

Dispersia poluanților în aer

Table of Contents

Introducere	3
Contribuții	5
1 Descrierea problemei	6
1.1 Introducere	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
1.2 Poluarea Aerului	7
1.3 Modele de calitate a aerului	8
1.3.1 Modelarea fotochimică	8
1.3.2 Modelarea receptorilor	9
1.3.3 Modelarea dispersiei	10
1.4 Tipuri de modele de dispersie	12
1.4.1 Modelul Gaussian al penei de fum	15
1.4.2 Modele Avansate	18
2 Abordări anterioare	21
2.1 Gaussian Dispersion Model vs. Atmospheric Dispersion Calculator	21
2.2 Lakes Environmental	22
2.3 Air Pollution in World	23
2.4 Concluzii	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
3 Descrierea soluției	24
3.1 Dezvoltarea aplicației	24
3.1.1 Microsoft Sql Server	24
3.1.2 Backend (.Net Framework & EF Core)	25
3.1.3 Frontend (Angular CLI)	26

3.2	Arhitectura aplicației	27
3.3	Descrierea algoritmului.....	27
3.4	Concluzii.....	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
4	Bibliografie:	40

Introducere

În ultima vreme auzim tot mai des despre poluare și cât de nocivă este aceasta pentru mediul înconjurător. Deși există mai multe tipuri de poluare, toate fiind dăunătoare într-o mai mică sau mai mare măsură mediului înconjurător, am ales ca în această lucrare să abordăm problema poluării aerului. Poluarea aerului este o formă de poluare care se referă la contaminarea aerului. Orice modificare fizică, biologică sau chimică a aerului în atmosferă poate fi numită poluare. Aceasta apare în general atunci când orice gaze nocive, praf sau fum sunt dispersate în atmosferă și îngreunează supraviețuirea plantelor, animalelor și oamenilor.

Din ce în ce mai mulți oameni încep să fie interesați de cauzele și efectele poluării, pentru că aceasta interferează tot mai mult cu activitatea noastră zilnică. Stratul de ozon, considerat crucial pentru existența ecosistemelor de pe planetă, se epuizează datorită poluării crescute. Încălzirea globală, rezultatul direct al dezechilibrului crescut al gazelor din atmosferă, a devenit cunoscută drept cea mai mare amenințare și provocare pe care lumea contemporană trebuie să o depășească într-o încercare de supraviețuire. Susținerea tuturor organismelor vii se datorează unei combinații de gaze care formează colectiv atmosfera; dezechilibrul cauzat de creșterea sau scăderea procentului acestor gaze poate fi dăunător pentru supraviețuire. Calitatea slabă a aerului ucide oamenii. La nivel mondial, aerul poluat din aer a cauzat aproximativ 4,2 milioane de decese premature în 2016, iar 90% dintre acestea au provenit din țările cu venituri mici și mijlocii, potrivit Organizației Mondiale a Sănătății.

Deși aceste efecte rezultă din expunerea pe termen lung, poluarea aerului poate provoca, de asemenea, probleme pe termen scurt, cum ar fi strănutul și tusea, iritarea ochilor, durerile de cap și amețelile. Substanțele particulare mai mici de 10 micrometri (clasificate ca PM10 și PM2.5) prezintă riscuri mai mari pentru sănătate, deoarece pot fi inspirate în plămâni și pot să treacă în sânge.

Lipsa fumului vizibil în atmosferă nu indică faptul că aerul este sănătos. În întreaga lume, atât în orașe, cât și în sate, s-au făcut studii care arată că poluanții toxici din aer depășesc valorile medii anuale recomandate de orientările OMS privind calitatea aerului. Cu ajutorul algoritmului penei de fum Gaussiene, vom putea calcula valorile vitezei de sedimentare a poluanților și cât de mult va fi afectat aerul pe o anumită suprafață.

Modelarea dispersiei poluanților atmosferici în atmosferă este una dintre cele mai importante și provocatoare probleme științifice. Există mai multe evenimente naturale și antropice în care compuși chimici pasivi sau activi sunt emiși în atmosferă. Efectul acestora poate avea un impact grav asupra mediului nostru și asupra sănătății umane.

După cum veți putea observa și în Capitolul 2, aplicațiile existente pe această temă nu oferă și o soluție grafică a penei de fum, ci ne este oferită doar posibilitatea de a face calcule matematice. De asemenea, mai există aplicații în care putem vizualiza în timp real calitatea aerului, dar nu putem afla cauza pentru care, în unele locuri, aer a devenit foarte toxic.

În cadrul lucrării de față, am ales ca pentru calculul dispersiei să folosim modelul Gaussian al penei de fum. Unul din motivele pentru care am ales acest algoritm în locul altor modele avansate se datorează faptului că ceilalți algoritmi, datorită numărului mare de date pe care le folosesc, necesită o putere mare de calcul pentru care nu am avut resursele necesare. De asemenea, modelul Gaussian al penei de fum este unul dintre cei mai buni algoritmi utilizați pentru a calcula pana de fum emisă de o singură sursă de poluare. Pentru anumite tipuri de centrale putem calcula dispersia și pentru particulare mai mici de 10 micrometri (PM10 și PM2.5), pe care le-am menționat mai sus, acestea fiind utilizate și de către aplicația noastră.

Contribuții

În această lucrare am urmărit, în primul rând, să construim o aplicație *Web* accesibilă publicului larg în care se poate vedea rezultatul implementării algoritmului de dispersie al poluanților folosind modelul penei de fum Gaussiene. Pentru a putea vedea această pană de fum vom parcurge toate punctele de pe axa xOy , de la sursă la receptor, deoarece modelul dispersiei Gaussiene al penei de fum calculează dispersia doar într-un singur punct.

Pentru o mai bună vizualizare a dispersiei, am decis să utilizăm Google Maps în aplicația noastră, de asemenea vom folosi Heatmap pentru a adăuga concentrațiile rezultate pe hartă. Toți utilizatorii care vor accesa aplicația noastră vor avea acces la această hartă.

Un al doilea obiectiv este acela că utilizatorii care dețin date despre una sau mai multe surse de poluare, pot folosi aplicația noastră pentru a putea calcula emisiile poluanților în zona centralei respective, cu mențiunea că, datele rezultate vor fi publice.

