

PREZENTAREA MODELULUI MATEMATIC DE DISPERSIE UTILIZAT

Modelarea matematică a dispersiei poluanților în atmosferă constă în estimarea concentrațiilor de poluanți la sol și la înălțime în funcție de caracteristicile surselor de poluare, de condițiile meteorologice și orografice, de procesele de transformare fizică și chimică pe care le pot suferi poluanții în atmosferă și de interacțiunea acestora cu suprafața solului.

Modelarea dispersiei poluanților în atmosferă pentru emisiile de substanțe poluante generate de instalațiile de pe platformă s-a realizat cu programul Aria Impact creat de ARIA Technologies, adaptat pentru utilizarea în scopuri industriale pentru calculul dispersiei poluanților și a altor factori implicați în evaluarea impactului poluanților asupra mediului înconjurător.

ARIA Impact simulează operarea pe termen lung prin utilizarea seriilor de timp ale datelor meteorologice pe mai mulți ani, reprezentative pentru zonele analizate. Software-ul furnizează variația temporală a emisiilor cu descrierea realistă și dinamică a operării în timp a surselor de emisii. Simularea conduce la rezultate ce pot fi comparate cu reglementările privind calitatea aerului, dar și ca elemente de bază pentru o evaluare completă a riscurilor privind sănătatea.

Caracteristicile modelului:

- Importarea facilă a datelor meteorologice și topografice;
- Număr nelimitat de puncte, zone;
- Modul special pentru operarea unor aspecte particulare;
- Compatibilitate cu modulul pentru emisiile din trafic;
- Prelucrarea simultană a diferitelor substanțe;
- Vizualizarea concentrației locale prin indicarea cu ajutorul unui cursor;
- Gamă largă de instrumente întocmirea rapoartelor și prezentărilor;
- Alternative variate pentru calcularea penei de fum și a stabilității atmosferice;
- Modelarea în cazul vântului slab.

Model de calcul utilizat este de tip Gaussian Cartezian, care permite calcularea pe termen lung, mediu și scurt, a emisiilor provenite de la centrele industriale, traficul auto și sursele difuze.

Aria Impact calculează dispersia a două tipuri de poluanți: gazele și pulberi.

Programul este capabil să ia în calcul mai multe surse de poluare individuale, realizând simultaneitatea lor pentru fiecare poluant în parte. De asemenea, modelul ia în considerare evoluția concentrației substanțelor poluante în pana de fum și a modificării direcției acesteia datorate factorilor meteorologici. Pe lângă cele prezentate în cazul în care în zona studiată vântul suflă cu intensități scăzute, programul folosește un model Gaussian pentru viteze mici ale vântului, calculând concentrațiile poluanților la nivelul solului.

Modelul de calcul are la bază următoarele ipoteze:

- ✓ turbulențele sunt uniforme în straturile inferioare ale atmosferei;
- ✓ măsurătorile realizate pentru amplasamentului analizat sunt reprezentative pentru întregul domeniu de studiu;

- ✓ densitățile poluanților sunt apropiate de cea a aerului;
- ✓ componenta verticală a vântului este neglijabilă în comparație cu cea orizontală;
- ✓ regim staționar, ex: pana de fum se consideră că atinge instantaneu condițiile regimului staționar pentru fiecare serie de condiții meteorologice folosite în realizarea calculului dispersiei poluanților.

În general aceste ipoteze pot conduce la supraestimarea concentrațiilor poluanților analizați, dar ele permit utilizatorului programului de modelare a dispersiei vizualizarea rapidă a parametrilor caracteristici poluării într-un perimetru cuprins între 1,0 și 50,0 km.

Formula care stă la baza modelului de calcul gaussian cartezian este:

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right] \cdot \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

unde:

C = concentrația medie în punctul (x,y,z) (mg/m³);

Q = emisia de poluant (mg/s);

H = înălțimea efectivă a sursei (m);

Y = viteza medie a vântului la înălțimea sursei (m/s);

$\sigma_y\sigma_z$ = derivațiile standard, funcție de distanța de sursă și gradul de stabilitate al atmosferei (m).

Derivațiile standard se exprimă analitic sub forma :

$$\sigma_y = Ax^a ;$$

$$\sigma_z = Bx^b .$$

unde: x = distanța față de sursă (m);

A,a - B,b = constante determinate din diagramele Pasquill – Gifford, în funcție de stabilitate și distanța sursă – receptor.

