

# **PLAN DE MENȚINERE A CALITĂȚII AERULUI ÎN JUDEȚUL HUNEDOARA**

## **PERIOADA 2016-2021**

**Autoritatea responsabilă: Consiliul Județean Hunedoara**  
Bld. 1 Decembrie 1918, nr. 28, jud. Hunedoara.  
<http://www.cjhunedoara.ro/>  
Telefon: 0254211350  
e-mail: [cjh@cjhunedoara.ro](mailto:cjh@cjhunedoara.ro)

**Persoana responsabilă: Laurențiu NISTOR – Președintele Consiliului Județean Hunedoara**

**Coordonator Comisie Tehnică - Coposescu Adela**

**Stadiu – în lucru**

**Aprobat:**

## Cuprins

	Titlu	...	1
<b>CAP.1</b>	<b>Informații generale</b>	...	2
	1.1. Informații despre titlul proiectului	...	2
	1.2. Informații despre autorul atestat al prezentei documentații	...	3
	1.3. Cadru legal	...	5
<b>CAP.2</b>	<b>Localizarea zonei/aglomerării</b>	...	8
	2.1. Informații generale	...	8
	2.2. Zonă/aglomerare (hartă)	...	9
	2.2.1. Harta orașelor din județul Hunedoara	...	15
	2.3. Estimarea zonei și a populației posibil expusă poluării	...	20
	2.4. Date climatice	...	21
	2.4.1. Regimul temperaturilor	...	21
	2.4.2. Regimul precipitațiilor	...	22
	2.4.3. Regimul eolian	...	23
	2.4.4. Regimul nebulozității	...	25
	2.5. Topografia	...	25
	2.6. Informații privind tipul de ținte care necesită protecție în zonă	...	26
	2.7. Stații de măsurare (hartă, coordonate geografice)	...	32
<b>CAP.3</b>	<b>Analiza situației existente</b>	...	38
	3.1. Poluanți monitorizați	...	41
	3.1.2. Particule în suspensie (PM <sub>10</sub> și PM <sub>2,5</sub> )	...	42
	3.1.3. dioxid de azot (NO <sub>2</sub> )	...	67
	3.1.4. Dioxid de sulf (SO <sub>2</sub> )	...	72
	3.1.5. Monoxid de carbon (CO)	...	77
	3.1.6. Benzen (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	...	80
	3.1.7. Plumb și alte metale toxice (Pb, As, Cd, Ni)	...	84
	3.1.8. Ozon (O <sub>3</sub> )	...	91
<b>CAP.4</b>	<b>Măsurile adoptate în vederea menținerii calității aerului</b>	...	93
	4.1. Posibile măsuri pentru păstrarea nivelului poluanților sub valorile-limită, respectiv sub valorile-țintă și pentru asigurarea celei mai bune calități a aerului înconjurător în condițiile unei dezvoltări durabile.	...	93
	4.1.1. Surse de poluare	...	102
	4.1.2. Factori care influențează autopurificarea atmosferei	...	102
	4.1.2.1. Factorii geografici și impactul lor asupra poluării aerului	...	111
	4.1.2.2. Măsuri în vederea menținerii calității aerului	...	111
	4.1.2.3. Măsuri de reducere a cantității de particule în suspensie (PM <sub>10</sub> și PM <sub>2,5</sub> )	...	111
	4.1.2.4. Măsuri de reducere a cantității de dioxid de azot (NO <sub>2</sub> )	...	122
	4.1.2.5. Măsuri de reducere a cantității de dioxid de sulf (SO <sub>2</sub> )	...	127
	4.1.2.6. Măsuri de reducere a cantității de monoxid de carbon (CO)	...	131
	4.1.2.7. Măsuri de reducere a cantității de COV (Benzen (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ))	...	134
	4.1.2.8. Măsuri de reducere a cantității de metale grele (Pb, As, Cd, Ni, Hg)	...	137
	4.1.2.9. Măsuri de reducere a cantității de ozon (O <sub>3</sub> )	...	141
	4.1.2.10. Măsuri generale de îmbunătățire a calității aerului	...	141
	4.2. Calendarul aplicării planului de menținere a aerului (măsura, responsabil, termen de realizare, estimare costuri/surse de finanțare).	...	145
<b>CAP. 5</b>	<b>Bibliografie</b>	...	152

# CAPITOLUL 1

## INFORMAȚII GENERALE

### 1.1. Informații despre titularul proiectului

Consiliul Județean Hunedoara, în conformitate cu prevederile art.87, al.1, din Legea nr. 215/2001 a administrației publice locale modificată și republicată este „autoritatea administrației publice locale, constituită la nivel județean pentru coordonarea activității consiliilor comunale, orașenești și municipale, în vederea realizării serviciilor publice de interes județean”. Atribuțiile Consiliului Județean sunt prevăzute la art. 91 din Legea 215/2001.

#### Fișa titularului:

Nume beneficiar: Consiliul Județean Hunedoara  
Adresa: Bld. 1 Decembrie 1918, nr. 28, Deva, jud. Hunedoara.  
Date comerciale de identificare: CUI 4374474  
Tel./fax: 0254211350 / 0254230030  
Email: [cjh@cjhunedoara.ro](mailto:cjh@cjhunedoara.ro)  
[www.cjhunedoara.ro](http://www.cjhunedoara.ro)

Persoane de contact responsabile de proiect:  
Coordonator Comisie Tehnică: Coposescu Adela

## 1.2. Informații despre autorul atestat al documentației „Studiu de calitate a aerului din județul Hunedoara”

Prezenta propunere de Plan de menținere a calității aerului în județul Hunedoara a fost întocmit pe baza studiului elaborat de către SC Unitatea de Suport pentru Integrare SRL. conform contractului de prestări servicii, încheiat cu UAT S.C. UNITATEA DE SUPT PENTRU INTEGRARE S.R.L. Cluj-Napoca în calitate de prestator și U.A.T. JUDEȚUL HUNEDOARA în calitate de Beneficiar.

SC Unitatea de Suport pentru Integrare SRL, denumită în continuare USI, este o firmă cu capital integral privat organizată sub forma unei Societăți cu responsabilități limitate, înregistrată la Camera de Comerț și Industrie Cluj cu nr. de ordine înscris în Registrul Comerțului J/12/1014/12.07.2001 și având Codul Unic de Înregistrare RO 14054736.

Obiectul principal de activitate al USI constă în *Activități de consultare pentru afaceri și management*, având însă ca obiecte secundare și *Studii și cercetări în științe fizice și naturale*.

În activitatea sa, USI se bucură de colaborarea cu un puternic corp de experți în domeniu, cu o înaltă pregătire profesională în științe naturale și o vastă experiență în activități de proiectarea, promovarea și managementul unor proiecte specifice.

Din anul 2007, ca urmare a expertizei dobândite și a experienței acumulate, USI a fost atestată de Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile ca persoană juridică în măsură să elaboreze Studii de evaluare a impactului asupra mediului, respectiv Bilanțuri de mediu.

Începând cu data de 13.04.2010, USI a fost înscrisă în Registrul Național al Elaboratorilor de Studii pentru Protecția Mediului, la poziția 188, fiindu-i conferită expertiza pentru elaborarea: Raporturilor de mediu, Raporturilor privind impactul asupra mediului, Bilanțurilor de mediu, Raporturilor de amplasament și a Evaluărilor adecvate.

Cu toate acestea, experiența în elaborarea documentațiilor de mediu este mult mai extinsă, pornind din anul 2005, când de atestare conformă în domeniu au beneficiat persoane fizice angajate ale firmei. Astfel, la ora actuală, USI rămâne una dintre cele mai vechi firme cu activitate în domeniu, portofoliul său de clienți cuprinzând firme de Stat și private pentru care a finalizat servicii tehnico-științifice și administrative specifice materializate printr-un număr de peste 500 de documentații.

Ca o recunoaștere a calității prestațiilor, USI este certificată prin Sistemul de Management al Calității prin ISO:9001 și ISO:14001.

Elaborarea documentației „Studiu de calitate a aerului din județul Hunedoara” dar și acordarea de asistență tehnică pe toată durata de elaborare a Planului de menținere a calității aerului în județul Hunedoara, este asigurată în cadrul unui colectiv compus din:

- Dr. biol./jur. Sergiu MIHUȚ (coordonator temă);
- ing. de mediu Raluca DRĂGAN;
- expert biol. dr. Liliana JARDA;
- ing. de mediu Oana JIMAN
- biol./agron. Liana MIHUȚ;
- biol. Vlad MILIN;
- ing. geol. Adrian Mureșan;
- ing./econ. Luminița POPA;

Fișa autorului atestat al documentației „Studiu de calitate a aerului din județul Hunedoara”

Nume autor atestat: SC Unitatea de Suport pentru Integrare SRL

Adresa: Str. Baladei nr. 35, Cluj-Napoca, jud. Cluj, 400692

Date comerciale de identificare: J12/1014/2001; CUI RO 14054736

Tel./fax: 0264 410071

Email: office@studiidemediu.ro

www.studiidemediu.ro

Persoane de contact responsabile de proiect:

Responsabil temă: Dr. Sergiu MIHUȚ, tel. 0744 826619



MINISTERUL MEDIULUI,  
APTELOR ȘI PADURILOR

## CERTIFICAT DE ÎNREGISTRARE

În conformitate cu prevederile Ordonanței de urgență a Guvernului nr. 195/2005 privind protecția mediului, aprobată cu modificări și completări prin Legea 265/2006, cu modificările și completările ulterioare și ale Ordinului ministrului mediului nr. 1026/2009 privind condițiile de elaborare a rapoartelor de mediu, rapoartelor privind impactul asupra mediului, bilanțurilor de mediu, rapoartelor de amplasament, rapoartelor de securitate și studiilor de evaluare adecvată

În urma evaluării solicitării de reînnoire din data de 05.03.2015 depuse în procedura de înregistrare de:

### S.C. UNITATEA DE SUPORT PENTRU INTEGRARE S.R.L.

cu sediul în: Cluj-Napoca, str. Baladei, nr. 35, județul Cluj,  
Telefon: 0744 826619, fax: 0264 410071, e-mail: [smidun2000@yahoo.com](mailto:smidun2000@yahoo.com)  
CUI: RO 14054736 înregistrată în Registrul Comerțului la J12/1014/2001

persoana juridică este înscisă în *Registrul Național al elaboratorilor de studii pentru protecția mediului la poziția nr. 188* pentru

RM	<input checked="" type="checkbox"/>
RIM	<input checked="" type="checkbox"/>
BM	<input checked="" type="checkbox"/>
RA	<input checked="" type="checkbox"/>
RS	<input type="checkbox"/>
EA	<input checked="" type="checkbox"/>

Evaluat la data de:	05.03.2015
Reînnoit cu data de:	14.04.2015
Valabil până la data de:	14.04.2020

PREȘEDINTELE COMISIEI DE ÎNREGISTRARE

Mihail FĂCĂ  
SECRETAR DE STAT

### 1.3. Cadrul legal

Pentru existența noastră aerul este alimentul numărul 1. Organismul uman consumă zilnic 15-18 m<sup>3</sup> de aer, iar dacă mâncăm de 3 ori pe zi, aerul îl „consumăm” de 15-18 ori pe minut. Ne înconjoară pretutindeni, calitatea existenței noastre depinde de calitatea aerului, mai ales în contextul industrializării și urbanizării care au modificat structura de bază a mediului.

Aerul reprezintă denumirea generică dată atmosferei terestre, ce este compusă din stratele de gaze ce împresoară Terra și care sunt utilizate în procesele respiratorii și de fotosinteză ale organismelor vii. Aerul conține 78.09% azot (N), 20.95% oxigen (O<sub>2</sub>), 0.93% argon (Ar), 0.039% dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) și în proporție mică alte gaze. Aerul conține și un procent de aproximativ 1% vapori de apă.

Poluarea aerului reprezintă introducerea în atmosferă a unor substanțe chimice, a particulelor de materie (praf) sau a celor biologice. Poluanții atmosferici sunt în măsură a altera drastic structura fizico-chimică a atmosferei, conducând la efecte ce datorită întinderii spațiale, capătă o expresie largă.

Aerul rămâne unul dintre factorii de mediu cei mai expuși la poluare și în egală măsură cel mai fragil subsistem de mediu dată fiind capacitatea redusă, foarte limitată de absorbție și de neutralizare a poluanților. Practic, atmosfera se comportă ca un rezervor de poluanți ce sunt transportați de la o regiune la alta și preluați de alte nivele de mediu.

Efectele poluării aerului sunt reprezentate de modificări profunde ale biocenozelor și conduc la alterarea stării de sănătate a populației.

Se cunosc principalii poluanți ai aerului, efectele negative produse asupra plantelor, animalelor și omului, reacțiile ce au loc în organism și sursele de proveniență. De aceea, lupta pentru aerul curat reprezintă în prezent o cauză de interes mondial. Poluarea aerului este cea mai importantă problemă, datorită absenței unor sisteme eficiente de filtrare a substanțelor nocive, a despăduririlor abuzive și a insuficienței spațiilor verzi în orașe. Poluarea aerului agresează copiii, persoanele în vârstă și pe cei care suferă de anumite afecțiuni, care la prima vedere nu au nici o legătură cu aerul pe care-l inspiră.

Aerul curat este la fel de important ca și calitatea alimentelor; dar cum să obținem aerul curat? Întreprinderile care emană nori negri de fum și gaze nocive ar trebui să fie dotate cu filtre și catalizatori mai buni de ultimă generație; automobilele vechi ar trebui înlocuite cu altele noi, ecologice (electrice), iar combustibilii să fie verificați; spațiile verzi, care ocupă primul loc în echilibrul fizic și psihic al marilor aglomerări urbane și care atenuează poluarea atmosferică, ar trebui să ocupe suprafețe din ce în ce mai mari. Spațiile verzi au o acțiune directă asupra organismului nostru, micșorează temperatura ambiantă, stimulează schimburile de aer, oxigenează și purifică aerul. Vegetația - „plămâni orașelor” - are capacitatea de a elimina praful și gazele nocive, captând 50% din praful atmosferic, funcționând ca o barieră biologică de epurare microbiană a aerului. Spațiile verzi au rol în regularizarea temperaturii și umidității aerului din orașe și în diminuarea cu 26% a zgomotului urban.

Viața nu poate fi concepută fără aer. Cu toate progresele tehnico-științifice actuale, obținerea aerului pe cale artificială, în cantitățile necesare vieții, nu pare a fi realizabilă nici într-un viitor îndepărtat. Poluarea aerului amenință să depășească limitele capacității de apărare a naturii, prin regenerare și reechilibrare și tocmai omul, o mică fracțiune de biomasă, prin activitatea sa necontrolată și în discordanță cu legile naturii, amenință echilibrul ecologic al planetei.

În acest context, menținerea calității aerului a devenit una din cele mai importante activități pe care le desfășoară instituțiile publice și reprezintă o preocupare permanentă și a organizațiilor neguvernamentale.

În 1992 România a semnat Convenția-cadru a Națiunilor Unite asupra Schimbărilor Climatice (UNFCCC), ratificată prin Legea nr. 24/1994, obligându-se să ia măsuri pentru limitarea concentrațiilor gazelor cu efect de seră în atmosferă la un nivel care să evite influența activității umane asupra modificărilor climatice. Totodată, România a semnat Protocolul de la Kyoto în 1999 fiind prima Parte situată pe Anexa 1 a UNFCCC care l-a ratificat prin Legea nr. 3/2001. Nivelul promisiunii de diminuare a emisiilor de gaze cu efect de seră asumat de țara noastră pentru intervalul de timp 2008 - 2012 este de 8%, apreciind nivelul emisiilor din anul 1989 drept nivel de raportare ([www.anpm.ro](http://www.anpm.ro)).

România raportează în fiecare an, din anul 2002 Secretariatului UNFCCC, Inventarul național al emisiilor de gaze cu efect de seră, întocmit în conformitate cu procedurile IPCC, folosind formatul de raportare în

conformitate cu fiecare țară (CRF Reporter). Potrivit angajamentului luat la nivel internațional, ultimul inventar național al României a fost transmis în anul 2010 și cuprinde valorile aproximative ale producerilor de gaze cu efect de seră pentru intervalul 1989 - 2008. Emisiile de gaze cu efect de seră s-au redus în anul 2008 cu 46.89% în comparație cu concentrația emisiilor din anul 1989.

Protocolul de la Kyoto stabilește, pentru diminuarea cheltuielilor privind acțiunile de limitare și micșorare a emisiilor de gaze cu efect de seră, aplicarea unor măsuri flexibile și voluntare de colaborare internațională.

Începând cu anul 2007 (data aderării la UE) a fost aplicată în România, Directiva 2003/87/CE cu privire la realizarea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră. Aceasta vine în sprijinul Statelor UE pentru diminuarea emisiilor de gaze cu efect de seră, în vederea realizării angajamentelor privind Protocolul de la Kyoto. Schema privind comercializarea certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră are la bază anumite limite pentru tranzacționare. Acestea sunt atribuite operatorilor care au în posesie instalații în care se susțin activități stabilite de Directivă, în măsura în care aceștia îndeplinesc dispozițiile cu referire la limitele emisiilor de CCE precizate în Planul Național de Alocare (NAP).

Guvernul a precizat, prin Planul Național de Alocare, numărul de certificate acordate în intervalul de timp 2007 și 2008 - 2012 pentru instalațiile în care decurg activități din următoarele domenii: energie, procesul tehnologic de rafinare a produselor petroliere, producerea și prelucrare metale feroase, ciment, var, sticlă, ceramică, celuloză și hârtie. În acest fel, au fost puse în practică hotărârile Comisiei Europene din 26 octombrie 2007 prin care aceasta a dispus micșorarea limitei de certificate cu 10,8 % pentru anul 2007 și 20,7% pentru intervalul 2008 - 2012.

În decembrie 2008 Parlamentul European a adoptat pachetul legislativ „Energie - Schimbări climatice” pentru a lua măsuri în fața schimbărilor climatice, pentru aceasta la nivel European s-a hotărât îndeplinirea a trei obiective pe un interval de timp mai mare:

- diminuarea cu 20% a emisiilor de gaze cu efect de seră, până în anul 2020 (față de anul 1990) și cu 30% în cazul în care se reușește o înțelegere la un stadiu internațional;
- valoare a energiilor regenerabile în consumul final de energie al UE de 20% până în anul 2020, cuprinzând un obiectiv de 10% pentru biocombustibilii din întreg consumul de combustibili întrebunțați în transporturi.
- intensificarea randamentului energetice cu 20% până în anul 2020.

Directiva 2009/29/CE de prelucrare a Directivei 2003/87/CE în scopul optimizării și creșterii procedurii comunitare de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră face parte din pachetul legislativ și este pus în practică de toate Statele Membre din anul 2013.

Prevederile Directivei 2008/101/CE de prelucrare a Directivei 2003/87/CE pentru a cuprinde activitățile de aviație în schema de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră (EU ETS) au fost transpuse prin H.G. nr. 399/2010 pentru prelucrarea și adăugarea Hotărârii Guvernului nr. 780/2006 urmărind realizarea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră.

Directiva 2008/50/CE a Parlamentului European și a Consiliului privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa stabilește necesitatea de a reduce poluarea la niveluri care să minimizeze efectele nocive asupra sănătății umane, acordându-se atenție specială mediului ca întreg, de a îmbunătăți monitorizarea și evaluarea calității aerului, inclusiv informarea publicului.

Pentru a proteja sănătatea umană și mediul ca întreg, este deosebit de important să fie combătute la sursă emisiile de poluanți și să fie identificate și puse în aplicare cele mai eficiente măsuri de reducere a emisiilor pe plan local, național și comunitar.

În consecință, emisiile de poluanți atmosferici nocivi ar trebui evitate, combătute sau reduse și ar trebui stabilite obiective corespunzătoare pentru calitatea aerului înconjurător, luându-se în considerare standardele, ghidurile și programele Organizației Mondiale a Sănătății.

Legislația românească stabilește un cadru legal prin Legea nr. 104/2011 privind calitatea aerului înconjurător, H.G. nr. 257/2015 privind Metodologia de elaborare a planurilor de calitate a aerului, a planurilor de acțiune pe termen scurt și a planurilor de menținere a calității aerului și Ordinul Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor nr. 1206/2015 privind aprobarea listelor cu unitățile administrativ-teritoriale întocmite în urma încadrării în regimuri de gestionare a ariilor din zonele și aglomerările prevăzute în anexa nr. 2 la Legea 104/2011.

Legea 104/2011 are ca scop protejarea sănătății umane și a mediului ca întreg prin reglementarea măsurilor destinate menținerii calității aerului înconjurător acolo unde acesta corespunde obiectivelor pentru calitatea aerului. Conform art. 21 alin. (2), Consiliul Județean are ca atribuții, elaborarea planului de menținere a calității aerului și realizarea măsurilor din plan, care intră în responsabilitatea lui.

În elaborarea planului s-a ținut cont de documentele strategice existente și anume: Planul de amenajare a teritoriului județean PATJ Hunedoara, Planul de dezvoltare a județului Hunedoara 2014-2020, Strategia națională privind schimbările climatice și creșterea economică bazată pe emisii reduse de carbon.

În urma evaluării rezultatelor obținute în procesul de monitorizare a calității aerului la nivel național, care a utilizat atât măsurări în puncte fixe, realizate cu ajutorul stațiilor de măsurare care fac parte din Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului, aflată în administrarea autorităților publice centrale pentru protecția mediului, cât și pe baza rezultatelor obținute din modelare matematică a dispersiei poluanților emiși în aer, Județul Hunedoara se încadrează în regimul de gestionare II și este necesară inițierea Planului de menținere a calității aerului pentru indicatorii: pulberi în suspensie ( $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$ ), benzen ( $C_6H_6$ ), dioxid de sulf ( $SO_2$ ), monoxid de carbon (CO), plumb (Pb), arsen (As), cadmiu (Cd), nichel (Ni), ozon ( $O_3$ ) și dioxid de azot și oxizi de azot ( $NO_2/NO_x$ ).

Planul de menținere a calității aerului în județul Hunedoara este un document public ce se elaborează de către Consiliul Județean Hunedoara, pentru unitățile administrativ-teritoriale aparținând aceluiași județ și se aprobă prin hotărâre a Consiliului Județean Hunedoara.

Planul de menținere a calității aerului conține măsuri pentru păstrarea sub valorile-limită a nivelului poluanților: dioxid de sulf, dioxid de azot, oxizi de azot, particule în suspensie [ $PM(10)$ ], benzen, monoxid de carbon, plumb, respectiv sub valorile-țintă a nivelului poluanților: arsen, cadmiu, nichel benzo(a)piren și  $PM(2,5)$ , cât și pentru asigurarea celei mai bune calități a aerului înconjurător în condițiile unei dezvoltări durabile.

Măsurile din planul de menținere a calității aerului se pot desfășura pe o perioadă de maximum 5 ani, sau până la trecerea în regimul I de evaluare.

Având în vedere importanța participării publicului la elaborarea planurilor și programelor în legătură cu mediul, acesta este invitat, conform legislației în vigoare, să formuleze observații în scris la planul prezentat, pe care să le trimită pe adresa: Consiliul Județean Hunedoara Bld. 1 Decembrie 1918, nr. 28, Deva, jud. Hunedoara, Tel./fax: 0254211350 / 0254230030, email: [cjh@cjhunedoara.ro](mailto:cjh@cjhunedoara.ro).

Coordonator Comisie Tehnică: consilier Coposescu Adela.

Planul se va supune dezbaterii publice prin stabilirea de întâlniri între reprezentanții titularului activității, ai Comisiei Tehnice și public. Evenimentele organizate pentru informarea, consultarea publică, inclusiv dezbaterile publice se vor desfășura cu participarea SC Unitatea de Suport pentru Integrare SRL.

În urma dezbaterii se va încheia un proces-verbal care va cuprinde discuțiile și concluziile întâlnirii. Comisia Tehnică va organiza dezbaterile publice în locul cel mai convenabil pentru public, (data și locul dezbaterii publice se va stabili ulterior).



## CAPITOLUL 3

### Analiza situației existente

Planul de menținere a calității aerului reprezintă setul de măsuri pe care Consiliul Județean Hunedoara trebuie să le ia, astfel încât nivelul poluanților să se păstreze sub valorile-limită pentru poluanții dioxid de sulf, dioxid de azot, oxizi de azot, particule în suspensie (PM<sub>10</sub>), benzen, monoxid de carbon, plumb sau valorile țintă pentru arsen, cadmiu, nichel benzo(a)piren și PM<sub>2,5</sub>.

În conformitate cu prevederile HG nr. 257/2015 privind aprobarea Metodologiei de elaborare a planurilor de calitate a aerului, a planurilor de acțiune pe termen scurt și a planurilor de menținere a calității aerului, Agenția pentru Protecția Mediului Hunedoara a pus la dispoziție Consiliului Județean Hunedoara datele privind încadrarea unități administrativ-teritoriale în regim de gestionare II, astfel:

- indicatorii pentru care s-a realizat încadrarea în regimul de gestionare II.
- perioada de timp pentru care a fost realizată evaluarea și încadrarea.
- cantitatea totală de emisii (t/an) pentru fiecare poluant și pe categorii de surse staționare, mobile și de suprafață.

Unitatea administrativ-teritorială	Indicator	Metoda de evaluare (date RNMCA / Modelare)	Concentrația maximă din perioada de evaluare	Excepții	Perioada de mediere	Perioada de evaluare	Cantitatea totală de emisii (t/an)	
Județul Hunedoara	Particule în suspensie – PM <sub>2,5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )				1 an	2010 - 2014	surse staționare	571.222237
							surse mobile	159.895194
		Modelare	21.2				surse de suprafață	2280.890170
	Particule în suspensie – PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	RNMCA	28.46		1 an	2010 - 2014	surse staționare	716.728117
		Modelare	27.06				surse mobile	269.205967
		Modelare	37.13		24 ore		surse de suprafață	2479.016696
	Dioxid de azot (μg/m <sup>3</sup> )	RNMCA	18.28		1 an	2010 - 2014	surse staționare	12021.184475
		Modelare	20.27				surse mobile	2916.204134
		Modelare	51.92		1 oră		surse de suprafață	466.064577
	Dioxid de sulf (μg/m <sup>3</sup> )	Modelare	335.74		1 oră	2010 - 2014	surse staționare	55491.348406
					24 ore		surse mobile	2.408331
		Modelare	134.62				surse de suprafață	78.215491

Monoxid de carbon (mg/m <sup>3</sup> )	RNMCA	3.99		Valoare a maximă zilnică a mediilor glisante pe 8 ore	2010 - 2014	surse staționare	6364.309081
	Modelare	0.77				surse mobile	7001.017594
						surse de suprafață	16720.224074
Benzen (μg/m <sup>3</sup> )	RNMCA	2.56		1 an	2010 - 2014	surse staționare	NE
	Modelare	0.72				surse mobile	43.270866
						surse de suprafață	258.700716
Plumb (μg/m <sup>3</sup> )	RNMCA	0.02		1 an	2010 - 2014	surse staționare	6.448625
	Modelare	0.334				surse mobile	0.268886
						surse de suprafață	0.118638
Arsen (ng/m <sup>3</sup> )				1 an	2010 - 2014	surse staționare	0.156022
	Modelare	3.42				surse mobile	0.000000
						surse de suprafață	0.002017
Cadmiu (ng/m <sup>3</sup> )	RNMCA	0.06		1 an	2010 - 2014	surse staționare	0.287645
	Modelare	1.76				surse mobile	0.001348
						surse de suprafață	0.005455
Nichel (ng/m <sup>3</sup> )	RNMCA	0.29		1 an	2010 - 2014	surse staționare	0.624284
	Modelare	3.35				surse mobile	0.013077
						surse de suprafață	0.037494

Prin aplicarea Planului de menținere a calității aerului se urmărește menținerea nivelului concentrațiilor de poluanți în atmosferă cel puțin la nivelul inițial, eventual de reducere a emisiilor asociate diferitelor categorii de surse de emisie, astfel unitatea administrativ-teritorială putându-se încadra în regimul de gestionare I.

Dintre categoriile de surse de emisie un rol important îl are industria, care se află sub incidența prevederilor Directivei 2010/75/UE privind emisiile industriale (IED), ce acoperă ca zonă de reglementare următoarele șapte directive, adunând astfel într-un singur instrument legislativ clar și coerent un set de norme comune pentru autorizarea și controlul instalațiilor industriale, având drept scop reducerea emisiilor industriale de pe teritoriul Uniunii Europene cu precădere printr-o mai bună aplicare a celor mai bune tehnici disponibile, astfel:

- Directiva 2008/1/CE privind prevenirea și controlul integrat al poluării (IPPC).
- Directiva 2001/80/CE privind limitarea emisiilor în atmosferă a anumitor poluanți provenind de la instalații de ardere de dimensiuni mari (LCP).
- Directiva 2000/76/CE privind incinerarea deșeurilor.

- Directiva 1999/13/CE a Consiliului din 11 martie 1999 privind reducerea emisiilor de compuși organici volatili datorate utilizării solvenților organici în anumite activități și instalații.
- Directiva 78/176/CE privind deșeurile din industria dioxidului de titan.
- Directiva 82/883/CE privind modalitățile de supraveghere și control al zonelor în care există emisii provenind din industria dioxidului de titan.
- Directiva 92/112/CE privind procedurile de armonizare a programelor de reducere, în vederea eliminării, a poluării cauzate de deșeurile din industria dioxidului de titan.

La nivelul județului Hunedoara la data de 12.09.2016 următoarele societăți se aflau sub incidența directivei IED:

Nr. Crt.	Denumire	Adresa
1	SOCIETATEA COMPLEXUL ENERGETIC HUNEDOARA - SUCURSALA ELECTROCENTRALE DEVA S.A.	Strada Santierului Nr . 1, Deva
2	SOCIETATEA COMPLEXUL ENERGETIC HUNEDOARA - SUCURSALA ELECTROCENTRALE PAROȘENI S.A.	Strada Paroșeni, Nr. 20, Vulcan
3	S.C. ARCELORMITTAL Hunedoara S.A.	DJ687 4, Hunedoara
4	S.C. CARMEUSE HOLDING S.R.L. Brasov - Punct de lucru Chiscadaga	Chiscadaga 1
5	S.C. CARPATCEMENT HOLDING S.A. Sucursala Deva	CALEA ZARANDULUI, DEVA
6	S.C. REFRACERAM SRL BARU	DN66 314, Baru
7	S.C. MINPROD 2005 S.R.L.	Bdul. 1 Decembrie 3A, Deva
8	S.C. AVIS COLLECTION SRL	Str. Lucian Blaga 2, Mintia
9	S.C. CHICK S.R.L. Ferma nr. 1, Mintia	Str. Principala, Mintia
10	S.C. ALIS PROD IMPEX S.A MINTIA	Str. Lucian Blaga 2, Mintia
11	S.C. CHICK S.R.L. Ferma nr. 7, Balata	Balata
12	S.C. CIRRUS COMEXIM S.R.L.	Orastie
13	S.C. CHICK S.R.L. Ferma nr. 9 Balata	Balata
14	S.C. JAV - ZEGREAN S.R.L.	Nr. 182C, Bacia
15	S.C. ADARCO INVEST S.R.L.	DN66A, Aninoasa
16	S.C. ASSA ABLOY ENTRANCE SYSTEMS PRODUCTION ROMÂNIA S.R.L.	Parc Industrial Hunedoara, 363, DJ687 2, Peștișu Mare
17	S.C. CTS ROMÂNIA S.R.L.	Str. Dr. Victor Suiaga 10A, Deva
18	S.C. ICSH S.A.	Sos. Hunedoara-Santuhalm 1A, Hunedoara
19	S.C. FABRI S.R.L.	Str. Abatorului, 8, Brad, Hunedoara
20	S.C. FILTROPTIC S.R.L.	Str. Matei Corvin 203C, Mintia
21	S.C. KEY SAFETY SYSTEMS RO S.R.L.	STR. GOSA, Nr. 44, Loc. BRAD
22	S.C. MARITAN S.R.L.	Bulevardul Dacia 26A, Hunedoara
23	S.C. MONDOSCARPA S.R.L.	Bdul. Traian 11, Hunedoara
24	S.C. PHILIPS ORĂȘTIE S.R.L.	Strada Luncii, DC42 18, Orăștie
25	S.C. RECOMSID S.A.	Pta Iancu de Hunedoara, 1, Hunedoara
26	S.C. REVA S.A. - Sector I	Str. Atelierelor 32, Simeria
27	S.C. REVA S.A. - Sector II	Str Soseaua Nationala nr. 138, Simeria
28	S.C. SARMISMOB S.A.	Str. Dr. Victor Suiaga 2, Deva

29	S.C. TRW AUTOMOTIVE SAFETY SYSTEMS S.R.L.	Lupeni
30	S.C. VALNICO S.R.L.	Str. Depozitelor 21, Deva

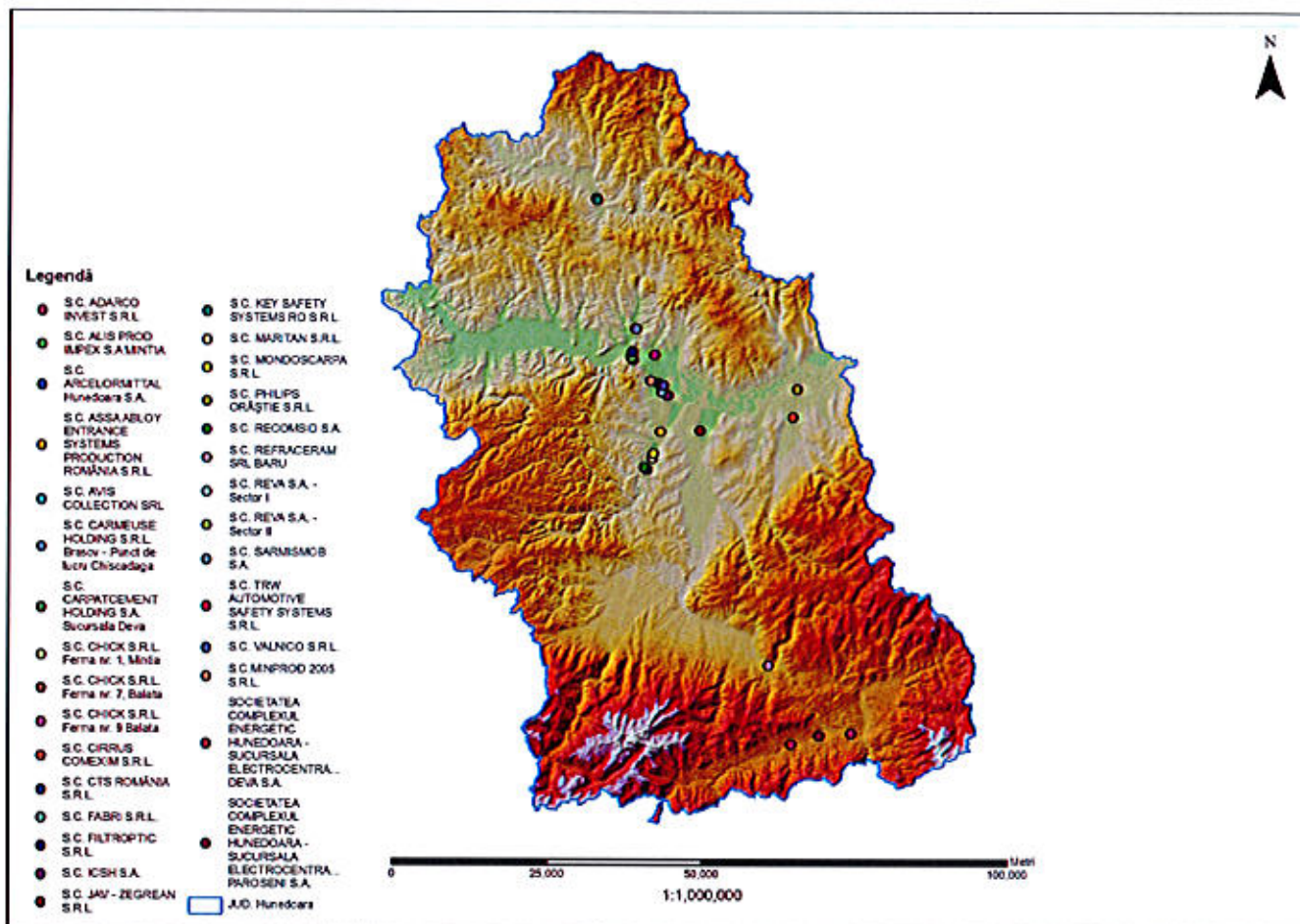


Fig. 41 Distribuția spațială a unităților ce intră sub incidența directivei IED.

### 3.1 Poluanți monitorizați

Poluanți atmosferici analizați în cadrul evaluării calității aerului înconjurător:

1. Particule în suspensie (PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub>)
2. Dioxid de azot (NO<sub>2</sub>)
3. Dioxid de sulf (SO<sub>2</sub>)
4. Monoxid de carbon (CO)
5. Benzen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
6. Plumb (Pb)
7. Arsen (As)
8. Cadmiu (Cd)
9. Nichel (Ni)
10. Ozon (O<sub>3</sub>)

### 3.1.2. Particule în suspensie (PM<sub>10</sub> și PM<sub>2.5</sub>)

Particulele în suspensie, spre deosebire de alți poluanți sunt un aglomerat de particule provenind din surse diferite și care au dimensiuni diferite, compoziții diferite și proprietăți diferite. Ele reprezintă o mixtură complexă de substanțe organice și anorganice.

Particulele în suspensie se pot întâlni în mediul urban în special, și se împart în două grupe și anume în:

- particule mari reprezentate de PM<sub>10</sub> și PM<sub>10-2.5</sub> și
- particule fine reprezentate de PM<sub>2.5</sub>

Particulele fine, spre deosebire de cele mari, rămân în atmosferă un timp mai lung ceea ce poate face ca ele să poată fi răspândite la distanțe mari și astfel, să afecteze zone mai întinse.

Particulele din atmosferă provin dintr-o varietate de surse. Ele au caractere morfologice, fizice, chimice și termodinamice diferite. Diferența de compoziție a particulelor, particule ce sunt puse în libertate de o varietate de surse, va induce o heterogenitate spațială și temporală a acestor aerosoli.

Se pot aminti o varietate mare de particule ce pot ajunge în aer cum ar fi:

- particule puse în libertate prin combustie cum ar fi particule de funingine și de carbon inclusiv cele puse în libertate de motoare de diesel;
- particulele cu caracteristici de formare fotochimică cum sunt cele ce se formează în zona localităților urbane (ceața toxică sau așa numitul smog de vară);
- particulele saline ce se formează deasupra mărilor;
- particulele de sol ce se formează prin resuspendarea prafului.

Particulele pot fi lichide sau solide. Unele dintre particule pot conține un nucleu solid înconjurat de lichid. Particulele ce se indentifică în atmosferă pot conține o serie de ioni anorganici, o serie de compuși metalici, carbon, compuși organici și elemente provenite de la nivelul solului. Unele particule din atmosferă au proprietatea de a fi higroscopice ceea ce face ca ele să conțină particule legate de o picătură de apă. Frația organică ce poate fi găsită în particulele din aer este deosebit de complexă, conținând sute sau mii de compuși organici.

Particulele pot fi considerate:

- particule primare dacă sunt eliminate direct de la sursă și
- particule secundare dacă se formează prin intermediul reacțiilor chimice în atmosferă. În reacțiile chimice sunt implicate molecule de oxigen (O<sub>2</sub>) și vapori de apă, molecule foarte reactive cum ar fi moleculele de ozon (O<sub>3</sub>), radicali hidroxil (-OH) sau radicali nitrat (-NO<sub>3</sub>), substanțe poluante precum dioxidul de sulf (SO<sub>2</sub>), oxizii de azot (NO<sub>x</sub>) și o serie de substanțe organice ce sunt sub formă gazoasă.

Toate aceste elemente pot provenii din surse naturale sau din surse artificiale antropogene.

Procesul de formare a unei particule include:

- formarea nucleului particulei se poate realiza fie datorită emisiei, fie prin condensare la o presiune redusă a vaporilor, fie prin formare în atmosferă prin reacții chimice,
- condensarea gazelor cu o presiune scăzută a vaporilor asupra particulelor deja existente și
- coagularea pe particule.

Ca urmare a celor menționate mai sus este posibil ca particulele să conțină elemente ce provin din mai multe surse.

Datorită faptului că o particulă dintr-o anumită sursă este probabil să aibe în compoziție o mixtură de compuși chimici precum și ținând cont de faptul că particulele ca surse diferite pot coagula dând naștere unei noi particule se poate afirma că particulele ce pot fi găsite în atmosferă pot fi considerate o mixtură de mixturi.

Compoziția și comportamentul particulelor sunt legate de elemente ale gazului înconjurător.

Un aerosol poate fi definit ca o o suspensie de particule solide sau lichide în aer. Termenul de aerosol include atât elementele particulare cât și vaporii sau componente în stare gazoasă din aer. De cele mai multe ori însă termenul de aerosol se folosește cu referire la elemente particulare în suspensie ceea ce este cazul și în această lucrare.

O descriere completă a unui aerosol din atmosferă include evaluarea compoziției chimice, morfologiei și dimensiunile fiecărei particule precum și răspândirea fiecărei tip de particule ca și consecință funcțională a dimensiunile particulei.

#### Structura chimică a elementelor particulare din aer

Elementele particulare din aer sunt compuse dintr-o multitudine de elemente cum ar fi:

- sulfajii,
- nitrații,
- ionii de amoniu,
- ionii de hidrogen,
- apă ce se leagă de particule,
- carbon elementar,
- o mare varietate de compuși organici,
- material crustal.

Aceste elemente particulare care provin din aer au o structură foarte variată.

#### Depunerea și reținerea elementelor particulare la nivelul aparatului respirator

Elementul esențial în ceea ce privește răspunsul biologic la agresiunea PM este doza care ajunge la siturile țintă și nu nivelul expunerii exterioare. Caracterizarea relației dintre expunere și relația doză-răspuns în cazul expunerii continue la pulberi depinde de înțelegerea evoluției acestor particule după ce ele au fost inhalate.

Acțiune particulelor asupra țesuturilor țintă depinde de fenomenul inițial de depunere și în consecință de reținere ulterioară a acestora în interiorul tractului respirator. După ce particulele s-au depozitat pe suprafața interioară a tractului respirator, ele devin ulterior ținta fie a unui proces de absorbție fie a unui proces de îndepărtare de la nivelul căilor și al tractului respirator.

Clearance-ul particulelor depozitate la nivelul tractului respirator depinde de locul inițial de depunere al acestora și de proprietățile fizico-chimice ale particulelor, elemente ce pot influența fenomenul de îndepărtare a acestora. Încărcare de particule reținută poate fi determinată printr-o relație dinamică între depunerea și rata de clearance.

Cantitatea de particule ce se reține la nivelul respirator este condiționată de o serie de factori cum ar fi:

- concentrația de expunere,
- durata de expunere,
- anatomia tractului respirator,
- parametri ventilatori pulmonari,
- proprietățile fizico-chimice ale particulelor cum ar fi:
- dimensiunea particulelor,
- capacitatea acestora de a fi higroscopice,
- solubilitatea lor în fluidul de la nivelul tractului respirator respectiv solubilitatea lor în apă deoarece mucusul existent în tractul respirator are un suport apos și
- prezența unor elemente celulare la nivel respirator.

Retenția particulelor la nivel respirator este determinată atât de rata de depozitare cât și de clearance-ul particulelor de la nivelul acestui compartiment.

#### Caracterizarea dimensiunilor particulelor

Majoritatea aerosolilor din mediu sunt polidispersați ceea ce înseamnă că particulele constituente ale unui aerosol se întinde pe un interval de dimensiuni. Acest interval de dimensiuni se poate descrie prin intermediul unor parametri de distribuție a mărimilor. Prezentarea distribuției majorității aerosolilor se poate face prin intermediul unei distribuții log-normal, situația în care logaritmi diametrelor particulelor sunt distribuite normal.

Media geometrică este mediana distribuției și variabilitatea în jurul tendinței centrale, reprezintă variația standard geometrică ( $\sigma$ ).  $\sigma$  este un termen fără dimensiune și reprezintă raportul dintre 84% (sau 16%) din

dimensiunea particulei și 50% din dimensiune. Este nevoie deci de numai de doi parametri pentru a descrie o distribuție log-normală a dimensiunilor particulelor pentru un anumit aerosol și anume valoarea mediană a diametrului și deviația standard geometrică.

Distribuția dimensiunilor poate fi obținută pe mai multe căi și anume:

- dacă distribuția particulelor se face prin numărare, mediana este denumită "diametrul median numărat"
- dacă distribuția se face pe baza masei aerosolului, mediana distribuției este denumită "diametrul media de masă"
- dacă distribuția se face pe baza diametrului aerodinamic al aerosolului se folosește termenul de "diametru aerodinamic median de masă" pentru mediana distribuției. În acest caz, evaluarea se referă la mediana distribuției masei ținându-se cont de diametrul aerodinamic echivalent.

Cea mai folosită abordare este cea a determinării diametrului aerodinamic median de masă dar pentru particule cu dimensiuni mai mici de  $0.5 \mu\text{m}$  trebuie să fie luate în considerare și alte căi de evaluare a distribuției deoarece la aceste particule proprietățile aerodinamice sunt mai puțin importante.

#### Depunerea particulelor la nivelul tractului respirator

Mecanismele de depunere a particulelor la nivelul tractului respirator sunt multiple și anume:

- impact inerțial,
- sedimentare,
- difuzie,
- precipitare electrostatică și
- interceptare.

În interiorul tractului respirator, la nivelul căilor aeriene, aerul care intră poate să prezinte modificări de direcție și orientare precum și modificări ale vitezei. Aceste elemente fac ca unele particule să nu mai urmeze fluxul aerian și să vină în contact cu suprafețele interioare ale tractului respirator.

În segmentul extratoracic și în cel traheo-bronșic, fluxul aerian se caracterizează printr-o viteză mare a aerului precum și prin modificări bruște ale direcției acestuia. Aceste elemente fac ca mecanismul principal care acționează în depozitarea particulelor să fie cel al impactului inerțial mai ales pentru particule mai mari de  $2 \mu\text{m}$  ca diametru aerodinamic echivalent (AED).

Asupra tuturor corpurilor aflate în câmpul gravific al Pământului acționează forța gravitației, ceea ce înseamnă că și asupra particulelor, aflate în interiorul acestui câmp, acționează această forță. Particulele asupra cărora influența acestei forțe este cea mai puternică sunt acelea care au un AED mai mare de  $1 \mu\text{m}$ . O particulă va atinge viteza de sedimentare atunci când se va stabili un echilibru între forța gravitației și rezistența aerului iar sedimentarea se va efectua când particulele intră în contact cu suprafața interioară a căilor respiratorii.

Depunerea particulelor din același domeniu de dimensiuni poate fi efectuată prin intermediul atât al sedimentării cât și prin intermediul impactului inerțial. Aceste procese au loc în special în segmentul extratoracic precum și în segmentul traheo-bronșic al arborelui respirator. Impactul inerțial poate fi dominant în căile respiratorii superioare iar sedimentarea gravitațională domină în căile aeriene mai mici.

În ceea ce privește grupul de particule a căror diametru fizic este mai mic de  $1 \mu\text{m}$ , mecanismul ce guvernează depunerea acestora în interiorul tractului respirator este reprezentat de cel al difuziei datorată ciocnirii cu moleculele de aer.

Particulele ce au dimensiuni cuprinse între  $0.2-1.0 \mu\text{m}$  sunt particule cu dimensiuni prea mici pentru ca depunerea lor să fie realizată prin impact sau prin sedimentare și sunt destul de mari pentru ca depunerea lor să fie influențată prin difuzie. Aceste particule sunt cele ce persistă în fluxul aerian inhalat și au cel mai redus grad de depunere în tractul respirator.

Fenomenul de interceptare reprezintă depozitarea particulelor prin contactul direct cu suprafața interioară a căilor aeriene. Acest fenomen depinde de dimensiunile fizice ale particulelor. Fibrele inhalate sunt depozitate la nivel respirator în special prin procesul de interceptare iar lungimea acestora influențează gradul lor de depozitare.

Precipitarea electrostatică este mecanismul prin care se realizează depozitarea particulelor în relație cu încărcătura acestora. Sarcina minimă a unui aerosol este zero. Acest aspect este foarte rar atins datorită faptului

că aerosolii se pot încărca prin coliziune cu aeroioni. Aerosolii pot să își piardă încărcătura electrică deoarece ei atrag aeroioni cu încărcătură opusă. Astfel, se stabilește un echilibru al acestui proces. Echilibrul acestui proces se numește echilibru Boizmann și reprezintă distribuția sarcinii unui aerosol într-un echilibru al sarcinilor cu ioni bipolari. Sarcina minimă poate fi foarte redusă. Astfel, din punct de vedere probabilistic, se poate accepta că într-un aerosol pot să fie particule ce nu au sarcină și altele care să aibă una sau mai multe sarcini negative sau pozitive.

Prezența unei sarcini electrice la nivelul particulei duce la creșterea depunerii la nivelul tractului respirator, la unele particule mai mult decât am estima numai datorită dimensiunilor. Efectul încărcăturii electrice asupra fenomenului de depunere a particulelor la nivel respirator este invers proporțional cu dimensiunile particulei sau cu rata fluxului aerian. Totuși, acest mecanism de depozitare a particulelor la nivel respirator are un rol minor în comparație cu contribuția turbulenței fluxului aerian din conductele tractului respirator și a altor mecanisme ce intră în funcțiune pentru depozitare particulelor din aer. Totuși, depozitarea particulelor ultrafine cu dimensiune de  $0.02 \mu\text{m}$  și particulele fine cu diametrul de  $0.125 \mu\text{m}$  care au o încărcătură electrică este cu de 5-6 ori mai mare decât a particulelor care nu au încărcătură electrică și de 2-3 ori mai mare față de particulele ce de află în echilibru Boltzman (Cohen și colab., 1998). Acest fapt dovedește că, în anumite situații cum ar fi expunerea interioară la fum de tutun sau expunerea de la locul de munca, mecanismul precipitării electrostatice poate avea un rol important în depozitarea particulelor ultrafine și fine la nivelul traheo-bronșic. Influența acestui mecanism este, însă, minimă în ceea ce privește aerosolii ce pot fi identificați în mediul urban.

#### Modelul de depozitare a particulelor la nivelul tractului respirator

Pentru a evalua corect efectele pe sănătate asociate cu expunerea la poluarea aerului cu particule trebuie studiate locurile unde se depozitează pulberile în tractul respirator. Particulele depozitate în diferite regiuni ale tractului respirator sunt supuse unor diferențe mari de acțiune ale mecanismului de clearance muco-ciliar, de timp și model de depozitare.

Aerul ambiant conține particule care de multe ori sunt prea mari pentru a fi inhalate. Particule capabile de a fi inhalate sunt acele particule ce pot fi incluse în intervalul de dimensiuni capabile să pătrundă în tractul respirator. Capacitatea particulelor de a fi inhalate poate fi definită prin raportul între concentrația particulelor cu un anumit diametru aerodinamic, diametru ce le permite acestora să fie inspirate prin intermediul cavității nazale sau a cavității bucale, raportat la concentrația de particule de un diametru similar prezente în aerul ambiant (International Commission on Radiological Protection, 1994). Pentru oameni, particule cu diametru mai mare de  $100 \mu\text{m}$  au o probabilitate scăzută de a pătrunde prin cavitatea nazală sau bucală în condiții de calm atmosferic dar nu este definită cu claritate o limită spre zero. În plus, nu există o limită inferioară a potențialului particulelor de a fi inhalate deoarece există posibilitatea ca unele particule să depășească dimensiunile critice prin agregare cu unități atomice sau moleculare și a forma elemente stabile, spre deosebire de ionii liberi sau de moleculele de gaz.

#### Depunerea totală la nivelul tractului respirator

Depunerea totală a particulelor la nivelul aparatului respirator este în funcție de dimensiunile particulelor.

Depunerea la nivelul regiunii extratoracice (ET) a particulelor ce au pătruns prin intermediul inspirului prin cavitatea nazală este mai mare decât depozitarea particulelor ce au pătruns prin intermediul cavității bucale. Acest lucru se datorează capacității de filtrare mai ridicate ce apare în situația pasajului nazal, ceea ce s-ar traduce printr-o reținere superioară în situația respirației nazale pentru particulele mai mari de  $1 \mu\text{m}$ . Pentru particulele cu diametrul aerodinamic mai mare de  $1 \mu\text{m}$ , reținerea în tractul respirator se realizează prin impact și prin sedimentare și se mărește atunci când crește valoarea diametrului aerodinamic echivalent (AED). Atunci când AED este mai mare de  $10 \mu\text{m}$ , aproape toate particulele inhalate sunt depozitate.

Când dimensiunile particulelor scad și ajung să fie  $= 0,5 \mu\text{m}$ , depunerea lor se face dominant prin difuzie și depozitarea depinde mai ales de diametrul fizic al particulelor. Scăderea diametrului particulelor duce la o creștere a depunerii totale a acestora. Depunerea totală arată o valoare minimă pentru particule cu diametru cuprins în intervalul de mărime  $0.2-1.0 \mu\text{m}$ , interval de dimensiuni asupra căruia nu sunt eficiente nici mecanismele de sedimentare, de impact sau de difuzie. Nivelul de depunere nu atinge niciodată valoarea zero datorită faptului că apare un amestec de particule din flux-volumul respirator și cantitatea de aer rezidual care aproape nu conține



particule și care se găsește la nivelul plămânului. Particulele pătrunse o dată cu fluxul respirator, particule care rămân la nivel profund în plămâni, vor fi depuse.

Depunerea particulelor la nivelul plămânilor este influențată nu numai de dimensiunea particulelor ci și de modelul respirator, model în care este inclus flux- volumul, frecvența respirațiilor și calea prin care se respiră.

Depunerea particulelor crește proporțional cu creșterea flux-volumului la o anumită rată a fluxului și cu creșterea ratei de flux la un anumit timp respirator.

Pentru fracțiunea ultrafină de particule, respectiv acele particule ce au diametrul mai mic de  $0.1 \mu\text{m}$ , informațiile privind depunerea acestora sunt relativ puține. Pentru acestea este important de determinat potențialul lor agresiv. Frația totală de depunere pentru particulele ultrafine crește invers proporțional cu dimensiunile particulelor și cu un model respirator cu un timp de respirație mai lung, un model care este concordant cu mecanismul de depozitare prin difuzie. Există o diferență în depunerea particulelor ultrafine egale cu  $0.04 \mu\text{m}$  între bărbați și femei.

O proprietate specifică unor particule este capacitatea acestora de a fi higroscopice. De exemplu, în mediu se pot găsi particule higroscopice cum ar fi sulfatii, nitrații, și chiar unele elemente organice. În aerul cu o umiditate mare aceste particule își pot mări dimensiunile în interiorul tractului respirator și atunci când sunt inhalate vor fi depuse în acord cu dimensiunile lor hidratate, dominant față de dimensiunile lor inițiale. În comparație cu particulele de aceeași dimensiuni dar care nu au proprietatea de a fi higroscopice, depunerea aerosolilor higroscopici la nivelul plămânilor poate fi mai mare sau mai mică, în funcție de dimensiunea inițială. De aceea, pentru particulele cu dimensiuni mai mari decât  $=0.5 \mu\text{m}$ , influența calităților higroscopice va duce la o creștere a depunerii totale cu o deplasare a depunerii de la nivelul zonelor periferice spre zonele centrale sau spre regiunea extratoracică în timp ce pentru particulele mici, depunerea totală tinde să scadă.

#### Depunerea la nivelul regiunii extratoracice

Fracțiunea de particule inhalate ce se depune la nivelul regiunii extratoracice este dependentă de dimensiunile particulelor, de rata fluxului, de frecvența respiratorie și de calea prin care pătrund în tractul respirator și anume fie pe cale orală sau pe cale nazală, precum și de parcursul drumului străbătut de fluxul aerian.

Respirația prin cavitatea nazală beneficiază de posibilități de filtrare datorită structurilor specifice ce se găsesc la nivelul nasului. În cazul respirației orale aceste filtre nu există ceea ce va duce la o creștere a depunerii particulelor la nivel pulmonar în regiunea traheo-bronșică și la nivelul regiunii alveolare. Regiunea extratoracică este locul unde se realizează primul contact cu particulele inhalate și acționează de fapt ca un „prefiltru” pentru plămâni.

Depunerea particulelor este mai mare la nivelul zonei nazo-faringo-traheale față de zona oro-faringo-traheală.

Depunerea particulelor în zona extratoracică depinde în primul rând de dimensiunile particulelor mai mult decât de rata fluxului. Depunerea totală a particulelor în regiunea extratoracică crește pe măsură ce diametrul particulelor crește.

În ceea ce privește grupul particulelor ultrafine, s-a constatat că particule cu dimensiuni cuprinse între  $0.3-2.5 \mu\text{m}$  sunt depuse într-o proporție mai mare în timpul pasajului nazal față de situația pasajului oral. Depunerea la nivel nazal crește dacă rata de flux este mai mare iar elementul ce influențează depunerea este viteza liniară a aerului la nivelul nasului.

Pentru particulele ultrafine ( $D_p < 0.1 \mu\text{m}$ ), depunerea la nivelul regiunii extratoracice este controlată prin difuzie, care la rândul ei este dependentă numai de diametrul geometric al particulei.

Pasajul nazal este mult mai eficient pentru depunerea particulelor ultrafine, ajungând până la un procent cuprins între 94-99% din totalul particulelor inhalate. În ceea ce privește relația dintre depunerea particulelor și rata fluxului, rezultatele diferitelor studii sunt contradictorii (Swift și Strong, 1996, Lennon și colab., 1998).

Ceea ce este însă constant este faptul că mecanismul de difuzie este principalul mecanism ce este folosit pentru depunerea particulelor ultrafine. Acest element are implicații în ceea ce privește evaluarea agresivității particulelor datorită faptului că o eficientă filtrare a aerului inhalat încărcat cu particule va duce la micșorarea probabilității depunerii particulelor ultrafine la nivelul pulmonar.

La nivelul laringelui și traheei, turbulența aerului joacă un rol major în augmentarea proporției de particule depuse la acest nivel.

În concluzie, se poate spune că la nivelul regiunii extratoracice și în mod deosebit cavitatea nazală, acționează ca un filtru deosebit de eficient pentru nanoparticule respectiv particule cu dimensiuni mai mici de  $0.1 \mu\text{m}$  precum și pentru particule mari cu dimensiuni mai mari de  $5 \mu\text{m}$ . În acest fel se reduce cantitatea de particule de dimensiuni variate care vor ajunge să se depună la nivelul zonelor traheo-bronșice și alveolare.

#### Depunerea particulelor la nivelul zonei traheo-bronșice și la nivelul zonei alveolare

Particulele ce trec de segmentul extratoracic ajung în plămâni și vor fi depuse la nivelul celorlalte segmente respectiv la nivelul segmentului traheo-bronșic sau la nivelul segmentului alveolar. Cu privire la depunerea particulelor în aceste două segmente trebuie precizat că se dispune de măsurători precise. Datele cunoscute sunt obținute din experimente pe animale, prin folosirea particulelor radioactive cu solubilitate redusă și prin intermediul tehnicii de administrare de bolusuri seriate.