Datele de intrare ale algoritmului nostru vor fi datele introduse de către utilizator, iar la ieșire vom obține o matrice de valori, care va fi rezultatul algoritmului aplicat asupra unui tip de poluant. Fiecare valoare a matricii va fi asociată cu o culoare, în funcție de gradul de concentrație al poluantului respectiv.

1 Descrierea problemei

Poluarea mediului se produce atunci când poluanții contaminează mediul natural. Poluarea tulbură echilibrul ecosistemelor noastre, ne afectează stilul de viață obișnuit și dă naștere unor numeroase boli umane și încălzirii globale. Poluarea a atins punctul culminant datorită dezvoltării și modernizării vieții noastre. Trebuie să ne aprofundăm cunoștințele despre legile naturii și să ne lărgim înțelegerea legilor comportamentului uman pentru a face față problemelor de poluare. Deci, este foarte important să cunoaștem diferite tipuri de poluări, efectele și cauzele lor asupra umanității și a mediului în care trăim. Există trei mari aspecte ale poluării: poluarea apei, poluarea sonora și poluarea aerului. Toate acestea pot fi produse atât de cauze naturale cât și de intervenția omului în natură și au ca efect degradarea calității aerului și afectează mediul înconjurător.

Există numeroase studii care arată cât de nocivă este poluarea pentru oameni. Într-un articol de la CNN se spune că: „Nouă din zece oameni de pe planeta respiră aer care conține toxine de nivel înalt din cauza cărora mor aproximativ șapte milioane de oameni anual (World Health Organization)”. De asemenea, conform unui raport al NGO Pure Earth, una din șapte persoane mor din cauza poluării. Tot același studiu arată că poluarea ucide cu 60% mai mulți oameni decât malaria, HIV / SIDA și tuberculoza.

Din fericire, există numeroase constatări globale care indică succese în reducerea presiunilor asupra mediului. Aceste realizări sunt cu atât mai remarcabile deoarece sunt văzute în contextul european și mondial. Dacă nu s-ar fi ținut cont de politicile privind poluarea aerului și dezvoltarea unor strategii pe termen lung pentru îmbunătățirea calității aerului, creșterea semnificativă a economiei în această perioadă ar fi dus la un impact mult mai puternic asupra ecosistemelor și a sănătății umane. UE a demonstrat că politicile bine concepute, funcționează și aduc beneficii enorme. În al șaptelea program de acțiune pentru mediu, „Living well, within the limits of our planet”, UE formulează o viziune atrăgătoare a viitorului pentru 2050: o societate cu emisii scăzute de dioxid de carbon, o economie verde, circulară și ecosisteme reziliente, ca fundament pentru bunăstarea cetățenilor. Totuși, privind în perspectivă, raportul de față, la fel ca raportul precedent din 2010, evidențiază provocările majore legate de sistemele de producție și consum nesustenabile și impactul acestora, adesea

complex și cumulativ pe termen lung, asupra ecosistemelor și a sănătății oamenilor (EAP – the new general Union Environment Action Programme).

1.1 Poluarea Aerului

Deși toate cele trei forme ale poluării, mai sus menționate, sunt la fel de toxice și distructive atât pentru oameni cât și pentru mediul înconjurător, această lucrare se îndreaptă spre studiul poluării aerului.

Aerul este compus din nitrogen, oxigen, vapori de apă și alte gaze inerte. Atunci când această structură a aerului este alterată prin creșterea concentrației materialelor nocive și toxice, putem observa efectele poluării aerului.

Unul dintre principalii factori ai poluării aerului este cauzat de arderea combustibililor. Fumul rezultat în urma procesului de ardere plutește în aer și este inspirat de către majoritatea oamenilor ducând la apariția diverselor boli respiratorii, chiar și la cancer.

Un alt factor care afectează aerul este emisia în atmosferă a gazelor „periculoase” cum ar fi: dioxidul de sulf, monoxidul de carbon și vaporii chimici. Aceste gaze vor fi remodelate de reacțiile chimice existente în straturile atmosferice și se vor reîntoarce la suprafață sub formă de substanțe chimice periculoase (ploi acide) care distrug ecosistemul. În plus, dioxidul de carbon și dioxidul de sulf creează „efectul de seră” atunci când radiația este absorbită, în timp ce caldura este împiedicată să scape.

Variatatea particulelor străine, marea concentrație a gazelor toxice și a altor poluanți eliberați din diverse activități umane afectează aerul proaspăt, putând duce la încălzirea globală și afectând în mare măsură procesele naturale ale planetei.

Nivelul poluării aerului depinde de tipul și cantitatea de poluanți eliberați din diferite surse. Condițiile topografice și meteorologice sporesc răspândirea și concentrația poluanților. Varietatea de materii prime utilizate în procesul de fabricație în industrii determină creșterea tipului și a cuantumului emisiilor de gaze nocive. Creșterea densității populației necesită o creștere industrială care, în cele din urmă, duce la poluarea aerului.

1.2 Modele de calitate a aerului

Un model poate fi descris ca o imagine simplificată a realității. Nu conține toate caracteristicile sistemului real, dar conține caracteristicile de interes pentru problema științifică ce se dorește a fi rezolvată prin utilizarea sa. Aceste modele pot fi fizice (o reprezentare la scară redusă a realității) sau matematice (o descriere a sistemului folosind relații matematice și ecuații).

Modelele de calitate a aerului utilizează tehnici matematice și numerice pentru a simula procesele fizice și chimice care afectează poluanții atmosferici, deoarece se dispersează și reacționează în atmosferă. Pe baza datelor, privind datele meteorologice și a informației sursă, cum ar fi ratele de emisie și înălțimea stivei, aceste modele sunt proiectate pentru a caracteriza poluanții primari care sunt emisi direct în atmosferă și, în unele cazuri, poluanți secundari care sunt formați ca și rezultat al reacțiilor chimice complexe din atmosferă. Aceste modele sunt importante pentru sistemul de management al calității aerului, deoarece acestea sunt utilizate la scară largă de către agențiile care sunt responsabile de controlul poluării aerului, atât pentru identificarea contribuțiilor surselor la problemele de calitate a aerului, cât și pentru elaborarea unor strategii eficiente de reducere a poluanților atmosferici nocivi (Turner, D.B. 1994). De exemplu, modelele de calitate a aerului pot fi utilizate în timpul procesului de autorizare pentru a verifica dacă o nouă sursă nu va depăși standardele de calitate a aerului înconjurător sau, dacă este necesar, să stabilească cerințe suplimentare de control adecvate. În plus, modelele de calitate a aerului pot fi, de asemenea, utilizate pentru a prezice concentrațiile viitoare de poluanți din surse multiple după implementarea unui nou program de reglementare, pentru a estima eficiența programului în reducerea expunerilor dăunătoare oamenilor și mediului (C. R. Hadlock, 1998).