Pentru a folosi acest model de dispersie în atmosferă, este necesară cunoașterea a trei premise esențiale:

➤ Caracteristicile sursei de emisie:

- cantitatea de emisie evacuată (g/s, t/an, etc.);
- dimensiunile sursei: înălțime și diametru (m);
- viteza de evacuare a gazelor în atmosferă (m/s);
- temperatura de evacuare a gazelor în atmosferă (°C).
- caracteristicile locului de amplasare a sursei, și anume: harta topografică a zonei analizate, care să cuprindă o suprafață de 25(50) km x 25(50) km în jurul sursei emitente;

- Datele meteorologice specifice zonei analizate pe o perioadă multianuală, și care constau în:
 - viteza vântului (m/s);
 - direcția vântului, în grade față de direcția nord;
 - temperatura aerului ($^{\circ}\text{C}$);
 - nebulozitatea aerului, exprimată de la 1 la 8, în funcție de gradul de acoperire cu nori;
 - clasa de stabilitate, clasificate după Pasquill de la 1 la 6/7;
 - înălțimea de amestecare (m).
- ARIA Impact furnizează concentrații de poluanți la nivelul solului sub forma curbelor de izoconcentrații sau ca zone colorate pe harta amplasamentului studiat. Rezultatele obținute pot fi:
 - Roza vântului și serii de timpi ale datelor meteorologice;
 - Hărți grafice ale poluantului cu indicarea concentrațiilor medii lunare sau anuale, concentrațiile orare sau zilnice (percentilă), frecvența valorilor limită conform reglementărilor legislative;
 - Tabele text ca: date corespunzătoare concentrațiilor maxime, concentrații la punctele receptoare.

Cu ajutorul acestui model matematic se pot calcula atât concentrațiile medii anuale ale substanțelor poluante, cât și concentrațiile orare sau zilnice (percentilă), precum și distribuția lor spațială în zona analizată.

Pe baza cantităților de poluanți emiși de fiecare sursă, a caracteristicilor tehnice și fizice ale fiecărei surse și a datelor meteo de pe amplasament, s-a elaborat modelarea dispersiei poluanților în atmosferă. O masă de substanțe poluante evacuate în atmosferă este supusă unui proces de dispersie care determină scăderea concentrației de poluanți pe măsura depărtării de sursă.

Dispersia poluanților depinde de o serie de factori ce acționează simultan:

- factorii ce caracterizează sursa de emisie, respectiv: înălțimea fizică a coșului de evacuare, diametrul la vârf al acestuia, viteza și temperatura de evacuare a gazelor, cantitatea de poluant evacuată în unitatea de timp și proprietățile fizico-chimice ale poluantului;
- factorii care caracterizează mediul aerian în care are loc emisia și care determină împrăștierea orizontală și verticală a poluanților (factori meteorologici);
- factorii care caracterizează zona în care are loc emisia (orografia și rugozitatea terenului).

Diversele zone au posibilități diferite de dispersie, astfel încât aceeași cantitate de poluanți evacuați în atmosferă în condiții similare, are ca rezultat atingerea unor concentrații la sol diferite de la o zonă la alta, în funcție de caracteristicile atmosferice și orografice ale zonei respective.

Cunoașterea proporției în care se realizează într-o zonă dată acele caracteristici atmosferice care frânează sau favorizează difuzia poluanților permite estimarea posibilităților de dispersie precum și determinarea calitativă și cantitativă a concentrațiilor de poluanți.

Dintre factorii meteorologici care determină dispersia poluanților, hotărâtori sunt vântul, caracterizat prin direcție și viteză, și stratificarea termică a atmosferei.

Direcția vântului este elementul care determină direcția de deplasare a masei de poluant. Concentrația poluanților este maximă pe axa vântului și descrește substanțial odată cu depărtarea de ea.

În cazul surselor înalte, difuzia poluanților nu are loc imediat ce aceștia părăsesc coșul de fum. Datorită vitezei proprii de ieșire a jetului de gaze de ardere, a diferenței de temperatură dintre cea de evacuare a gazelor de ardere și cea a mediului, pana de poluant își va continua mișcarea ascendentă până își pierde viteza inițială, iar temperatura sa o egalează pe cea a mediului.

Înălțimea fizică a coșului plus supraînălțarea penei de poluant datorită efectelor termice și dinamice constituie înălțimea efectivă a coșului.

Viteza vântului determină valoarea concentrației de poluant atât direct cât și prin intermediul înălțimii efective a penei de poluant.

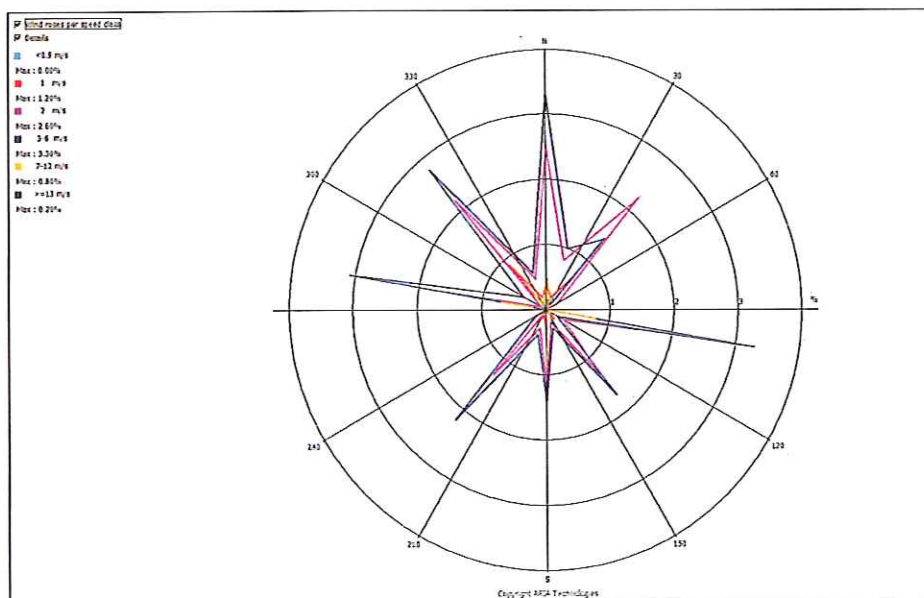
Valoarea concentrației la nivelul solului este, în anumite limite, invers proporțională cu valoarea vitezei vântului. În același timp, o creștere a vitezei vântului are ca efect o scădere a înălțimii efective a penei de poluant și în consecință o creștere a concentrației. Astfel, există o valoare critică a vitezei vântului, specifică fiecărei surse de poluare, pentru care se obține cea mai mare concentrație de poluant.