Folosind tehnica bolusurilor a fost măsurat gradul de depunere atât a aerosolilor de dimensiuni mari (Kim și colab., 1996, Kim și Hu, 1998) precum și a aerosolilor ultrafinați (Kim și Jacques, 2000). Metoda bolusurilor seriate recurge la folosirea unor aerosoli nonradioactivi și poate estima depunerea într-un număr nelimitat de compartimente pulmonare.

Evaluarea depunerii de la nivelul segmentului traheo-bronșic și al segmentului alveolar a fost făcută atât pentru bărbați cât și pentru femei, pentru particule cu diametre cuprinse între  $0.04 \mu\text{m}$  până la  $5 \mu\text{m}$ .

Pentru bărbați s-a constatat o depunere totală cuprinsă între 24-32% din totalul particulelor depuse cu dimensiuni egale cu  $0.04$ -,  $0.06$ -,  $0.08$ - și  $0.10 \mu\text{m}$  la nivelul regiunii traheo-bronșice și de 57-76% la nivelul regiunii alveolare.

În cazul femeilor, depunerea particulelor a fost mai mare în regiunea traheo-bronșică, între 21-48% iar în regiunea alveolară depunerea a fost ușor mai scăzută decât în cazul bărbaților.

În ceea ce privește depunerea totală a particulelor ultrafine a fost ușor mai mare pentru femei și anume între ~5%-14%. Pentru particulele de  $1$ -,  $3$ -,  $5$ - $\mu\text{m}$ , la bărbați s-a identificat un procent de depunere între 16-37% în regiunea traheo-bronșică și de 57%-83% în regiunea alveolară. La femei, depunerea particulelor de dimensiunile amintite a fost între 27-68% dar era comparabilă sau chiar ușor mai redusă pentru regiunea alveolară față de procentul de depunere de la bărbați. Depunerea totală de la nivelul plămânului a fost ușor mai mare pentru femei față de bărbați și anume de ~16-22%.

În concluzie, se poate spune că depunerea atât a particulelor mari cât și a particulelor ultrafine la nivelul segmentului traheo-bronșic pulmonar este mai mare pentru femei decât pentru bărbați.

Particulele ultrafine ce ajung până la nivelul spațiului unde se desfășoară schimburile gazoase, sunt depuse la bifurcația căilor aeriene atunci când sunt în concentrații mari.

Indiferent de natura minerală a particulelor, de formă sau de concentrație, particulele inhalate care au dimensiuni suficient de mici ca să poată trece prin conductele aeriene sunt depuse în primul rând la nivelul bifurcațiilor duetelor alveolare. Modelul de depunere la nivelul bifurcației duetelor alveolare este rezultatul caracteristicilor fluxului aerian. Acesta determină o creștere a depunerii particulelor la nivelul bifurcațiilor duetelor și este similar modelului de depunere a particulelor la nivelul bifurcației conductelor aeriene, în general. În ceea ce privește fibrele, cum ar fi de exemplu fibrele de azbest ce pot trece prin căile aeriene, ele se depun la nivelul bifurcațiilor duetelor alveolare. Cu cât o bifurcație a duetului alveolar este mai depărtată față de bronhiola terminală, cu atât se observă mai puține fibre, azbest în cazul de mai sus.

#### Distribuția locală a depunerii particulelor

Structura căilor aeriene precum și modelul de pătrundere al fluxului aerian sunt extrem de complexe iar distribuția aerului este neomogenă în diferite părți din plămân. De aceea, modelul de distribuție al depunerii particulelor în toate cele trei segmente pulmonare respectiv în segmentul extratoracic, traheo-bronșic și alveolar este foarte neuniform observându-se valori mai mari a depunerii particulelor decât o valoare medie.

Eficiența depunerii la fiecare bifurcație crește odată cu creșterea numărului Stokes. Numărul Stokes este utilizat pentru a caracteriza abilitatea particulelor de a urmări un anumit parcurs al fluxului aerian în regim curviliniu. Cu cât numărul Stokes crește cu atât particulele nu mai au capacitatea de a urma un flux în jurul unui

obstacol și probabilitatea de a se lovi de obstacol crește (Hinds, 1999). Analiza modelului de depozitare a arătat o depunere foarte localizată la nivelul și în imediata vecinătate a fiecărei margini de bifurcație, indiferent de ramificații și de modelul de flux.

Particulele de dimensiuni mari precum și particulele de dimensiuni mici se depun în punctele de bifurcație ale căilor aeriene, afirmație valabilă chiar și pentru calea respiratorie superioară.

Prin studierea efectului spațiului anatomic inert (anatomic dead space - ADS) s-a observat că fracția depozitată în căile aeriene intratoracice variază între 0.04-0.43 și crește cu micșorarea ADS. Doza de depozitare la nivelul căilor aeriene intratoracice a fost mai mică la subiecții cu dimensiuni mai reduse ale spațiilor aeriene.

O doză mai redusă de depozitare s-a observat la femei datorită unor căi intratoracice mai reduse, cu dimensiunea spațiilor aeriene mai mică. S-a observat o depozitare mai mare la nivelul plămânului stâng față de plămânul drept. Valoarea raportului stâng/drept (raportul de depozitare în plămânul stâng față de cel drept funcție de raportul volumului plămânului drept față de volumul plămânului stâng) a fost de  $1.58 \pm 0.42$ . Reținerea particulelor insolubile în căile bronșice mari a fost semnificativă la 24 de ore după depozitare respectiv 1.40 la plămânul drept și 1.82 în cel stâng.

Kim și Jacques (2000) au observat prin utilizarea tehnicii bolusului că, pentru particulele ultrafine 0.04-0.1, depozitarea variază foarte mult în profunzimea tractului respirator. Depozitarea regională a particulelor mari cu dimensiuni cuprinse între 1.0- 5.0  $\mu\text{m}$  este mult mai puțin variabilă. Modelul de depozitare pentru particulele ultrafine, mai ales pentru cele foarte mici, este similar celui de depozitare a particulelor mari.

Factorii biologiei ce influențează depozitarea particulelor

Dintre factorii biologici care pot influența comportamentul și depunerea particulelor în interiorul tractului respirator se pot număra:

- sexul,
- vârsta,
- prezența bolilor tractului respirator,
- elemente de variabilitate anatomică.

### Sexul

Bărbații și femeile au dimensiuni diferite ale corpului, dimensiuni diferite ale căilor respiratorii și parametri ventilatori diferiți. Din aceste motive, sexul poate favoriza apariția de diferențe în depunerea particulelor în interiorul tractului respirator. Deși, modelul respirator este similar pentru ambele sexe, regiunile de depozitare fracționată cu valori mari sunt situate mai aproape de cavitatea bucală. De asemenea și valorile vârfurilor de încărcare sunt ușor mai mari la femei decât la bărbați, indiferent de condițiile de expunere.

### Vârsta

Structura și condițiile respiratorii variază cu vârsta și aceste variații pot altera modelul de depunere al particulelor inhalate.

În studiile efectuate s-a observat că eficiența depunerii scade pe măsura avansării în vârstă pentru o anumită dimensiune de particule și pentru o anumită rată a fluxului. Oldham și colab., 1997, a arătat că eficiența depunerii totale este mai mare la copil decât la adult.

Există o relație inversă între înălțime și depunerea extratoracică. Un studiu efectuat pe copii sub 14 ani în comparație cu un grup de copii peste 14 ani a arătat că depunerea extratoracică a fost mai mare la primii față de cea de-a doua grupa, cei sub 14 ani având aproape dublu față de cei peste 14 ani. Nu apar diferențe între aspectul plămânilor și gradul de depozitare al pulberilor la nivelul tractului respirator între copil și adult. Datorită faptului că depunerea extratoracică este influențată de vârstă iar fenomenul de depunere totală nu, se sugerează faptul că la copii regiunea extratoracică, prin caracteristicile sale, are o acțiune mai eficientă în filtrarea și eliminarea particulelor care în alte condiții ar ajunge până la nivelul segmentului traheo-bronșic. Totuși, datorită faptului că la copil, plămânii sunt mai mici decât la adult, copilul poate avea aceeași grad de depozitare pe unitatea de suprafață ca și adultul.

Nu s-au evidențiat diferențe între copii în ceea ce privește depozitarea particulelor indiferent de vârstă.

Nu s-au evidențiat diferențe semnificative în depozitare între copii și adolescenți, între copii și adulți sau între adolescenți și adulți. Totuși, datorită faptului că la copii raportul minut-volum față de dimensiunile plămânilor

este mai mare, este probabil ca ei să primească o cantitate mai mare de particule pe unitatea de suprafață spre deosebire de adulți. Un studiu ce a avut ca obiectiv evaluarea fracționată a depunerii particulelor, în funcție de flux-volum, a arătat că rata de depozitare la copii este cu 35% mai mare decât la adolescent sau la adult. Totuși acest element nu reprezintă o evidență fără echivoc că există diferențe semnificative în depozitarea particulelor între adulți și copii. Trebuie menționat faptul că diferența de activitate între adulți și copil, în sensul că cei din urmă pot avea activități pe parcursul zilei mai intense, duce la creșterea minut-volumului. Astfel, este probabil să apară o diferență în creșterea cantității particulelor ce se depun la nivel respirator și acest element poate fi legat de vârstă.

Un alt subgrup populațional care poate reprezenta un grup cu susceptibilitate la particulele din aer este grupul vârstnicilor.

#### Prezența bolilor tractului respirator

Bolile tractului respirator pot afecta atât structura arborelui bronșic cât și performanțele ventilatorii pulmonare. Aceste boli pot determina alterări în procesul de depunere a particulelor la indivizii bolnavi în comparație cu indivizii sănătoși. Astfel, persoane cu bronhopneumopatie cronică obstructivă (BPOC) au un model de depunere a particulelor foarte neomogen cu diferențe mari de depunere între diferitele regiuni pulmonare, în comparație cu un om sănătos. Persoanele suferinde de astm sau de boli pulmonare obstructive tind să aibă un grad mai mare de depunere a particulelor la nivel traheo-bronșic față de un om sănătos. Mai mult decât atât, ei tind să aibă o relație inversă între prezența bronhoconstrucției și un grad mai mare de depozitare a particulelor la nivelul regiunii alveolare. Gradul de depozitare totală a particulelor în tractul respirator crește odată cu creșterea gradului de obstrucție. Mărirea gradului de depozitare a fost asociat cu prezența bronșitei cronice ca o componentă a BPOC-ului față de componenta emfizematoasă.

Într-un studiu efectuat de Kim and Kang, 1997, s-a constatat că fracția de depozitare a fost cu 16% mai mare la fumători, cu 49% mai mare la fumătorii ce sufereau de afectarea căilor aeriene mici, cu 59% mai mare la astmatici și cu 103% la cei ce sufereau de BPOC față de oamenii sănătoși. Cei cu BPOC au înregistrat valori semnificativ mai mari spre deosebire de astmatici sau cei cu afectarea căilor aeriene mici. Fracția de depozitare a fost corelată cu valorile volumului expirator forțat (FEV1) și cu fluxul expirator forțat (FEF25-75%). Valoarea rezistenței la flux nu a putut fi corelată cu depunerea totală a particulelor la nivel pulmonar. Kohlhauf și colab., 1999 au arătat o creștere a depunerii particulelor fine de 0.9  $\mu\text{m}$  la femeile ce aveau o hiperresponsivitate crescută bronșică.

Depunerea particulelor poate fi afectată de prezența unor boli respiratorii. Depunerea totală crește cu obstrucția căilor respiratorii, indiferent de distribuția depunerii în sectorul traheo-bronșic și alveolar. Fluxul aerian este neuniform în situația unui plămân bolnav datorită unui model de obstrucție neuniform. Pot fi căi aeriene mici ce pot fi obturate ceea ce va face ca o anumită parte a plămânului să fie inaccesibilă. În acesta situație, particulele pot pătrunde adânc la nivelul căilor aeriene libere ceea ce va face ca depunerea particulelor să crească local în regiunile ventilate activ și în mod deosebit la nivelul segmentului alveolar.

#### Elemente de variabilitate anatomică

Pot apărea variații în gradul de depozitare a particulelor la nivel pulmonar datorită nu numai sexului, vârstei sau prezenței unor boli pulmonare ci și datorită unor caracteristici anatomice cum ar fi: dimensiunea cavității nazale, rolului spațiului anatomic inert (anatomic dead space - ADS) sau datorită structurii laringelui.

#### Mecanismul de clearance pulmonar

Particulele ce se depozitează la nivelul tractului respirator pot fi eliminate complet sau pot fi mutate spre alte locuri din organism printr-o serie de mecanisme diverse.

Mecanismele de clearance pulmonar pot fi:

- mecanisme absorbitive ce produc o dizolvare a particulelor și
- mecanisme non-absorbitive ce acționează prin transportarea particulelor rămase intacte.

Aceste două mecanisme pot să acționeze concomitent sau pot acționa succesiv în momente diferite.

Pentru mecanismul de clearance al particulelor trebuie să se ia în considerație solubilitatea particulelor depuse în fluidele tractului respirator. Astfel, în situația particulelor solubile în fluidele de la nivelul tractului mecanismul de mare importanță este cel în care se produce fenomenul de dizolvare a particulelor pe când în cazul

particulelor ce nu sunt solubile sau au o solubilitate redusă rata de eliminare a acestora este prin transportarea particulelor rămase intacte.

Eliminarea particulelor de la nivelul tractului respirator se poate evalua separat în situația regiunii extratoracice, traheo-bronșice și alveolare.

Mecanismele de clearance pulmonar al particulelor

- regiunea extratoracică (ET) include:

- transport mucociliar,
- strănut,
- eliminare nazală,
- Dizolvare și absorbție sanguină.

Regiunea traheo-bronșică (TB) include:

- transport mucociliar,
- endocitoză prin acțiunea celulelor macrofage sau a celulelor epiteliale,
- tuse,
- dizolvare și absorbție sanguină sau limfatică.

Regiunea alveolară(A) include:

- acțiunea macrofagelor și a celulelor epiteliale,
- dizolvare și absorbție sanguină sau limfatică.

#### Regiunea extratoracică (ET)

În funcție de solubilitatea particulelor, se pot pune în evidență diferite situații, astfel:

- particulele cu solubilitate redusă ce sunt depozitate în partea posterioară a pasajului nazal vor fi eliminate prin mecanismul de transport muco-ciliar spre nazo-faringe și eliminate prin strănut, suflarea nasului.
- particulele solubile depozitate la nivelul epitelului nazal, prin difuzie, vor ajunge la nivelul stratului de celule subiacente. În mucus, ele se vor dizolva și astfel vor putea fi absorbite în sânge. La nivelul nasului există o vascularizație foarte bogată ceea ce permite o trecere rapidă în sânge a substanțelor absorbite.
- pentru particulele puțin solubile depozitate la nivelul cavității bucale eliminarea se face prin tuse și expectorație sau prin înghițire la nivelul tractului gastro-intestinal. În cazul particulelor solubile, absorbția lor poate fi rapidă în funcție de rata de dizolvare și de dimensiunea particulelor solubilizate.

#### Regiunea traheo-bronșică (TB)

Solubilitatea particulelor poate influența eliminarea particulelor din această regiune, astfel:

- particulele solubile depozitate în zona traheo-bronșică sunt transportate spre cavitatea oro-faringiană prin intermediul aparatului muco-ciliar și apoi sunt înghițite. Aceeași categorie de particule poate, însă, să traverseze epitelul bronșic prin fenomenul de endocitoză, ajungând la nivelul regiunii peribronșice unde apoi sunt înglobate în interiorul celulelor macrofage prin fagocitare și pot fi eliminate prin transport muco-ciliar sau să ajungă la nivelul lumenului căilor aeriene pornind de la mucoasa bronhiolară sau mucoasa bronșică.
- particulele solubile pot fi absorbite prin intermediul epitelului direct în sânge. Există o relație inversă între scăderea fluxului sanguin la nivelul regiunii traheo-bronșice și creșterea reținerii particulelor solubile la nivelul căilor aeriene. Chiar și particulele solubile pot fi îndepărtate prin intermediul mecanismului de eliminare muco-ciliar.

#### Regiunea alveolară(A)

Mecanismul de clearance de la nivelul regiunii alveolare se poate realiza pe mai multe căi.

Principalul mecanism non-absorbiv de îndepărtare a particulelor cu o solubilitate redusă se derulează prin intermediul acțiunii macrofagelor. Macrofagele reprezintă între 3-19% din totalul celulelor alveolare. Totuși, numărul real de celule poate fi modificat de particulele ce sunt depuse la acest nivel. Numărul de celule este reglementat de numărul de particule depuse și nu de influența acestora prin greutate. Dimensiunea particulelor poate influența numărul de macrofage. Astfel, dacă se produce o depunere a unor particule de dimensiuni mici se

poate genera o creștere a numărului de macrofage față de ceea ce s-ar putea produce prin depozitarea unor particule de dimensiuni mai mari.

Macrofagele care au fagocitat particule pot fi eliminate din regiunea alveolară (A) pe trei căi și anume:

- prin transport prin intermediul covorului muco-ciliar după ce aceste celule ajung la nivel distal unde vin în contact cu mucusul,
- prin dirijare din interstițiu spre canalele limfatice și spre ganglionii limfatici ce pot deveni locuri de depozitare a particulelor,
- prin traversarea endoteliului alveolo-capilar și pătrunderea directă în fluxul sanguin.

Particulele ce ajung în circulația limfatică, după trecerea de stațiile ganglionare, vor ajunge la nivelul sângelui. Odată ajunse la nivelul circulației sanguine, particulele sau macrofagele ce au înglobat particulele pot ajunge în zonele extrapulmonare ale organismului.

Particulele ce au fost depozitate și care nu au fost fagocitate de macrofagele alveolare pot ajunge în interstițiu unde vor fi fagocitate de macrofagele interstițiale și pot ajunge la nivelul zonelor peribronhiolare sau a zonelor subpleurale unde ele vor fi reținute și vor reprezenta încărcătura de particule din organism, încărcătură ce are potențial de crește. Clearance-ul pulmonar poate fi întârziat datorită legării particulelor de membranele celulelor epiteliale, de macromolecule sau de alte elemente componente ale celulelor. De asemenea, migrarea și gruparea particulelor și a macrofagelor pulmonare pot determina transformarea unor depozite difuze în agregăr: focalizate de particule.

Brauer și colab. (2001) au comparat fragmente de plămân obținute prin autopsie de la rezidenți, nefumători, dintr-o zonă având un nivel ridicat de poluare a aerului cu particule (Mexico City, Mexic) cu fragmente de plămân recoltate de la rezidenți, nefumători, dintr-o zonă cu nivele relativ scăzute de poluare cu pulberi a aerului (Vancouver, Canada). Investigația a măsurat concentrația de particule per gram de plămân, la nivelul parenhimului pulmonar. Rezultatul investigației a arătat că traiul într-o zonă în care se evidențiază o concentrație mai mare de particule se traduce printr-o retenție mai mare atât de particule fine cât și ultrafine în plămâni. Astfel, în Mexico City concentrația acestor particule a fost de peste 7.4 ori mai mare decât concentrația identificată în plămâni rezidenților din Vancouver. Aceste rezultate indică o relație clară între expunerea ambientală, concentrația particulelor și rețenerea acestora la nivelul regiunii alveolare (A).

Clearance-ul prin intermediul mecanismului absorbtiv implică dizolvarea particulelor în fluidele existente la nivel alveolar, dizolvare urmată de traversarea epitelului până la nivelul interstițiului și apoi difuzie în fluxul limfatic sau în fluxul sanguin. Solubilitatea particulelor este influențată de raportul dintre suprafața și volumul acestora precum și de proprietatea lor de a fi hidrofile sau lipofile.

#### Cinetica clearance-lui

##### Regiunea extratoracică

Rata fluxului mucusului este la nivelul zonei posterioare a cavității nazale foarte neuniformă dar se poate evalua că o valoare medie, la un adult sănătos, este de 5 mm/min.

Particulele din zona anterioară a cavității nazale sunt eliminate prin suflarea nasului sau prin strănut iar o valoare medie a timpului de transport al mucusului din zona anterioară spre zona posterioară a cavității nazale este de aproximativ 10 până 20 minute pentru particule cu solubilitate redusă.

##### Regiunea traheo-bronșică (TB)

Pentru evaluarea cineticii clearance-ului de la nivelul regiunii traheo-bronșice, deci ca index al cineticii muco-ciliare, se folosește durata totală al clearance-ului bronșic.

Viteza de transport a mucusului în interiorul arborelui bronșic este diferită. La nivelul traheei mișcarea mucusului este mai rapidă și devine din ce în ce mai lentă la nivelul căilor aeriene distale. Astfel, rata de transport a mucusului la nivelul traheei este între 4.3 spre 5.7 mm/min în bronșiile principale este de = 2.4 mm/min, pentru bronșiile medii este între 0.2-1.3 mm/min iar în cele mai distale ramificații care au componente ale aparatului muco-ciliar, viteza este de 0.001 mm/min.

Deși viteza procesului de clearance la nivelul segmentului traheo-bronșic este destul de mare, s-a constatat că există o anumită proporție de elemente particulare depozitate care sunt reținute mai mult de 24 de ore.

O serie de studii susțin faptul că în regiunea traheo-bronșică, mecanismul de clearance are două componente și anume o componentă rapidă și o componentă lentă de eliminare a particulelor depozitate la acest nivel.

Clearance-ul din regiunea traheo-bronșică a fost găsit ca fiind incomplet în 24 de ore și această situație se datorează unui clearance incomplet la nivelul bronhiilor (Camner și colab., 1997). O scădere a reținerii particulelor mai mică de 4 de ore este proporțională cu creșterea dimensiunilor particulelor. Se constată, de asemenea, o reținere mai mare a particulelor de dimensiuni mai mici și o depozitare într-o zonă proximală a tractului respirator sau ambele elemente.

Estimări efectuate cu ajutorul unui model matematic a indicat o mai mare depozitare în regiunea bronhiilor de generația 9 până la generația 15 în situația unei rate de inhalare mai reduse decât în mod normal. 40% dintre particulele depozitate în căile aeriene în timpul unei inhalări cu o rată scăzută de flux au fost reținute peste 24 de ore.

Compartimentul în care se produce o acțiune lentă de clearance la nivel traheo-bronșic este probabil legat de bronhiiolele cu diametrul mai mic de 1 mm.

Reținerea pe o durată mai mare la nivelul regiunii traheo-bronșice are un design neuniform. Se produce o creștere a retenției la nivelul zonelor de bifurcație și o eficacitate mai redusă a clearance-ului mucos în aceste arii.

#### Regiunea alveolară

Particulele ce se rețin la nivelul regiunii alveolare sunt reținute un timp mai îndelungat față de cele ce sunt reținute la nivelul căilor aeriene la care principalul mecanism de clearance este transportul mucociliar. În ceea ce privește rata de clearance alveolar la om nu sunt decât informații limitate. Clearance-ul de la nivel alveolar este un proces multifazic, în fiecare etapă a procesului acționând alt mecanism. Procesul inițial este reprezentat de o înglobare a particulelor prin intermediul macrofagelor alveolare, proces ce se desfășoară cu o rapiditate destul de mare, de obicei pe parcursul primelor 24 de ore de la depozitare.

Particulele care nu sunt fagocitate pot ajunge la nivelul interstițiului în câteva ore de la depozitare. Migrarea transepitelială a particulelor crește proporțional cu creșterea încărcăturii de particule până la un nivel peste care se observă o creștere a numărului de macrofage. De asemenea, procesul poate fi direct proporțional cu dimensiunile particulelor insolubile ultrafine mai mici de 0,1  $\mu\text{m}$  diametru. Aceste particule au un acces mai mare spre interstițiu și au un procent de absorbție limfatică mai mare decât particulele de dimensiuni mai mari provenind din aceeași substanță. Este posibil ca particule ultrafine provenind din substanțe diferite să nu pătrundă în interstițiu în aceeași proporție.

Particulele libere pot ajunge la ganglionii limfatici în câteva zile după absorbție. Absorbția limfatică a particulelor depinde de gradul de eficacitate al acțiunii celorlalte căi de clearance pulmonar. Probabilitatea de creștere a preluării limfatice apare atunci când activitatea fagocitară a macrofagelor alveolare descrește. Acest element poate fi un factor de încărcare pulmonară. Se pare că particulele depozitate, atât prin masă cât și prin număr de particule, trebuie să depășească un anumit prag. Sub acest prag trecerea spre căile limfatice nu este afectată de creșterea încărcării cu particule. Trecerea spre sistemul limfatic al particulelor este dependentă de dimensiunile acestora. Rata de trecere spre sistemul limfatic este lentă iar eliminarea din ganglioni este și mai lentă cu un timp de înjumătățire estimat la zeci de ani.

Particulele solubile depozitate la nivelul regiunii alveolare pot fi eliminate rapid prin absorbție prin epiteliu și se produce intrarea în torrentul circulator. Rata de absorbție depinde de dimensiunea particulelor, moleculele cu greutate mai mică fiind eliminate mai repede decât cele mai mari. Absorbția este un proces cu două trepte și anume:

- în prima treaptă particulele depozitate sunt dissociate prin dizolvare în componente ce pot fi absorbite în circulație.
- în a doua fază se produce absorbția.

Cele două trepte sunt independente temporar iar rata de soluție depinde de o serie de elemente incluzând elemente de structura chimică a particulelor sau elemente de suprafață a acestora. Ratele de absorbție pot fi variate în funcție de legăturile existente cu diferite componente ale tractului respirator și cu proprietățile fizico-chimice ale materialului depozitat.

Un element important este evaluarea modului cum elementele particulare pot fi inhalate și depozitate la nivel pulmonar și pot influența sisteme extrapulmonare din organism și îndeosebi poate afecta sistemul cardiovascular. Evaluări recente au constatat că particule ultrafine pot difuza rapid de la nivel pulmonar în sistemul circulator ceea ce poate justifica acțiunea rapidă a particulelor din mediu ambiant -asupra unor organe altele decât plămânul. Astfel, într-un studiu efectuat de Takenaka și colab., 2001, s-au expus șobolani la particule de argint de  $0.015 \mu\text{m}$  putându-se astfel, foarte rapid, să se identifice prezența unor nivele ridicate de argint în diferite organe într-o perioadă de timp de până la 7 zile post-expunere. Nivelul de argint de la nivel pulmonar scade rapid iar după 7 zile numai 4% din încărcătura pulmonară mai poate fi regăsită la nivel pulmonar. În ziua 0, deja, argintul poate fi găsit în sânge, în ziua 1 argintul poate fi identificat în ficat, rinichi, inimă și creier. Cele mai mari concentrații de argint au fost evidențiate la nivelul rinichilor, urmat de nivelul identificat în ficat și apoi de nivelul din cord. Acest studiu demonstrează rapiditatea cu care particulele ultrafine sunt eliminate de la nivel pulmonar și acest clearance rapid s-ar datora unei dizolvări rapide a particulelor ultrafine de argint la nivelul fluidelor pulmonare, dizolvare urmată de difuzie în torentul sanguin. Nu poate fi exclusă și o trecere directă a particulelor solide în torentul sanguin.

Dimensiunile particulelor precum și tendința de a se alipi între ele formând formațiuni ce pot afecta trecerea de la nivel pulmonar spre zonele extrapulmonare.

#### Factorii ce pot influența clearance-ul pulmonar

Aceste elemente pot fi:

- vârsta,
- sexul,
- activitatea fizică,
- prezența unor boli pulmonare.

Din punct de vedere al vârstei, al sexului și al activității fizice, nu s-au observat elemente ce pot influența clearance-ul pulmonar.

În ceea ce privește prezența unor boli la nivelul aparatului pulmonar pot apare o serie de alterări ale mecanismului de clearance pulmonar.

Astfel, mecanismul de clearance poate fi afectat de o serie de boli ale arborelui bronșic. Poate apare o încetinire a clearance-ului muco-ciliar nazal în situația unor boli cum ar fi prezența unei rinite cronice sau a unei sinuzite cronice sau la nivel pulmonar prezența unei bronșiectazii sau a unei fibroze chistice pulmonare. Este posibilă apariția unei încetiniri a transportului de mucus la nivel bronșic în situația prezenței unui carcinom bronșic, a unei bronșite cronice, a astmului sau în prezența unor infecții respiratorii acute. Modelul de clearance este același și în aceeași grad de eficiență la nivelul căilor aeriene ciliate mici în situația unui om sănătos și la un bolnav cu o formă ușoară de astm. În cazul astmului acesta similaritate s-ar putea atribui eficienței tratamentului astmului (Svartengren și colab., 1996).

Un mecanism de clearance este și tusea prin acțiunea în prima parte a arborelui bronșic. Aceasta situație este valabilă în cazul unei hipersecreții de mucus și pentru eliminarea particulelor de dimensiuni cuprinse între  $0.5-5 \mu\text{m}$ . Un clearance mai eficient se asociază cu un număr mai mare de accese de tuse. Se poate spune că tusea este un mecanism adjuvant aparatului muco-ciliar în îndepărtarea particulelor depozitate în plămânii bolnavilor cu bronhopneumopatie cronică obstructivă. Pe măsura agravării bolii, această tuse, ca modalitate de clearance pulmonar, își scade performanța, fenomen ce apare mai ales în situația dischineziei cililor ceea ce se asociază cu scăderea valorii FEV1.

Rata de clearance la nivelul segmentului alveolar se reduce la om în situația prezenței unui BPOC. De asemenea, viabilitatea și funcționalitatea macrofageic este afectată în cazul bolnavilor de astm bronșic. Un alt factor ce poate influența mecanismul de clearance pulmonar este integritatea suprafeței epiteiului bronșic. Lezarea acestui epiteliiu poate apare fie datorită unor boli fie prin inhalare de substanțe chimice iritante sau prin fumat. Această lezare a epiteiului poate duce la apariția unei creșteri a permeabilității acestuia iar particulele pot ajunge în interstițiu și la nivelul ganglionilor limfatici.

#### Supraîncărcarea cu particule



Expunerea prelungită la o concentrație ridicată de particule poate duce la fenomenul denumit „supraîncărcare cu particule” ceea ce se poate traduce printr-o depășire a capacității de clearance mediată de macrofage. La animalele de experiență, respectiv la șobolani, se pare că are mai mare importanță volumul decât masa particulelor. Fenomenul de supraîncărcare apare atunci când retenția de particule se apropie de 1 mg particule/g de țesut pulmonar. La om, relevanța acestui fenomen în special pentru particulele cu solubilitate redusă este destul de neclară. În fibroza masivă progresivă se bănuiește că o supraîncărcare cu praf ar avea rol în patogeneza bolii (Green, 2000). În această situație ar putea apărea o supraexpunere la pulberi asociată cu deteriorarea mecanismului de clearance pulmonar. Această alterare poate fi consecința expunerii din mediu la care se poate asocia o expunere ocupațională. Chiar și în situația unei expuneri normale, fenomenul de supraîncărcare poate apare în situația unui plămân compromis ceea ce va duce la apariția unei patologii sau chiar la mortalitate datorită expunerii la particule.

#### Sursele de particule din aer

Sursele de particule pot fi împărțite în două categorii și anume:

- naturale;
- antropogene.

Sursele antropogene pot fi divizate în surse:

- surse fixe sau staționare și
- surse mobile.

Dintre sursele staționare se pot aminti:

- arderea unor combustibili fosili pentru încălzitul locuințelor,
- arderea combustibililor pentru obținerea energiei electrice,
- arderea combustibililor în procese industriale diverse,
- arderea biomasei (lemnului) din păcate pentru încălzit,
- arderea vegetației pentru eliberarea unor terenuri, în agricultură,
- arderea vegetației pentru eliberarea de terenuri în vederea efectuării de construcții,
- arderea rezidiilor menajere sau agricole,
- construcții și demolări,
- morărit și dispozitive folosite în agricultură,
- procesarea materialului lemnos,
- industria petrochimică,
- industrii de prelucrare a materialelor,
- industrii de prelucrare a elementelor minerale,
- eroziunea solului,
- depozitarea și reciclarea gunoierului,
- antrenarea prafului de pe drumuri pavate sau nepavate.

Dintre sursele mobile cele mai importante sunt mijloace de transport. Acestea pot reprezenta surse directe de emisie atât a particulelor primare cât și a celor secundare. Astfel de surse sunt autovehiculele care circulă pe autostrăzi, pe drumuri naționale precum și surse care nu au conexie cu drumurile.

#### Evaluarea toxicologică a proprietăților elementelor particulare din aer în relația cu sănătatea omului

Particulele în suspensie din mediu sunt un amestec de elemente constitutive provenind din surse diferite. Sursele pot fi naturale și antropogene. Compoziția fizico-chimică a particulelor este o dovadă a contribuției diferitelor surse la formarea elementelor în suspensie. Surse diferite pot determina o varietate mare de particule în suspensie- PM. De asemenea, PM pot varia foarte mult în funcție de dimensiuni, precum s-a arătat în capitolele anterioare, putând clasifica PM în funcție de dimensiuni în fracția (modul) ultrafină, fracția de acumulare și fracția de particule de dimensiuni mari.

Regiunea de origine a particulelor determină compoziția PM. Deci, se poate afirma că expunerea la elementele particulare din aer reprezintă o expunere la o mixtură de particule diferite, cu compoziții diferite și la care se adaugă și expunerea la o serie de co-poluanți aflați în stare gazoasă.

Numeroase evidențe au arătat că există o corelație pozitivă între nivelele ambiente de poluare cu particule și efectele pe sănătatea omului, respectiv influențarea mortalității și a morbidității umane. Relația între sănătatea omului și expunerea la PM din aer se pare că este în directă legătură cu fracția de acumulare în special iar sursa principală care contribuie la producerea acestor elemente particulare este combustia.

Nu trebuie omise toate limitele prezente în evaluările toxicologice existente și limitările ce apar atunci când efectele constatate sunt extrapolate de la animal la om precum și a dificultăților în evaluarea efectelor pe sănătatea umană și în mod special evaluarea efectelor asupra grupurilor cu sensibilitate mare.

În studiile toxicologice trebuie evaluate atât cauzalitatea fenomenelor studiate cât și concordanța între rezultatele și posibilitatea plauzibilității biologice.

Astfel, plauzibilitatea biologică atinsă atât în studiile toxicologice cât și în ceșe epidemiologice permit evaluare proprietăților PM în relație cu sursele de producere și cu efectele pe sănătate.

#### Evaluarea categoriilor de surse de elemente particulare și a compoziției chimice a acestora în relație cu efectele pe sănătate

##### Componentele cu importanță toxicologică din structura PM

Din cercetările făcute se constată că o serie de caracteristici ale PM pot fi asociate cu toxicitatea lor.

Tabelul Elementele particulare (PM) asociate cu mortalitatea umană

Fracțiune de PM determinată în funcție de dimensiune	Ioni/Elemente	Fracția de carbon/organic
TSP	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	Carbon total (TC)
PM <sub>10</sub>	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	Carbon elementar (EC)
PM de dimensiune mare (PM <sub>10-2,5</sub> sau PM <sub>10-1</sub> )	Metale (Ni)	Funingine (carbon negru – black carbon BC)
PM fine (PM <sub>2,5</sub> sau PM <sub>0,1</sub> )	Ion acid puternic (H <sup>+</sup> )	Carbon organic (OC)
Număr de particule		Carbon extractibil din cyclohexane (CX)
Suprafața particulei		

#### Relația între proprietățile PM din aer și efectele pe sănătate

##### Proprietățile fizice ale PM

##### Particule fine și particule mari toracice

Indicatorul pentru particulele fine este reprezentat de PM<sub>2.5</sub> iar pentru particulele mari toracice indicatorul este PM<sub>10-2.5</sub>. Aceste două grupe de particule, cu dimensiunile cuprinse în cele două categorii, reprezintă cele mai frecvente grupe de particule ce se întâlnesc în mediu ambiant. Ele reprezintă dimensiunile de particule la care s-a dovedit apariția efectelor pe sănătatea omului ca o consecință a acțiunii acestora. Particulele fine provin în special din procesele de combustie. Particulele inhalate pot avea la suprafața lor o serie de substanțe chimice sau elemente reactive. Prezența unor elemente reactive are importanță mai ales în cazul particulelor fine. Un exemplu în acest sens este reprezentat de efectele determinate de expunerea acută la particulele de carbon ce pot avea pe suprafața lor atașat ionul sulfat. S-a constatat că această combinație poate să determine alterarea procesului de fagocitoză al macrofageilor pulmonare la nivel alveolar și activitatea bactericidă inirapuimonară la șoareci (Clarke și colab., 2000).

Particulele mari sunt, de obicei, de origine minerală sau biologică. Compoziția chimică a acestor elemente particulare de dimensiuni mari este mai puțin complexă decât în cazul particulelor fine. Toxicitatea PM cu sursă terestră, deci de dimensiuni mari, este mai redusă decât în cazul PM fine cu origine în procesele de combustie sau

cazul particulelor ultrafine. Cu toate acestea particulele mari acționează, în special, nivelul căilor aeriene ceea ce face ca grupul populațional al celor ce au o sensibilitate deosebită a căilor respiratorii sau au o maladie a acestora cum ar fi cei ce au astm bronșic să fie afectați de expunerea la această categorie de particule.

#### Particule ultrafine

Dimensiunea particulelor, numărul lor și suprafața sunt proprietăți fizice ale acestui grup de elemente particulare care influențează depunerea lor, penetranța lor la nivelul tractului respirator precum și persistența lor la nivelul țesutului pulmonar.

De asemenea, caracteristicile fizice mai sus menționate determină transportul stemic al particulelor și implicit toxicitatea acestora. Studiile pe animale au fost efectuate cu surrogate de particule ultrafine cu dimensiuni mai mici de 100 nm și solubile cum ar fi oxizii minerali cum ar fi TIO<sub>2</sub> sau particule de carbon. Studiile au dovedit că expunerea în PM ultrafine poate induce leziuni acute la nivel pulmonar atât de situația expunerii la particule fine.

S-a constatat că PM ultrafine cu suprafață mai mare au un potențial toxic mai mare față de particule similare ca și compoziție dar cu suprafață mai mică. Nu trebuie neglijată, însă, nici compoziția particulelor ultrafine. Astfel, particule ultrafine ce au în compoziție MgO pot induce mai puține leziuni față de cele ce au în compoziție ZnO, de exemplu.

În ceea ce privește aerosolii acizi, o serie de studii au arătat că pe lângă efectul asupra aparatului respirator, acestea au capacitatea de a se disemina sistemic și a avea efecte independente de efectele pulmonare.

Astfel, astăzi, se consideră că expunerea la particule ultrafine poate duce la o creștere a vâscozității sângelui ceea ce ar induce posibilitatea apariției afecțiunilor cardio-vasculare (Wickmann și colab., 2000).

#### Caracteristicile chimice ale PM

##### Aerosolii acizi

Se consideră că aerosolii acizi nu provoacă sau provoacă efecte minore asupra performanțelor ventilatorii pulmonare în cazul persoanelor sănătoase dar pot determina apariția unor scăderi mici în performanțele ventilatorii pulmonare la astmatici. Expunerea de lungă durată la aerosolii acizi în cazul experimentelor pe animale au indicat faptul că pot apărea alterări morfologice la nivelul căilor aeriene cu apariția descumării la nivelul celulelor epiteliale și cu o creștere a celulelor secretorii, aceste modificări sunt considerate a fi modificări minore.

Un studiu efectuat de Lin și colab., 1997, a studiat un lot de copii printre care au fost incluși și copii cu astm bronșic și copii cu diferite forme de alergii, copii care au fost expuși la aerosolii de acid sulfuric (100 μg/m<sup>3</sup>) pentru un timp de 4 ore. Evaluarea întregului grup nu a identificat nici un efect pe sănătatea copiilor, nici asupra apariției simptomelor respiratorii și nici apariția de modificări ale performanțelor ventilatorii ale acestora. Dacă, însă, a fost analizat numai grupul de copii alergici s-a observat apariția unei creșteri a simptomatologiei respiratorii în relație cu expunerea la aerosolii acizi. Nivelele de concentrație la care au fost expuși copiii au fost mult mai mari față de nivelele ce pot fi găsite în mediu ambiant. Un studiu similar efectuat pe un lot de adolescenți astmatici a dus la concluzii similare.

Efectele expunerii la aerosolii acizi au dovedit și efecte extrapulmonare. Astfel, expunerea șobolanilor la acid acetic concentrat induce reflex o creștere a valorilor tensiune arteriale la aceștia.

De asemenea, expunerea la un produs numit ROFA-PM (particule de carbon ce reprezintă elemente reziduale din arderea petrolului), produs ce conține cantități importante de sulfați și de ioni metalici, favorizează apariția modificărilor la nivelul EKG-ului la șobolanii expuși la concentrații ridicate prin aer.

Componentele acide ale PM nu trebuie ignorate ca potențiali inductori de efecte pe sănătate mai ales al efectelor asupra aparatului cardio-vascular.

##### Metale

Evaluarea toxicității metalelor ca parte constituantă a PM din aer a fost efectuată atât în condiții de expunere profesională cât și prin studii toxicologice în vivo și in vitro utilizându-se ROFA sau ioni metalici solubili.

În felul acesta s-a încercat obținerea de informații noi despre efectele pe sănătate a PM asociate cu metalele solubile. Metalele care pot fi considerate ca și componenți ubiquitari ai PM: sunt fierul, vanadiul, cuprul, nichelul, cromul, cadmiul și arsenicul. Aceștia provin în special din surse antropogene de ardere a combustibilului fosil.

S-a evidențiat faptul că în zonele poluate cu metale s-a produs o creștere dramatică a nivelului metalelor în țesutul pulmonar. Un astfel de exemplu este creșterea dramatică a nivelului metalelor în țesutul pulmonar al locuitorilor orașului Mexico City după 1950 sau în țesutul pulmonar al locuitorilor marilor orașe din SUA.

Efectul pe sănătate al metalelor în situația în care ele reprezintă parte componentă din structura PM, efect evidențiat prin utilizarea de instalații cu ROFA, se materializează prin inducerea unor reacții pro-inflamatorii la nivel celular, molecular și prin intermediul mediatorilor, atât in vivo cât și in vitro.

Recent, s-a constatat că metalele pot induce aritmii cardiace atât la animale sănătoase cât și la cele cu afecțiuni în antecedente.

În experiențe pe șobolani, în situația instilării de PM cu un conținut de metal, acesta este cel ce determină primul lezarea țesutului pulmonar.

Studii toxicologice efectuate prin instilarea în plămâni a extractelor de PM ambiental ce conțineau metale solubile au stat la baza închiderii unei topitorii în Utah Valley, SUA.

Evaluarea efectelor pe sănătate a metalelor ca și parte constituență a PM necesită o evaluare mai amplă.

#### Alți compuși organici

Sursele de compuși anorganici pot fi surse naturale și surse de combustie. Datorită surselor naturale, elementul component cel mai importantă a PM este reprezentat de silicații care înglobează în matricea lor metale precum calciu, magneziu, aluminiu sau fier. Efectul acestor metale nu se consideră a fi toxic.

O serie de anioni ce pot proveni atât din procese de combustie cât și din procese fotochimice, împreună cu ioni de amoniu solubili în apă, cu acizi organici și cu cationi de metale pot forma compoziția chimică a unor particule. Deși, toxicitatea sulfatilor sau nitraților ca elemente independente poate să nu fie mare, ei pot determina modificări ale gradului de toxicitate a altor componente ale PM.

Principali constituenți ai masei PM din aer sunt sulfatii, nitrații, ionul de amoniu, metale împreună cu silicați și cu carbon. Metalele ce pot fi identificate în PM fine au ca sursă combustia în surse staționare sau mobile pe când sulfatii, nitrații, sau ionul de amoniu se produc secundar prin reacțiile chimice în atmosferă, reacții ce includ substanțe ca SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> sau NH<sub>3</sub> ce pot rezultata din arderea biomasei.

#### Constituenții organici ai PM

PM organice au atât surse primare cât și surse secundare.

Elementele organice, în particular carbonul organic, se identifică rar și poate fi pus în evidență mai ales în structura particulelor produse în libertate de motoarele diesel prin gazul de eșapament sau prin combustie. Carbonul organic este în proporție de 10 până la 60% din masa uscată a PM. Frația organică din PM a fost considerată a induce efecte mutagene și produce modificări la nivelul ADN-ului.

#### Particulele eliminate de motoarele diesel

În ceea ce privește efectele pe sănătate ale particulelor eliminate de motoarele diesel, prin gazul de eșapament, sunt tot mai multe evidențe toxicologice ce susțin faptul că acestea exacerbează răspunsul alergic la inhalarea unor antigeni. Frația organică din gazele de eșapament ale motoarelor diesel a fost asociată cu procesul de degranulare a mastocitelor și de inducere a producției de citokine ceea ce sugerează că acele componente organice din particulele eliminate de motoarele diesel sunt responsabile pentru efectele imune induse. Activitatea adjuvant-like a acestor particule eliminate de motoarele diesel nu este unică, metalele având o activitate similară. Particulele produse în libertate prin intermediul gazelor de eșapament ale motoarelor diesel pot contribui la incidența și la severitatea rinitei alergice și a astmului bronșic. În legătură cu aceste particule se pune problema apariției și a altor efecte non-carcinogene dar și de tip carcinogen și în mod deosebit de inducere a neoplasmului pulmonar.

#### Constituenții biologici ai PM

Bioaerosolii formați din spori de fungi, fragmente de insecte și de plante, bacterii și virusuri nu reprezintă o problemă pentru sănătate, în situația aerului ambiental și când aceste elemente reprezintă elemente componente ale structurii PM. PM din aerul din zonele urbane conțin endotoxină. În studii pe voluntari s-a observat efectul acesteia pe sănătate. Pragul de endotoxină variază între 0.5 -5.0 μg, prag ce odată depășit poate face posibilă apariția efectelor pulmonare și sistemice, Studii in vitro au arătat că endotoxină asociată PM din aer poate avea efect pro-inflamator, de asemenea, induce producerea de citokine la nivelul macrofagelor alveolare, atât la

șobolan cât și la om. Conținutul de endotoxină variază cu dimensiunile particulelor. Astfel, inducția producerii de citokine de către monocitele umane, element caracteristic pentru activitatea endotoxinei, apare la PM mari în aerul exterior dar nu și în PM fine. Endotoxină s-ar putea să aibă un efect de pregătire și amorsare a efectului inflamator produs de PM.

### Concluzii

Se poate spune că proprietățile fizico-chimice ale particulelor pot reprezenta „elementul cauzal” în inducerea efectelor pe sănătate. Cel mai important element al evaluării relației PM/efecte pe sănătate este masa particulei.

Mecanismele de acțiune ce explică efectele cardio-vasculare induse de PM

Prin numeroase studii epidemiologice, la care s-au adăugat și o serie de studii toxicologice, s-a demonstrat impactul expunerii la PM din aer asupra sănătății umane. Un important efect al PM asupra sănătății este afectarea funcționalității aparatului cardio-vascular ducând atât la creșterea mortalității cât și la creșterea morbidității prin boli cardio-vasculare.

Mecanismele prin care este influențată funcționalitatea acestui aparat sunt:

- un mecanism nervos;
- prin acțiune directă, prin intermediul reflexelor pulmonare asupra sistemului nervos automat, sau printr-un proces inflamator la nivel pulmonar,
- prin acțiunea directă a PM sau a componentelor acestora asupra funcționalității canalelor de ioni de la nivelul celulei miocardice,
- prin inducerea unui răspuns ischemic la nivelul miocardului,
- prin inducerea unui răspuns sistemic ce include și apariția inflamației ceea ce poate reprezenta elementul „trigger” pentru o disfuncție a celulelor endoteliale, și
- prin favorizarea apariției trombozelor prin alterări apărute în procesul de coagularea sângelui.

Interacțiunea între aceste mecanisme de acțiune poate favoriza apariția morții subite datorită unor cauze cardiace. clementele particulate sunt formate dintr-un amestec de componente diferite care pot stimula diferite mecanisme de acțiune. În funcție de structura fizico-chimică a PM pot fi acționate unul sau mai multe dintre aceste mecanisme.

Sunt evidențe certe că particulele ce ajung în organism pe cale inhalatorie pot afecta funcționalitatea cardiacă prin intermediul sistemului nervos automat. Astfel, impulsuri venite direct de la nivel pulmonar la nivelul sistemului nervos automat prin intermediul fibrelor pulmonare aferente pot duce la modificarea ratei cardiace (Heart rate-HR) și a variabilității ratei cardiace (Heart rate variability-HRV). Cordul este constant controlat atât prin inervație simpatică cât și prin inervație parasimpatică de către sistemul nervos automat. O serie de studii clinice au demonstrat că există o asocieră semnificativă între disfuncția sistemului nervos automat și apariția morții subite datorită unor cauze cardiace. S-a constatat că o scădere a variabilității ratei cardiace poate fi considerată ca un factor de predicție pentru creșterea morbidității și a mortalității cardio-vasculare.

Astfel, într-un studiu efectuat pe voluntari vârstnici, dintre care unii aveau boli cardio-vasculare sau boli pulmonare, s-a identificat o asocieră între nivelele de PM din aer și diferite valori ale ratei cardiace și a variabilității ratei cardiace. S-a constatat că există o asocieră între diferitele nivele de PM din aer și o reducere a deviației standard pentru intervalele normale ale bătăilor cardiace, ceea ce poate reprezenta un risc mare de apariție a decesului.

Unele dintre studiile efectuate prezintă existența unei asociații între nivelul de PM din aer și o scădere a variabilității cardiace în special în aria de frecvență înaltă ceea ce reflectă o acțiune modulatorie parasimpatică asupra cordului.

Alte studii arată existența unei asociații pozitive între prezența PM și rata cardiacă. O rată cardiacă crescută este asociată cu prezența hipertensiunii, a bolilor coronariene și cu posibilitatea de apariție a decesului.

Se poate spune că PM pot influența direct și favoriza apariția afecțiunilor ce pot altera rata cardiacă precum și variabilitatea ratei cardiace. Scăderea variabilității ratei cardiace a fost folosită ca predictor pentru evaluarea creșterii morbidității și a mortalității cardiace dar ceea ce nu este sigur este faptul că, dacă apare un singur moment în modificările ratei cardiace și a variabilității acesteia, moment reversibil, persoana respectivă are

un risc imediat de a dezvolta un eveniment cardiac imediat sau nu. Nu se știe dacă modificarea variabilității ratei cardiace în relație cu expunerea la PM din aer reprezintă un risc sau dacă această modificare poate fi considerată doar un marker de expunere.

S-a demonstrat că PM pot induce modificări în conductibilitatea și în repolarizarea cardiacă. Modificări funcționale la nivelul canalelor de ioni de la nivelul miocardului pot să ducă la apariția modificării duratei de repolarizare și modificări de morfologie ceea ce înseamnă că la nivelul miocardului se produc o serie de modificări subtile care fac ca acesta să devină mai vulnerabil. Toate aceste modificări pot fi vizualizate pe EKG prin apariția unor modificări ale morfologiei undelor T și a variabilității intervalului QT și a undelor T, ale alternanței undelor T și modificări ale înălțimii segmentului ST. S-a constatat că există legături evidente între modificările ce pot fi înregistrate pe EKG și apariția morții subite. Într-un studiu experimental efectuat pe rozătoare expuse la ROFA s-a înregistrat pe EKG o subdenivelare a segmentului ST ceea ce reprezintă un factor ce reflectă morfologia unei T în perioada de repolarizare a mușchiului cardiac. O astfel de evaluare este utilă în situația bolnavilor cu boală cardiacă ischemică. Un studiu efectuat pe câini expuși la CAPs (concentrat de particule ambientale) a arătat modificări ale structurii segmentului ST, de această dată o supradenivelare a acestuia, și a dovedit că această modificare apare în situația unei ocluzii ale unei artere coronare.

Datorită faptului că expunerea la PM poate favoriza modificări ale ratei cardiace, ale variabilității ratei cardiace precum și modificări în procesele de repolarizare și de conductibilitate cardiacă rezultă că expunerea la PM poate să ducă la apariția unei aritmii maligne care poate duce la moarte subită. În acest sens există dovezi atât prin experimente pe animale cât și evidențe umane. Astfel, un studiu care a efectuat pe un lot de subiecți ce purtau fiecare un defibrilator implantabil și care s-a efectuat pe un lot de subiecți ce purtau un defibrilator implantabil și care au fost expuși la PM a identificat o asociere între expunerea la PM și creștere descărcărilor defibrilatoarelor purtate de subiecți. Se poate spune că dacă subiecții nu aveau implantate aceste defibrilatoare, unii dintre subiecți ar fi suferit un eveniment cardiac care ar fi putut să le fie fatal. Alt studiu a raportat că riscul de a dezvolta infarct miocardic acut crește în directă proporționalitate cu creșterea nivelului de cu 2 ore înainte de producerea infarctului.

O serie de elemente au fost identificate prin experimente pe animale, punerea de rozătoare sănătoase la ROFA a dus la apariția modificărilor aritmice cardiace aici incluzându-se și apariția bradicardiei. Șobolani tratați cu monocrotalină au dezvoltat aritmii și unele dintre animale au decedat în perioada de 24 de ore de la punere. La șobolani bătrâni expuși la ROFA s-a înregistrat creșterea numărului de itmii. Câini expuși la CAPs au dezvoltat o ușoară bradicardie post expunere.

Toate cele prezentate mai sus arată faptul că, în experimente pe animale, s-au dus dovezi convingătoare că expunerea la nivele ridicate de PM (ROFA fiind un component specific al PM la care se întâlnește un nivel mare de concentrație, mult mai mare decât nivelul de concentrație întâlnit în mediu) poate determina modificări la conductibilitate și de repolarizare la nivelul miocardului cu potențial de apariție a aritmiilor cu evoluție fatală. Un lucru este foarte important și anume că trebuie să se demonstreze dacă mecanismele care explică posibilitatea de apariție a mortalității în expunerea la PM (în concentrații mari în experimente), pot explica aceleași fenomene și în situația nivelurilor de concentrație ale PM din mediu ambiant.

Elementele particulare pot afecta sistemul nervos automat fie direct fie indirect. Modalitatea directă de afectare a sistemului nervos automat este prin terminațiile nervoase de la nivelul plămânilor. Modalitatea indirectă de influențare prin producerea de mediatorii ce apar în situația unei inflamații. Astfel, sunt udii ce arată apariția leziunilor și a inflamației la nivel pulmonar în relație cu punerea unor rozătoare la ROFA. Câinii, rozătoarele dar și oamenii ce au fost expuși la CAPs au dezvoltat o reacție inflamatorie ușoară. Inflamația la nivel pulmonar observată atât la om cât și la animale este mult mai discretă față de modificările produse în expunerea la ozon. De aceea, în acest moment nu există siguranța că apariția inflamației la nivel pulmonar joacă un rol în modificările produse de punerea la PM asupra funcționalității sistemului nervos automat.

O altă ipoteză este aceea că expunerea la PM afectează direct miocardul. O serie de studii recente afirmă că PM ultrafine pătrund în plămâni și se depozitează la nivelul altor organe cum ar fi de exemplu inima sau ficatul. Astfel, la șobolani expuși la ROFA, substanță ce conține în principal metale, s-a observat o creștere a producerii de citokine pro-inflamatorii în ventriculul stâng. Un alt studiu a arătat existența unor modificări histopatologice la

nivelul șutului miocardic la câinii din orașul Mexico City, oraș cu un înalt nivel de poluare a aerului, în comparație cu ceea ce s-a observat la câinii ce trăiesc într-o zonă unde poluarea aerului este la un nivel scăzut. La câinii din zona orașului Mexico City s-a pus în evidență prezența unor depozite de elemente particulare, depozite care au avut răspândire în toată structura miocardică.

Afectarea acută coronariană apare ca urmare a formării unui tromb la nivelul unei plăci de aterom lezată. Formarea unui tromb poate fi favorizată de inducerea unei situații favorizante unei coagulari sanguine crescute. În acest sens se observă o creștere a nivelului factorilor de coagulare, crește gradul de agregare plachetară, crește vâscozitatea sanguină, se reduce activitatea de fibrinoliză, apar o serie de disfuncții la nivelul celulelor endoteliale. Un element important este proteina C reactivă care este un marker al unei stări inflamatorii sistemice. S-a observat că prezența acesteia se corelează pozitiv cu apariția unor evenimente cardiace. De asemenea, s-a constatat că ea se corelează pozitiv cu expunerea la PM din aer.

Multe studii au prezentat o asociere pozitivă între expunerea la PM și o creștere a vâscozității sanguine. De asemenea, s-a evidențiat o asociere între expunerea la PM și o creștere a nivelului de fibrinogen. Fibrinogenul reprezintă un factor de risc pentru inducerea unor boli ischemice pe miocard. Studii controlate efectuate pe om cu expunere la CAPs și studii efectuate pe animale de laborator expuse la ROFA au arătat o creștere a nivelului fibrinogenului în sânge. Studiile susțin ideea că PM influențează procesul de coagulare a sângelui în așa măsură încât aceste modificări devin „trigger” pentru evenimente cardio-vasculare la indivizii susceptibili.

S-a raportat ca urmare a unor studii efectuate, o asociere între PM și modificări apărute la celulele albe ale sângelui. În unele studii efectuate pe rozătoare expuse la CAPs, numărul acestora a crescut împreună cu numărul de plachete sanguine iar în alte studii s-au observat efecte pe rozătoare expuse la ROFA. Aceste modificări au fost reprezentate de o scădere a numărului de celulele albe sanguine.

Într-un studiu efectuat pe iepuri expuși la carbon coloidal s-a observat o creștere a numărului de neutrofile. S-a evidențiat asocierea dintre PM și numărul și distribuția neutrofilelor. Neutrofilele sunt un marker ce arată eliberarea de precursori ai măduvei hematogene la om. Un astfel de rezultat a fost obținut în perioada episodului de poluare din sud-estul Asiei din 1997, episod datorat arderii de biomasă.

S-a constatat că pot apărea o serie de disfuncții la nivelul celulelor endoteliale, disfuncții ce pot duce la apariția ischemiei pe miocard la persoanele cu o susceptibilitate crescută. Endoteliu vascular secretă o serie de factori ce controlează tonusul vascular, modulează activitatea plachetară și influențează trombogeneză. Un studiu a căutat să evalueze disfuncția apărută la nivelul celulelor endoteliale la subiecți umani expuși la CAPs prin măsurarea gradului de dilatare a arterei brahiale. Apariția vasoconstrucției poate fi indusă printr-o creștere a nivelului circulator de endotelin-1. Această creștere a fost identificată într-un studiu pe șobolani expuși la PM

În concluzie, se poate spune că interpretarea acestor studii este destul de dificil de făcut dar se poate spune cu siguranță că expunerea la elementele particulare din aer poate induce afectarea aparatului cardio-vascular și a sistemului circulator în întregime.

#### Efectele asupra sănătății induse de expunerea la particulele din aer

Influența expunerii la PM în asociere cu alți poluanți din aer pot duce la apariția unor efecte asupra sănătății omului.

Aceste efecte pot fi clasificate astfel:

- efectele expunerii de scurtă durată;
- efectele expunerii de lungă durată.