Printre cele mai utilizate modele de calitate a aerului regăsim următoarele:

1.2.1 Modelarea fotochimică

Aceste modele sunt utilizate în mod obișnuit în politicile de reglementare sau de evaluare pentru a simula impactul din toate sursele prin estimarea concentrațiilor de poluanți și a depunerii atât a poluanților inerți, cât și a celor reactivi chimic, la scară largă.

Modelele grilajelor fotochimice pot descrie cu exactitate modurile în care se formează, se acumulează și se disipează poluarea atmosferică. Acest lucru este realizat prin simularea proceselor care sunt cele mai importante în generarea poluării cu ozon (B. Fisher and J. F. Macqueen, 1981). De exemplu, modelele rețelei fotochimice sunt conduse de modele meteorologice, similare cu cele utilizate pentru prognoza meteo, astfel încât vânturile care transportă poluanții în jurul orașului sunt caracterizate cu precizie. Un alt exemplu sunt emisiile provenite din surse industriale, mașini și camioane, locomotive, nave și multe alte surse care emit produse chimice care pot participa la formarea ozonului. Un al treilea exemplu este chimia: modelele de grilă fotochimică simulează reacțiile fotochimice care duc la formarea de ozon. Reacțiile "fotochimice" sunt reacții moleculare declanșate de expunerea la lumina soarelui, iar unele dintre aceste reacții generează fragmente moleculare extrem de reactive numite "radicali". Acești radicali pot reacționa cu anumiți compuși organici volatili și oxizi de azot, ceea ce poate duce la formarea de ozon. (K. L. Calder, 1977)

1.2.2 Modelarea receptorilor

Aceste modele sunt tehnici observaționale care utilizează caracteristicile chimice și fizice ale gazelor și particulelor măsurate la sursă și receptor atât pentru identificarea prezenței cât și pentru a calcula contribuția surselor la concentrațiile receptorilor.

Spre deosebire de modelele fotochimice și de dispersie a aerului, modelele receptorilor nu utilizează emisii poluante, date meteorologice și mecanisme de transformare chimică pentru a estima contribuția surselor la concentrațiile receptorilor emisi. În schimb, modelele receptorilor utilizează caracteristicile chimice și fizice ale gazelor și particulelor măsurate la sursă și receptor atât pentru a identifica prezența, cât și pentru a cuantifica concentrațiile la surselor și respectiv receptorilor. (Turner, D.B. 1994) Aceste modele sunt, prin urmare, o completare naturală a altor modele de calitate a aerului și sunt utilizate ca parte a planurilor de implementare a statului pentru identificarea surselor care contribuie la problemele legate de calitatea aerului. EPA a dezvoltat modelele Chemical Mass Balance (CMB) și UNMIX, precum și metoda Positive Matrix Factorization (PMF) pentru utilizarea în managementul calității aerului. CMB distribuie pe deplin concentrațiile receptorilor la tipuri de surse distincte din punct de vedere chimic, în funcție de baza de date sursă, în timp ce UNMIX și PMF generează intern profiluri sursă din datele ambientale.

Echilibrul chimic al masei (CMB) - EPA-CMB utilizează profile sursă și date ambientale specificate pentru a cuantifica contribuțiile sursă. Contribuțiile sunt cuantificate din diferite surse-tipuri chimice, mai degrabă decât din emițătorii individuali. Sursele cu proprietăți chimice și fizice similare nu pot fi diferențiate între ele de CMB.

UNMIX - Modelul EPA UNMIX "nu amestecă" concentrațiile de specii chimice măsurate în aerul înconjurător pentru a identifica sursele care contribuie. Profilurile chimice ale surselor nu sunt necesare, ci sunt generate intern de la datele ambientale de către UNMIX, utilizând o formulare matematică bazată pe o formă de analiză a factorilor. Pentru o anumită selecție de specii, UNMIX estimează numărul de surse, compozițiile sursă și contribuțiile sursă la fiecare probă.

Factorizarea matricilor pozitive (PMF) - Tehnica PMF este o formă de analiză a factorului în care variația co-variabilă a numeroaselor variabile (de exemplu, variația eșantionului la eșantionul speciilor PM) este descrisă de un set mai mic de factori (de exemplu, sursele PM) la care variabilele inițiale sunt legate. Structura PMF permite utilizarea maximă a datelor disponibile și tratarea mai bună a valorilor limită care lipsesc.

1.2.3 Modelarea dispersiei

Aceste modele sunt de obicei utilizate în procesul de autorizare pentru a estima concentrația de poluanți la receptorii specifici de la nivelul solului care înconjoară o sursă de emisie.

Emisiile de gaze din fabricile industriale și alte surse pot provoca probleme de sănătate și neplăceri nu numai în localitate, dar uneori la zeci de kilometri distanță. Modelarea dispersiei aerului poate prezice dacă vor exista probleme cu emisiile produse într-un anumit loc și va ajuta la explorarea efectului pe care acestea îl au în diferite situații, pentru ca, mai apoi, să fie mai ușor să căutăm anumite soluții pentru această problemă.

Modelul de dispersie a aerului va colecționa date despre emisiile produse industrial, le va combina cu condițiile meteorologice și efectele topografiei (dealuri, clădiri etc.) și apoi va prezice concentrația emisiilor la nivelul solului. Concentrația substanțelor este apoi comparată cu standardele generale de calitate a aerului înconjurător (S. P. Arya, 1999).

Substanțele contaminate, evacuate în aer, sunt transportate pe distanțe lungi datorită vântului și a altor fenomene naturale și ajung să se infiltreze în aerul curat. Această dispersie cauzată de vânt este un proces foarte complex ce se datorează, în mare parte, prezenței unor vârtejuri în fluxul atmosferic.

