'	63.6	01/04/04 07:00'	26.9	01/07/04 07:00'	22.8	01/10/04 07:00'	31.8
01/01/04 08:00'	62.7	01/04/04 08:00'	56.4	01/07/04 08:00'	36.5	01/10/04 08:00'	36.4
01/01/04 09:00'	59.2	01/04/04 09:00'	60.3	01/07/04 09:00'	19.1	01/10/04 09:00'	43.5
01/01/04 10:00'	57.0	01/04/04 10:00'	66.2	01/07/04 10:00'	10.5	01/10/04 10:00'	53.4
01/01/04 11:00'	50.8	01/04/04 11:00'	53.3	01/07/04 11:00'	10.0	01/10/04 11:00'	32.2
01/01/04 12:00'	52.9	01/04/04 12:00'	43.9	01/07/04 12:00'	11.3	01/10/04 12:00'	32.7
01/01/04 13:00'	50.6	01/04/04 13:00'	47.2	01/07/04 13:00'	8.8	01/10/04 13:00'	39.1
01/01/04 14:00'	65.4	01/04/04 14:00'	44.7	01/07/04 14:00'	7.0	01/10/04 14:00'	28.1
01/01/04 15:00'	64.2	01/04/04 15:00'	69.7	01/07/04 15:00'	4.7	01/10/04 15:00'	16.0
01/01/04 16:00'	59.5	01/04/04 16:00'	46.9	01/07/04 16:00'	8.2	01/10/04 16:00'	15.1
01/01/04 17:00'	74.0	01/04/04 17:00'	54.7	01/07/04 17:00'	8.2	01/10/04 17:00'	15.2
01/01/04 18:00'	76.7	01/04/04 18:00'	68.3	01/07/04 18:00'	7.2	01/10/04 18:00'	63.5
01/01/04 19:00'	81.8	01/04/04 19:00'	48.4	01/07/04 19:00'	8.6	01/10/04 19:00'	77.6
01/01/04 20:00'	59.7	01/04/04 20:00'	55.1	01/07/04 20:00'	9.0	01/10/04 20:00'	82.2
01/01/04 21:00'	56.4	01/04/04 21:00'	50.2	01/07/04 21:00'	11.9	01/10/04 21:00'	75.9
01/01/04 22:00'	65.2	01/04/04 22:00'	36.9	01/07/04 22:00'	59.2	01/10/04 22:00'	67.8
01/01/04 23:00'	59.5	01/04/04 23:00'	34.4	01/07/04 23:00'	91.8	01/10/04 23:00'	73.7
01/01/04 24:00'	52.1	01/04/04 24:00'	28.3	01/07/04 24:00'	46.1	01/10/04 24:00'	62.7
02/01/04 01:00'	41.0	02/04/04 01:00'	20.1	02/07/04 01:00'	24.8	02/10/04 01:00'	50.5
02/01/04 02:00'	44.5	02/04/04 02:00'	19.3	02/07/04 02:00'	21.3	02/10/04 02:00'	37.4
02/01/04 03:00'	42.2	02/04/04 03:00'	25.8	02/07/04 04:00'	19.3	02/10/04 03:00'	32.0
02/01/04 04:00'	40.8	02/04/04 04:00'	31.6	02/07/04 04:00'	17.0	02/10/04 04:00'	24.0
02/01/04 05:00'	41.4	02/04/04 05:00'	30.3	02/07/04 05:00'	23.2	02/10/04 05:00'	17.6
02/01/04 06:00'	40.8	02/04/04 06:00'	35.7	02/07/04 06:00'	29.3	02/10/04 06:00'	21.5
02/01/04 07:00'	40.2	02/04/04 07:00'	32.6	02/07/04 07:00'	25.8	02/10/04 07:00'	28.5
02/01/04 08:00'	39.4	02/04/04 08:00'	49.4	02/07/04 08:00'	43.5	02/10/04 08:00'	42.8
02/01/04 09:00'	40.8	02/04/04 09:00'	54.5	02/07/04 09:00'	54.9	02/10/04 09:00'	48.4
02/01/04 10:00'	40.8	02/04/04 10:00'	51.5	02/07/04 10:00'	48.8	02/10/04 10:00'	55.6
02/01/04 11:00'	38.1	02/04/04 11:00'	35.1	02/07/04 11:00'	46.3	02/10/04 11:00'	49.2
02/01/04 12:00'	42.6	02/04/04 12:00'	21.9	02/07/04 12:00'	49.6	02/10/04 12:00'	38.2
02/01/04 13:00'	41.2	02/04/04 13:00'	19.1	02/07/04 13:00'	32.0	02/10/04 13:00'	21.9
02/01/04 14:00'	45.9	02/04/04 14:00'	15.8	02/07/04 14:00'	25.4	02/10/04 14:00'	13.8
02/01/04 15:00'	46.7	02/04/04 15:00'	13.7	02/07/04 15:00'	28.5	02/10/04 15:00'	19.1
02/01/04 16:00'	50.2	02/04/04 16:00'	15.4	02/07/04 16:00'	29.3	02/10/04 16:00'	23.5
02/01/04 17:00'	50.8	02/04/04 17:00'	14.4	02/07/04 17:00'	32.2	02/10/04 17:00'	11.5
02/01/04 18:00'	55.6	02/04/04 18:00'	18.2	02/07/04 18:00'	31.4	02/10/04 18:00'	24.2
02/01/04 19:00'	50.6	02/04/04 19:00'	26.0	02/07/04 19:00'	40.4	02/10/04 19:00'	33.9
02/01/04 20:00'	52.5	02/04/04 20:00'	20.9	02/07/04 20:00'	31.8	02/10/04 20:00'	61.4
02/01/04 21:00'	57.8	02/04/04 21:00'	73.4	02/07/04 21:00'	46.9	02/10/04 21:00'	70.3

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

02/01/04 22:00'	54.5	02/04/04 22:00'	74.8	02/07/04 22:00'	30.8	02/10/04 22:00'	63.0
02/01/04 23:00'	49.4	02/04/04 23:00'	23.6	02/07/04 23:00'	44.7	02/10/04 23:00'	50.9
02/01/04 24:00'	44.9	02/04/04 24:00'	19.7	02/07/04 24:00'	42.8	02/10/04 24:00'	47.7
03/01/04 01:00'	43.5	03/04/04 01:00'	17.2	04/07/04 01:00'	35.7	03/10/04 01:00'	46.2
03/01/04 02:00'	41.0	03/04/04 02:00'	20.3	04/07/04 02:00'	20.7	03/10/04 02:00'	38.2
03/01/04 03:00'	38.5	03/04/04 03:00'	14.6	04/07/04 04:00'	17.4	03/10/04 03:00'	36.8
03/01/04 04:00'	35.5	03/04/04 04:00'	12.5	04/07/04 04:00'	17.0	03/10/04 04:00'	30.6
03/01/04 05:00'	34.2	03/04/04 05:00'	13.3	04/07/04 05:00'	21.7	03/10/04 05:00'	24.9
03/01/04 06:00'	33.4	03/04/04 06:00'	23.4	04/07/04 06:00'	22.3	03/10/04 06:00'	21.9
03/01/04 07:00'	37.1	03/04/04 07:00'	24.0	04/07/04 07:00'	32.6	03/10/04 07:00'	17.9
03/01/04 08:00'	38.1	03/04/04 08:00'	39.8	04/07/04 08:00'	52.3	03/10/04 08:00'	17.5
03/01/04 09:00'	44.5	03/04/04 09:00'	40.6	04/07/04 09:00'	55.4	03/10/04 09:00'	17.4
03/01/04 10:00'	46.5	03/04/04 10:00'	29.1	04/07/04 10:00'	54.9	03/10/04 10:00'	18.2
03/01/04 11:00'	39.4	03/04/04 11:00'	19.1	04/07/04 11:00'	42.6	03/10/04 11:00'	17.6
03/01/04 12:00'	42.0	03/04/04 12:00'	17.6	04/07/04 12:00'	19.7	03/10/04 12:00'	18.5
03/01/04 13:00'	45.1	03/04/04 13:00'	14.6	04/07/04 13:00'	7.6	03/10/04 13:00'	16.0
03/01/04 14:00'	48.4	03/04/04 14:00'	14.4	04/07/04 14:00'	8.0	03/10/04 14:00'	14.3
03/01/04 15:00'	50.6	03/04/04 15:00'	14.4	04/07/04 15:00'	6.2	03/10/04 15:00'	11.9
03/01/04 16:00'	48.6	03/04/04 16:00'	15.0	04/07/04 16:00'	8.0	03/10/04 16:00'	10.5
03/01/04 17:00'	53.9	03/04/04 17:00'	15.6	04/07/04 17:00'	8.0	03/10/04 17:00'	15.3
03/01/04 18:00'	53.7	03/04/04 18:00'	16.0	04/07/04 18:00'	6.4	03/10/04 18:00'	29.5
03/01/04 19:00'	60.3	03/04/04 19:00'	23.4	04/07/04 19:00'	13.3	03/10/04 19:00'	42.0
03/01/04 20:00'	53.5	03/04/04 20:00'	89.8	04/07/04 20:00'	14.6	03/10/04 20:00'	54.5
03/01/04 21:00'	48.0	03/04/04 21:00'	103.5	04/07/04 21:00'	17.8	03/10/04 21:00'	59.9
03/01/04 22:00'	47.8	03/04/04 22:00'	90.8	04/07/04 22:00'	24.4	03/10/04 22:00'	59.3
03/01/04 23:00'	50.8	03/04/04 23:00'	60.7	04/07/04 23:00'	36.5	03/10/04 23:00'	51.7
03/01/04 24:00'	46.1	03/04/04 24:00'	27.1	04/07/04 24:00'	32.2	03/10/04 24:00'	44.3
04/01/04 01:00'	41.0	04/04/04 01:00'	15.0	04/07/04 01:00'	21.9	04/10/04 01:00'	28.0
04/01/04 02:00'	38.1	04/04/04 02:00'	16.8	04/07/04 02:00'	17.2	04/10/04 02:00'	29.4
04/01/04 03:00'	35.7	04/04/04 03:00'	13.7	04/07/04 04:00'	15.0	04/10/04 03:00'	23.0
04/01/04 04:00'	36.3	04/04/04 04:00'	16.0	04/07/04 04:00'	15.0	04/10/04 04:00'	20.2
04/01/04 05:00'	34.6	04/04/04 05:00'	28.7	04/07/04 05:00'	11.7	04/10/04 05:00'	15.8
04/01/04 06:00'	37.1	04/04/04 06:00'	32.2	04/07/04 06:00'	14.6	04/10/04 06:00'	17.0
04/01/04 07:00'	37.7	04/04/04 07:00'	32.8	04/07/04 07:00'	24.6	04/10/04 07:00'	20.3
04/01/04 08:00'	39.6	04/04/04 08:00'	31.2	04/07/04 08:00'	45.9	04/10/04 08:00'	21.6
04/01/04 09:00'	44.5	04/04/04 09:00'	31.8	04/07/04 09:00'	53.9	04/10/04 09:00'	27.0
04/01/04 10:00'	46.3	04/04/04 10:00'	25.2	04/07/04 10:00'	52.1	04/10/04 10:00'	24.1
04/01/04 11:00'	48.4	04/04/04 11:00'	23.4	04/07/04 11:00'	48.2	04/10/04 11:00'	21.3
04/01/04 12:00'	50.2	04/04/04 12:00'	15.2	04/07/04 12:00'	15.6	04/10/04 12:00'	20.7
04/01/04 13:00'	47.8	04/04/04 13:00'	11.9	04/07/04 13:00'	16.4	04/10/04 13:00'	22.5
04/01/04 14:00'	45.7	04/04/04 14:00'	10.5	04/07/04 14:00'	16.4	04/10/04 14:00'	19.9
04/01/04 15:00'	49.2	04/04/04 15:00'	10.0	04/07/04 15:00'	9.6	04/10/04 15:00'	20.8
04/01/04 16:00'	58.0	04/04/04 16:00'	9.2	04/07/04 16:00'	8.4	04/10/04 16:00'	30.8
04/01/04 17:00'	58.0	04/04/04 17:00'	9.0	04/07/04 17:00'	9.4	04/10/04 17:00'	35.6
04/01/04 18:00'	63.1	04/04/04 18:00'	10.0	04/07/04 18:00'	37.3	04/10/04 18:00'	37.0
04/01/04 19:00'	61.3	04/04/04 19:00'	11.9	04/07/04 19:00'	63.6	04/10/04 19:00'	77.8
04/01/04 20:00'	60.3	04/04/04 20:00'	23.4	04/07/04 20:00'	23.6	04/10/04 20:00'	62.1
04/01/04 21:00'	53.7	04/04/04 21:00'	84.1	04/07/04 21:00'	19.5	04/10/04 21:00'	52.8
04/01/04 22:00'	57.6	04/04/04 22:00'	45.3	04/07/04 22:00'	19.3	04/10/04 22:00'	50.2
04/01/04 23:00'	58.4	04/04/04 23:00'	56.2	04/07/04 23:00'	24.0	04/10/04 23:00'	47.2
04/01/04 24:00'	50.2	04/04/04 24:00'	40.0	04/07/04 24:00'	14.4	04/10/04 24:00'	44.8
05/01/04 01:00'	50.6	05/04/04 01:00'	21.9	05/07/04 01:00'	11.3	05/10/04 01:00'	35.4
05/01/04 02:00'	52.1	05/04/04 02:00'	16.4	05/07/04 02:00'	8.8	05/10/04 02:00'	25.7
05/01/04 03:00'	36.9	05/04/04 03:00'	21.1	05/07/04 04:00'	8.2	05/10/04 03:00'	25.0
05/01/04 04:00'	39.8	05/04/04 04:00'	23.2	05/07/04 04:00'	8.6	05/10/04 04:00'	20.3
05/01/04 05:00'	37.7	05/04/04 05:00'	28.5	05/07/04 05:00'	10.0	05/10/04 05:00'	18.2
05/01/04 06:00'	32.0	05/04/04 06:00'	27.1	05/07/04 06:00'	9.2	05/10/04 06:00'	15.2
05/01/04 07:00'	36.5	05/04/04 07:00'	34.9	05/07/04 07:00'	11.1	05/10/04 07:00'	23.2
05/01/04 08:00'	50.8	05/04/04 08:00'	48.0	05/07/04 08:00'	14.4	05/10/04 08:00'	34.2

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

05/01/04 09:00'	55.1	05/04/04 09:00'	29.7	05/07/04 09:00'	20.1	05/10/04 09:00'	35.6
05/01/04 10:00'	49.2	05/04/04 10:00'	27.1	05/07/04 10:00'	32.6	05/10/04 10:00'	37.1
05/01/04 11:00'	40.6	05/04/04 11:00'	17.6	05/07/04 11:00'	36.7	05/10/04 11:00'	30.9
05/01/04 12:00'	45.7	05/04/04 12:00'	19.5	05/07/04 12:00'	21.5	05/10/04 12:00'	28.2
05/01/04 13:00'	48.0	05/04/04 13:00'	17.0	05/07/04 13:00'	10.5	05/10/04 13:00'	25.6
05/01/04 14:00'	39.0	05/04/04 14:00'	12.3	05/07/04 14:00'	10.3	05/10/04 14:00'	20.1
05/01/04 16:00'	60.9	05/04/04 15:00'	10.7	05/07/04 15:00'	10.3	05/10/04 15:00'	16.6
05/01/04 17:00'	59.5	05/04/04 16:00'	12.9	05/07/04 16:00'	10.3	05/10/04 16:00'	19.5
05/01/04 18:00'	67.9	05/04/04 17:00'	21.3	05/07/04 17:00'	10.3	05/10/04 17:00'	20.9
05/01/04 19:00'	126.5	05/04/04 18:00'	16.4	05/07/04 18:00'	10.3	05/10/04 18:00'	27.9
05/01/04 20:00'	140.6	05/04/04 19:00'	14.1	05/07/04 19:00'	11.5	05/10/04 19:00'	79.2
05/01/04 21:00'	101.3	05/04/04 20:00'	25.6	05/07/04 20:00'	30.5	05/10/04 20:00'	78.5
05/01/04 22:00'	88.6	05/04/04 21:00'	23.6	05/07/04 21:00'	26.2	05/10/04 21:00'	53.2
05/01/04 23:00'	86.9	05/04/04 22:00'	16.4	05/07/04 22:00'	18.2	05/10/04 22:00'	35.7
05/01/04 24:00'	82.8	05/04/04 23:00'	15.0	05/07/04 23:00'	16.2	05/10/04 23:00'	35.4
06/01/04 01:00'	60.1	05/04/04 24:00'	13.5	05/07/04 24:00'	35.7	05/10/04 24:00'	38.5
06/01/04 02:00'	50.4	06/04/04 01:00'	11.5	06/07/04 01:00'	23.8	06/10/04 01:00'	36.6
06/01/04 03:00'	47.8	06/04/04 02:00'	11.3	06/07/04 02:00'	16.2	06/10/04 02:00'	27.7
06/01/04 04:00'	51.0	06/04/04 03:00'	11.3	06/07/04 04:00'	8.6	06/10/04 03:00'	19.1
06/01/04 05:00'	54.1	06/04/04 04:00'	9.6	06/07/04 04:00'	8.2	06/10/04 04:00'	16.4
06/01/04 06:00'	61.1	06/04/04 05:00'	9.8	06/07/04 05:00'	8.2	06/10/04 05:00'	16.0
06/01/04 07:00'	66.8	06/04/04 06:00'	12.3	06/07/04 06:00'	9.0	06/10/04 06:00'	17.3
06/01/04 08:00'	92.5	06/04/04 07:00'	20.3	06/07/04 07:00'	10.3	06/10/04 07:00'	23.8
06/01/04 09:00'	100.5	06/04/04 08:00'	28.3	06/07/04 08:00'	15.6	06/10/04 08:00'	41.5
06/01/04 10:00'	85.9	06/04/04 09:00'	32.0	06/07/04 09:00'	17.2	06/10/04 09:00'	45.7
06/01/04 11:00'	87.5	06/04/04 10:00'	40.4	06/07/04 10:00'	18.2	06/10/04 10:00'	39.7
06/01/04 12:00'	85.1	06/04/04 11:00'	29.3	06/07/04 11:00'	17.2	06/10/04 11:00'	36.3
06/01/04 13:00'	78.1	06/04/04 12:00'	24.4	06/07/04 12:00'	18.9	06/10/04 12:00'	27.7
06/01/04 14:00'	90.0	06/04/04 13:00'	15.0	06/07/04 13:00'	11.1	06/10/04 13:00'	22.8
06/01/04 15:00'	95.5	06/04/04 14:00'	14.6	06/07/04 14:00'	10.9	06/10/04 14:00'	19.2
06/01/04 16:00'	110.5	06/04/04 15:00'	18.9	06/07/04 15:00'	7.8	06/10/04 15:00'	17.4
06/01/04 17:00'	111.9	06/04/04 16:00'	24.8	06/07/04 16:00'	9.2	06/10/04 16:00'	21.6
06/01/04 18:00'	126.9	06/04/04 17:00'	21.7	06/07/04 17:00'	6.2	06/10/04 17:00'	24.2
06/01/04 19:00'	127.3	06/04/04 18:00'	31.6	06/07/04 18:00'	7.6	06/10/04 18:00'	26.4
06/01/04 20:00'	122.4	06/04/04 19:00'	35.9	06/07/04 19:00'	14.8	06/10/04 19:00'	34.0
06/01/04 21:00'	117.3	06/04/04 20:00'	50.4	06/07/04 20:00'	18.5	06/10/04 20:00'	31.2
06/01/04 22:00'	123.2	06/04/04 21:00'	43.3	06/07/04 21:00'	16.6	06/10/04 21:00'	29.9
06/01/04 23:00'	130.0	06/04/04 22:00'	77.3	06/07/04 22:00'	15.6	06/10/04 22:00'	37.0
06/01/04 24:00'	128.5	06/04/04 23:00'	70.1	06/07/04 23:00'	10.9	06/10/04 23:00'	42.7
07/01/04 01:00'	116.6	06/04/04 24:00'	39.2	06/07/04 24:00'	10.3	06/10/04 24:00'	49.8
07/01/04 02:00'	103.9	07/04/04 01:00'	32.8	07/07/04 01:00'	7.4	07/10/04 01:00'	39.6
07/01/04 03:00'	104.1	07/04/04 02:00'	24.0	07/07/04 02:00'	8.2	07/10/04 02:00'	25.4
07/01/04 04:00'	100.7	07/04/04 03:00'	24.4	07/07/04 04:00'	9.0	07/10/04 03:00'	19.3
07/01/04 05:00'	102.1	07/04/04 04:00'	16.8	07/07/04 04:00'	8.8	07/10/04 04:00'	13.9
07/01/04 06:00'	114.4	07/04/04 05:00'	13.7	07/07/04 05:00'	8.4	07/10/04 05:00'	14.4
07/01/04 07:00'	104.1	07/04/04 06:00'	16.2	07/07/04 06:00'	10.3	07/10/04 06:00'	13.3
07/01/04 08:00'	85.7	07/04/04 07:00'	25.6	07/07/04 07:00'	16.6	07/10/04 07:00'	22.4
07/01/04 09:00'	77.9	07/04/04 08:00'	27.9	07/07/04 08:00'	25.2	07/10/04 08:00'	36.0
07/01/04 10:00'	64.4	07/04/04 09:00'	22.3	07/07/04 09:00'	42.2	07/10/04 09:00'	40.8
07/01/04 11:00'	73.8	07/04/04 12:00'	12.7	07/07/04 10:00'	46.9	07/10/04 10:00'	42.7
07/01/04 12:00'	66.6	07/04/04 13:00'	11.3	07/07/04 11:00'	32.8	07/10/04 11:00'	42.2
07/01/04 13:00'	71.5	07/04/04 14:00'	14.4	07/07/04 12:00'	19.9	07/10/04 12:00'	26.6
07/01/04 14:00'	81.6	07/04/04 15:00'	21.9	07/07/04 13:00'	19.9	07/10/04 13:00'	19.2
07/01/04 15:00'	94.1	07/04/04 16:00'	32.6	07/07/04 14:00'	19.5	07/10/04 14:00'	16.8
07/01/04 16:00'	105.0	07/04/04 17:00'	40.8	07/07/04 15:00'	16.0	07/10/04 15:00'	18.7
07/01/04 17:00'	101.9	07/04/04 18:00'	49.0	07/07/04 16:00'	20.5	07/10/04 16:00'	21.1
07/01/04 18:00'	120.1	07/04/04 19:00'	29.5	07/07/04 17:00'	27.3	07/10/04 17:00'	22.5
07/01/04 19:00'	122.8	07/04/04 20:00'	51.7	07/07/04 18:00'	27.1	07/10/04 18:00'	68.4
07/01/04 20:00'	108.0	07/04/04 21:00'	43.1	07/07/04 19:00'	36.9	07/10/04 19:00'	96.3