#### Efectele expunerii de scurtă durată

- mortalitatea indusă de expunerea de scurtă durată la elemente particulare din aer,
- creșterea morbidității, a internărilor în spitale și a numărului de vizite la cabinetul medical ca urmare a expunerii de scurtă durată la particulele din aer,
- efectele expunerii la elementele particulare asupra aparatului cardiovascular,
- efectele expunerii la elementele particulare din aer asupra incidenței bolilor respiratorii,
- efectele expunerii la elementele particulare din aer asupra simptomatologiei respiratorii astfel:

- efectele expunerii la elementele particulare din aer asupra simptomatologiei la astmatici,
- efectele expunerii la elementele particulare din aer asupra simptomatologiei la non-astmatici,
- efectele asupra ritmului de utilizare a medicației bronhodilatatoare la astmatici,
- efectele asupra ratei de apariție a simptomelor la nivelul tractului respirator superior,
- efectele asupra ratei de apariție a simptomelor la nivelul tractului respirator inferior,
- efectele asupra ratei de apariție a tusei,
- efectele expunerii la elementele particulare din aer asupra performanțelor funcționale respiratorii.

**Efectele expunerii de lungă durată:**

- mortalitatea indusă de expunerea de lungă durată la elementele particule din aer,
- efecte asupra morbidității care pot fi:
- influența asupra prevalenței simptomelor respiratorii și a bolilor pulmonare la copii și adulți,
- influența asupra prevalenței bolilor cardio-vasculare,
- efectele asupra performanțelor funcționale respiratorii pulmonare,
- efectele asupra simptomatologiei apărute la astmatici și la non-astmatici,
- prevalența simptomelor respiratorii și a bolilor pulmonare la copii și adulți,
- inducerea cancerului pulmonar.

**Cantitatea totală de emisii PM în jud. Hunedoara.**

Unitatea administrativ-teritorială	Indicator	Metoda de evaluare (date RNMCA / Modelare)	Concentrația maxima din perioada de evaluare	Excepții	Perioada de mediere	Perioada de evaluare	Cantitatea totală de emisii (t/an)	
							surse staționare	surse mobile
Județul Hunedoara	Particule în suspensie – PM <sub>2,5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )				1 an	2010-2014	surse staționare	571.222237
							surse mobile	159.895194
		Modelare	21.2				surse de suprafață	2280.890170
	Particule în suspensie – PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	RNMCA	28.46		1 an	2010-2014	surse staționare	716.728117
		Modelare	27.06				surse mobile	269.205967
		Modelare	37.13				24 ore	surse de suprafață

**Metode de măsurare**

Metoda de referință pentru prelevarea și măsurarea concentrației de PM<sub>10</sub> este cea prevăzută în standardul SR EN 12341 - Calitatea aerului. Determinarea fracției PM<sub>10</sub> de materii sub formă de pulberi în suspensie. Metoda de referință și proceduri de încercare în teren pentru demonstrarea echivalenței cu metoda de măsurare de referință. Metoda de referință pentru prelevarea și măsurarea PM<sub>2,5</sub> este cea prevăzută în standardul SR EN 14907 - Calitatea aerului înconjurător. Metoda standardizată de măsurare gravimetrică pentru determinarea fracției masice de PM<sub>2,5</sub> a particulelor în suspensie.



## Norme

<b>LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011</b> <b>Pulberi in suspensie - PM<sub>10</sub></b>	
Valori limită	50 ug/m <sup>3</sup> - valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane 40 ug/m <sup>3</sup> - valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane

<b>LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011</b> <b>Pulberi în suspensie – PM<sub>2,5</sub></b>	
Valoare țintă	25 ug/m <sup>3</sup> - valoarea-țintă anuală
Valori limită	25 ug/m <sup>3</sup> - valoarea limită anuală care trebuie atinsă până la 1 ianuarie 2015 20 ug/m <sup>3</sup> - valoarea limită anuală care trebuie atinsă până la 1 ianuarie 2020

### Modelarea emisiilor PM la nivelul județului Hunedoara în funcție de proveniența acestora

O caracteristică a județului Hunedoara în acest sens o constituie haldele de steril și iazurile de decantare, a căror particule sunt antrenate de vânt pe distanțe de zeci de kilometri.

Conform raportului privind calitatea aerului înconjurător pentru anul 2015, valoarea medie la indicatorul PM<sub>10</sub> a fost de 17,387 ug/mc, în creștere față de anul precedent, când s-a înregistrat o valoare medie anuală de 16,839 ug/mc, fără a depăși valoarea limită anuală de 40 ug/mc. Pe parcursul anului 2015 nu s-au înregistrat depășiri ale valorii limită zilnice de 50 ug/mc (a nu se depăși mai mult de 35 de ori într-un an calendaristic) prevăzute în Legea nr. 104/2011 privind calitatea aerului înconjurător.

Astfel, s-au înregistrat la indicatorul PM<sub>10</sub> depășiri ale valorii limită zilnice, după cum urmează:

- 7 depășiri la stația HD-1 din Deva, str. Carpați, f.n.;
- 3 depășiri la stația HD-2 din Deva, Calea Zarandului, f.n.;

Aceste depășiri s-au înregistrat în lunile de iarnă mai exact în luna februarie și se datorează în principal combustibililor folosiți la încălzirea locuințelor individuale și împrăștierea pe carosabil de material antiderapant, fiind favorizat și de condițiile meteo nefavorabile (ceață, vânt slab)

**Channel: PM10grv (ug/m3), period: 01 Jan 2015-31 Dec 2015 -  
Validated data**

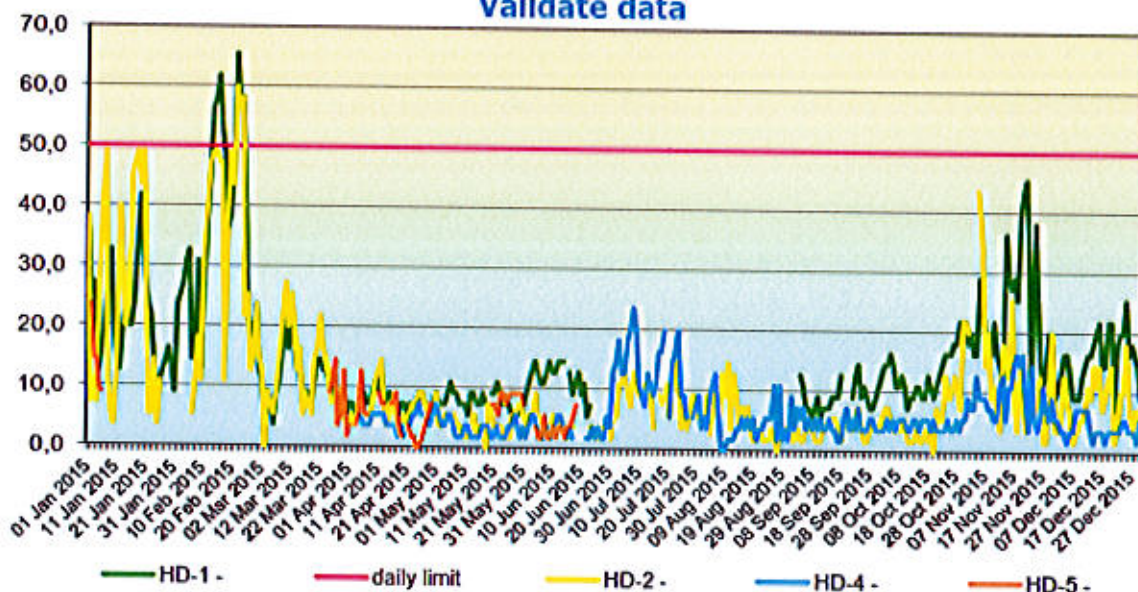


Fig. 42 Variația concentrației PM<sub>10</sub> – medii zilnice(<http://apmhd.anpm.ro/>).

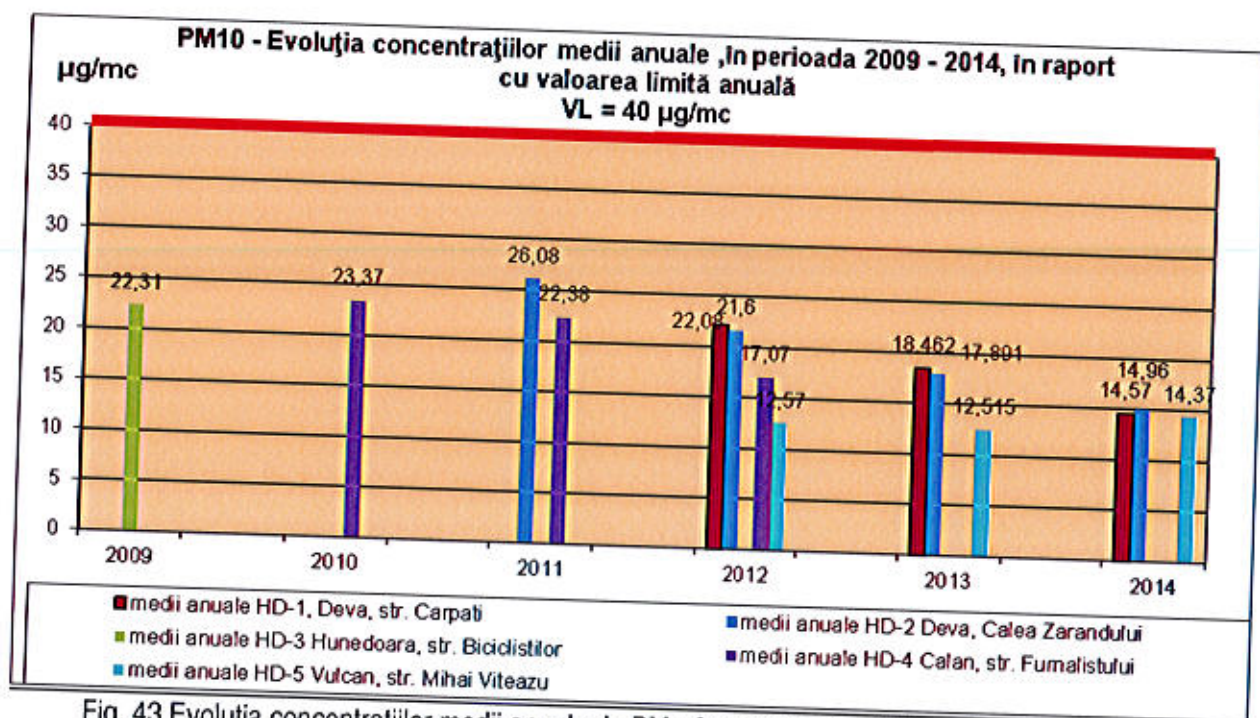


Fig. 43 Evoluția concentrațiilor medii anuale de PM<sub>10</sub> înregistrate la stațiile automate de monitorizare a calității aerului, în perioada 2009 – 2014, în raport cu valoarea limită anuală (<http://apmhd.anpm.ro/>).

Se observă că în intervalul anilor 2009-2015 concentrația medie anuală de PM<sub>10</sub> a scăzut de la o medie de peste 22 ug/mc la 17 ug/mc, datorată în special scăderii producției din sectoarele metalurgice și siderurgice care sunt principalele surse de poluare cu particule în atmosferă din județul Hunedoara.

#### Viabilitatea drumurilor

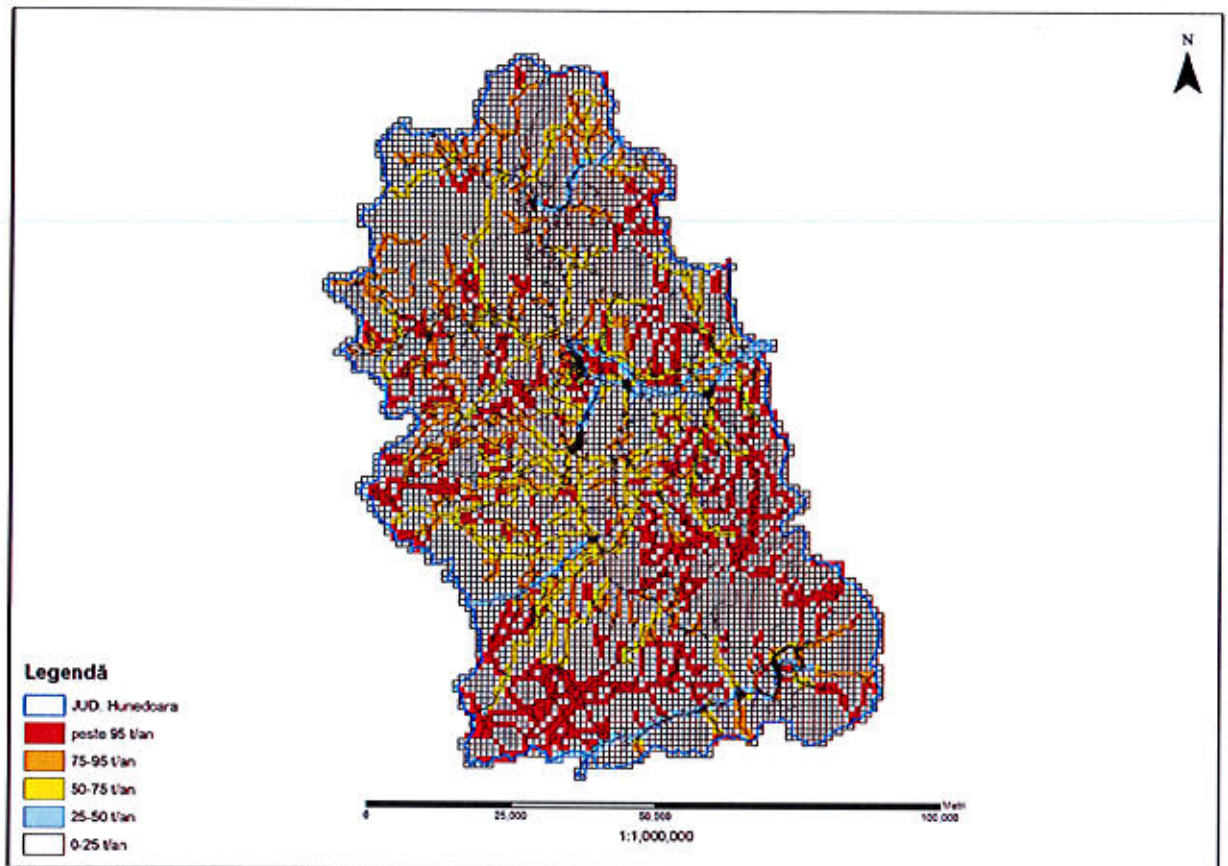
Un aport în ceea ce privește sursele de emisii de PM la nivelul județului Hunedoara îl are starea de viabilitate a drumurilor și antrenarea particulelor sedimentate de către traficul auto.

Situația drumurilor județene la data de 01.01.2016.

Nr.crt.	Lungime (km)	Beton asfaltic (km)	Îmbrăcămiți bituminoase (km)	Beton de ciment (km)	Pavaj (km)	Pietruire (km)	Pământ (km)
1.	1300,285	373,184	412,587	104,779	3,447	271,464	134,824

Situația drumurilor comunale la sfârșitul anului 2015:

Nr.crt.	Lungime (km)	Modernizate (km)	Beton ciment (km)	Îmbrăcămiți ușoare rutiere (km)	Pietruire (km)	Pământ (km)
1.	1563	90	02,960	183	825	465

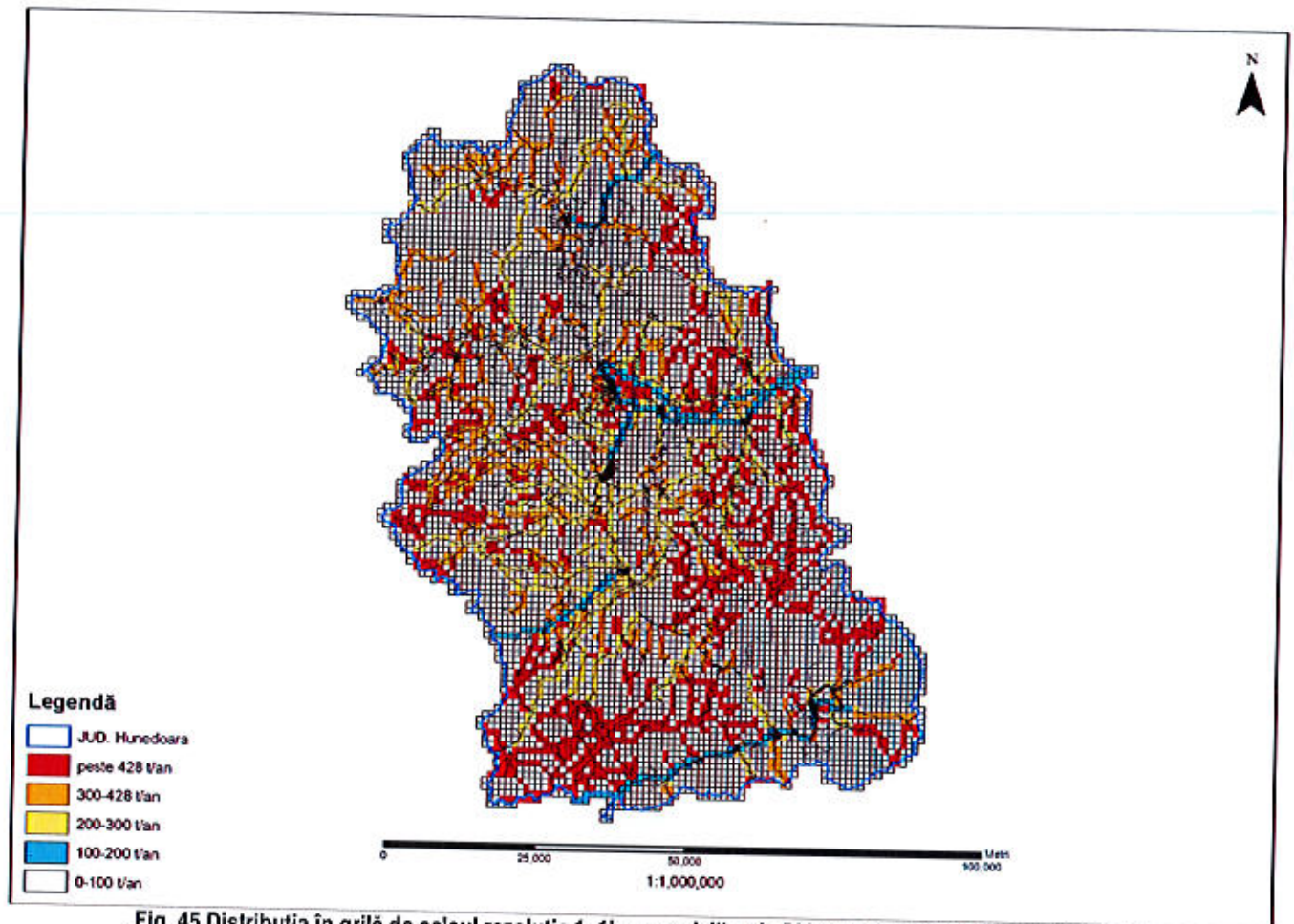


**Fig. 44 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub> provenite din viabilitatea drumurilor situație 01.01.2016.**

Se observă o creștere a acestor emisii pe drumurile de pământ, pietruite, pavate și cele aflate într-un grad mare de deteriorare .

#### Transportul

Este considerat unul din factori importanți în emisiile de PM în special cele asociate motoarelor diesel înregistrându-se concentrații ridicate în zonele urbane și/sau cele cu trafic crescut.



**Fig. 45 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  provenite din transport.**

#### Încălzirea locuințelor

Emisiile de PM rezultate din încălzirea locuințelor sunt concentrate în zonele de locuit și în special în zonele în care se utilizează cărbune pentru încălzirea locuințelor individuale.

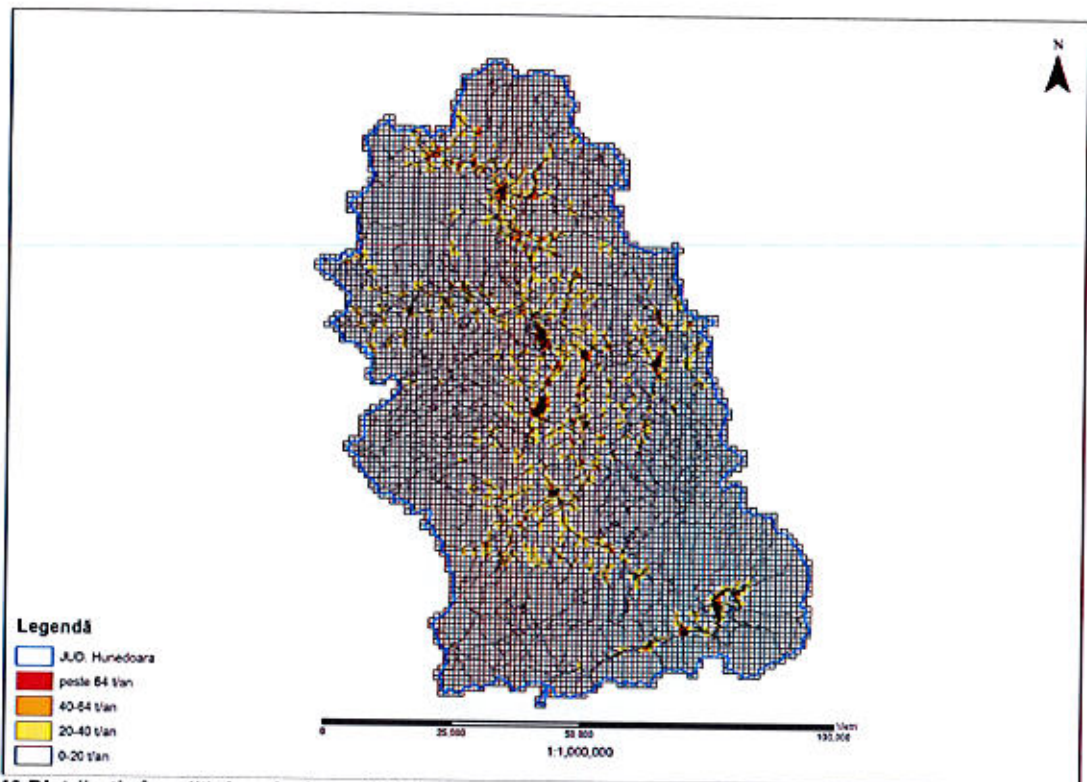


Fig. 46 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  provenite din încălzirea locuințelor.

### Industria

Emisiile de particule sunt concentrate în principal în jurul unităților industriale, în special în siderurgie, metalurgie și producerea energiei.

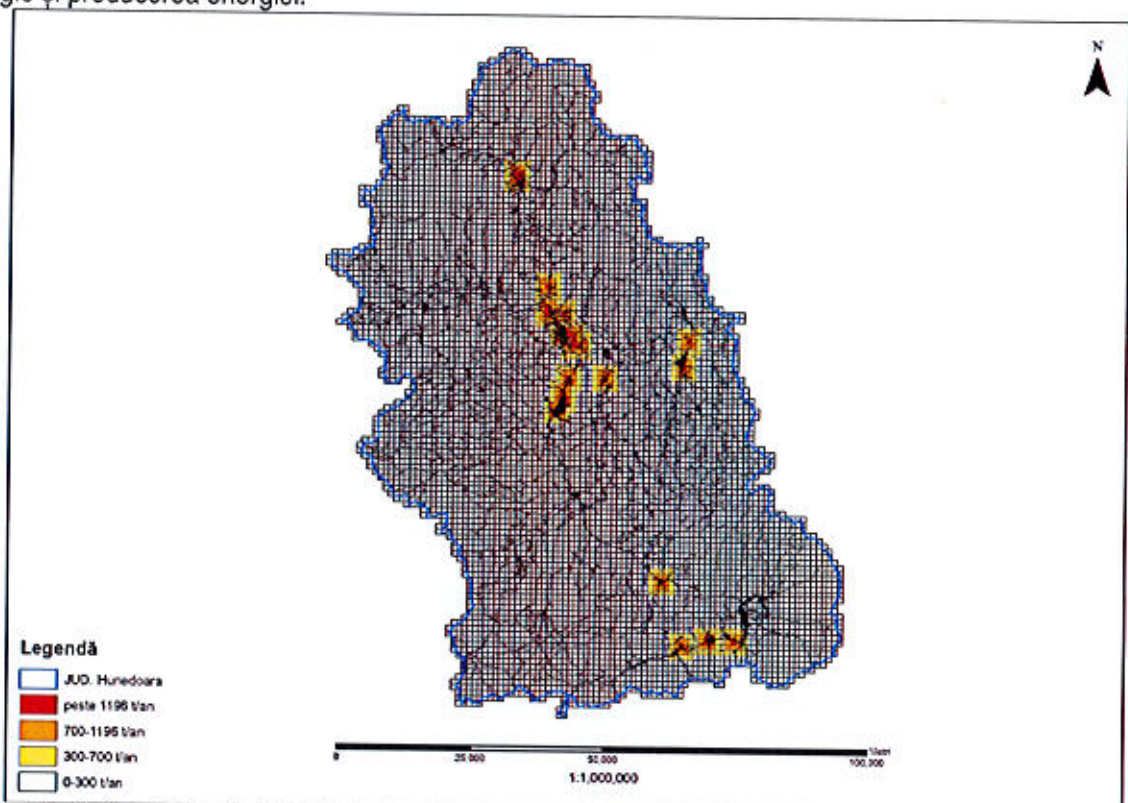


Fig. 47 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  provenite din procese industriale de producție.

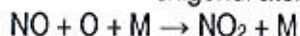
### 3.1.3. Dioxid de azot (NO<sub>2</sub>)

Dioxidul de azot este un gaz de culoare galben - orange - roșu - brun în funcție de temperatură, este mai greu decât aerul. Acesta este monitorizat frecvent de către Agenția pentru Protecția Mediului Hunedoara deoarece este generat de arderea combustibililor în motoare, cuptoare etc., este unul din compușii implicați în formarea smogului oxidant.

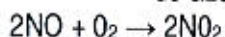
Concentrația maximă admisă pentru 24 de ore în România a NO<sub>2</sub> este de 0,100 μg/m<sup>3</sup>, în timp ce concentrația maximă admisă pentru 30 minute este de 300 μg/m<sup>3</sup> sau 0,3 μg/m<sup>3</sup>.

Monoxidul de azot poate intra în reacție cu numeroși oxidanți:

- oxigenul atomic:



- oxidul de azot se combină cu oxigenul molecular, pur sau din aer, în reacție rapidă, rezultând dioxidul de azot:

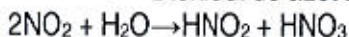


- în urma reacției cu ozonul monoxidul de azot se transformă în dioxid de azot:



Oxidarea este în funcție de concentrația de monoxid de azot. Astfel, oxidarea se produce în câteva minute atunci când concentrația de monoxid de azot este de 1000 ppm. În timp ce, la concentrații mici oxidarea se desfășoară încet. Când concentrația este de 1 ppm, jumătate din cantitatea de NO se oxidează în 100 de ore. Însă la concentrația de 0,1 ppm, jumătate din cantitatea de NO este oxidată în 1000 de ore (Gavrilescu Elena, 2008).

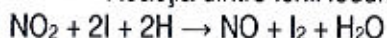
- Dioxidul de azot reacționează cu apa:



- Reacția dintre hidroxizii alcalini și dioxidul de azot:



- Reacția dintre ionii iodură și dioxidul de azot, în mediu acid, cu formare de iod:

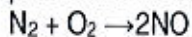


#### Surse de poluare

Oxizii de azot sunt emiși în cantități mari de procesele biologice. Bacteriile nitrificatoare constituie principala sursă naturală de producere a monoxidului de azot. Se apreciază că sursele naturale emit de circa 10 ori mai mult NO decât sursele tehnologice, însă datorită faptului că primele sunt repartizate relativ uniform pe suprafața terestră înregistrează o poluare mai redusă în comparație cu sursele antropice care sunt concentrate în centrele urbane sau pe arterele cu o intensă circulație auto.

Se estimează că principalele surse de poluare cu NO<sub>x</sub> sunt mijloacele de transport.

Oxizii de azot provin, de asemenea, din procesele industriale bazate, în anumite segmente tehnologice, pe arderea combustibililor fosili. Cea mai mare contribuție o au centralele electrice pe bază de gaz natural, în timpul proceselor de combustie, azotul molecular și oxigenul molecular reacționează la temperaturi ridicate:



Se formează în timpul descărcărilor electrice, erupțiilor vulcanice, incendiilor de păduri, etc.

Distribuția poluantului funcție de principalele surse de emisie:

Poluant	Pondere (%)	Surse de emisie
NO <sub>x</sub>	18	Combustie (producere energie, industrie, rafinare petrol).
	75	Transporturi
	6	Surse rezidențiale și terțiare
	1	Alte surse

### Acțiunea asupra sănătăți

Oxizii de azot din aerul atmosferic pot produce efecte toxice atât asupra viețuitoarelor cât și asupra plantelor. Expunerea plantelor, timp de o oră, la concentrații mai mari de 25 ppm dioxid de azot, duce la căderea frunzelor. La concentrații cuprinse între 4-8 ppm frunzele sunt necrozate pe o suprafață de 5%. Creșterea timpului de expunere, până și la concentrații reduse, are consecințe distrugătoare: o concentrație de doar 0,5 ppm NO<sub>2</sub>, timp de 35 zile, duce la căderea completă a frunzelor.

Oxizii azotului produce vătămarea serioasă a vegetației prin albirea sau moartea țesuturilor plantelor, scăderea rezistenței plantelor, precum și prin reducerea vitezei de creștere a acestora.

Asupra animalelor, oxizii de azot au un efect foarte toxic. În urma testelor realizate asupra animalelor, s-a observat o paralizie a sistemului nervos central, la concentrații foarte mari de monoxid de azot.

Concentrațiile mai mari de 100 ppm dioxid de azot sunt mortale pentru majoritatea speciilor de animale. Efectul toxic al dioxidului de azot crește odată cu temperatura. Astfel, la șobolani, creșterea temperaturii cu 10°C, duce la creșterea toxicității cu circa 25%.

Dioxidul de azot este cunoscut ca fiind un gaz foarte toxic atât pentru oameni cât și pentru animale (gradul de toxicitate al dioxidului de azot este de 4 ori mai mare decât cel al monoxidului de azot). Expunerea la concentrații ridicate poate fi fatală, iar la concentrații reduse afectează țesutul pulmonar.

Oxizii azotului afectează căile respiratorii superioare prin iritarea ochilor, nasului, salivatie puternică, producând de la secreții bronșice, dificultăți în respirație până la congestii pulmonare, edem pulmonar acut, fibroză pulmonară, etc.

Efectele toxice ale oxizilor de azot se produc, mai ales, în împrejurări profesionale. Consecințele asupra oamenilor sunt în funcție de concentrația oxizilor de azot. Așadar, la concentrații mai mari de 500 ppm cauzează edemul pulmonar, iar moartea se produce în 48 ore. La concentrații cuprinse între 300 - 400 ppm apare edemul pulmonar, bronhopneumonia, iar după 2 - 10 zile survine moartea. Obturarea bronhiolilor se produce la o concentrație de 150 - 200 ppm, iar după 3-5 săptămâni survine moartea. Când concentrația este de 50 - 100 ppm se produc pneumonii permanente, cu probabilitate de revenire. Bronhopneumonii apar la concentrații cuprinse între 25 — 75 ppm, însă persoana afectată de boală se însănătoșește. Concentrația de 10 — 40 produce enfizem (Cojocaru I., 1995).

Din combinația hidrocarburilor, a radiațiilor ultraviolete și a oxizilor de azot rezultă smogul fotochimic. Acesta atacă ochii prin apariția iritațiilor sau scăderea acuității vizuale, iar ozonul irită mucoasa pulmonară producând o serie de efecte în lanț în organismul uman. Aceste efecte pot să apară atât prin expunerea de scurtă durată la cantități mari cât și prin expunerea de lungă durată la cantități reduse.

### Metode de măsurare

Metoda de referință pentru măsurarea dioxidului de azot și a oxizilor de azot este cea prevăzută în standardul SR EN 14211 - Calitatea aerului înconjurător. Metoda standardizată pentru măsurarea concentrației de dioxid de azot și monoxid de azot prin chemiluminescență.

### Norme

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Oxizi de azot - NO <sub>x</sub>	
Prag de alertă	400 ug/m <sup>3</sup> - măsurat timp de 3 ore consecutive, în puncte reprezentative pentru calitatea aerului pentru o suprafață de cel puțin 100 km <sup>2</sup> sau pentru o întreaga zonă sau aglomerare
Valori limită	200 ug/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> - valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane
Nivel critic	40 ug/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> - valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane

Modelarea emisiilor de dioxid de azot (NO<sub>2</sub>) la nivelul județului Hunedoara în funcție de proveniența acestora

Conform raportului privind calitatea aerului înconjurător pentru anul 2015, nu s-au înregistrat depășiri ale valorii limită orare pentru sănătatea umană la acest indicator – respectiv 200 ug/m<sup>3</sup> și nici media anuală – 40 ug/m<sup>3</sup>.

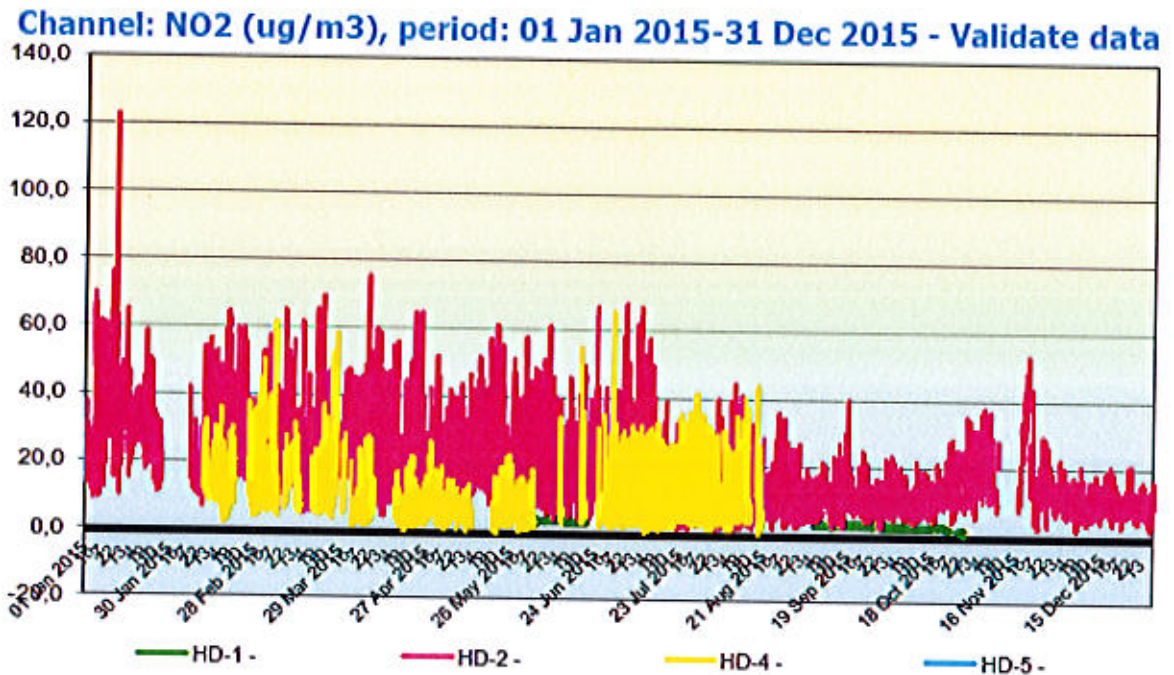


Fig. 48 Variația concentrației dioxidului de azot – medii orare <http://apmhd.anpm.ro/>

Transporturi

Pentru a ne contura o imagine amplă asupra impactului transporturilor asupra aerului prin generarea de emisii de NO<sub>x</sub>, vom face o scurtă prezentare a parcului auto înmatriculat în Hunedoara la care se adugă autovehiculele ce tranzitează județul și transportul feroviar neelectricat.

Conform datelor de la Institutul Național de Statistică – Direcția Județeană de Statistică – Hunedoara, vehiculele rutiere înmatriculate în circulație la sfârșitul anilor 2011 - 2015 este:

Categoriile de vehicule rutiere	Tipuri de proprietate	Macroregiuni, regiuni de dezvoltare și județe	Ani				
			Anul 2011	Anul 2012	Anul 2013	Anul 2014	Anul 2015
			UM: Numar				
			Numar	Numar	Numar	Numar	Numar
Autobuze și microbuze	Total	Hunedoara	1110	1113	1131	1163	1229
Autoturisme	Total	Hunedoara	91099	94258	98718	102890	107904
Mopede și motociclete (inclusiv mototricicluri și cvadricicluri)	Total	Hunedoara	1939	2063	2171	2308	2443
Motociclete	Total	Hunedoara	:	:	:	2226	2363



<b>Autovehicule de marfa</b>	<b>Total</b>	<b>Hunedoara</b>	12199	12856	13541	14206	15164
- Autocamioane	<b>Total</b>	<b>Hunedoara</b>	11563	<b>11663</b>	12395	12984	13689
- Autotractoare	<b>Total</b>	<b>Hunedoara</b>	636	<b>1193</b>	1146	1222	1475
<b>Vehicule rutiere pentru scopuri speciale</b>	<b>Total</b>	<b>Hunedoara</b>	520	581	601	631	666
Tractoare	<b>Total</b>	<b>Hunedoara</b>	1529	1434	1297	1242	1193
Remorci si semiremorci	<b>Total</b>	<b>Hunedoara</b>	5761	6167	6430	6889	7427

Înmatriculări noi de vehicule rutiere (noi) în intervalul 2011-2015:

Categoriile de vehicule	Categoriile de vehicule rutiere pentru transport pasageri	Macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete	Ani				
			Anul 2011	Anul 2012	Anul 2013	Anul 2014	Anul 2015
			UM: Numar				
			Numar	Numar	Numar	Numar	Numar
Vehicule noi	Motorete si motociclete	Hunedoara	35	36	18	30	27
-	Autoturisme	Hunedoara	828	397	384	477	538
-	Autocare, autobuze si microbuze	Hunedoara	5	17	3	10	32

Înmatriculări noi de vehicule importate de ocazie în intervalul 2011-2015:

Categoriile de vehicule	Categoriile de vehicule rutiere pentru transport pasageri	Macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete	Ani				
			Anul 2011	Anul 2012	Anul 2013	Anul 2014	Anul 2015
			UM: Numar				
			Numar	Numar	Numar	Numar	Numar
Vehicule importate de ocazie	Motorete si motociclete	Hunedoara	95	99	117	120	114
-	Autoturisme	Hunedoara	2575	4368	5571	5433	6082
-	Autocare, autobuze si microbuze	Hunedoara	18	23	28	28	40

Lungimea căilor ferate în exploatare, pe categorii de linii de cale ferată:

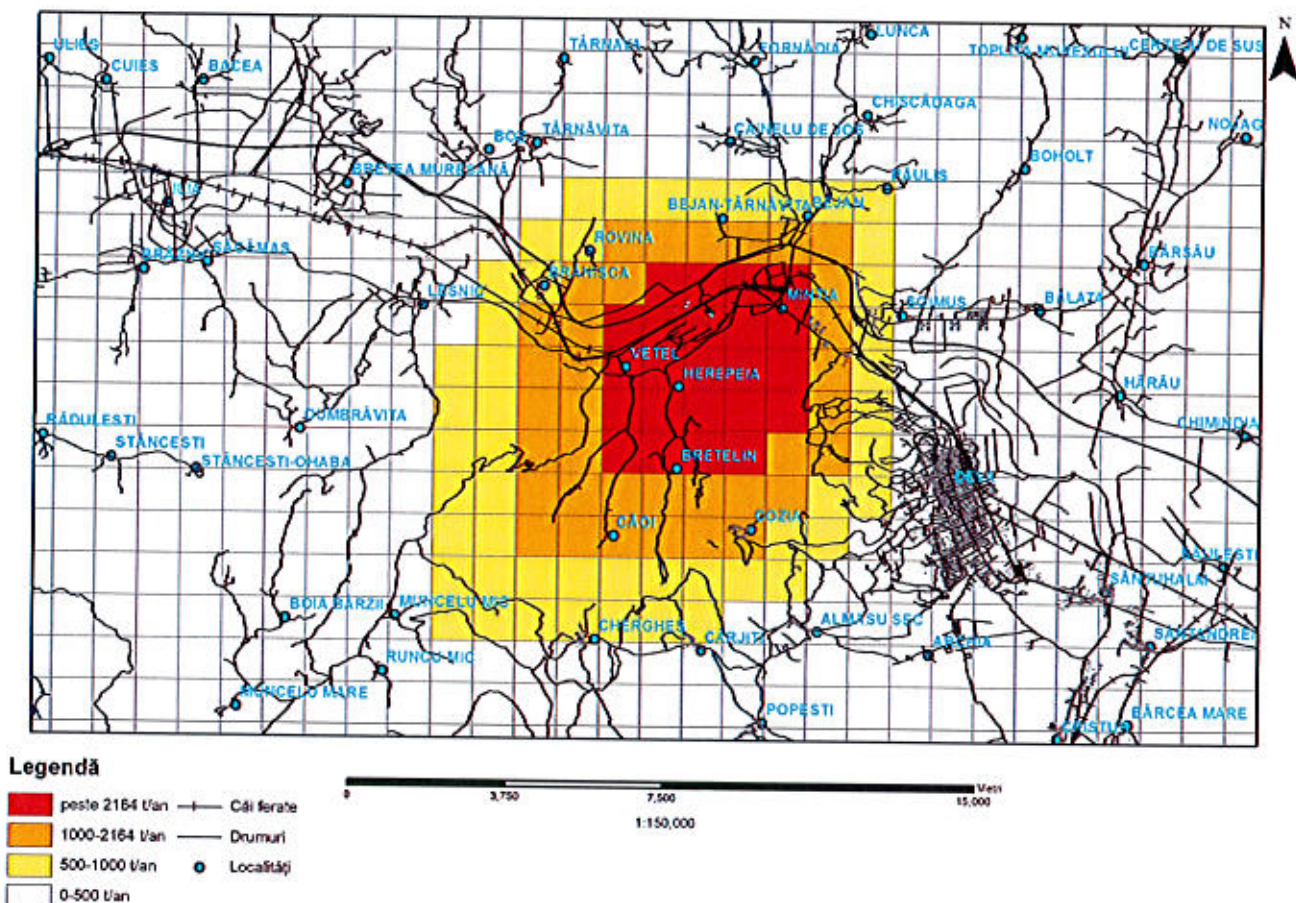
Nr.crt.	Tip	Anul 2015
1.	Electrificată	220
2.	Neelectrificată	69
3.	Înguste	0

Combustie (producere energie, industrie)

Arderile din industria energetică reprezintă principala sursă de emisii de NO<sub>x</sub>, respectiv 68,44% din totalul emisiilor de oxizi de azot aferente sectorului de activitate energie. Alte sectoare importante generatoare de emisii

de NO<sub>x</sub> sunt: arderi în industria de fabricare și construcții, transportul rutier, arderile în surse staționare de mică putere sau în surse mobile nerutiere și alte motoare staționare, precum și procesele industriale.

La nivelul județului Hunedoara, cea mai mare sursă de emisii de NO<sub>x</sub> provine de la SOCIETATEA COMPLEXUL ENERGETIC HUNEDOARA S.A. formată din: Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroșeni. Conform Deciziei Comisiei Europene din 20.03.2015 pentru Sucursala Electrocentrale Deva nr. 2 și nr.3 s-a oferit un termen de tranziție până în 30 iunie 2020 privind reducerea treptată a emisiilor de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> și pulberi.



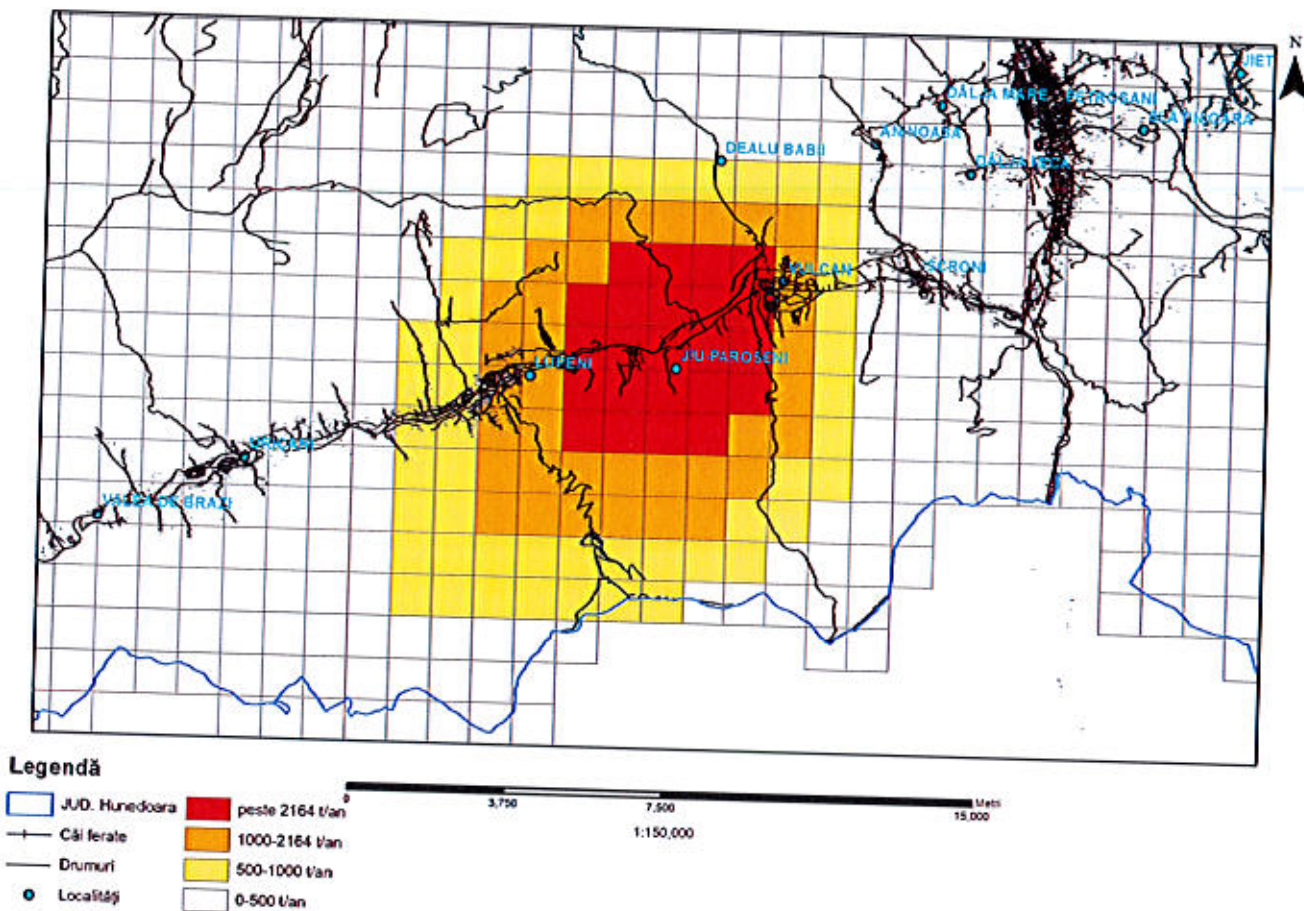


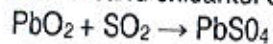
Fig. 49 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de NO<sub>x</sub> provenite din procese industriale de producție a energiei electrice și termică: Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroseni.

### 3.1.4. Dioxid de sulf (SO<sub>2</sub>)

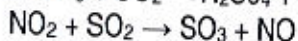
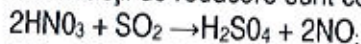
Dioxidul de sulf (SO<sub>2</sub>) este un gaz incolor, neinflamabil, cu densitatea de 2,27, are un miros înecăcios. Acesta este generat de reacția sulfurii cu oxigenul ( $S + O_2 \rightarrow SO_2$ ). Nu arde și nu întreține arderea. Gazul este toxic, se dizolvă bine în apă, formând acizi sulfurași. Dioxidul de sulf este anhidrida acidului sulfuric H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.

În funcție de anumiți factori (concentrație, timp de remanență în atmosferă, radiație, umiditate, temperatură, etc.) dioxidul de sulf se poate oxida la trioxid de sulf. Această reacție este grăbită de anumiți catalizatori: săruri de fier, de mangan și de aluminiu.

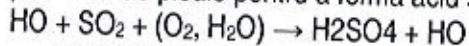
Proprietățile reducătoare ale dioxidului de sulf duc la transformarea acestuia sub acțiunea diversilor poluanți. Atunci când oxidantul este un oxid metalic se formează sulfatul metalului respectiv (Surpățeanu Mioara, 2004).



Alte reacții de reducere sunt cele dintre dioxidul de sulf și acidul azotic sau dioxidul de azot.



SO<sub>2</sub> este un precursor al unui acid, care este sursa ploii acide, produsă de dioxidul de sulf combinat cu picăturile de ploaie pentru a forma acid sulfuric (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).



De asemenea SO<sub>2</sub> este un precursor al particulelor de sulfat care afectează bilanțul radiativ al atmosferei și poate genera o răcire globală.

Scăderea emisiilor de dioxid de sulf este posibilă prin instalarea de scrubere (instalație de epurare a gazelor) în zona de colectare a emisiilor. Această instalație este alcătuită dintr-un recipient, unde emisia (gazul) intră în

legătură cu o substanță chimică (ex. lapte de var) și se modifică în sulfat solid. Gazul purificat este evacuat în atmosferă, iar partea solidă și lichidă este evacuată și ea după recuperarea sulfatului.

Monitorizarea acestui gaz trebuie corelată cu faptul că există o concentrație maximă admisă în România, pentru valorile medii zilnice de 0,250 mg/m<sup>3</sup>/24 ore, iar la 30 minute să nu depășească normele admise, 0,75 mg/m<sup>3</sup> (750 μ/m<sup>3</sup>).

Distribuția dioxidului de sulf depinde de mai mulți factori, printre care amintim: varietatea formelor de relief, vreme, alcătuirea interfeței litologice, proporția suprafețelor cu apă, tipul de vegetație, cantitatea și tip de emisie.

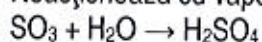
S-a constatat că aproape jumătate din dioxidul de sulf conținut în particule se depune în circa patru zile pe suprafața terestră după penetrarea aeriană. Cealaltă parte intră în reacție cu apa din aer, contribuind la apariția ploilor acide și care, prin procesul de spălare, se depozitează pe sol în proporție de 8,5%, iar restul, de circa 40%, rămâne sub formă uscată și devine cea mai periculoasă emisie, deoarece reprezintă un potențial de expunere cu risc ecologic.

În cursul unui an variația emisiilor/imisiilor gazoase de dioxid de sulf pune în evidență faptul că valorile mai mari aparțin lunilor reci (noiembrie - martie), când se intensifică activitatea centralei termice și a altor surse de încălzire, precum și cea dată de traficul rutier din lunile de vară.

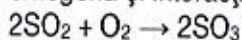
### Trioxidul de sulf

Trioxidul de sulf este anhidrida acidului sulfuric, având formula chimică SO<sub>3</sub>. Apare sub forma unor cristale aciculare, incolor, foarte higroscopice, având o reacție violentă cu apa. Trioxidul de sulf inspirat are o acțiune iritantă, pentru că în legătură cu mucoasa respiratorie se formează acidul sulfuric, care poate cauza edem pulmonar. Are temperatura de fierbere la 44,8°C, se solidifică la temperatura de 16,8°C, formând o masă albă cristalină, înregistrează punctul de topire la 62,2°C.

Reacționează cu vaporii de apă din atmosferă și duce la formarea ceții acide:



În atmosferă acest gaz provine din oxidarea dioxidului de sulf, prin reacții omogene (în faza gazoasă), cataliză omogenă și interacții eterogene gaz - solid și gaz - lichid.



Temperatura scăzută favorizează asocierea moleculelor de trioxid de sulf. Acest gaz poate produce arsuri, iar în combinație cu vaporii de apă formează acidul sulfuric.

Analiza trioxidului de sulf se face numai la emisie din cauză că prezența sa, în formă liberă, în aerul atmosferic nu a fost dovedită.

### Surse de poluare cu oxizi de sulf

Poluarea cu oxizi de sulf se datorează în principal:

- proceselor de combustie a materialelor ce conțin sulf;
- proceselor naturale.

Distribuția poluantului funcție de principalele surse de emisie:

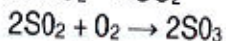
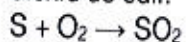
Poluant	Pondere (%)	Surse de emisie
SO <sub>2</sub>	71	Combustie (producere energie, industrie, rafinare petrol).
	14	Transporturi
	13	Surse rezidențiale și terțiare
	2	Alte surse

Emisiile de dioxid de sulf sunt datorate în principal proceselor de ardere a combustibililor fosili.

Industria metalurgică, rafinările de petrol, fabricile de acid sulfuric și procesele de cocsificare a cărbunilor sunt cele mai importante surse de poluare.

Centralele electrice pe cărbune dețin o pondere mare în poluarea locală cu aceste gaze, urmate de sursele mobile, respectiv, transporturi.

Sulfurile sunt prezente în mulți combustibili (cărbune, țiței) iar arderea acestora cauzează oxidarea sulfului în dioxid de sulf:



Folosirea  $SO_2$  (prin arderea sulfului) ca dezinfectant al butoaielor și spălarea lor neîngrijită face ca unele vinuri să conțină  $H_2SO_3$ ; uneori vinurile sînt decolorate cu  $SO_2$ .

$SO_2$  se mai utilizează ca agent frigorific, ca decolorant și dezinfectant. Lucrătorii din aceste domenii sînt supuși unui spectru larg de acțiuni, simple iritații ale mucoaselor până la efecte genetice.

$SO_2$ ,  $H_2SO_3$  și sulfiții, întrebuițați la conservarea unor produse alimentare, pot provoca intoxicații și chiar otrăviri.

Mirosul de  $SO_2$  se simte în aer începînd de la 2 - 5  $mg/m^3$ , în funcție de sensibilitatea persoanei, de la 6 - 13  $g/m^3$  începe iritarea căilor respiratorii, 20  $mg/m^3$  încep să se producă intoxicații, iar de la 1  $g/m^3$  efectele sînt mortale.

O atmosferă bogată în  $SO_2$  a făcut ca pH-ul apei de ploaie să scadă continuu. S-a constatat că 70 % din aciditate este dată de acidul sulfuric și 30 % de azotic (1986).

$H_2SO_4$  este foarte higroscopic formează o ceață deosebit de toxică.

Trioxidul de sulf  $SO_3$  (anhidrida sulfurică) provine în special de la centralele electrice pe cărbuni. O altă sursă o reprezintă instalațiile chimice de fabricare a acidului sulfuric.

Nivelul de formare, mai ales a trioxidului de sulf, este în funcție de instalația de combustie.

Concentrația de trioxid de sulf este iară însemnătate în instalațiile de combustie mici, până și în cazul în care se ard combustibili cu un conținut ridicat de sulf. Concentrația  $SO_3$  se ridică simultan cu creșterea instalației și a temperaturii de ardere.

Sursele naturale de emisie a oxizilor de sulf sînt erupțiile vulcanice, bacteriile, plantele, etc.

### Actiunea asupra sănătății

Dioxidul de sulf este apreciat astăzi ca fiind cea mai dăunătoare substanță chimică din aer. Cea mai însemnată influență o are asupra plantelor și mai puțin asupra oamenilor și animalelor.

Dioxidul de sulf în concentrație mare duce la probleme respiratorii severe. Asupra organismului uman, efectele acestor gaze, apar la concentrații de circa 20  $ug/m^3$ .

Prin acțiunea iritantă la nivelul căilor respiratorii superioare, se favorizează greșirea unor germeni fie din aer, fie din organismul uman. Aceste iritații, în prima fază, produc salivație puternică, tuse cu expectorații spasme, dificultăți în respirație, iar în cea de-a doua rinite, faringite, laringite, traheile sau bronșite care se pot croniciza pe fondul unui mediu încărcat cu aceste gaze aparent inofensive.

Morbiditatea crescută a bolilor respiratorii poate fi provocată de oxizii sulfului în mediile poluate. În condițiile în care concentrațiile sînt mari, acestea duc la o creștere a frecvenței bolilor cardiovasculare prin producerea sulfhemoglobinei, sau modificarea spectrului proteinelor sanguinice, creșterea globulinelor, scăderea eritrocitelor, leucocitelor, inhibarea proceselor oxidative la nivelul creierului și ficatului.

Efectul toxic al trioxidului de sulf este mai puternic decît al dioxidului de sulf, la aceeași concentrație, însă concentrația  $SO_3$  este mai mică în atmosfera zonelor urbane.

Influența dioxidului de sulf, asupra plantelor, se manifestă diferit, în funcție de concentrația și durata de manifestare a poluantului. Dacă acțiunea pe care o exercită pot să apară pete brune pe frunze sau unele leziuni locale, atunci cînd concentrația este redusă. În general, frunzele, odată atacate, cad. Dacă efectul este masiv provocă distrugerea țesuturilor.

În contact cu sângele,  $SO_2$  formează sulfhemoglobina, care împiedică circuitul normal al oxigenului în organism, dînd o colorație roșu brun sîngelui.

Și mușchii sunt foarte sensibili la acțiunea SO<sub>2</sub>, deoarece absorb multă ceea ce pot fi folosiți ca bioindicatori ai poluării cu SO<sub>2</sub>. Cercetările au evidențiat o excelentă corelație între intensitatea poluării cu SO<sub>2</sub> și diminuarea diversității populațiilor de licheni. Nici un lichen nu rezistă la o concentrație medie anuală în SO<sub>2</sub> superioară lui 35 V.p.b. Aceasta explică raritatea lor în zonele urbane poluate în regiunile unde concentrația de SO<sub>2</sub> a fost superioară lui 27 V.p.b.

### Metode de măsurare

Metoda de referință pentru măsurarea dioxidului de sulf este cea prevăzută în standardul SR EN 14212 - Calitatea aerului înconjurător. Metoda standardizată pentru măsurarea concentrației de dioxid de sulf prin fluorescența în ultraviolet.

### Norme

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Dioxidul de sulf - SO <sub>2</sub>	
Prag de alertă	500 ug/m <sup>3</sup> - măsurat timp de 3 ore consecutiv, în puncte reprezentative pentru calitatea aerului pentru o suprafață de cel puțin 100 km <sup>2</sup> sau pentru o întreagă zonă sau aglomerare.
Valori limita	350 ug/m <sup>3</sup> - valoarea limită orară pentru protecția sănătății umane
Nivel critic	125 ug/m <sup>3</sup> - valoarea limită zilnică pentru protecția sănătății umane

### Modelarea emisiilor de dioxid de sulf (SO<sub>2</sub>) la nivelul județului Hunedoara în funcție de proveniența acestora

Conform raportului privind calitatea aerului înconjurător pentru anul 2015, nu s-au înregistrat depășiri ale valorii limită orare pentru sănătatea umană la acest indicator – respectiv 350 μg/m<sup>3</sup> și nici valorile limită pentru 24 de ore – 125 μg/m<sup>3</sup>.