Pentru a putea vedea în ce mod ne pot afecta anumiți poluanți și cât de mult se pot dispersa aceștia în aer ne putem folosi de simularea matematică a poluanților în atmosferă, numită: "Modelarea Dispersiei Atmosferice".

Această modelare constă în utilizarea unor algoritmi cu ajutorul cărora putem estima concentrația poluanților atmosferici sau a toxinelor emise din surse cum ar fi: instalațiile industriale, traficul vehiculelor sau emisiile accidentale de substanțe chimice. De asemenea, cu ajutorul modelelor de dispersie, putem prezice concentrațiile viitoare în anumite cazuri și putem observa dispersia anumitor poluanți în atmosfera pe distanțe mari (zeci de kilometri).

Modelele de poluare ale aerului sunt folosite în mod obișnuit în evaluarea impactului asupra mediului, analiza riscului, planificarea de urgență și studiile privind repartizarea surselor. În orașe foarte poluate, cum ar fi Atena, Los Angeles și Mexic, modelele de calitate a aerului la scară regională sunt utilizate pentru a prevedea episoade de poluare a aerului - rezultatele acestor modele pot declanșa închiderea obligatorie a industriilor sau a restricțiilor privind vehiculele. Diferitele roluri ale modelelor de poluare a aerului, care acoperă o gamă largă a scării, de la nivel local la global, conduc la cerințe distincte de modelare. Accentul acestei revizuirii va fi concentrat asupra impactului apropiat (<10-20 km) al surselor industriale. Accentul se pune pe modele tip *Gaussian-Plum* pentru emisii continue, care se află în centrul celor mai multe modele de reglementare ale agenției de protecție a mediului din SUA (EPA).

În prezent, termenul "model de poluare a aerului" se referă, de obicei, la un program de calcul, dar în trecut a inclus și calcule de mână sau utilizarea de diagrame și tabele din manuale simple. Un model de dispersie este, în esență, o procedură de calcul pentru estimarea concentrațiilor răspândite de vânt ale unei surse poluante, bazată pe cunoașterea caracteristicilor emisiilor (viteza de ieșire a stivei, temperatura de umplere, diametrul stivuirii etc.), terenul (rugozitatea suprafeței, topografia locală, clădirile din apropiere) și starea

atmosferei (viteza vântului, stabilitatea, înălțimea amestecului etc.). Problema de bază este de a prezice rata de răspândire a norului poluant și scăderea consecutivă a concentrației medii. Modelul trebuie să poată prezice ratele de difuzie pe baza unor variabile meteorologice măsurabile, cum ar fi viteza vântului, turbulența atmosferică și efectele termodinamice. Algoritmii de bază ai modelelor de poluare a aerului se bazează pe ecuații matematice care descriu aceste fenomene diferite care, combinate cu date empirice, pot fi folosite pentru a prezice distribuția concentrațiilor dintr-o sursă.

Știința modernă a modelării poluării aerului a început în anii 1920, când oamenii de știință militari din Anglia au încercat să estimeze dispersia agenților chimici toxici eliberați pe câmpul de luptă în diferite condiții. Această cercetare timpurie este rezumată în manuscrisul revoluționar al lui Sutton(1953). Evoluțiile rapide din anii 1950 și 1960, inclusiv studii majore pe teren și progrese în înțelegerea structurii atmosferei, au condus la dezvoltarea primelor modele de reglementare a poluării atmosferice din SUA. Manualele lui Pasquill (1974) și Stern (1976) revizuiesc o mare parte din cercetare și teorie până la mijlocul anilor 1970. Cu toate acestea, proliferarea cercetării și a modelelor de poluare a aerului până în prezent a făcut necesară revizuirea jurnalelor de specialitate și a lucrărilor conferințelor pentru a ține pasul cu evoluția.

1.3 Tipuri de modele de dispersie

În mod convențional, există două categorii în care sunt împărțite modelele de dispersie: modelul gaussian al penei de fum și modelele „avansate”. Deși există anumite diferențe de natură istorică între aceste modele, din punct de vedere practic, diferența constă în cerințele informațiilor meteorologice și resursele informatice.

Modelele de dispersie variază în funcție de matematica folosită pentru a dezvolta modelul, dar toate necesită introducerea datelor care pot include:

- Condițiile meteorologice , cum ar fi viteza și direcția vântului, cantitatea de turbulențe atmosferice (acestea se caracterizează prin ceea ce se numește "clasa de stabilitate") , temperatura aerului înconjurător și radiațiile solare.

- Termenul sursă (concentrația sau cantitatea de toxine care au fost emise de sursă, prin însuși natura sursei sau de eliberare accidentală) și temperatura materialului.
- Emisiile sau parametrii de declanșare, cum ar fi locația și înălțimea sursei, tipul sursei (adică scara de incendiu, piscină sau ventilație) și viteza de ieșire, temperatura de ieșire și debitul masic sau rata de eliberare.
- Localizarea, înălțimea și lățimea oricăror obstacole (cum ar fi clădirile sau alte structuri) în calea penei gazoase emise, rugozitatea suprafeței sau utilizarea unui parametru mai generic de teren "rural" sau "oraș".

Multe dintre programele moderne de modelare a dispersiei avansate includ un modul *pre-procesor* pentru introducerea datelor meteorologice și a altor date, unele dintre acestea includ și un modul *postprocesor* pentru graficul datelor de ieșire și reprezentarea zonei afectate de poluanții atmosferici - hărți. Parcelele zonelor afectate pot include, de asemenea, zone de minim la concentrații mari care definesc zonele cu cel mai mare risc de sănătate.

Modelele de dispersie atmosferică sunt, de asemenea, cunoscute ca modele de difuzie atmosferică, modele de dispersie a aerului, modele de calitate a aerului și modele de dispersie a poluării atmosferice.

Procesul de modelare a poluării aerului este format din patru etape: introducerea datelor, calculi de dispersie, concentrații deviate și analiză. Acuratețea și incertitudinea fiecărei etape în parte trebuie să fie cunoscută și evaluată pentru a asigura o evaluare sustenabilă a semnificației oricăror efecte adverse potențiale (vezi Fig. 1.0).