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

07/01/04 21:00'	120.5	07/04/04 22:00'	32.2	07/07/04 20:00'	68.3	07/10/04 20:00'	95.6
07/01/04 22:00'	124.2	07/04/04 23:00'	24.4	07/07/04 21:00'	60.1	07/10/04 21:00'	91.5
07/01/04 23:00'	155.2	07/04/04 24:00'	15.8	07/07/04 22:00'	46.3	07/10/04 22:00'	84.0
07/01/04 24:00'	151.1	08/04/04 01:00'	13.5	07/07/04 23:00'	31.6	07/10/04 23:00'	78.1
08/01/04 01:00'	150.9	08/04/04 02:00'	12.3	07/07/04 24:00'	25.8	07/10/04 24:00'	65.2
08/01/04 02:00'	143.5	08/04/04 03:00'	9.0	08/07/04 01:00'	39.4	08/10/04 01:00'	55.0
08/01/04 03:00'	89.8	08/04/04 04:00'	8.2	08/07/04 02:00'	34.4	08/10/04 02:00'	45.2
08/01/04 04:00'	86.3	08/04/04 05:00'	8.2	08/07/04 04:00'	34.6	08/10/04 03:00'	33.0
08/01/04 05:00'	63.3	08/04/04 06:00'	9.6	08/07/04 04:00'	32.2	08/10/04 04:00'	25.9
08/01/04 06:00'	61.1	08/04/04 07:00'	12.5	08/07/04 05:00'	28.3	08/10/04 05:00'	21.4
08/01/04 07:00'	70.1	08/04/04 08:00'	16.2	08/07/04 06:00'	23.0	08/10/04 06:00'	21.9
08/01/04 08:00'	91.4	08/04/04 09:00'	17.6	08/07/04 07:00'	21.3	08/10/04 07:00'	26.8
08/01/04 09:00'	111.1	08/04/04 10:00'	16.4	08/07/04 08:00'	26.9	08/10/04 08:00'	36.2
08/01/04 10:00'	85.9	08/04/04 11:00'	16.2	08/07/04 09:00'	35.3	08/10/04 09:00'	35.8
08/01/04 11:00'	98.8	08/04/04 12:00'	'Calib'	08/07/04 10:00'	33.8	08/10/04 10:00'	34.4
08/01/04 12:00'	118.5	08/04/04 13:00'	19.3	08/07/04 11:00'	52.9	08/10/04 11:00'	31.9
08/01/04 13:00'	128.1	08/04/04 14:00'	14.1	08/07/04 12:00'	46.5	08/10/04 12:00'	31.2
08/01/04 14:00'	138.6	08/04/04 15:00'	16.2	08/07/04 13:00'	54.3	08/10/04 13:00'	33.9
08/01/04 15:00'	135.1	08/04/04 16:00'	33.0	08/07/04 14:00'	28.5	08/10/04 14:00'	40.5
08/01/04 16:00'	138.6	08/04/04 17:00'	27.1	08/07/04 15:00'	14.1	08/10/04 15:00'	38.6
08/01/04 17:00'	140.8	08/04/04 18:00'	49.2	08/07/04 16:00'	16.8	08/10/04 16:00'	34.0
08/01/04 18:00'	201.3	08/04/04 19:00'	71.5	08/07/04 17:00'	15.6	08/10/04 17:00'	45.2
08/01/04 19:00'	227.8	08/04/04 20:00'	59.5	08/07/04 18:00'	18.9	08/10/04 18:00'	74.7
08/01/04 20:00'	219.1	08/04/04 21:00'	56.8	08/07/04 19:00'	15.4	08/10/04 19:00'	90.3
08/01/04 21:00'	216.5	08/04/04 22:00'	85.5	08/07/04 20:00'	8.4	08/10/04 20:00'	92.0
08/01/04 22:00'	188.8	08/04/04 23:00'	75.0	08/07/04 21:00'	12.5	08/10/04 21:00'	80.6
08/01/04 23:00'	174.0	08/04/04 24:00'	71.8	08/07/04 22:00'	18.9	08/10/04 22:00'	73.4
08/01/04 24:00'	162.0	09/04/04 01:00'	78.7	08/07/04 23:00'	23.2	08/10/04 23:00'	75.8
09/01/04 01:00'	146.0	09/04/04 02:00'	58.4	08/07/04 24:00'	38.1	08/10/04 24:00'	67.9
09/01/04 02:00'	99.8	09/04/04 03:00'	39.0	09/07/04 01:00'	36.9	09/10/04 01:00'	43.3
09/01/04 03:00'	76.1	09/04/04 04:00'	32.8	09/07/04 02:00'	26.0	09/10/04 02:00'	34.8
09/01/04 04:00'	85.9	09/04/04 05:00'	25.4	09/07/04 04:00'	17.6	09/10/04 03:00'	28.3
09/01/04 05:00'	103.7	09/04/04 06:00'	20.7	09/07/04 04:00'	21.3	09/10/04 04:00'	23.6
09/01/04 06:00'	91.0	09/04/04 07:00'	25.6	09/07/04 05:00'	21.5	09/10/04 05:00'	21.5
09/01/04 07:00'	90.4	09/04/04 08:00'	36.5	09/07/04 06:00'	20.5	09/10/04 06:00'	17.7
09/01/04 08:00'	98.8	09/04/04 09:00'	39.2	09/07/04 07:00'	28.3	09/10/04 07:00'	20.7
09/01/04 09:00'	102.7	09/04/04 10:00'	33.4	09/07/04 08:00'	29.5	09/10/04 08:00'	23.9
09/01/04 10:00'	92.3	09/04/04 11:00'	51.0	09/07/04 09:00'	35.9	09/10/04 09:00'	28.0
09/01/04 11:00'	87.3	09/04/04 12:00'	'Span'	09/07/04 10:00'	46.5	09/10/04 10:00'	24.3
09/01/04 12:00'	82.6	09/04/04 13:00'	72.2	09/07/04 11:00'	21.5	09/10/04 11:00'	24.7
09/01/04 13:00'	88.8	09/04/04 14:00'	74.6	09/07/04 12:00'	32.8	09/10/04 12:00'	23.0
09/01/04 14:00'	89.2	09/04/04 15:00'	87.5	09/07/04 13:00'	22.6	09/10/04 13:00'	15.8
09/01/04 15:00'	91.2	09/04/04 16:00'	68.7	09/07/04 14:00'	19.5	09/10/04 14:00'	14.3
09/01/04 16:00'	112.1	09/04/04 17:00'	95.3	09/07/04 15:00'	34.2	09/10/04 15:00'	18.3
09/01/04 17:00'	135.9	09/04/04 18:00'	56.4	09/07/04 16:00'	41.6	09/10/04 16:00'	27.6
09/01/04 18:00'	143.3	09/04/04 19:00'	80.2	09/07/04 17:00'	20.5	09/10/04 17:00'	39.2
09/01/04 19:00'	134.7	09/04/04 20:00'	117.7	09/07/04 18:00'	28.3	09/10/04 18:00'	22.0
09/01/04 20:00'	120.3	09/04/04 21:00'	64.4	09/07/04 19:00'	26.9	09/10/04 19:00'	18.9
09/01/04 21:00'	103.5	09/04/04 22:00'	52.3	09/07/04 20:00'	26.9	09/10/04 20:00'	24.0
09/01/04 22:00'	98.2	09/04/04 23:00'	50.4	09/07/04 21:00'	25.8	09/10/04 21:00'	22.0
09/01/04 23:00'	94.5	09/04/04 24:00'	39.6	09/07/04 22:00'	19.1	09/10/04 22:00'	24.4
09/01/04 24:00'	84.1	10/04/04 01:00'	40.6	09/07/04 23:00'	25.2	09/10/04 23:00'	28.3
10/01/04 01:00'	81.8	10/04/04 02:00'	35.9	09/07/04 24:00'	25.8	09/10/04 24:00'	28.7
10/01/04 02:00'	75.6	10/04/04 03:00'	33.0	10/07/04 01:00'	15.2	10/10/04 01:00'	25.4
10/01/04 03:00'	72.8	10/04/04 04:00'	33.2	10/07/04 02:00'	11.7	10/10/04 02:00'	25.7
10/01/04 04:00'	73.6	10/04/04 05:00'	27.5	10/07/04 04:00'	9.2	10/10/04 03:00'	21.7
10/01/04 05:00'	67.9	10/04/04 06:00'	31.2	10/07/04 04:00'	8.0	10/10/04 04:00'	17.8
10/01/04 06:00'	72.6	10/04/04 07:00'	45.9	10/07/04 05:00'	8.6	10/10/04 05:00'	13.9
10/01/04 07:00'	86.1	10/04/04 08:00'	55.1	10/07/04 06:00'	13.3	10/10/04 06:00'	13.9

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

10/01/04 08:00'	112.1	10/04/04 09:00'	80.2	10/07/04 07:00'	22.1	10/10/04 07:00'	17.5
10/01/04 09:00'	114.2	10/04/04 10:00'	88.4	10/07/04 08:00'	22.6	10/10/04 08:00'	19.0
10/01/04 10:00'	136.7	10/04/04 11:00'	89.8	10/07/04 09:00'	16.8	10/10/04 09:00'	17.2
10/01/04 11:00'	114.8	10/04/04 12:00'	86.9	10/07/04 10:00'	11.9	10/10/04 10:00'	23.5
10/01/04 12:00'	120.5	10/04/04 13:00'	77.5	10/07/04 11:00'	32.2	10/10/04 11:00'	26.2
10/01/04 13:00'	124.0	10/04/04 14:00'	63.3	10/07/04 12:00'	39.0	10/10/04 12:00'	24.4
10/01/04 14:00'	91.2	10/04/04 15:00'	43.7	10/07/04 13:00'	46.9	10/10/04 13:00'	32.6
10/01/04 15:00'	91.2	10/04/04 16:00'	81.0	10/07/04 14:00'	40.8	10/10/04 14:00'	34.3
10/01/04 16:00'	91.0	10/04/04 17:00'	73.6	10/07/04 15:00'	43.7	10/10/04 15:00'	26.4
10/01/04 17:00'	97.6	10/04/04 18:00'	75.4	10/07/04 16:00'	36.3	10/10/04 16:00'	31.5
10/01/04 18:00'	99.8	10/04/04 19:00'	56.8	10/07/04 17:00'	25.2	10/10/04 17:00'	27.9
10/01/04 19:00'	118.7	10/04/04 20:00'	47.2	10/07/04 18:00'	33.2	10/10/04 18:00'	34.3
10/01/04 20:00'	127.5	10/04/04 21:00'	44.9	10/07/04 19:00'	35.3	10/10/04 19:00'	39.0
10/01/04 21:00'	120.1	10/04/04 22:00'	33.0	10/07/04 20:00'	25.6	10/10/04 20:00'	22.6
10/01/04 22:00'	94.5	10/04/04 23:00'	32.0	10/07/04 21:00'	24.4	10/10/04 21:00'	22.5
10/01/04 23:00'	97.4	10/04/04 24:00'	27.5	10/07/04 22:00'	24.4	10/10/04 22:00'	27.2
10/01/04 24:00'	101.7	11/04/04 01:00'	21.9	10/07/04 23:00'	18.7	10/10/04 23:00'	25.2
11/01/04 01:00'	90.6	11/04/04 02:00'	25.0	10/07/04 24:00'	15.4	10/10/04 24:00'	16.0
11/01/04 02:00'	89.8	11/04/04 03:00'	47.2	11/07/04 01:00'	12.9	11/10/04 01:00'	12.5
11/01/04 03:00'	84.1	11/04/04 04:00'	32.4	11/07/04 02:00'	13.3	11/10/04 02:00'	11.3
11/01/04 04:00'	86.3	11/04/04 05:00'	27.5	11/07/04 03:00'	16.0	11/10/04 03:00'	10.2
11/01/04 05:00'	78.3	11/04/04 06:00'	28.1	11/07/04 04:00'	17.0	11/10/04 04:00'	9.3
11/01/04 06:00'	74.0	11/04/04 07:00'	23.8	11/07/04 05:00'	15.0	11/10/04 05:00'	10.1
11/01/04 07:00'	77.3	11/04/04 08:00'	41.0	11/07/04 06:00'	16.0	11/10/04 06:00'	12.0
11/01/04 08:00'	64.4	11/04/04 09:00'	46.7	11/07/04 07:00'	21.7	11/10/04 07:00'	18.5
11/01/04 09:00'	83.8	11/04/04 10:00'	32.0	11/07/04 08:00'	31.6	11/10/04 08:00'	34.2
11/01/04 10:00'	67.4	11/04/04 11:00'	29.7	11/07/04 09:00'	23.2	11/10/04 09:00'	43.1
11/01/04 11:00'	67.0	11/04/04 12:00'	36.7	11/07/04 10:00'	17.6	11/10/04 10:00'	41.6
11/01/04 12:00'	71.3	11/04/04 13:00'	40.2	11/07/04 11:00'	32.8	11/10/04 11:00'	52.9
11/01/04 13:00'	70.3	11/04/04 14:00'	29.3	11/07/04 12:00'	44.9	11/10/04 12:00'	33.0
11/01/04 14:00'	94.1	11/04/04 15:00'	30.8	11/07/04 13:00'	40.6	11/10/04 13:00'	34.0
11/01/04 15:00'	105.8	11/04/04 16:00'	35.3	11/07/04 14:00'	47.2	11/10/04 14:00'	45.4
11/01/04 16:00'	86.9	11/04/04 17:00'	48.6	11/07/04 15:00'	59.0	11/10/04 15:00'	39.5
11/01/04 17:00'	84.9	11/04/04 18:00'	38.7	11/07/04 16:00'	51.7	11/10/04 16:00'	42.8
11/01/04 18:00'	92.3	11/04/04 19:00'	31.2	11/07/04 17:00'	43.9	11/10/04 17:00'	42.6
11/01/04 19:00'	85.9	11/04/04 20:00'	41.0	11/07/04 18:00'	37.3	11/10/04 18:00'	47.7
11/01/04 20:00'	80.2	11/04/04 21:00'	46.3	11/07/04 19:00'	34.4	11/10/04 19:00'	66.8
11/01/04 21:00'	69.7	11/04/04 22:00'	40.6	11/07/04 20:00'	29.5	11/10/04 20:00'	71.6
11/01/04 22:00'	65.8	11/04/04 23:00'	37.5	11/07/04 21:00'	40.0	11/10/04 21:00'	38.8
11/01/04 23:00'	61.9	11/04/04 24:00'	24.2	11/07/04 22:00'	45.1	11/10/04 22:00'	22.7
11/01/04 24:00'	58.4	12/04/04 01:00'	21.3	11/07/04 23:00'	68.1	11/10/04 23:00'	20.0
12/01/04 01:00'	59.7	12/04/04 02:00'	17.6	11/07/04 24:00'	48.8	11/10/04 24:00'	17.6
12/01/04 02:00'	54.7	12/04/04 03:00'	17.0	12/07/04 01:00'	48.2	12/10/04 01:00'	14.5
12/01/04 03:00'	47.8	12/04/04 04:00'	16.6	12/07/04 02:00'	41.6	12/10/04 02:00'	12.0
12/01/04 04:00'	51.7	12/04/04 05:00'	17.0	12/07/04 03:00'	39.2	12/10/04 03:00'	10.7
12/01/04 05:00'	71.3	12/04/04 06:00'	22.1	12/07/04 04:00'	37.1	12/10/04 04:00'	10.4
12/01/04 06:00'	60.5	12/04/04 07:00'	24.2	12/07/04 05:00'	34.2	12/10/04 05:00'	10.4
12/01/04 07:00'	67.9	12/04/04 08:00'	25.2	12/07/04 06:00'	24.6	12/10/04 06:00'	11.4
12/01/04 08:00'	94.9	12/04/04 09:00'	34.6	12/07/04 07:00'	21.3	12/10/04 07:00'	24.1
12/01/04 09:00'	117.3	12/04/04 10:00'	35.3	12/07/04 08:00'	20.3	12/10/04 08:00'	35.6
12/01/04 10:00'	119.3	12/04/04 11:00'	37.3	12/07/04 09:00'	15.6	12/10/04 09:00'	35.6
12/01/04 11:00'	120.1	12/04/04 12:00'	47.2	12/07/04 10:00'	14.8	12/10/04 10:00'	35.0
12/01/04 12:00'	82.8	12/04/04 13:00'	43.5	12/07/04 11:00'	11.1	12/10/04 11:00'	32.8
12/01/04 13:00'	77.7	12/04/04 14:00'	45.7	12/07/04 12:00'	12.7	12/10/04 12:00'	26.4
12/01/04 14:00'	78.5	12/04/04 15:00'	44.7	12/07/04 13:00'	10.9	12/10/04 13:00'	15.0
12/01/04 15:00'	82.6	12/04/04 16:00'	47.8	12/07/04 14:00'	9.8	12/10/04 14:00'	12.5
12/01/04 16:00'	90.8	12/04/04 17:00'	46.1	12/07/04 15:00'	13.7	12/10/04 15:00'	22.8
12/01/04 17:00'	139.2	12/04/04 18:00'	45.7	12/07/04 16:00'	17.2	12/10/04 16:00'	44.8
12/01/04 18:00'	158.7	12/04/04 19:00'	46.7	12/07/04 17:00'	15.6	12/10/04 17:00'	27.0