Un alt parametru determinat în difuzia poluanților este turbulența care este intim legată de structura verticală a temperaturii aerului. Aceasta determină starea de stabilitate a atmosferei care, la rândul ei, generează mișcările verticale ale aerului. Există trei tipuri principale de stratificare: stabilă, neutră și instabilă.

Datele meteorologice utilizate în prezentul studiu sunt pentru 3 ani de măsurători orare. S-au calculat frecvențele de apariție a direcțiilor de vânt pe 16 sectoare principale.

Viteza vântului a fost împărțită pe 9 clase de viteze din 1 m/s în 1 m/s, în clasa 1 m/s fiind înglobate, proporțional cu frecvențele de apariție ale direcțiilor de vânt, situațiile de calm atmosferic, iar în ultima clasă vitezele de vânt mai mari sau egale cu 13 m/s.

Figura. – Roza vântului



Stratificarea aerului a fost determinată utilizând metodologia elaborată de S. Uhlig care determină starea de stabilitate pe o scară cu 7 trepte de la foarte instabil la foarte stabil, din date privind nebulozitatea totală și cea a norilor inferiori, vizibilitatea, viteza vântului, starea solului și un indice de bilanț radiativ în funcție de ora și luna respectivă.

Aprecierea calității aerului într-o zonă dată se face în funcție de anumite valori ale concentrațiilor de poluanți standardizate.

Evaluarea impactului substanțelor poluante emise în atmosferă asupra mediului ambiant s-a realizat cu ajutorul unui model matematic de dispersie a poluanților, de tip Gauss, implementat într-un program de calculator și oferit de ARIA Technologies.

2 Modelul folosește ca date de intrare caracteristicile emisiei de poluanți (cantitatea de poluant evacuată în atmosferă în unitatea de timp, înălțimea coșurilor de evacuare și diametrul la vârf al acestora, temperatura și viteza de evacuare a gazelor), date privind topografia în regiunea amplasamentului și date meteorologice (triorare): direcția și viteza vântului, temperatura mediului ambiant și nebulozitatea atmosferică.

Supraînălțarea penelor de poluanți, parametru hotărâtor în evaluarea concentrațiilor de poluanți la o anumită distanță de sursă a fost determinată cu formula lui Holland.

Viteza vântului la înălțimea sursei, un alt parametru ce intervine în modelul de calcul, este determinată cu o formulă exponențială, în care exponentul depinde de gradul de stratificare al atmosferei și de mediul în care are loc emisia.

3 Folosind modelul matematic de dispersie al substanțelor poluante în atmosferă s-au calculat valorile limita orară, zilnice și anuale pentru oxizii de azot, dioxidul de sulf și pulberi. Pe baza acestor calcule s-au trasat curbele de izoconcentrații maxime momentane. Pentru aceasta s-a utilizat o grilă cu pasul de 250 m și dimensiunile 25 x 25 km.

Datele topografice utilizate pentru rularea modelului sunt în UTM – Universal Transvers Mercator.

Modelarea dispersiei substanțelor poluante a ținut seama de sursele fixe punctuale constituite care fac obiectul proiectului.

Evaluarea calității aerului în zona înconjurătoare s-a realizat pe o rază de 25 km.

DISPERSIA SUBSTANȚELOR POLUANTE

Valorile concentrațiilor obținute în urma rulării modelului de dispersie sunt prezentate în continuare:

NO_x

Concentrația maximă anuală de NO_x este de **2,10 (μg/m³)**. Concentrațiile anuale de NO_x se încadrează în valorile limită anuale pentru protecția sănătății umane și protecția vegetației.