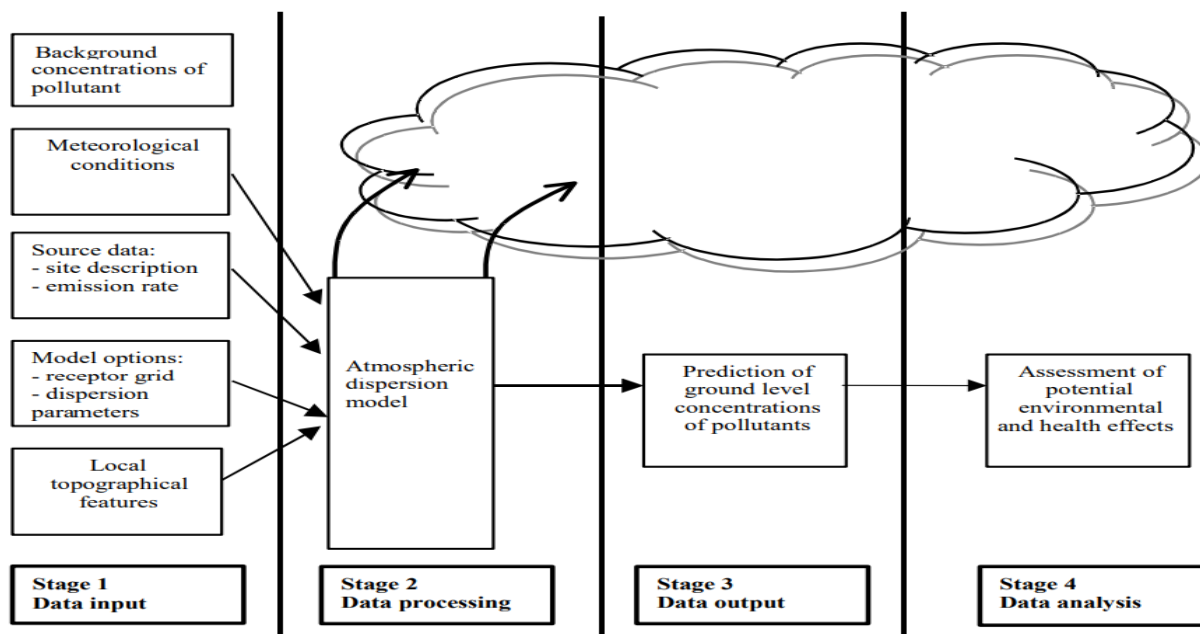


Figura 1.0

În situațiile în care structura terenului este complexă sau în apropierea unor limite de coastă, pot apărea schimbări semnificative ale condițiilor meteorologice pe distanțe scurte. Modelele avansate pot simula efectele zonelor de coastă și efectele zonelor de teren complexe asupra transportului și a dispersiei poluante într-un mod mult mai realist decât un model Gaussian, care presupune o uniformitate spațială în meteorologie. În mod evident, acest lucru înseamnă că modelele avansate necesită date de intrare meteorologice mai detaliate pentru a simula cu exactitate efectele complexe de dispersie.

Unele modele avansate sunt rareori utilizate în aplicații de reglementare datorită complexității lor, a perioadelor lungi de timp și a incapacității de a modela exact la scară mică. Dezvoltatorii de modele încearcă să rezolve aceste probleme și se așteaptă ca modelele avansate să joace un rol din ce în ce mai important și mai frecvent în mediul de reglementare.

În prezent, cel mai utilizat model de dispersie este cel gaussian (pana de fum staționară). Acesta se bazează pe apoximarea matematică a comportamentului de compresiune și este ușor de folosit.

1.3.1 Modelul Gaussian al penei de fum

Acest model este utilizat la scară largă, bine înțeles, ușor de aplicat și a primit aprobarea guvernamentală internațională. Chiar și astăzi, din punct de vedere al reglementării, este importantă ușurința aplicării și coerența aplicațiilor utilizate. De asemenea, ipotezele, erorile și incertitudinile acestor modele sunt, în general, ușor de înțeles.

Formula Gaussiană a penei de fum este creată presupunând faptul că unele condiții sunt "staționare", adică formulele de dispersie Gaussiene nu depind de timp, deși reprezintă o medie a timpului ansamblului. Se presupune că majoritatea condițiilor meteorologice rămân constante în timpul dispersiei de la sursă la receptor, care este efectiv instantanee. Emisiile și condițiile meteorologice pot varia de la oră la oră, însă calculele modelului în fiecare oră sunt independente de cele din alte ore. Datorită acestei derivări matematice, se obișnuiește să se facă referire la modelele gaussiene ca și modele de dispersie la starea de echilibru (W. R. Hogan & co. ,2005). În practică însă, caracteristicile zgomotului se schimbă în timp, deoarece depind de schimbarea emisiilor și a condițiilor meteorologice. O consecință a formulei este aceea că în fiecare oră pana de fum se extinde instantaneu spre infinit. Concentrațiile pot fi găsite apoi în puncte prea îndepărtate pentru ca poluanții emiși să le fi ajuns într-o oră.

Modelele la starea de echilibru calculează concentrațiile pentru fiecare oră dintr-o rată a emisiilor și a condițiilor meteorologice care sunt uniforme în cadrul domeniului de modelare. Astfel sunt simulate concentrațiile medii pe oră. Atât modelul Gaussian, cât și modelarea avansată sunt variabile în funcție de timp, schimbându-se din oră în oră. Termenul "starea de echilibru" nu trebuie interpretat ca o condiție constantă din oră în oră. Formula de zgură are viteza uniformă a vântului în numitor și, prin urmare, se descompune în condiții de calm. Este important să se specifice o viteză minimă admisă a vântului pentru ambele modele.

Figura 1.1 prezintă cea mai obișnuită și simplă abordare a modelului Gaussian al penei de fum pentru modelarea dispersiei. Aceasta descrie distribuția în formă de clopot (Gaussian) a concentrațiilor în direcțiile orizontale și verticale.