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

12/01/04 19:00'	111.7	12/04/04 20:00'	54.7	12/07/04 18:00'	17.4	12/10/04 20:00'	25.3
12/01/04 20:00'	116.6	12/04/04 21:00'	87.9	12/07/04 19:00'	24.6	12/10/04 21:00'	21.4
12/01/04 21:00'	89.8	12/04/04 22:00'	61.7	12/07/04 20:00'	22.8	12/10/04 22:00'	23.3
12/01/04 22:00'	80.2	12/04/04 23:00'	59.5	12/07/04 21:00'	20.1	12/10/04 23:00'	37.5
12/01/04 23:00'	78.3	12/04/04 24:00'	63.8	12/07/04 22:00'	25.6	12/10/04 24:00'	37.6
12/01/04 24:00'	94.7	13/04/04 01:00'	67.2	12/07/04 23:00'	75.9	13/10/04 01:00'	38.0
13/01/04 01:00'	73.6	13/04/04 02:00'	71.1	12/07/04 24:00'	103.5	13/10/04 02:00'	20.0
13/01/04 02:00'	77.3	13/04/04 03:00'	60.5	13/07/04 01:00'	67.0	13/10/04 03:00'	14.9
13/01/04 03:00'	76.7	13/04/04 04:00'	33.4	13/07/04 02:00'	30.3	13/10/04 04:00'	14.0
13/01/04 04:00'	64.0	13/04/04 05:00'	30.8	13/07/04 04:00'	21.3	13/10/04 05:00'	14.4
13/01/04 05:00'	35.9	13/04/04 06:00'	22.6	13/07/04 04:00'	18.7	13/10/04 06:00'	18.5
13/01/04 06:00'	34.9	13/04/04 07:00'	30.1	13/07/04 05:00'	14.6	13/10/04 07:00'	24.1
13/01/04 07:00'	45.3	13/04/04 08:00'	65.2	13/07/04 06:00'	13.7	13/10/04 08:00'	33.9
13/01/04 08:00'	55.4	13/04/04 09:00'	55.1	13/07/04 07:00'	19.5	13/10/04 09:00'	50.6
13/01/04 09:00'	65.0	13/04/04 10:00'	51.0	13/07/04 08:00'	27.9	13/10/04 10:00'	45.9
14/01/04 10:00'	83.8	13/04/04 11:00'	63.1	13/07/04 09:00'	25.8	13/10/04 11:00'	39.6
14/01/04 11:00'	90.8	13/04/04 12:00'	46.3	13/07/04 10:00'	13.7	13/10/04 12:00'	27.7
14/01/04 12:00'	132.2	13/04/04 13:00'	54.5	13/07/04 11:00'	9.4	13/10/04 13:00'	29.7
14/01/04 13:00'	141.7	13/04/04 14:00'	49.2	13/07/04 12:00'	13.7	13/10/04 14:00'	27.9
14/01/04 14:00'	151.9	13/04/04 15:00'	28.9	13/07/04 13:00'	15.0	13/10/04 15:00'	27.3
14/01/04 15:00'	163.6	13/04/04 16:00'	37.7	13/07/04 14:00'	10.9	13/10/04 16:00'	38.0
14/01/04 16:00'	180.8	13/04/04 17:00'	28.5	13/07/04 15:00'	7.4	13/10/04 17:00'	43.9
14/01/04 17:00'	131.0	13/04/04 18:00'	21.7	13/07/04 16:00'	8.2	13/10/04 18:00'	52.2
14/01/04 18:00'	119.1	13/04/04 19:00'	23.8	13/07/04 17:00'	6.2	13/10/04 19:00'	33.5
14/01/04 19:00'	119.7	13/04/04 20:00'	21.7	13/07/04 18:00'	5.9	13/10/04 20:00'	43.3
14/01/04 20:00'	99.8	13/04/04 21:00'	23.8	13/07/04 19:00'	4.5	13/10/04 21:00'	57.5
14/01/04 21:00'	111.9	13/04/04 22:00'	21.9	13/07/04 20:00'	11.9	13/10/04 22:00'	45.6
14/01/04 22:00'	87.1	13/04/04 23:00'	26.0	13/07/04 21:00'	23.0	13/10/04 23:00'	58.9
14/01/04 23:00'	106.8	13/04/04 24:00'	24.8	13/07/04 22:00'	17.4	13/10/04 24:00'	54.5
14/01/04 24:00'	138.0	14/04/04 01:00'	21.1	13/07/04 23:00'	19.3	14/10/04 01:00'	36.4
15/01/04 01:00'	74.0	14/04/04 02:00'	19.1	13/07/04 24:00'	16.2	14/10/04 02:00'	26.9
15/01/04 02:00'	60.9	14/04/04 03:00'	20.3	14/07/04 01:00'	19.9	14/10/04 03:00'	21.0
15/01/04 03:00'	85.5	14/04/04 04:00'	15.2	14/07/04 02:00'	16.2	14/10/04 04:00'	19.8
15/01/04 04:00'	74.8	14/04/04 05:00'	15.2	14/07/04 04:00'	10.7	14/10/04 05:00'	16.1
15/01/04 05:00'	67.7	14/04/04 06:00'	17.2	14/07/04 04:00'	14.4	14/10/04 06:00'	18.9
15/01/04 06:00'	68.3	14/04/04 07:00'	23.0	14/07/04 05:00'	10.5	14/10/04 07:00'	31.3
15/01/04 07:00'	72.2	14/04/04 08:00'	38.5	14/07/04 06:00'	19.7	14/10/04 08:00'	43.7
15/01/04 08:00'	104.6	14/04/04 09:00'	52.5	14/07/04 07:00'	27.7	14/10/04 09:00'	48.1
15/01/04 09:00'	117.7	14/04/04 10:00'	46.3	14/07/04 08:00'	25.6	14/10/04 10:00'	51.2
15/01/04 10:00'	105.0	14/04/04 11:00'	45.3	14/07/04 09:00'	28.1	14/10/04 11:00'	47.4
15/01/04 11:00'	111.7	14/04/04 12:00'	42.2	14/07/04 10:00'	37.5	14/10/04 12:00'	35.1
15/01/04 12:00'	131.0	14/04/04 13:00'	43.3	14/07/04 11:00'	36.3	14/10/04 13:00'	19.7
15/01/04 13:00'	157.0	14/04/04 14:00'	50.4	14/07/04 12:00'	52.9	14/10/04 14:00'	19.9
15/01/04 14:00'	132.6	14/04/04 15:00'	48.8	14/07/04 13:00'	61.1	14/10/04 15:00'	24.2
15/01/04 15:00'	130.4	14/04/04 16:00'	45.1	14/07/04 14:00'	65.8	14/10/04 16:00'	27.2
15/01/04 16:00'	127.3	14/04/04 17:00'	37.7	14/07/04 17:00'	61.3	14/10/04 17:00'	28.3
15/01/04 17:00'	154.0	14/04/04 18:00'	31.4	14/07/04 18:00'	46.3	14/10/04 18:00'	49.0
15/01/04 18:00'	138.4	14/04/04 19:00'	42.2	14/07/04 19:00'	46.3	14/10/04 19:00'	42.1
15/01/04 19:00'	110.1	14/04/04 20:00'	33.4	14/07/04 20:00'	64.8	14/10/04 20:00'	35.9
15/01/04 20:00'	108.7	14/04/04 21:00'	62.3	14/07/04 21:00'	58.0	14/10/04 21:00'	27.1
15/01/04 21:00'	103.7	14/04/04 22:00'	100.9	14/07/04 22:00'	63.1	14/10/04 22:00'	22.6
15/01/04 22:00'	90.8	14/04/04 23:00'	100.2	14/07/04 23:00'	64.8	14/10/04 23:00'	23.8
15/01/04 23:00'	98.6	14/04/04 24:00'	55.8	14/07/04 24:00'	68.1	14/10/04 24:00'	23.5
15/01/04 24:00'	86.7	15/04/04 01:00'	34.0	15/07/04 01:00'	47.8	15/10/04 01:00'	21.2
16/01/04 01:00'	73.0	15/04/04 02:00'	32.8	15/07/04 02:00'	23.2	15/10/04 02:00'	19.0
16/01/04 02:00'	66.0	15/04/04 03:00'	38.7	15/07/04 04:00'	24.2	15/10/04 03:00'	16.1
16/01/04 03:00'	65.6	15/04/04 04:00'	29.1	15/07/04 04:00'	19.7	15/10/04 04:00'	15.8
16/01/04 04:00'	67.0	15/04/04 05:00'	20.7	15/07/04 05:00'	18.9	15/10/04 05:00'	16.3
16/01/04 05:00'	67.4	15/04/04 06:00'	26.9	15/07/04 06:00'	20.9	15/10/04 06:00'	17.2

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

16/01/04 06:00'	74.6	15/04/04 07:00'	57.8	15/07/04 07:00'	31.6	15/10/04 07:00'	21.2
16/01/04 07:00'	72.2	15/04/04 08:00'	83.4	15/07/04 08:00'	34.2	15/10/04 08:00'	36.2
16/01/04 08:00'	94.7	15/04/04 09:00'	82.6	15/07/04 09:00'	53.1	15/10/04 09:00'	33.6
16/01/04 09:00'	100.7	15/04/04 10:00'	66.4	15/07/04 10:00'	64.8	15/10/04 10:00'	40.6
16/01/04 10:00'	107.0	15/04/04 11:00'	66.2	15/07/04 11:00'	59.5	15/10/04 11:00'	19.3
16/01/04 11:00'	101.9	15/04/04 12:00'	43.3	15/07/04 12:00'	42.6	15/10/04 12:00'	22.9
16/01/04 12:00'	62.3	15/04/04 13:00'	32.8	15/07/04 13:00'	48.8	15/10/04 13:00'	23.1
16/01/04 13:00'	43.3	15/04/04 14:00'	30.3	15/07/04 14:00'	54.3	15/10/04 14:00'	19.7
16/01/04 14:00'	41.6	15/04/04 15:00'	27.5	15/07/04 15:00'	58.2	15/10/04 15:00'	17.7
16/01/04 15:00'	53.9	15/04/04 16:00'	26.4	15/07/04 16:00'	24.2	15/10/04 16:00'	18.6
16/01/04 16:00'	64.8	15/04/04 17:00'	27.1	15/07/04 17:00'	21.3	15/10/04 17:00'	23.8
16/01/04 17:00'	72.4	15/04/04 18:00'	42.6	15/07/04 18:00'	24.6	15/10/04 18:00'	22.4
16/01/04 18:00'	104.6	15/04/04 19:00'	41.4	15/07/04 19:00'	44.1	15/10/04 19:00'	19.1
16/01/04 19:00'	89.2	15/04/04 20:00'	84.3	15/07/04 20:00'	49.4	15/10/04 20:00'	17.8
16/01/04 20:00'	77.1	15/04/04 21:00'	107.6	15/07/04 21:00'	48.6	15/10/04 21:00'	18.1
16/01/04 21:00'	67.0	15/04/04 22:00'	118.1	15/07/04 22:00'	44.5	15/10/04 22:00'	27.9
16/01/04 22:00'	63.1	15/04/04 23:00'	59.5	15/07/04 23:00'	43.1	15/10/04 23:00'	22.5
16/01/04 23:00'	57.2	15/04/04 24:00'	28.3	15/07/04 24:00'	49.8	15/10/04 24:00'	19.9
16/01/04 24:00'	45.3	16/04/04 01:00'	24.6	16/07/04 01:00'	56.8	16/10/04 01:00'	24.0
17/01/04 01:00'	38.1	16/04/04 02:00'	24.8	16/07/04 02:00'	58.6	16/10/04 02:00'	21.8
17/01/04 02:00'	36.1	16/04/04 03:00'	33.2	16/07/04 03:00'	52.1	16/10/04 03:00'	24.3
17/01/04 03:00'	33.0	16/04/04 04:00'	34.2	16/07/04 04:00'	36.3	16/10/04 04:00'	20.6
17/01/04 04:00'	29.9	16/04/04 05:00'	33.0	16/07/04 05:00'	30.8	16/10/04 05:00'	18.0
17/01/04 05:00'	27.1	16/04/04 06:00'	32.0	16/07/04 06:00'	25.6	16/10/04 06:00'	17.9
17/01/04 06:00'	28.9	16/04/04 07:00'	53.7	16/07/04 07:00'	27.9	16/10/04 07:00'	22.7
17/01/04 07:00'	31.4	16/04/04 08:00'	83.4	16/07/04 08:00'	33.4	16/10/04 08:00'	26.5
17/01/04 08:00'	36.9	16/04/04 09:00'	74.6	16/07/04 09:00'	33.2	16/10/04 09:00'	29.4
17/01/04 09:00'	37.9	16/04/04 10:00'	66.8	16/07/04 10:00'	37.7	16/10/04 10:00'	36.4
17/01/04 10:00'	43.5	16/04/04 11:00'	42.0	16/07/04 11:00'	38.1	16/10/04 11:00'	33.8
17/01/04 11:00'	48.6	16/04/04 12:00'	30.3	16/07/04 12:00'	21.3	16/10/04 12:00'	26.5
17/01/04 12:00'	45.7	16/04/04 13:00'	24.0	16/07/04 13:00'	14.8	16/10/04 13:00'	23.3
17/01/04 13:00'	43.5	16/04/04 14:00'	26.2	16/07/04 14:00'	11.7	16/10/04 14:00'	18.2
17/01/04 14:00'	56.6	16/04/04 15:00'	26.7	16/07/04 15:00'	15.8	16/10/04 15:00'	17.8
17/01/04 15:00'	59.0	16/04/04 16:00'	23.6	16/07/04 16:00'	11.5	16/10/04 16:00'	17.7
17/01/04 16:00'	55.4	16/04/04 17:00'	25.6	16/07/04 17:00'	8.8	16/10/04 17:00'	16.3
17/01/04 17:00'	60.7	16/04/04 18:00'	28.5	16/07/04 18:00'	7.4	16/10/04 18:00'	12.2
17/01/04 18:00'	66.8	16/04/04 19:00'	35.5	16/07/04 19:00'	7.4	16/10/04 19:00'	10.6
17/01/04 19:00'	62.5	16/04/04 20:00'	65.0	16/07/04 20:00'	5.9	16/10/04 20:00'	13.0
17/01/04 20:00'	61.9	16/04/04 21:00'	128.3	16/07/04 21:00'	10.0	16/10/04 21:00'	12.1
17/01/04 21:00'	44.9	16/04/04 22:00'	128.3	16/07/04 22:00'	27.1	16/10/04 22:00'	10.8
17/01/04 22:00'	41.0	16/04/04 23:00'	112.3	16/07/04 23:00'	43.9	16/10/04 23:00'	20.6
17/01/04 23:00'	34.2	16/04/04 24:00'	108.2	16/07/04 24:00'	36.3	16/10/04 24:00'	16.8
17/01/04 24:00'	36.3	17/04/04 01:00'	93.3	17/07/04 01:00'	43.7	17/10/04 01:00'	13.6
18/01/04 01:00'	33.6	17/04/04 02:00'	85.3	17/07/04 02:00'	44.9	17/10/04 02:00'	12.3
18/01/04 02:00'	31.4	17/04/04 03:00'	46.1	17/07/04 03:00'	35.7	17/10/04 03:00'	13.6
18/01/04 03:00'	25.4	17/04/04 04:00'	33.2	17/07/04 04:00'	33.4	17/10/04 04:00'	18.8
18/01/04 04:00'	29.3	17/04/04 05:00'	32.2	17/07/04 05:00'	26.4	17/10/04 05:00'	20.6
18/01/04 05:00'	30.8	17/04/04 06:00'	33.2	17/07/04 06:00'	23.6	17/10/04 06:00'	24.8
18/01/04 06:00'	34.9	17/04/04 07:00'	26.4	17/07/04 07:00'	26.7	17/10/04 07:00'	24.0
18/01/04 07:00'	38.7	17/04/04 08:00'	39.4	17/07/04 08:00'	38.1	17/10/04 08:00'	21.8
18/01/04 08:00'	44.3	17/04/04 09:00'	39.0	17/07/04 09:00'	51.5	17/10/04 09:00'	22.2
18/01/04 09:00'	59.9	17/04/04 10:00'	48.8	17/07/04 10:00'	53.5	17/10/04 10:00'	17.9
18/01/04 10:00'	68.7	17/04/04 11:00'	41.0	17/07/04 11:00'	39.6	17/10/04 11:00'	21.5
18/01/04 11:00'	56.4	17/04/04 12:00'	42.2	17/07/04 12:00'	41.8	17/10/04 12:00'	11.8
18/01/04 12:00'	49.4	17/04/04 13:00'	43.1	17/07/04 13:00'	32.0	17/10/04 13:00'	8.6
18/01/04 13:00'	72.6	17/04/04 14:00'	31.4	17/07/04 14:00'	24.8	17/10/04 14:00'	17.2
18/01/04 14:00'	59.7	17/04/04 15:00'	28.1	17/07/04 15:00'	23.0	17/10/04 15:00'	10.0
18/01/04 15:00'	57.6	17/04/04 16:00'	23.4	17/07/04 16:00'	15.0	17/10/04 16:00'	9.7
18/01/04 16:00'	59.7	17/04/04 17:00'	25.2	17/07/04 17:00'	16.4	17/10/04 17:00'	10.3

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

18/01/04 17:00'	87.9	17/04/04 18:00'	29.5	17/07/04 18:00'	24.6	17/10/04 18:00'	8.6
18/01/04 18:00'	114.6	17/04/04 19:00'	45.5	17/07/04 19:00'	25.8	17/10/04 19:00'	10.3
18/01/04 19:00'	104.3	17/04/04 20:00'	74.2	17/07/04 20:00'	41.2	17/10/04 20:00'	15.0
18/01/04 20:00'	108.2	17/04/04 21:00'	104.6	17/07/04 21:00'	35.7	17/10/04 21:00'	24.6
18/01/04 21:00'	121.4	17/04/04 22:00'	94.1	17/07/04 22:00'	35.1	17/10/04 22:00'	28.1
18/01/04 22:00'	118.1	17/04/04 23:00'	84.3	17/07/04 23:00'	42.8	17/10/04 23:00'	39.0
18/01/04 23:00'	98.0	17/04/04 24:00'	91.6	17/07/04 24:00'	36.9	17/10/04 24:00'	40.9
18/01/04 24:00'	88.6	18/04/04 01:00'	67.2	18/07/04 01:00'	32.2	18/10/04 01:00'	25.3
19/01/04 01:00'	78.5	18/04/04 02:00'	71.3	18/07/04 02:00'	27.1	18/10/04 02:00'	18.5
19/01/04 02:00'	76.5	18/04/04 03:00'	69.1	18/07/04 04:00'	24.6	18/10/04 03:00'	14.0
19/01/04 03:00'	66.0	18/04/04 04:00'	86.1	18/07/04 04:00'	22.8	18/10/04 04:00'	13.4
19/01/04 04:00'	47.2	18/04/04 05:00'	66.0	18/07/04 05:00'	21.3	18/10/04 05:00'	18.7
19/01/04 05:00'	48.4	18/04/04 06:00'	83.6	18/07/04 06:00'	19.5	18/10/04 06:00'	14.8
19/01/04 06:00'	41.8	18/04/04 07:00'	78.3	18/07/04 07:00'	16.2	18/10/04 07:00'	21.2
19/01/04 07:00'	60.1	18/04/04 08:00'	83.0	18/07/04 08:00'	45.9	18/10/04 08:00'	30.4
19/01/04 08:00'	109.9	18/04/04 09:00'	54.3	18/07/04 09:00'	55.6	18/10/04 09:00'	30.7
19/01/04 09:00'	135.1	18/04/04 10:00'	54.5	18/07/04 10:00'	26.4	18/10/04 10:00'	31.6
19/01/04 10:00'	138.0	18/04/04 11:00'	45.5	18/07/04 11:00'	26.4	18/10/04 11:00'	24.6
19/01/04 11:00'	137.4	18/04/04 12:00'	25.6	18/07/04 12:00'	14.1	18/10/04 12:00'	24.9
19/01/04 12:00'	119.7	18/04/04 13:00'	23.6	18/07/04 13:00'	13.7	18/10/04 13:00'	19.3
19/01/04 13:00'	116.9	18/04/04 14:00'	17.2	18/07/04 14:00'	33.6	18/10/04 14:00'	18.1
19/01/04 14:00'	99.4	18/04/04 15:00'	20.7	18/07/04 15:00'	29.1	18/10/04 15:00'	13.8
19/01/04 15:00'	88.6	18/04/04 16:00'	16.6	18/07/04 16:00'	22.3	18/10/04 16:00'	12.6
19/01/04 16:00'	79.1	18/04/04 17:00'	18.2	18/07/04 17:00'	39.2	18/10/04 17:00'	19.6
19/01/04 17:00'	73.0	18/04/04 18:00'	15.6	18/07/04 18:00'	36.5	18/10/04 18:00'	42.2
19/01/04 18:00'	73.8	18/04/04 19:00'	17.4	18/07/04 19:00'	46.9	18/10/04 19:00'	101.6
19/01/04 19:00'	103.1	18/04/04 20:00'	19.3	18/07/04 20:00'	45.3	18/10/04 20:00'	74.2
19/01/04 20:00'	90.4	18/04/04 21:00'	23.0	18/07/04 21:00'	25.6	18/10/04 21:00'	64.5
19/01/04 21:00'	76.1	18/04/04 22:00'	27.3	18/07/04 22:00'	28.9	18/10/04 22:00'	71.5
19/01/04 22:00'	75.0	18/04/04 23:00'	31.0	18/07/04 23:00'	26.7	18/10/04 23:00'	61.2
19/01/04 23:00'	84.9	18/04/04 24:00'	27.5	18/07/04 24:00'	26.2	18/10/04 24:00'	47.8
19/01/04 24:00'	69.7	19/04/04 01:00'	29.7	19/07/04 01:00'	25.0	19/10/04 01:00'	41.2
20/01/04 01:00'	48.2	19/04/04 02:00'	23.4	19/07/04 02:00'	23.4	19/10/04 02:00'	34.3
20/01/04 02:00'	36.5	19/04/04 03:00'	23.8	19/07/04 04:00'	23.2	19/10/04 03:00'	30.8
20/01/04 03:00'	35.7	19/04/04 04:00'	21.7	19/07/04 04:00'	19.5	19/10/04 04:00'	28.0
20/01/04 04:00'	40.0	19/04/04 05:00'	21.3	19/07/04 05:00'	19.3	19/10/04 05:00'	25.3
20/01/04 05:00'	39.2	19/04/04 06:00'	36.9	19/07/04 06:00'	18.9	19/10/04 06:00'	23.1
20/01/04 06:00'	45.7	19/04/04 07:00'	61.7	19/07/04 07:00'	28.7	19/10/04 07:00'	27.5
20/01/04 07:00'	56.4	19/04/04 08:00'	108.9	19/07/04 08:00'	38.5	19/10/04 08:00'	32.8
20/01/04 08:00'	70.1	19/04/04 09:00'	84.9	19/07/04 09:00'	46.9	19/10/04 09:00'	34.3
20/01/04 09:00'	72.6	19/04/04 10:00'	64.6	19/07/04 10:00'	44.7	19/10/04 10:00'	35.4
20/01/04 10:00'	75.9	19/04/04 11:00'	42.6	19/07/04 11:00'	35.3	19/10/04 11:00'	46.6
20/01/04 11:00'	73.2	19/04/04 12:00'	30.1	19/07/04 12:00'	35.1	19/10/04 12:00'	31.8
20/01/04 12:00'	67.4	19/04/04 13:00'	31.4	19/07/04 13:00'	48.0	19/10/04 13:00'	33.1
20/01/04 13:00'	65.2	19/04/04 14:00'	24.6	19/07/04 14:00'	23.2	19/10/04 14:00'	32.9
20/01/04 14:00'	72.0	19/04/04 15:00'	24.8	19/07/04 15:00'	13.7	19/10/04 15:00'	40.4
20/01/04 15:00'	72.8	19/04/04 16:00'	26.7	19/07/04 16:00'	9.0	19/10/04 16:00'	44.3
20/01/04 16:00'	75.2	19/04/04 17:00'	26.0	19/07/04 17:00'	8.2	19/10/04 17:00'	54.4
20/01/04 17:00'	78.9	19/04/04 18:00'	28.5	19/07/04 18:00'	6.6	19/10/04 18:00'	58.7
20/01/04 18:00'	76.5	19/04/04 19:00'	30.5	19/07/04 19:00'	17.6	19/10/04 19:00'	56.2
20/01/04 19:00'	92.0	19/04/04 20:00'	35.1	19/07/04 20:00'	27.7	19/10/04 20:00'	43.8
20/01/04 20:00'	68.9	19/04/04 21:00'	35.9	19/07/04 21:00'	25.0	19/10/04 21:00'	42.6
20/01/04 21:00'	73.4	19/04/04 22:00'	26.7	19/07/04 22:00'	23.8	19/10/04 22:00'	40.6
20/01/04 22:00'	78.5	19/04/04 23:00'	27.5	19/07/04 23:00'	30.8	19/10/04 23:00'	38.3
20/01/04 23:00'	66.0	19/04/04 24:00'	53.5	19/07/04 24:00'	31.2	19/10/04 24:00'	30.6
20/01/04 24:00'	60.5	20/04/04 01:00'	53.9	20/07/04 01:00'	32.2	20/10/04 01:00'	30.3
21/01/04 01:00'	63.6	20/04/04 02:00'	41.0	20/07/04 02:00'	27.7	20/10/04 02:00'	27.2
21/01/04 02:00'	64.6	20/04/04 03:00'	27.5	20/07/04 04:00'	25.4	20/10/04 03:00'	28.8
21/01/04 03:00'	64.8	20/04/04 04:00'	25.0	20/07/04 04:00'	23.6	20/10/04 04:00'	22.9