**Channel: SO2 (ug/m3), period: 01 Jan 2015-31 Dec 2015 - Validate data**

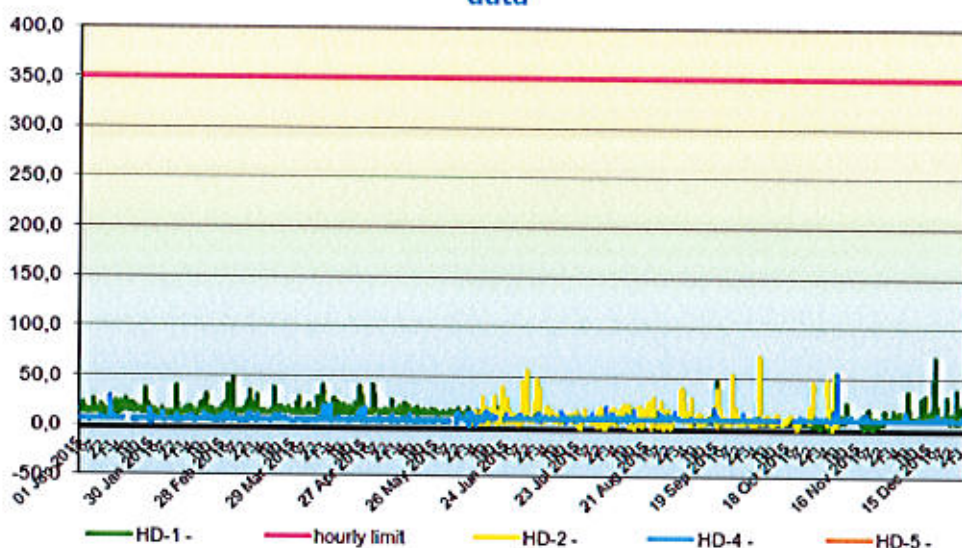
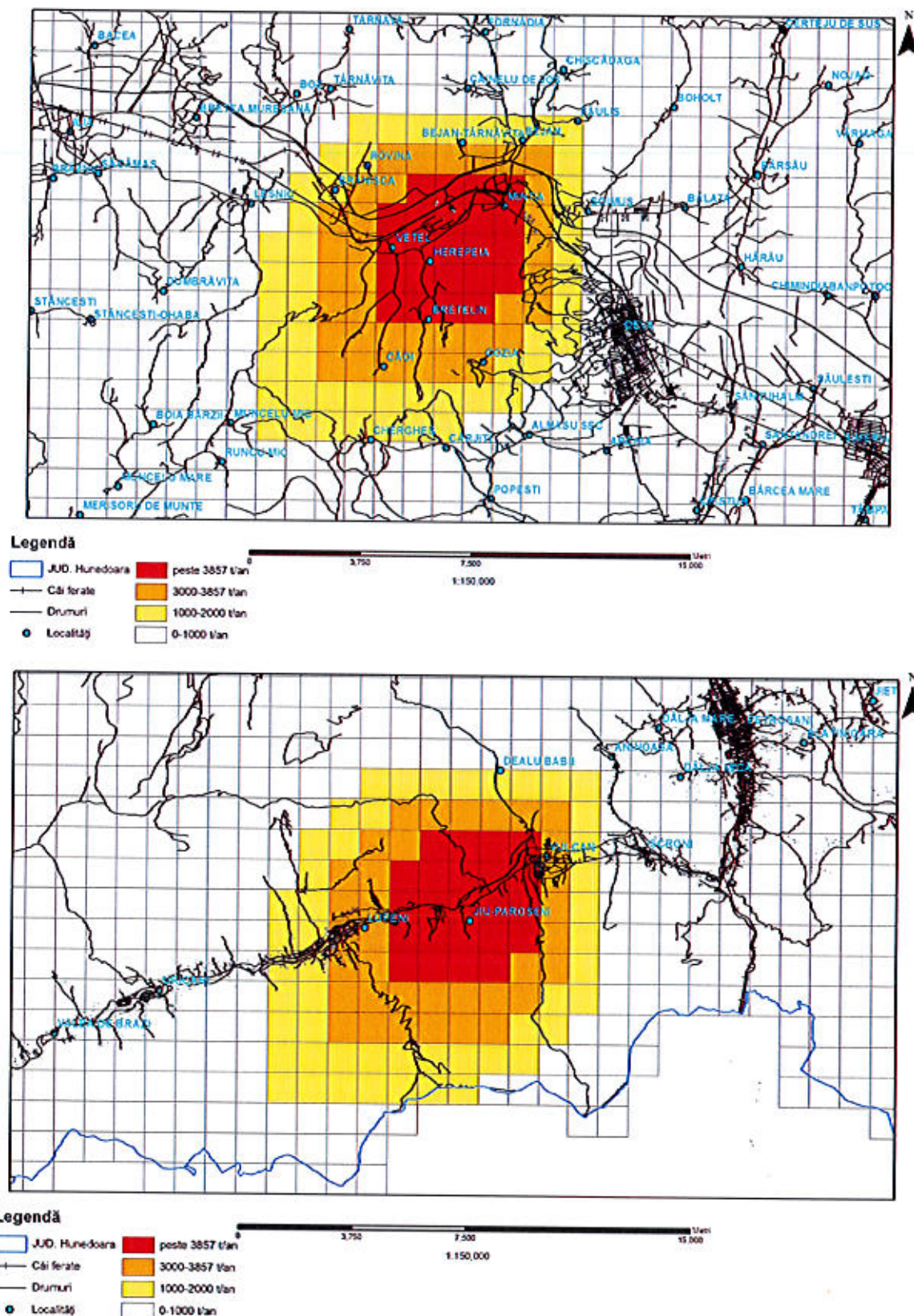


Fig. 50 Variația concentrației dioxidului de sulf – medii orare <http://apmhd.anpm.ro/>



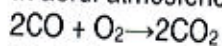
**Fig. 51 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de SO<sub>2</sub> provenite din procese industriale de producție a energiei electrice și termică: Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroseni.**

### 3.1.5. Monoxid de carbon (CO)

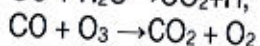
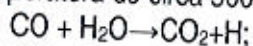
Monoxidul de carbon este un poluant major al aerului urban, emisiile totale ale acestui poluant depășesc suma emisiilor tuturor celorlalți poluanți. Arde ușor cu o flacără albastră dar nu întreține arderea. Puțin solubil în apă, este inodor, insipid, incolor, extrem de nociv (omoară fără dureri), are o densitate mai mică decât a aerului (0.96).

Concentrația lui în diferite zone se datorează faptului că difuzează ușor în atmosferă.

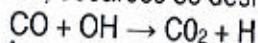
În aerul atmosferic poate intra în reacție cu oxigenul, cu vaporii de apă, cu ozonul, cu radicalul hidroxil, etc.



La o temperatură obișnuită viteza acestei reacții este fără importanță, ajunge să fie însemnată la o temperatură de circa 500°C iar la temperaturi de peste 1000°C monoxidul de carbon arde.



Această reacție este mai puțin răspunzătoare pentru transformarea monoxidului de carbon în dioxid de carbon, deoarece se desfășoară încet la temperatura și concentrațiile obișnuite din atmosferă.



În acest fel monoxidul de carbon se transformă în dioxid de carbon prin intermediul radicalilor OH. Se apreciază că o concentrație a radicalilor hidroxil, în atmosferă, de  $10^{-9}$  –  $10^{-8}$  ppm ar putea transforma întreaga cantitate de CO în CO<sub>2</sub>.

Concentrațiile maxime admise pentru monitorizări de lungă durată, 24 ore, sunt de 2 mg/m<sup>3</sup> iar pentru monitorizări de scurtă durată, 30 minute, sunt de 6 mg/m<sup>3</sup>.

#### Surse de poluare

Principalele surse generatoare de monoxid de carbon sunt:

- procesele de combustie în surse staționare;
- procesele de combustie în motoarele cu ardere internă;
- diverse procese industriale;
- diferite procese de ardere;

Centralele electrice pe cărbune, păcură și gaze reprezintă principalele surse staționare de poluare cu monoxid de carbon. Acesta înregistrează concentrații diferite în funcție de raportul dintre aer și combustibil. Concentrații mari de monoxid de carbon se înregistrează atunci când raportul dintre aer și combustibil este mic.

Poluant	Pondere (%)	Surse de emisie
CO	33	Combustie (producere energie, industrie, rafinare petrol).
	36	Transporturi
	31	Surse rezidențiale și terțiare

Cantitatea emisă este în funcție de:

- nivelul de deteriorare a motorului;
- viteza de deplasare;
- combustibilul întrebuintat.

Din cauza arderilor mai complete, precum și a etanșeității mai bune, autoturismele noi emit prin țeava de eșapament o cantitate mai mică de CO.

Cu cât viteza de deplasare este mai mică, sub 35 km/h, cu atât emisia de CO înregistrează concentrații mai mari.

Cantitatea emisă de CO variază și în funcție de combustibilul întrebuintat. Astfel, motoarele cu benzină emit o cantitate mai mare de CO decât motoarele diesel.

Principalii poluanți evacuați de autoturismele pe benzină, la diferite regimuri de funcționare sunt prezentați în tabelul (în ppm) (după Cojocaru I., 1995):



Modul deplasării / poluant	Ralanti	Croazieră	Accelerare	Frânare
Oxizi de carbon	64000	24000	24000	45000
Oxizi de azot	0	400	1700	0
Hidrocarburi	1400	620	810	5700

Printre cele mai importante surse industriale de poluare cu monoxid de carbon se situează: industria petrochimică, industria fierului, industria oțelului, industria celulozei și a hârtiei.

În afara surselor amintite, cantități însemnate de monoxid de carbon : rezultă din diverse surse naturale: erupții vulcanice, descărcări electrice, procese biologice, diverse procese de ardere (incendii de păduri, arderea deșeurilor menajere).

Pe parcursul anului cele mai mari concentrații se produc în anotimpul rece fiind cauzate de intensificarea proceselor de ardere (în urma încălzirii), de umiditatea ridicată a aerului, de lipsa covorului vegetal care asigură echilibrarea raportului  $O_2/CO$ . Concentrațiile mari ale CO pot fi înregistrate și în timpul verii datorită lipsei spațiilor verzi.

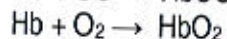
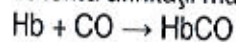
Cele mai mari concentrații se produc de-a lungul principalelor străzi cu un trafic intens, concentrații mari se produc și între clădirile înalte, cu unghiuri de închidere a circulației aerului și care favorizează evacuarea noxelor numai pe anumite direcții. Astfel, valorile maxime apar dimineața și după amiază în perioadele de vârf ale circulației auto, iar cele mai reduse concentrații de CO apar în timpul nopții.

#### Acțiunea asupra sănătății

Monoxidul de carbon este un poluant asfixiant, o concentrație mai mare de 0,1% în aer începe să fie dăunătoare, după o perioadă mai mare, iar o concentrație de 1% este mortală, după câteva minute. O concentrație mortală de monoxid de carbon se poate acumula într-un garaj închis atunci când motorul unui automobil funcționează circa 10 minute.

În mod obișnuit hemoglobina din sânge asigură transportul oxigenului de la plămâni la celule și a dioxidului de carbon de la celule la plămâni.

CO pătrunde în sânge, reacționează cu hemoglobina (Hb) pentru a forma carboxihemoglobina (HbCO), datorită afinității mai mari a monoxidului de carbon pentru hemoglobină decât pentru oxigen.



HbCO blochează funcția globulelor roșii de a transporta  $O_2$  la organe, provocând astfel asfixia.

Concentrația normală de HbCO din sânge este de 0,5%, o parte rezultă din CO produs în corp în urma proceselor metabolice, în timp ce diferența este preluată din aerul atmosferic (Cojocaru I., 1995).

Fumătorii au o concentrație de HbCO de aproximativ 5%, putând ajunge la 15% în timpul fumatului.

Primele semne ale intoxicației cu CO sunt: cefaleea, oboseala, amețeala, greața, insomnia, anorexia. În timp, monoxidul de carbon, poate produce ateroscleroză, tulburări ale memoriei, vederii, atenției etc.

Monoxidul de carbon se poate forma ocazional și la anumite locuri de muncă:

- sudura metalelor prin procedeul oxiacetilenic,
- explozia amestecului de gaze, din minele insuficient ventilate, amestec numit "gazul grizu",
- descompunerea la cald a multor substanțe organice, ca atare, sau în prezență de  $H_2SO_4$  sau încălzite într-un spațiu limitat,
- arderea incompletă a oricărei varietăți de combustibil. în sobe cu funcționare defectuoasă, în timpul incendiilor;

### Metode de măsurare

Metoda de referință pentru măsurarea monoxidului de carbon este cea prevăzută în standardul SR EN 14626 - Calitatea aerului înconjurător. Metoda standardizată pentru măsurarea concentrației de monoxid de carbon prin spectroscopie în infraroșu nedispersiv.

### Norme

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Monoxid de carbon CO	
Valori limita	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valoarea limită pentru protecția sănătății umane (valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore)

### Modelarea emisiilor de monoxid de carbon la nivelul județului Hunedoara în funcție de proveniența acestora

Conform raportului privind calitatea aerului înconjurător pentru anul 2015, nu s-au înregistrat depășiri ale valorii limită zilnice pentru sănătatea umană la acest indicator – respectiv  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

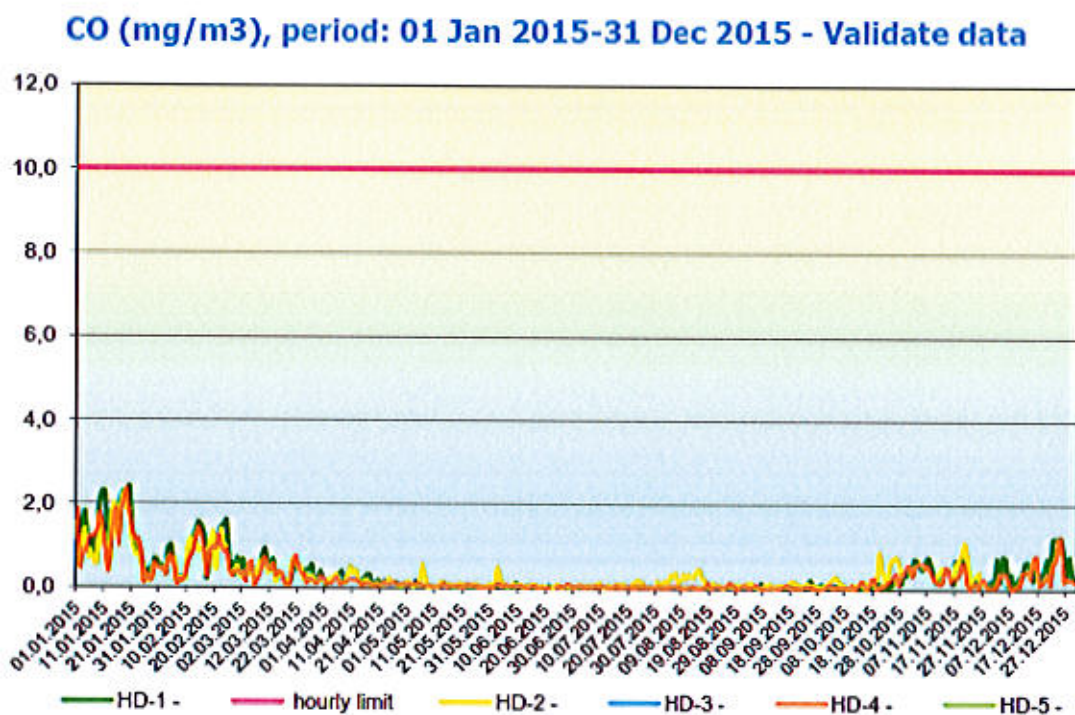


Fig. 52 Variația concentrației de monoxid de carbon – maxime zilnice a mediilor pe 8h <http://apmhd.anpm.ro/>

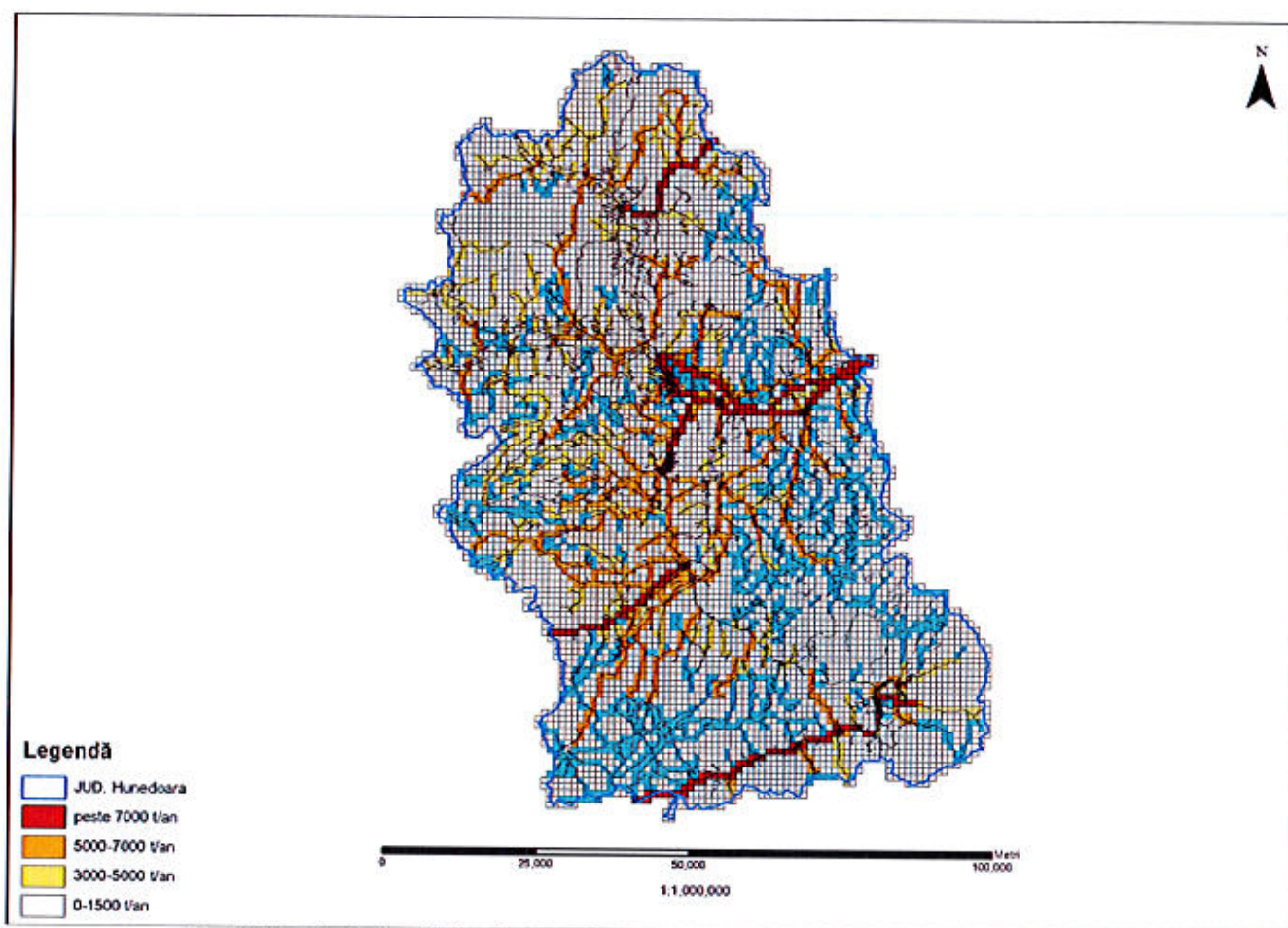


Fig. 53 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de CO provenite din transporturi.

### 3.1.6. Benzen ( $C_6H_6$ )

În categoria poluanților chimici organici sunt cuprinse: hidrocarburile (metanul, benzenul, toluenul, xilenii, benzina) și derivații lor (aldehide, alcoolul etilic, fenolul, tricloretilenă, tetracloretilenă).

Hidrocarburile conțin în moleculă atomi de hidrogen și carbon, pe când derivații lor au în compoziție și alți atomi de halogen, azot, sulf, fosfor sau magneziu, sodiu, fier, zinc etc.

Hidrocarburile prezente în atmosferă provin din:

- instalațiile de extracție, prelucrare și rafinare a petrolului;
- depozitele de carburanți;
- unități chimice;
- arderile industriale;
- descompunerile biologice aerobe;
- emanațiile mlaștinilor.

În ceea ce privește benzenul:

- 90% din cantitatea de benzen în aerul ambiental provine din traficul rutier.
- 10% provine din evaporarea combustibilului la stocarea și distribuția acestuia.

Pe lângă gazele de ardere, din cauza combustiei tuturor combustibililor, se obțin și hidrocarburi nesaturate (care se polimerizează) și hidrocarburi policiclice aromatice (PAH). Acestea se acumulează în gudroane și funingine.

Hidrocarburile policiclice aromate (PAH) sunt produse chimice, care se găsesc în stare gazoasă sau sub formă de particule. Proprietățile lor sunt în concordanță cu totalul ciclurilor condensate, fiind alcătuite din două sau mai multe cicluri benzenice condensate.

Există diverse clasificări însă se apreciază că următorii 16 compuși sunt considerați poluanți prioritari: naftalina, acenaftena, acenaftilena, antracen, fluoren, fenantren, fluoranten, piren, benzo[a]antracen, crizen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]piren, dibenzo[ah]antracen, indeno[1,2,3-cd]piren, benzo[ghi]perilen.

Hidrocarburile policiclice aromate se formează prin arderea incompletă a materiilor organice din diverse ramuri industriale și constituie o serioasă amenințare a mediului înconjurător. Ating concentrații remarcabile în stațiile de preparare a gudroanelor asfaltice sau rafinăriile petroliere și chiar în mijloacele de locomotie cu combustie internă.

Printre cele mai toxice hidrocarburi, cu acțiune cancerigenă, se numără: benzo[a]piren, benzo[a]antracen, dibenzo[ah]antracen.

În aerul atmosferic din centrele urbane concentrația PAH este de 0,006 ppm.

### Metanul

Metanul ( $\text{CH}_4$ ) este o hidrocarbură saturată, componentul principal al gazelor naturale. În troposferă, înregistrează o concentrație medie de 1,4 ppm, descrește odată cu altitudinea, ajungând la valori de circa 0,25 ppm la înălțimea de 50 km.

Rezultă atât din surse naturale cât și antropogene. Pe cale naturală metanul este produs prin fermentarea resturilor vegetale sau animale mai ales pe fundul bălților. În mediul marin sursa majoră o reprezintă sedimentele.

Metanul poate fi produs și în timpul procesului de creștere a plantei de orez.

Principalele surse antropogene sunt: pierderea metanului din zăcăminte, gazele din procesele de ardere, fermentația la animalele domestice. Conținutul de metan rezultat din arderea combustibilului fosil reprezintă circa 20% din cantitatea totală care există în atmosferă.

Metanul este un gaz incolor, inodor, mai ușor decât aerul. Este foarte puțin solubil în apă (sub 1%), dar solubil în alcool și eter. Arde cu flacără puțin luminoasă, cu degajare mare de căldură.

Acesta are o comportare deosebită față de celelalte hidrocarburi, datorită faptului că legătura covalentă existentă în moleculă este foarte stabilă, iar acest fapt influențează comportamentul său chimic. Prin arderea completă a metanului cu cantități insuficiente de aer, în instalații speciale, se obține „negrul de fum” o sursă importantă pentru sintezele chimice (în special cele pentru fabricarea cauciucului).

Cea mai mare parte a metanului atmosferic participă la diverse reacții chimice. Prin arderea completă a metanului se obține dioxid de carbon, apă și o cantitate mare de căldură.

Prin arderea incompletă a metanului se obține negrul de fum care se utilizează în industria cauciucurilor, la obținerea lacurilor și a emailurilor negre, a cernelurilor tipografice, la obținerea grafitului de mare puritate.

### Aldehidele

Aldehidele sunt compuși toxici și iritanți, eliminați în natură de rafinăriile de petrol, combustia motoarelor autovehiculelor, de arderea gunoaielor menajere.

Aldehidele poluează aerul aceluiași regiuni ca și hidrocarburile, prin căror oxidare iau naștere.

Aerul din marile centre urbane, cu artere de trafic intens circulate, conține în medie  $1 \text{ mg/m}^3$  echivalent în formaldehidă.

Cea mai simplă aldehydă este formaldehida, formată prin oxidarea metanului. Denumirea de aldehydă este dată de combinarea cuvintelor alcool dehidrogenat.

Aldehydă formică (formaldehida) este un bun dezinfectant și conservant. Folosită ca dezinfectant, sub formă de soluție apoasă 35 — 40%, pentru a menține și a împiedica sau întârzia putrefacția cadavrelor. Se evaporă ușor, din această cauză personalul care lucrează cu aceste substanțe sunt expuși la intoxicații, cu efecte paralizante asupra sistemului nervos central. Intră în reacție cu grupările  $\text{NH}_2$  din proteine, pe care le încheagă, ducând la oprirea circulației sanguine, formând cangrene.

Aldehidele sunt substanțe organice care conțin grupări carbonil îndeplinind funcțiuni aldehydice. Se exprimă chimic sub forma de  $\text{R-CHO}$ . Aldehidele formate din hidrocarburi poartă denumirea acidului pe care acestea îl

formează prin oxidare (aldehida formică sau formaldehida, aldehida acetică sau acetaldehida, etc.), iar monoglucidele aldehydice se numesc aldoze.

Multe aldehide sunt volatile, intrând în compoziția uleiurilor eterice, unele aldehide sunt toxice pentru om, așa cum este acroleina (aldehida jalică).

Aldehidele cu un număr mic de atomi de carbon (până la 5) sunt Substanțe solubile în apă. Cu excepția aldehidei formice care este un gaz, aldehidele hidrocarbonate sunt lichide. Aldozele sunt substanțe solide și cristaline.

Din punct de vedere chimic, aldehidele sunt substanțe foarte reactive, dând reacții de adiție, substituție, condensare, polimerizare, oxidare, reducere, etc.

Din punct de vedere chimic, aldehidele se clasifică după mai multe criterii.

- După natura radicalului (R):
  - aldehide al căror radical este o hidrocarbură (conține doar C și H);
  - aldehide al căror radicali conțin C, H și O (aldoze).
- După tipul catenei radicalului:
  - radicali ai aldehidelor cu catenă liniară;
    - saturată (aldehida glicerică);
    - nesaturată (aldehida acrilică);
  - radicali ciclici sau aromatici (aldehida benzoică).

### Fenolii

Se găsesc atât în stare naturală în masa vegetală cât și în stare artificială.

Fenolul este un compus organic derivat din benzen la care s-a substituit o grupare hidroxilică, de aceea are un caracter ușor acid. El are punctul de topire de circa 41°C și punctul de fierbere de 182°C. La temperatura camerei apare sub formă de cristale incolore care prin oxidare sau impurități pot avea o culoare roz până la roșu brun.

Fenolul are formula moleculară  $C_6H_5OH$ , este o substanță solidă și are un miros pătrunzător și neplăcut. Puțin solubil în apă, dar solubil în alcool și eter, este întrebuințat la fabricarea maselor plastice, a coloranților și în medicină.

Fenolii se găsesc în cantitate mare în gudroanele cărbunilor de pământ, din care se separă prin distilare, sau se pot obține prin sinteză.

### Acțiunea asupra sănătății

Fenolul este un toxic protoplasmatic, care pătrunde în interiorul celulei, prin solubilizarea lipidelor. Acționează asupra sistemului nervos central cauzând scăderea temperaturii organismului sub limitele normale și paralizia centrului vasomotor.

La contactul cu pielea exercită o acțiune caustică, producând leziuni grave, albicioase și dureroase. Gravitatea leziunilor este în funcție de concentrația soluției, timpul de contact și dimensiunea zonei de expunere. Soluțiile diluate provoacă dermatite severe, mai ales la contact repetat.

Pătrunderea accidentală în ochi a fenolului, sau a soluțiilor concentrate, provoacă o iritație severă, care poate duce la distrugerea corneei.

Inhalarea sub formă de vapori, în doze mici și de lungă durată, duce la iritarea căilor respiratorii și determină scleroza vaselor sanguine.

În caz de ingestie, produce efecte caustice asupra sistemului digestiv, tulburări neurologice, cardiovasculare, renale, hepatice. O doză de 10 g fenol este letală pentru om.

S-au adevărit ca fiind cancerigene; se concentrează pe gudroane și funingine.

Benzenul și omologii săi (toluen, xilen, trimetil benzen) produc intoxicații benzenism. Intoxicațiile se pot constata la locurile de muncă, unde sunt utilizați ca: dizolvanți ai cauciucului, în industria adezivilor, vopselelor, a obiectelor de încălziminte și îmbrăcăminte impermeabilă, în sinteza coloranților.

Acțiunea toxicologică se manifestă asupra măduvei osoase, cu modificări în formula sanguină.

Hidrocarburile policiclice aromatice (H.P.A.) sunt cele mai toxice hidrocarburi. Cel mai toxic dintre ele este 3, 4-benzpirenul și alături de el: enzantracen, dibenzantracen, benzofenantren, benzopiren etc. în atmosfera urbană concentrația de H.P.A. este de 0,006 p.p.m.

Hidrocarburile aromatice polinucleare sunt frecvent adsorbite pe praful atmosferic. Pot difuza prin piele în organism, să combină cu proteinele, desfăcându-le funcția disulfură, legându-se de ea prin legături mai tari decât cele inițiale din proteină.

S-a stabilit statistic că cel puțin 150 000 de oameni mor anual de cancer pulmonar sau epitelial, produs de H.P.A.

#### Metode de măsurare

Metoda de referință pentru măsurarea benzenului este cea prevăzută în standardul SR EN 14662 - Calitatea aerului înconjurător. Metoda standardizată pentru măsurarea concentrației de benzen - părțile 1, 2 și 3.

#### Norme:

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Benzen - C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	
Valori limită	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane

#### Modelarea emisiilor de Benzen - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> la nivelul județului Hunedoara în funcție de proveniența acestora

Conform raportului preliminar privind calitatea aerului înconjurător pentru anul 2015, analizoarele nu au funcționat din motive tehnice pentru acest compus. Date suficiente colectate pentru acest compus au fost în anii 2008 – 2009, ani în care nu s-au înregistrat depășiri ale valorii limită admisă conform Legii 104/2011 de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (perioada de mediere de un an).

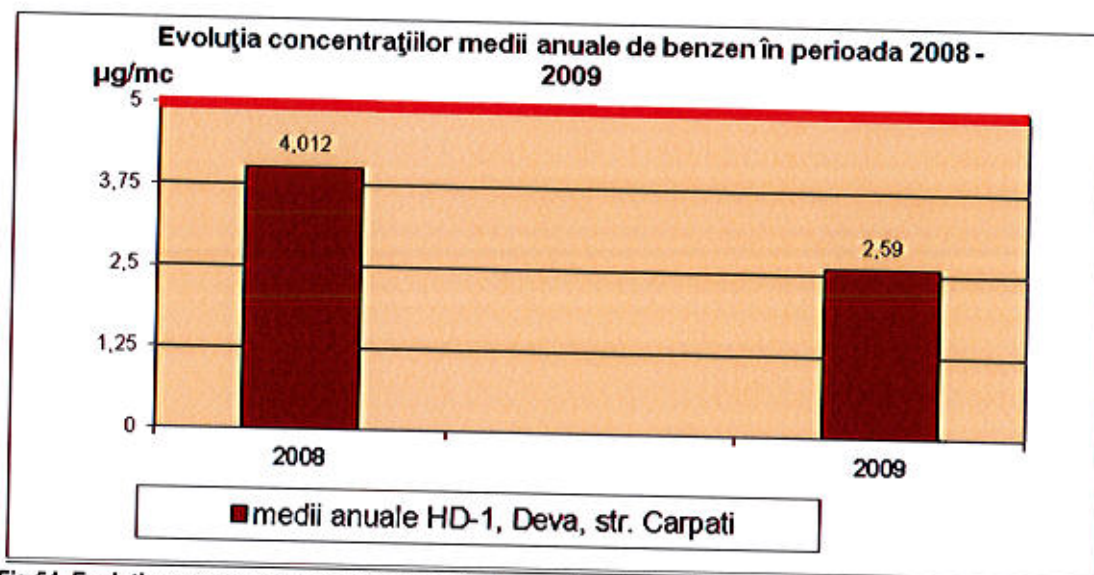


Fig.54. Evoluția concentrațiilor medii anuale de benzen înregistrate la stațiile automate de monitorizare a calității aerului, în perioada 2008 – 2009, în raport cu valoarea limită anuală.

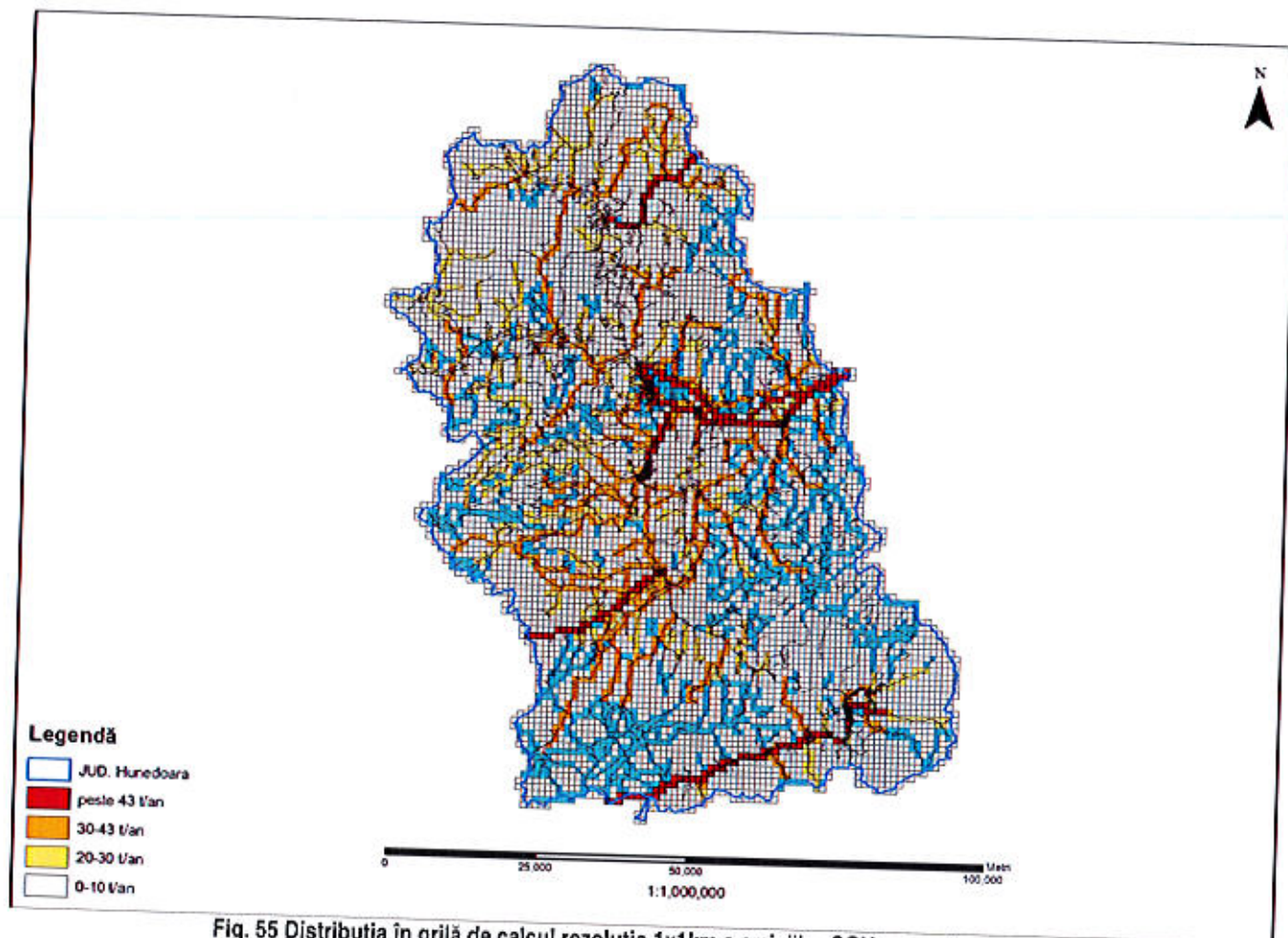


Fig. 55 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor COV provenite din transport.

### 3.1.7. Plumb și alte metale toxice Pb, As, Cd, Ni

#### Plumbul (Pb)

##### Proprietăți

Element chimic metalic, moale și greu, maleabil, de culoare cenușie- albăstruie, lucios în momentul obținerii sau când este așchiat sau pilit proaspăt. Plumbul în stare pură (plumb moale) este rezistent la agenții chimici.

Datorită densității ridicate ( $11,34 \text{ g/cm}^3$ ), plumbul este utilizat la protecția contra radiației ionizante, la fabricarea de greutatea cu volum mic dar cu mase mari. Oxizii de plumb (miniu, litargă) se utilizează la fabricarea vopselelor protectoare și a chiturilor de miniu și de litargă.

Plumbul se întrebunțează la fabricarea țevilor de canalizare și a tablelor pentru căptușirea unor aparate în industria chimică, la confecționarea plăcilor de acumulare, a grundurilor anticorozive pe bază de miniu ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ), în industria construcțiilor de mașini și aditivi, pentru creșterea cifrei octanice a benzinei.

De asemenea, plăcuțele de plumb se utilizează la fabricarea acumulatorilor pentru autoturisme. În trecut, plumbul era folosit la tuburi pentru alimentarea cu apă potabilă, lucru grav, datorită toxicității sale ridicate. Sărurile de plumb nu se prea utilizează, acetatul utilizându-se în laboratoarele de microbiologie la fabricarea unor medii de cultură (geloză cu plumb).

### Surse de poluare

Plumbul este metalul cel mai întâlnit, sub formă de particule, în atmosfera marilor centre urbane. Prezența este cauzată mai ales de traficul urban, prin folosirea de benzine etilate cu săruri organice ale plumbului (tetra metil/etilul de plumb).

Principalele surse care duc la poluarea aerului cu plumb sunt:

- extragerea plumbului din minereuri;
- centralele termoelectrice și alte unități care includ instalații de combustie a materialelor solide și lichide;
- traficul rutier, prin gazele de eșapament;
- benzina, prin volatilizare, datorită manevrării;
- fabricarea de vopsele, glazuri, lacuri, emailuri, pe baza de plumb;
- substanțe chimice folosite pentru combaterea insectelor;
- industria ceramicii, porțelanului și teracotei pe bază de plumb;
- industria maselor plastice unde se utilizează stearat de plumb;
- fabricarea cristalului.

Pb ajunge în deșeurile solide de la:

- deșeuri metalice;
- baterii și acumulatori;
- cauciucuri (PbO);
- pigmenți ai vopselelor, emailurilor și maselor plastice;
- hârtie și carton.

Concentrația de Pb din deșeurile menajere poate varia între 100 și 700 g/t cu o medie de 268-320 g/tonă.

Concentrația medie în Pb, a unui ulei uzat de motor, este estimat la 13,9 kg/tonă.

Plumbul în stare pură se găsește rar în natură. Acesta se întâlnește în minereurile care cuprind cupru, zinc și argint și este extras împreună cu aceste metale. Cea mai mare parte a concentrației de plumb care se află în aerul atmosferic provine din activități antropice. Cea mai însemnată sursă de poluare a aerului atmosferic cu plumb este traficul rutier, prin emisiile autovehiculelor care utilizează benzină cu tetraetil de plumb (din cauza însușirilor sale antidetonante) și prin uzura anvelopelor. Proporția impurificării atmosferei, prin emisiile gazelor de eșapament, depinde, mai ales, de intensitatea traficului rutier și de proporția autoturismelor care folosesc acest carburant. În zonele urbane, circa 97% din totalul emanațiilor care cuprind plumb sunt produse de traficul rutier. Aproximativ 70 - 80% din cantitatea de plumb, conținută de benzină, este evacuată în atmosferă sub formă de particule, diferența se acumulează la motor. O mașină degajă în atmosferă, prin gazele de eșapament între 20 - 30  $\mu\text{g}$  Pb, la un consum de 10 l benzină cu 0,5 g tetraetil de plumb la litru.

O concentrație însemnată de plumb ajunge în aerul atmosferic și în timpul proceselor de extracție și prelucrare a plumbului.

Gradul de poluare, al atmosferei, înregistrează concentrații mai ridicate în marile centre urbane, respectiv 2-10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  și mai mici în zonele rurale, 0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . În timpul anului concentrațiile mai mari se produc în anotimpul rece și mai mici în anotimpul cald.

### Acțiunea asupra sănătății

Efectele toxice ale plumbului debutează chiar de la concentrații mici. Intoxicația poartă denumirea de saturnism.

Se absoarbe în proporție de 40 - 50% din aerul pătruns în plămâni. La nivelul tubului digestiv este absorbit în proporție de circa 3 - 10%, din apă și alimente. O importantă cantitate de plumb este eliminată, în mod normal, din organism, prin transpirație, urină și materii fecale.

La concentrații mari de peste 80 mg Pb/100 ml în sânge apar tulburări în sistemul de formare a sângelui prin alterarea sintezei hemoglobinei și micșorarea perioadei de supraviețuire a globulelor roșii.

Plumbul poate afecta unele organe interne: rinichi, ficat, poate produce osteoporoză și probleme de reproducere, etc. Afectează creierul și sistemul nervos: expunerea excesivă duce la stări gripale, retardare mintală, probleme de memorie, tulburări comportamentale, indispoziții. La fete și la copii mici, chiar concentrații reduse



de plumb determină un IQ redus și dificultăți la învățat. Expunerea la plumb provoacă o presiune sanguină mai crescută, se extind afecțiunile inimii (mai ales la bărbați), se produc anemii.

Cea mai însemnată influență a plumbului în organism este perturbarea legării fierului în scheletul porfirinic, ce cauzează o anemie pronunțată. Sunt cauzate dereglări în sistemul de formare a sângelui, prin alterarea sintezei hemoglobinei și a duratei de supraviețuire a globulelor roșii.

Efectul biochimic constă în înăbușirea activității eritrocitelor și creșterea cantității de plumb în sânge.

Intoxicarea cronică (saturnismul) cu plumb cauzează avorturi, mortalitate infantilă, predispoziție la tuberculoză, atacarea nervilor motorii ai terminațiilor, care se reflectă în deteriorarea conductivității impulsurilor nervoase.

Sursele de intoxicare cu plumb pot fi benzina, alimentele și băuturile, care se depozitează în vase, în compoziția cărora intră plumb sau vopsele, ce includ plumb.

Pentru evitarea poluării cu plumb, exista stații de alimentare a autovehiculelor cu benzină fără plumb. Ca să se prevină intoxicarea provenită din plante contaminate, se recomandă să nu se cultive plante la care se consumă frunzele și cele care rețin pulberi pe fructe (caise) precum și plante furajere, decât la distanța de cel puțin 100 m de arterele intens circulate.

Mai mulți cercetători au studiat repartiția plumbului în stratu de zăpadă acumulată, de mai multe mii de ani, în Groenlanda.

Deși omul a început să utilizeze acest metal din jurul anului 2500 î.e.n. în gheața din Groenlanda s-a constatat o creștere de concentrație din 1750 e.n., ca după 1950 să se accentueze puternic poluarea cu Pb, o dată cu introducerea în benzină, ca antidetonant, a tetraetilului plumbului, după 1999 se constată o scădere a concentrației de Pb, datorită, probabil, preocupării la îmbunătățirea combustiei benzinei. S-a estimat că fiecare automobil, trimite în atmosferă 1 kg de plumb pe an, sub formă de aerosoli nesedimentabil.

Plumbul, ca și alte elemente, urmărește un ciclu biogeochimic, estimat la 37 000 tone aportul anual de Pb în oceane, o dată cu apele curgătoare continentale.

### Arsenul (As)

#### Proprietăți

Arsenul este un metaloid cristalizat, care are simbolul As și numărul atomic 33. Are densitatea de 5,72 g/cm<sup>3</sup> Compușii arsenului sunt foarte otrăvitori.

În stare pură arsenul nu se întâlnește decât extrem de rar, ca bucăți compacte de culoare cenușie închisă.

Principalele minerale de arsen sunt cele două sulfuri: realgarul, As<sub>4</sub>S<sub>4</sub>, și auripigmentul, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

Realgarul este foarte instabil se descompune în prezența razelor ultraviolete. Mineralul este parțial solubil în acizi și baze, dând naștere la gaze toxice cu miros de usturoi.

Sulfurile de arsen însoțesc adesea blenda și pirita.

Arsenul arde ușor cu flacără albastră, formând arsenicul (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Arsenicul este o otravă foarte puternică, se prezintă ca o pulbere fină de culoare albă cu miros specific de usturoi. Arsenic este o denumire întâlnită des pentru trioxidul de arsen (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sau anhidrida arsenioasă, popular se numește și șoricioaică.

Compușii arsenului au numeroase aplicații industriale:

- industria chimică, ca materie primă pentru fabricarea pesticidelor pe bază de arsen (arsenit de sodiu, arsenat de sodiu, cacodilat de sodiu) - folosite pentru prezervarea lemnului, conservarea lânii, etc.; la fabricarea coloranților (verde de Paris, foarte toxic);
- industria farmaceutică, ca materie primă pentru fabricarea unor produse farmaceutice;
- industria sticlei;
- industria electronică, datorită proprietăților semiconductoare și fotoconductoare, similare siliciului și germaniului;
- industria metalurgică.

În aerul din zonele protejate, concentrația maximă admisă, a arsenului, la probele medii zilnice este de 0,003 mg/m<sup>3</sup>.

### Surse de poluare

Sursele de contaminare cu arsen sunt foarte numeroase, acestea putând fi clasificate, în funcție de originea contaminanților anorganici de arsen, în următoarele categorii: surse naturale, minereurile care conțin As erupțiile vulcanice, apa subterană (mai ales lângă zone cu activitate geotermală).

Cele mai importante surse de poluare sunt reprezentate de procesele metalurgice, arderea combustibililor fosili, industria extractivă și procesarea deșeurilor miniere, procesele industriale de fabricare și manipulare a substanțelor chimice, industria materialelor de construcții poluează cu pulberi în suspensie.

Datorită folosirii, în agricultură, a pesticidelor, produsele pot fi poluate cu aceste substanțe toxice. Folosite cu măsură acestea nu prezintă pericol, însă folosite în cantități mari duc la intoxicații. Arsenul se află în sol în concentrație de 0,1 - 20 ppm, iar în solurile impurificate poate ajunge până la 8000 ppm.

Se apreciază că cea mai mare poluare cu arsen se produce în industria metalurgică a plumbului, cuprului și aurului, datorită faptului că minereurile acestora conțin peste 3% As.

### Acțiunea asupra sănătății

În urma răspândirii arsenului de către curenții de aer, acesta poate ajunge la distanțe mari de sursă. Prin inhalare atât animalele cât și oamenii sunt expuse direct, iar prin consumul de apă și alimente poluate, acestea sunt expuse indirect.

Arsenul se găsește în mod normal în organismul uman, animal, precum și în țesutul vegetal. În urina unei persoane sănătoase se găsește 0,01 mg As/1l urină. În cantitate mare arsenul și compușii săi sunt toxici.

În mediul profesional, absorbția are loc pe cale respiratorie prin inhalare de pulberi de compuși anorganici ai arsenului.

În mediul extraprofesional, intoxicația cu arsen poate avea loc pe cale digestivă prin consumarea de apă contaminată cu compuși anorganici ai arsenului din surse naturale.

Arsenul este absorbit cu ușurință pe cale intestinală și este eliminat din organism în principal prin urină, piele, păr și unghii.

Expunerea acută prin ingerare de compuși arsenici sau inhalarea de arsină determină simptome gastrointestinale severe (hemoragice), greață, vomă, diaree, icter, insuficiență renală și colaps, poate provoca decesul.

Intoxicația cronică cu arseniu este dificil de diagnosticat. Pot să apară dureri abdominale, diaree, pigmentarea pielii, herpes, îmbolnăvirea ficatului, a rinichilor, neuropatii periferice, encefalopatie. Expunerea cronică prin inhalare, în cazul muncitorilor care lucrează în topitorii, a fost asociată cu un risc crescut de cancer pulmonar. Doza letală de arsen, pentru un adult, este de 0,2 - 0,3 g.

Trioxidul de arsen ( $As_2O_3$ ) are un gust dulceag, neplăcut, iar cantitatea care provoacă moartea, prin ingerare, este de 70 - 180 mg.

Concentrația maximă admisă a hidrogenului arseniat (arsina  $AsH_3$ ) în aerul încăperilor de la locul de muncă este de 0,3 mg/m<sup>3</sup>.

### Cadmiul (Cd)

Cadmiu este un metal greu, toxic, de culoare alb-argintie, are punctul de fierbere la 765,0°C, punctul de topire este de 320,9°C și densitatea de 8.65 g/cnr.

Se obține din metalurgia minereurilor de metale neferoase, mai ales din Zn, Cu și Pb.

În prezența căldurii se combină cu halogenii, sulful și cu oxigenul. În acizii slabi se dizolvă încet.

Cadmiul este întâlnit în deșeurile din domeniile:

- baterii și acumulatori, Ni - Cd;
- acoperiri electrolitice ale metalelor;
- celule fotoelectrice, rezistențe electrice, lămpi cu vapori de cadmiu;
- aliaje pentru sudură;
- pigmenti ai vopselelor, emailurilor și maselor plastice;

- moderatori de neutroni în industria atomică;
- reziduul de ia îngrășămintele fosfatice;
- uleiuri uzate;
- nămolul stațiilor de epurare a apei, etc.

Concentrația în Cd din deșeurile brute este cuprinsă între 0,3 și 6,0 g/tonă, cu o medie de 3,3 g/tonă, după unele studii nemțești, și între 3,0 și 5,0 g/tonă, după studii franceze.

Conținutul de Cd din combustibilul de substituție:

Tipul de deșeu	Conținutul în Cd (g/t)
Deșeu urban compactat	8,2
Pneuri uzate	5-10
Praf de cărbune	4.4
Ulei uzat	4.0
Cocs de petrol	0,1-0.3
Motorină	0.012

Poluarea aerului atmosferic cu cadmiu se datorează emisiilor rezultate de la instalațiile care extrag, prelucrează sau utilizează metalul în numeroase scopuri: obținerea coloranților, fabricarea maselor plastice, a pesticidelor, acoperiri metalice, prepararea aliajelor, acumulatori, sudarea argintului. Pentru că se evaporă ușor, vaporii de cadmiu ajung în aerul atmosferic, ducând la impurificarea acestuia. Răspândirea poluantului se realizează prin intermediul precipitațiilor, curenților de aer, apelor de suprafață, deversării de ape industriale, ca urmare a fertilizării excesive a solului.

Considerat unul dintre cele mai toxice metale grele, pătruns în organism dereglează metabolismul proteic, lipidic și mineral.

Intoxicația acută se manifestă prin dureri de cap, senzație de uscăciune a gâtului, arsuri în stomac și pe piele.

Intoxicația de tip cronic se manifestă prin inflamația mucoasei nazale, impregnarea dinților cu o colorație galbenă, reducerea percepției senzoriale, expunerea la doze mari poate fi fatală.

Sursele de proveniență cu Cd sunt fosfații care conțin 0,1-75 mg Cd/1Kg, îngrășămintele cu fosfor, care conțin 5- Cd/1Kg și diferitele ramuri industriale. Cadmiul este reținut slab de sol sau absorbit și translocat de plante. Toxicitatea Cd pentru plante este foarte mare, se manifestă prin reducerea producției, blocarea proceselor microbiologice, frânarea procesului de sinteza al azotului atmosferic și a proceselor amonificare, nitrificare și denitrificare.

Având în vedere nocivitatea acestui element pentru om și ținând seama de conținutul lui scăzut în mod natural, se recomandă ca totalul aporturilor ajung din aer în sol, din diferite surse de poluare (emisii, nămoluri, ape irigare) să nu depășască 5 Kg/ha.

### Nichelul (Ni)

Ni se găsește în deșeurile care provin din: oțeluri inoxidabile, baterii acumulatori, materiale ceramice, emailul fontelor și oțelurilor, magneți etc.

Conținutul mediu de Ni din deșeurile menajere este de 16 g/tonă iar uleiurile uzate de motor de 8 kg/tonă

Ponderea Ni în diverse domenii, evaluată la nivel mondial, este prezentat tabelul următor:

Repartiția Ni în diverse aplicații

Domeniul (%)	Oțeluri inoxidabile	Fonte	Aliaje	Tratamente de suprafață	Diverse
	60	10	10	14	7

S-a estimat că pulberile cu nichel reprezintă cauza a 5 % din totalul de eczeme și că 10 % din populație îi este alergică.

Metode de măsurare

Metoda de referință pentru măsurarea Pb, As, Cd și Ni este cea prevăzută în standardul SR EN 14902 - Calitatea aerului înconjurător. Metoda standardizată pentru determinarea Pb, Cd, As, și Ni în fracția PM<sub>10</sub> a particulelor în suspensie. Metoda de referință pentru măsurarea concentrației de mercur total gazos în aerul înconjurător este cea prevăzută în standardul SR EN 15852 - Calitatea aerului ambiant. Metoda standardizată pentru determinarea mercurului gazos total.

Norme

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Plumb - Pb	
Valori limită	0,5 ug/m <sup>3</sup> - valoarea limită anuală pentru protecția sănătății umane

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 As, Cd, Ni	
Arsen	6 ug/m <sup>3</sup> - valoarea țintă pentru conținutul total din fracția PM <sub>10</sub> mediată pentru un an calendaristic.
Cadmium	5 ug/m <sup>3</sup> - valoarea țintă pentru conținutul total din fracția PM <sub>10</sub> mediată pentru un an calendaristic.
Nichel	20 ug/m <sup>3</sup> - valoarea țintă pentru conținutul total din fracția PM <sub>10</sub> , mediată pentru un an calendaristic.

Modelarea emisiilor de Plumb și alte metale toxice Pb, As, Cd, Ni la nivelul județului Hunedoara în funcție de proveniența acestora

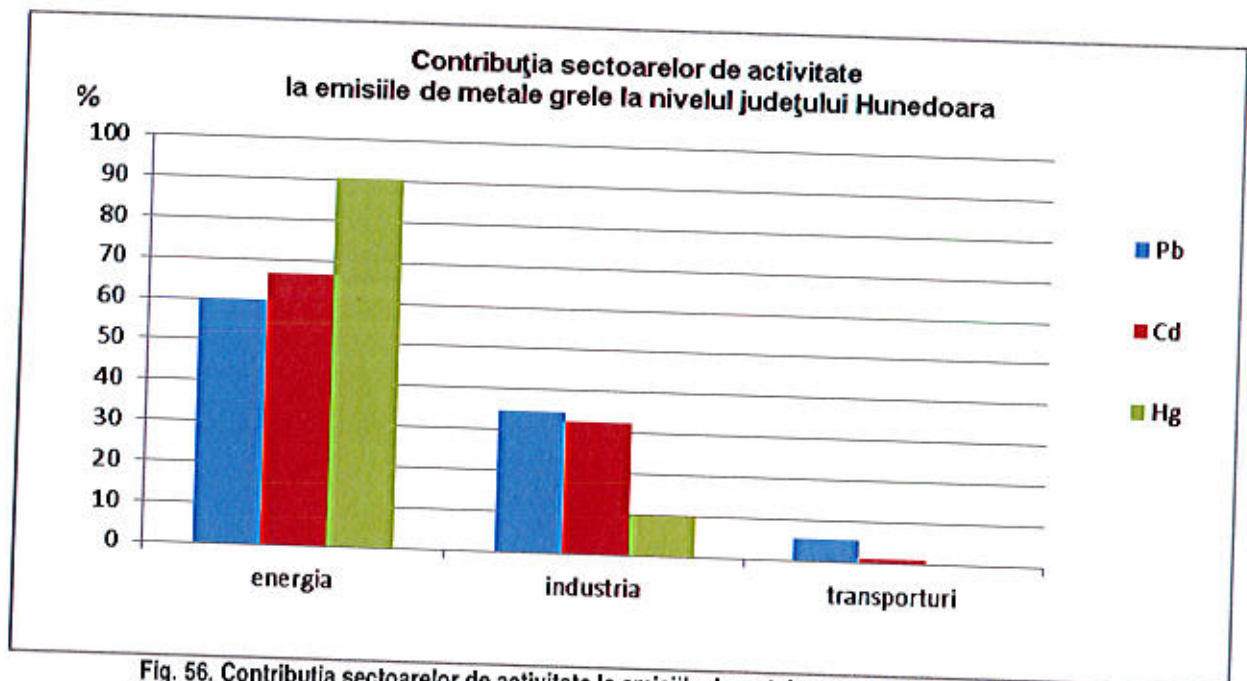
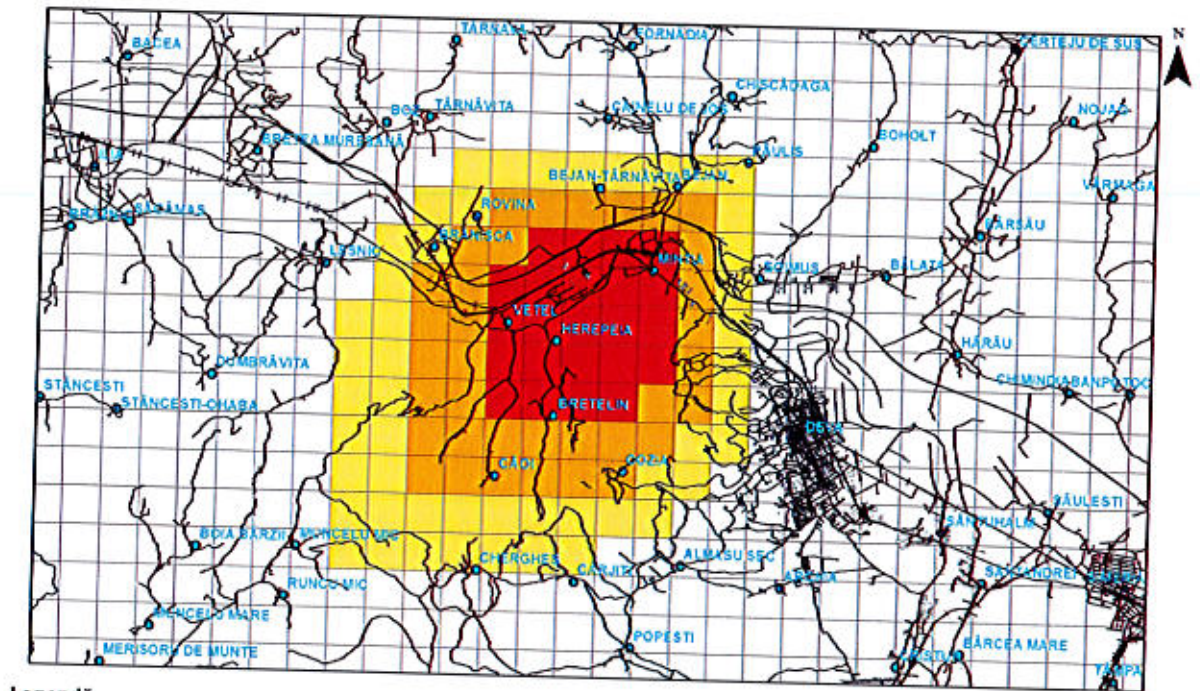
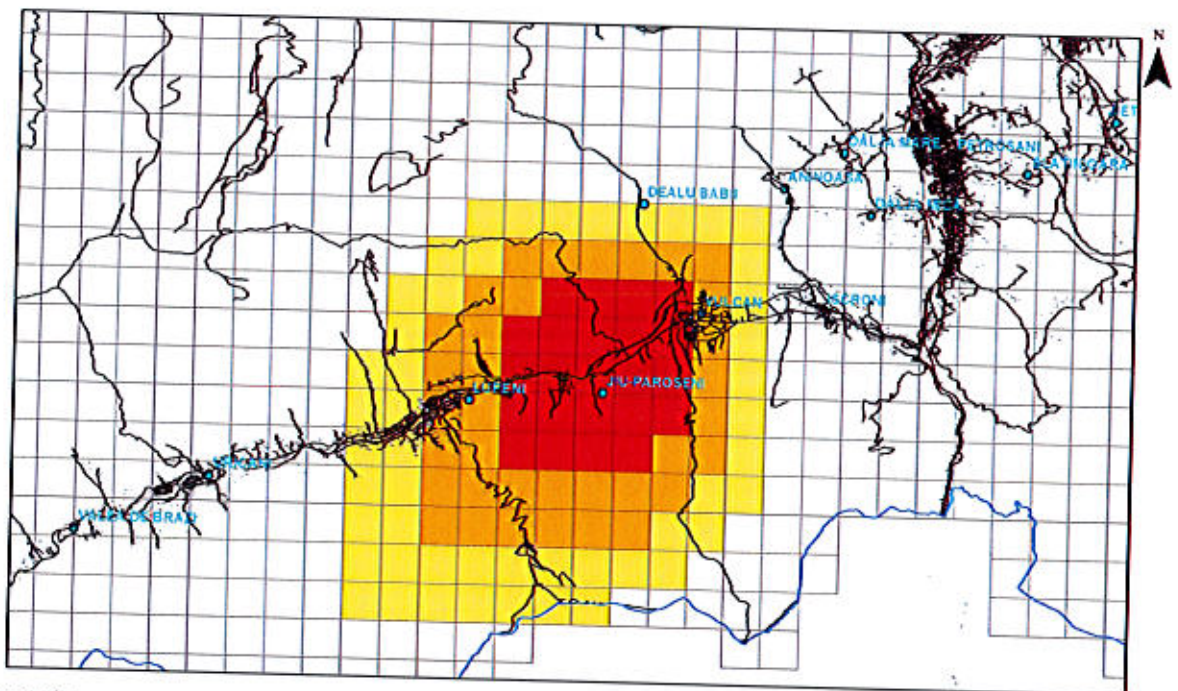


Fig. 56. Contribuția sectoarelor de activitate la emisiile de metale grele <http://apmhd.anpm.ro/>



**Legendă**

- |                |             |
|----------------|-------------|
| JUD. Hunedoara | peste 4 t/a |
| Căi ferate     | 2-4 t/a     |
| Drumuri        | 1-2 t/a     |
| Localități     | 0-1 t/a     |



**Legendă**

- |                |             |
|----------------|-------------|
| JUD. Hunedoara | peste 4 t/a |
| Căi ferate     | 2-4 t/a     |
| Drumuri        | 1-2 t/a     |
| Localități     | 0-1 t/a     |

**Fig. 57 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de metale grele provenite din procese industriale de producție a energiei electrice și termică: Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroseni.**

### 3.1.8. Ozon (O<sub>3</sub>)

În straturile superioare ale atmosferei ozonul se formează în urma acțiunii razelor ultraviolete, provenite de la Soare, asupra oxigenului. Concentrația maximă se găsește în stratosferă unde absoarbe cea mai mare parte a radiațiilor ultraviolete ( $\lambda = 200 - 300 \text{ nm}$ ) împiedicându-le să ajungă la suprafața terestră.