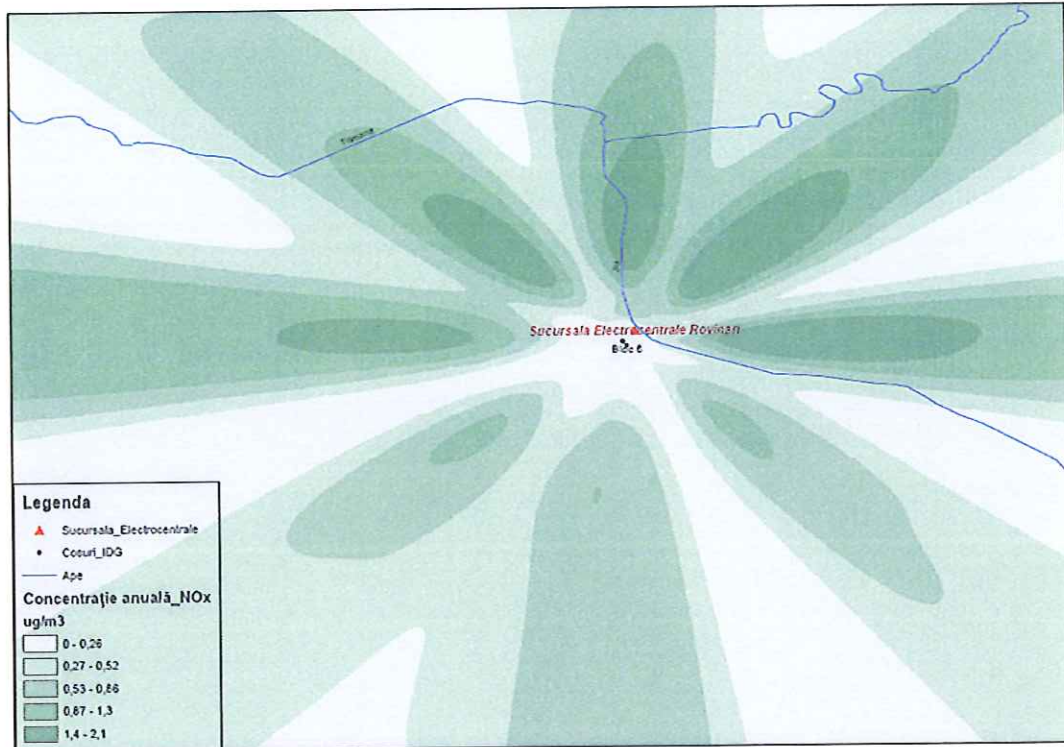
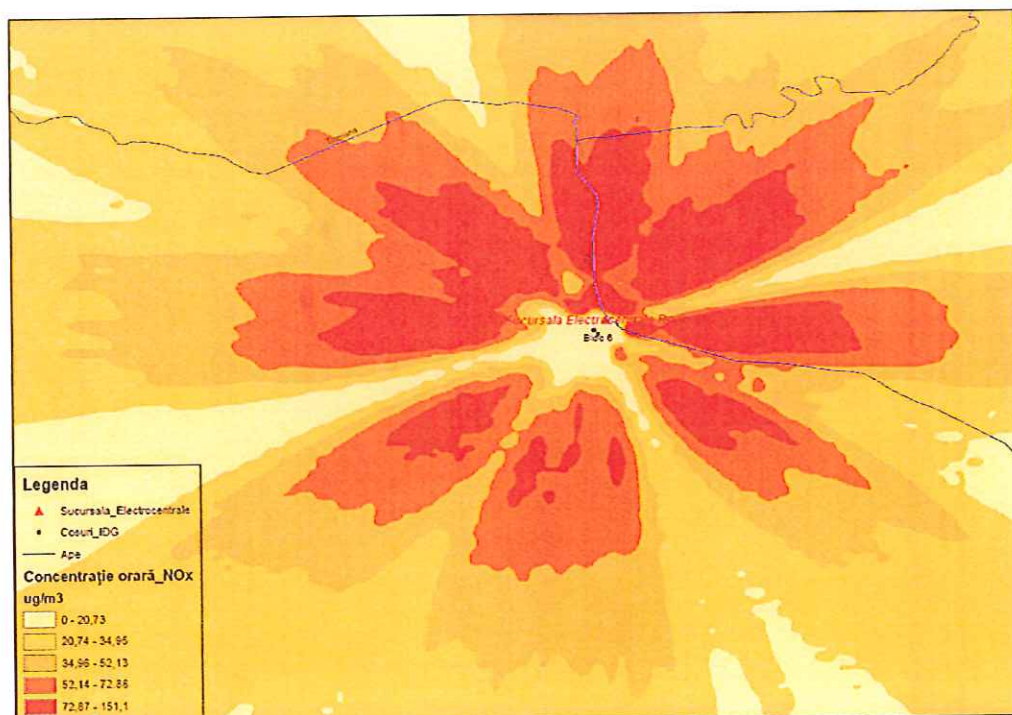