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

21/01/04 04:00'	57.8	20/04/04 05:00'	20.1	20/07/04 05:00'	22.8	20/10/04 05:00'	15.0
21/01/04 05:00'	58.2	20/04/04 06:00'	27.5	20/07/04 06:00'	22.3	20/10/04 06:00'	15.9
21/01/04 06:00'	53.9	20/04/04 07:00'	40.6	20/07/04 07:00'	23.4	20/10/04 07:00'	27.6
21/01/04 07:00'	59.9	20/04/04 08:00'	90.0	20/07/04 08:00'	23.0	20/10/04 08:00'	38.9
21/01/04 08:00'	79.5	20/04/04 09:00'	92.9	20/07/04 09:00'	22.1	20/10/04 09:00'	32.9
21/01/04 09:00'	94.1	20/04/04 10:00'	84.7	20/07/04 10:00'	18.9	20/10/04 10:00'	40.7
21/01/04 10:00'	98.8	20/04/04 11:00'	74.6	20/07/04 11:00'	14.8	20/10/04 11:00'	31.3
21/01/04 11:00'	82.4	20/04/04 12:00'	74.0	20/07/04 12:00'	18.0	20/10/04 12:00'	26.4
21/01/04 12:00'	88.4	20/04/04 13:00'	75.2	20/07/04 13:00'	12.5	20/10/04 13:00'	27.8
21/01/04 13:00'	102.5	20/04/04 14:00'	37.9	20/07/04 14:00'	12.7	20/10/04 14:00'	17.8
21/01/04 14:00'	115.2	20/04/04 15:00'	22.3	20/07/04 15:00'	17.4	20/10/04 15:00'	31.1
21/01/04 15:00'	107.8	20/04/04 16:00'	28.5	20/07/04 16:00'	18.5	20/10/04 16:00'	53.7
21/01/04 16:00'	105.6	20/04/04 17:00'	20.1	20/07/04 17:00'	10.3	20/10/04 17:00'	30.1
21/01/04 17:00'	110.1	20/04/04 18:00'	17.4	20/07/04 18:00'	18.5	20/10/04 18:00'	41.4
21/01/04 18:00'	123.4	20/04/04 19:00'	22.3	20/07/04 19:00'	27.5	20/10/04 19:00'	85.2
21/01/04 19:00'	132.8	20/04/04 20:00'	31.2	20/07/04 20:00'	31.2	20/10/04 20:00'	101.0
21/01/04 20:00'	125.5	20/04/04 21:00'	52.1	20/07/04 21:00'	29.1	20/10/04 21:00'	77.0
21/01/04 21:00'	134.1	20/04/04 22:00'	51.3	20/07/04 22:00'	28.9	20/10/04 22:00'	67.6
21/01/04 22:00'	117.5	20/04/04 23:00'	55.1	20/07/04 23:00'	32.6	20/10/04 23:00'	55.6
21/01/04 23:00'	116.0	20/04/04 24:00'	46.3	20/07/04 24:00'	36.1	20/10/04 24:00'	35.6
21/01/04 24:00'	96.4	21/04/04 01:00'	29.5	21/07/04 01:00'	34.0	21/10/04 01:00'	28.1
22/01/04 01:00'	70.9	21/04/04 02:00'	34.6	21/07/04 02:00'	31.2	21/10/04 02:00'	23.2
22/01/04 02:00'	49.4	21/04/04 03:00'	32.0	21/07/04 03:00'	29.3	21/10/04 03:00'	18.0
22/01/04 03:00'	46.3	21/04/04 04:00'	30.5	21/07/04 04:00'	27.3	21/10/04 04:00'	15.3
22/01/04 04:00'	41.8	21/04/04 05:00'	28.1	21/07/04 05:00'	25.0	21/10/04 05:00'	15.5
22/01/04 05:00'	42.4	21/04/04 06:00'	32.4	21/07/04 06:00'	25.2	21/10/04 06:00'	16.5
22/01/04 06:00'	40.6	21/04/04 07:00'	50.8	21/07/04 07:00'	27.9	21/10/04 07:00'	23.0
22/01/04 07:00'	53.1	21/04/04 08:00'	53.1	21/07/04 08:00'	38.3	21/10/04 08:00'	29.9
22/01/04 08:00'	76.3	21/04/04 09:00'	57.0	21/07/04 09:00'	41.6	21/10/04 09:00'	41.1
22/01/04 09:00'	96.8	21/04/04 10:00'	50.0	21/07/04 10:00'	44.3	21/10/04 10:00'	40.0
22/01/04 10:00'	86.7	21/04/04 11:00'	67.7	21/07/04 11:00'	30.1	21/10/04 11:00'	40.7
22/01/04 11:00'	82.2	21/04/04 12:00'	79.5	21/07/04 12:00'	19.1	21/10/04 12:00'	47.0
22/01/04 12:00'	86.1	21/04/04 13:00'	80.2	21/07/04 13:00'	27.3	21/10/04 13:00'	36.4
22/01/04 13:00'	86.9	21/04/04 14:00'	74.2	21/07/04 14:00'	19.1	21/10/04 14:00'	34.0
22/01/04 14:00'	74.0	21/04/04 15:00'	76.9	21/07/04 15:00'	9.4	21/10/04 15:00'	37.6
22/01/04 15:00'	74.6	21/04/04 16:00'	97.8	21/07/04 16:00'	12.5	21/10/04 16:00'	32.6
22/01/04 16:00'	84.9	21/04/04 17:00'	78.7	21/07/04 17:00'	9.8	21/10/04 17:00'	32.7
22/01/04 17:00'	88.4	21/04/04 18:00'	91.8	21/07/04 18:00'	8.4	21/10/04 18:00'	35.6
22/01/04 18:00'	95.7	21/04/04 19:00'	92.7	21/07/04 19:00'	10.9	21/10/04 19:00'	39.6
22/01/04 19:00'	85.5	21/04/04 20:00'	114.2	21/07/04 20:00'	21.7	21/10/04 20:00'	42.7
22/01/04 20:00'	81.4	21/04/04 21:00'	115.2	21/07/04 21:00'	31.0	21/10/04 21:00'	42.5
22/01/04 21:00'	80.6	21/04/04 22:00'	149.4	21/07/04 22:00'	68.1	21/10/04 22:00'	39.2
22/01/04 22:00'	77.7	21/04/04 23:00'	91.4	21/07/04 23:00'	65.0	21/10/04 23:00'	37.1
22/01/04 23:00'	72.4	21/04/04 24:00'	44.3	21/07/04 24:00'	48.0	21/10/04 24:00'	36.5
22/01/04 24:00'	59.9	22/04/04 01:00'	35.5	22/07/04 01:00'	51.9	22/10/04 01:00'	31.7
23/01/04 01:00'	55.8	22/04/04 02:00'	40.6	22/07/04 02:00'	53.5	22/10/04 02:00'	26.4
23/01/04 02:00'	53.5	22/04/04 03:00'	43.1	22/07/04 03:00'	33.0	22/10/04 03:00'	29.9
23/01/04 03:00'	49.4	22/04/04 04:00'	44.3	22/07/04 04:00'	29.7	22/10/04 04:00'	27.2
23/01/04 04:00'	39.4	22/04/04 05:00'	25.0	22/07/04 05:00'	26.0	22/10/04 05:00'	19.4
23/01/04 05:00'	41.6	22/04/04 06:00'	27.1	22/07/04 06:00'	22.6	22/10/04 06:00'	18.7
23/01/04 06:00'	49.0	22/04/04 07:00'	35.3	22/07/04 07:00'	26.9	22/10/04 07:00'	22.8
23/01/04 07:00'	68.5	22/04/04 08:00'	46.5	22/07/04 08:00'	44.7	22/10/04 08:00'	24.0
23/01/04 08:00'	97.4	22/04/04 09:00'	52.7	22/07/04 09:00'	47.6	22/10/04 09:00'	35.8
23/01/04 09:00'	94.1	22/04/04 10:00'	47.6	22/07/04 10:00'	48.8	22/10/04 10:00'	45.4
23/01/04 10:00'	98.4	22/04/04 11:00'	42.2	22/07/04 11:00'	34.4	22/10/04 11:00'	39.9
23/01/04 11:00'	89.0	22/04/04 12:00'	31.8	22/07/04 12:00'	28.1	22/10/04 12:00'	36.3
23/01/04 12:00'	88.2	22/04/04 13:00'	22.8	22/07/04 13:00'	23.2	22/10/04 13:00'	37.4
23/01/04 13:00'	77.3	22/04/04 14:00'	29.7	22/07/04 14:00'	17.4	22/10/04 14:00'	50.6
23/01/04 14:00'	80.0	22/04/04 15:00'	44.3	22/07/04 15:00'	17.2	22/10/04 15:00'	57.6

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

23/01/04 15:00'	88.4	22/04/04 16:00'	96.8	22/07/04 16:00'	12.3	22/10/04 16:00'	42.6
23/01/04 16:00'	89.6	22/04/04 17:00'	77.7	22/07/04 17:00'	7.8	22/10/04 17:00'	27.0
23/01/04 17:00'	98.8	22/04/04 18:00'	91.4	22/07/04 18:00'	8.6	22/10/04 18:00'	26.4
23/01/04 18:00'	117.3	22/04/04 19:00'	82.2	22/07/04 19:00'	7.8	22/10/04 19:00'	37.5
23/01/04 19:00'	108.9	22/04/04 20:00'	117.7	22/07/04 20:00'	12.7	22/10/04 20:00'	65.2
23/01/04 20:00'	101.3	22/04/04 21:00'	75.0	22/07/04 21:00'	28.9	22/10/04 21:00'	59.2
23/01/04 21:00'	88.8	22/04/04 22:00'	139.2	22/07/04 22:00'	72.4	22/10/04 22:00'	54.2
23/01/04 22:00'	80.2	22/04/04 23:00'	158.7	22/07/04 23:00'	29.5	22/10/04 23:00'	46.8
23/01/04 23:00'	72.6	22/04/04 24:00'	154.2	22/07/04 24:00'	37.5	22/10/04 24:00'	41.4
23/01/04 24:00'	59.5	23/04/04 01:00'	134.5	23/07/04 01:00'	34.0	23/10/04 01:00'	32.1
24/01/04 01:00'	51.0	23/04/04 02:00'	85.3	23/07/04 02:00'	25.4	23/10/04 02:00'	23.2
24/01/04 02:00'	44.7	23/04/04 03:00'	62.5	23/07/04 03:00'	22.1	23/10/04 03:00'	19.5
24/01/04 03:00'	39.6	23/04/04 04:00'	38.1	23/07/04 04:00'	25.8	23/10/04 04:00'	17.0
24/01/04 04:00'	39.0	23/04/04 05:00'	36.3	23/07/04 05:00'	33.0	23/10/04 05:00'	15.4
24/01/04 05:00'	30.3	23/04/04 06:00'	41.2	23/07/04 06:00'	32.2	23/10/04 06:00'	14.1
24/01/04 06:00'	33.4	23/04/04 07:00'	59.7	23/07/04 07:00'	47.4	23/10/04 07:00'	21.1
24/01/04 07:00'	43.5	23/04/04 08:00'	76.3	23/07/04 08:00'	69.5	23/10/04 08:00'	27.8
24/01/04 08:00'	48.0	23/04/04 09:00'	57.2	23/07/04 09:00'	66.2	23/10/04 09:00'	34.9
24/01/04 09:00'	55.6	23/04/04 10:00'	44.7	23/07/04 10:00'	46.7	23/10/04 10:00'	34.2
24/01/04 10:00'	60.3	23/04/04 11:00'	49.4	23/07/04 11:00'	27.3	23/10/04 11:00'	23.8
24/01/04 11:00'	63.8	23/04/04 12:00'	48.6	23/07/04 12:00'	26.4	23/10/04 12:00'	24.3
24/01/04 12:00'	69.7	23/04/04 13:00'	33.8	23/07/04 13:00'	47.2	23/10/04 13:00'	24.2
24/01/04 13:00'	59.9	23/04/04 14:00'	62.1	23/07/04 14:00'	40.2	23/10/04 14:00'	23.7
24/01/04 14:00'	66.8	23/04/04 15:00'	85.5	23/07/04 15:00'	57.6	23/10/04 15:00'	22.6
24/01/04 15:00'	68.7	23/04/04 16:00'	92.3	23/07/04 16:00'	59.2	23/10/04 16:00'	21.3
24/01/04 16:00'	75.9	23/04/04 17:00'	98.4	23/07/04 17:00'	48.2	23/10/04 17:00'	22.9
24/01/04 17:00'	76.7	23/04/04 18:00'	98.6	23/07/04 18:00'	76.5	23/10/04 18:00'	22.4
24/01/04 18:00'	72.0	23/04/04 19:00'	75.4	23/07/04 19:00'	72.6	23/10/04 19:00'	25.9
24/01/04 19:00'	81.0	23/04/04 20:00'	82.8	23/07/04 20:00'	64.6	23/10/04 20:00'	31.8
24/01/04 20:00'	85.5	23/04/04 21:00'	97.6	23/07/04 21:00'	70.7	23/10/04 21:00'	33.5
24/01/04 21:00'	88.6	23/04/04 22:00'	132.2	23/07/04 22:00'	88.2	23/10/04 22:00'	34.6
24/01/04 22:00'	89.8	23/04/04 23:00'	119.9	23/07/04 23:00'	53.5	23/10/04 23:00'	35.7
24/01/04 23:00'	85.5	23/04/04 24:00'	137.6	24/07/04 01:00'	33.2	23/10/04 24:00'	36.6
24/01/04 24:00'	69.9	24/04/04 01:00'	139.8	24/07/04 02:00'	62.7	24/10/04 01:00'	29.6
25/01/04 01:00'	68.1	24/04/04 02:00'	127.9	24/07/04 03:00'	34.2	24/10/04 02:00'	21.2
25/01/04 02:00'	65.8	24/04/04 03:00'	114.6	24/07/04 04:00'	7.0	24/10/04 03:00'	17.1
25/01/04 03:00'	53.3	24/04/04 04:00'	98.4	24/07/04 05:00'	8.8	24/10/04 04:00'	31.2
25/01/04 04:00'	49.0	24/04/04 05:00'	99.6	24/07/04 06:00'	8.6	24/10/04 05:00'	25.8
25/01/04 05:00'	46.3	24/04/04 06:00'	86.3	24/07/04 07:00'	13.3	24/10/04 06:00'	22.6
25/01/04 06:00'	43.9	24/04/04 07:00'	68.9	24/07/04 08:00'	20.7	24/10/04 07:00'	22.9
25/01/04 07:00'	42.0	24/04/04 08:00'	56.2	24/07/04 09:00'	37.5	24/10/04 08:00'	23.2
25/01/04 08:00'	64.8	24/04/04 09:00'	63.6	24/07/04 10:00'	56.6	24/10/04 09:00'	25.9
25/01/04 09:00'	58.6	24/04/04 10:00'	33.6	24/07/04 11:00'	33.4	24/10/04 10:00'	29.7
25/01/04 10:00'	67.0	24/04/04 11:00'	22.1	24/07/04 12:00'	23.0	24/10/04 11:00'	36.1
25/01/04 11:00'	63.1	24/04/04 12:00'	21.3	24/07/04 13:00'	27.7	24/10/04 12:00'	19.9
25/01/04 12:00'	61.5	24/04/04 13:00'	19.3	24/07/04 14:00'	41.2	24/10/04 13:00'	13.6
25/01/04 13:00'	59.5	24/04/04 14:00'	19.7	24/07/04 15:00'	24.4	24/10/04 14:00'	13.2
25/01/04 14:00'	61.1	24/04/04 15:00'	27.9	24/07/04 16:00'	12.5	24/10/04 15:00'	12.3
25/01/04 15:00'	103.1	24/04/04 16:00'	23.0	24/07/04 17:00'	14.8	24/10/04 16:00'	12.7
25/01/04 16:00'	113.2	24/04/04 17:00'	35.3	24/07/04 18:00'	25.6	24/10/04 17:00'	15.9
25/01/04 17:00'	91.6	24/04/04 18:00'	40.2	24/07/04 19:00'	23.0	24/10/04 18:00'	12.9
25/01/04 18:00'	95.9	24/04/04 19:00'	41.0	24/07/04 20:00'	11.3	24/10/04 19:00'	43.5
25/01/04 19:00'	91.8	24/04/04 20:00'	45.3	24/07/04 21:00'	12.1	24/10/04 20:00'	51.5
25/01/04 20:00'	81.8	24/04/04 21:00'	44.1	24/07/04 22:00'	27.1	24/10/04 21:00'	49.6
25/01/04 21:00'	82.6	24/04/04 22:00'	50.2	24/07/04 23:00'	42.4	24/10/04 22:00'	47.4
25/01/04 22:00'	79.1	24/04/04 23:00'	46.3	24/07/04 24:00'	25.4	24/10/04 23:00'	50.6
25/01/04 23:00'	80.6	24/04/04 24:00'	38.1	25/07/04 01:00'	39.6	24/10/04 24:00'	50.1
25/01/04 24:00'	64.2	25/04/04 01:00'	31.2	25/07/04 02:00'	37.3	25/10/04 01:00'	42.4
26/01/04 01:00'	71.1	25/04/04 02:00'	27.9	25/07/04 03:00'	39.6	25/10/04 02:00'	33.0