În troposferă ozonul se formează atât pe cale naturală, în urma descărcărilor electrice și sub acțiunea razelor solare, cât și pe cale artificială rezultat în urma unor reacții nocive provenite de la sursele de poluare. Ozonul are densitatea de 1,66 ori mai mare decât a aerului și se menține aproape de sol. Se descompune ușor, generând radicali liberi cu putere oxidantă. Principalii oxidanți primari care determină formarea prin procese fotochimice, a ozonului și a altor oxidanți în atmosfera joasă sunt: oxizii de azot (NO<sub>x</sub>), compușii organici volatili (COV) și metanul. La formarea ozonului contribuie și oxidul de carbon, însă într-o măsură mai mică.

Ca surse generatoare de precursori ai ozonului se evidențiază următoarele: arderea combustibililor fosili (produse petroliere, cărbuni), depozitarea și distribuția benzinei, procesele de compostare a gunoaielor menajere și industriale, utilizarea solvenților organici.

Acțiunea ozonului asupra omului se manifestă prin iritații la nivelul nasului, a ochilor, a gâtului și cauzează uscăciunea gurii. Afecțiuni asupra celor suferinzi de bronhoconstricție, dificultăți în respirație, dureri de cap, febră, etc.

Pentru reducerea concentrației acestui gaz trebuie luate măsuri în vederea reducerii emisiilor de gaze ce dau naștere ozonului.

Ozonul este foarte greu de urmărit, fiind necesară în mod deosebit și monitorizarea precursorilor săi: oxizi de azot, metan, compuși organici volatili.

Ozonul se monitorizează în stațiile HD1 și HD2 din Deva și HD4 din Călan.

#### Metode de măsurare

Metoda de referință pentru măsurarea ozonului este cea prevăzută în standardul SR EN 14625 - Calitatea aerului înconjurător. Metoda standardizată pentru măsurarea concentrației de ozon prin fotometrie în ultraviolet.

#### Norme

LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011 Ozon - O <sub>3</sub>	
Prag de alerta	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - media pe 1 h
Valori țintă	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - valoare țintă pentru protecția sănătății umane (valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore) 18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ - valoare țintă pentru protecția vegetației (perioada de mediere: mai - iulie)
Obiectiv pe termen lung	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - obiectivul pe termen lung pentru protecția sănătății umane (valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore dintr-un an calendaristic) 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ - obiectivul pe termen lung pentru protecția vegetației (perioada de mediere: mai - iulie)

#### Modelarea concentrațiilor de Ozon la nivelul județului Hunedoara în funcție de proveniența acestora

Conform raportului privind calitatea aerului înconjurător pentru anul 2015, s-a înregistrat o depășire a valorii țintă pentru protecția sănătății umane, în data de 17 aprilie 2015 la stația HD2, datorată creșterii temperaturilor și a duratei de iluminare diurnă, factori care favorizează reacțiile fotochimice de formare a ozonului.

Channel: O3 (ug/m3), period: 01 Jan 2015-31 Dec 2015 - Validated data

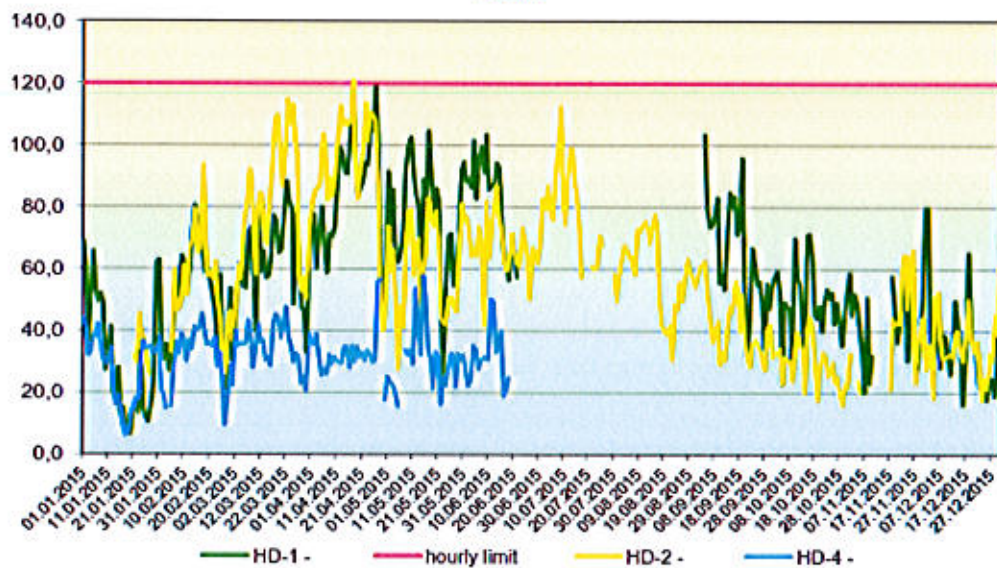


Fig. 58. Variația concentrației ozonului – medii orare lunare <http://apmhd.anpm.ro/>

## CAPITOLUL 4

### Măsurile adoptate în vederea menținerii calității aerului

#### 4.1 Posibile măsuri pentru păstrarea nivelului poluanților sub valorile-limită, respectiv sub valorile-țintă și pentru asigurarea celei mai bune calități a aerului înconjurător în condițiile unei dezvoltări durabile.

##### 4.1.1 Surse de poluare

Poluarea atmosferei terestre se poate face cu particule solide sau lichide, cu gaze și vapori, provenite pe cale naturală sau antropică.

Sursele de poluare se clasifică după origine în: surse naturale și surse antropice. O analiza comparativă a ponderii celor două mari categorii de poluanți, conduce la concluzia că poluarea atmosferei este un proces predominant antropic.

Sursele de poluare naturale și antropice, ca inventar al emisiilor, pot fi catalogate în: majore, minore, fixe și mobile, punctuale, difuze sau după domeniul de activitate: industrială, agricolă, transporturi, etc.

##### Surse de poluare naturale

Cu toate că fenomenele naturale (ex. vulcanism, furtuni de nisip, mofete, etc.) sunt, de multe ori, cauza unor afectări semnificative ale mediilor de viață, totuși, se acordă în general o importanță mai mică poluării datorate acestor surse. Situate de obicei la distanță de așezările umane, acestea conduc la afectări limitate prin natura poluanților generați, de regulă fiind vorba de praf sau compuși chimici simpli. Poluanții rezultați au un efect nociv mai redus sau transformându-se destul de rapid în compuși inofensivi datorită proceselor naturale.

Sursele naturale principale ale poluării sunt:

- erupțiile vulcanice - gaze, vapori de apă, cenușă, praf vulcanic, etc.;
- eroziunea solului - particule fine de pe sol (ca urmare a eroziunii);
- incendii a maselor vegetale - cenușă, oxizi de sulf, azot, carbon;
- furtuni de praf și de nisip - pulberi terestre;
- biosfera - prin procese fiziologice (biochimice) degajă dioxid de carbon, metan;
- descompunerea naturală a materiilor organice vegetale și animale - prin hidrogen sulfurat, metan, amoniac;
- particulele vegetale - polen, ciuperci, spori, mușcagii, alge;
- apa, în special cea marină, care furnizează aerosoli;
- izvoarele minerale și termale care emană diferite gaze;
- aerosoli încărcăți cu săruri (sulfați, cloruri);
- descărcările electrice atmosferice — ozon în troposferă;
- radioactivitatea terestră și radiația cosmică, radionuclizii emiși de roci ( $Ra^{226}$ ,  $Ra^{228}$  și descendenții acestora) și de proveniență cosmică ( $Be_{10}$ ,  $Cl_{36}$ ,  $Cl_4$ ,  $H^3Na_{22}$ , etc.) (Rojanschi V. Și colab., 1997).

##### Erupțiile vulcanice

Constituie importante surse de poluare naturală, cu efecte locale sau mai mare anvergură, uneori catastrofale pentru ecosistemele din zonă. Expulzează în atmosferă bombe vulcanice, lapilli (fragmente de lavă sau de alte roci de mărimea unor pietricele), gaze, vapori de apă și pulberi (cenușă). Cantitatea și calitatea acestora variază în funcție de tipul vulcanului și de modul de erupție. Cele mai frecvente gaze sunt CO, CO<sub>2</sub>, oxizi de sulf, oxizi de azot, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, fluor sau fluoruri.

Cenușa vulcanică, împreună cu vaporii de apă, praful vulcanic și alte numeroase gaze, sunt eliberate în atmosferă, unde formează nori groși, denși, ce pot pluti până la mari distanțe față de punctul de origine. Se apreciază că erupțiile vulcanice produc cea mai mare parte a suspensiilor din atmosfera terestră. Timpul de remanentă în atmosferă a acestor suspensii poate ajunge chiar la 1-2 ani. Aceste pulberi se presupune că au și



influențe asupra bilanțului termic al atmosferei, împiedicând dispersia energiei radiate de Pământ către spațiul cosmic și contribuind în acest fel, la accentuarea fenomenului de „efect de seră”, produs de creșterea concentrației de CO<sub>2</sub> din atmosferă.

#### Eroziunea solului

Solul este expus permanent procesului natural de eroziune ca rezultat al acțiunii factorilor de mediu. Activitatea omului a condus la intensificarea pronunțată a eroziunii naturale datorită despăduririlor masive, pășunatului excesiv, etc. La producerea eroziunilor participă mai mulți factori: vântul, apele, lipsa vegetației etc.

Vântul spulberă de la suprafața solului pulberile și le transportă prin curenții de aer la distanțe apreciabile de locul producerii, unde acestea cad din nou pe sol. Cantitatea spulberată de vânt poate fi uneori destul de mare.

Acțiunea apei este un alt mod de producere a eroziunii. Apa acționează fie la suprafață (de exemplu prin ploii torențiale, prin îndepărtarea particulelor fine ale solului, fie prin pătrunderea în adâncime și dislocarea, transportul solului cu șuvoaiele de apă la distanțe mari. Însă cauza principală a eroziunii este lipsa vegetației care să asigure stabilitatea solului, chiar dacă aceasta s-ar limita doar la un covor de iarbă. Împădurirea este cel mai eficient mijloc de obținere a unei rezistențe la eroziune. În solul din preajma pădurilor rădăcinile plantelor se întăresc, formând o rețea protectoare.

#### Descompunerea naturală a materiilor organice vegetale și animale

În urma descompunerii reziduurilor organice vegetale și animale (deșeuri organice alimentare sau industriale, resturi vegetale, cadavre, dejecții umane și animale, etc.) rezultă unele substanțe toxice, rău mirositoare și inflamabile, cum sunt: metan, hidrogen sulfurat, amoniac.

#### Furtuni de praf și de nisip

Furtunile de praf pot ridica în atmosferă de pe anumite tipuri de soluri, mai ales de pe solurile degradate (erodate) importante cantități de pulberi.

Terenurile afânate din regiunile de stepă, în perioadele lipsite de precipitații, pierd partea aeriană a vegetației și rămân expuse acțiunii de eroziune a vântului. Vânturile continue, de durată, ridică de pe sol o parte din particulele ce formează „scheletul mineral” și le transformă în suspensii aeriene, care sunt reținute în atmosferă perioade lungi de timp. Depunerea acestor suspensii, ca urmare a procesului de sedimentare sau a efectului de spălare exercitat de ploii, se poate produce la mari distanțe față de locul de unde au fost ridicate.

O furtună de praf sau de nisip este un fenomen meteorologic ce se întâlnește în regiunile aride și semiaride și apare atunci când forța vântului depășește pragul maxim ce duce la ridicarea prafului și nisipului de pe suprafețele uscate. Particulele de nisip sau praf sunt transportate prin saltație și suspensie, cauzând eroziunea solului în locul de unde sunt luate. Sahara și regiunile uscate din Peninsula Arabică sunt principala sursă de praf din aer, India depozitează praf în Marea Arabiei, iar furtunile din China în Oceanul Pacific.

Managementul deficitar legat de regiunile aride ale planetei, neglijarea zonelor necultivate, duc la creșterea în intensitate și suprafața a furtunilor de nisip.

Termenul de „furtună de nisip” este folosit cel mai des în cazul furtunilor din deșert, în special în Sahara, unde, pe lângă faptul că vizibilitatea este redusă din cauza particulelor fine de nisip, mai există și un număr considerabil de particule de nisip destul de mari ce sunt deplasate pe o distanță destul de mică.

Termenul „furtună de praf” este folosit de cele mai multe ori când particulele foarte fine sunt deplasate pe distanțe lungi, în special când furtuna de praf afectează zonele urbane.

Seceta și vântul contribuie la apariția furtunilor de nisip, dar și proasta întrebuințare a terenurilor agricole sau pășunatul excesiv duc la apariția eroziunii superficiale ce contribuie la o încălzire semnificativă a atmosferei cu praf.

#### Incendii a maselor vegetale

Incendiile naturale sunt o importantă sursă de poluare cu diverse gaze rezultate în urma arderilor. Acestea se produc atunci când umiditatea climatului scade sub pragul critic. Fenomenul este deosebit de răspândit, mai ales în zona tropicală. Aceste incendii izbucnesc în zonele acoperite de păduri sau tufișuri și savane. Fenomenul

apare adeseori în Australia unde apare o vegetație de tufărișuri în alternanță cu suprafețe ierboase dezvoltate pe zone aride. Multe regiuni de aici au temperaturi foarte ridicate și cantități scăzute de precipitații, pe perioade lungi de timp, premise excelente pentru izbucnirea unui astfel de incendiu. Frecvent, aceste catastrofe sunt provocate de neglijența omului, însă pot fi declanșate și de fulgere sau de combustia spontană care se produce când vegetația foarte uscată este aprinsă de căldura provenită de la Soare. Incendiile de acest tip sunt imprezibile, se întind cu mare repeziciune și își schimbă traseul în funcție de direcția din care bate vântul.

Incendiile izbucnite în pădurile tropicale au un impact mare asupra faunei și florei locale, precum și asupra ecosistemului planetar. Poluarea și pierderea gazelor sechestrate de pădurea tropicală au efecte grave asupra climatei planetei și pot afecta sănătatea a milioane de oameni.

Incendiile maselor vegetale emit în mediu mari cantități de CO<sub>2</sub>, fum, funingine, cenușă, particule solide, etc.

#### Particulele vegetale

Sporii, polenurile, mucegaiurile, algele, ciupercile, fermenții pot produce o poluare atmosferică. Spre deosebire de praf, aceste particule sunt mult mai periculoase pentru că o singură particulă poate să cauzeze îmbolnăvirea mai multor organisme vii.

#### Surse de poluare antropice

Acestea rezultă din activitatea umană care conduce la evacuarea în atmosferă de substanțe care se găsesc sau nu în compoziția naturală a atmosferei. Sursele de poluare antropice pot fi clasificate după diferite criterii: formă, înălțimea față de sol, mobilitate, regimul de funcționare, tipul de activitate, compoziție chimică etc.

##### Clasificarea surselor de poluare după formă:

- surse punctuale - jetul de gaze este eliminat în atmosfera liberă printr-un sistem de dirijare (conductă, coș) cu o gură de evacuare ale cărei dimensiuni sunt neglijabil de mici în comparație cu topografia zonei;
- surse liniare — caracterizate printr-o dimensiune în plan orizontal a cărei mărime nu poate fi neglijată în comparație cu topografia zonei (de exemplu: o arteră cu trafic intens);
- surse de suprafață - caracterizate prin arii ale căror dimensiuni nu pot fi neglijate în comparație cu topografia zonei (un cartier privit la scara orașului, un oraș privit la scara unei zone mai largi);
- surse de volum — caracterizate prin emisii în cele trei dimensiuni (Rojanschi V., și colab., 1997).

##### Clasificarea după înălțimea de la nivelul solului, la care are loc emisia de poluant:

- surse la sol;
- surse joase cu  $h \leq 50$  m;
- surse medii, cu  $50 \text{ m} \leq h \leq 150$  m;
- surse înalte, cu  $h > 150$  m.

##### Clasificarea după mobilitate:

- surse fixe sau staționare;
- surse mobile: mijloace de transport rutier, feroviar, aerian.

##### Clasificarea după regimul de funcționare:

- surse continue: cu funcționare continuă, emisie constantă, pe perioade medii sau lungi de timp (zile, luni, sezon, an);
- surse intermitente: acestea funcționează cu întreruperi semnificative ca durată (ore, zile, luni), în perioada de funcționare au o emisie constantă, sau funcționare cu emisie variabilă;
- surse instantanee: acestea au emisia într-un interval de timp foarte scurt, de regulă de ordinul minutelor, după care încetează (de exemplu: accidentele industriale și unele tipuri de avarii).

##### Clasificarea după tipul de activitate:

Această clasificare este importantă pentru cunoașterea poluanților caracteristici fiecărei activități. În lipsa măsurătorilor de emisii - situație cel mai des întâlnită - pentru determinarea debitelor masice de poluanți evacuați în atmosferă se utilizează așa numiții factori de emisie (sau emisii specifice) stabiliți prin bilanțuri tehnologice. Principalele tipuri de activități și poluanții lor specifici sunt:

- traficul: CO, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, pulberi, compuși organici volatili notați COV, Pb în cazul folosirii benzinei cu plumb, SO<sub>x</sub> în cazul folosirii motorinei;

- industria materialelor de construcții: pulberi, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, F (în industria sticlei);
- arderea combustibililor fosili (cărbune, produse petroliere, gaze naturale) în surse fixe: CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, pulberi, N<sub>2</sub>O, COV;
- petrochimia: COV, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CO;
- chimia anorganică și organică: impurifică aerul atmosferic cu o serie largă poluanți, specifică fiecărui profil de producție;
- metalurgia primară feroasă (pulberi cu conținut de fier: Fe, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, COV) și neferoasă (pulberi cu conținut de metale grele: Pb, Cd, As, Zn, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>);
- extracția, transportul și distribuția petrolului, produselor petroliere și al gazelor naturale: hidrocarburi;
- producerea și utilizarea substanțelor reducătoare ale stratului de ozon: clorofluorocarburi, nayloni, tetraclorura de carbon, metilcloroform;
- agricultura: NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, pesticide, pulberi (Rojanschi V., și colab., 1997).

*Clasificarea după compoziția chimică a poluanților atmosferici:* compuși care conțin sulf, compuși care conțin azot, compuși care conțin carbon, compuși care conțin halogeni, substanțe toxice de diferite compoziții, compuși radioactivi.

Din punctul de vedere al modului în care poluanții ajung în atmosferă, aceștia se împart în: *poluanți primari* sunt cei care sunt emiși direct de la sursă și *poluanți secundari* sunt cei care se formează în atmosferă prin interacții chimice între poluanții primari și în condiții atmosferice normale.

După *scara spațială a efectelor lor* poluanții se împart în: poluanți locali, poluanți regionali, poluanți globali.

Există șase poluanți principali definiți de Agenția Europeană de Protecția Mediului pentru care au fost definite standardele pentru aerul înconjurător în scopul protejării sănătății oamenilor: ozonul (O<sub>3</sub>), monoxidul de carbon (CO), bioxidul de sulf (SO<sub>2</sub>), oxizii de azot (NO<sub>x</sub>), plumbul (Pb) și alte metale, materie sub formă de particule mici, PM<sub>10</sub> și aerosoli.

### Surse mobile

Sursele mobile determină o poluare diseminată, aici intrând toate mijloacele de transport existente. Transporturile feroviare induc o poluare a aerului din ce în ce mai redusă, ca urmare a trecerii de la locomotivele cu cărbuni la cele diesel sau electrice. Transporturile rutiere au în prezent cea mai mare pondere, datorită autovehiculelor care emană în atmosferă cantități mari de oxizi de carbon, oxizi de azot, hidrocarburi cancerigene, plumb, etc. Se apreciază că circa 80% din emanațiile de CO provin din eșapamentele autovehiculelor. La emanațiile directe se adaugă și numeroși produși secundari, oxidanți, cum ar fi peroxiacetilnitratul (PAN), care se formează prin combinarea hidrocarburilor cu acizii de azot, în prezența radiațiilor solare. Acest compus constituie componenta de bază a smogului fotochimic.

Ca substanțe poluante, formate dintr-un număr foarte mare (sute) de substanțe, pe primul rând se situează gazele de eșapament.

Poluarea aerului cauzată de traficul auto este cunoscută pentru amestecul de câteva sute de compuși diferiți, peste 150 de compuși și grupuri de compuși.

Volumul, natura și concentrația poluanților emiși depind de tipul de autovehicul, de natura combustibilului și de condițiile tehnice de funcționare.

Raportul aer — benzină are o mare influență asupra emisiilor de CO, NO și hidrocarburi nearse. În amestec cu gazele arse evacuate prin conducta de eșapament se elimină și aerosolii proveniți din hidrocarburi nearse și din particule solide (plumb în special). Introducerea în benzină a tetraetilului de plumb și a altor substanțe, ca aditivi, mărește emisiile de plumb în atmosferă.

În schimb motoarele diesel, din ce în ce mai numeroase în ultima vreme (datorită consumului mai mic de combustibili) produc mai mult fum dezagreabil (alb - când motorul este la rece, albastru și negru — tot timpul). La nivel mondial au devenit acceptate standarde de emisie față de care industria constructoare de mașinincăutăsăse adapteze, existând în acest sens mecanisme coercitive/stimulative ce au condus la un avans

tehnologic deosebi în ceea ce privesc normele de poluare acceptate în prezent. Prin aceste standarde s-a căutat o reducere a emisiilor cu fiecare generație de motoare nou lansate.

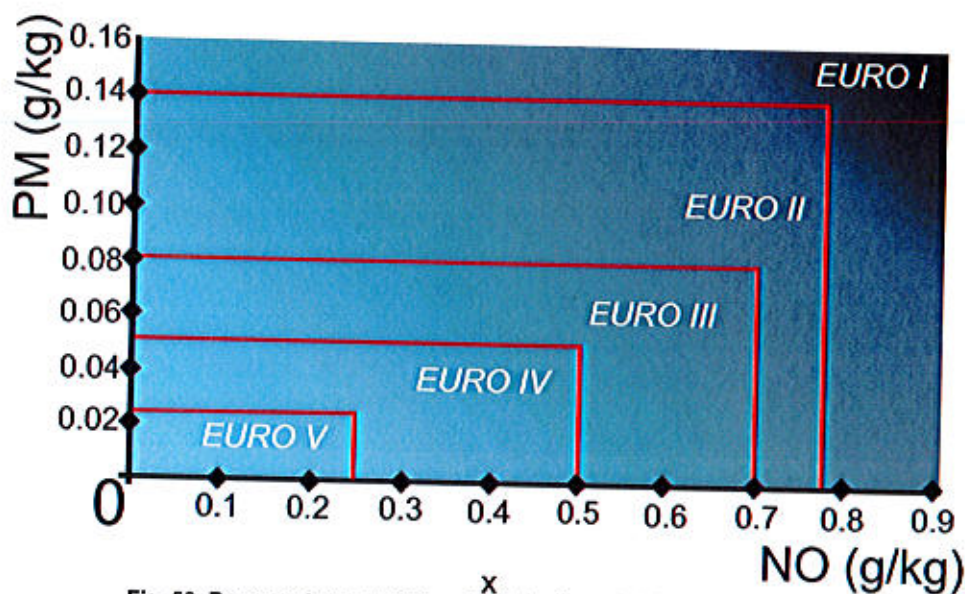


Fig. 59. Représentarea grafică a nivelurilor de emisie în standard EURO

Emisiile de poluanți ale autovehiculelor prezintă două mari particularități: în primul rând eliminarea se face foarte aproape de sol, fapt care duce la realizarea unor concentrații ridicate la înălțimi foarte mici, chiar pentru gazele cu densitate mică și mare capacitate de difuzie în atmosferă, în al doilea rând emisiile se fac pe întreaga suprafață a localității, diferențele de concentrații depinzând de intensitatea traficului și posibilitățile de ventilație a străzii.

Măsurarea tuturor acestor poluanți este imposibilă de aceea, monitoringul se concentrează pe acei poluanți care au cel mai larg impact asupra sănătății umane.

Acești poluanți sunt grupați în mai multe categorii:

- gazele anorganice: oxizii de azot, dioxidul de sulf, oxidul de carbon, ozonul;
- pulberi: pulberi totale în suspensie, particule cu diametrul aerodinamic mai mic de 10 pm sau decât 2,5 pm, fumul negru;
- componente ale pulberilor: carbon elementar, hidrocarburi poliaromatice;
- plumb;
- compuși organici volatili: benzen, butadiena.

Orașele mari sau aglomerațiile urbane dense sunt afectate în mare măsură de transporturile cu eliberare de noxe. Concentrațiile poluanților atmosferici sunt mai crescute în zonele cu artere de trafic străjuite de clădiri înalte sub formă compactă, care împiedică dispersia. La depărtare de arterele de trafic intens, poluarea aerului scade rapid și este destul de rar semnalată în zonele suburbane sau rurale.

#### Surse industriale

Industria este, la momentul actual, principalul poluant la scară mondială. Emisiile sunt substanțe eliberate în atmosferă de către întreprinderile industriale sau alte centre. Procedeele de producție industrială eliberează emisiile, care se depun din nou în cazul în care nu există filtre pentru epurarea gazelor reziduale. Substanțele specifice sunt atunci eliberate și pot provoca local catastrofe. În momentul procesului de combustie, substanțele gazoase, lichide și solide sunt eliberate în atmosferă de furnale. În funcție de înălțimea furnalelor și de condițiile atmosferice, gazele se răspândesc local sau la distanțe medii, uneori chiar și mari.

Degajările industriale în cele din urmă nimeresc în sol. Este știut faptul că în împrejurimile uzinelor metalurgice pe o circumferință de 30 - 40 km în sol e mărită concentrația de poluanți ce se găsește în componența emanațiilor aeriene a acestor uzine.

### Centralele termoelectrice

C.E.T. -ul reprezintă sursa majoră de poluare a aerului în zonele urbane, prin modul de funcționare cu combustibili lichizi ce au un conținut ridicat de sulf, eliminând în atmosferă importante cantități de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, pulberi, fum, cenușă volantă, aer cald și abur. Emit în atmosferă un volum mare de gaze de ardere care, în funcție de combustibilul utilizat (cantitate și calitate) are un volum variabil de poluanți.

Instalațiile de reținere a celor mai însemnați poluanți chimici SO<sub>2</sub> și NO<sub>x</sub>, precum și diverse variante constructive ce prevăd dispersia prin coșuri înalte, care duc la înregistrarea unor concentrații locale mai reduse, amplifică efectele de poluare la distanță. Gradul de deteriorare și lipsa de etanșeitate a unor coșuri sunt cauza evacuării gazelor la înălțimi intermediare cu influență și asupra zonei învecinate.

Pentru a reduce gradul de poluare al aerului atmosferic, se urmărește pe termen scurt:

- folosirea păcurii cu conținut redus de sulf și utilizarea unor alți combustibili convenționali mai puțin poluanți (gazul metan) sau chiar trecerea spre surse de energie mai puțin poluatoare (energii alternative, energia nucleară);

- perfecționarea proceselor de control și reglare a arderii;

- creșterea performanțelor electrofiltrelor;

- dotarea cu autolaboratoare specializate pentru măsurarea emisiilor poluante: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, pulberi.

Aceste termocentrale au fost proiectate într-o perioadă în care impactul funcționării lor asupra mediului era subevaluat, iar constrângerile referitoare la protecția mediului erau relativ puține — chiar amplasamentul lor a fost ales, de cele mai multe ori, după criterii arbitrare și niciodată după cel al impactului minim asupra mediului.

Vânturile, prin direcție și viteză, pot împrăști rapid impuritățile emise, ducând mai ales în timpul sezonului de încălzire a locuințelor, la o scădere a emisiei în apropierea centralei și la o creștere a ei către zonele învecinate.

Industria materialelor de construcții reprezintă o importantă sursă de poluare a aerului cu pulberi în suspensie și sedimentabile. Aceasta are la bază prelucrarea unor roci naturale (silicați, argile, calcar, magnezit, ghips etc).

Sub aspectul impactului exercitat asupra mediului, industria cimentului este cea mai importantă ramură a acestui domeniu. Materialele de bază, care intră în fabricarea cimentului, sunt piatra calcaroasă amestecată cu argila. Sunt cunoscute și aplicate două procedee de fabricare:

- procedeul uscat, în care materiile prime sunt deshidratate, fărâmițate în mori speciale și trecute apoi în cuptoare rotative lungi, unde sunt tratate la temperaturi înalte;

- procedeul umed, în care materiile prime se amestecă cu apa, apoi în stare umedă se macină în mori speciale, după care partea rezultată este trecută la rândul ei în cuptoare rotative, unde procesul este același ca la procedeul uscat.

Temperaturile din cuptoare determină mai întâi fărâmițarea materialului, cu formare de clincher iar apoi, prin măcinare, se obțin particule foarte fine, care constituie cimentul propriu-zis. Procesele tehnologice descrise produc cantități mari de praf, în toate verigile lanțului tehnologic: uscătoare, mori de materii prime, cuptoare, procese intermediare. Din uscătoare se elimină în atmosferă aproximativ 10% din cantitatea introdusă, din mori, 1 - 3% din cantitatea prelucrată, din cuptoarele rotative, 10%, iar din procesele intermediare, între 2-4%.

Particulele în suspensie, datorită dimensiunilor mici, rezultate din prelucrarea materiei prime sau din depozitul materialului sterii, duc la respirația dificilă a aerului.

În funcție de profilul industriei (fabrici de ceramică, materiale asfaltice, fabrici de cărămidă, materiale refractare, etc.) în atmosferă mai pot fi emiși silicați, fluoruri, CO, etc.

Ponderea activităților de construcții s-a extins extrem de mult, astfel că acestea au devenit treptat surse semnificative de impurificare a aerului, mai ales cu pulberi la nivel regional.

Metalurgia feroasă poluează atmosfera cu cantități mari de poluanți ca: oxizi de fier, dioxid de sulf, oxid de carbon, mangan, arsen, cărbune, cenușă, funingine, pulberi, etc.

Cele mai însemnate etape care determină impurificarea aerului sunt: prepararea minereului, prepararea cocsului, prepararea fontei, precum și obținerea fontei. Cantitățile mari de dioxid de sulf eliminate în atmosferă pe faze de producție sunt: de 15 - 16 kg SO<sub>2</sub>/t de cocs; 1,5 - 4 kg SO<sub>2</sub>/t de fontă și cca. 2 kg de SO<sub>2</sub>/t de oțel.

Metalurgia neferoasă poate polua atmosfera cu particule de oxizi metalici (Pb, Zn, Cu, Cd, Ba, etc.) împreună cu compuși gazoși ca oxizi de sulf, oxizi de carbon, oxizi de azot.

Poluarea produsă este deosebit de importantă deoarece topirea minereurilor se face la temperaturi ridicate eliminându-se aerosoli ai metalelor respective, care în general sunt toxici, iar minereurile care sunt bogate în suțuri degajă mari cantități de dioxid de sulf.

Emisiile de poluanți au loc atât la obținerea concentratelor de minereuri când se degajă mari cantități de pulberi și dioxid de sulf, cât și la operațiile de topire și rafinare. Cu toate că cea mai mare parte a aerosolilor de metale neferoase sunt toxici, cei cu gradul cel mai mare de pericolozitate sunt aerosolii de plumb care pot fi împrăștiați la mare depărtare.

### Industria chimică

Poluanții emiși în atmosferă sunt în funcție de materiile prime utilizate în procesul tehnologic. Cele mai importante substanțe impurificatoare sunt: compușii cu sulf (H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, mercaptani, sulfura de carbon), compuși ai azotului (NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>), acidul clorhidric, clorul fenoli, hidrocarburi, pesticide, etc. Dintre ramurile industriei, cu cele mai grave efecte ale poluanților chimici, menționăm industria pesticidelor, a îngrășămintelor chimice, solvenților organici, cauciucului, maselor plastice, etc.

### Industria petrochimică

Petrolul brut fiind un amestec de hidrocarburi cu mici cantități de sulf, oxigen, azot și alte elemente, pentru obținerea gamei largi de produse necesare este supus unor prelucrări: distilare, cracare, tratare chimică, desulfurare etc. În cursul acestor operații de rafinare se pot elimina în atmosferă diverși poluanți ca: oxizi ai sulfului, oxizi ai azotului, hidrocarburi, pulberi, funingine, oxizi de carbon, aldehide, amoniac, etc.

Pe faze de prelucrare poluanții emiși sunt:

- la înmagazinare și manevrare, în funcție de caracterul volatil al produselor, precum și în funcție de temperatură, se pot emana vapori ai hidrocarburilor respective;
- la regenerarea catalizatorilor, operație în care cocsul format pe suprafața acestora (pe durata cracării catalitice și a hidrogenării) este îndepărtat, aerul atmosferic se poate impurifica cu pulberi, diverse hidrocarburi, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>;
- în timpul procedurii de distilare și cracare se degajă dioxid de sulf (din sulful conținut de petrol), oxizi de azot, pulberi și cantități mici de hidrocarburi și acizi organici;
- faclele în care ard gazele reziduale și hidrogenul sulfurat impurifică atmosfera cu funingine și dioxid de sulf;
- odată cu încărcarea și descărcarea produselor, precum și cu separarea apelor reziduale, pot avea loc scurgeri de hidrocarburi care se evaporă, în timp ce la unele dispozitive din instalații ca valvele conductelor, pompe, compresoare, ca urmare a presiunii, temperaturii mari sau coroziunii se pot realiza scăpări de hidrocarburi care evaporate se împrăștie în atmosferă.

Industria alimentară poluează aerul cu diferiți agenți patogeni (virusi și bacterii), cu pulberi rezultate din măcinarea cerealelor, obținerea laptelui pulverizat și a gazelor urât mirositoare rezultate din fermentațiile produselor de proveniență animală (pește, carne) și vegetală. Freonii utilizați ca agenți frigorifici, eliberați în atmosferă, contribuie la distrugerea stratului de ozon.

### Încălzirea locuințelor

O formă de poluare care trebuie luată în considerare, mai ales în timpul iernii, o constituie fumul, cenușa, funinginea și gazele evacuate de coșurile caselor ca rezultat al încălzirii domestice. Încălzirea locuințelor se face în această perioadă prin diferite sisteme individuale sau centrale, prin alimentarea cu combustibil lichid, gaze naturale, sobe, etc., favorizându-se o poluare a aerului din încăperi și a atmosferei, în general, eliminându-se dioxidul de sulf, hidrogen sulfurat, oxizi de azot, particule cu metale grele, compuși organici volatili, etc. Datorită înălțimii mici a (coșurilor de fum, precum și datorită instalațiilor de ardere (sobe) cu un randament redus, se produce o rată redusă a evacuării în aerul atmosferic a poluanților, crescând extrem de mult capacitatea de degradare a aerului din proximitatea zonelor de locuire.

Fumul degajat de sobele cu lemne are o culoare albastră fumurie și este alcătuit dintr-un volum mare de materii organice, care se consideră că pot fi cancerigene. Însă, în utilizarea casnică nu se arde doar material lemnos, ci și cantități mari de cărbuni, petrol și gaze naturale, din care provin, de asemenea, substanțe toxice, ducând la creșterea poluării și a nocivității gazelor poluante datorită amestecării acestora.

### Gospodărirea comunală

O altă sursă de impurificare o reprezintă pulberile stradale care pot rezulta din deteriorarea materialului asfaltic ca urmare a circulației; din particulele de nisip și argilă, scoase și aspirate din pavaj de către anvelopele autovehiculelor; din particulele transportate de vânt și de vehicule (existența construcțiilor urbanistice, a gunoaielor, precum și cenușa împrăștiată de locatarii caselor amplasate la marginea orașului). Din circulația vehiculelor, sau din cauza curenților de aer, o însemnată cantitate de pulberi este ridicată în atmosferă, contribuind, împreună cu emanațiile de pulberi industriale, la impurificarea atmosferei centrelor urbane.

### Surse agricole

Agricultura are o contribuție importantă la poluarea mediului natural prin folosirea volumului mare de îngrășăminte chimice, pesticide, prin pulberile care se formează din cauza desfășurării lucrărilor agricole, prin descompunerea materiei organice. Dintre sursele artificiale, cea mai însemnată în producerea amoniacului este agricultura, iar din cadrul acesteia, ramura zootehnică. Contribuția agriculturii în producerea emisiilor de amoniac este de 96% și este cauzată de dejecțiile provenite din creșterea animalelor.

Lucrările mecanizate din agricultură mai pot determina dispersarea în mediu a unor pulberi din substanțele chimice utilizate în mod curent, cum ar fi îngrășămintele chimice. Concentrația de particule fine provenite din gazele de ardere de la motoare cu ardere internă și de la instalații de ardere diferă în funcție de momentul din zi, de anotimp și de starea vremii, de sarcina la care aceste lucrează, etc. În timpul iernii rămân în aer mai multe particule decât vara. A fost apreciată o concentrație medie de  $PM_{2,5}$  în aer de  $3 \mu g/m^3$  din cauza gazelor de ardere de la motoare diesel.

La unele lucrări mecanizate în agricultură se răspândește praf, cu particule de diverse mărimi, ca urmare a împrăștierei particulelor fine din solul uscat la diferite lucrări ale solului și la recoltarea anumitor culturi (de exemplu combina de cereale).

Unii proprietari de terenuri agricole obișnuiesc ca după recoltarea diverselor culturi să curețe terenul de resturile vegetale prin arderea acestora, ducând la poluarea atmosferei prin fumul și diferitele gaze de ardere eminate. Prin arderea reziduurilor se crează o însemnată sursă de impurificare a atmosferei cu fum, cenușă și gaze rău mirositoare, în cantități mai mari sau mai mici, în funcție de natura reziduurilor și de gradul de combustie, astfel de fenomene extreme apărând în zona haldelor de deșeuri menajere municipale.

Gradul de remanență a poluanților în atmosferă diferă în funcție de natura poluanților, de proprietatea acestora de a reacționa, precum și de factorii meteorologici specifici locului.

Gradul de persistență a diversilor poluanți atmosferici (după Ciobotaru I Virginia, Socolescu Ana Maria, 2008).

Poluant	Remanență	Autoepurare
freoni (CFC)	circa 100 de ani	prin reducerea gradului de clorurare
hidrocarburi	circa 16 ani	prin oxidare
CO <sub>2</sub>	circa 4 ani	prin absorbție în apă și pe roci - alcaline, fotosinteză
CO	2 - 3 ani	prin oxidare la CO <sub>2</sub>
NO,NO <sub>2</sub>	5 zile	prin oxidare la nitrați
SO <sub>2</sub>	4 zile	prin oxidare la sulfați, absorbție în aerosoli, reacție cu NO <sub>x</sub> și cu hidrocarburi
N <sub>2</sub> O	1-3 zile	disociere fotochimică, acțiuni biologice în sol
NH <sub>3</sub>	2 zile	prin oxidare la nitrați, reacție cu SO <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> S	2 zile	prin oxidare la SO <sub>2</sub> și H <sub>2</sub> O

În urma *influenței reciproce* pot să apară diferite fenomene care se datorează activității chimice a substanțelor poluante, în special în prezența oxigenului și a radiațiilor ultraviolete.

- în marile orașe, datorită gazelor de eșapament care conțin oxizi de azot și compuși organici incomplet arși, poate să apară *smogul* (smoke = fum, fog = ceață). Acest fenomen, format din ceață densă, amestecată cu fum și praf industrial, cauzează reducerea vizibilității pe marile artere rutiere și în zonele industriale, afectează negativ starea de sănătate a populației, degradează construcțiile, distruge vegetația.
- în urma reacțiilor fotochimice se formează ozonul, care are efecte negative, asupra populației și culturilor agricole, atunci când concentrația maximă admisă la suprafața solului este depășită,

Enumerăm câteva din măsurile ce se impun în vederea prevenirii poluării aerului:

1. Amplasarea întreprinderilor care poluează atmosfera în afara localităților și în locuri care nu permit transportul prin curenți de aer a substanțelor poluante emise (aplicându-se aici principiul de rețenere a poluanților la sursă), prin stimularea agenților economici;
2. Utilizarea în industrie a tehnicilor și utilajelor performante pentru evitarea pierderilor („scăpărilor”) de substanțe toxice;
3. Adoptarea de tehnologii nepoluante sau folosirea de materii prime din care să rezulte cantități cât mai mici de poluanți;
4. Folosirea surselor nepoluante de energie cum sunt cele alternative: eoliană, hidroelectrică, solară, deoarece se știe că termocentralele bazate pe folosirea cărbunilor emit cenușă, oxizi de sulf, de azot și de carbon;
5. Înlocuirea, de câte ori este posibil, a transporturilor auto prin transporturi cu trenul mai ales în condițiile electrificării liniilor de cale ferată;
6. Buna funcționare a motoarelor cu ardere internă și limitarea (interzicerea) utilizării motoarelor în doi timpi;
7. Înlocuirea tehnologiilor energofage, pentru ca prin reducerea consumului de carburanți să se reducă și poluarea aerului;
8. Dotarea unităților poluante cu aparatură de măsurare și urmărire a valorilor noxelor evacuate în atmosferă.

Totuși, aceste măsuri nu sunt suficiente, deoarece trebuie să se evite orice poluare a mediului, indiferent de distanța sursei de poluare de centrele locuite. Trebuie să se filtreze aerul poluat rezultat din procesele tehnologice, pentru a evita eliminarea poluanților în atmosferă. Construirea de coșuri de evacuare a gazelor cu înălțimi tot mai mari este un paleativ, dar nu un mod de evitare a poluării, deoarece nu fac decât să reducă emisia din apropierea sursei, sporind-o însă în zonele mai îndepărtate neafectate anterior. Aceste măsuri sunt necesare întrucât împiedică depășirea accentuată și persistentă a concentrației maxime admisibile pentru diferiți poluanți, care creează în anumite situații sinoptice, stări insuportabile pentru locuitorii urbani.



#### 4.1.2 Factori care influențează autopurificarea atmosferei

Poluanții emiși în atmosferă sunt supuși procesului de autopurificare care cuprinde în principal fenomenul de diluare, de modificare chimică și de depunere (sedimentare). Reducerea gradului de concentrare a poluanților atmosferici se realizează prin procesele de diluare și de depunere. Fenomenul de transformare chimică nu este constant, uneori se realizează cu întârziere, existând posibilitatea să se producă substanțe cu o agresivitate mai mare.

Însă un exemplu de transformare chimică imediată care reduce caracterul dăunător al poluanților este reacția dintre clor și amoniac cu alcătuirea clorurii de amoniu, cu o agresivitate mai scăzută și cu o stabilitate mai mică în atmosferă. Cel mai însemnat proces este cel de diluție și sedimentare, care este condiționat de însușirile substanțelor poluante și de totalitatea factorilor de mediu care se produc în aerul atmosferic în care pătrund.

În ceea ce interesează caracterul substanțelor poluante, suspensiile au stabilitate mai redusă în atmosferă decât substanțele gazoase și o capacitate de difuzie mai scăzută. Gradul de stabilitate este cu atât mai redus cu cât dimensiunea și masa sunt mai mari. Suspensiile au în raport cu gazele capacitate mai mare de a se depune, însă au o capacitatea mai scăzută de a se dilua.

Gazele au proprietatea de a difuza mai ușor în atmosferă. Posibilitatea de difuzie și implicit micșorarea concentrației fiind invers proporționale cu densitatea. Substanțele gazoase cu o densitate mare (de ex. clorul, vaporii de mercur etc.) se concentrează la nivelul suprafeței terestre, în timp ce substanțele cu densitate mică (de ex. oxidul de carbon) se înalță rapid în partea de sus a atmosferei.

Printre factorii de mediu care exercită o influență asupra autopurificării și prin urmare producerea unor concentrații mai ridicate sau mai scăzute, specificăm: caracteristicile emisiilor și factorii geografici care sunt: factorii meteorologici, factorii de relief, vegetația, suprafețele acvatice și factorii urbanistici.

Emisiile exercită o influență asupra evoluției gradului de poluare și autopurificare prin natura și cantitatea emisiilor poluante. Acestea determină un anumit nivel de autopurificare a aerului atmosferic. Eliminările pot fi fără întrerupere sau cu întreruperi, în cel din urmă caz existând și transformările corespunzătoare emisiei. Atât viteza cât și temperatura substanțelor poluante emise pot exercita o influență asupra procesului de autopurificare. Prin urmare viteza și temperatura ridicată la emisie au tendința de a împrăștia la înălțimi mai mare substanțele poluante, favorizând în acest mod scăderea concentrației lor în aer.

Felul de evacuare în atmosferă are pe lângă acestea un rol însemnat. În cadrul surselor de poluare staționare, sistemul organizat (coșuri, guri de ventilație) duce la o delimitare a emisiilor, suprafața cu cel mai ridicat nivel de poluare este restrânsă între anumite limite aflându-se la o anumită depărtare, în timp ce emisiile neorganizate sunt răspândite cu crearea unei regiuni puternic poluate în preajma zonei de evacuare. Înălțimea la care se face emisia exercită influență asupra fenomenului de autopurificare în sensul că eliminările la înălțime mare avantajează micșorarea concentrației în aer și se mărește distanța la care se înregistrează concentrația maximă la suprafața terestră. Astfel, nivelul poluării va fi mai scăzut comparativ cu emisia de poluanți la înălțime joasă.

Sursele mobile prezintă caracteristicile amintite anterior; eliminările împrăștiate pe o zonă mare și înălțime foarte redusă conduc la înregistrarea unor concentrații relativ crescute (diluții mici) în vecinătatea zonei de emisie.

##### 4.1.2.1 Factorii geografici și impactul lor asupra poluării aerului

Dintre factorii geografici cu influență asupra poluării aerului cei mai importanți sunt cei meteorologici, apoi relieful, vegetația și așezările urbane.

##### Factorii meteorologici care influențează stagnarea poluanților

Dintre condițiile meteorologice care favorizează, ca rezultat al impactului antropic, impurificarea atmosferei inferioare prin stagnarea poluanților în jurul surselor de emisie, un rol deosebit îl au: stratificația termică stabilă și cea indiferentă a atmosferei, inversiunile de temperatură, calmul atmosferic, umezeala aerului.

**Stratificația termică stabilă** se realizează atunci când gradientul termic vertical (local) este mai mic de  $1^{\circ}\text{C}$ . respectiv mai mic decât gradientul adiabatic uscat. Într-o astfel de situație, un volum de aer ipotetic, în

mișcare adiabatică, impusă, ascendentă sau descendentă, se răcește mai mult, respectiv se încălzește mai mult decât mediul atmosferic înconjurător. Prin urmare în volumul de aer iau naștere forțe care tind să se împotrivescă acestei deplasări și să-l readucă în starea inițială. Această stratificație termică este defavorabilă oricărei mișcări pe verticală, păturile de aer fiind în echilibru stabil (Măhăra Gh, 2001).

În această situație, orice masă de poluant, emisă la o oarecare altitudine și care a primit la început o mișcare ascendentă se menține mai rece decât atmosfera înconjurătoare. Prin urmare, masa de poluant este mai grea și are tendința de a se întoarce la poziția de la început. Așadar, poluanții emiși nu se vor răspândi, iar pana de fum va arăta ca o fâșie de grosime mică.

**Inversiunea de temperatură** este una dintre principalele cauze ale stabilității atmosferice. Producerea unui strat de aer cu temperatură ridicată la înălțime este cauza faptului că în cursul zilei distribuția verticală a temperaturilor coincide gradientului termic normal, iar în cursul nopții situația se schimbă. În acest fel, odată cu asfințitul soarelui, suprafața terestră se răcește repede, determinând și răcirea straturilor de aer învecinate. Aerul rece se transmite la înălțime, ajungându-se la cazul în care temperatura crește cu înălțimea. Aerul cald situat la înălțime împiedică mișcările convective ale aerului, iar condițiile atmosferice rămân stabile. Poluanții aerului rămânând astfel la nivelul stratului de inversiune, difuzia acestora fiind împiedicată. Când stratul de inversiune termică este coborât iar volumul poluanților este foarte ridicat, nivelul de concentrare al acestora înregistrează valori critice. Stratul de inversiune termică poate persista mai multe zile în cazul în care cerul este acoperit.

**Stratificația termică indiferentă** apare atunci când gradientul termic vertical este egal cu  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ , respectiv egal cu gradientul adiabatic uscat, în această situație, o masă de aer nesaturat aflată în mișcare ascendentă sau descendentă se încălzește la fel ca și aerul din jurul său, astfel că la orice nivel temperatura sa va fi egală cu cea a aerului înconjurător pe care-l străbate. Deci între mediul atmosferic în repaus și cel în mișcare nu există nici o diferență, astfel că atmosfera se află într-un echilibru indiferent.

În acest caz poziția ocupată de o masă de substanțe poluante depinde de viteza de emisie: când viteza de emisie este redusă poluanții se vor concentra, iar atunci când viteza de emisie este mare poluanții se vor dispersa. Concentrația poluanților se reduce uniform pe măsura distanțării de centrul de emisie.

#### **Inversiunile de temperatură**

Bilanțul caloric al suprafeței subiacente active joacă un rol hotărâtor în distribuția verticală a temperaturii aerului din troposfera inferioară. Când valorile bilanțului caloric sunt negative temperatura aerului are valori mai mici în apropierea suprafeței subiacente active și cresc odată cu creșterea altitudinii.

Acest tip de distribuție caracterizează inversiunile de temperatură, fenomene meteorologice cu o frecvență mai mare iarna.

Inversiunile de temperatură sunt expresia inversă a convecției termice: dacă ziua în condiții de insolație, atmosfera se încălzește prin convecție termică (au loc curenți de aer ascendenți), noaptea, în condiții de radiație efectivă a suprafeței terestre, atmosfera se răcește (au loc curenți de aer descendenți). În aceste condiții se pot înregistra valori ridicate ale umezelii aerului, care favorizează formarea și stagnarea cețurilor și păclei, precum și producerea unor reacții chimice, ca urmare a prezenței în aer a anumitor compuși gazoși în prezența vaporilor de apă.

Inversiunile termice constituie acele situații atmosferice în care temperatura aerului crește în același timp cu creșterea altitudinii, ceea ce semnifică că în straturile cu înălțimi mai mici aerul înregistrează valori termice mai scăzute și o densitate mai mare. Frecvența de producere a acestui proces după cum și perioadele din an prielnice producerii lui prezintă o însemnătate practică deosebită întrucât apariția acestora favorizează producerea și menținerea unei durate mai mari de timp a fenomenelor caracteristice impurificării atmosferei urbane.

Inversiunile de temperatură se produc, de obicei, pe timp anticiclonic (senin și liniștit) în timpul nopții, mai ales în sezonul rece al anului, fiind favorizate de răcirea radiativă a suprafeței terestre. Răcirea este accentuată de prezența stratului de zăpadă, în timp ce în condiții de cer acoperit răcirea radiativă se diminuează din cauza ecranului protector de nori. Deasupra suprafețelor cu apă sunt caracteristice inversiunile de evaporație, datorită consumului de căldură realizat în procesul radiativ.

Inversiunile termice sunt frecvente îndeosebi în perioadele de vreme instabilă (toamna, început de iarnă, început de primăvară) și în anumite condiții de relief (văi, depresiuni).

Fenomenul este cu atât mai nefavorabil cu cât plafonul de inversie este mai jos și mai stabil. Inversiunile de temperatură pot avea diferite grosimi și se pot forma la înălțimi diverse. Cauzele formării sunt de natură termică și dinamică.

*Inversiunile de radiație* înregistrează cea mai mare frecvență și iau naștere datorită răcirii radiative a suprafeței subiacente. Aerul care atinge suprafața terestră răcită se va răci de jos în sus, determinând o inversiune termică. În funcție de perioada de formare se pot împărți în: nocturne, de iarnă și de primăvară.

În cursul nopții iau naștere *inversiunile de radiație nocturnă*, în condițiile unui cer senin când se produce răcirea radiativă a aerului și a solului, precum și în prezența calmului atmosferic. Intensitatea maximă se înregistrează la sfârșitul nopții. Se formează cu precădere în regiunile cu amplitudine termică diurnă mare.

*Iarna* stratul de inversiune se poate întinde pe verticală la peste 1,5 km și poate dura mai multe zile.

*Inversiunea de primăvară sau de zăpadă* se formează datorită răcirii aerului aflat în contact cu suprafața stratului de zăpadă în curs de topire, cât și prin consumul de căldură în procesul de topire a stratului de zăpadă. Vara grosimea stratului de inversiune este redusă și dispare odată cu încălzirea din cursul dimineții.

*Inversiunile dinamice* sunt datorate mișcării aerului în sens vertical și orizontal.

Pot fi clasificate în:

- inversiuni de advecție;
- inversiuni frontale;
- inversiuni de comprimare sau anticiclone;
- inversiuni dinamice de altitudine;
- inversiuni orografice.

*Inversiunile de advecție* iau naștere în timpul iernii când masele de calde formate deasupra mării se deplasează deasupra uscatului care este foarte răcit.

*Inversiunile frontale* se formează atunci când o masă de aer cald alunecă ascendent de-a lungul liniei frontului peste o masă de aer rece sau atunci când o masă de aer rece intră sub o masă de aer cald pe care o ridică.

*Inversiuni de comprimare sau anticiclone* se formează pe grosimi fie la câteva sute de metri până la câteva mii de metri. Se produc în formele barice cu presiune ridicată (anticlone), unde pe verticală se dezvoltă curenți de aer descendenți care duc la încălzirea aerului prin comprimare adiabatică.

*Inversiuni dinamice de altitudine* se formează între doi curenți de aer de sens opus formați datorită unui vânt puternic. Acesta exercită o absorbție aerodinamică asupra aerului din jur. Prin urmare, în aerul din stratul superior curențului de aer apar mișcări descendente urmate de încălzirea adiabatică a aerului, iar în stratul de aer inferior se formează mișcări ascendente în care aerul se răcește adiabatic.

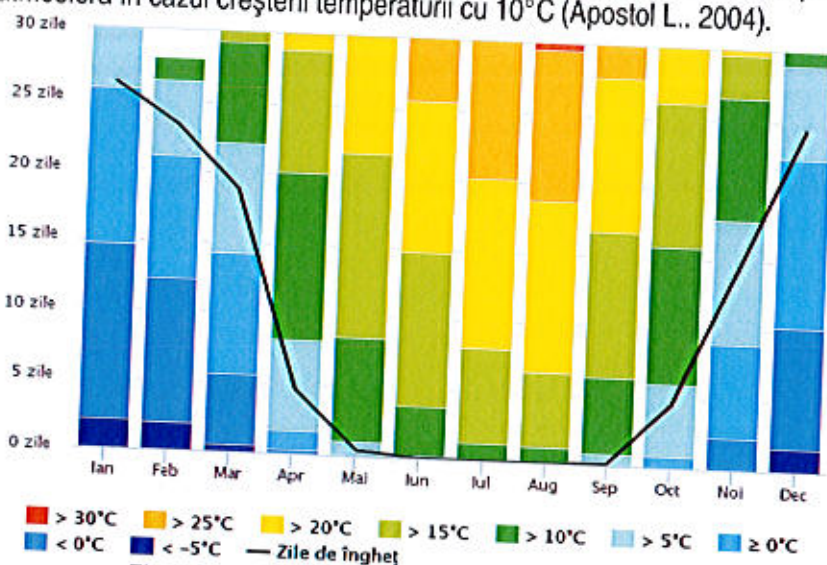
*Inversiunile orografice* au atât cauze termice cât și dinamice. Se dezvoltă în depresiuni și văi unde aerul rece de pe versanți, mai greu și mai dens coboară pe verticală și se acumulează pe fundul acestora, în timp ce pe culmi aerul înregistrează valori termice mai ridicate.