Figura – Dispersia NOx în atmosferă – medie anuală

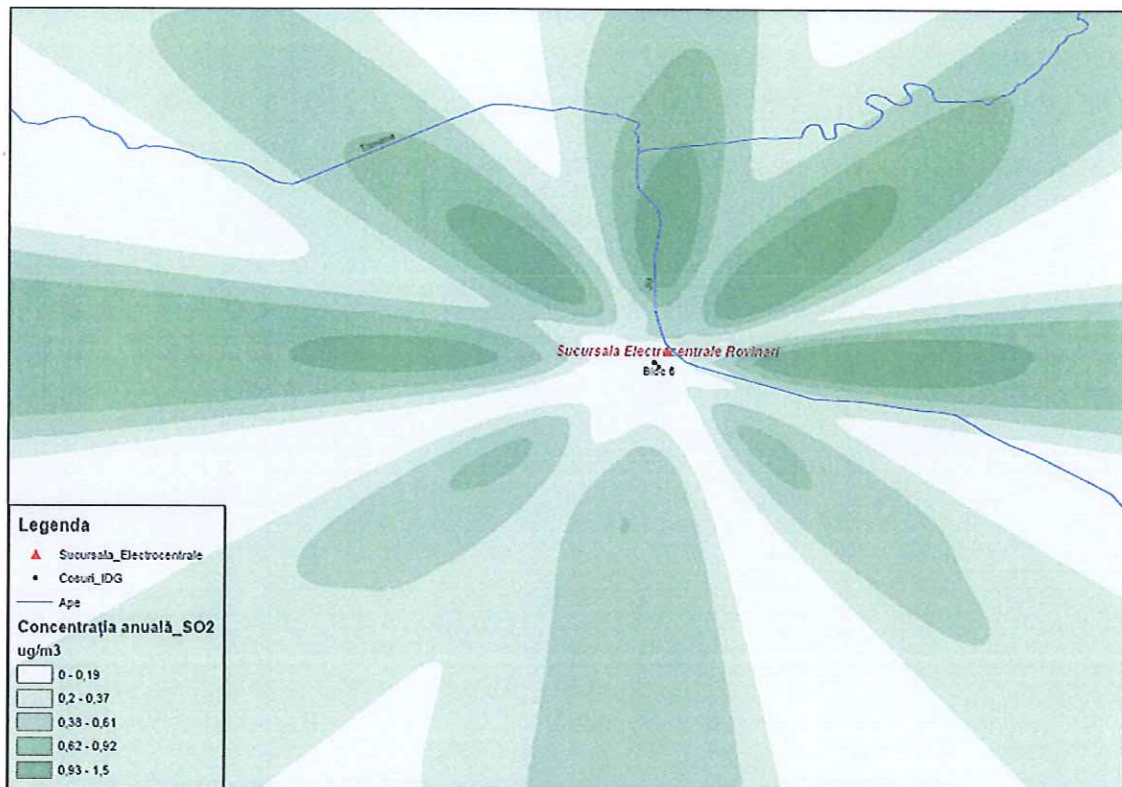
Concentrația maximă orară (99.8) de NO_x este de **151,05 (μg/m³)**. Concentrațiile orare de NO_x se încadrează în valoarea limită pentru protecția sănătății umane. Nu este depășită valoarea limită și nici și pragul superior de evaluare, dar este depășit pragul inferior de evaluare.



Figura– Dispersia NOx în atmosferă – medie orară

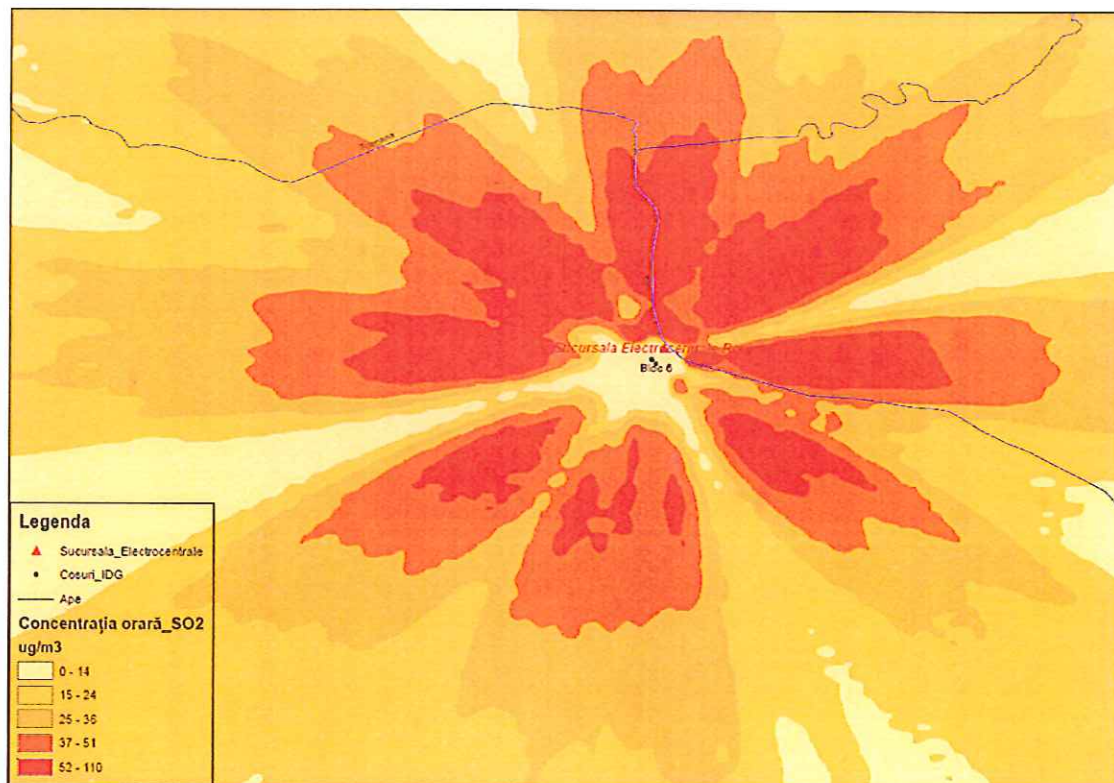
SO₂

Concentrația maximă anuală de SO₂ este de 1,5 (μg/m³). Concentrațiile anuale de SO₂ se încadrează în valorile limită anuale pentru protecția sănătății umane și protecția vegetației.