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

26/01/04 02:00'	74.2	25/04/04 03:00'	26.2	25/07/04 04:00'	39.4	25/10/04 03:00'	23.2
26/01/04 03:00'	81.4	25/04/04 04:00'	33.0	25/07/04 05:00'	36.3	25/10/04 04:00'	17.7
26/01/04 04:00'	63.1	25/04/04 05:00'	29.7	25/07/04 06:00'	38.1	25/10/04 05:00'	13.7
26/01/04 05:00'	57.8	25/04/04 06:00'	28.7	25/07/04 07:00'	35.9	25/10/04 06:00'	14.5
26/01/04 06:00'	63.1	25/04/04 07:00'	32.8	25/07/04 08:00'	57.4	25/10/04 07:00'	20.8
26/01/04 07:00'	69.3	25/04/04 08:00'	38.3	25/07/04 09:00'	58.2	25/10/04 08:00'	31.0
26/01/04 08:00'	91.4	25/04/04 09:00'	36.1	25/07/04 10:00'	58.6	25/10/04 09:00'	35.6
26/01/04 09:00'	96.8	25/04/04 10:00'	46.5	25/07/04 11:00'	51.7	25/10/04 10:00'	28.9
26/01/04 10:00'	97.4	25/04/04 11:00'	51.9	25/07/04 12:00'	60.9	25/10/04 11:00'	32.2
26/01/04 11:00'	95.7	25/04/04 12:00'	47.4	25/07/04 13:00'	56.0	25/10/04 12:00'	31.9
26/01/04 12:00'	82.8	25/04/04 13:00'	37.1	25/07/04 14:00'	33.8	25/10/04 13:00'	30.8
26/01/04 13:00'	81.0	25/04/04 14:00'	56.0	25/07/04 15:00'	18.0	25/10/04 14:00'	31.1
26/01/04 14:00'	72.4	25/04/04 15:00'	57.8	25/07/04 19:00'	73.6	25/10/04 15:00'	33.0
26/01/04 15:00'	70.1	25/04/04 16:00'	44.5	25/07/04 20:00'	69.5	25/10/04 16:00'	20.4
26/01/04 16:00'	85.9	25/04/04 17:00'	38.5	25/07/04 21:00'	59.7	25/10/04 17:00'	23.9
26/01/04 17:00'	123.0	25/04/04 18:00'	40.0	25/07/04 22:00'	52.3	25/10/04 18:00'	38.4
26/01/04 18:00'	173.0	25/04/04 19:00'	42.0	25/07/04 23:00'	44.7	25/10/04 19:00'	83.9
26/01/04 19:00'	209.5	25/04/04 20:00'	61.1	25/07/04 24:00'	38.1	25/10/04 20:00'	71.9
26/01/04 20:00'	185.5	25/04/04 21:00'	59.7	26/07/04 01:00'	29.3	25/10/04 21:00'	64.5
26/01/04 21:00'	173.0	25/04/04 22:00'	52.3	26/07/04 02:00'	27.7	25/10/04 22:00'	65.0
26/01/04 22:00'	126.3	25/04/04 23:00'	46.5	26/07/04 04:00'	27.3	25/10/04 23:00'	62.2
26/01/04 23:00'	114.6	25/04/04 24:00'	45.1	26/07/04 04:00'	24.8	25/10/04 24:00'	63.5
26/01/04 24:00'	107.2	26/04/04 01:00'	38.5	26/07/04 05:00'	14.8	26/10/04 01:00'	52.8
27/01/04 01:00'	95.7	26/04/04 02:00'	27.7			26/10/04 02:00'	44.8
27/01/04 02:00'	73.6	26/04/04 03:00'	23.6			26/10/04 03:00'	34.3
27/01/04 03:00'	60.9	26/04/04 04:00'	22.3			26/10/04 04:00'	25.7
27/01/04 04:00'	53.3	26/04/04 05:00'	20.3			26/10/04 05:00'	24.4
27/01/04 05:00'	49.6	26/04/04 06:00'	20.5			26/10/04 06:00'	23.2
27/01/04 06:00'	52.1	26/04/04 07:00'	29.7			26/10/04 07:00'	28.4
27/01/04 07:00'	71.3	26/04/04 08:00'	50.4			26/10/04 08:00'	35.4
27/01/04 08:00'	201.9	26/04/04 09:00'	67.4			26/10/04 09:00'	35.5
27/01/04 09:00'	128.5	26/04/04 10:00'	54.7			26/10/04 10:00'	27.7
27/01/04 10:00'	110.5	26/04/04 11:00'	52.5			26/10/04 11:00'	34.7
27/01/04 11:00'	97.8	26/04/04 12:00'	47.8			26/10/04 12:00'	40.4
27/01/04 12:00'	126.1	26/04/04 13:00'	62.7			26/10/04 13:00'	29.3
27/01/04 13:00'	104.6	26/04/04 14:00'	71.1			26/10/04 14:00'	17.2
27/01/04 14:00'	113.6	26/04/04 15:00'	86.7			26/10/04 15:00'	16.7
27/01/04 15:00'	127.9	26/04/04 16:00'	65.4			26/10/04 16:00'	20.7
27/01/04 16:00'	157.0	26/04/04 17:00'	65.6			26/10/04 17:00'	25.6
27/01/04 17:00'	198.6	26/04/04 18:00'	96.1			26/10/04 18:00'	40.7
27/01/04 18:00'	146.0	26/04/04 19:00'	107.0			26/10/04 19:00'	86.7
27/01/04 19:00'	127.7	26/04/04 20:00'	92.3			26/10/04 20:00'	56.5
27/01/04 20:00'	124.0	26/04/04 21:00'	89.8			26/10/04 21:00'	49.5
27/01/04 21:00'	127.3	26/04/04 22:00'	77.9			26/10/04 22:00'	42.2
27/01/04 22:00'	115.2	26/04/04 23:00'	69.3			26/10/04 23:00'	61.7
27/01/04 23:00'	95.5	26/04/04 24:00'	55.1			26/10/04 24:00'	56.4
27/01/04 24:00'	87.3	27/04/04 01:00'	38.1			27/10/04 01:00'	46.7
28/01/04 01:00'	81.6	27/04/04 02:00'	25.0			27/10/04 02:00'	28.4
28/01/04 02:00'	80.2	27/04/04 03:00'	22.1			27/10/04 03:00'	26.5
28/01/04 03:00'	66.8	27/04/04 04:00'	20.5			27/10/04 04:00'	21.2
28/01/04 04:00'	68.1	27/04/04 05:00'	20.7			27/10/04 05:00'	22.7
28/01/04 05:00'	68.5	27/04/04 06:00'	31.2			27/10/04 06:00'	21.6
28/01/04 06:00'	75.0	27/04/04 07:00'	60.7			27/10/04 07:00'	27.4
28/01/04 07:00'	106.4	27/04/04 08:00'	93.9			27/10/04 08:00'	41.6
28/01/04 08:00'	126.7	27/04/04 09:00'	92.0			27/10/04 09:00'	52.2
28/01/04 09:00'	174.7	27/04/04 10:00'	65.6			27/10/04 10:00'	42.4
28/01/04 10:00'	184.7	27/04/04 11:00'	39.2			27/10/04 11:00'	41.0
28/01/04 11:00'	165.4	27/04/04 13:00'	42.0			27/10/04 12:00'	44.0
28/01/04 12:00'	155.8	27/04/04 14:00'	35.1			27/10/04 13:00'	28.5

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

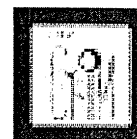
28/01/04 13:00'	164.8	27/04/04 15:00'	67.0		27/10/04 14:00'	16.0
28/01/04 14:00'	161.1	27/04/04 16:00'	64.8		27/10/04 15:00'	16.9
28/01/04 15:00'	162.8	27/04/04 17:00'	86.7		27/10/04 16:00'	14.2
28/01/04 16:00'	169.3	27/04/04 18:00'	71.3		27/10/04 17:00'	16.3
28/01/04 17:00'	185.7	27/04/04 19:00'	93.1		27/10/04 18:00'	27.1
28/01/04 18:00'	155.0	27/04/04 20:00'	78.3		27/10/04 19:00'	64.0
28/01/04 19:00'	143.3	27/04/04 21:00'	112.3		27/10/04 20:00'	84.6
28/01/04 20:00'	108.9	27/04/04 22:00'	62.5		27/10/04 21:00'	48.9
28/01/04 21:00'	103.9	27/04/04 23:00'	52.1		27/10/04 22:00'	30.1
28/01/04 22:00'	102.5	27/04/04 24:00'	67.4		27/10/04 23:00'	38.5
28/01/04 23:00'	87.9	28/04/04 01:00'	70.1		27/10/04 24:00'	44.3
28/01/04 24:00'	81.6	28/04/04 02:00'	49.2		28/10/04 01:00'	45.2
29/01/04 01:00'	86.9	28/04/04 03:00'	38.3		28/10/04 02:00'	52.3
29/01/04 02:00'	66.2	28/04/04 04:00'	41.6		28/10/04 03:00'	30.6
29/01/04 03:00'	71.1	28/04/04 05:00'	47.2		28/10/04 04:00'	17.5
29/01/04 04:00'	65.4	28/04/04 06:00'	61.5		28/10/04 05:00'	15.5
29/01/04 05:00'	68.3	28/04/04 07:00'	105.2		28/10/04 06:00'	16.6
29/01/04 06:00'	65.8	28/04/04 08:00'	126.5		28/10/04 07:00'	30.9
29/01/04 07:00'	78.1	28/04/04 09:00'	117.5		28/10/04 08:00'	52.4
29/01/04 08:00'	93.7	28/04/04 10:00'	72.4		28/10/04 09:00'	46.2
29/01/04 09:00'	104.1	28/04/04 11:00'	73.2		28/10/04 10:00'	45.5
29/01/04 10:00'	101.5	28/04/04 12:00'	91.8		28/10/04 11:00'	48.2
29/01/04 11:00'	130.2	28/04/04 13:00'	107.2		28/10/04 12:00'	29.6
29/01/04 12:00'	105.0	28/04/04 14:00'	87.5		28/10/04 13:00'	18.6
29/01/04 13:00'	158.3	28/04/04 15:00'	92.3		28/10/04 14:00'	15.3
29/01/04 14:00'	150.3	28/04/04 16:00'	84.1		28/10/04 15:00'	19.8
29/01/04 15:00'	114.8	28/04/04 17:00'	85.7		28/10/04 16:00'	19.9
29/01/04 16:00'	125.9	28/04/04 18:00'	100.5		28/10/04 17:00'	18.1
29/01/04 17:00'	170.8	28/04/04 19:00'	102.5		28/10/04 18:00'	27.9
29/01/04 18:00'	176.3	28/04/04 20:00'	93.7		28/10/04 19:00'	88.5
29/01/04 19:00'	201.3	28/04/04 21:00'	211.2		28/10/04 20:00'	78.9
29/01/04 20:00'	229.0	28/04/04 22:00'	241.3		28/10/04 21:00'	83.3
29/01/04 21:00'	191.5	28/04/04 23:00'	210.9		28/10/04 22:00'	73.2
29/01/04 22:00'	210.3	28/04/04 24:00'	131.8		28/10/04 23:00'	59.5
29/01/04 23:00'	220.4	29/04/04 01:00'	100.0		28/10/04 24:00'	39.4
29/01/04 24:00'	219.6	29/04/04 02:00'	75.0		29/10/04 01:00'	39.0
30/01/04 01:00'	241.5	29/04/04 03:00'	69.9		29/10/04 02:00'	32.9
30/01/04 02:00'	183.3	29/04/04 04:00'	44.1		29/10/04 03:00'	28.2
30/01/04 03:00'	140.6	29/04/04 05:00'	41.6		29/10/04 04:00'	22.1
30/01/04 04:00'	111.3	29/04/04 06:00'	43.3		29/10/04 05:00'	18.3
30/01/04 05:00'	135.7	29/04/04 07:00'	72.2		29/10/04 06:00'	17.0
30/01/04 06:00'	112.1	29/04/04 08:00'	98.4		29/10/04 07:00'	26.5
30/01/04 07:00'	107.6	29/04/04 09:00'	107.2		29/10/04 08:00'	37.4
30/01/04 08:00'	155.4	29/04/04 10:00'	78.9		29/10/04 09:00'	46.0
30/01/04 09:00'	204.0	29/04/04 11:00'	66.6		29/10/04 10:00'	61.3
30/01/04 10:00'	208.5	29/04/04 12:00'	45.5		29/10/04 11:00'	52.8
30/01/04 11:00'	159.5	29/04/04 13:00'	37.9		29/10/04 12:00'	45.0
30/01/04 12:00'	166.7	29/04/04 14:00'	40.2		29/10/04 13:00'	19.7
30/01/04 13:00'	212.0	29/04/04 15:00'	28.7		29/10/04 14:00'	15.7
30/01/04 14:00'	187.0	29/04/04 16:00'	30.3		29/10/04 15:00'	17.2
30/01/04 15:00'	130.4	29/04/04 17:00'	35.9		29/10/04 16:00'	15.6
30/01/04 16:00'	155.0	29/04/04 18:00'	39.4		29/10/04 17:00'	18.6
30/01/04 17:00'	122.4	29/04/04 19:00'	42.4		29/10/04 18:00'	32.8
30/01/04 18:00'	173.4	29/04/04 20:00'	59.7		29/10/04 19:00'	73.6
30/01/04 19:00'	209.3	29/04/04 21:00'	226.3		29/10/04 20:00'	40.3
30/01/04 20:00'	219.6	29/04/04 22:00'	290.7		29/10/04 21:00'	25.5
30/01/04 21:00'	233.1	29/04/04 23:00'	182.0		29/10/04 22:00'	24.5
30/01/04 22:00'	263.6	29/04/04 24:00'	176.1		29/10/04 23:00'	78.1
30/01/04 23:00'	212.4	30/04/04 01:00'	155.0		29/10/04 24:00'	58.8

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

30/01/04 24:00'	170.2	30/04/04 02:00'	116.4			30/10/04 01:00'	38.5
31/01/04 01:00'	145.1	30/04/04 03:00'	75.9			30/10/04 02:00'	32.2
31/01/04 02:00'	121.6	30/04/04 04:00'	48.0			30/10/04 03:00'	25.8
31/01/04 03:00'	117.7	30/04/04 05:00'	41.8			30/10/04 04:00'	23.0
31/01/04 04:00'	113.2	30/04/04 06:00'	51.5			30/10/04 05:00'	21.9
31/01/04 05:00'	110.3	30/04/04 07:00'	75.6			30/10/04 06:00'	27.7
31/01/04 06:00'	102.9	30/04/04 08:00'	107.4			30/10/04 07:00'	32.4
31/01/04 07:00'	92.9	30/04/04 09:00'	119.3			30/10/04 08:00'	38.6
31/01/04 08:00'	112.5	30/04/04 10:00'	114.8			30/10/04 09:00'	40.6
31/01/04 09:00'	106.0	30/04/04 11:00'	82.6			30/10/04 10:00'	42.7
31/01/04 10:00'	111.5	30/04/04 12:00'	57.6			30/10/04 11:00'	54.2
31/01/04 11:00'	109.9	30/04/04 13:00'	42.6			30/10/04 12:00'	31.5
31/01/04 12:00'	114.0	30/04/04 14:00'	34.4			30/10/04 13:00'	21.9
31/01/04 13:00'	120.1	30/04/04 15:00'	34.0			30/10/04 14:00'	15.9
31/01/04 14:00'	107.6	30/04/04 16:00'	76.1			30/10/04 15:00'	13.0
31/01/04 15:00'	139.2	30/04/04 17:00'	85.3			30/10/04 16:00'	14.7
31/01/04 16:00'	136.1	30/04/04 18:00'	96.8			30/10/04 17:00'	16.8
31/01/04 17:00'	141.0	30/04/04 19:00'	204.2			30/10/04 18:00'	19.3
31/01/04 18:00'	183.9	30/04/04 20:00'	255.2			30/10/04 19:00'	63.7
31/01/04 19:00'	160.7	30/04/04 21:00'	200.9			30/10/04 20:00'	71.3
31/01/04 20:00'	180.8	30/04/04 22:00'	251.1			30/10/04 21:00'	48.1
31/01/04 21:00'	159.3	30/04/04 23:00'	223.0			30/10/04 22:00'	44.6
31/01/04 22:00'	191.5	30/04/04 24:00'	161.5			30/10/04 23:00'	68.2
31/01/04 23:00'	147.0					30/10/04 24:00'	48.7
31/01/04 24:00'	159.3					31/10/04 01:00'	59.2
						31/10/04 02:00'	34.4
						31/10/04 03:00'	26.4
						31/10/04 04:00'	20.4
						31/10/04 05:00'	18.6
						31/10/04 06:00'	17.4
						31/10/04 07:00'	21.9
						31/10/04 08:00'	24.1
						31/10/04 09:00'	26.7
						31/10/04 10:00'	28.8
						31/10/04 11:00'	24.4
						31/10/04 12:00'	19.4
						31/10/04 13:00'	26.7
						31/10/04 14:00'	19.7
						31/10/04 15:00'	13.8
						31/10/04 16:00'	29.7
						31/10/04 17:00'	39.1
						31/10/04 18:00'	62.9
						31/10/04 19:00'	71.9
						31/10/04 20:00'	64.4
						31/10/04 21:00'	64.3
						31/10/04 22:00'	54.0
						31/10/04 23:00'	45.1
						31/10/04 24:00'	43.6

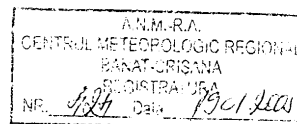


UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA
Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului
30006, Timișoara, Piața Victoriei, nr.2
tel/fax: +40 256 40 30 60
e-mail: decanatch@rectorat.utt.ro



NR. 3 / 17.01.2005

Către,
CENTRUL METEO TIMIȘOARA



Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din cadrul UPT Timișoara, prin prezenta vă solicită bunăvoința de a accepta inițierea unei colaborări cu agenția dvs în domeniul protecției mediului. Menționăm că în cadrul facultății noastre funcționează un modul francofon de studii aprofundate, tip master, cu titlul *Science et technique de l'environnement industriel*, coordonat de către catedra de Inginerie Chimică.

De asemenea în cadrul aceleiași catedre este în desfășurare elaborarea unei teze de doctorat, cu titlul "**Contribuții la simularea și modelarea proceselor chimice de reducere a emisiilor de dioxid de azot**", autor drd. chim-fiz. Pîrlea Harieta, conducător științific Prof.dr.ing. Perju Delia.

Considerăm că aceasta colaborare ne-ar permite obținerea unor baze de date meteorologice: presiune, umiditate, temperatură, care pot veni atât în sprijinul activității didactice de la cursul de master mai sus menționat, cât și în sprijinul elaborării tezei de doctorat.

Apreciem că această colaborare ar fi benefică pentru ambele instituții având în vedere faptul că în facultatea noastră există multă experiență în domeniul prelucrărilor statistice informatizate ale datelor experimentale. Dispunem de pachete de programe moderne și de documentare de ultimă oră în domeniu, astfel încât am putea să ne aducem aportul, în activitățile desfășurate în cadrul acestei colaborări, la rezolvarea unor probleme importante din domeniul activităților din instituția dvs.

Cu atât mai mult această colaborare ar fi avantajoasă, cu cât în facultatea noastră funcționează specializarea *Ingineria mediului* în cadrul căreia își desfășoară activitatea cadre didactice din toate catedrele.

Decan Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului:
Prof.dr.ing. RUSNĂC LUCIAN

Șef catedră Inginerie Chimică:
Prof.dr.ing. PERJU DELIA

ANEXA 2

Date furnizate de CENTRUL METEO TIMISOARA

**VALORILE MEDII ZILNICE ALA PARAMETRIILOR
METEOROLOGICI**

Luna	Ianuarie 2004			
Ziua	Presiune [mbar]	Temperatura [oC]	Umiditate [%]	Vant vit. Med. [m/s]
1	1000.9	4.7	87	1.3
2	998.0	2.7	91	1.5
3	1004.1	-1.6	74	4.3
4	1006.1	-4.2	69	2.5
5	1006.0	-4.2	76	1.5
6	1012.7	-7.5	78	2.8
7	1013.3	-10.7	83	1.3
8	1010.7	-7.2	83	0.3
9	1005.7	-6.7	76	1.5
10	1000.5	-1.2	90	1.3
11	1009.5	-1.2	89	1.5
12	1004.3	0.8	82	1.5
13	992.5	3.9	81	2.3
14	989.3	6.6	76	2.0
15	989.2	1.3	91	2.3
16	999.8	2.3	82	2.5
17	997.5	5.3	62	4.5
18	1000.4	3.8	84	2.5
19	1005.2	2.2	88	1.5
20	994.2	1.7	93	2.0
21	997.8	-0.6	77	3.0
22	1003.4	-3.8	63	4.8
23	1006.4	-6.7	67	3.5
24	1003.6	-5.9	75	4.0
25	1002.3	-4.6	85	1.0
26	1003.9	-5.4	87	1.5
27	995.8	-5.3	77	2.5
28	987.5	-1	83	2.0
29	993.9	-5.2	85	1.8
30	1007.7	-11.7	84	0.8
31	1017.8	-9.2	85	1.0

Luna	Aprilie 2004			
Ziua	Presiune [mbar]	Temperatura [oC]	Umiditate [%]	Vant vit. Med. [m/s]
1	1004.2	13	50	2.5
2	1008	12.1	51	1.5
3	1013	11.2	50	1.3
4	1012.9	10.4	49	1.0
5	1005.4	12.9	59	3.0
6	1000.5	10.6	72	1.5
7	993.9	10.3	85	2.3
8	1002	8.2	71	1.5
9	1003.3	7.9	73	2.0
10	997.7	10.6	89	1.0
11	1000.8	11.1	92	3.0
12	1005.3	10	90	1.5
13	999.2	9.7	91	2.3
14	1004	8.1	85	1.5
15	1015.6	9.9	71	2.0
16	1012.5	11.3	58	1.0
17	1000	12.4	69	17.5
18	992.6	13.6	64	1.0
19	991.6	14	54	2.3
20	994.6	13.7	56	2.0
21	1003.4	16.4	55	1.8
22	1003.6	16	64	1.5
23	1001.5	15.8	62	1.5
24	1001.7	13.7	70	1.8
25	1005	12.1	85	2.8
26	1006.1	13.5	72	2.5
27	1005.6	13.2	62	1.5
28	1004.6	14.2	60	1
29	1001.3	15.7	60	2
30	997.7	16.2	63	2.5

Luna	Iulie 2004			
Ziua	Presiune [mbar]	Temperatura [oC]	Umiditate [%]	Vant vit. Med. [m/s]
1	1006	21.2	49	0.8
2	1002.2	19.9	64	1.8
3	1005.9	20.8	57	2.5
4	1009.1	21.6	52	1.3
5	1007.4	24.3	46	2.3
6	1005.9	25.6	52	2.0
7	1006.8	23.7	55	2.3
8	1005.5	26.7	52	2.0
9	1001.3	28.7	51	2.5
10	999.3	27.5	47	2.3
11	1000	21.7	42	2.5
12	998.2	20.2	45	2.3
13	996.7	19.9	47	3.3
14	1002.2	17.8	59	3.5
15	1004.3	17.4	53	3
16	1006.9	20.2	58	1.5
17	1009.5	22.5	54	1.3
18	1009.4	25.2	47	1.8
19	1007.6	27	44	2
20	1006	27.1	48	1.8
21	1005.7	27.2	51	1.3
22	1005.4	28	49	1.5
23	1004.6	28.6	44	2
24	1002.4	24.8	57	2.5
25	1000.2	24.4	60	1.8
26	998.4	21.8	75	1.5
27	997.7	18.2	90	2
28	1000.9	15.4	88	2.5
29	1003	15.8	82	2
30	1005.1	17.3	77	1.5
31	1004.7	17.6	88	1