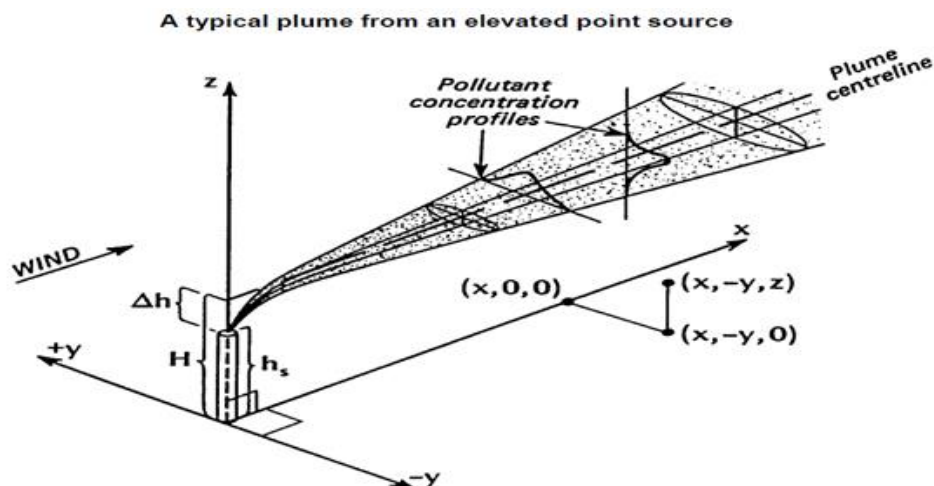


Fig 1.1

Formula Gaussiană a penei de fum oferă o mai bună reprezentare a realității dacă condițiile nu se modifică rapid în timpul orarului modelat (adică condițiile sunt în mod rezonabil stabile și nu se schimbă în mod semnificativ față de valorile medii ale orei modelate inițial). Reprezentarea dispersiei penei de fum Gaussiene descrisă mai sus este simplistă și, ca atare, trebuie aplicată numai în anumite condiții.

În modelul dispersiei gaussiene, concentrația de poluare care derivă de la o sursă este tratată ca o răspândire exterioară de la linia centrală a peretelui după o distribuție statistică normală.

În model, determinarea concentrațiilor de poluanți la nivelul solului, sub un pământ înalt, implică doi pași principali; în primul rând, se calculează înălțimea la care se ridică pana de fum la o distanță dată de vânt de la sursa de zgomot. Creșterea calculată a înălțimii este adăugată la înălțimea punctului sursă al penei de fum pentru a obține așa-numita "înălțime efectivă a coșului" (Fig. 1.2). În al doilea rând, concentrația de poluant la nivelul solului de sub pământ la distanța dată de vânt este prevăzută folosind ecuația de dispersie Gaussiană.

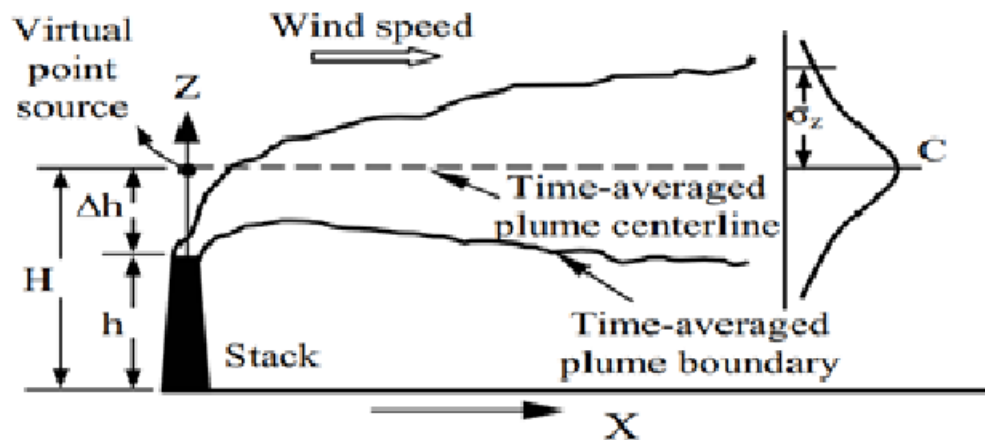


Fig 1.2

Creșterea peretelui Δh joacă un rol important în determinarea concentrațiilor la nivelul solului pentru surse reale. Schemele de creștere a zgomotului de la Briggs sunt recomandate de EPA(US), și sunt schemele utilizate în mod obișnuit. Aceste scheme exprimă înălțimea de ridicare finală a eliberării plutitoare în funcție de, printre alți parametri, fluxul de flotabilitate, viteza medie a vântului de la partea superioară a stivei și viteza de frecare. Proiectele Gaussiene sunt utilizate pentru distanțe în derivă, $x > 100$ m, deoarece aproape de concentrația sursei se apropie infinitatea. În consecință, mulți cercetători au impus o limită inferioară pentru $\sigma_y(x)$ și $\sigma_z(x)$, sau o limită superioară pentru concentrația care este aproape de sursă.

Măsurătorile lui σ au fost efectuate într-o varietate de condiții atmosferice. Măsurătorile lui σ utilizate în aproape toate modelele sunt cele publicate de Turner(numite "coeficienții Pasquill-Gifford") din datele realizate în mediul rural, deschis (Turner, D.B. 1994). Datorită originii lor, acestea sunt adecvate pentru estimările de dispersie în mediul rural, dar mai puțin pentru zonele urbane. Cea mai mare rugozitate a suprafeței și o eliberare mai mare a căldurii la suprafață înseamnă că condițiile atmosferice din zonele urbane sunt rareori la fel de stabile ca în zonele rurale.

Cu toate acestea, este imposibil să se prescrie în prealabil condițiile exacte în care se poate aplica un model Gaussian. O examinare atentă a rezultatelor modelului ar trebui efectuată pentru a determina cât de realiste sunt concentrațiile de ieșire în momente critice,

având în vedere geografia și meteorologia cunoscute. În acest sens, evaluarea rezultatelor modelului poate fi mai importantă decât alegerea inițială a modelului.

1.3.2 Modele Avansate

Aceste modele necesită seturi extinse de date pentru meteorologie și emisii și includ mai multe tipuri de surse - punct, zonă și volum. Ele pot include, de asemenea, caracteristici suplimentare, cum ar fi complexitatea terenului, fluxul în jurul clădirilor și structura atmosferică în straturi. Modelele moderne încorporează cel mai modern tratament al atmosferei, cum ar fi teoria similitudinii lui Monin-Obukhov. Unele exemple de modele avansate sunt modelele EPA ISC3, AERMOD și CALPUFF, modelul britanic ADMS (Carruthers et al., 1994) și modelul danez OML (Berkowicz et al., 1987)

Deși modelele Gaussiene sunt utilizate în mod obișnuit în Noua Zeelandă pentru evaluarea impactului de reglementare, sunt disponibile și alte modele de dispersie mai puțin restrictive. Acestea au fost utilizate pentru cercetări științifice de zeci de ani și încep să intre în arena de reglementare. Utilizarea lor evită cele mai multe dintre limitările asociate modelelor staționare. Deși cerințele lor asupra resurselor (umane, computaționale și date) sunt mult mai mari decât cele ale modelelor penei de fum, puterea calculatorului crește de asemenea rapid, făcând acest aspect mai puțin o problemă. Cu toate acestea, utilizarea modelelor avansate implică cereri de date privind intrările meteorologice mult mai mari.