**Fig.60. Inversiune termică marcată de covorul vegetal: pe vale se dezvoltă o pădure de rășinoase în timp ce spre zona mediană a versantului apare o pădure de foioase ce este apoi înlocuită treptat de pădurea de amestec și în cele din urmă de pădurea de rășinoase.**

Fenomenul are o frecvență ridicată în anotimpul rece, în depresiunile care se află în interiorul arcului muntos, unde ca urmare a inversiunilor termice se produc minimele absolute (- 38,5°C, la Bod, județul Brașov, înregistrată la data de 25 ianuarie 1942).

Temperatura aerului acționează asupra poluanților atmosferici în mod direct prin dublarea vitezei de reacție a noxelor în atmosferă în cazul creșterii temperaturii cu 10°C (Apostol L., 2004).



**Fig.61 Diagrama temperaturii maxime jud. Hunedoara.**

### Calmul atmosferic

Vântul ca element meteorologic tinde să egalizeze diferențele de temperatură, presiune și umezeală existente în atmosferă în sens orizontal. Această egalizare însă, nu se produce decât pentru un interval de timp foarte scurt, când apare un calm atmosferic în rest, apărând noi diferențe, reapare vântul, care întreține o stare medie a acestor diferențe, deci este un element meteorologic însemnat și un factor care realizează o echilibrare în atmosferă.

Calmul atmosferic reprezintă un factor nefavorabil în sensul că avantajează concentrarea agenților poluanți în jurul sursei de emisie, fără a exista posibilitatea împrăștierii acestora.

### Umezeala aerului

Constituie o altă componentă a complexului atmosferic, ce reprezintă un factor agravant al impurificării, datorită faptului că împiedică dispersarea impurităților, prin reducerea vitezei de deplasare, în special în perioadele de mare umiditate.

În prezența umidității ridicate și a fumului se formează smogul umed care reduce vizibilitatea și provoacă neajunsuri, grave uneori, sănătății publice și activităților economice.

Datorită intensității radiațiilor solare se formează în anumite situații sinoptice smogul oxidant fotochimic. Se consideră că în lanțul de 13 reacții chimice care conduc la formarea smogului, rolul principal revine oxidului de azot, respectiv ciclului fotoclitic al  $\text{NO}_2$  și hidrocarburilor.

Dioxidul de azot sub influența luminii solare se descompune și produce oxigenul atomic, care se combină cu oxigenul molecular și produce ozonul, primul component al smogului oxidant. În absența hidrocarburilor, aceste reacții ating un echilibru, realizându-se astfel o concentrație relativ mică de ozon. Prin participarea hidrocarburilor nesaturate la acest ciclu de reacții, se produce, pe lângă ozon, cel de-al doilea oxidant fotochimic principal peroxiacetilnitratul denumit uzual PAN, sau nitratul peroxidic al acidului acetic ( $\text{CH}_3\text{COONO}_2$ ), precum și alți oxidanți fotochimici asemănători cu aceștia.

Ozonul devine un agent poluant atunci când depășește o anumită concentrație în straturile inferioare ale atmosferei și alături de PAN produce iritarea ochilor.

Datorită faptului că oxidul de azot și hidrocarburile sunt responsabile pentru formarea smogului, se impun reducerea concentrațiilor acestora prin măsuri corespunzătoare asupra surselor generatoare (autovehicule, procese industriale).

Umiditatea crescută a aerului împiedică în general difuzia și deci diluarea poluanților în aer, iar suspensiile constituie nuclee de condensare care favorizează apariția ceații. Ceața este de fapt una din condițiile meteorologice cele mai defavorabile autopurificării, prin reducerea capacității de difuzie. În plus, în ceață se dizolvă poluanți solubili în apă, putând conferi ceații proprietăți toxice.

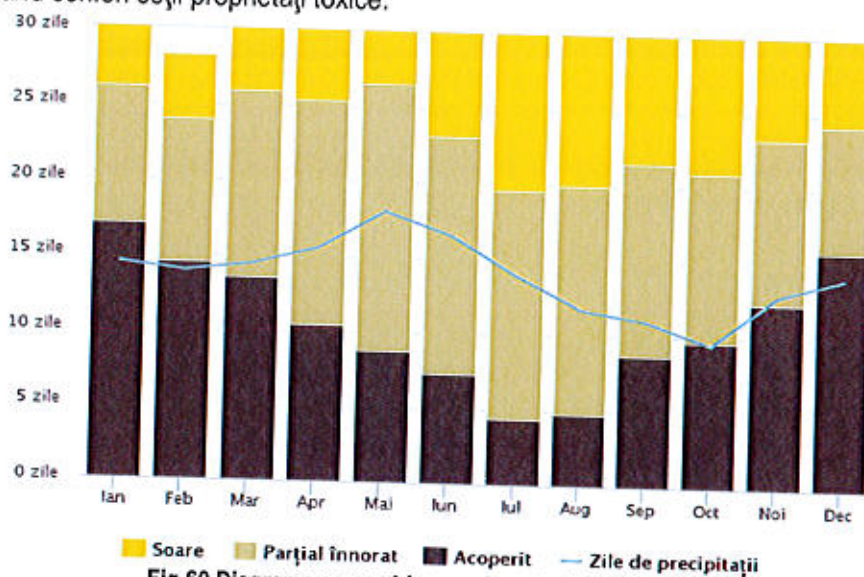


Fig.62 Diagrama acoperiri cu nori pentru jud. Hunedoara

### Factorii meteorologici care influențează dispersia poluanților

Dintre factorii care conduc la depoluarea atmosferei sunt: vântul, stratificația instabilă a aerului, precipitațiile atmosferice.

#### **Vântul**

Vântul prin cei doi parametri ai săi, direcție și viteză, contribuie la antrenarea și împrăștierea impurităților la distanțe mari de sursele de emisie. Este elementul meteorologic determinant în transportul orizontal al poluanților, atât prin direcție cât și prin viteză.

Pentru stabilirea direcțiilor de deplasare a impurităților este necesară cunoașterea frecvenței direcțiilor dominante ale vântului.

Pentru studierea direcției și vitezei vântului pe o perioadă mai mare de timp (lună, anotimp, an sau multianual) se realizează roza vântului. Așadar, se determină frecvența în procente din numărul total de cazuri pentru fiecare din cele opt direcții principale după care se trasează, conform datelor, roza vânturilor. Pe același grafic se reprezintă și viteza vântului, în m/s. Această prelucrare permite analiza frecvenței cazurilor de vânt slab, moderat sau foarte intens corespunzătoare celor opt direcții cardinale.

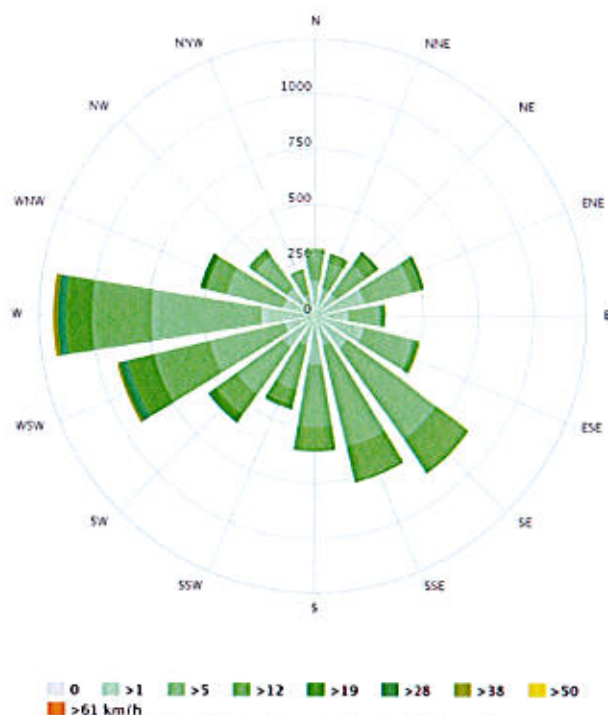
Direcția vântului este elementul care determină direcția de transport a poluanților. Pana de poluanți va fi dusă întotdeauna pe o direcție diametral opusă direcției vântului, această direcție reprezintă axa penei.

În troposfera inferioară viteza vântului descrie un maxim după-amiază, în jurul orei 13 și un minim în cursul nopții, ca urmare a mișcărilor convective ale aerului și a schimbului turbulent.

În atmosfera înaltă viteza vântului înregistrează valori ridicate în cursul nopții și valori reduse în orele de după amiază.

Acest element meteorologic este hotărâtor în vederea amplasării obiectivelor industriale în funcție de zonele populate. Astfel, obiectivul industrial trebuie amplasat, față de centrul populat, în sens opus direcției predominante a vântului. Zonele situate pe direcția curentului de aer dominant în raport cu sursele de poluare sunt întotdeauna cele mai afectate.

La nivelul județului Hunedoara roza vânturilor are o structură net orientată pe două direcții dominante: V-E ca urmare asurgerii aerului dinspre Câmpia Transilvaniei și ENE-VSV ca urmare a scurgerii aerului dinspre Carpații Orientali, pe culoarul Hunedoarului.



**Fig.63 Roza vânturilor pentru jud. Hunedoara.**

### **Stratificația instabilă a aerului**

În ceea ce privește temperatura aerului, modificările de densitate au o influență neglijabilă, de mare importanță fiind însă gradientul termic. Situația obișnuită în care temperatura scade cu înălțimea favorizează dispersia poluanților și realizarea unor concentrații mai mici, deoarece prin curenții ascensionali, poluanții sunt antrenați spre altitudini mari.

În acest caz, orice masă de poluanți evacuată la o oarecare înălțime și căreia i s-a imprimat un impuls ascendent se va menține mai caldă decât aerul care o înconjoară, deci cu o densitate mai redusă și va continua să se ridice.

Atunci când impulsul este descendent, masa de poluant va fi tot timpul mai rece decât aerul ambiant, deci mai grea, motiv pentru care va continua să coboare. Însușirea acestui caz o reprezintă accelerarea impulsului inițial. Poluanții evacuați la înălțime se vor prezenta sub forma unui panș contorsionat datorită mișcărilor convective (ascendente și descendente). Așadar, instabilitatea atmosferică este mult mai benefică dispersiei poluanților decât indiferența.

Dispersia poluanților în atmosfera liberă mai depinde de situația barică a atmosferei în anticiclone reci, cu mase de aer arctice subpolare, cu mișcări adiabatică descendente și inversiuni termice pronunțate, poluanții emiși stagnează în straturile inferioare ale atmosferei. De exemplu, în masele de aer reci din zona polară, ajunse deasupra continentelor de la latitudini mijlocii, în timpul sezonului rece, grosimea straturilor de reținere a poluanților poate să coboare la 1 - 2 km sau chiar la câteva zeci sau sute de metri. Dimpotrivă, în zonele de întâlnire a maselor de aer de pe fronturile arctic/antarctic, polar sau tropical poluanții fini sunt antrenați până în troposfera superioară sau chiar în stratosfera inferioară de către curenții ascendenți puternici, care iau naștere în regiunile respective.

### **Precipitațiile atmosferice**

Precipitațiile atmosferice au asupra poluării atât consecințe pozitive, cât și negative. Rolul negativ al acestora este pus în evidență mai ales de vegetația forestieră, dar și de deteriorările pe care le suferă unele produse tehnice. Este vorba de ploile acide care constituie flagelul cel mai recent al pădurilor din regiunile cu intensă poluare a aerului sau cu advecții frecvente de aer poluat, în principal cu produși ai sulfului și clorului, din regiuni mai îndepărtate (Ciulache S., 2004).

Precipitațiile atmosferice au un rol important în purificarea atmosferei urbane.

Consecințele pozitive ale precipitațiilor atmosferice sunt date de faptul că acestea joacă rol de filtru al aerului. Efectul de curățare a aerului, prin antrenarea poluanților de către precipitații, este diferit, atât în funcție de durata acestora, cât și în funcție de intensitatea lor. După ce cade o cantitate mare de precipitații atmosfera este mai curată. Cu cât durata precipitațiilor este mai mare cu atât și aerul este mai curat, chiar dacă nu sunt în cantitate mare. Eficiență mai redusă în depoluarea atmosferei se observă în cazul precipitațiilor solide.

Apa rezultată din precipitații își poate modifica proprietățile naturale datorită dizolvării unor poluanți, acest fenomen se poate produce atât la distanțe mari de locul de emisie cât și la altitudine mare.

Precipitațiile participă la curățarea aerului de praf și alte produse de poluare. În absența precipitațiilor sau în condițiile unei frecvențe reduse a acestora, depunerea continuă de impurități pe frunzele arborilor poate avea consecințe dintre cele mai grave pentru activitatea biologică a plantelor.

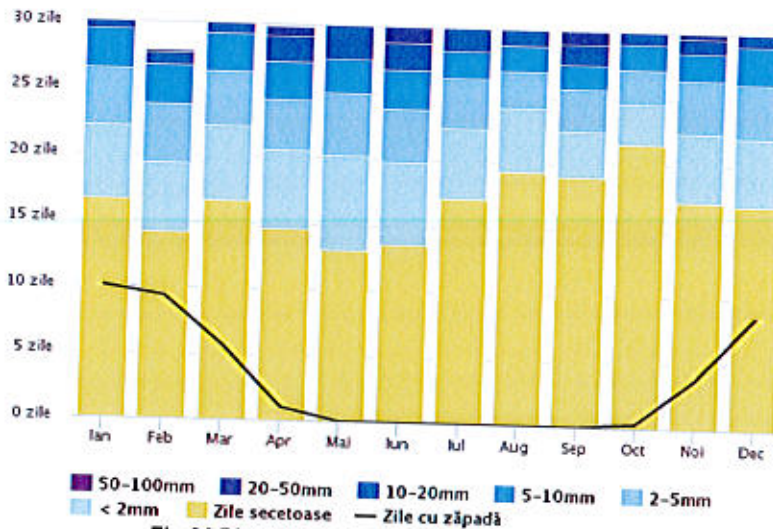


Fig.64 Diagrama precipitațiilor jud. Hunedoara.

### Relieful

Formele de relief exercită un rol important în procesul de autopurificare a aerului atmosferic prin influența pe care o realizează asupra condițiilor meteorologice și mai ales asupra capacității de circulație a aerului asupra regiunii supuse impurificării aerului.

Prin urmare, relieful plat, datorită faptului că este caracterizat prin prezența aproape permanentă a curenților de aer, se caracterizează printr-o poluare mai redusă datorită dispersiei agenților poluanți. Zonele situate în văi sau depresiuni sunt mai expuse poluării datorită faptului că aici ventilația este mai redusă iar frecvența inversiunilor termice este mai mare.

Inversiunile termice au o frecvență ridicată în aceste zone datorită scurgerii aerului rece de pe versanți și a perioadei reduse de strălucire a Soarelui.

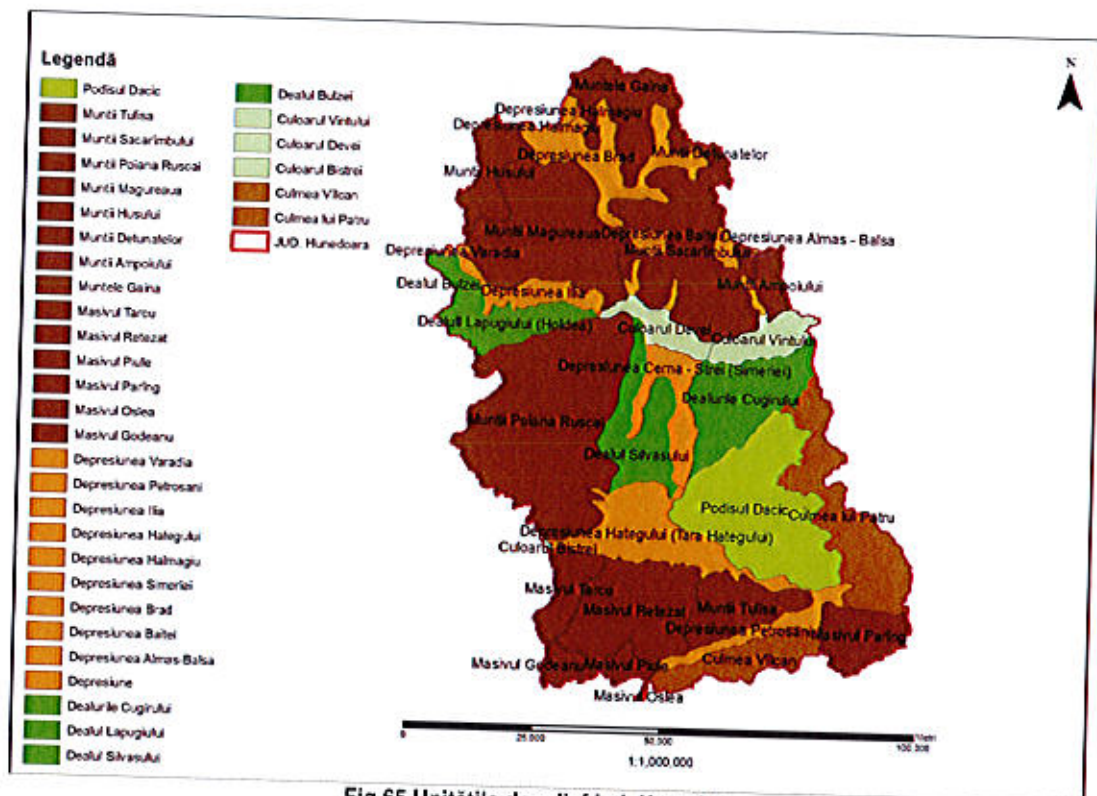


Fig.65 Unitățile de relief jud. Hunedoara



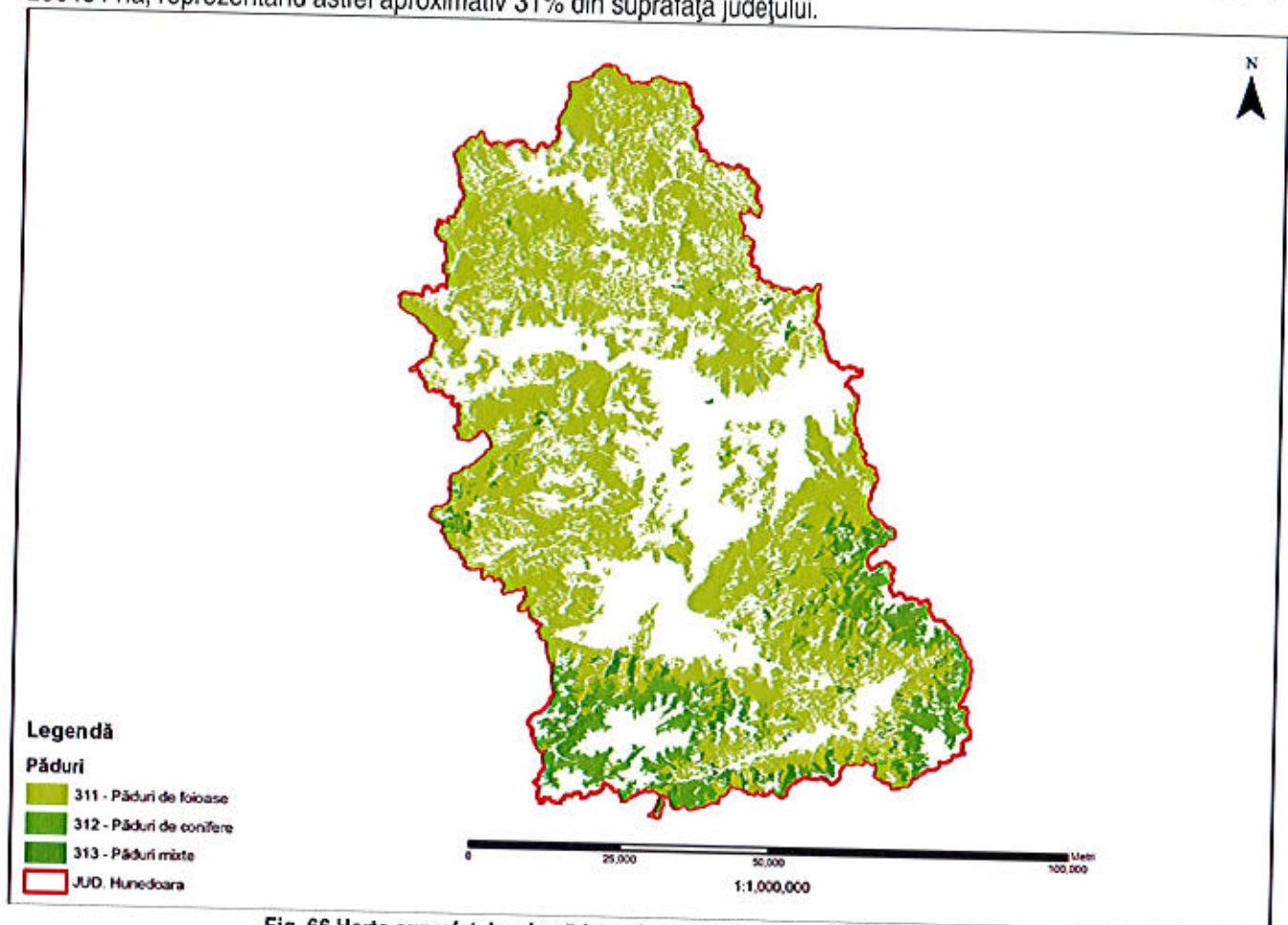
### Vegetația

Vegetația este unul din elementele autopurificatoare însemnate ale atmosferei, cel mai accentuat efect îl au copacii, respectiv pădurile. Vegetația participă la diminuarea poluanților gazoși și a aerosolilor. Capacitatea de filtrare este mai evidentă față de pulberi, apreciindu-se de exemplu că 1 h de pădure de fag poate fixa 68 t de pulberi până când se consumă capacitatea de reținere, situație care practic nu se întâmplă, pentru că precipitațiile atmosferice curăță (spală) partea exterioară a arborilor, regenerează învelișul vegetal și permite revenirea la capacitatea de la început de a filtra.

Prin reducerea vitezei vântului, modificarea turbulenței atmosferei și prin proprietatea suprafețelor frunzelor și a părților lemnoase de a fixa elementele în suspensie, poate fi explicat procesul de reținere a pulberilor.

Pe lângă acestea gradul de concentrare a gazelor este scăzut în arealele verzi, mai ales prin schimbările de microclimat (turbulența atmosferei și ventilația), dar și din cauza capacității de a fixa anumiți (poluanți gazoși) (1 ha de pădure poate fixa cca. 300 kg SO<sub>2</sub>/an) (Mănescu S. și colab., 1994).

Suprafața ocupată de pădure și alte terenuri forestiere la nivelul jud. Hunedoara în anul 2014 era de 209451 ha, reprezentând astfel aproximativ 31% din suprafața județului.



**Fig. 66 Harta suprafețelor de pădure și terenuri forestiere în jud. Hunedoara.**

### Suprafețele acvatice

Prezența unor suprafețe cu apă contribuie la scăderea gradului de poluare prin proprietatea de a fixa atât suspensiile cât și unele gaze impurificatoare. Existența unor întinderi de apă (mări, lacuri mari) dau naștere unor diferențe de presiune, datorită încălzirii diferite a celor două suprafețe subiacente. Diferențele de presiune generează formarea curenților de aer, producând o bună ventilație a regiunii. Viteza acestor curenți este cu atât mai mare cu cât diferențele de presiune sunt mai mari.

### Factorii urbanistici

Forma și mărimea orașului, structura acestora, populația creează condiții favorabile sau se opune autopurificării aerului în funcție de modul cum influențează microclimatul urban și mai ales gradul de aerare al drumurilor. Astfel, străzile cu o lățime mică și rău aerisite, îngrămădirea mare a clădirilor înalte, lipsa suprafețelor verzi, reprezintă factori avantajoși păstrării și concentrării substanțelor poluante în atmosferă. Factorii urbanistici esențiali pentru fiecare categorie de poluare prezintă o însemnătate mare în cazul poluării rezultate de la încălzitul locuințelor sau circulația autovehiculelor.

Variabilitatea mare în timp a nivelului poluării poate fi justificată prin numărul mare de factori care participă la obținerea unui oarecare grad de poluare într-un punct dat. Două recoltări efectuate în același punct, la un interval redus de timp una după alta, înregistrează rezultate foarte variate. Atunci când timpul de recoltare este diferit, valorile citite prezintă de asemenea diferențe însemnate. De obicei în situațiile unei emisii cu caracter constant, cu cât perioada de recoltare în același punct este mai mare, cu cât concentrația de poluant observată pe unitatea de volum de aer este mai redusă (Mănescu S. și colab., 1994). Aceasta confirmă prezența neîntreruptă a variațiilor poluanților în atmosferă, în funcție de toți factorii care o determină și în primul rând de condițiile meteorologice.

Populația după domiciliu a localităților urbane din județul Hunedoara la data de 1 ianuarie 2016:

Localitati	Număr persoane
86687 MUNICIPIUL DEVA	70407
87175 MUNICIPIUL VULCAN	28927
87291 MUNICIPIUL BRAD	15927
86810 MUNICIPIUL HUNEDOARA	74142
87059 MUNICIPIUL LUPENI	27155
87638 MUNICIPIUL ORASTIE	22583
86990 MUNICIPIUL PETROSANI	43190
87219 ORAS ANINOASA	4748
87424 ORAS CALAN	13341
89561 ORAS GEOAGIU	5637
87576 ORAS HATEG	10895
87077 ORAS PETRILA	25119
87665 ORAS SIMERIA	13934
87139 ORAS URICANI	9847

#### **4.1.2.2 Măsurile în vederea menținerii calității aerului**

Măsurile de menținere a calității aerului din prezentul Plan sunt stabilite astfel încât prin minima aplicare a acestora, nivelul fiecărui poluant să se păstreze sub valorile-limită pentru poluanții dioxid de sulf, dioxid de azot, oxizi de azot, particule în suspensie (PM<sub>10</sub>), benzen, monoxid de carbon, plumb sau valorile țintă pentru arsen, cadmiu, nichel benzo(a)piren și PM<sub>2,5</sub>.

#### **4.1.2.3 Măsurile de reducere a cantității de particule în suspensie (PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub>)**

Principalele sectoare de activitate care sunt responsabile de emisiile de particule și precursori secundari de particule sunt:

- procesele de producție industrială
- transport rutier
- agricultură

- utilizarea energiei în sectorul comercial/instituțional
- utilizarea energiei în sectorul rezidențial
- utilizarea energiei în industria de prelucrare
- producția de energie electrică și termică
- eroziunea terenului
- incendii de vegetație

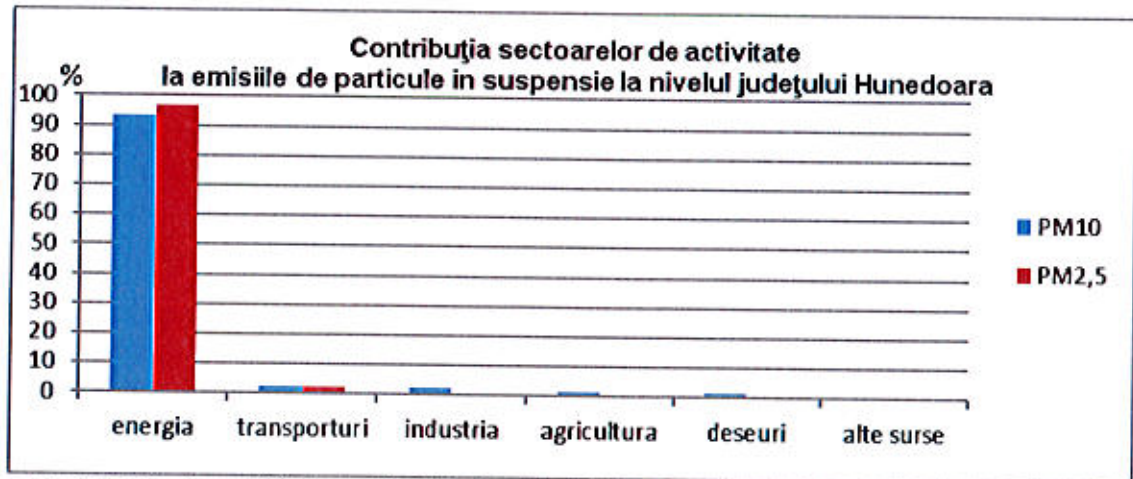


Fig. 67 Distribuția cantității de emisie PM în funcție de sectoarele din care provin (<http://apmhd.anpm.ro/>).

Având în vedere istoricul industrial al județului, o problemă majoră o constituie la nivelul județului Hunedoara cele 108 halde de steril, cenușă și zgură, cu o suprafață totală de 1166 ha, dintre care 71 sunt inactice, 10 au fost ecologizate, iar 3 sunt instabile.

Măsurile propuse sunt în funcție de sectoarele de activitatea din care provine poluantul:

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
Procesele de producție industrială	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. amplasarea noilor proiecte de unități industriale în afara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia PM să îl ocupe procesele naturale de autopurificare.</li> <li>2. utilizarea celor mai avansate procedee de eliminare a PM din gazele reziduale rezultate în sectorul industrial.</li> <li>3. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru reținerea particulelor.</li> <li>4. Stabilizarea celor 3 halde instabile, și ecologizarea haldelor inactice de steril, cenușă și zgură de pe teritoriul județului pentru a se împiedica antrenarea particulelor de către curenții de aer.</li> </ol>
Transport rutier	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. întreținerea căilor de rulaj prin repararea unde este cazul a covorului asfaltic.</li> <li>2. asfaltarea căilor de comunicații care sunt la acest moment pietruite și de pământ.</li> <li>3. asfaltarea căilor vicinale pentru a nu fi antrenate cantități mari de particulele sedimentate de pe acestea pe carosabil.</li> <li>4. intensificarea cotroalelor RAR în vedere identificări</li> </ol>

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
	autoturismelor a căror catalizatori și filtre nu corespund normelor în vigoare. 5. încurajarea de a realiza și întreține aliniamentele de arbori, vegetație de pe marginea arterelor rutiere pentru a reține PM. 6. încurajarea utilizării cloruri de calciu la dezăpezire în detrimentul sării și a nisipului antiderapant. 7. curățarea și aspirarea săptămânală a principalelor artere din orașe și municipii și cel puțin lunară a celorlalte artere. 8. încurajarea populației de a folosi mijlocele de transport public în orașe și municipii 9. încurajarea operatorilor de transport public local, județean de a utiliza autobuze, microbuze, autocare etc. cu motorizări de generație nouă, hibrid, electrice prin caietele de sarcină din cadrul licitațiilor. 10. întreținerea și realizarea pistelor de biciclete.
Agricultură	1. încurajarea aplicării bunelor practici în agricultură 2. descurajarea practicilor de curățare a terenurilor agricole prin incendiere 3. încurajarea înnoirii parcului de utilaje agricole 4. aplicarea de lucrări agricole în zile în care viteza vântului nu este peste 20 km/h (Se ridică praful. Rămurelele se mișcă vizibil. Grânele se ondulează. Flamura se întinde, luând o poziție orizontală.)
Utilizarea energiei în sectorul comercial/instituțional	1. izolarea termică a clădirilor, astfel încât consumul de energie să se reducă. 2. întreținerea instalațiilor astfel încât pierderile de energie să fie minime. 3. utilizarea de echipamente de ultimă generație cu consum de energie scăzut. 4. încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.
Utilizarea energiei în sectorul rezidențial	1. continuarea programului de izolare termică a imobilelor. 2. încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.
Utilizarea energiei în industria de prelucrare	1. amplasarea noilor proiecte de unități industriale în afara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia PM să îl ocupe procesele naturale de autopurificare. 2. utilizarea celor mai avansate procedee de eliminare a PM din gazele reziduale rezultate în sectorul de prelucrare. 3. utilizarea desprăfuitoarelor de ultimă generație în procesele de prelucrare care impun astfel de procedee. 4. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru reținerea particulelor.
Producția de energie electrică și	1. amplasarea noilor proiecte de unități industriale în afara

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
termică	aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia PM să îl ocupe procesele naturale de autopurificare. 2. utilizarea celor mai avansate procedee de eliminare a PM din gazele reziduale rezultate în sectorul de prelucrare. 3. utilizarea desprăfuitoarelor de ultimă generație în procesele de prelucrare care impun astfel de procedee. 4. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru reținerea particulelor. 5. încurajarea dezvoltării de proiecte de producere a energiei electrice și termice din resurse regenerabile ecologice.
Eroziunea terenului	1. împădurirea terenurilor degradate
Incendi de vegetație	1. descurajarea practicilor de curățare a terenurilor agricole prin incendiere



**Fig. 68 Aspect al antrenării particulelor de pe drumurile vicinale neasfaltate, DJ 687.**

Modelarea dispersiei PM pentru județul Hunedoara, s-a realizat prin utilizarea datelor de distribuții spațiale ale concentrațiilor de poluanți generate de emisiile exclusiv asociate activităților industriale considerate a se desfășura simultan (impact cumulat) la nivelul județului Hunedoara cu activitățile legate de transport, agricultură și utilizarea energiei.

Pe lângă acestea s-au utilizat, distribuția spațială ale concentrațiilor de fond în arealul de interes.

Evaluarea contribuțiilor fiecărui operator la nivelul concentrațiilor de poluanți asociate impactului cumulat și al fondului pe toate intervale de mediere s-a realizat în receptori localizați pe întreaga suprafață a județului la care s-au asociat datele meteorologice de la fiecare receptor.

Modelele de dispersie utilizate sunt:

- model de dispersie numeric eulerian utilizabil în mod telescopic pretabil a simula transportul și dispersia poluanților la distanțe mai mari de 50 km – folosit pentru evaluarea fondului generat de impactul surselor majore de poluare existente la nivel regional ținând cont de condițiile topoclimatice existente la nivelul arealelor de investigare
- model de dispersie gaussian – utilizat la scară locală pentru evaluarea impactului cumulat generat de operatorii și impactul generat de celelalte surse existente în arealul analizat (surse punctuale, de suprafață).
- model de dispersie de tip gaussian – utilizat la scară locală destinat evaluării impactului datorat traficului din zona analizată, capabil să surprindă valorile concentrațiilor într-o grilă foarte densă de receptori localizați de-a lungul arterelor de trafic.

Grila utilizată pentru toate modelările din prezentul studiu este de 1x1 Km.

## 1. Viabilitatea drumurilor.

### Scenariul 1

La sfârșitul anului 2015 la nivelul județului Hunedoara, drumurile județene de pământ însumau 134,824 Km, pietruite 271,464 Km iar drumurile comunale de pământ însumau 465 Km iar pietruite 825 Km. Iar din cele cu covor asfaltic de diferite tipuri unele necesită reparații urgente.

### Scenariul 2

Se preconizează că la sfârșitul anului 2021 situația la nivelul județului să se schimbe în sensul de a se asfalta toate drumurile pietruite și de pământ și de a se asigura o mai bună mentenanță a celorlalte tipuri de drumuri.

### Inventar de emisii

La nivelul județului sursele au fost inventariate pe un domeniu cu dimensiunea spațială 1km x 1km.

- surse liniare – drumuri, uzură carosabil, resuspensie particule
- Poluanți inventariați – PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>.

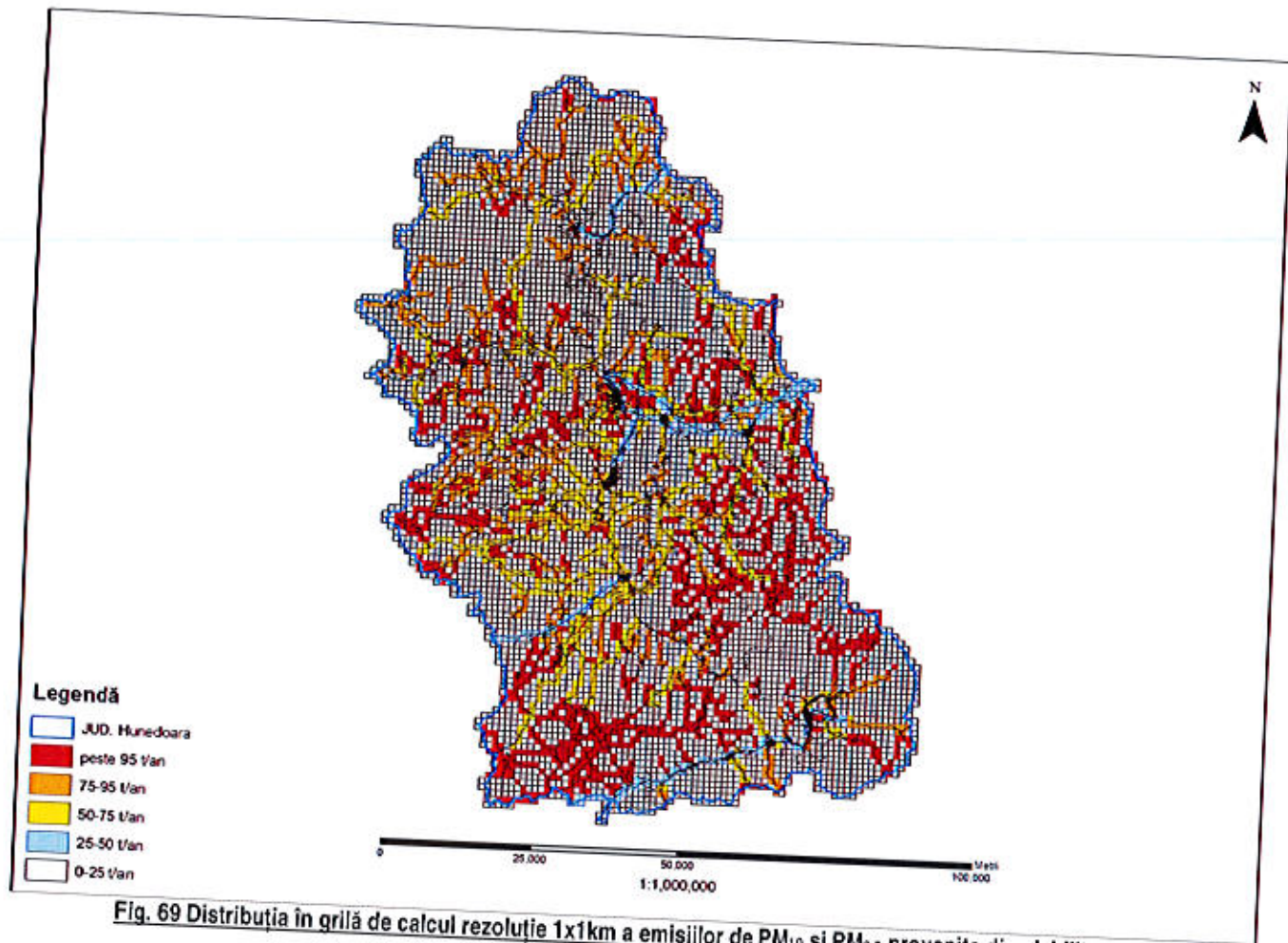
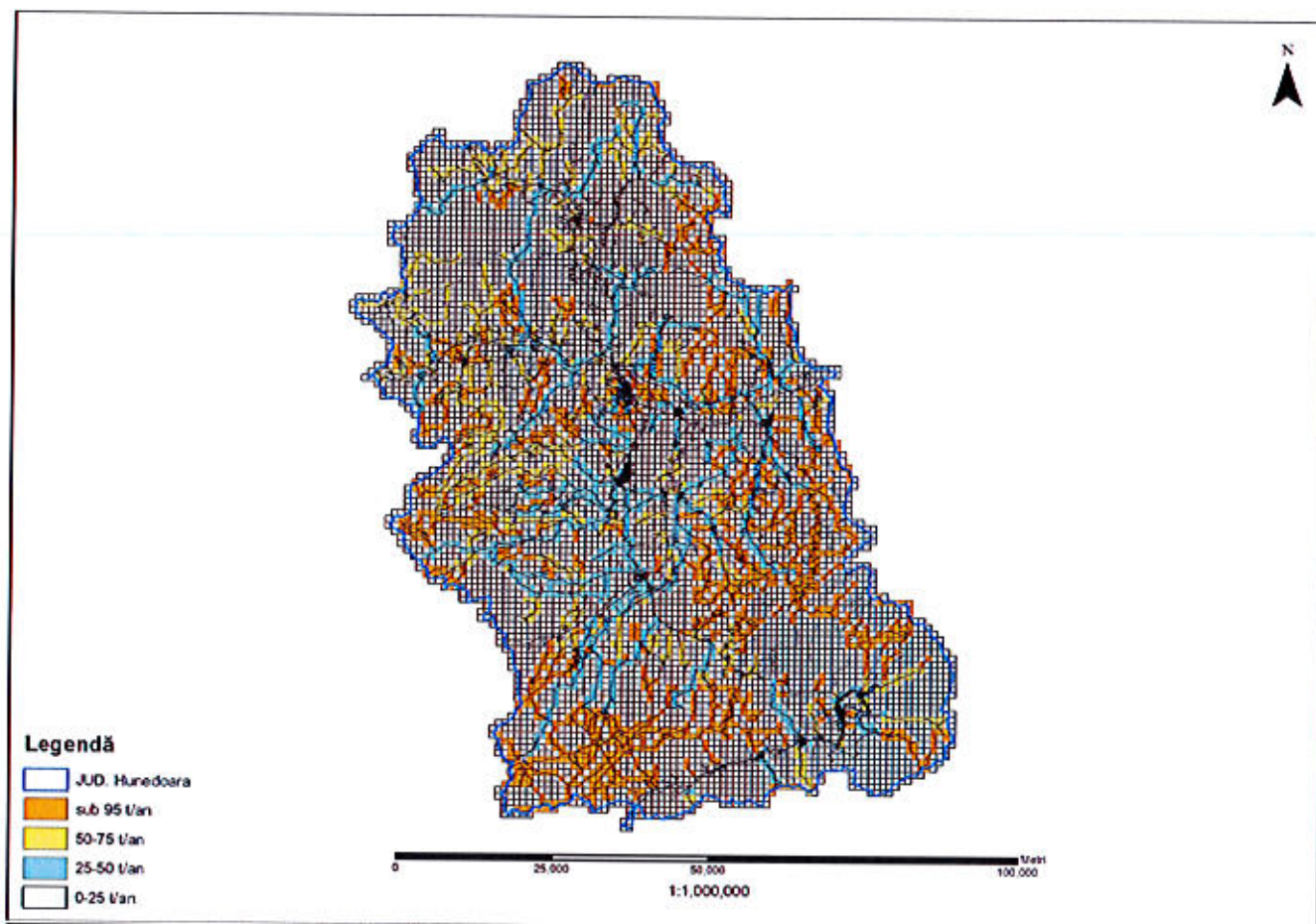


Fig. 69 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$  provenite din viabilitatea drumurilor situație 31.12.2015.



**Fig. 70** Previțiune distribuției în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  provenite din viabilitatea drumurilor situație 31.12.2021.

Se observă o scădere a emisiilor totale sub 95 t/an față de data de referință, perioada de evaluare 2010-2014.

## 2. Utilizarea energiei în sectorul rezidențial

### Scenariul 1

La sfârșitul anului 2014 la nivelul județului Hunedoara, emisiile de PM din activitățile de utilizare a energiei în sectorul rezidențial erau estimate a fi peste 64 t/an, acestea provin atât din mediul urban de la centralele termice cât și din mediul rural în care din cauza costurilor ridicate a gazului metan se utilizează pentru încălzire combustibil solid (lemne sau cărbune).

### Scenariul 2

Se preconizează că la sfârșitul anului 2021 prin continuarea programului de izolare termică a imobilelor din zona urban și sprijin financiar pentru zonele defavorizate din mediul rural și aplicarea minimă a celorlalte măsuri cuprinse în plan, cantitatea emisă să fie sub 64 t/an.

### Inventar de emisii

La nivelul județului sursele au fost inventariate pe un domeniu cu dimensiunea spațială 1km x 1km.  
- surse de suprafață staționare – rezidențial (încălzirea locuințelor)  
Poluanți inventariați –  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ .



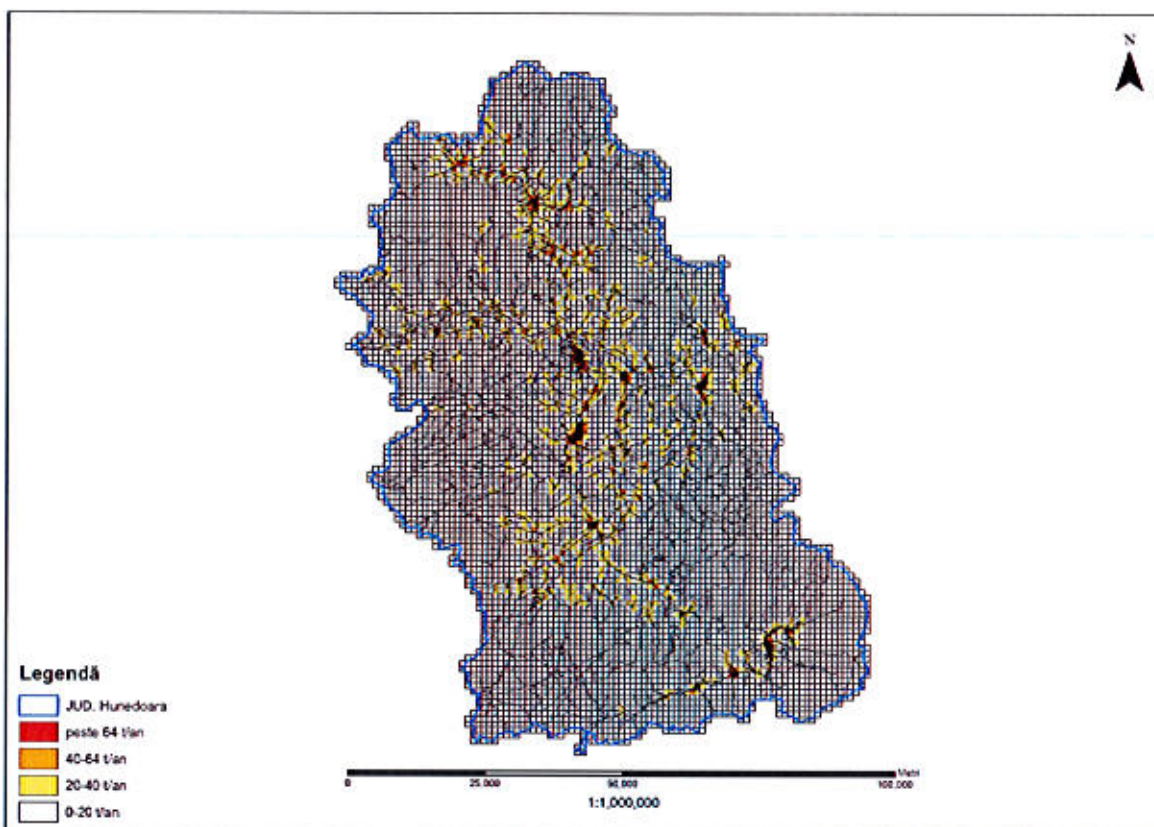


Fig. 71 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$  provenite din încălzirea locuințelor.

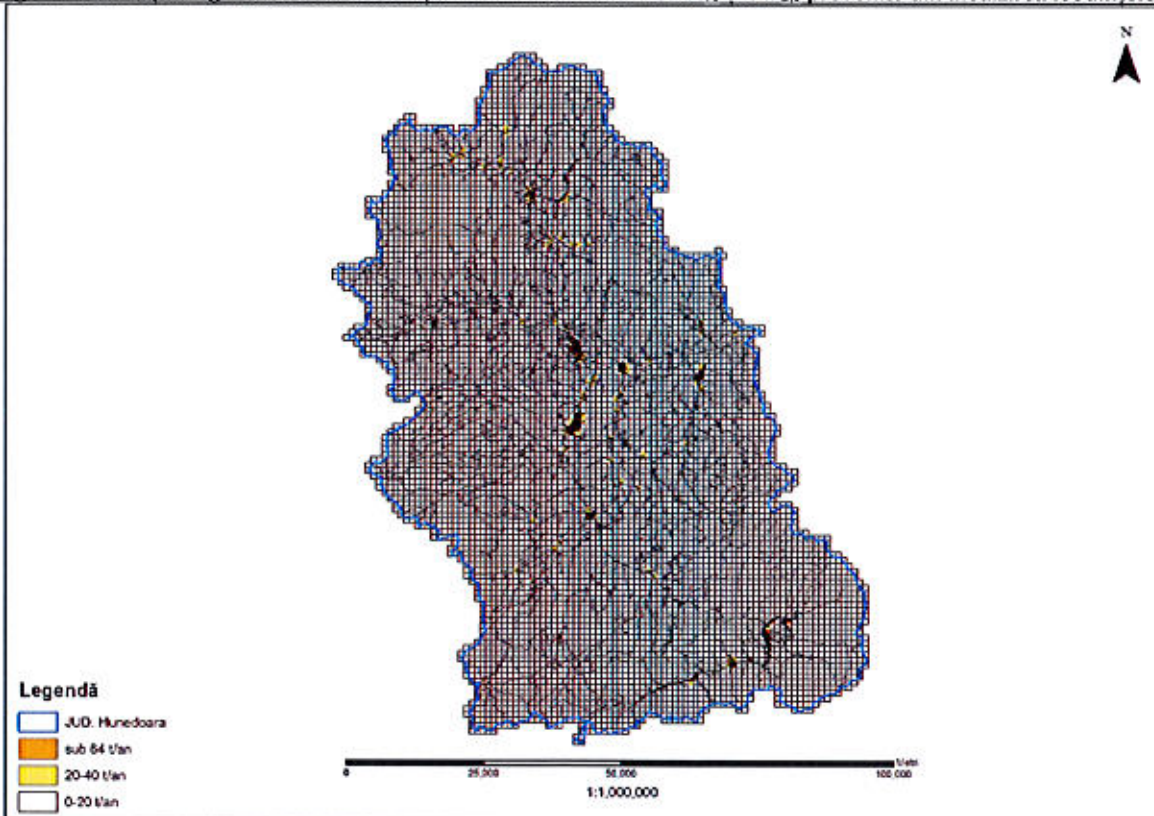


Fig. 72 Previțiune distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$  provenite din încălzirea locuințelor situație 31.12.2021.

### 3. Transportul

#### Scenariul 1

Finele anului 2014 - Parc auto îmbătrânit, lipsă aliniamente verzi cu arbori pe margine drumurilor, căi de rulare într-o stare mai puțin bună, valorile de trafic mare la nivelul principalele căi de acces înspre și dinspre județ duc la valori mari de emisie de PM asociate acestui segment de peste 428 t/an.

#### Scenariul 2

Extrapolare - 2021 trafic mare, parc auto la nivel național întinerit, proiecte de asigurarea aliniamentelor verzi în desfășurare, căi de rulare în bune condiții, vor duce la scăderea emisiilor sub 428 t/an.

#### Inventar de emisii

La nivelul județului sursele au fost inventariate pe un domeniu cu dimensiunea spațială 1km x 1km.  
- surse liniare - trafic și alte procese de emisie asociate traficului (uzură carosabil, resuspensie particule, uzură pneuri și frână).

Poluanți inventariați -  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  asociate  $NO_x$ ,  $SO_2$ , Pb, CO,  $C_6H_6$ .

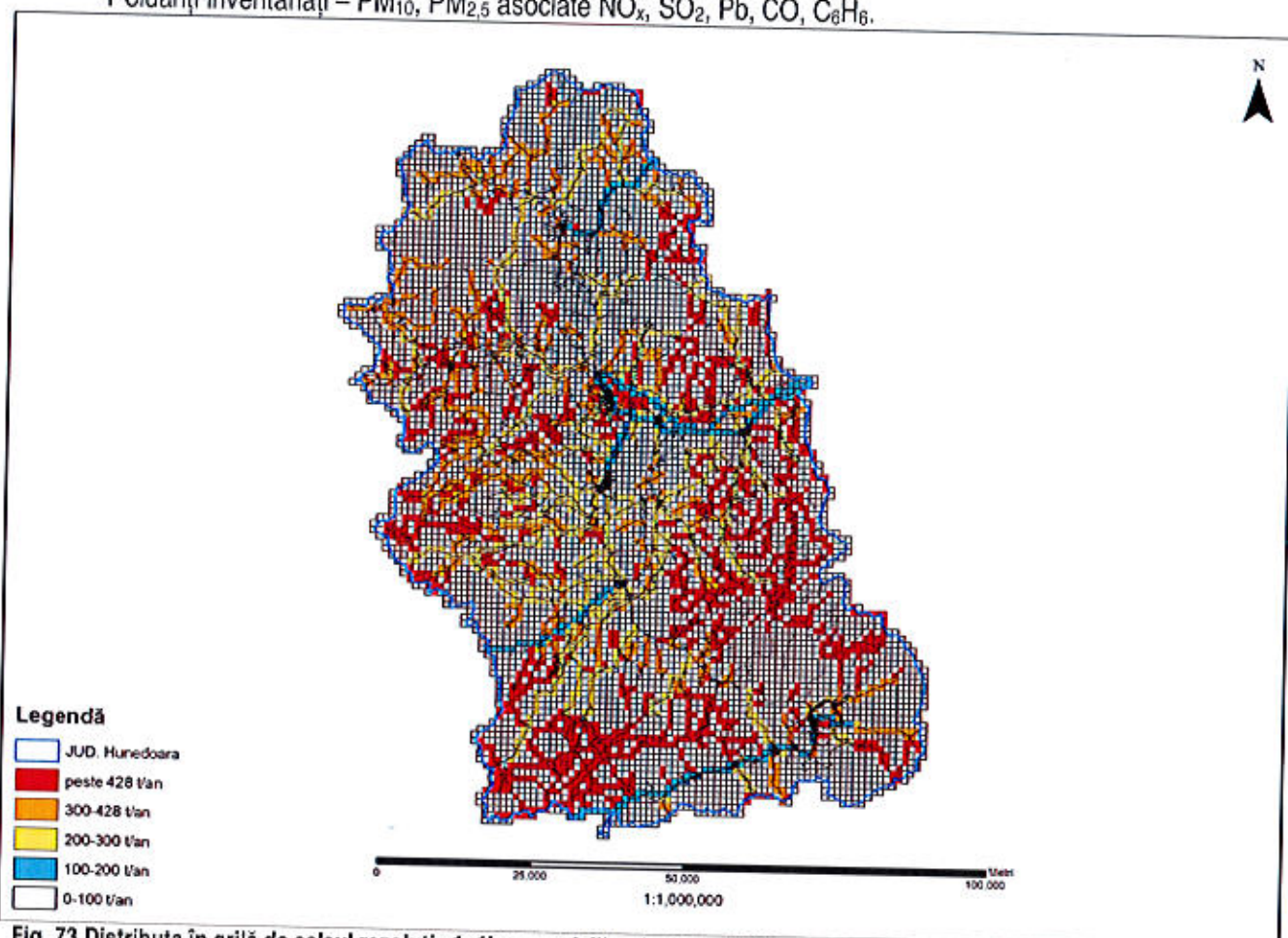


Fig. 73 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  provenite din transport în intervalul 2010-2014.

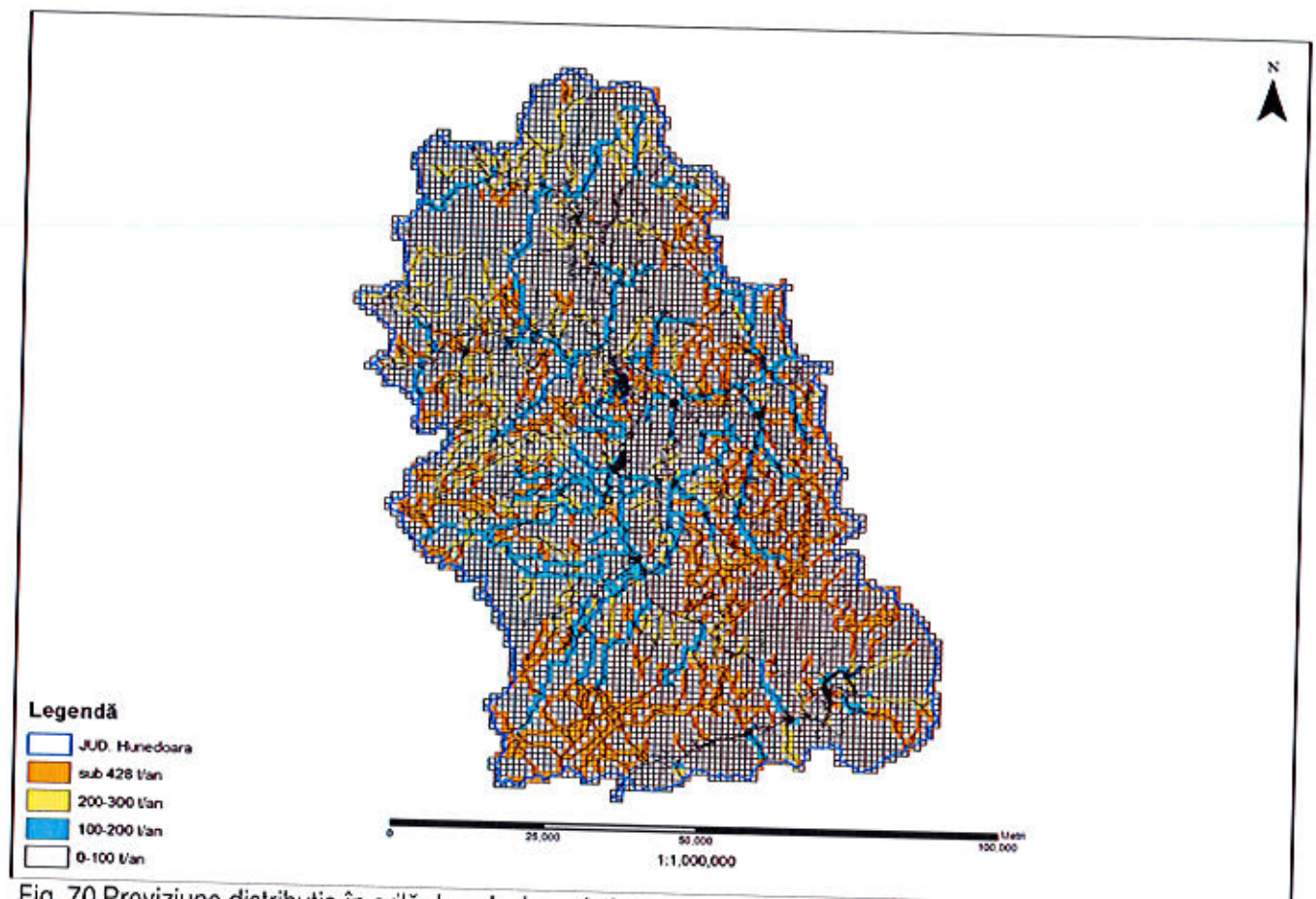


Fig. 70 Previțiune distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de PM<sub>10</sub> și PM<sub>2,5</sub> provenite din transport în intervalul 2016-2021.

#### 4. Procesele de producție industrială

##### Scenariul 1

Finele anului 2015 – Toate societățile industriale funcționează concomitent la capacitatea înregistrată la nivelul întregului an 2015, utilizând instalațiile de filtrare din dotare duc la valori mari de emisie de PM asociate acestui segment de peste 1196 t/an.