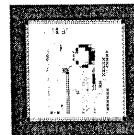
Luna	Octombrie 2004			
Ziua	Presiune [mbar]	Temperatura [oC]	Umiditate [%]	Vant vit. Med. [m/s]
1	1011.5	14.6	75	0.5
2	1011.2	14.3	76	0.5
3	1012.8	12.2	83	0.8
4	1014.8	11.1	93	1
5	1014.2	13.5	77	1.5
6	1013.2	14.3	63	2.3
7	1009.9	12.8	70	1.5
8	1007.3	12	78	0.5
9	1003.2	13.7	79	1.8
10	1002	11.9	91	1.8
11	1006.6	9.4	76	3.8
12	1017.1	7.6	70	1.3
13	1018.4	7.7	63	1.5
14	1011.2	8.4	75	2
15	1003.9	11.2	72	2.8
16	997.5	12.9	77	2.8
17	997.3	9.8	85	2.5
18	1005.5	7.3	82	1.3
19	1005.4	12.1	78	0.8
20	1004.3	14.2	80	1
21	1004.9	12	89	1.3
22	1010.6	15	86	0.3
23	1009.7	14.8	89	1.3
24	1010.3	14.4	86	0.5
25	1007.2	14.2	79	0.5
26	1003.9	14.7	76	1.3
27	1000.9	14.8	74	1.8
28	1001.1	14.7	73	1.5
29	1000.8	16.1	68	2.3
30	1000.4	15.8	72	1.5
31	1003.7	16.9	71	1.8

DIRECTIA ZILNICA PREDOMINANTA A VINTULUI
LA STATIA METEOROLOGICA TIMISOARA IN ANUL 2004

Ziua	Ianuarie	Aprilie	Iulie	Octombrie
1	NV	NE	SE	NV
2	V	SE	NV	NV
3	N	SE	NV	SV
4	N	SE	SE	SV
5	V	S	NE	SE
6	NV	SV	SE	SE
7	NV	V	NV	E
8	ESE	V	SV	NE
9	E	NE	SE	NE
10	NV	NE	NV	NE
11	NV	NV	SV	NV
12	SE	NV	NV	SE
13	SV	SV	NV	E
14	SV	SE	NV	SE
15	NE	SE	NV	SE
16	V	SE	NV	SE
17	S	SE	SE	SV
18	SE	SE	SV	SE
19	NV	SE	SV	NE
20	SV	SV	NV	NE
21	NV	NV	SV	NE
22	N	NV	NV	NE
23	N	NE	NV	NE
24	NV	NE	NV	S
25	NE	NV	NV	SE
26	SE	NE	NV	SE
27	E	SV	NV	SE
28	E	SE	NV	SE
29	SV	SE	SV	SE
30	SE	SV	SV	NE
31	E		SV	NE



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA
Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului
30006, Timișoara, Piața Victoriei, nr.2
tel/fax: +40 256 40 30 60
e-mail: decanatch@rektorat.utt.ro



NR. 6 / 31.01.2005

Către,
DISTRIGAZ TIMIȘOARA

Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din cadrul UPT Timișoara, prin prezenta vă solicită bunăvoința de a accepta inițierea unei colaborări cu societatea dvs în domeniul protecției mediului. Menționăm că în cadrul facultății noastre funcționează un modul francofon de studii aprofundate, tip master, cu titlul *Science et technique de l'environnement industriel*, coordonat de către catedra de Inginerie Chimică.

De asemenea în cadrul aceleiași catedre este în desfășurare elaborarea unei teze de doctorat, cu titlul "Contribuții la simularea și modelarea proceselor chimice de reducere a emisiilor de dioxid de azot", autor drd. chim-fiz. Pîrlea Harieta, conducător științific Prof.dr.ing. Perju Delia.

Considerăm că aceasta colaborare ne-ar permite obținerea unor baze de date referitoare la gazele poluante rezultate la arderea gazului combustibil din microcentralele existente în municipiul Timișoara. În acest sens vă solicităm următoarele date:

1. cantitatea zilnică de gaze naturale consumate în municipiul Timișoara pentru lunile ianuarie, aprilie, iulie și octombrie 2004
2. buletinele de analiză cromatografică din lunile specificate mai sus.

Aceste date pot fi utilizate în cadrul unor programe tematice în activitățile didactice de la cursul de master mai sus menționat, cât și în sprijinul elaborării tezei de doctorat.

Apreciem că această colaborare ar fi benefică pentru ambele instituții având în vedere faptul că în facultatea noastră există multă experiență în domeniul prelucrărilor statistice informatizate ale datelor experimentale. Dispunem de pachete de programe moderne și de documentare de ultimă oră în domeniu, astfel încât am putea să ne aducem aportul, în activitățile desfășurate în cadrul acestei colaborări, la rezolvarea unor probleme importante din domeniul activităților din instituția dvs.

Cu atât mai mult această colaborare ar fi avantajoasă, cu cât în facultatea noastră funcționează specializarea *Ingineria mediului* în cadrul căreia își desfășoară activitatea cadre didactice din toate catedrele.

Decan Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului:

Prof.dr.ing. Rușnac Lucian

Șef catedră Inginerie Chimică:

Prof.dr.ing. Perju Delia

S.C. "DISTRIGAZ-NORD" S.A. Târgu Mureș
SUCURSALA TIMIȘOARA

Str. Independenței nr. 26-28; jud. Timiș 1900; Capital social 131.301.567 mii lei
CU 13220369; cont: BRD Sucursala Timișoara 251100905000032;
BCR Sucursala Timișoara -2511.1-30.1/RO; ABN-AMRO BANK Sucursala Timișoara 264100059591
Tel.: 0256-293416, Fax: 0256-293412; www.distrigaznord.ro; E-mail: dgnmtm@lasting.ro



Nr.: 182

Data: 11/02/2005

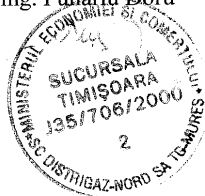
CATRE ,
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" Timișoara
Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului
Piața Victoriei nr.2

Urmarea la scrisoarea dumneavoastră nr. 6 din 31.01.2005, alăturat vă transmitem datele solicitate, dupăcum urmează:

1. Cantitatea zilnică de gaze naturale consumate în municipiul Timișoara pentru lunile ianuarie, aprilie, iulie și octombrie 2004.
 2. Buletinele de analiză cromatografică din lunile specificate mai sus.
- Cu stimă,.

DIRECTOR SUCURSALĂ:

ing. Funariu Doru



Întocmit:

ing. Zekány Alexandru

ANEXA 3

SC DISTRIGAZ NORD SA TG. MURES
SUCURSALA TIMISOARA

[MII MC]

ZI	LUNA			
	Ian-04	Apr-04	Iul-04	Oct-04
1	996	872	379	494
2	1077	839	360	482
3	1221	746	289	495
4	1276	774	292	569
5	1323	706	288	625
6	1286	815	298	572
7	1292	935	316	572
8	1241	980	307	610
9	1149	994	330	605
10	1091	1006	274	689
11	1066	790	276	825
12	940	850	318	918
13	1139	968	311	993
14	1227	1014	267	971
15	1274	921	247	932
16	1256	858	285	820
17	1199	831	244	874
18	1190	747	216	1070
19	1270	705	243	923
20	1391	726	229	817
21	1416	586	281	967
22	1479	441	259	898
23	1291	432	226	878
24	1204	496	210	770
25	1148	648	202	759
26	1374	643	239	558
27	1399	624	240	551
28	1246	621	271	541
29	1222	482	242	640
30	1459	456	224	598
31	1400		172	578
TOTAL	38542	22506	8335	22594

INTOCMIT
Ec. Tania Mihailov

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

decal cu acordul laboratorului.

Anș NICOARA

ANEXA 4

15.12.04 13.12.04

Data prelevării: 10.12.2004
 Data analizei: 13.12.2004
 Executat: Glogovetan R.
 S.C. ENISO/CEI 17023:2001
 CERTIFICAT DE ACREDITARE
 Nr. 243 - L

Punct de prelevare: SRM TIMISOARA 1-iesire oras
 Beneficiar: STGN MEDIAS
 Presiunea gazului: 1.2 bar
 Temp. gazului: 0.2 °C

Tabelul nr.1* - Analiza cromatografica cf. STAS 12001-B1

nr.crt.	COMPONENT	% vol.	% mol.	% mas.	g / m3N
1	metan	97.399	97.385	94.419	698.770
2	etan	0.938	0.945	1.717	12.710
3	propan	0.142	0.145	0.386	2.854
4	iso-butan	0.014	0.015	0.051	0.379
5	n-butan	0.011	0.011	0.040	0.298
6	neo-pentan	---	---	---	---
7	iso-pentan	0.003	0.003	0.014	0.103
8	n-pentan	0.002	0.002	0.009	0.070
9	2,2-dimetil-butan	---	---	---	---
10	2,3-dimetil-butan	---	---	---	---
11	3,3-dimetil-butan	---	---	---	---
12	3-metil-pentan	---	---	---	---
13	2-metil-pentan	---	---	---	---
14	hexani	0.002	0.002	0.012	0.086
15	2,4-dimetil-pentan	---	---	---	---
16	2,2,3-trimetil-butan	---	---	---	---
17	2-metil-hexan	---	---	---	---
18	3-metil-hexan	---	---	---	---
19	3-etil-pentan	---	---	---	---
20	heptani +	0.001	0.001	0.007	0.054
21	2,2,4-trimetil-pentan	---	---	---	---
22	n-octan	0.001	0.001	0.009	0.069
23	metil-ciclohexan	---	---	---	---
24	ciclohexan	---	---	---	---
25	benzen	---	---	---	---
26	toluen	---	---	---	---
27	hidrogen	---	---	---	---
28	monoxid de carbon	---	---	---	---
29	hidrogen sulfurat	---	---	---	---
30	heliu	0.000	0.000	0.000	0.000
31	argon	---	---	---	---
32	azot	0.638	0.637	1.078	7.977
33	oxigen	0.014	0.014	0.027	0.200
34	dioxid de carbon	0.838	0.838	2.230	16.566
	TOTAL	100.000	100.000	100.000	749.074

Tabelul nr.2 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1993

Puterea calorifica calculata		
superioara	inferioara	t(°C)
39751.54 kJ/m3	35752.11 kJ/m3	0
9494.49 kcal/m3	8539.25 kcal/m3	0
37607.16 kJ/m3	33871.32 kJ/m3	15
8982.32 kcal/m3	8090.03 kcal/m3	15

Tabelul nr.3 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1993

Densitatea	Cifra Wobbe	t(°C)
0.7401 kg/m3	52541.52 kJ/m3	0
0.5724 ---	12549.33 kcal/m3	0
0.7013 kg/m3	49713.35 kJ/m3	15
0.5723 ---	11873.83 kcal/m3	15

Tabelul nr.4 - Total hidrocarburi C3+

Continut in gazolina	
3.912	grame / m3N

Tabelul nr.5 - Calculata din date de literatura, dupa relatiile empirice Southerland si Heming-Zipower

Vascozitatea dinamica (la 15°C)	
10.760	micro Pa*s

Presiunea de referinta: 1,01325 bar

Observatii
 *Calculata din tabelul 1 corespund conditiilor normale (0 grade Celsius si 1,01325 bar)
 *nC6 si nC7 inclus si izomerii corespunzatori.

Buletinul de analiza contine o singura pagina.
 Buletinul de analiza nu poate fi reprodus
 decal cu acordul laboratorului.

SEF LABORATOR
 Anș NICOARA

ANEXA 4
SUCURSALA DE CERCETARE SI PROIECTARE
PENTRU TRANSPORT GAZE NATURALE MEDIAS

S.N.T.G.N."TRANSGAZ"S.A.MEDIAS

20.11.2004

INCERCARE
BULETIN DE ANALIZA CROMATOGRIFICA NR. 207



Data prelevării: 20.10.2004
Data analizei: 26.10.2004
Executat: Giogovetan R.
SR EN ISO/CEI 17025: 2001
Verificat: Nicodora A.
CERTIFICAT DE ACREDITARE
Nr. 243 - L

Punct de prelevare: SRM TIMISOARA 1
Beneficiar: STGN MEDIAS
Presiunea gazului: 11.6 bar
Temp. gazului: 11 °C

Tabelul nr.1* - Analiza cromatografica cf. STAS 12001-81

nr.crt.	COMPONENT	% vol.	% mol.	% mas.	g / m3N
1	metan	92.449	92.415	84.511	663.200
2	etan	2.626	2.647	4.537	35.607
3	propan	0.133	0.135	0.341	2.673
4	iso-butan	0.026	0.027	0.090	0.704
5	n-butan	0.022	0.023	0.076	0.596
6	neo-pentan	---	---	---	---
7	iso-pentan	0.007	0.007	0.031	0.240
8	n-pentan	0.004	0.004	0.018	0.140
9	2,2-dimetil-butan	---	---	---	---
10	2,3-dimetil-butan	---	---	---	---
11	3,3-dimetil-butan	---	---	---	---
12	3-metil-pentan	---	---	---	---
13	2-metil-pentan	---	---	---	---
14	hexani	0.006	0.007	0.033	0.259
15	2,4-dimetil-pentan	---	---	---	---
16	2,2,3-trimetil-butan	---	---	---	---
17	2-metil-hexan	---	---	---	---
18	3-metil-hexan	---	---	---	---
19	3-etil-pentan	---	---	---	---
20	heptani +	0.003	0.004	0.021	0.162
21	2,2,4-trimetil-pentan	---	---	---	---
22	n-octan	0.001	0.001	0.009	0.069
23	metil-ciclohexan	---	---	---	---
24	ciclohexan	---	---	---	---
25	benzen	---	---	---	---
26	toluen	---	---	---	---
27	hidrogen	---	---	---	---
28	monoxid de carbon	---	---	---	---
29	hidrogen sulfurat	---	---	---	---
30	heliu	0.000	0.000	0.000	0.000
31	argon	---	---	---	---
32	azot	1.678	1.674	2.673	20.979
33	oxigen	0.004	0.004	0.007	0.057
34	dioxid de carbon	3.039	3.051	7.654	60.064
	TOTAL	100.000	100.000	100.000	784.746

Tabelul nr.2 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Puterea calorifica calculata		
superioara	inferoara	t(°C)
39008.35 kJ/m3	35102.37 kJ/m3	0
9316.98 kcal/m3	8384.06 kcal/m3	0
36903.35 kJ/m3	33254.89 kJ/m3	15
8814.21 kcal/m3	7942.79 kcal/m3	15

Tabelul nr.3 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Densitatea	Cifra Wobbe	t(°C)
0.7847 kg/m3	50070.13 kJ/m3	0
0.6070 ---	11959.04 kcal/m3	0
0.7436 kg/m3	47374.67 kJ/m3	15
0.6068 ---	11315.24 kcal/m3	15

Tabelul nr.4 - Total hidrocarburi C3+

Continut in gazolina	
4.841	grame / m3N

Tabelul nr.5 - Calculata din date de literatura, dupa relatiile empirice Southerland si Herning-Zipperer

Vascozitatea dinamica (la 15°C)	
10.947	micro Pa*s

Presiunea de referinta: 1,01325 bar

Observatii

*Calculule din tabelul 1 corespund conditiilor normale () grade Celsius si 1,01325 bar
*nC6 si nC7 includ si izomerii corespunzatori.

Buletinul de analiza contine o singura pagina.
Buletinul de analiza nu poate fi reprodus decat cu acordul laboratorului.

**

*** **

SEF LABORATOR
Ana NICOARA

ANEXA 4
SUCURSALA DE CERCETARE SI PROIECTARE
PENTRU TRANSPORT GAZE NATURALE MEDIAS

S.N.T.G.N. "TRANSGAZ" S.A. MEDIAS

Dr. ZEKANY

INCERCARE
BULETIN DE ANALIZA CROMATOGRAFICA NR. 207

ROMANIA
Data prelevării: 20.10.2004
Data analizei: 20.10.2004
Executat: Glogovetan R.
SR EN ISO / CEI 17025: 2001
Nicoara A
CERTIFICAT DE ACREDITARE
Nr. 243 - L

Punct de prelevare: SRM TIMISOARA 1
Beneficiar: STGN MEDIAS
Presiunea gazului: 11.6 bar
Temp. gazului: 11 °C

Tabelul nr.1* - Analiza cromatografica cf. STAS 12001-81

nr.crt.	COMPONENT	% vol.	% mol.	% mas.	g / m3N
1	metan	92.449	92.415	84.511	663.200
2	etan	2.828	2.647	4.537	35.807
3	propan	0.133	0.135	0.341	2.673
4	iso-butan	0.026	0.027	0.090	0.704
5	n-butan	0.022	0.023	0.076	0.596
6	neo-pentan	---	---	---	---
7	iso-pentan	0.007	0.007	0.031	0.240
8	n-pentan	0.004	0.004	0.018	0.140
9	2,2-dimetil-butan	---	---	---	---
10	2,3-dimetil-butan	---	---	---	---
11	3,3-dimetil-butan	---	---	---	---
12	3-metil-pentan	---	---	---	---
13	2-metil-pentan	---	---	---	---
14	hexani	0.006	0.007	0.033	0.259
15	2,4-dimetil-pentan	---	---	---	---
16	2,2,3-trimetil-butan	---	---	---	---
17	2-metil-hexan	---	---	---	---
18	3-metil-hexan	---	---	---	---
19	3-etil-pentan	---	---	---	---
20	heptani +	0.003	0.004	0.021	0.162
21	2,2,4-trimetil-pentan	---	---	---	---
22	n-octan	0.001	0.001	0.009	0.069
23	metil-ciclohexan	---	---	---	---
24	ciclohexan	---	---	---	---
25	benzen	---	---	---	---
26	toluen	---	---	---	---
27	hidrogen	---	---	---	---
28	monoxid de carbon	---	---	---	---
29	hidrogen sulfurat	---	---	---	---
30	helium	0.000	0.000	0.000	0.000
31	argon	---	---	---	---
32	azot	1.678	1.674	2.673	20.979
33	oxigen	0.004	0.004	0.007	0.057
34	bioxid de carbon	3.039	3.051	7.654	60.064
	TOTAL	100.000	100.000	100.000	784.748

Tabelul nr.2 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Puterea calorifica calculata		
superioara	inferioara	t(°C)
39008.35 kJ/m3	35102.37 kJ/m3	0
9316.98 kcal/m3	8384.06 kcal/m3	0
38903.35 kJ/m3	33254.89 kJ/m3	15
8814.21 kcal/m3	7942.79 kcal/m3	15

Tabelul nr.3 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Densitatea	Cifra Wobbe	t(°C)
0.7847 kg/m3	50070.13 kJ/m3	0
0.6070	11959.04 kcal/m3	0
0.7436 kg/m3	47374.67 kJ/m3	15
0.6068	11315.24 kcal/m3	15

Tabelul nr.4 - Total hidrocarburi C3+

Continut in gazolina	
4.841	grame / m3N

$t_{\text{rova}} = -15,3^{\circ}\text{C}$
 $h = 0,757 \text{ g/m}^3 \text{ N}$

Tabelul nr.5 - Calculata din date de literatura, dupa relatii empirice Southerland si Hering-Zipperer

Vascozitatea dinamica (la 15°C)	
10.947	micro Pa*s

Presiunea de referinta: 1,01325 bar

Observatii
*Calculata din tabelul 1 corespund conditiilor normale (0 grade Celsius si 1,01325 bar)
*nC6 si nC7 includ si izomerii corespunzatori.

Buletinul de analiza contine o singura pagina.
Buletinul de analiza nu poate fi reproducut decat cu acordul laboratorului.