Modelele avansate de dispersie pot fi grupate în trei categorii în funcție de modul în care sunt reprezentați de modelul poluanților atmosferici.

Particule - Emisiile poluante, în special cele provenite din surse punctuale, sunt adesea reprezentate de un flux de particule (chiar dacă poluantul este un gaz), care sunt transportate de vânt și sunt difuzate aleator în funcție de modelul de turbulență. Modelele cu particule sunt scumpe din punct de vedere computațional, necesitând cel puțin 105 particule pentru a reprezenta o eliberare a poluanților, dar poate fi cel mai bun tip pentru a reprezenta concentrațiile de poluanți aproape de sursă.

Puffs (Fum) - Deșeurile de poluanți pot fi reprezentate de o serie de *bufe* de material care sunt, de asemenea, transportate de vânturile modelului. Fiecare nor de fum reprezintă o

cantitate discretă de poluare, a cărui volum crește datorită amestecării turbulente, după cum putem observa în Fig. 1.3

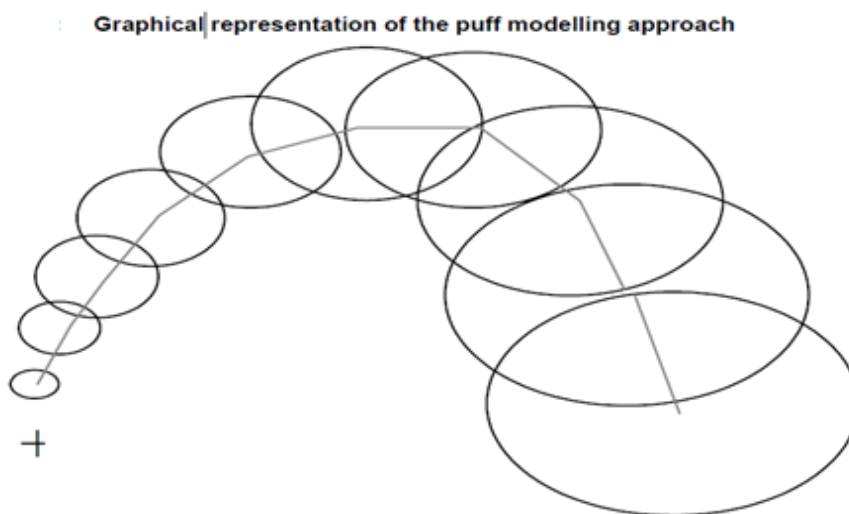


Fig 1.3

Modelele norilor de fum sunt mult mai puțin costisitoare din punct de vedere computațional decât modelele de particule, dar nu sunt la fel de realiste în descrierea distribuției poluanților. Cu toate acestea, sunt adesea foarte apropiate de realitate și sunt utilizate în scopuri de reglementare.

Grila - Distribuțiile de poluanți sunt reprezentate de concentrații pe o rețea tridimensională de puncte(punctuală). Aceasta este cea mai ieftină formulă computațională, însă dificultățile apar atunci când scara de eliberare a poluanților este mai mică decât distanța punctului de rețea. Această metodă este utilizată în mod obișnuit pentru modelarea prin aerisire, iar simularea transformărilor chimice este foarte simplă într-un model de rețea.

Eforturile de creștere a eficienței computaționale, păstrând în același timp o descriere realistă a dispersiei poluanților, înseamnă că multe modele sunt o combinație a tipurilor menționate mai sus. De exemplu, abordarea "PARTPUFF" (Hurley, 1994) reprezintă poluanții ca puțuri Gaussian în orizontală și particulele în modelele de particule verticale transformă de obicei particulele într-o distribuție cu grilă atunci când particulele s-au dispersat suficient (Lyons et al., 1994) și modelele de puncte de grilă reprezintă adesea eliberări pe scară sub-rețea ca particule sau vartejuri (Morris și colab., 1992).

Diferența fundamentală între modelele avansate și modelele Gaussiene a penei de fum este că modelele avansate necesită câmpuri meteorologice tridimensionale, mai degrabă decât măsurători la un singur punct și o presupunere a uniformității spațiale.

2 Abordări anterioare

În cadrul acestui capitol vom prezenta succinct abordările anterioare legate de modelarea dispersiei și a calității aerului.

2.1 Gaussian Dispersion Model vs. Atmospheric Dispersion Calculator

Aceste două sit-uri web oferă posibilitatea de a calcula dispersia poluanților, prin introducerea de la tastatură a valorilor pentru care utilizatorul dorește să calculeze dispersia.

Pentru Gaussian Dispersion Model (Fig. 2.0), după cum putem observa, interfața este minimală, nefiind este foarte practică din punctul de vedere al utilizatorului. Abordarea prezentată aici pune accentul pe elementele fundamentale conceptuale, lăsând la o parte unele aspecte importante ale modelului gaussian, cum ar fi: calculul pentru un anumit poluant, distanța parcursă de pana de fum și chiar și înălțimea la care se ridică pana de fum.

Gaussian Equation The highest concentration is the center of the plume at ground level ($y=0, z=0, h=0$), where the equation is:

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z}$$

Step 1. Enter the input variables:

Q = emission rate = 0 grams/sec

u = average wind speed = 0 meters/sec

x = downwind distance = 0 meters

Atmospheric Stability (A-F) =

Calculate Clear

Step 2. Record sigma values (note: ^ means "to the power of"):

sigma y = [] ^ 0.894 =

sigma z = [] ^ 1 =

Step 3. Results

Conc. = 0 / [2 * 3.14159 * 0 * 0] = 0 micrograms / m³

Sigma values

Sigma values are fundamental to all gaussian based air dispersion models. They can be determined very roughly by reading off a graph, but are more accurately determined by the following equations:

$$\sigma_y = ax^{0.893}$$
$$\sigma_z = cx^d - f$$

Fig. 2.0 <http://www.csun.edu/~vchsc006/469/gauss.htm>

La Atmospheric Dispersion Calculator (Fig 2.1) putem observa o îmbunătățire față de prima variantă deoarece ne sunt oferite mai multe informații despre ecuația dispersiei. De asemenea, după cum putem observa, avem posibilitatea de a face mai multe calcule ce

implică activități din mai multe domenii, ceea ce ar putea ajunge să fie un dezavantaj, făcând aplicația să devină mult prea încărcată vizual.