##### Scenariul 2

Extrapolare – 2021 același număr de societăți funcționând concomitent la capacitate maximă dotate cu instalații și filtre de ultimă generație, emisii de PM sub 1196 t/an.

##### Scenariul 3

Extrapolare – 2021 numărul instalațiilor crește cu un procent maxim de 10% (acest procent este corelat cu perioada de implementare a planului care este de 5 ani) față de cele din 2015, funcționând concomitent la capacitate maximă dotate cu instalații și filtre de ultimă generație, emisiile de PM vor fi  $\leq 1196$  t/an.

##### Inventar de emisii

La nivelul județului sursele au fost inventariate pe un domeniu cu dimensiunea spațială 1km x 1km.  
- surse punctuale – activități industriale – au fost incluse în inventar un număr de 30 coșuri.

- surse de suprafață staționare ce au vizat activitățile industriale cuprinse în Directiva IED de pe teritoriul județului Hunedoara.  
Poluanții inventariați au fost  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  asociate  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $C_6H_6$ ,  $Pb$ ,  $As$ ,  $Cd$ ,  $Ni$ ,  $NH_3$ .

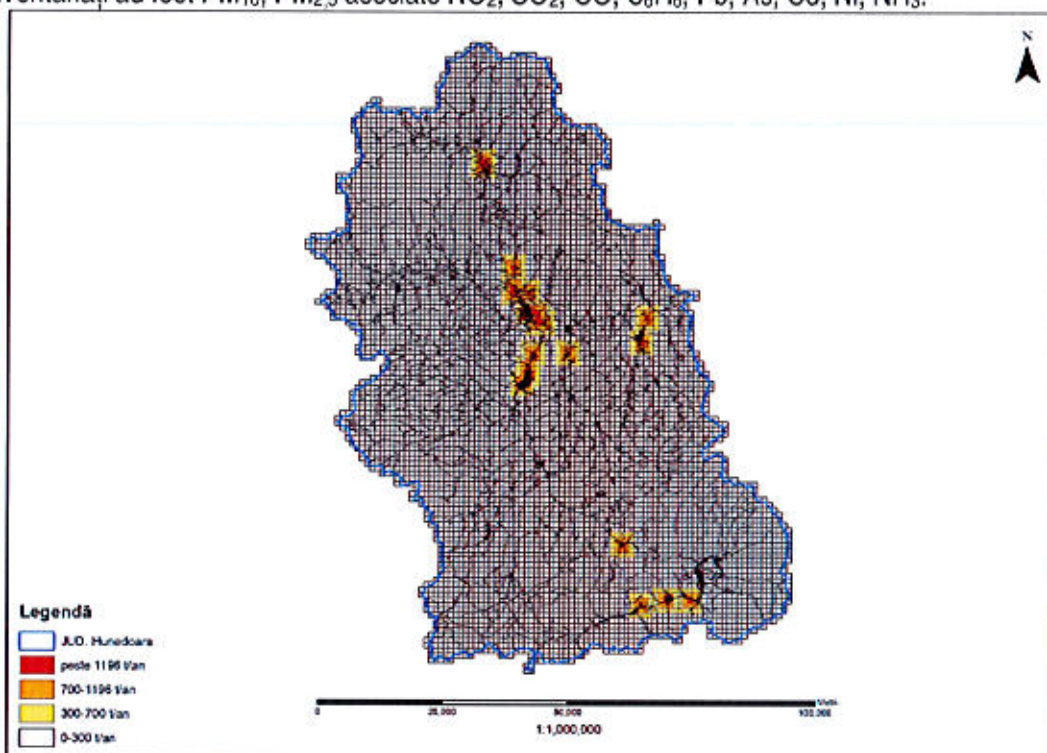


Fig. 71 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  provenite din industrie.

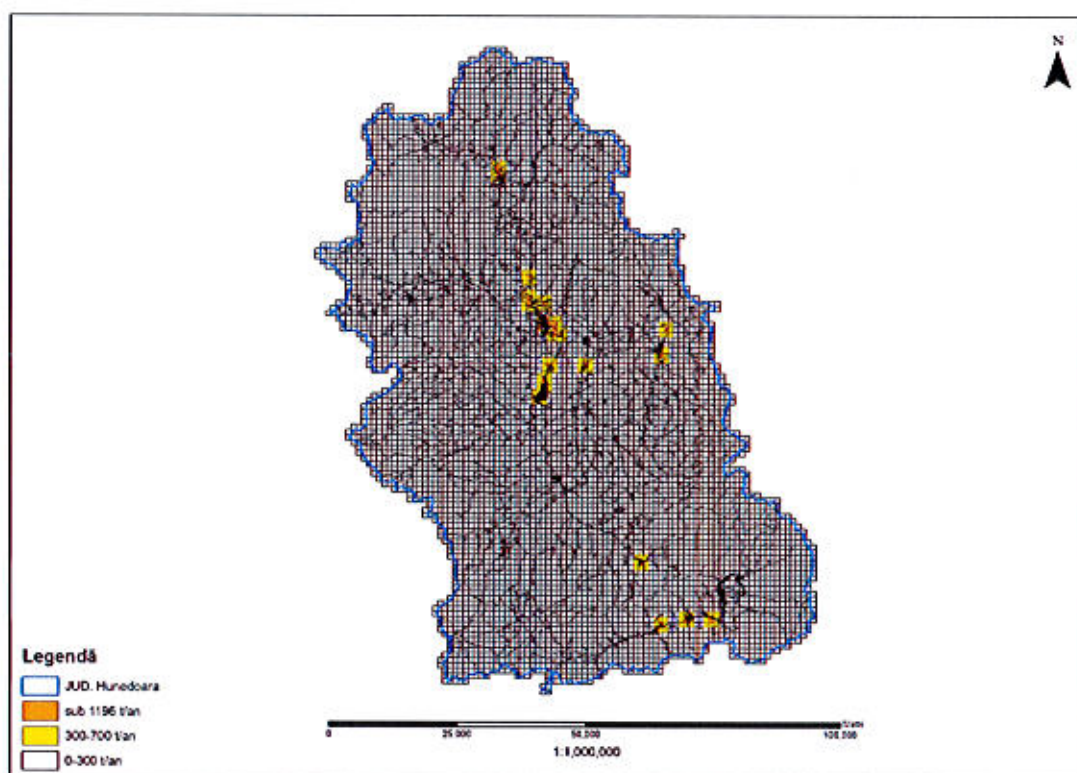


Fig. 72 Previțiune distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de  $PM_{10}$  și  $PM_{2.5}$  provenite din industrie situație 31.12.2021.

#### 4.1.2.4 Măsuri de reducere a cantității de dioxid de azot (NO<sub>2</sub>)

Principalele sectoare de activitate care sunt responsabile de emisiile de dioxid de azot sunt:

- transport aerian, rutier
- producția de energie electrică și termică
- utilizarea energiei în industriile de prelucrare
- echipamente, utilaje nerutiere și alte motoare staționare din agricultură
- utilizarea energiei în sectorul rezidențial

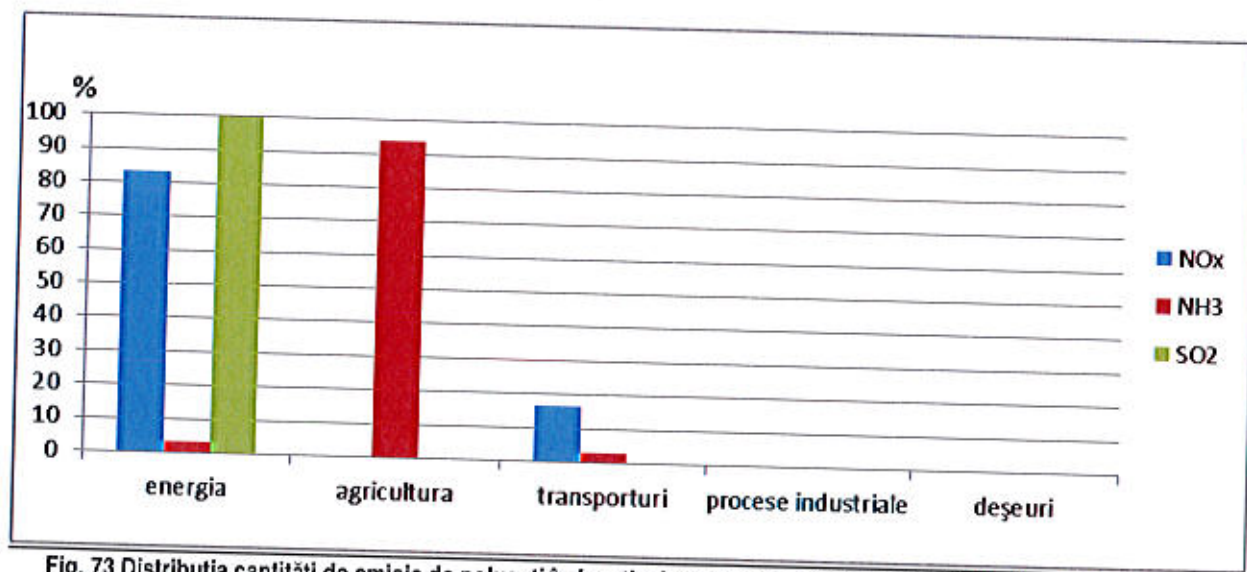


Fig. 73 Distribuția cantității de emisii de poluanți în funcție de sectoarele din care provin (<http://apmhd.anpm.ro/>).

Măsurile propuse sunt în funcție de sectoarele de activitate din care provine poluantul:

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
Producția de energie electrică și termică	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. amplasarea noilor proiecte de unități de producere a energiei electrice și termică în afara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția și dispersia dioxidului de azot să îl ocupe autopurificare.</li> <li>2. utilizarea celor mai avansate procedee de reducere și eliminare a NO<sub>2</sub> din gazele reziduale rezultate în sectorul industrial, prin: <ul style="list-style-type: none"> <li>- aplicarea măsurilor de reducere a cantităților de emisii acționându-se asupra excesului de aer, temperatura de ardere, timpul de staționare în zona reacției.</li> <li>- aplicarea măsurilor de eliminare prin procedee catalitice și necatalitice.</li> </ul> </li> <li>3. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru reținerea particulelor.</li> </ol>
Transport rutier	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. intensificarea cotroalelor RAR în vederea identificării autoturismelor a căror catalizatori și filtre nu corespund normelor în vigoare.</li> <li>5. încurajarea de a realiza și întreține aliniamentele de arbori, vegetație de pe marginea arterelor rutiere.</li> </ol>

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
	6. încurajarea populației de a folosi mijlocele de transport public în orașe și municipii 7. încurajarea operatorilor de transport public local, județean de a utiliza autobuze, microbuze, autocare etc. cu motorizări de generație nouă, hibrid, electrice prin caietele de sarcină din cadrul licitațiilor. 8. întreținerea și realizarea pistelor de biciclete.
Echipamente , utilaje nerutiere și alte motoare staționare din agricultură	9. încurajarea înnoirii parcului de utilaje agricole
Utilizarea energiei în sectorul rezidențial	10. continuarea programului de izolare termică a imobilelor. 11. încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.
Utilizarea energiei în industria de prelucrare	12. amplasarea noilor proiecte de unități industriale înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia NO <sub>2</sub> să îl ocupe autopurificare. 13. utilizarea celor mai avansate procedee de reducere și eliminare a NO <sub>2</sub> din gazele reziduale rezultate în sectorul industrial, prin: <ul style="list-style-type: none"> <li>- aplicarea măsurilor de reducere a cantităților de emisii acționându-se asupra excesului de aer, temperatura de ardere, timpul de staționare în zona reacției.</li> <li>- aplicarea măsurilor de eliminare prin procedee catalitice și necatalitice.</li> </ul> 14. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru fixarea poluanților.

### 1. Producția de energie electrică și termică

În conformitate cu Planul Național de Tranziție prevăzut de art. 32 din Directiva 2010/75/UE privind emisiile industriale la nivelul județului Hunedoara sunt incluse în acesta: SC Complexul Energetic Hunedoara SA – Sucursala Electrocentrale Deva nr.2 și Deva nr. 3, acestea au ca termen până la data de 31 decembrie 2018 și respectiv 30 iunie 2020 montarea și punerea în funcțiune a unui sistem de desulfurare gaze arse, reabilitare arzătoare cu NOx redus și reabilitare electrofiltre.

#### Scenariul 1

2015 – Societatea funcționează la capacitatea preconizată pentru anul în curs, utilizând instalațiile de filtrare din dotare duc la valori mari de emisie de NO<sub>2</sub> asociate acestui segment de peste 2164 t/an.

#### Scenariul 2

Extrapolare – 2021 același număr de instalații funcționând cocomitent la capacitate maximă dotate cu sistem de desulfurare gaze arse, reabilitare arzătoare cu NOx redus și reabilitare electrofiltre vor duce la valori de sub 400 t/an.

### Scenariul 3

Anul 2021, în cadrul SC Complexul Energetic Hunedoara SA – Sucursala Electrocentrale Deva nr.2 și Deva nr. 3, nu este respectat planul de tranziție convenit, unitățile sunt închise astfel producția realizată de aceste unități este preluată de alte unități ce nu sunt incluse în planul de tranziție sau de parcurile fotovoltaice, eoliene și alte resurse regenerabile astfel emisiile de NO<sub>2</sub> asociate acestui segment vor scădea sub 200 t/an.

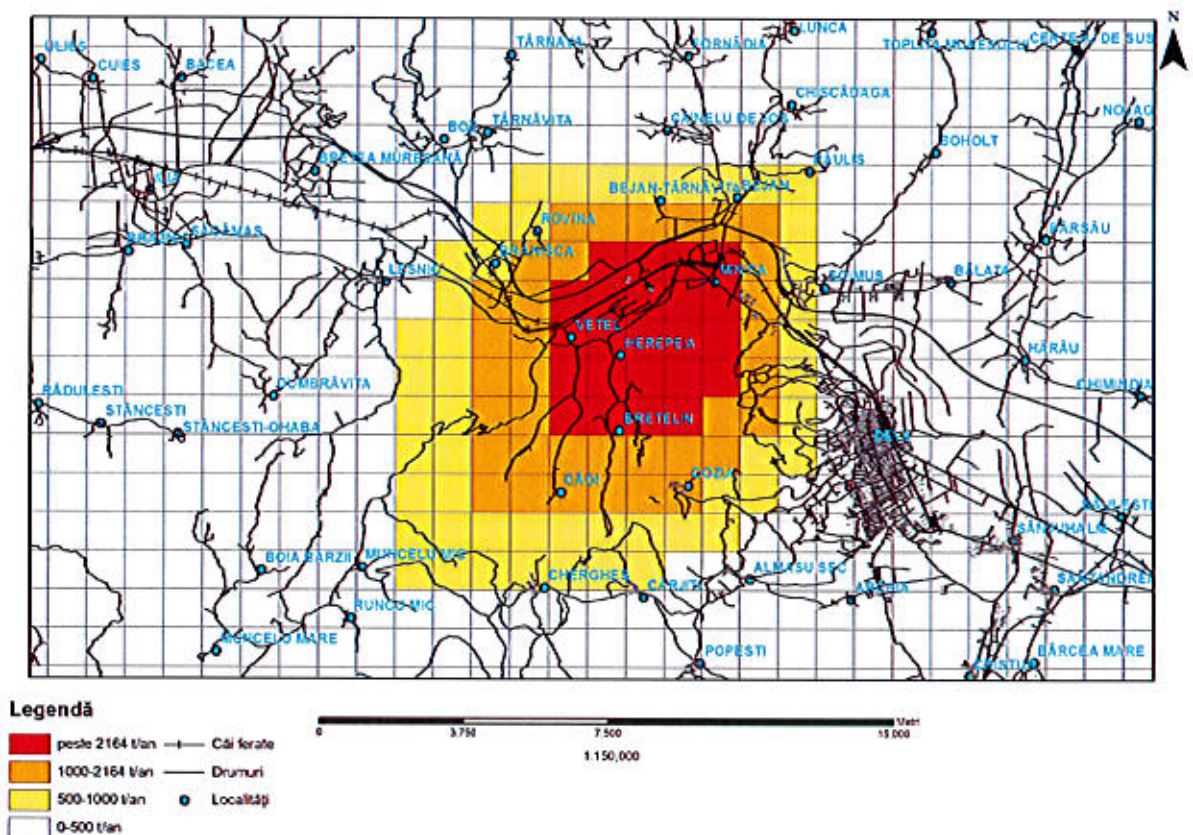
### Inventar de emisii

La nivelul județului sursele au fost inventariate pe un domeniu cu dimensiunea spațială 1km x 1km.

- surse punctuale – activități industriale – au fost incluse în inventar un număr de 4 coșuri.

- surse de suprafață staționare ce au vizat activitățile industriale ale SC Complexul Energetic Hunedoara SA – Sucursala Electrocentrale Deva nr.2 și Deva nr. 3 de pe teritoriul județului Hunedoara.

Poluanții inventariați au fost: NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM.



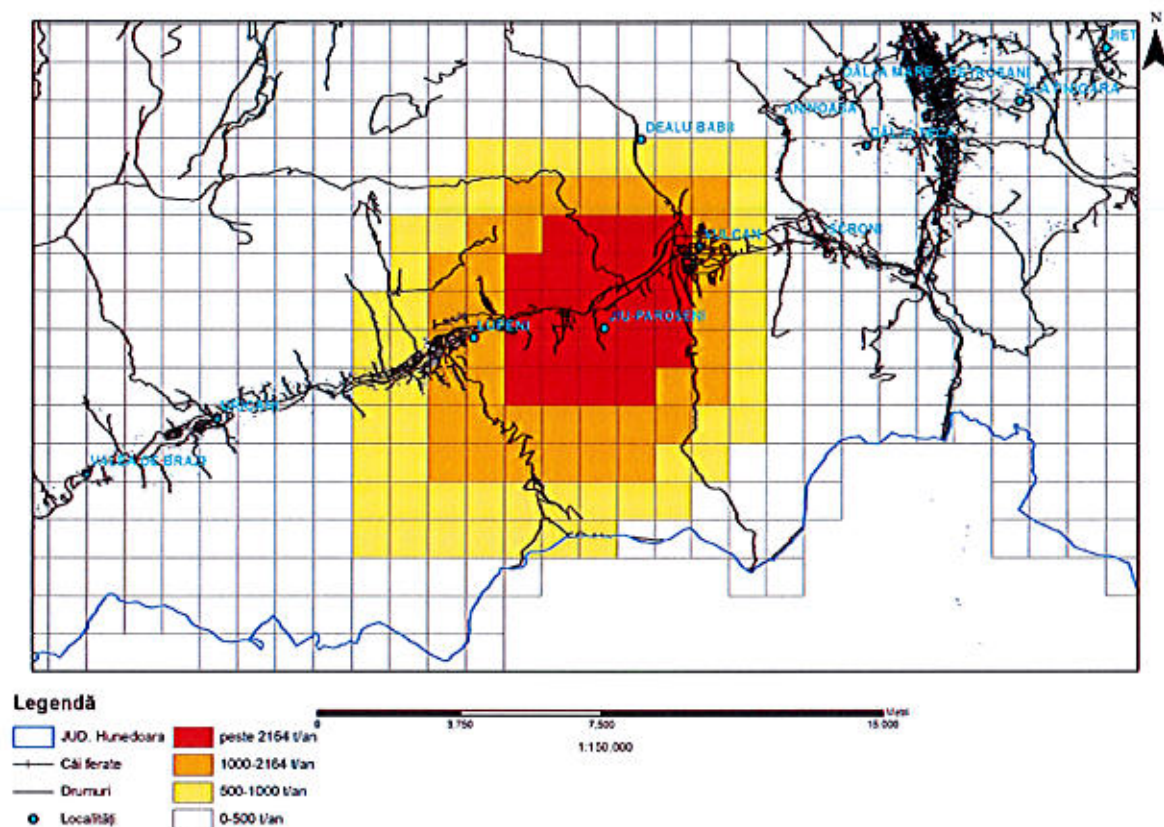
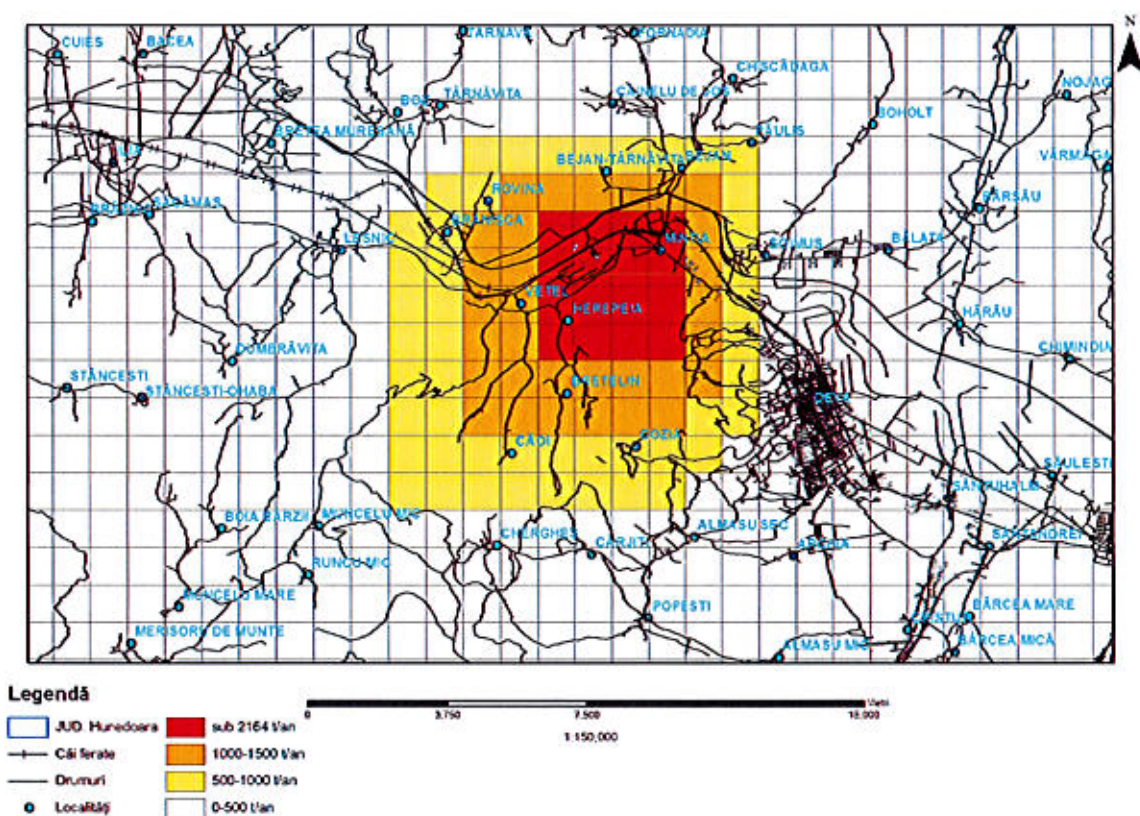
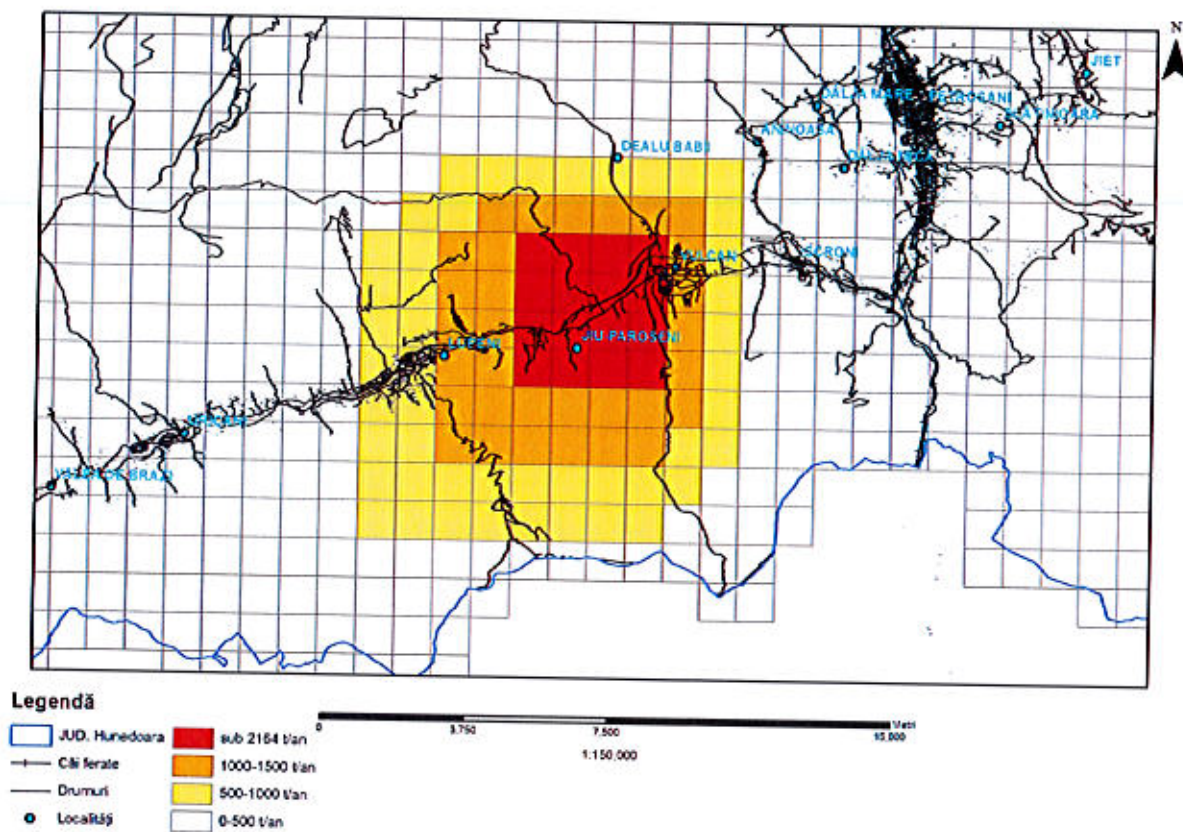


Fig. 74 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de NO<sub>2</sub> provenite din producția de energie electrică și termică :  
 Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroseni.







**Fig. 75** Previziune distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de NO<sub>2</sub> provenite din producția de energie electrică și termică : Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroșeni.  
**31.12.2021**

#### 4.1.2.5 Măsuri de reducere a cantității de dioxid de sulf (SO<sub>2</sub>)

Principalele sectoare de activitate care sunt responsabile de emisiile de dioxid de sulf sunt:

- transport aerian, rutier
- producția de energie electrică și termică
- utilizarea energiei în industriile de prelucrare
- utilizarea energiei în sectorul rezidențial
- utilizarea energiei în sectorul comercial/instituțional

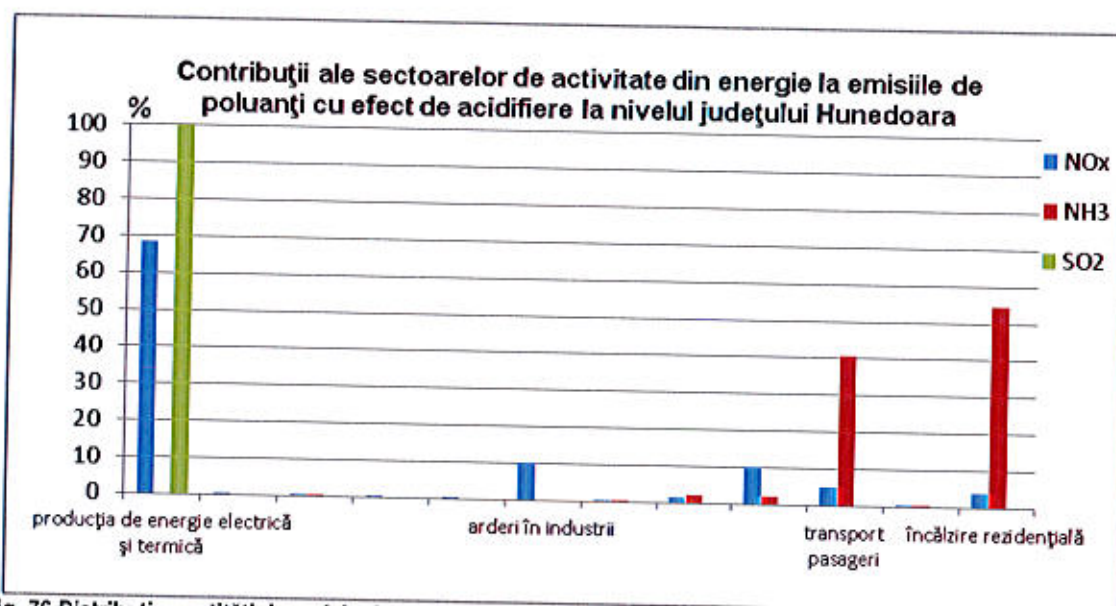


Fig. 76 Distribuția cantității de emisie de poluant în funcție de sectoarele din care provin (<http://apmhd.anpm.ro/>).

Măsurile propuse sunt în funcție de sectoarele de activitate din care provine poluantul:

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
Transport rutier	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. intensificarea controalelor RAR în vederea identificării autoturismelor a căror catalizatori și filtre nu corespund normelor în vigoare.</li> <li>2. încurajarea de a realiza și întreține aliniamentele de arbori, vegetație de pe marginea arterelor rutiere.</li> <li>3. încurajarea populației de a folosi mijloacele de transport public în orașe și municipii</li> <li>4. încurajarea operatorilor de transport public local, județean de a utiliza autobuze, microbuze, autocare etc. cu motorizări de generație nouă, hibrid, electrice prin caietele de sarcină din cadrul licitațiilor.</li> <li>5. întreținerea și realizarea pistelor de biciclete.</li> </ol>
Utilizarea energiei în sectorul comercial/instituțional	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. izolarea termică a clădirilor, astfel încât consumul de energie să se reducă.</li> <li>7. întreținerea instalațiilor astfel încât pierderile de energie să fie minime.</li> <li>8. utilizarea de echipamente de ultimă generație cu consum de energie scăzut.</li> <li>9. încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.</li> </ol>

Utilizarea energiei în sectorul rezidențial	10. continuarea programului de izolare termică a imobilelor. 11. încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.
Utilizarea energiei în industria de prelucrare	12. amplasarea noilor proiecte de unități industriale înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia SO <sub>2</sub> să îl ocupe autopurificare. 13. utilizarea celor mai avansate procedee de reducere și eliminare prin desulfurare a SO <sub>2</sub> din gazele reziduale rezultate în sectorul industrial. 14. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru fixarea poluanților..
Producția de energie electrică și termică	15. amplasarea noilor proiecte de producere energie electrică și termică înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia SO <sub>2</sub> să îl ocupe autopurificare. 16. utilizarea celor mai avansate procedee de eliminare a SO <sub>2</sub> prin desulfurare atât a combustibililor cât și a gazelor reziduale. 17. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru reținerea poluanților. 18. încurajarea dezvoltării de proiecte de producere a energiei electrice și termice din resurse regenerabile ecologice. 19. reducerea ponderii energiei obținute prin arderea combustibililor convenționali.

#### 1. Producția de energie electrică și termică

În conformitate cu Planul Național de Tranziție prevăzut de art. 32 din Directiva 2010/75/UE privind emisiile industriale la nivelul județului Hunedoara sunt incluse în acesta: SC Complexul Energetic Hunedoara SA – Sucursala Electrocentrale Deva nr.2 și Deva nr. 3, acestea au ca termen până la data de 31 decembrie 2018 și respectiv 30 iunie 2020 montarea și punerea în funcțiune a unui sistem de desulfurare gaze arse, reabilitare arzătoare cu NOx redus și reabilitare electrofiltre.

##### Scenariul 1

2015 – Societatea funcționează la capacitatea preconizată pentru anul în curs, utilizând instalațiile de filtrare din dotare duc la valori mari de emisie de SO<sub>2</sub> asociate acestui segment de peste 3857 t/an.

##### Scenariul 2

Extrapolare – 2021 același număr de instalații funcționând cocomitent la capacitate maximă dotate cu sistem de desulfurare gaze arse, reabilitare arzătoare cu NOx redus și reabilitare electrofiltre vor duce la valori de sub 400 t/an.

##### Scenariul 3

Anul 2021, în cadrul SC Complexul Energetic Hunedoara SA – Sucursala Electrocentrale Deva nr.2 și Deva nr. 3, nu este respectat planul de tranziție convenit, unitățile sunt închise astfel producția realizată de aceste unități

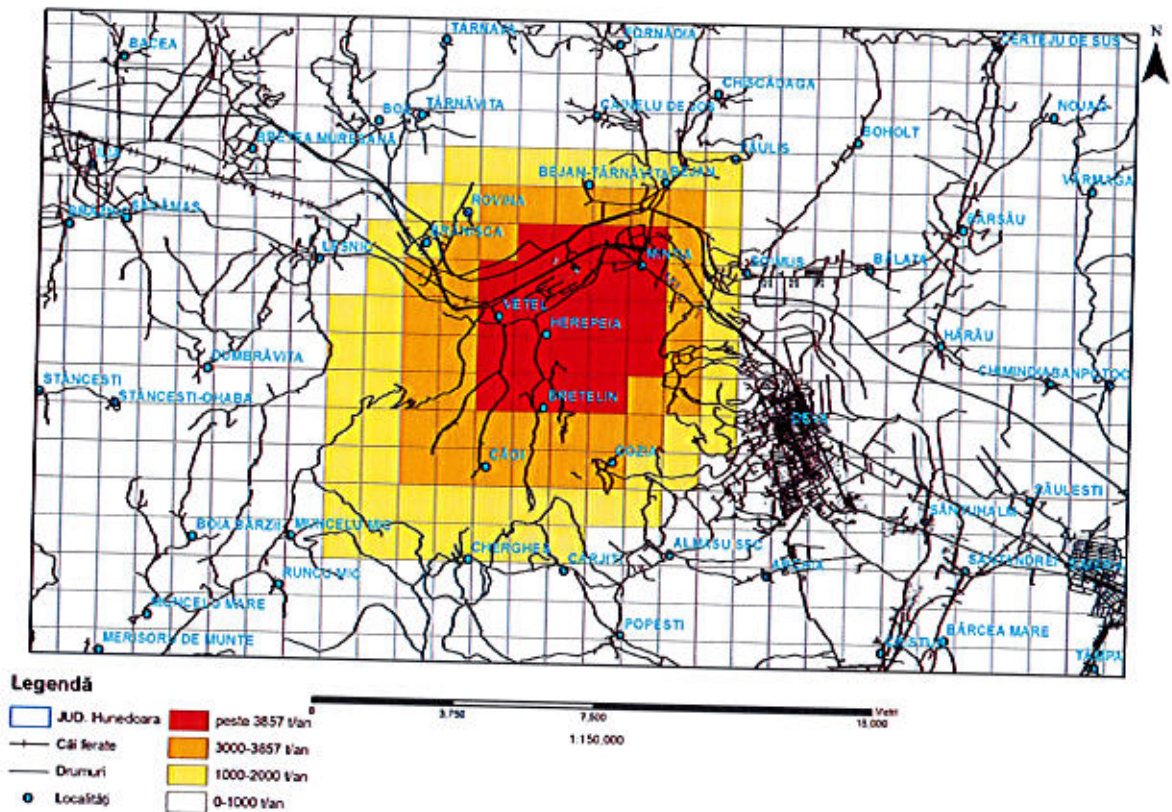
este preluată de alte unități ce nu sunt incluse în planul de tranziție sau de parcurile fotovoltaice, eoliene și alte resurse regenerabile astfel emisiile de SO<sub>2</sub> asociate acestui segment vor scădea sub 200 t/an.

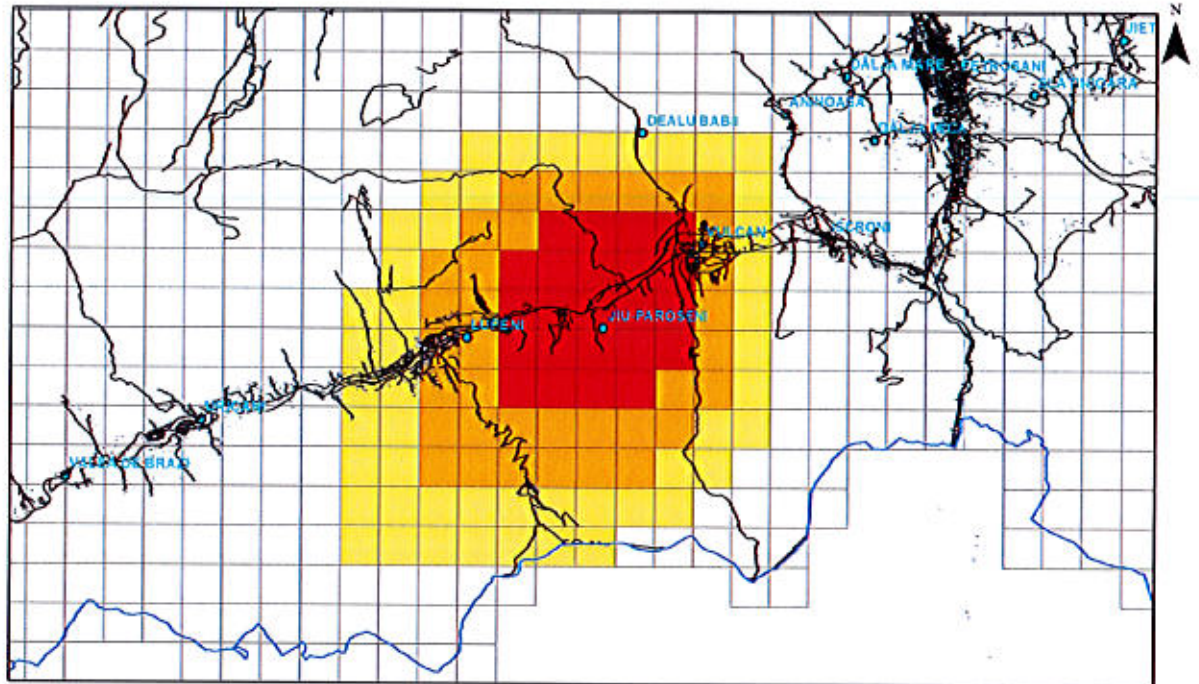
La nivelul județului sursele au fost inventariate pe un domeniu cu dimensiunea spațială 1km x 1km.

- surse punctuale – activități industriale – au fost incluse în inventar un număr de 4 coșuri.

- surse de suprafață staționare ce au vizat activitățile industriale ale SC Complexul Energetic Hunedoara SA – Sucursala Electrocentrale Deva nr.2 și Deva nr. 3 de pe teritoriul județului Hunedoara.

Poluanții inventariați au fost: NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM.



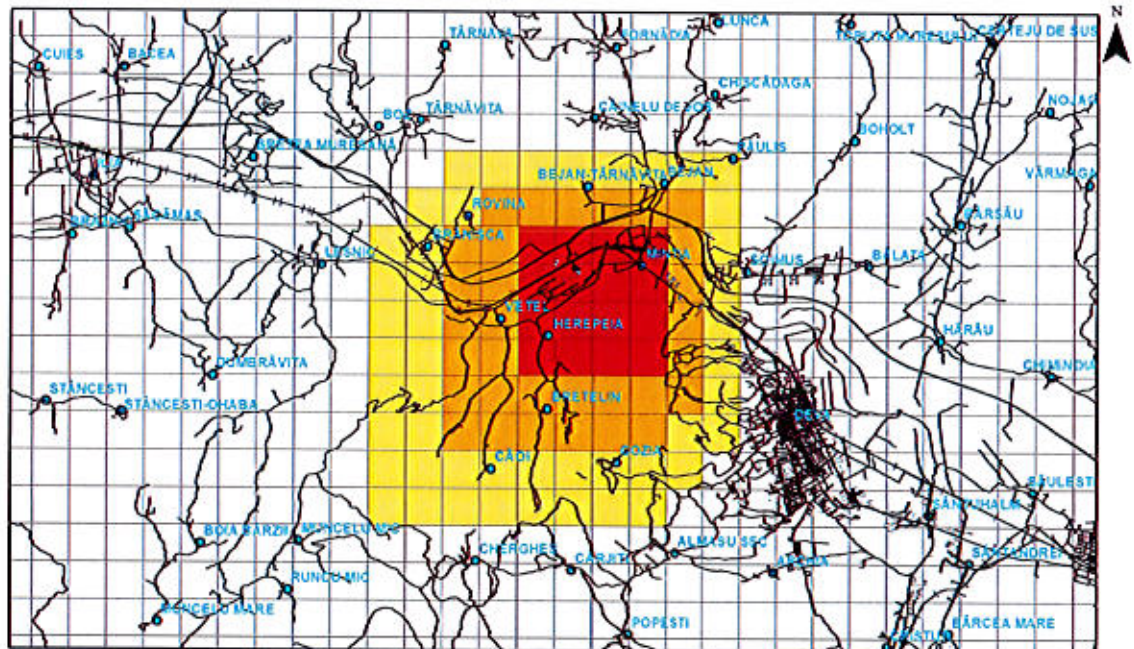


**Legendă**

- JUD. Hunedoara
- Căi ferate
- Drumuri
- Localități
- peste 3857 t/an
- 3000-3857 t/an
- 1000-2000 t/an
- 0-1000 t/an



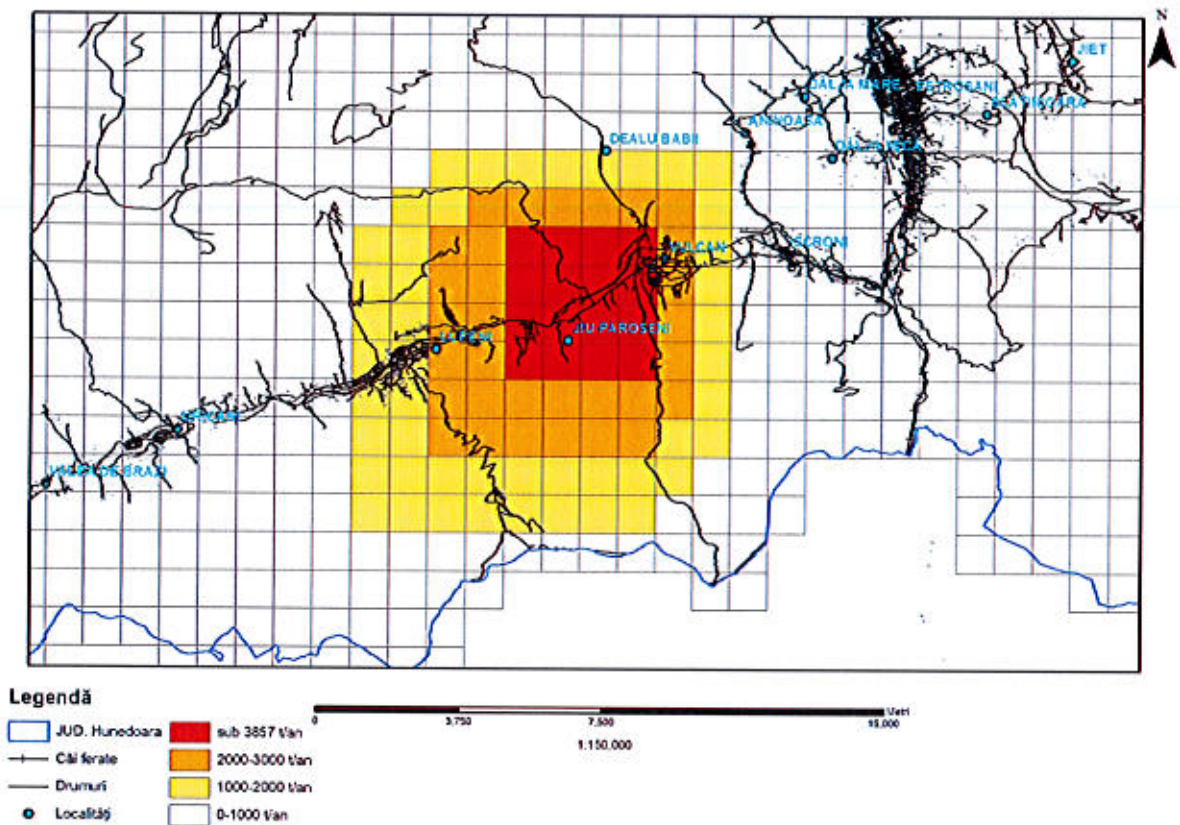
**Fig. 77 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de SO<sub>2</sub> provenite din producția de energie electrică și termică : Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroseni.**



**Legendă**

- JUD. Hunedoara
- Căi ferate
- Drumuri
- Localități
- sub 3857 t/an
- 2000-3000 t/an
- 100-2000 t/an
- 0-1000 t/an





**Fig. 78** Previțiune distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de SO<sub>2</sub> provenite din producția de energie electrică și termică : Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroșeni.

#### 4.1.2.6 Măsuri de reducere a cantității de monoxid de carbon (CO)

Principalele sectoare de activitatea care sunt responsabile de emisiile de monoxid de carbon sunt:

- transport aerian, rutier
- producția de energie electrică și termică
- utilizarea energiei în industriile de prelucrare
- utilizarea energiei în sectorul rezidențial
- utilizarea energiei în sectorul comercial/instituțional

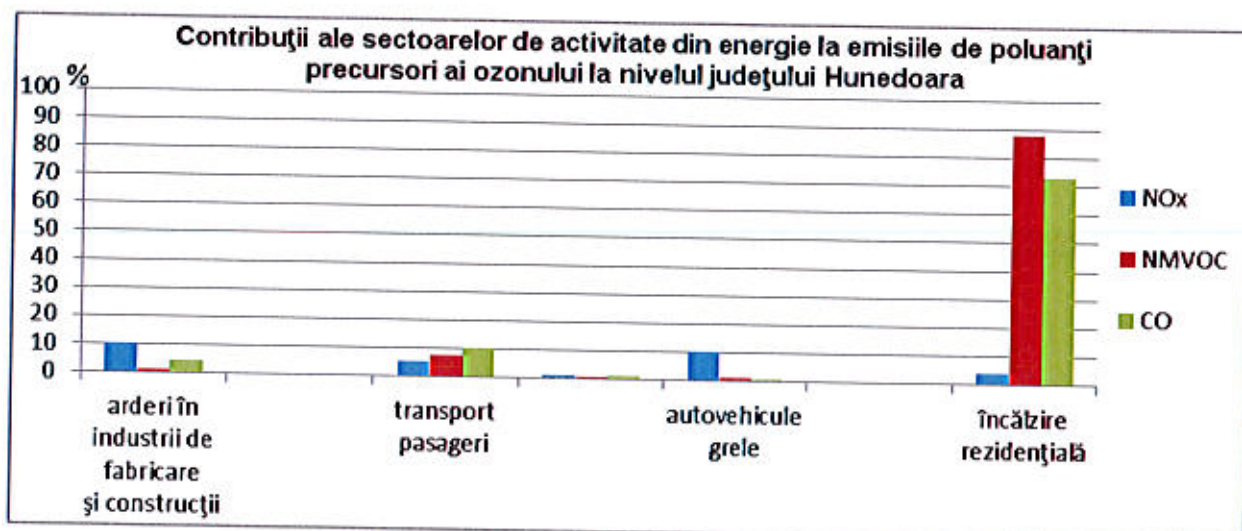


Fig. 79 Distribuția cantității de emisie de poluant în funcție de sectoarele din care provin (<http://apmhd.anpm.ro/>)

Măsurile propuse sunt în funcție de sectoarele de activitatea din care provine poluantul:

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
Transport rutier	<ol style="list-style-type: none"> <li>intensificarea cotroalelor RAR în vederea identificării autoturismelor a căror catalizatori și filtre nu corespund normelor în vigoare.</li> <li>încurajarea de a realiza și întreține aliniamentele de arbori, vegetație de pe marginea arterelor rutiere.</li> <li>încurajarea populației de a folosi mijloacele de transport public în orașe și municipii</li> <li>încurajarea operatorilor de transport public local, județean de a utiliza autobuze, microbuze, autocare etc. cu motorizări de generație nouă, hibrid, electrice prin caietele de sarcină din cadrul licitațiilor.</li> <li>întreținerea și realizarea pistelor de biciclete.</li> </ol>
Utilizarea energiei în sectorul comercial/instituțional	<ol style="list-style-type: none"> <li>izolarea termică a clădirilor, astfel încât consumul de energie să se reducă.</li> <li>întreținerea instalațiilor astfel încât pierderile de energie să fie minime.</li> <li>utilizarea de echipamente de ultimă generație cu consum de energie scăzut.</li> <li>încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.</li> </ol>
Utilizarea energiei în sectorul rezidențial	<ol style="list-style-type: none"> <li>continuarea programului de izolare termică a imobilelor.</li> <li>încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.</li> </ol>
Utilizarea energiei în industria de prelucrare	<ol style="list-style-type: none"> <li>amplasarea noilor proiecte de unități industriale înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia CO să îl ocupe autopurificare.</li> <li>utilizarea celor mai avansate procedee de reducere și eliminare a CO din gazele reziduale rezultate în sectorul industrial.</li> <li>asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru fixarea poluanților.</li> </ol>
Producția de energie electrică și termică	<ol style="list-style-type: none"> <li>amplasarea noilor proiecte de producere energie electrică și termică înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia CO să îl ocupe autopurificare.</li> </ol>

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
	16. utilizarea celor mai avansate procedee de eliminare a CO din gazele reziduale. 17. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru reținerea poluanților. 18. încurajarea dezvoltării de proiecte de producere a energiei electrice și termice din resurse regenerabile ecologice. 19. reducerea ponderii energiei obținute prin arderea combustibililor convenționali.

## 1. Transporturi

### Scenariul 1

Finele anului 2015 - Parc auto îmbătrânit, lipsă aliniamente verzi cu arbori pe margine drumurilor, căi de rulare într-o stare mai puțin bună, valorile de trafic mare la nivelul principalele căi de acces înspre și dinspre județ duc la valori mari de emisie de CO asociate acestui segment de peste 7000 t/an.

### Scenariul 2

Extrapolare – 2021 trafic mare, parc auto la nivel național întinerit, proiecte de asigurarea aliniamentelor verzi în desfășurare, căi de rulare în bune condiții, vor duce la scăderea emisiilor sub 7000 t/an.

### Inventar de emisii

La nivelul județului sursele au fost inventariate pe un domeniu cu dimensiunea spațială 1km x 1km.  
- surse liniare – trafic și alte procese de emisie asociate traficului (uzură carosabil, parc auto îmbătrânit, uzură pneuri și frână).  
Poluanți inventariați – CO asociat traficului.

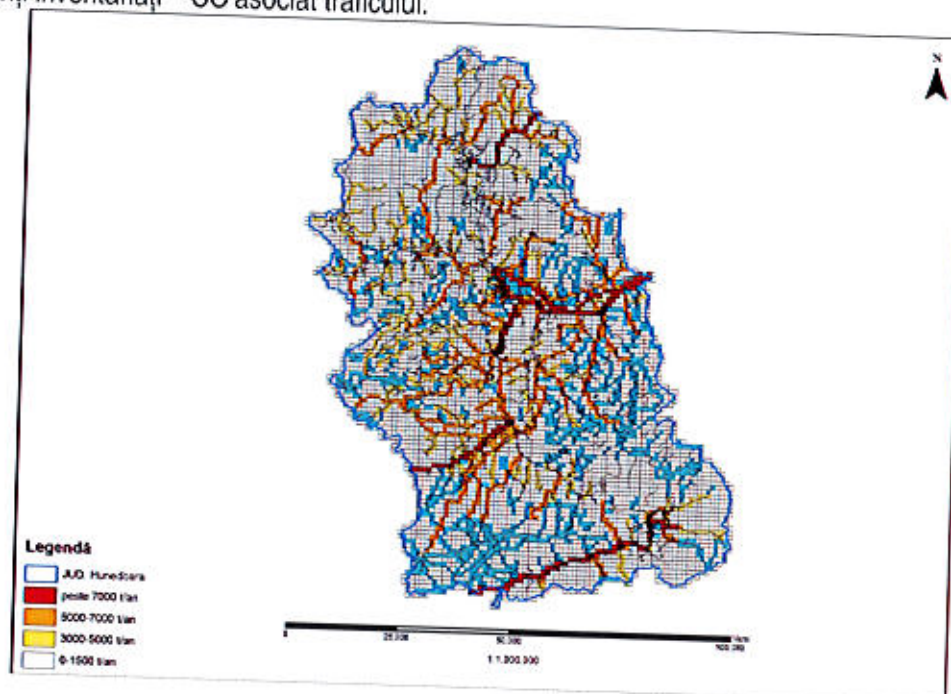


Fig. 80 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de CO provenite din transporturi.



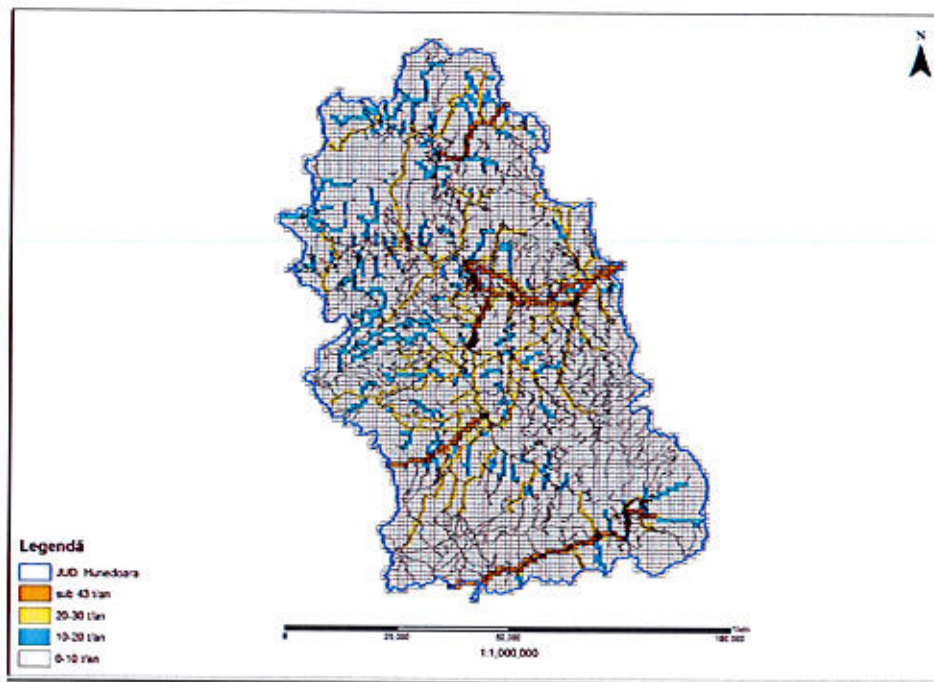


Fig. 81 Previțiune distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de CO provenite din transporturi 31.12.2021

#### 4.1.2.7 Măsuri de reducere a cantității de COV (Benzen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>))

Principalele sectoare de activitatea care sunt responsabile de emisiile de benzen sunt:

- transport aerian, rutier
- extracția și distribuție produse petroliere și gaze naturale
- utilizarea energiei în sectorul rezidențial
- procese de producție industriale

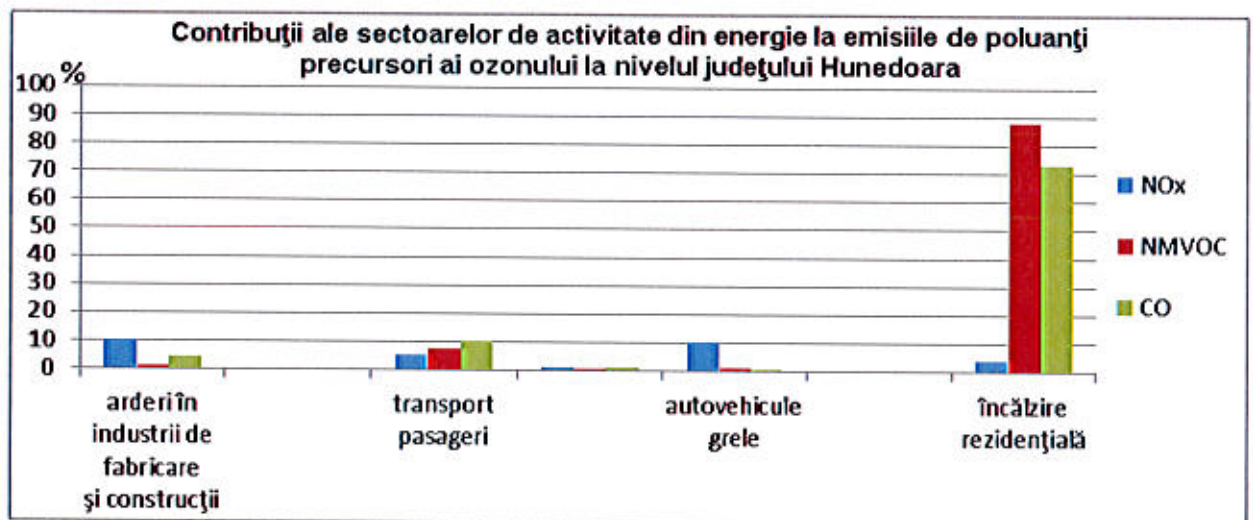


Fig. 82 Distribuția cantității de emisie de poluant în funcție de sectoarele din care provin (<http://apmhd.anpm.ro/>).

Măsurile propuse sunt în funcție de sectoarele de activitatea din care provine poluantul:

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
Transport rutier	1. intensificarea cotroalelor RAR în vederea identificării autoturismelor a căror catalizatori și filtre nu corespund normelor în vigoare.

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
	<p>2. încurajarea de a realiza și întreține aliniamentele de arbori, vegetație de pe marginea arterelor rutiere.</p> <p>3. încurajarea populației de a folosi mijlocele de transport public în orașe și municipii</p> <p>4. încurajarea operatorilor de transport public local, județean de a utiliza autobuze, microbuze, autocare etc. cu motorizări de generație nouă, hibrid, electrice prin caietele de sarcină din cadrul licitațiilor.</p> <p>5. întreținerea și realizarea pistelor de biciclete.</p>
Utilizarea energiei în sectorul rezidențial	<p>6. continuarea programului de izolare termică a imobilelor.</p> <p>7. încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.</p>
Procese de producție industriale	<p>8. amplasarea noilor proiecte de unități industriale înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia benzenului să îl ocupe autopurificare.</p> <p>9. utilizarea celor mai avansate procedee de reducere și eliminare prin absorbție, adsorbție, condensare, oxidare, separare mebranaară, degradare biologică a benzenului din procesele industriale.</p> <p>10. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru fixarea poluanților..</p>
Extracția și distribuție produse petroliere și gaze naturale	<p>11. aplicarea celor mai bune tehnologi în recuperarea COV în procesele de extracție și distribuție a gazelor și produselor petroliere.</p>

## 1. Transport

### Scenariul 1

Finele anului 2015 - Parc auto îmbătrânit, lipsă aliniamente verzi cu arbori pe margine drumurilor, căi de rulaj într-o stare mai puțin bună, valorile de trafic mare la nivelul principalele căi de acces înspre și dinspre județ duc la valori mari de emisie de COV asociate acestui segment de peste 43 t/an.