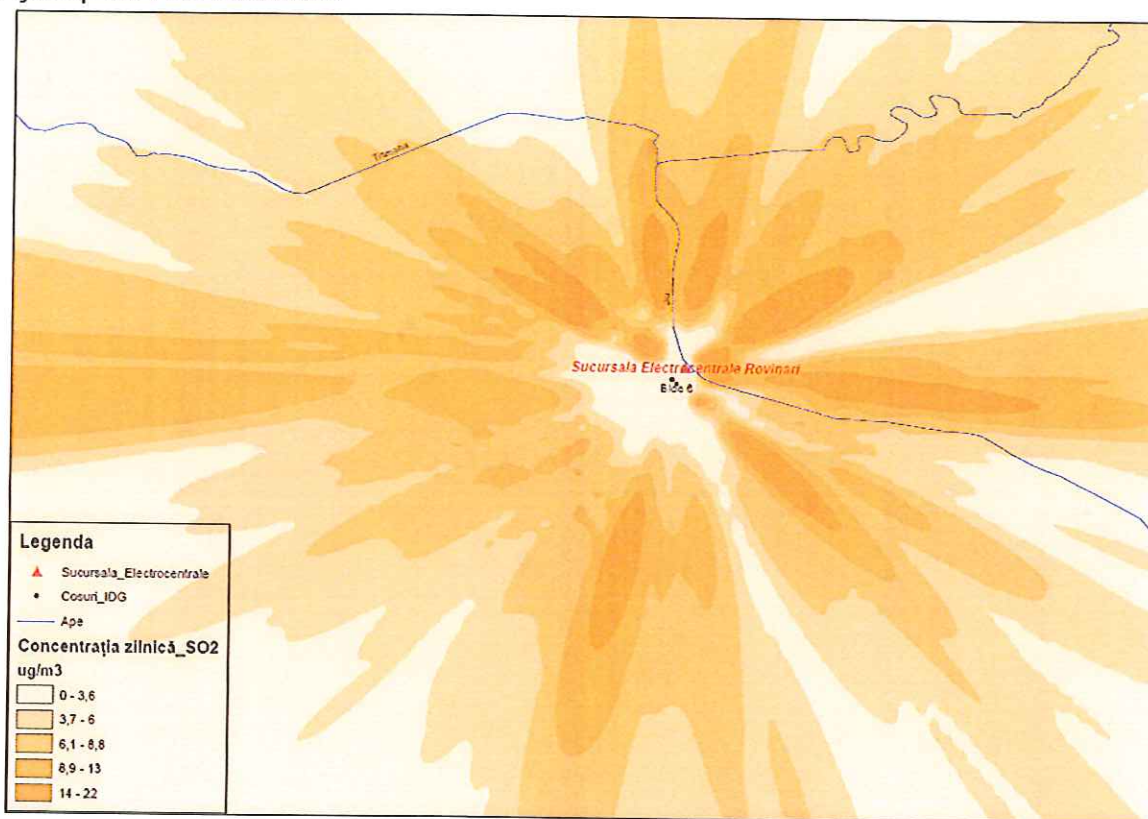
Figura– Dispersia SO₂ în atmosferă – medie anuală

Concentrația maximă orară (99.7) de SO₂ este de 108,17 (μg/m³). Concentrațiile orare de SO₂ se încadrează în valoarea limită pentru protecția sănătății umane.