SEE LABORATOR
S.N.T.G.N. "TRANSGAZ" S.A.
SUCURSALA DE CERCETARE SI PROIECTARE
PENTRU TRANSPORT GAZE NATURALE MEDIAS
LABORATORUL DE ANALIZA GAZE

ANEXA 4
SUCURSALA DE CERCETARE SI PROIECTARE
PENTRU TRANSPORT GAZE NATURALE MEDIAS

S.N.T.G.N."TRANSGAZ" S.A.MEDIAS
Calc. din 26.10.2004

ÎNCERCARE
BULETIN DE ANALIZA CROMATOGRAFICA NR. 137



Data prelevării : 03.08.2004.
Data analizei : 27.08.2004
Executat : Glogovetan R.
SR EN ISO/CEI 17025 : 2001
CERTIFICAT DE ACREDITARE
Nr. 243 - L

Punct de prelevare : SRM TIMISOARA 1
Beneficiar : S.T.G.N.MEDIAS
Presiunea gazului : 9,8 bar
Temp. gazului : 18 °C

Tabelul nr.1* - Analiza cromatografica cf. STAS 12001-81

nr.crt.	COMPONENT	% vol.	% mol.	% mas.	g / m3N
1	metan	96.158	96.121	92.118	689.756
2	etan	2.250	2.266	4.071	30.483
3	propan	0.050	0.051	0.134	1.005
4	iso-butan	0.007	0.007	0.025	0.189
5	n-butan	0.007	0.007	0.025	0.190
6	neo-pentan	---	---	---	---
7	iso-pentan	0.002	0.002	0.009	0.068
8	n-pentan	0.002	0.002	0.009	0.070
9	2,2-dimetil-butan	---	---	---	---
10	2,3-dimetil-butan	---	---	---	---
11	3,3-dimetil-butan	---	---	---	---
12	3-metil-pentan	---	---	---	---
13	2-metil-pentan	---	---	---	---
14	hexani	0.010	0.011	0.058	0.431
15	2,4-dimetil-pentan	---	---	---	---
16	2,2,3-trimetil-butan	---	---	---	---
17	2-metil-hexan	---	---	---	---
18	3-metil-hexan	---	---	---	---
19	3-etil-pentan	---	---	---	---
20	heptani +	0.035	0.042	0.252	1.885
21	2,2,4-trimetil-pentan	---	---	---	---
22	n-octan	0.029	0.039	0.266	1.991
23	metil-ciclohexan	---	---	---	---
24	ciclohexan	---	---	---	---
25	benzen	---	---	---	---
26	toluen	---	---	---	---
27	hidrogen	---	---	---	---
28	monoxid de carbon	---	---	---	---
29	hidrogen sulfurat	---	---	---	---
30	heliu	0.000	0.000	0.000	0.000
31	argon	---	---	---	---
32	azot	0.816	0.814	1.362	10.201
33	oxigen	0.004	0.004	0.008	0.057
34	bioxid de carbon	0.630	0.632	1.663	12.451
	TOTAL	100.000	100.000	100.000	748.778

Tabelul nr.2 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Puterea calorifica calculata		
superioara	inferioara	t(°C)
40263.37 kJ/m3	36228.84 kJ/m3	0
9616.74 kcal/m3	8653.11 kcal/m3	0
38091.05 kJ/m3	34322.47 kJ/m3	15
9097.89 kcal/m3	8197.78 kcal/m3	15

Tabelul nr.3 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Densitatea	Cifra Wobbe	t(°C)
0.7488 kg/m3	52907.84 kJ/m3	0
0.5791 ---	12636.82 kcal/m3	0
0.7095 kg/m3	50059.86 kJ/m3	15
0.5790 ---	11956.59 kcal/m3	15

Tabelul nr.4 - Total hidrocarburi C3+

Continut în gazolina	
	grame / m3N
5.829	

Tabelul nr.5 - Calculata din date de literatura, dupa relatiile empirice Southerland si Herring-Zipperer

Vascozitatea dinamica (la 15°C)	
	micro Pa*s
10.711	

Presiunea de referinta: 1,01325 bar

Observatii
*Calculule din tabelul 1 corespund conditiilor normale (0 grade Celsius si 1.01325 bar) nC6 si nC7 includ si izomerii corespunzatori

Buletinul de analiza contine o singura pagina.
Buletinul de analiza nu poate fi reprodus
decat cu acordul laboratorului.

*

S.N.T.G.N."TRANSGAZ" S.A.
SUCURSALA DE CERCETARE SI
PROIECTARE PENTRU TRANSPORT
GAZE NATURALE MEDIAS
LABORATOR ANALIZE GAZE

ANEXA 4
SUCURSALA DE CERCETARE SI PROIECTARE
PENTRU TRANSPORT GAZE NATURALE MEDIAS

S.N.T.G.N."TRANSGAZ"S.A.MEDIAS

INCERCARE
BULETIN DE ANALIZA CROMATOGRAFICA NR. 62

ROMANIA
Data prelevării: 28.04.2004
Data analizei: 04.05.2004
Executat: Glogovetan R.
SR EN ISO / CEI 17025: 2001
Verificat: Nicodara A.
CERTIFICAT DE ACREDITARE
Nr. 243 - L

Punct de prelevare: SRM TIMISOARA 1
Beneficiar: S.T.G.N.MEDIAS
Presiunea gazului: 10.6 bar
Temp. gazului: 8 °C

Tabelul nr.1* - Analiza cromatografica cf. STAS 12001-81

nr.crt.	COMPONENT	% vol.	% mol.	% mas.	g / m3N
1	metan	99.335	99.331	98.647	712.689
2	etan	0.296	0.298	0.555	4.011
3	propan	0.024	0.024	0.067	0.482
4	iso-butan	0.006	0.006	0.022	0.162
5	n-butan	0.004	0.004	0.015	0.108
6	neo-pentan	---	---	---	---
7	iso-pentan	0.002	0.002	0.009	0.068
8	n-pentan	0.001	0.001	0.005	0.035
9	2,2-dimetil-butan	---	---	---	---
10	2,3-dimetil-butan	---	---	---	---
11	3,3-dimetil-butan	---	---	---	---
12	3-metil-pentan	---	---	---	---
13	2-metil-pentan	---	---	---	---
14	hexani	0.002	0.002	0.012	0.086
15	2,4-dimetil-pentan	---	---	---	---
16	2,2,3-trimetil-butan	---	---	---	---
17	2-metil-hexan	---	---	---	---
18	3-metil-hexan	---	---	---	---
19	3-etil-pentan	---	---	---	---
20	heptani +	0.002	0.002	0.015	0.108
21	2,2,4-trimetil-pentan	---	---	---	---
22	n-octan	0.001	0.001	0.010	0.069
23	metil-ciclohexan	---	---	---	---
24	ciclohexan	---	---	---	---
25	benzen	---	---	---	---
26	toluen	---	---	---	---
27	hidrogen	---	---	---	---
28	monoxid de carbon	---	---	---	---
29	hidrogen sulfurat	---	---	---	---
30	heliu	0.000	0.000	0.000	0.000
31	argon	---	---	---	---
32	azot	0.247	0.247	0.427	3.089
33	oxigen	0.004	0.004	0.008	0.057
34	bioxid de carbon	0.076	0.076	0.208	1.502
	TOTAL	100.000	100.000	100.000	722.467

Tabelul nr.2 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Puterea calorifica calculata		
superioara	inferioara	t(°C)
39933.24 kJ/m3	35906.05 kJ/m3	0
9537.89 kcal/m3	8576.01 kcal/m3	0
37779.35 kJ/m3	34017.54 kJ/m3	15
9023.44 kcal/m3	8124.95 kcal/m3	15

Tabelul nr.3 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Densitatea	Cifra Wobbe	t(°C)
0.7225 kg/m3	53420.97 kJ/m3	0
0.5588 ---	12759.38 kcal/m3	0
0.6846 kg/m3	50545.59 kJ/m3	15
0.5587 ---	12072.61 kcal/m3	15

Tabelul nr.4 - Total hidrocarburi C3+

Continut in gazolina	
1.119	grame / m3N

Tabelul nr.5 - Calculata din date de literatura, dupa relatiile empirice Southerland si Heming-Zipperer

Vascozitatea dinamica (la 15°C)	
10.697	micro Pa*s

Presiunea de referinta: 1,01325 bar

Observatii
*Calculule din tabelul 1 corespund conditiilor normale (0 grade Celsius si 1.01325 bar) nC6 si nC7 includ si izomerii corespunzatori

Buletinul de analiza contine o singura pagina.
Buletinul de analiza nu poate fi reprodus
decat cu acordul laboratorului.

*

SEF LABORATOR
S. I. Sing. A. Nicodara GAZ S.A.
SUCURSALA DE CERCETARE SI
PROIECTARE PENTRU TRANSPORT
GAZE NATURALE - MEDIAS
LABORATOR ANALIZE GAZE

ANEXA 4

APRILIE 2004

SUCURSALA DE CERCETARE SI PROIECTARE
PENTRU TRANSPORT GAZE NATURALE MEDIAS

S.N.T.G.N."TRANSGAZ"S.A.MEDIAS

INGERCARE
BULETIN DE ANALIZA CROMATOGRAFICA NR. 4

ROMANIA
Data prelevării: 25.02.2004
Data analizei: 02.03.2004
Executat de: Glogovetan R.
SRM Timisoara / CEI 17025:2001
Nicoara A.
CERTIFICAT DE ACREDITARE
Nr. 243 - L

Punct de prelevare: SRM TIMISOARA 1
Beneficiar: S.T.G.N.MEDIAS
Presiunea gazului: 10.6 bar
Temp. gazului: 5 °C

Tabelul nr.1* - Analiza cromatografica cf. STAS 12001-81

nr.crt.	COMPONENT	% vol.	% mol.	% mas.	g / m3N
1	metan	98.787	98.778	97.524	708.742
2	etan	0.714	0.719	1.331	9.675
3	propan	0.074	0.075	0.205	1.487
4	iso-butan	0.014	0.015	0.052	0.379
5	n-butan	0.011	0.011	0.041	0.298
6	neo-pentan	---	---	---	---
7	iso-pentan	0.002	0.002	0.009	0.068
8	n-pentan	0.002	0.002	0.010	0.070
9	2,2-dimetil-butan	---	---	---	---
10	2,3-dimetil-butan	---	---	---	---
11	3,3-dimetil-butan	---	---	---	---
12	3-metil-pentan	---	---	---	---
13	2-metil-pentan	---	---	---	---
14	hexani	0.003	0.003	0.018	0.129
15	2,4-dimetil-pentan	---	---	---	---
16	2,2,3-trimetil-butan	---	---	---	---
17	2-metil-hexan	---	---	---	---
18	3-metil-hexan	---	---	---	---
19	3-etil-pentan	---	---	---	---
20	heptani +	0.002	0.002	0.015	0.108
21	2,2,4-trimetil-pentan	---	---	---	---
22	n-octan	0.001	0.001	0.009	0.069
23	metil-ciclohexan	---	---	---	---
24	ciclohexan	---	---	---	---
25	benzen	---	---	---	---
26	toluen	---	---	---	---
27	hidrogen	---	---	---	---
28	monoxid de carbon	---	---	---	---
29	hidrogen sulfurat	---	---	---	---
30	heliu	0.000	0.000	0.000	0.000
31	argon	---	---	---	---
32	azot	0.274	0.273	0.471	3.426
33	oxigen	0.001	0.001	0.002	0.014
34	bioxid de carbon	0.115	0.115	0.313	2.273
	TOTAL	100.000	100.000	100.000	726.739

Tabelul nr.2 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Puterea calorifica calculata		
superioara	inferioara	t(°C)
40082.83 kJ/m3	38046.38 kJ/m3	0
9573.62 kcal/m3	8609.53 kcal/m3	0
37920.77 kJ/m3	34150.32 kJ/m3	15
9057.22 kcal/m3	8156.66 kcal/m3	15

Tabelul nr.3 - Calculate cf. SR ISO 6976 / 1998

Densitatea	Cifra Wobbe	t(°C)
0.7267 kg/m3	53463.26 kJ/m3	0
0.5621	12769.48 kcal/m3	0
0.6886 kg/m3	50585.57 kJ/m3	15
0.5620	12082.16 kcal/m3	15

Tabelul nr.4 - Total hidrocarburi C3+

Continut in gazolina	
2.608	grame / m3N

Tabelul nr.5 - Calculata din date de literatura, dupa
relatiile empirice Southerland si Herning-Zipperer

Vascozitatea dinamica (la 15°C)	
10.685	micro Pa*s

Presiunea de referinta: 1,01325 bar

Observatii
*Calculule din tabelul 1 corespund conditiilor normale (0 grade Celsius si 1.01325 bar) nC6 si nC7 includ si izomerii corespunzatori

Buletinul de analiza contine o singura pagina.

Buletinul de analiza nu poate fi reprodus
decat cu acordul laboratorului.

*

SEF LABORATOR

Sing. A. Nicoara
S.N.T.G.N."TRANSGAZ"S.A.
SUCURSALA DE CERCETARE SI
PROIECTARE PENTRU TRANSPORT
GAZE NATURALE MEDIAS
LABORATOR ANALIZE GAZE

29. NOV. 2003 9:35

1A7000000000

NO. 314 P. 4

SUCURSALA DE CERCETARE SI PROIECTARE
PENTRU TRANSPORT GAZE NATURALE MEDIAS

S.N.T.G.N."TRANSGAZ"S.A.MEDIAS

IN ATENȚIA D-ului LAZAROV

Palatul

BULETIN DE ANALIZA CROMATOGRAFICA NR. 215

din 01.12.2003

Data prelevării : 21.10.2003
Data analizării : 24.10.2003
Executat : Glogovetan R.
Verificat : Nicoara A.

Punct de prelevare : SRM TIMISOARA 1
Beneficiar : S.T.G.N.MEDIAS
Presiunea gazului : 8 bar
Temp. gazului : 15 °C

Tabelul nr.1 - Analiza cromatografică cf. STAS 12001-81

nr. crt.	COMPONENT	% vol.	% mol.	% mas.	g / m ³ N
1	metan	98.573	98.552	96.645	707.147
2	etan	0.676	0.681	1.252	9.159
3	propan	0.177	0.180	0.485	3.557
4	iso-butan	0.039	0.041	0.144	1.056
5	n-butan	0.045	0.047	0.167	1.219
6	neo-pentan	---	---	---	---
7	iso-pentan	0.021	0.022	0.098	0.719
8	n-pentan	---	---	---	---
9	2,2-dimetil-butan	---	---	---	---
10	2,3-dimetil-butan	---	---	---	---
11	3,3-dimetil-butan	---	---	---	---
12	3-metil-pentan	---	---	---	---
13	2-metil-pentan	---	---	---	---
14	hexani	0.008	0.009	0.047	0.345
15	2,4-dimetil-pentan	---	---	---	---
16	2,2,3-trimetil-butan	---	---	---	---
17	2-metil-hexan	---	---	---	---
18	3-metil-hexan	---	---	---	---
19	3-etil-pentan	---	---	---	---
20	heptani +	0.020	0.024	0.147	1.077
21	2,2,4-trimetil-pentan	---	---	---	---
22	n-octan	0.005	0.007	0.047	0.343
23	metil-ciclohexan	---	---	---	---
24	1,2-dicloroetan	---	---	---	---
25	benzen	---	---	---	---
26	toluen	---	---	---	---
27	hidrogen	---	---	---	---
28	monoxid de carbon	---	---	---	---
29	hidrogen sulfurat	---	---	---	---
30	heliu	0.000	0.000	0.000	0.000
31	argon	---	---	---	---
32	azot	0.248	0.245	0.420	3.076
33	oxigen	0.001	0.001	0.002	0.014
34	dioxid de carbon	0.173	0.174	0.467	3.419
	TOTAL	100.000	100.000	100.000	731.692

Tabelul nr.2 - Calcule cf. SR ISO 6976 / 1998

Puterea calorifică calculată		
superioară	inferioară	t(°C)
40277.57 kJ/m ³	36228.21 kJ/m ³	0
9620.13 kcal/m ³	8652.96 kcal/m ³	0
38104.81 kJ/m ³	34322.34 kJ/m ³	15
9101.16 kcal/m ³	8197.75 kcal/m ³	15

Tabelul nr.3 - Calcule cf. SR ISO 6976 / 1998

Densitatea	Cifra Wobbe	t(°C)
0.7317 kg/m ³	53540.83 kJ/m ³	0
0.5053 ---	12750.01 kcal/m ³	0
0.6933 kg/m ³	50658.93 kJ/m ³	15
0.5658 ---	12099.88 kcal/m ³	15

Tabelul nr.4 - Total hidrocarburi C3+

Conținut în gazolina	
8.877	grame / m ³ N

Tabelul nr.5 - Calculată din date de literatură, după relațiile empirice Southard și Hering-Zippert

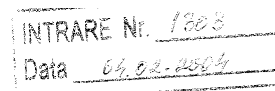
Vâscozitatea dinamică la 15°C	
0.057	micro Poise

Presiunea de referință: 1,01325 bar

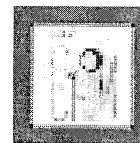
Observatii
*Calculule din tabelul 1 corespund condițiilor normale (0 grade Celsius si 1.01325 bar) nC6 si nC7 inclus si izomerii corespunzatori

Buletin de analiza cromatografică nr. 215
Buletin de analiza cromatografică nr. 215
decat cu acordul laboratorului.

S.N.T.G.N."TRANSGAZ"S.A.
SUCURSALA DE CERCETARE SI
PROIECTARE PENTRU TRANSPORT
GAZE NATURALE - MEDIAS
LABORATORUL DE ANALIZA GAZE

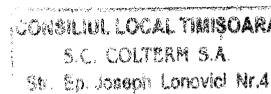


UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA
Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului
30006, Timișoara, Piața Victoriei, nr.2
tel/fax: +40 256 40 30 60
e-mail: decanatch@rektorat.utt.ro



NR. 7 / 1.2.2004

Către,
COLTERM TIMIȘOARA



Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din cadrul UPT Timișoara, prin prezenta vă solicită bunăvoința de a accepta inițierea unei colaborări cu societatea dvs în domeniul protecției mediului. Menționăm că în cadrul facultății noastre funcționează un modul francofon de studii aprofundate, tip master, cu titlul *Science et technique de l'environnement industriel*, coordonat de către catedra de Inginerie Chimică.

De asemenea în cadrul aceleiași catedre este în desfășurare elaborarea unei teze de doctorat, cu titlul "**Contribuții la simularea și modelarea proceselor chimice de reducere a emisiilor de dioxid de azot**", autor drd. chim-fiz. Pîrlea Harieta, conducător științific Prof.dr.ing. Perju Delia.

Considerăm că aceasta colaborare ne-ar permite obținerea unor baze de date referitoare la emisiile de dioxid de azot la termocentralele din Timișoara, care pot veni atât în sprijinul activității didactice de la cursul de master mai sus menționat, cât și în sprijinul elaborării tezei de doctorat.

Apreciem că această colaborare ar fi benefică pentru ambele instituții având în vedere faptul că în facultatea noastră există multă experiență în domeniul prelucrărilor statistice informatizate ale datelor experimentale. Dispunem de pachete de programe moderne și de documentare de ultimă oră în domeniu, astfel încât am putea să ne aducem aportul, în activitățile desfășurate în cadrul acestei colaborări, la rezolvarea unor probleme importante din domeniul activităților din instituția dvs.

Cu atât mai mult această colaborare ar fi avantajoasă, cu cât în facultatea noastră funcționează specializarea *Ingineria mediului* în cadrul căreia își desfășoară activitatea cadre didactice din toate catedrele.

Decan Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului:
Prof.dr.ing. Rusnac Lucian

Șef catedră Inginerie Chimică:
Prof.dr.ing. Perju Delia

ANEXA 5

Date furnizate de
COLTERM
TIMISOARA

**CONSUMUL ZILNIC DE GAZE NATURALE LA
CET CENTRU SI CET SUD**

Nr.crt	Luna	Data	CET CENTRU consum gaz									CET SUD		
			CA1	CA2	CA3	CA6	CA7	CA8	CAF2	CAF4	CAF5	CA2	CA3	CAF2
1	01	1	46420	12914	10120	0	0	0	0	104740	200000	48850	52458	0
2		2	47420	12440	10140	0	0	0	0	150700	160836	51187	55924	0
3		3	47420	11123	8875	0	0	0	0	140421	150421	51292	54424	0
4		4	47420	11468	6150	0	0	0	0	150000	156641	59288	53768	0
5		5	47420	12130	11130	0	0	0	0	100348	140349	51912	59468	0
6		6	47420	9540	9540	9010	0	0	0	60951	72951	46556	49053	0
7		7	47420	0	0	0	0	0	0	50844	64000	48205	19294	45808
8		8	47420	0	0	0	0	0	0	25891	15891	32016	0	52038
9		9	47420	0	0	0	0	0	0	26450	20450	33635	0	46709
10		10	47420	0	0	0	0	0	0	54100	40166	33153	0	49956
11		11	46420	0	0	0	0	0	0	57000	38476	36721	0	53851
12		12	17782	0	0	0	0	0	20744	128437	92916	39463	0	58835
13		13	0	0	0	0	0	0	75974	133145	133146	16195	0	73883
14		14	0	0	0	0	0	0	115408	113400	113280	0	0	163027
15		15	9880	11190	11190	5540	0	0	124043	203280	16090	0	0	104081
16		16	46420	12110	12140	0	0	0	92327	187770	40476	0	31285	64922
17		17	47420	12465	12465	0	0	0	0	181054	147082	0	51156	57360
18		18	47420	5660	6720	0	0	0	0	165272	165272	0	53792	55974
19		19	47420	0	7550	0	0	0	0	169200	169198	0	59577	49889
20		20	47420	0	5020	0	0	0	0	171478	171478	0	46771	60468
21		21	47420	10121	10121	0	0	0	14882	159100	159094	0	54611	57100
22		22	47420	7170	7170	0	0	0	0	108527	108528	0	54617	58924
23		23	47420	7185	7185	9368	0	0	0	53915	73916	0	45555	50731
24		24	47420	0	0	8680	0	0	0	43965	63965	0	43903	53268
25		25	46420	0	0	10147	0	0	0	44375	64376	0	44974	53136
26		26	47420	0	0	8278	0	0	0	55447	75448	0	47780	61499
27		27	46420	0	0	8911	0	0	0	67095	67096	0	46678	60152
28		28	33610	4100	4100	9800	0	0	0	60867	90867	0	48018	58673
29		29	46420	0	0	7164	0	0	0	66781	66849	0	53294	58795
30		30	46420	0	0	8864	0	0	0	100934	100934	0	49854	67859
31		31	46420	0	0	8073	0	0	0	121711	121711	0	49601	70825
32	04	1	51583	0	0	17618	0	0	17898	159183	0	0	0	192612
33		2	51583	0	0	21013	0	0	15410	152992	0	0	0	193393
34		3	51583	0	0	22078	0	0	15930	149169	0	0	0	188219