### Scenariul 2

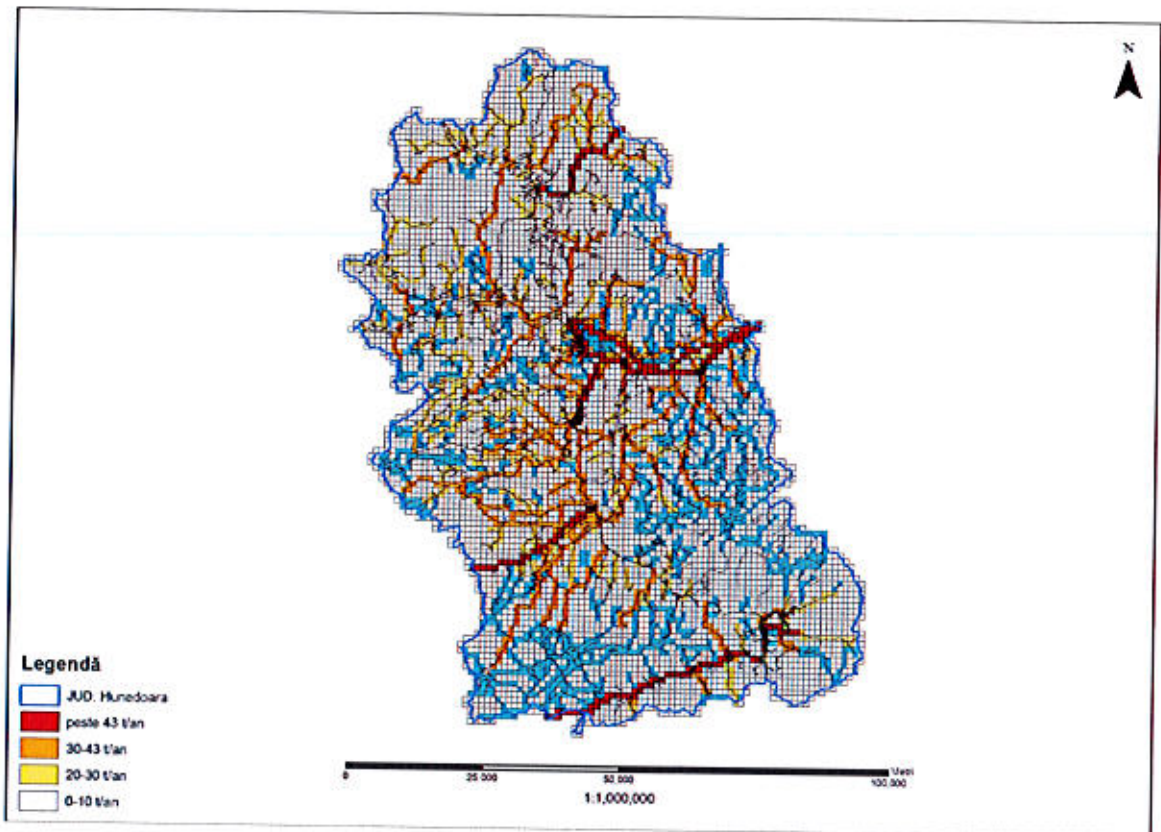
Extrapolare – 2021 trafic mare, parc auto la nivel național întinerit, proiecte de asigurarea aliniamentelor verzi în desfășurare, căi de rulare în bune condiții, vor duce la scăderea emisiilor sub 43 t/an.

#### Inventar de emisii

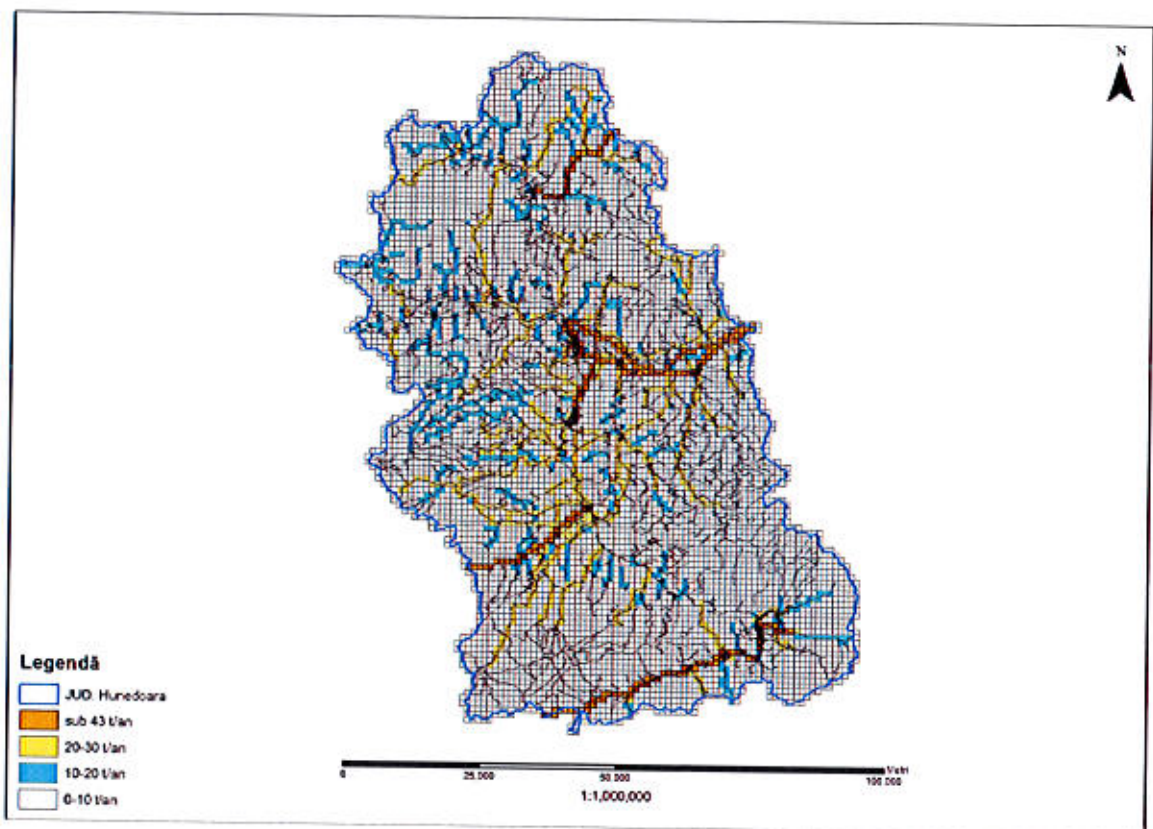
La nivelul județului sursele au fost inventariate pe un domeniu cu dimensiunea spațială 1km x 1km.

- surse liniare – trafic și alte procese de emisie asociate traficului (uzură carosabil, parc auto îmbătrânit, uzură pneuri și frână).

Poluanți inventariați – COV asociat traficului.



**Fig. 83 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de COV provenite de la instalațiile COV.**



**Fig. 84 Previțiune distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de COV provenite de la instalațiile COV. 31.12.2021**

#### 4.1.2.8 Măsuri de reducere a cantității de metale grele (Pb, As, Cd, Ni, Hg)

Principalele sectoare de activitate care sunt responsabile de emisiile de metale grele sunt:

- transport aerian, rutier
- procesele de producție industriale
- producția de energie electrică și termică
- utilizarea energiei în industriile de prelucrare
- utilizarea energiei în sectorul rezidențial
- utilizarea energiei în sectorul comercial/instituțional

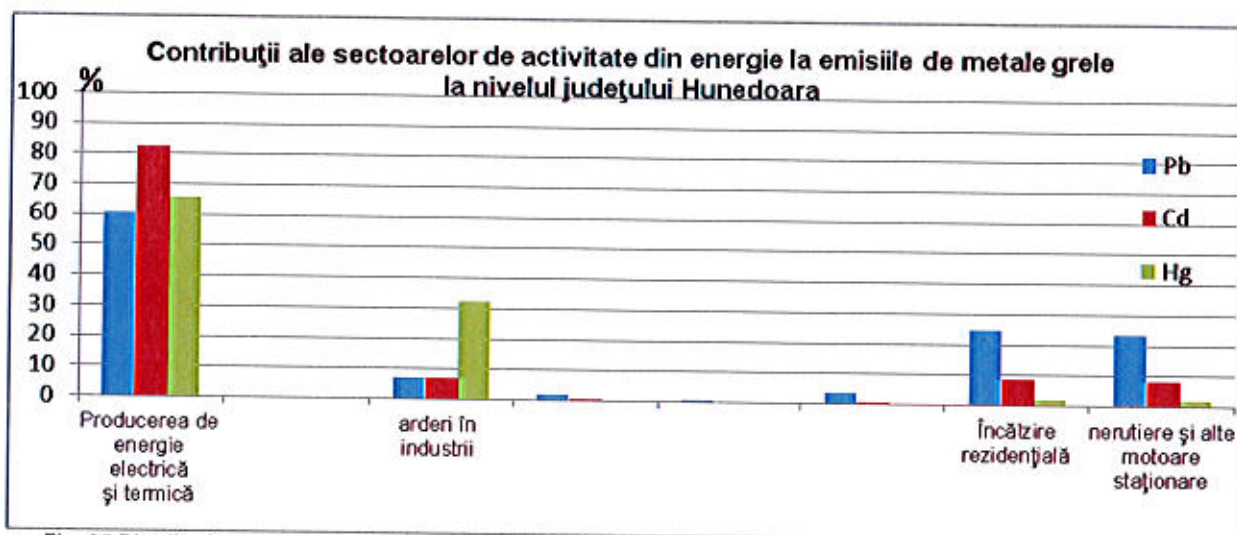


Fig. 85 Distribuția cantității de emisii de poluanți în funcție de sectoarele din care provin (<http://apmhd.anpm.ro/>).

Măsurile propuse sunt în funcție de sectoarele de activitate din care provine poluantul:

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
Procesele de producție industrială	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. amplasarea noilor proiecte de unități industriale înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezentați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia metalelor grele să îl ocupe autopurificare.</li> <li>2. utilizarea celor mai avansate procedee de diminuare a metalelor grele din gazele reziduale rezultate în sectorul industrial.</li> <li>3. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru fixarea poluanților.</li> </ol>
Transport rutier	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. intensificarea cotroalelor RAR în vederea identificării autoturismelor a căror catalizatori și filtre nu corespund normelor în vigoare.</li> <li>5. încurajarea de a realiza și întreține aliniamentele de arbori, vegetație de pe marginea arterelor rutiere pentru a fixa metalele grele.</li> <li>6. încurajarea populației de a folosi mijlocele de transport public în orașe și municipii</li> <li>7. încurajarea operatorilor de transport public local, județean de a utiliza autobuze, microbuze, autocare etc. cu motorizări de generație nouă, hibrid, electrice prin caietele de sarcină din cadrul licitațiilor.</li> <li>8. întreținerea și realizarea pistelor de biciclete.</li> </ol>
Utilizarea energiei în sectorul comercial/instituțional	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. izolarea termică a clădirilor, astfel încât consumul de energie să se reducă.</li> <li>10. întreținerea instalațiilor astfel încât pierderile de energie să fie minime.</li> </ol>

Sectoare de activitate	Măsuri propuse
	11. utilizarea de echipamente de ultimă generație cu consum de energie scăzut. 12. încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.
Utilizarea energiei în sectorul rezidențial	13. continuarea programului de izolare termică a imobilelor. 14. încurajarea instalării de sisteme ce produc energie alternativă.
Utilizarea energiei în industria de prelucrare	15. amplasarea noilor proiecte de unități industriale înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezențați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia metalelor grele să îl ocupe autopurificare. 16. utilizarea celor mai avansate procedee de diminuare a metalelor grele din gazele reziduale rezultate în sectorul de prelucrare. 17. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru reținerea particulelor.
Producția de energie electrică și termică	18. amplasarea noilor proiecte de producere energie electrică și termică înafara aglomerărilor urbane, și amplasarea acestora în funcție de factori geografici prezențați anterior astfel încât un aport important în eliminarea, diluția, dispersia metalelor grele să îl ocupe autopurificare. 19. utilizarea celor mai avansate procedee de diminuare a metalelor grele din gazele reziduale. 20. asigurarea în zona obiectivelor industriale a unor suprafețe cu vegetație, în special forestieră pentru reținerea poluanților. 21. încurajarea dezvoltării de proiecte de producere a energiei electrice și termice din resurse regenerabile ecologice.

#### 1. Producția de energie electrică și termică

Din repartitia emisiilor de metale grele pe sectoare de activitate se observă că ponderea cea mai mare a emisiilor este din producerea de energie electrică și termică, respectiv 65,37% în cazul emisiilor de mercur, 82,53% din emisiile de cadmiu și 60,48 % din emisiile de plumb. La acestea se adaugă sectoare precum: arderi din industrii, încălzirea rezidențială, nerutiere și alte motoare staționare și transportul rutier.

#### Scenariul 1

2015 – Societățile ce produc energie electrică și termică funcționează la capacitatea preconizată pentru anul în curs, utilizând instalațiile de filtrare din dotare duc la valori mari de emisie de metale grele asociate acestui segment de peste 4 t/an.

#### Scenariul 2

Extrapolare – 2021 același număr de instalații funcționând cocomitent la capacitate maximă dotate cu sistem de desulfurare gaze arse, reabilitare arzătoare cu NOx redus și reabilitare electrofiltre vor duce la valori de sub 4 t/an.

#### Inventar de emisii

- surse punctuale – activități industriale – au fost incluse în inventar un număr de 4 coșuri.
- surse de suprafață staționare ce au vizat activitățile industriale ale SC Complexul Energetic Hunedoara SA – Sucursala Electrocentrale Deva SA, SC Complexul Energetic Hunedoara SA – Sucursala Electrocentrale Paroșeni SA .

Poluanți inventariați – Pb, Cd, Hg asociat producției de energie termică și electrică.

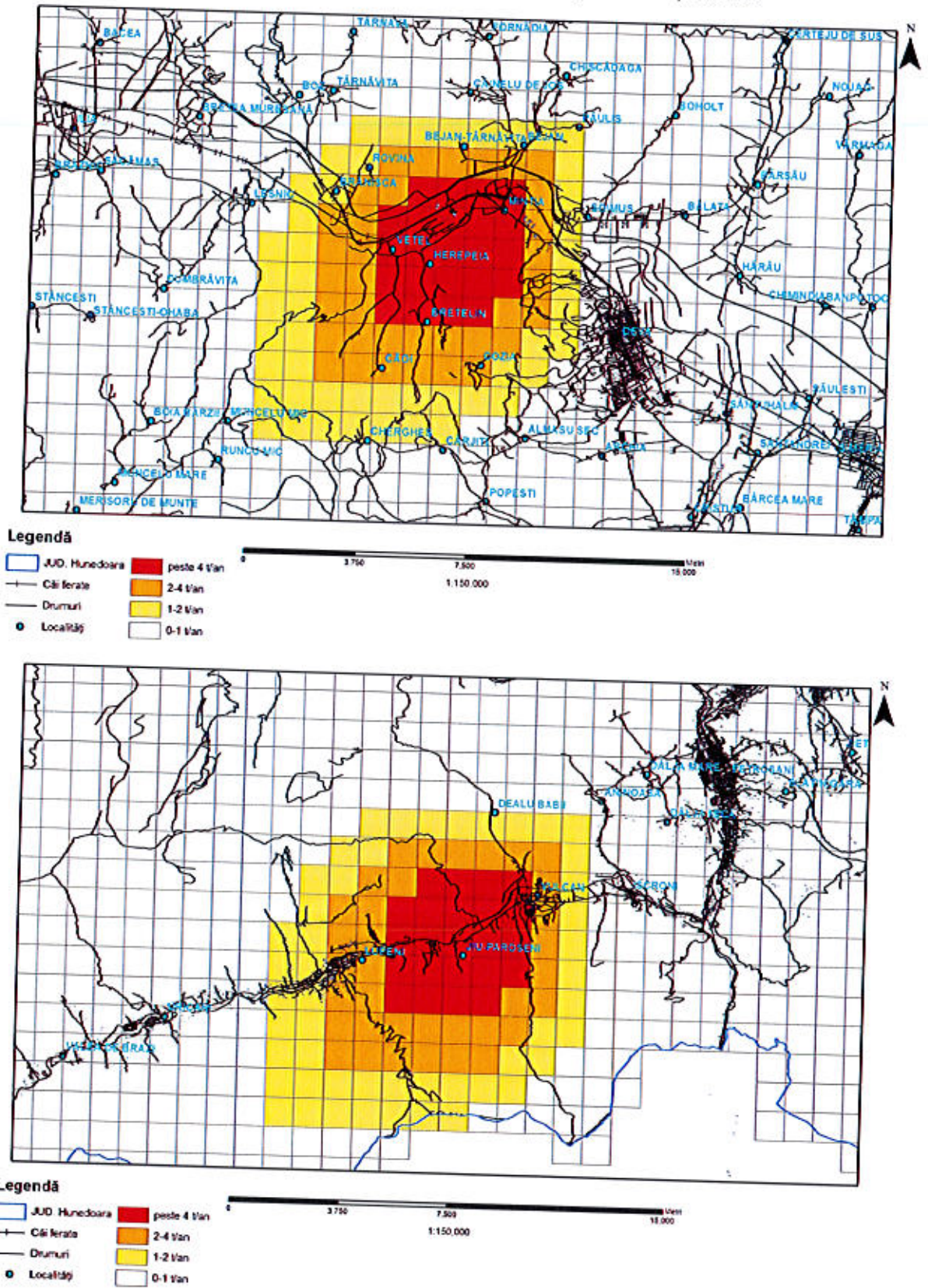
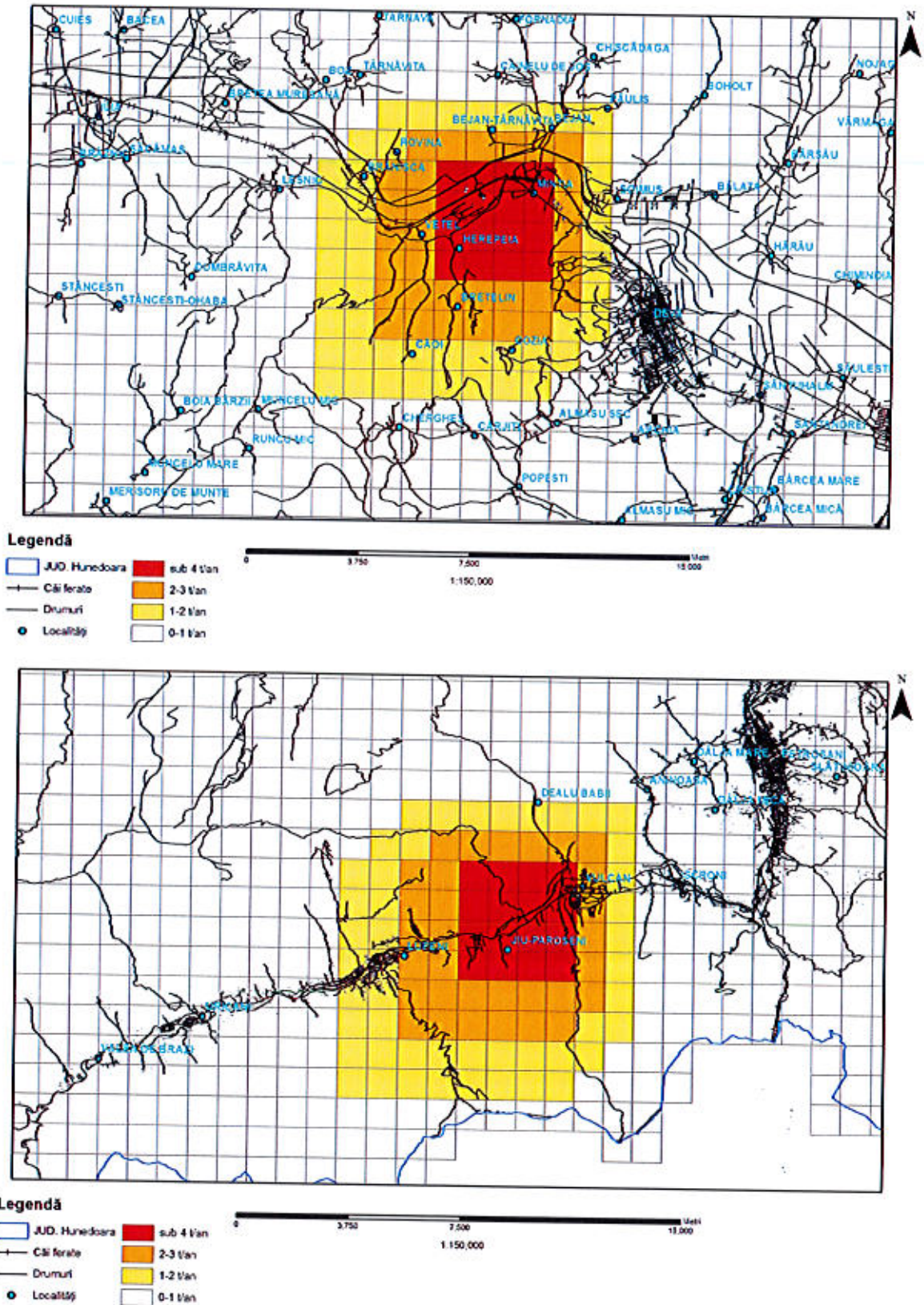


Fig. 86 Distribuția în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de metale grele provenite din procese industriale de producție a energiei electrice și termică: Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Paroșeni.



**Fig. 87** Previțiunea distribuției în grilă de calcul rezoluție 1x1km a emisiilor de metale grele provenite din procese industriale de producție a energiei electrice și termică: Sucursala Electrocentrale Deva și Sucursala Electrocentrale Pârșeni 31.12.2021.

#### 4.1.2.9 Măsuri de reducere a cantității de ozon (O<sub>3</sub>)

Principalele sectoare de activitate care sunt responsabile de emisiile de ozon sunt:

- arderea combustibililor fosili (produse petroliere, cărbuni)
- depozitarea și distribuția benzinei
- procesele de compostare a gunoaielor menajere și industriale
- utilizarea solvenților organici

Ozonul este foarte greu de urmărit, fiind necesară în mod deosebit și monitorizarea precursorilor săi: oxizi de azot, metan, compuși organici volatili.

Pentru reducerea concentrației acestui gaz trebuie luate măsuri în vederea reducerii emisiilor de gaze ce dau naștere ozonului (oxizi de azot, metan, COV), măsuri detaliate pentru fiecare sector de activitate în subcapitolele anterioare în care au fost descriși precursorii ozonului cu scenariile fiecăruia în parte, acestea fiind aplicabile cumulativ în cazul ozonului.

#### 4.1.2.10 Măsuri generale de îmbunătățire a calității aerului

Mediile naturale, prin funcțiile pe care le dețin contribuie în mod semnificativ la ameliorarea calității aerului prin reținerea particulelor în suspensie, detoxificarea acestora, utilizarea unor gaze (CO<sub>2</sub>) în procesele biochimice și eliberarea de oxigen, ș.a.m.d. Din acest punct de vedere, cel mai productiv astfel sistem de medii naturale este reprezentat de *păduri*.

De altfel funcția acestor biomuri este unanim acceptată și larg utilizată la scară regională ca element de limitare a poluării aerului și ameliorare a calității acestuia, chiar și la nivel național începând a fi desemnate păduri cu funcții de protecție urbană.

În context local o valoare deosebită încep să o capete chiar și biomuri de dimensiuni reduse, de tipul perdelelor și coridoarelor verzi.

Încă din perioade imemorabile, omul a căutat să își înconjure gospodăria dar și așezările rurale și cele urbane de „verdeță”, intuind încă de la începuturi multiplele beneficii derivate.

În perioada actuală, fermierii regăsesc valoarea gardurilor vii, iar aglomerările urbane caută să își întărească centurile verzi în lupta cu poluarea în creștere. Un avantaj în favoarea acestor structuri este și faptul că ele se pot instala pe aproape orice tipuri de terenuri, cărora le cresc astfel mult valoarea atât în ceea ce privesc funcțiile, serviciile pentru comunitate, cât și valențele ecologice. Astfel, terenuri virane, degradate sau neproductive, terenuri aparținând unor instituții, administrații, întreprinderi, școli, limite de proprietăți, terenuri ce însoțesc căile de acces pot fi transformate în adevărate rețele ecologice, a căror piese fundamentale să fie reprezentate de gardurile vii.

Unul din componentele cele mai valoroase ale coridoarelor ecologice este reprezentat de așa-numitele „garduri vii” (*engl. = hedges*).

În general, în accepțiunea din România, conceptul de „coridor ecologic” este de altfel asimilat acestor „garduri vii”.

Dat fiind faptul că un coridor ecologic servește deplasării speciilor de floră dar mai cu seamă de faună între habitate, acestea de obicei conțin elemente ce intră cel puțin parțial în componența habitatelor țintă. În consecință coridoarele ecologice pot fi de tip eremial, nemoral, de zone umede, etc.

Astfel de formațiuni sunt relativ rar întâlnite în peisajul românesc datorită particularităților exploatațiilor agricole a căror morfologie a fost influențată în perioada regimului comunist de concepte total opuse celor actuale, punându-se accentul pe practicile extensive și intensive, pe exploatațiile de dimensiuni mari.

„Gardurile vii” sunt elemente definitorii ale unor regiuni europene (Anglia sau Nordul Franței: Normandia), definind un arhetip peisager cunoscut sub denumirea de „bocage”.

Avantajele practice ce au dus la alegerea acestei soluții valoroase din punct de vedere economic și-a dovedit și eficiența ecologică deosebită. Din punct de vedere economic sunt certe funcțiile secundare și de servicii derivate, în favoarea proprietarului/fermierului:



1. Delimitare eficientă a limitelor de proprietate pe perioade de timp lungi și foarte lungi, ducând la eliminarea unor potențiale litigii ale vecinătăților;
  2. Puncte de reper în managementul teritorial, ce își dovedesc eficiența atât la nivel local, cât mai ales la nivel regional sau chiar național;
  3. Sursă suplimentară (alternativă) de lemn pentru foc, construcție, manufacturi tradiționale (prin menținerea unor specii valoroase (castan, paltin, ulm, nuc sau chiar trandafir sălbatic, etc.) sau diverse alte utilizări (nuiele, pari, cozi pentru unelte, etc.);
  4. Sursă suplimentară (alternativă) de produse: fructe, fructe uscate (nuci, alune, etc.), fructe de pădure (mure, zmeură, măceșe, coarne, etc.), ciuperci, plante medicinale, specii de interes cinegetic, etc.;
  5. Adăpost temporar (adăpost de soare, sau de ploaie) în perioada muncilor agricole sau pentru vitele scoase la pășunat.
  6. Ecran de protecție împotriva elementelor naturii (vijelii, viscole, etc.)  
Astfel, experimentele realizate în Franța și Anglia au arătat că viteza vântului este redusă cu 30 până la 50 de procente în zonele cu „garduri vii” față de zonele de unde acestea lipsesc.  
Beneficiile imediate constau în restrângerea pagubelor datorate culturilor (culcarea cerealelor, slaba polenizare a livezilor, doborârea fructelor, vătămarea frunzelor, limitarea creșterii pe verticală, culcarea ierbii înainte de cosire, etc.).  
Îmbunătățirea condițiilor de irigare (un vânt de 3-4m/sec., împrăștiie jetul de apă, iar un vânt de 6m/sec. face irigarea total ineficientă).
  7. Factor favorizant pentru unele culturi (ex. cultura cartofului), diminuând procesele de evapo-transpirație (pierderea apei de către plante), favorizarea apariției și prelungirea perioadelor de rouă, favorizarea precipitațiilor (experimente realizate în SUA, respectiv Europa au demonstrat o creștere cu 5 până la 10% ), favorizarea migrației pe verticală a apei dinspre stratele profunde spre cele superficiale (favorizarea proceselor de capilaritate), o mai bună reținere a apei în sol prin limitarea scurgerilor de suprafață, creșterea producției agricole
  8. Structuri bio-filtrante, ce rețin particulele de praf și atenuază efectele viscozelor;  
S-a demonstrat că fânul recoltat de pe pășunile din imediata proximitate a căilor de acces din proximitatea cărora lipsesc gardurile vii, are un conținut considerabil mai ridicat de plumb.
  9. Ecrane de protecție ce împiedică eroziunea solurilor;
  10. Sursă de venituri alternative (turism, activități cinegetice, etc.)
  11. Funcție estetică. Această funcție își amplifică valențele, dată cu dezvoltarea practicilor agro- și ecoturistice. Astfel turismul rural rămâne de neconceput într-un peisaj extensiv
- Avantajele ecologice ale acestor structuri sunt multiple, amintind aici doar:
1. Valoarea crescută între structurile de tipul „coridoarelor ecologice”
  2. Menținerea echilibrelor între factorii biologici. Această valență prezintă și avantaje economice: o diversitate înaltă cuantifică relații interspecifice complexe ce garantează un auto-control eficient al populațiilor. Reacția prădătorilor și a complexelor parazitare față de populațiile țintă este promptă, menținând valoroasele echilibre reglatoare.
  3. Ofertă variată de nișe ecologice
  4. Căi eficiente de migrație/erație pentru speciile de floră dar mai ales de faună;
  5. Surse de acumulare/refugiu pentru un număr mare de specii;
  6. Sursă de producție a humusului necesar culturilor adiacente;
  7. Factor limitativ al proceselor erozive;
  8. Rol tampon în echilibrul hidric local;
  9. Rol tampon în echilibrul termic al unor habitate, în special al celor ripariene;
  10. Habitat de ecoton cu valoare deosebită în menținerea indicilor de biodiversitate;
  11. Sursă alternativă de nectar pentru speciile nectarivore sau a celor asociate. Această valoare deosebită este pusă în evidență de practicile apicole;
  12. Material didactic deosebit de util pentru ilustrarea unor aspecte legate de natură. Util și în programele de conștientizare a valorii naturii.



Aspect al unui gard viu desființat. Se remarcă cantitatea importantă de masă lemnoasă rezultată, sortată pentru utilizări diverse

Dezavantajele menținerii unor astfel de structuri rămân neglijabile, cu toate că de cele mai multe ori sunt invocate de partizanii intensificării și extensificării activităților agricole. Dintre acestea adesea sunt menționate:

1. Pierderea de teren. Astfel, pentru o parcelă de 4 ha de forma unui pătrat, protejată de un gard viu de 2 m lățime, pierderea este de 4%, iar dacă lățimea gardului viu este de 4m, pierderea reprezintă 6%;
2. Dificultatea manevrării unor utilaje agricole. Cu toate acestea plusul de manevre, exprimat în consumul suplimentar de carburant rămâne neglijabilă;
3. Surplusul de timp alocat întreținerii gardurilor vii;

Din păcate în Europa astfel de habitate resimt o presiune în creștere ca urmare a tendinței de industrializare a agriculturii (extensivizare și intensificare).

Pentru România acest proces cunoaște însă o fază de regenerare.

Legislația atât la nivel european cât și la nivel național deși există este dificil de implementat. În plus mecanisme favorizante de genul compensațiilor sau a subvențiilor rămânând cel puțin în cazul rotecției gardurilor vii, la stadiul de deziderat.

Fragmetarea excesivă a terenurilor ca urmare a procesului de retrocedare a proprietăților la care se adaugă sentimentele exacerbate legate de simțul proprietății au favorizat apariția și dezvoltarea cu precădere în ultimii ani a unor formațiuni similare „bocage”-ului francez.

Astfel în multe perimetre agricole, își fac apariția treptat aceste coridoare ecologice, apărând o adevărată rețea ecologică primară.

La nivel județului Hunedoara o astfel de structură conectivă apare dezvoltată în special în lungul unor cursuri de râu (Hunedoara și afluenții acestuia), dar și la nivelul unor căi de acces (în special căi ferate).

Astfel dezvoltarea acestor coridoare și perdele forestiere ar putea reprezenta o soluție valoroasă în ameliorarea calității aerului la nivel regional prin:

- creșterea capacității de refacere și detoxificare a gazelor atmosferice;
- diminuarea turbulenței atmosferice (a vânturilor, rafalelor, etc.) de la nivelele imediat proximale celei terestre;
- scădere semnificativă a eroziunii eoliene;

În ceea ce privește managementul general al pădurilor, se observă căsursele principale de emisie a noxelor cu potențial semnificativ de afectare a calității mediului se regăsesc în proximitatea aglomerărilor urbane. Pentru limitarea dispersiei, răspunzând principiului de reținere a poluanților la sursă, pe lângă soluții punctuale de realizare a unor perdele verzi de protecție, proximale, este de dorit ca înălțimea arborilor, în special în proximitatea

acestor locații, să crească. Dat fiind faptul că pădurile din aceste zone ale județului Hunedoara se regăsesc în etajele de vegetație de la stejar – gol alpin, o creștere pe verticală a coronamentelor este dificilă să se realizeze. Se pot însă realiza perimetral acestor trupuri forestiere liziere de specii de arbori cu port înalt, cum este cazul plopilor (plop alb și plop tremurător, iar în zonele cu exces de umiditate, plop negru).

Se obține astfel o structură de filtrare primară a maselor de aer, ce în plus sunt direcționate spre coronamentele forestiere unde procesele biochimice pot continua.



Perdea de plop integrată la nivelul unui masiv forestier. Se observă o dublare a amplitudinii dezvoltării verticale a coronamentului.

**4.2. Calendarul aplicării planului de mentinere a aerului (măsura, responsabil, termen de realizare, estimare costuri/surse de finanțare).**

Măsură/Acțiuni				
Instituție responsabilă de proiect	Denumire proiect	Termen execuție	Buget și surse de finanțare	Stadiul proiectului
<b>1. Realizarea de infrastructuri de transport</b>				
CNADNR	Realizare autostrada Lugoj – Deva Lot 2	27.05.2016 (termen depășit)	562.730.583,80 RON fără TVA aceștia provin din: Fonduri Coeziune (85%) 478.320.996,23 și Guvernul României (15%) 84.409.587,57	În derulare.
CNADNR	Realizare autostrada Lugoj – Deva Lot 3	27.05.2016 (termen depășit)	579.927.798,86 RON fără TVA aceștia provin din: Fonduri Coeziune (85%) 492.938.629,03 și Guvernul României (15%) 86.989.169,83	În derulare.
CNADNR	Realizare autostrada Lugoj – Deva Lot 4	27.05.2016 (termen depășit)	419397452,07 RON fără TVA aceștia provin din: Fonduri Coeziune (85%) 356.487.834,26 și Guvernul României (15%) 62.909.617,81	În derulare.
Autorități Publice Locale	Imbunătățirea accesibilității dintre zonele de locuire și cele de interes productiv, social, cultural și economic; optimizarea traficului intra urban prin sporirea fluenței traficului; crearea de circuite de „undă	Permanent	2 Mil RON. Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	Idee proiect.

Măsurile/Acțiuni				
Instituție responsabilă de proiect	Denumire proiect	Termen execuție	Buget și surse de finanțare	Stadiul proiectului
	verde" prin sincronizarea semaforizării și crearea de benzi speciale pentru transportul în comun.			
Autorități Publice Locale	Imbunătățirea parametrilor de transport în comun; înnoirea parcului auto; promovarea transportului alternativ stații de biciclete (bike-sharing)	Permanent	15 Mil RON pentru sistemul bike – sharing. 1 Mil RON – preț mediu 1 unitate autobuz. Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	În derulare.
Autorități Publice Locale	Crearea de circuite și piste de biciclete; încurajarea transportului și facilităților velociclice	Permanent	500 Mii RON/km – pistă de biciclete. Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	În derulare
Primăria Deva, Autorități Publice Locale	Asumarea unui program de modernizare a infrastructurii rutiere prin asigurarea pantelor corespunzătoare de scurgere, înnoirea covoarelor asfaltice, refacerea sistemelor conexe de bordură, trotuare și rigole; Accelerarea proiectelor și inițiativelor de asfaltare a tuturor căilor de acces, a racordurilor secundare ce se conectează la rețelele rutiere ( comunale, județene și naționale) pe o lungime corespunzătoare categoriei drumului cu care se racordează (conform normativelor aflate în vigoare)	Permanent	1 Mil RON/Km Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	În derulare

<b>Măsuri/Acțiuni</b>				
<b>Instituție responsabilă de proiect</b>	<b>Denumire proiect</b>	<b>Termen execuție</b>	<b>Buget și surse de finanțare</b>	<b>Stadiul proiectului</b>
<b>2. Promovarea unor sisteme energetice puțin poluante, introducerea pe scară largă a sistemelor verzi</b>				
Primăria Deva, Autorități Publice Locale	Extinderea rețelei de alimentare cu gaze naturale în vederea diminuării poluării cu noxe de la coșurile de fum a instalațiilor ce folosesc la ardere combustibil solid (lemn).	Permanent	200 RON/ml. Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	În derulare
Primăria Deva, Autorități Publice Locale	Eficientizarea energetică a clădirilor publice, inclusiv instalarea de panouri solare pentru producția de apă caldă; Accelerarea programelor de îmbunătățire a eficienței energetice a clădirilor.	Permanent	70 RON/mp. Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	În derulare
<b>3. Ecologizare</b>				
SC Complexul Energetic Hunedoara SA Societăți Comerciale Statul român	Închidere și ecologizare halde de steril și depozite de zgură și cenușă, unde este cazul	2021 Minim 5 astfel de obiective	50000 RON/ha. Bugetul Companiilor, Fonduri Guvernamentale.	În derulare

<b>Măsurii/Acțiuni</b>				
<b>Instituție responsabilă de proiect</b>	<b>Denumire proiect</b>	<b>Termen execuție</b>	<b>Buget și surse de finanțare</b>	<b>Stadiul proiectului</b>
<b>4. Îmbunătățirea salubrității localităților</b>				
Autorități Publice Locale	Monitorizarea permanentă a modului de gestionare a colectării deșeurilor municipale și igienizarea căilor de rulaj Constientizarea populației asupra efectelor negative produse de aruncarea gunoierului în locuri nepermise și aplicarea de sancțiuni/amenzi pentru a preveni aceste situații.	Permanent	Buget autorități publice locale.	În derulare
Autorități Publice Locale Consiliul Județean Hunedoara CNADNR	Igienizarea căilor de rulaj, trotuare cu o frecvență corespunzătoare care să asigure împiedicarea depunerilor aluvionare pe marginea acostamentului.	Permanent	150 RON/1000 mp. Buget autorități publice locale. Buget CNADNR.	În derulare.
<b>5. Creșterea suprafeței de spațiu verde</b>				
Autorități Publice Locale	Inventarierea anuală a suprafețelor de spațiu verzi și revitalizarea acestora. Propunerea unui plan de creștere anuală a suprafeței de spațiu verzi cel puțin până la atingerea obiectivului de 26 mp/locuitor.	Permanent	300 Euro/mp. Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	În derulare
Autorități Publice	Prevenirea eroziunii solului prin plantare de	Permanent	3000 Euro/ha.	În derulare

Măsurii/Acțiuni				
Instituție responsabilă de proiect	Denumire proiect	Termen execuție	Buget și surse de finanțare	Stadiul proiectului
Locale Direcția Silvică Hunedoara	perdele forestiere		Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	
Autorități Publice Locale Consiliul Județean Hunedoara CNADNR	Înființarea de perdele forestiere unde se pretează de-a lungul drumurilor indiferent de categoria lor.	Permanent	4 RON/puiet. Buget autorități publice locale, fonduri europene, fonduri private și bugetul de stat.	Idee proiect
Autorități Publice Locale Direcția Silvică Hunedoara Gestionari fond forestier Proprietari fond forestier	Adaptarea gestiunii forestiere prin creșterea înălțimii coronamentelor , în special în proximitatea aglomerărilor urbane și a surselor mari de poluare. Dat fiind faptul că pădurile din aceste zone ale județului Hunedoara se regăsesc în etajul de vegetație a stejarului, o creștere pe verticală a coronamentelor este dificilă a se realiza. Se pot însă realiza perimetral acestor trupuri forestiere liziere de specii de arbori cu port înalt, cum este cazul plopilor (plop alb și plop tremurător, iar în zonele cu exces de umiditate, plop negru).	Permanent	4 RON/puiet. Buget autorități publice locale, fonduri europene, fonduri private și bugetul de stat.	Idee proiect.
Direcția Silvică Hunedoara Gestionari fond	Împădurirea zonelor defrișate.	Permanent	4 RON/puiet. Fonduri ale proprietarilor de fond forestier.	În derulare.



<b>Măsurii/Acțiuni</b>				
<b>Instituție responsabilă de proiect</b>	<b>Denumire proiect</b>	<b>Termen execuție</b>	<b>Buget și surse de finanțare</b>	<b>Stadiul proiectului</b>
Proprietari fond forestier				
<b>6. Soluții alternative de transport în localități</b>				
Primăria Deva Autorități Publice Locale	Reducerea poluării generate de mijloacele de transport în comun prin introducerea în circulație a vehiculelor cât mai puțin poluante.	Permanent	1 Mil RON – preț mediu 1 unitate autobuz. Buget autorități publice locale, fonduri europene și bugetul de stat.	În derulare.
Primăria Deva	Realizarea unui studiu de fezabilitate privind oportunitatea introducerii sistemelor electrice de transport în comun.	2021	0,5%-1,5% din valoarea proiectului. Bugetul local, fonduri europene și bugetul de stat.	Idee proiect.
Autorități Publice Locale	Realizarea unui studiu de fezabilitate privind posibilitatea de realizare a unor piste de biciclete inter-urbane.	2021	0,5%-1,5% din valoarea proiectului. Bugetul local, fonduri europene și bugetul de stat.	Idee proiect.

<b>Măsurii/Acțiuni</b>				
<b>Instituție responsabilă de proiect</b>	<b>Denumire proiect</b>	<b>Termen execuție</b>	<b>Buget și surse de finanțare</b>	<b>Stadiul proiectului</b>
<b>7. Conștientizarea populației privind importanța protecției mediului</b>				
Consiliul Județean Hunedoara Inspectoratul Școlar Hunedoara ONGuri	Acțiuni de conștientizare/promovare și materiale promoționale pentru o colectare selectivă în cadrul proiectului Sistem Integrat de Management al Deșeurilor în județul Hunedoara.	Permanent	Buget Consiliul Județean.	În derulare.
Consiliul Județean Hunedoara, Inspectoratul Școlar Hunedoara ONGuri	Promovarea educației ecologice în instituțiile de învățământ în vederea reducerii poluării aerului Promovarea acțiunilor de voluntariat, în cadru organizat, pentru îmbunătățirea factorilor de mediu	Permanent	Buget Consiliul Județean.	În derulare.
Consiliul Județean Hunedoara, Direcția Silvică Hunedoara, Inspectoratul Școlar Hunedoara ONGuri	Campanii de conștientizare asupra efectelor negative produse prin defrișări excesive și reducerea fondului forestier.	Permanent	Buget Consiliul Județean. Direcția Silvică Hunedoara	Idee proiect.

## CAPITOLUL 5

### Bibliografie

1. Agarwal A., Narain S., Climat: un dossier chaud, Pollution atmospherique, octobre - decembre, 1998, 73
2. Agenda ®, Săptămânal de Informații și Divertisment, Timișoara, nr. 25/21.06.2003
3. Apostol L., Pîrvulescu I., Apăvăloae M., 1987, Influența caracteristicilor vântului în procesul de poluare atmosferică pe teritoriul unui areal urban, Lucr. Sem. Geogr. „D. Cantemir”, nr.7/1986, Univ. „Al. I. Cuza”, Iași.
4. Apostol L., Pârvulescu I., 1993, Rolul factorilor climatici în poluarea și depoluarea atmosferei în zona Munților Călimani, Analele Universității din Oradea, Geografie, Tom. III, pag. 163-167.
5. Apostol L., 2004, Clima Subcarpaților Moldovei, Editura Universității Suceava.
6. Apostol L., Apăvăloae M., 1995, Influența umezelii relative, nebulozității și ceții asupra proceselor de poluare și depoluare a atmosferei, Lucr. Sem. „Principii și tehnologii moderne pentru reducerea poluării atmosferice” Ag. de Prot. a Mediului — Staț. „Stejarul” Piatra Neamț.
7. Ardelean F., Iordache V., *Ecologie și Protecția Mediului*, Editura MATRIX ROM, București. 2007.
8. Atimtay, a. T., Harrison, D. P. - *Desulfurization of hot coal gas*, NATO ASI series: Ser. G, Ecological Sciences, voi. 42, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998.
9. Banu Alexandra Radovici O. M., 2007, Elemente de ingineria și protecția mediului. Editura Tehnică, București.
10. Bara Camelia, 2001. Metode generale privind igiena și protecția mediului, Editura Dacia Cluj-Napoca.
11. Bara L., 2004, Ecotoxicologie, Editura Universității din Oradea.
12. Bara V., Laslo C., 1997, Elemente de ecotoxicologie și protecția mediului înconjurător, Editura Universității din Oradea.
13. Bara V. 1998, Igiena mediului înconjurător, Editura Universității din Oradea.
14. Bara V., Laslo C., Bara Camelia, 1998, Ecotoxicologie practică, Editura Universității din Oradea.
15. Bara V., Radocz L., Juhasz C., 2008, Managementul general al mediului și toxicologie, HU ISBN 963-9274-30-5.
16. Bamea M., Ursu P., 1969, Protecția atmosferei împotriva impurificării cu pulberi și gaze, Editura Tehnică, București.
17. Bamea M, Ursu P., Pollution et protection de l'atmosphère. Edition Eyrolles, Paris, 1974
18. Băbeanu Narcisa, Berca M., Borza I., Coste I., Coligă C., Dumitrescu N., Olteanu I., 2002, Ecologie și protecția mediului, Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași, ISBN 973-8014-72-7.
19. Bălțeanu D., Șerban Mihaela, 2005, Modificări globale ale mediului. O evaluare interdisciplinară a incertitudinilor, Editura Ceres București.
20. Beretta J., Le vehicule a propulsion électrique, Pollution atmospherique, janvier - mars, 1997, 66
21. Caluianu S., Cociorva S., „Măsurarea și controlul poluării atmosferei”, Ed. Matrix Rom, București, 1999
22. Constantinescu G.C., Chimia mediului - Aerochimia, Ed. Uni - Press - C - 68, București, 2002
23. Ciplea L., I., Ciplea AL., Poluarea mediului ambiant, Ed. Tehnică, București, 1978
24. David V., Controlul analitic al poluanților atmosferici, Ed. Universității, București, 1997
25. Dăncilă, M., *Procese de depoluare pe bază de oxizi micșli a gazelor reziduale*, Teză de doctorat, Uiversitatea „Politehnica” București, 2009.
26. Dotreppe G.N., La pollution de l'air, Ed. Eyrolles, Paris, 1973
27. Ecosfera, Publicație de Informare și Educație Ecologică, Ianuarie, 1998
28. Iordache Gh.. 2003, Metode și utilaje pentru prevenirea poluării mediului. Editura Matrix Rom. București.
29. Istrate, M., Gusa, M., *Impactul producerii, transportului și distribuției energiei electrice asupra mediului*, Editura AGIR, București, 2000.

30. Guzun Stoica, A., Stroescu, M., C., Dobre, T., Floarea, O., *Operații de transfer interfazic*. Editura MATRIX ROM, București, 2001.
31. Hocking, M. B., *Handbook of Chemical Technology and Pollution Control*, 3rd Edition, Chapter 3. Air Pollution Control Priorities and Methods, Copyright © 2005 Elsevier Inc., ADEMIC PRESS, 2006, ISBN: 978-0-12-088796-5.
32. Jelev J., *Mediul înconjurător*, vol. II, nr. 1-2, 1991
33. Jiroveanu M., Popescu Șt.. 1964. Captarea și epurarea gazelor în industria chimică și metalurgică neferoasă, Editura Tehnică, București.
34. Kessel D. G.. 2000, Global warming - facts, assessments, countermeasures. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 26. 157-168.
35. Khoder M. I.. 2002. Atmospheric conversion of sulfur dioxide to particulate sulfate and nitrogen dioxide to particulate nitrate and gaseous nitric acid in an urban area Chcmosphre, 49 (6), 675 - 684.
36. Kohl, A., Nielsen, R., *Gas Purification*, 5<sup>th</sup> Edition, Gulf Publishing Company, Book Division, P.O. Box 2608, Houston, Texas, 1997.
37. Koteles N., Moza Ana Cornelia, 2010. Aspects on air pollution with sulphur dioxide in Oradea city. International Simposium "Trends in the European Agriculturc Development", May 20-21. 2010, Timișoara, Banat's University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Timișoara, Faculty of Agriculture and University of Novi Sad Faculty of Agriculture.
38. Koteles N., Pereș Ana Cornelia, 2010. Air pollution with powders in suspension in Oradea city area. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului*, Vol XIV, Anul 15, International Symposium "Risk Factors for Environment and Food Safety", Faculty of Environmental Proiection, November 5 - 6. Oradea 2010, Editura Universității din Oradea, 2010. ISSN 1583- 4301.
39. Laurcnce J. A., Andersen C. P., 2002, Ozone and natural systems: understanding exposure, response and risk, *Environment International*, 1000. I -6.
40. Lăzărescu I.. 1983. Proiecția mediului înconjurător și industria minieră. Editura Scrisul Românesc. Craiova.
41. Lăzăroi Gh., 2006. Soluții moderne de depoluare a aerului. Editura Agir, București.
42. Lăzăroi, Ghe., *Tehnologii moderne de depoluare a aerului*, Editura AGIR, București, 2000.
43. Le Cloirec P: coord, *Les composes organiques volatils (COV) dans l'environnement*, TEC & DOC Lavoisier, Paris, 1998
44. Ledbetter J.O., *Air Pollution*, Marcel Aekker Inc., New York, 1972
45. Lixandru B., 1996, *Ecologie și protecția mediului*, Editura Brumar, Timișoara.
46. Maga J. A., 1971, *Motor vehicle emissions in air pollution and their control*, in „Advances in Environmental Sciences and Technology”. Voi. 2. Ed. By Pitts J. N., Jr. and Metcali R. L Wiley Interscience. New York/London/Sydney/Toronto.
47. Manoliu M., Ionescu Cristina, 1998, *Dezvoltarea durabilă și proiecția mediului*. Editura G.H.A.. București, ISBN 973-98077-8-X.
48. Marcazan G.M., Valli G., Vecchi R., 2002, *Factlors influencing mass concentration and chemical composition of fine aerosols during a PM high polution episode*, *The Science of the Total Environment*, 298, 65 - 79.
49. Marcu Gh. Marcu Teodora, 1996, *Elemente radioactive. Poluarea mediului și riscurile iradierii*, Editura Tehnică, București.
50. Marcu M. 1983, *Meteorologie și climatologie forestieră*, Editura Ceres, București.
51. Măhăra Gh., 1969, *Contribuții la studiul nocivității atmosferice în orașul Oradea*, Institutul Pedagogic Oradea, *Lucr. Științifice Seria A*, Oradea, pag. 139-147.
52. Măhăra Gh.. 1976, *Poluarea aerului și a apelor din spațiul Câmpiei Crișurilor și a zonelor limitrofe*, în *Buletinul Societății de Științe Geografice din RSR, Seria IX, Voi IV (LXXIV)*, București 1976, pag. 170-177.
53. Măhăra Gh. 2001, *Meteorologie*, Editura Universității din Oradea.
54. Măhăra Gh., Dudaș A., Gaceu O., 2003, *The dynamics of the utmosphere and the impact of the air pollution due to the waste dumps siluated close io the western industria! platform of Oradea* *The Environmental and Socio-Economic Impact of Industrial Tai ling Ponds*, Universitatea din Oradea, Tom XIII, pag. 5-18.
55. Mănescu S., Cucu M., Diaconescu Mona Ligia, 1994, *Chimia sanitară a mediului*. Editura Medicală București.
56. Miclăuș, C., *Contribuții la studiul corelațiilor între emisiile platformei chimice Săvinești și calitatea atmosferei zonei, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică „Ghe. Asachi” Iași, 2008.*

57. Moldovan Fl., 1996, *Conferința „Climatologie și poluarea de la Mendoza (Argentina)*, Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geographia XLI, Cluj-Napoca, pag. 183-187.
58. Moza Ana Cornelia, 2009. *Clima și poluarea aerului în bazinul hidrografic Crișul Repede*, Editura Universității din Oradea ISBN 978-973-759-775-5, nr. pag. 286.
59. Moza Ana Cornelia, Jude E., 2009, *Aspects regarding the air pollution with powders in suspension (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>) in Oradea city area*. Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului, Vol XIV, Anul 14, International Symposium "Risk Factors for Environment and Food Safety" and "Natural Resources and Sustainable Development", Editura Universității din Oradea.
60. Negoiu D., Kriza A., Poluanți anorganici în aer. Ed. Academiei. București, 1977
61. Peavy, H. S., Rowe D. R., Tchobanoglous C. *Environmental Engineering*, Copyright 1985, by McGraw-Hill, Inc.
62. Penescu A., Băbeanu N., Marin D.I., „Ecologie și protecția Mediului”, Ed. Sylvi, București, 2001
63. Pereș Ana C., Poluarea și autopurificarea atmosferei, Ed. Universității din Oradea, Oradea, 2011.
64. Popa R. G., Poluanți atmosferici. Metode de determinare. Tehnologii de depoluare (lucrări practice), Ed. Academica Brâncuși, Tg-Jiu, 2004
65. Popa R. G., Poluarea aerului, Ed. Sitech, Craiova, 2004.
66. Popa R. G., Racoceanu C., Șchiopu E. C., Tehnici de monitorizare și depoluare a aerului, Ed. Sitech, Craiova, 2008.
67. Popescu M., Chiriac R., Impactul freonilor asupra mediului înconjurător, Ecoclima. 3-4. 1999, p. 37
68. Popescu M., Popescu M., Ecologie aplicată, Ed. Matrix Rom, București, 2000
69. Popescu M., Popescu R., Strătuță C., Metode fizico – chimice de tratare a poluanților industriali atmosferici, Ed. Academiei Române, București, 2006.
70. Sanders L.C.. Toxicological aspects of energy production, Battelle press, Columbus. 1986
71. Savii C., Sacii G.. Modelarea și simularea poluării aerului, Ed. Presa Universitară Română, Timișoara, 2000
72. Schmitzer M., Effects of low pH on the chemical structure and reactions of humic substances; Effects of acid precipitation on terrestrial ecosystems, Plenum Press, New York, 1980
73. Stănescu, R., Untea, I., *Raport de cercetare privind identificarea surselor industriale de poluare cu COV și prezentarea legislației de mediu referitoare la emisiile de COV*, Proiect de cercetare dezvoltare CEE X 55/2005, Cod MEC PC-D06-PT04-60, 2005.
74. Stern A.C., Air Pollution, Academic Press New York, 1976
75. Șchiopu D., Ecologie și protecția mediului, Ed. Didactică și Pedagogică R.A., București, 1997
76. Ștefan Sabina. 2004, *Fizica atmosferei, vremea și clima*, Editura Universității, București Teușdea V., Protecția mediului, Ed. Fundației „România de Măine”, București, 2000
77. Teușclea V.. 1998. *Protecția Mediului*. Editura Fundației România de Măine, București.
78. Theodore, L., Buonicore, a., *Air pollution control equipment*. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
79. Topor N., Stoica . 1965, *Tipuri de circulație atmosferică deasupra Europei*, C.S.A.. I.M., București
80. Trușcă Constanța. 2003. *Calitatea aerului*, Editura Agora, Călărași.
81. Tumanov S., 1979. *Calitatea aerului*, Editura Tehnică. București.
82. Ungureanu Irina. 1984, *Analiza protecției mediului înconjurător* Centr. Multipl. Univ. Al. I. Cuza Iași.
83. Untea, I. - *Purificarea catalitică a gazelor industriale*. Teză de doctorat, Universitatea „Politehnica” București, 1996.
84. Untea, I. – Controlul poluării aerului, Editura Politehnica Press, București, 2010.
85. Untea, I., *Purificarea gazelor reziduale*. Editura Printech, București, 2002
86. Voicu, V., *Combaterea noxelor în industrie*, Editura Tehnică, București, 2002.
87. Wang, L. K, Pereira, N. C., Yang-Tse Hung, *Handbook of Environmental Engineering: Advanced Air and Noise Pollution Control*, Volume 2, Humana Press, Inc., Totowa, New Jersey, 2004.
88. Theodore, L., *Air Pollution Control Equipment Calculations*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008.
89. Varnei R., Mac Cormac B. M., Atmospheric pollutants, Introduction on the scientific study of atmospheric pollution, Reidel, 1971, 8.
90. Vancea V. T.. 1991. *Unde aspecte privind ploile acide în zori Municipiului Oradea*, Analele Universității din Oradea. Fascicol. Geografie, pag. 68-72.

91. Vancea V., Păcală N., Martin Marja. 1992. *Unele aspecte privind poluarea aerului în zona Municipiului Oradea și măsuri de protecție* Analele Universității din Oradea, Geografie. Tom. II. pag. 55 -59.
92. Vespremeanu E., 1986, *Mediul înconjurător ocrotirea și conservarea lui*, Editura Științifică și Enciclopedică. București.
93. Vișan Sanda, Angelescu Anca, Alpopi Cristina. 2000. *Mediu înconjurător. Poluare și protecție*. Editura Economică. București.
94. Voicu V., 1994, *Agenda pentru combaterea noxelor în industrie* Editura Tehnică, București.
95. Zăpârțan Maria, Mintaș Olimpia. Moza Ana, Agud Hliza, 2009 *Biometeorologie și Bioclimatologie*, Editura Eikon, Cluj-Napoca.
96. Weller G.. 1995. *Global pollution and its effect on the climate of the Arctic*, The Science of total Environment. 160/161, 19 - 24.
97. Weston R. E. Jr., 1996. *Possible greenhouse effects of tetrafluoromethane and carbon dioxide emitted from aluminium production*, Atmospheric Environment. 30 (16). 2901 - 2910.
98. Winer A. M., 1986, *Air pollution chemistry in ..Handbook of Air Pollution Analysis*", Ed. by Harrison P. M. and Perry R.. Chapman and Hall, London - New York.
99. European Commission, *Integrated Pollution and Control: Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*, 2006, [http://ec.europa.eu/environment/ippc/brefs/lcp\\_bref\\_0706.pdf](http://ec.europa.eu/environment/ippc/brefs/lcp_bref_0706.pdf).
100. \*\*\* Commission for Environmental Cooperation, 1997, Legal Deposit - Bibliotheque nationale du Canada, ISBN 2-922305- 18-X.
101. \*\*\* *Ministerul Apelor și Protecției Mediului*, 2002, Normativ din 25 iunie 2002, privind stabilirea valorilor limită, a valorilor de prag și a criteriilor și metodelor de evaluare a dioxidului de sulf, dioxidului de azot și a oxizilor de azot, pulberilor în suspensie ( $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$ ), plumbului, benzenului, monoxidului de carbon, și ozonului în aerul înconjurător, București.
102. <http://apmhd.anpm.ro/>.
103. Planul de amenajare a teritoriului Județean, județul Hunedoara; <http://www.cjhunedoara.ro/>.
104. <http://www.termodeva.ro/>
105. <http://www.insse.ro/>.
106. Planul de Dezvoltare Regională 2014-2020, județul Hunedoara; <http://www.cjhunedoara.ro/>.