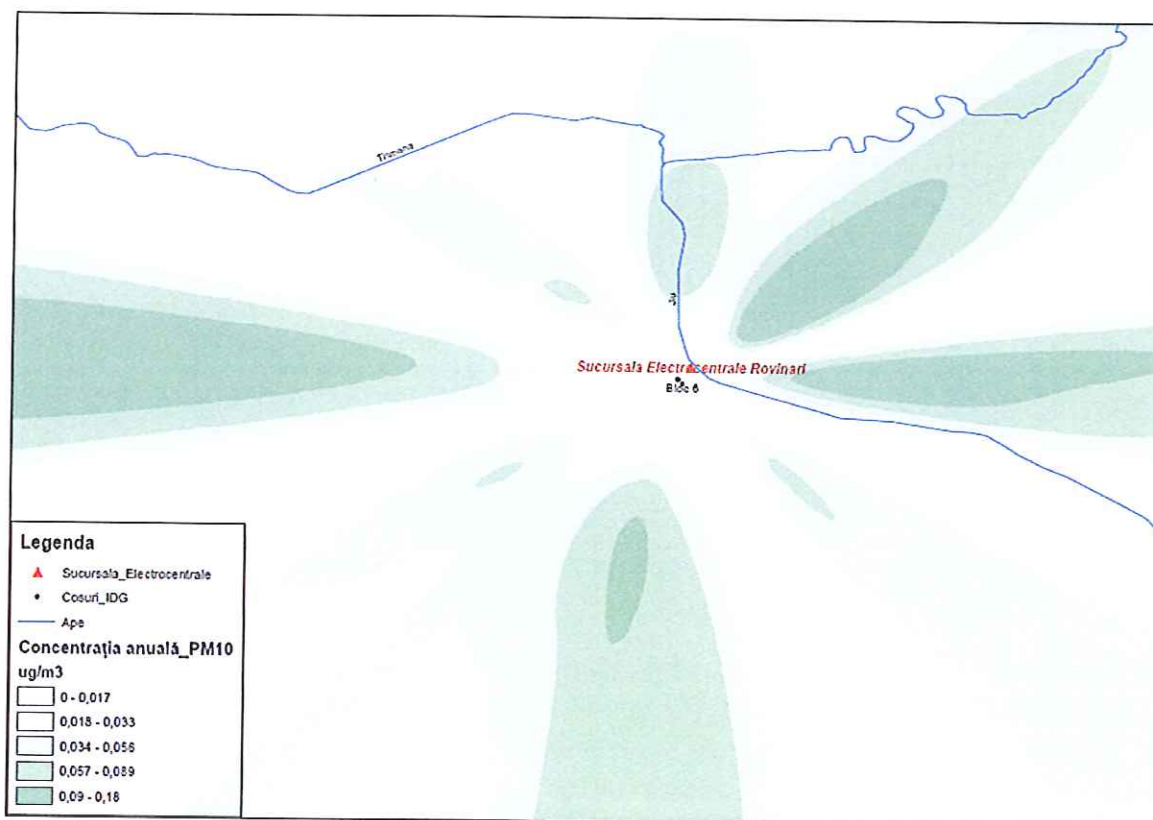
Figura– Dispersia SO₂ în atmosferă – medie orară

Concentrația maximă zilnică (99.2) de SO₂ este de 22,09 (μg/m³). Concentrațiile zilnice de SO₂ se încadrează în valoarea limită pentru protecția sănătății umane și nu se depășește pragul inferior și superior de evaluare.



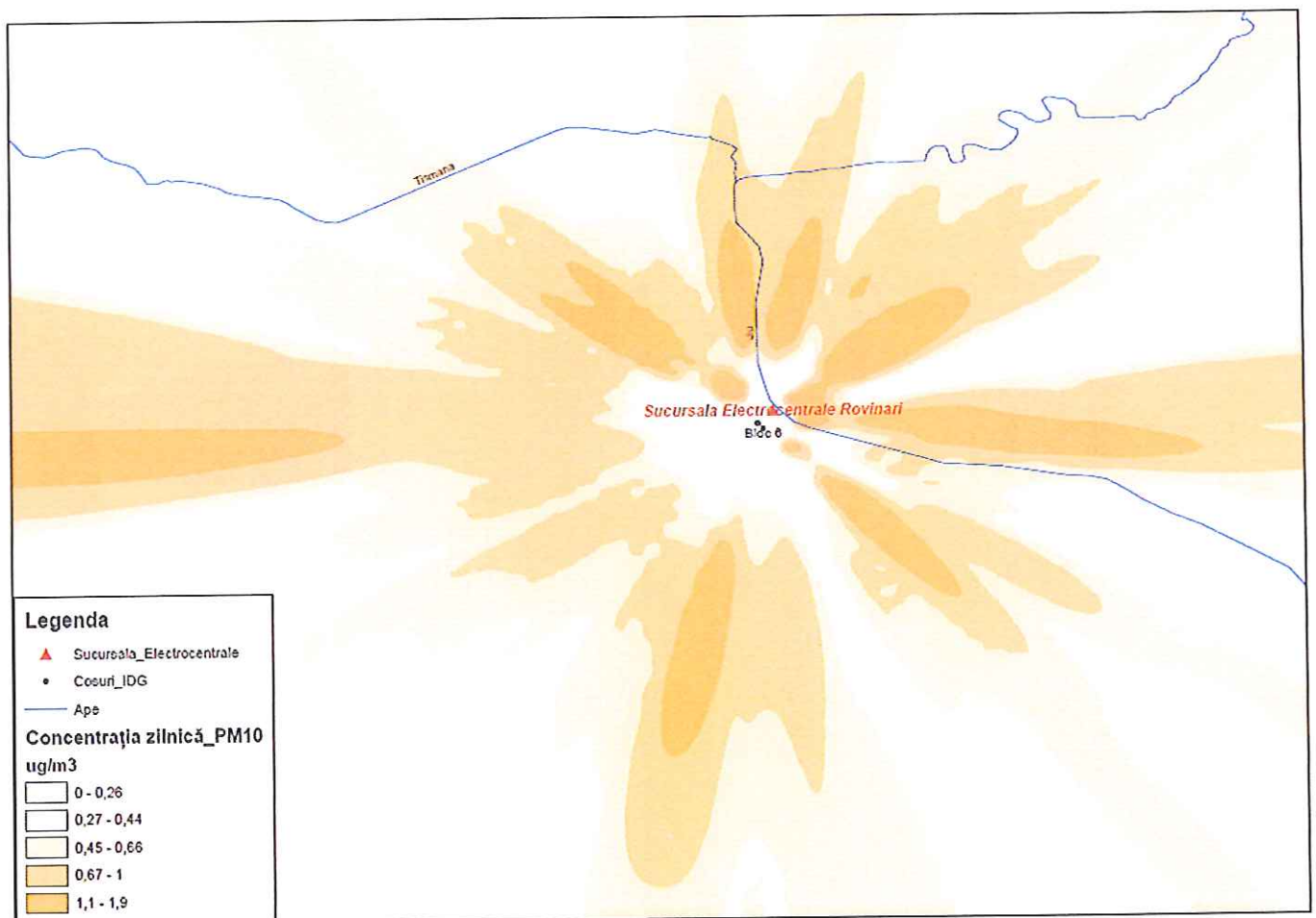
Figura– Dispersia SO₂ în atmosferă – medie zilnică