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

35		4	51583	0	0	19266	0	0	18158	132801	0	0	0	178631
36		5	51583	0	0	23572	0	0	30127	114464	0	0	0	156420
37		6	51583	0	0	24378	0	0	0	178161	0	0	0	197713
38		7	51583	0	0	23114	0	0	0	225008	0	0	0	209342
39		8	51583	0	0	23211	0	0	0	201149	0	0	0	223094
40		9	51583	0	0	20848	0	0	0	210452	0	0	0	228041
41		10	51583	0	0	20733	0	0	0	224131	0	0	0	244005
42		11	51583	0	0	19947	0	0	0	217237	0	0	0	221317
43		12	51583	0	0	20746	0	0	0	209664	0	0	0	231022
44		13	51583	0	0	21157	0	0	0	221153	0	0	0	241555
45		14	51583	0	0	28035	0	0	0	237901	0	0	0	255820
46		15	51583	0	0	27117	0	0	0	220021	0	0	0	240550
47		16	51583	0	0	33841	0	0	0	191604	0	0	0	206370
48		17	51583	0	0	38178	0	0	0	197042	0	0	0	216813
49		18	51583	0	0	28155	0	0	0	193173	0	0	0	213482
50		19	51583	0	0	22890	0	0	0	193527	0	0	0	176863
51	07	1	46537	0	0	26647	0	0	47433	0	0	0	0	0
52		2	46537	0	0	24474	0	0	47368	0	0	0	0	0
53		3	46537	0	0	30820	0	0	47401	0	0	0	0	0
54		4	46537	0	0	32505	0	0	44330	0	0	0	0	0
55		5	13575	0	0	9115	0	0	0	0	0	0	0	0
56		6	0	0	0	12787	0	0	0	0	0	0	0	0
57		7	0	0	20964	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58		8	0	0	17980	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59		9	0	0	17577	0	0	0	0	0	0	0	73573	0
60		10	0	0	20814	0	0	0	0	0	0	0	110092	0
61		11	0	0	22042	0	0	0	0	0	0	0	100714	0
62		12	0	0	20098	0	0	0	0	0	0	0	90123	0
63		13	0	0	18245	0	0	0	0	0	0	0	88864	0
64		14	0	0	19119	0	0	0	0	0	0	0	94800	0
65		15	0	0	18719	0	0	0	0	0	0	0	98000	0
66		16	0	0	17671	0	0	0	0	0	0	0	103860	0
67		17	0	0	15296	0	0	0	0	0	0	0	110036	0
68		18	0	0	5352	0	0	0	0	0	0	0	100081	0
69		19	0	0	0	0	7699	7699	0	0	0	0	0	0
70		20	0	0	0	0	7098	7098	0	0	0	0	0	0
71		21	0	0	0	0	7200	7200	0	0	0	0	91348	0
72		22	0	0	0	0	7098	7098	0	0	0	0	93510	0
73		23	0	0	0	0	7000	7000	0	0	0	0	89029	0
74		24	0	0	15181	0	6980	6980	0	0	0	0	94718	0
75		25	0	0	16783	0	6519	6519	0	0	0	0	93028	0
76		26	0	0	16783	0	6323	6323	0	0	0	0	91643	0
77	10	1	47700	0	23850	20756	0	0	0	0	158207	0	0	0
78		2	47700	0	23850	18634	0	0	0	0	183042	0	0	0
79		3	47700	0	23850	17102	0	0	0	0	177660	0	0	0

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

80	4	47700	0	23850	22318	0	0	0	0	181756	0	0	0
81	5	47700	0	23850	23962	0	0	0	0	201256	0	0	0
82	6	47700	0	23850	27826	0	0	0	0	187792	0	0	0
83	7	47700	0	23850	23730	0	0	0	0	170339	0	0	0
84	8	47700	0	23850	23438	0	0	0	0	192929	0	0	0
85	9	47700	0	23850	16846	0	0	0	23782	184636	0	0	0
86	10	47700	0	23850	15900	0	0	0	48400	234162	0	0	0
87	11	47700	0	23850	23215	0	0	0	152557	231925	0	0	0
88	12	47700	0	23850	23215	0	0	0	148787	232684	0	0	0
89	13	47700	0	23850	21330	0	0	0	189791	240975	0	0	0
90	14	47700	0	23850	21735	0	0	0	200783	222617	0	0	0
91	15	47700	0	23850	21296	0	0	0	217397	177396	0	0	0
92	16	47700	0	23850	17311	0	0	0	209325	189325	0	0	0
93	17	47700	0	23850	15525	0	0	0	207843	185026	0	0	0
94	18	47700	0	23850	20974	0	0	0	214705	189351	0	0	0
95	19	47700	0	23850	22581	0	0	115162	0	270796	0	0	0
96	20	3984	0	1992	30079	0	0	8890	134573	0	0	0	0
97	21	47700	0	23850	21902	0	0	22848	201858	65283	0	0	0
98	22	47700	0	23850	21902	0	0	0	135660	177558	0	0	0
99	23	47700	0	23850	16800	0	0	0	208160	175540	0	0	0
100	24	47700	0	23850	15000	0	0	0	196640	160592	0	0	0

ANEXA 6

Date furnizate de S.C. COLTERM S.A.

TIMISOARA

**CONCENTRATIILE NO_x REZULTATE LA CET
CENTRU**

Nr. crt	Luna	Ziua	CA1	CA2	CA3	CA6	CA7	CA8	CAF2	CAF4	CAF5
1	IANUARI E	1	273.917	176.579	176.428	-	-	-	-	288.122	560.898
2		2	273.917	170.039	169.894	-	-	-	-	318.002	373.528
3		3	273.917	176.579	176.428	-	-	-	-	388.753	496.948
4		4	273.917	186.389	186.638	-	-	-	-	410.927	512.087
5		5	273.917	196.199	196.032	-	-	-	-	479.055	520.913
6		6	273.917	261.598	261.376	115.055	-	-	-	533.025	594.803
7		7	273.917	-	-	498.706	-	-	-	540.418	548.387
8		8	273.917	-	-	498.706	-	-	-	533.73	563.468
9		9	273.917	-	-	498.706	-	-	-	549.047	566.949
10		10	273.917	-	-	498.706	-	-	-	533.454	556.164
11		11	273.917	-	-	452.325	-	-	-	533.321	553.677
12		12	273.917	-	-	498.706	-	-	297.759	380.962	400.737
13		13	-	-	-	510.292	-	-	309.996	331.372	343.254
14		14	-	-	-	510.292	-	-	285.522	368.535	379.276
15		15	237.917	228.899	228.704	430.122	-	-	293.68	355.597	385.483
16		16	273.917	212.549	212.368	-	-	-	293.68	360.414	321.368
17		17	273.917	170.039	169.894	-	-	-	-	314.598	282.531
18		18	273.917	183.119	261.376	-	-	-	-	288.009	289.122
19		19	273.917	-	326.72	-	-	-	-	264.031	282.162
20		20	273.917	-	290.781	-	-	-	-	268.571	287.912
21		21	273.917	245.248	245.04	-	-	-	285.522	310.492	331.012
22		22	273.917	268.138	267.91	-	-	-	-	423.547	448.108
23		23	273.917	173.309	173.161	255.654	-	-	-	543.129	518.168
24		24	273.917	-	-	166.179	-	-	-	576.518	560.508
25		25	273.917	-	-	127.827	-	-	-	568.107	543.471
26		26	273.917	-	-	147.003	-	-	-	521.718	565.89
27		27	273.917	-	-	153.407	-	-	-	534.151	538.992
28		28	273.917	196.199	196.032	153.407	-	-	-	508.786	503.73
29		29	273.917	-	-	148.268	-	-	-	498.977	526.562
30		30	273.917	-	-	140.598	-	-	-	476.845	506.695
31		31	273.917	-	-	136.763	-	-	-	418.877	471.748
32	APRILIE	1	302.084	-	-	102.467	-	-	150.166	298.311	-
33		2	302.084	-	-	121.567	-	-	114.693	243.558	-
34		3	302.084	-	-	128.412	-	-	131.077	295.951	-
35		4	302.084	-	-	113.37	-	-	294.925	283.207	-
36		5	302.084	-	-	122.961	-	-	294.925	242.142	-
37		6	302.084	-	-	142.06	-	-	-	251.11	-
38		7	302.084	-	-	133.863	-	-	-	258.662	-
39		8	302.084	-	-	122.961	-	-	-	283.207	-
40		9	302.084	-	-	120.214	-	-	-	293.591	-
41		10	302.084	-	-	120.214	-	-	-	314.359	-
42		11	302.084	-	-	116.116	-	-	-	279.903	-
43		12	302.084	-	-	118.862	-	-	-	289.815	-
44		13	302.084	-	-	121.567	-	-	-	308.223	-
45		14	302.084	-	-	163.948	-	-	-	330.88	-
46		15	302.084	-	-	159.849	-	-	-	316.247	-
47		16	302.084	-	-	117.468	-	-	-	245.446	-
48		17	302.084	-	-	224.034	-	-	-	252.998	-
49		18	302.084	-	-	122.961	-	-	-	245.446	-

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

50		19	302.084	-	-	131.158	-	-	-	295.007	-
51	IULIE	1	293.053	-	-	202.567	-	-	321.661	-	-
52		2	293.053	-	-	189.356	-	-	321.661	-	-
53		3	293.053	-	-	228.989	-	-	321.661	-	-
54		4	293.053	-	-	239.25	-	-	321.661	-	-
55		5	293.053	-	-	111.544	-	-	-	-	-
56		6	-	-	-	101.283	-	-	-	-	-
57		7	-	-	331.302	-	-	-	-	-	-
58		8	-	-	257.157	-	-	-	-	-	-
59		9	-	-	250.94	-	-	-	-	-	-
60		10	-	-	297.761	-	-	-	-	-	-
61		11	-	-	270.692	-	-	-	-	-	-
62		12	-	-	284.227	-	-	-	-	-	-
63		13	-	-	260.541	-	-	-	-	-	-
64		14	-	-	270.692	-	-	-	-	-	-
65		15	-	-	267.308	-	-	-	-	-	-
66		16	-	-	296.069	-	-	-	-	-	-
67		17	-	-	219.937	-	-	-	-	-	-
68		18	-	-	189.484	-	-	-	-	-	-
69	19	-	-	-	-	176.21	176.21	-	-	-	
70	20	-	-	-	-	176.21	176.21	-	-	-	
71	21	-	-	-	-	176.21	176.21	-	-	-	
72	22	-	-	-	-	176.21	176.21	-	-	-	
73	23	-	-	-	-	176.21	176.21	-	-	-	
74	24	-	-	219.937	-	176.21	176.21	-	-	-	
75	25	-	-	240.239	-	176.21	176.21	-	-	-	
76	26	-	-	240.239	-	176.21	176.21	-	-	-	
77	OCTOMBRIE	1	283.813	-	361.928	119.273	-	-	-	-	221.09
78		2	283.813	-	361.928	103.409	-	-	-	-	248.975
79		3	283.813	-	361.928	100.601	-	-	-	-	251.963
80		4	283.813	-	361.928	126.474	-	-	-	-	248.975
81		5	283.813	-	361.928	137.987	-	-	-	-	281.84
82		6	283.813	-	361.928	166.706	-	-	-	-	263.914
83		7	283.813	-	361.928	137.987	-	-	-	-	239.016
84		8	283.813	-	361.928	143.722	-	-	-	-	271.881
85		9	283.813	-	361.928	100.601	-	-	-	104.346	268.893
86		10	283.813	-	361.928	96.289	-	-	-	99.377	343.586
87		11	283.813	-	361.928	140.833	-	-	-	165.612	373.463
88		12	283.813	-	361.928	140.833	-	-	-	203.723	378.94
89		13	283.813	-	361.928	137.987	-	-	-	223.598	403.34
90	14	283.813	-	361.928	143.722	-	-	-	273.287	348.565	
91	15	283.813	-	361.928	132.209	-	-	-	293.162	293.791	
92	16	283.813	-	361.928	109.851	-	-	-	298.131	298.77	
93	17	283.813	-	361.928	96.289	-	-	-	298.131	293.791	
94	18	283.813	-	361.928	119.273	-	-	-	303.1	295.783	
95	19	283.813	-	361.928	136.521	-	-	293.753	-	393.381	
96	20	283.813	-	361.928	173.907	-	-	259.194	250.43	-	
97	21	283.813	-	361.928	132.209	-	-	293.753	295.647	383.422	
98	22	283.813	-	361.928	130.209	-	-	-	283.225	263.914	
99	23	283.813	-	361.928	116.427	-	-	-	278.256	289.807	
100	24	283.813	-	361.928	91.977	-	-	-	273.287	253.955	

CONCENTRATIILE NO_x REZULTATE LA CET SUD					
Nr.crt	Luna	Ziua	CA2	CA3	CAF2
1	IANUARIE	1	416.043	464.848	-
2		2	407.939	442.89	-
3		3	433.455	464.784	-
4		4	437.65	483.481	-
5		5	451.403	471.185	-
6		6	451.78	483.515	-
7		7	435.789	490.38	552.173
8		8	434.869	-	578.912
9		9	431.274	-	578.966
10		10	437.907	-	556.994
11		11	421.804	-	555.113
12		12	408.649	-	527.308
13		13	379.427	-	488.613
14		14	-	-	214.348
15		15	-	-	523.94
16		16	-	369.218	558.554
17		17	-	436.263	490.976
18		18	-	427.277	480.582
19		19	-	392.397	492.979
20		20	-	421.975	495.548
21		21	-	430.254	504.21
22		22	-	442.568	539.972
23		23	-	483.088	564.291
24		24	-	483.52	573.263
25		25	-	480.39	564.622
26		26	-	482.216	549.018
27		27	-	456.788	558.75
28		28	-	445.319	539.555
29		29	-	435.518	533.378
30		30	-	479.993	550.684
31		31	-	487.232	560.898
32	APRILIE	1	-	-	202.741
33		2	-	-	197.94
34		3	-	-	190.279
35		4	-	-	181.105
36		5	-	-	171.11
37		6	-	-	215.498
38		7	-	-	140.399
39		8	-	-	235.358
40		9	-	-	224.409
41		10	-	-	241.803
42		11	-	-	232.169
43		12	-	-	228.388
44		13	-	-	241.803
45		14	-	-	256.994
46		15	-	-	244.959
47		16	-	-	219.313
48		17	-	-	214.249
49		18	-	-	214.709
50		19	-	-	173.642

Contribuții la studiul modelării și simurării proceselor de dispersie a imisiilor și emisiilor de dioxid de azot

51	IULIE	1	-	-	-
52		2	-	-	-
53		3	-	-	-
54		4	-	-	-
55		5	-	-	-
56		6	-	-	-
57		7	-	-	-
58		8	-	-	-
59		9	-	155.279	-
60		10	-	113.295	-
61		11	-	101.593	-
62		12	-	96.258	-
63		13	-	95.485	-
64		14	-	101.483	-
65		15	-	105.457	-
66		16	-	107.812	-
67		17	-	97.656	-
68		18	-	113.295	-
69		19	-	-	-
70		20	-	-	-
71		21	-	80.951	-
72		22	-	98.429	-
73		23	-	91.99	-
74		24	-	93.351	-
75		25	-	94.124	-
76		26	-	93.204	-
77	OCTOMBRI E	1	-	-	-
78		2	-	-	-
79		3	-	-	-
80		4	-	-	-
81		5	-	-	-
82		6	-	-	-
83		7	-	-	-
84		8	-	-	-
85		9	-	-	-
86		10	-	-	-
87		11	-	-	-
88		12	-	-	-
89		13	-	-	-
90		14	-	-	-
91		15	-	-	-
92		16	-	-	-
93		17	-	-	-
94		18	-	-	-
95		19	-	-	-
96		20	-	-	-
97		21	-	-	-
98		22	-	-	-
99		23	-	-	-
100		24	-	-	-

ANEXA 7

Date furnizate de S.C. COLTERM S.A.
TIMISOARA

**CARACTERISTICILE CAZANELOR
SI CAF-URILOR**

cazan	CA1	CA2	CA3	CA6	CA7	CA8	CAF1	CAF2	CAF4	CAF5
caracteristici	gaz	gaz	gaz	gaz/pacura	gaz	gaz	gaz	gaz	gaz/pacura	gaz/pacura
a	0.5	0.5	0.5	0.5/0.75	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5/0.75	0.5/0.75
eNOx	1.3	1.3	1.3	1.3/1.9	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5/2.1	1.5/2.1
Cp SO2	0	0	0	1700	0	0	0	0	1700	1700
Cgn SO2	50	50	50	35	50	50	35	35	35	35
Cp NO2	0	0	0	450	0	0	0	0	450	450
Cgh NO2	500	500	500	300	500	500	300	300	300	300
Cp pulberi cazan	0	0	0	160	0	0	0	0	100	100
Cg pulberi cazan	7.5	7.5	7.5	5	7.5	7.5	5	5	5	5
Cp pulberi cos	0	0	0	100	0	0	0	0	100	100
Cg pulberi cos	7.5	7.5	7.5	5	7.5	7.5	5	5	5	5
sarcina nominala	30 t/h	12.5 t/h	12.5 t/h	30 t/h	7.5 t/h	7.5 t/h	50 Gcal/h	50 Gcal/h	100 Gcal/h	100 Gcal/h
CO2 ianuarie	8.2	7.8	7.6	11	0	0	0	8.7	11.4	11
CO2 aprilie	7.8	7.8	7.6	8	0	0	0	9.4	10	9.2
CO2 iulie	8.2	7.8	7.8	7.6	7.7	7.7	0	8.6	0	0
CO2 octombrie	7.8	0	7.6	7.8	0	0	0	9.3	10.3	9
O2 ianuarie	6	7	7.4	4.8	0	0	0	5.5	5.6	6
O2 aprilie	6.6	7	7.4	6.5	0	0	0	4	3	4.5
O2 iulie	6.2	7	8.6	7.2	7	7	0	5.6	0	0
O2 octombrie	7	0	7	7	0	0	0	4.2	2.6	4.8

ANEXA 8

Date furnizate de S.C. COLTERM S.A. TIMISOARA

CARACTERISTICILE GAZELOR NATURALE SI A PACURII

IANUARIE 2004				APRILIE 2004			
caracteristici gaze	valori	caracteristici pacura	valori	caracteristici gaze	valori	caracteristici pacura	valori
putere calorica	34322.3	putere calorica	41088	putere calorica	34322.34	putere calorica	41088
CO	0	continul sulf	0.1	CO	0	continul sulf	0.1
CO2	0.17	cenusa	0.1	CO2	0.17	cenusa	0.1
H2S	0	umiditate	1.75	H2S	0	umiditate	1.75
H2S	0	continut C	84.8	H2S	0	continut C	84.8
O2	0	continut H2	11.93	O2	0	continut H2	11.93
N2	0.25	continut O2	0.72	N2	0.25	continut O2	0.72
CH4	93.56	continut N2	0.6	CH4	93.56	continut N2	0.6
C2H6	5.74	abur	0	C2H6	5.74	abur	0
C3H8	0.18			C3H8	0.18		
C4H10	0.08			C4H10	0.08		
C5H12	0.02			C5H12	0.02		
densitate gaz nat. (umiditate combustibil gazos)	0			densitate gaz nat. (umiditate combustibil gazos)	0		
suma procente	100	suma procente	100	suma procente	100	suma procente	100

IULIE 2004				OCTOMBRIE 2004			
caracteristici gaze	valori	caracteristici pacura	valori	caracteristici gaze	valori	caracteristici pacura	valori
putere calorica	34150.32	putere calorica	41088	putere calorica	34322	putere calorica	41088
CO	0	continul sulf	0.1	CO	0	continul sulf	0.1
CO2	0.12	cenusa	0.1	CO2	0.63	cenusa	0.1
H2S	0	umiditate	1.75	H2S	0	umiditate	1.75
H2S	0	continut C	84.8	H2S	0	continut C	84.8
O2	0	continut H2	11.93	O2	0	continut H2	11.93
N2	0.27	continut O2	0.72	N2	0.82	continut O2	0.72
CH4	98.79	continut N2	0.6	CH4	96.24	continut N2	0.6
C2H6	0.71	abur	0	C2H6	2.25	abur	0
C3H8	0.07			C3H8	0.05		
C4H10	0.03			C4H10	0.01		
C5H12	0.01			C5H12	0		
densitate gaz nat. (umiditate combustibil gazos)	0			densitate gaza nat. (umiditate combustibil gazos)	0		
suma procente	100	suma procente	100	suma procente	100	suma procente	100

ANEXA 9

REGISTRUL EMISIILOR DE AZOT
DIN ACTIVITĂȚI

Nr. înregistrare	Sursa		Categorie		Cantitate		Concentrație		Cantitate		Concentrație		Cantitate		Concentrație	
	Tip	Activitate	Unitate	Valoare	Unitate	Valoare	Unitate	Valoare	Unitate	Valoare	Unitate	Valoare	Unitate	Valoare	Unitate	Valoare
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																
51																
52																
53																
54																
55																
56																
57																
58																
59																
60																
61																
62																
63																
64																
65																
66																
67																
68																
69																
70																
71																
72																
73																
74																
75																
76																
77																
78																
79																
80																
81																
82																
83																
84																
85																
86																
87																
88																
89																
90																
91																
92																
93																
94																
95																
96																
97																
98																
99																
100																

10 - Cantitate
11 - Concentrație