Concentrația maximă anuală de pulberi in suspensie este de 0,18 (μg/m³). Concentrațiile anuale de pulberi in suspensie se încadrează în valorile limită anuale pentru protecția sănătății umane și protecția vegetației.



Figura– Dispersia pulberi in suspensie în atmosferă – medie anuală

Concentrația maximă orară (98,08) de pulberi în suspensie este de **23,30 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)**. Concentrațiile orare de pulberi în suspensie se încadrează în valorile limită anuale pentru protecția sănătății umane și protecția vegetației.



Figura– Dispersia pulberi în suspensie în atmosferă – medie orară

CONCLUZII PRIVIND IMPACTUL ASUPRA CALITĂȚII AERULUI DIN ZONA ÎNCONJURĂTOARE

Legea 104 /2011 privind calitatea aerului înconjurător, stabilește valorile limită și de prag pentru următoarele substanțe poluante în aerul înconjurător:

- ✓ **Bioxidul de sulf (SO_2)**, care se formează în urma arderii combustibililor fosili cu conținut de sulf.

Tabel nr.1 Bioxid de sulf [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	Sănătate umană		Ecosisteme
	Orară*	Zilnică**	Anuală
Valori limită	350	125	20
Prag superior	-	75	12
Prag inferior	-	50	8
Prag alertă	500, trei ore consecutiv pe o arie mai mare de 100 km ² sau o întreagă zonă/ aglomerare		

* depășire de 24 ori pe an [PER 99,7];

** depășire de 3 ori pe an [PER 99,2].

- ✓ **Oxizii de azot (NO_x)**, exprimat ca NO₂ – datorat arderii combustibililor fosili în cazanele energetice.

Tabel nr.2 Oxizi de azot [µg/m³]

	Sănătate umană		Vegetație
	Orară*	Anuală	
	01.01.2010	01.01.2010	
Valori limită	200	40	30
Prag superior	140	32	24
Prag inferior	100	26	19,5
Prag alertă	400, trei ore consecutiv pe o arie mai mare de 100 km ² sau o întreagă zonă/ aglomerare		

* depășire de 18 ori pe an [PER 99,7];

- ✓ **Pulberile (PM₁₀)**, care se datorează particulelor foarte fine, cu diametrul mai mic de 10 µm, care rămân în suspensie în aer.

Tabel nr.3 Pulberi [µg/m³]

	Orară	Anuală
	01.01.2010	01.01.2010
Valori limită	50*	40
Prag superior	35*	28
Prag inferior	25*	20

*depășire de 35 ori pe an .

Analizând rezultatele calculelor de dispersie al poluanților NO_x, SO₂ și PM₁₀ în atmosferă au rezultat următoarele:

Tabel nr.4 Rezultatele calculelor de dispersie

Scenariu	Perioada de mediere	Valoare estimată (µg/m ³)	Valoare limită (µg/m ³)	Valoare prag superior (µg/m ³)	Valoare prag inferior (µg/m ³)
NO _x	orară	151,05	200	140*	100*
	anuală	2,1	40	32* /24**	26* / 19,5**
SO _x	orară	108,17	350	-	-
	zilnică	22,09	125	75	50
	anuală	1,5	20	12	8
PM ₁₀	orară	1,85	50	35	28
	anuală	0,18	40	28	20

*pentru protecția sănătății umane

** pentru protecția vegetației

- Conform rezultatelor obținute în urma calculelor realizate pentru determinarea **concentrațiilor de oxizi de azot (NO_x) în atmosferă** prezentate în tabel, se observă că pentru concentrația orară de NO_x, nu este depășită valoarea limită , dar sunt depășite pragurile inferior și superior de evaluare; iar pentru concentrația anuală valoarea obținută este mult inferioară limitelor legale.

- Conform rezultatelor obținute în urma calculelor realizate pentru determinarea **concentrațiilor de bioxidului de sulf (SO_2) în atmosferă** prezentate în **tabel**, se observă că nu sunt depășiri ale valorilor limită și pragurilor inferior și superior de evaluare;
- Conform rezultatelor obținute în urma calculelor realizate pentru determinarea **concentrațiilor de pulberi (PM_{10}) în atmosferă** prezentate în **tabelul**, se observă că nu sunt depășiri ale valorilor limită și pragurilor inferior și superior de evaluare.