Atmospheric Dispersion Calculator
Air Pollution Control Stacks Equation Formulas

Solving for plume contaminant concentration at a point in space.

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

Inputs:

pollution rate emission rate(Q)	<input type="text"/>	gram/second
average wind speed (u)	<input type="text"/>	meter/second
y direction plume standard deviation (σ_y)	<input type="text"/>	meter
z direction plume standard deviation (σ_z)	<input type="text"/>	meter
y position (y)	<input type="text"/>	meter
z position (z)	<input type="text"/>	meter
effective stack height (H)	<input type="text"/>	meter

Calculate [Like](#) [Share](#)

Conversions:

pollution rate emission rate(Q)	= 0	gram/second
average wind speed (u)	= 0	meter/second
y direction plume standard deviation (σ_y)	= 0	meter
z direction plume standard deviation (σ_z)	= 0	meter
y position (y)	= 0	meter

Fig. 2.1 <https://www.ajdesigner.com/phpdispersion/>

2.2 Lakes Environmental

Conține atât posibilitatea de a calcula dispersia folosind modele avansate, cum ar fi: AERSCREEN, AR TM, CALPUFF cât și pachetul AERMOD View, care include calculul dispersiei prin: AERMOD, ISCST3, ISC-PRIME, modele de dispersie a aerului din SUA, EPA, care sunt utilizate la scară largă pentru a evalua concentrația și depunerea poluării dintr-o mare varietate de surse. Cu ajutorul acestor modele se va calcula Gaussian Plume Air Dispersion Model, algoritmul pe care îl vom folosi și noi pentru calculul dispersiei. Cel mai mare dezavantaj al acestei aplicații (Fig 2.2) este faptul că nu este *free* pentru niciunul dintre modele.



Fig. 2.2 https://www.weblakes.com/products/air_dispersion.html

2.3 wAir Pollution in World

Ultima aplicație prezentată în acest capitol este Air Pollution in World (Fig 2.3). Față de ceea ce am prezentat pana acum, aici putem observa, în timp real, cât de poluat este aerul în lume. Aplicația ne pune la dispoziție harta lumii, pe care putem căuta locul în care ne dorim să aflăm cât de poluat este aerul, cu mențiunea că, în mare parte din Africa si America de Sud nu există senzori care să măsoare calitatea aerului.

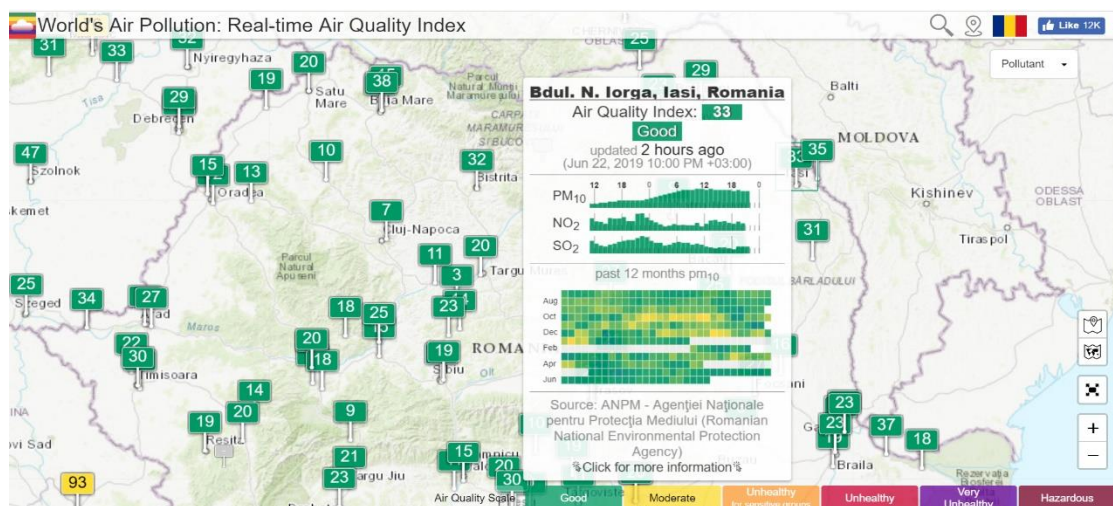


Fig 2.3

3 Descrierea soluției

În cadrul acestui capitol am descris pe scurt tehnologiile utilizate, am prezentat arhitectura aplicației și am parcurs algoritmul utilizat pas cu pas (ecuațiile utilizate și tabelele de valori).

Dezvoltarea aplicației

Pentru realizarea aplicației am folosit Microsoft Sql Database pentru baza de date, .Net Core 2.2.3 și Entity Framework Core pentru partea de *models* respectiv *controllers*, iar pentru *view* am folosit Angular Cli 7.3.8, tehnologii pe care le vom prezenta pe scurt în continuare.

3.1.1 Microsoft Sql Server

O bază de date este o colecție de date creată și menținută computerizat, care permite operații de inserare, actualizare, ștergere și interogare a datelor. Utilizatorii unei baze de date pot accesa datele memorate prin intermediul unui program numit Sistem de Gestiune a Bazelor de Date - SGBD - (Database Management System - DBMS), care recepționează cererile utilizatorilor (pentru operații de introducere, ștergere, modificare sau interogare), le interpretează, execută operațiile corespunzătoare și returnează rezultatul către utilizatori.

În lucrarea de față, pentru crearea SGBD-ului, am utilizat Microsoft Sql Server (Fig 3.0), care se bazează pe modelul relațional al bazelor de date. SQL Server este o parte centrală a platformei de date Microsoft în domeniul sistemelor operaționale de gestionare a bazelor de date (Microsoft Sql Server Documentation).

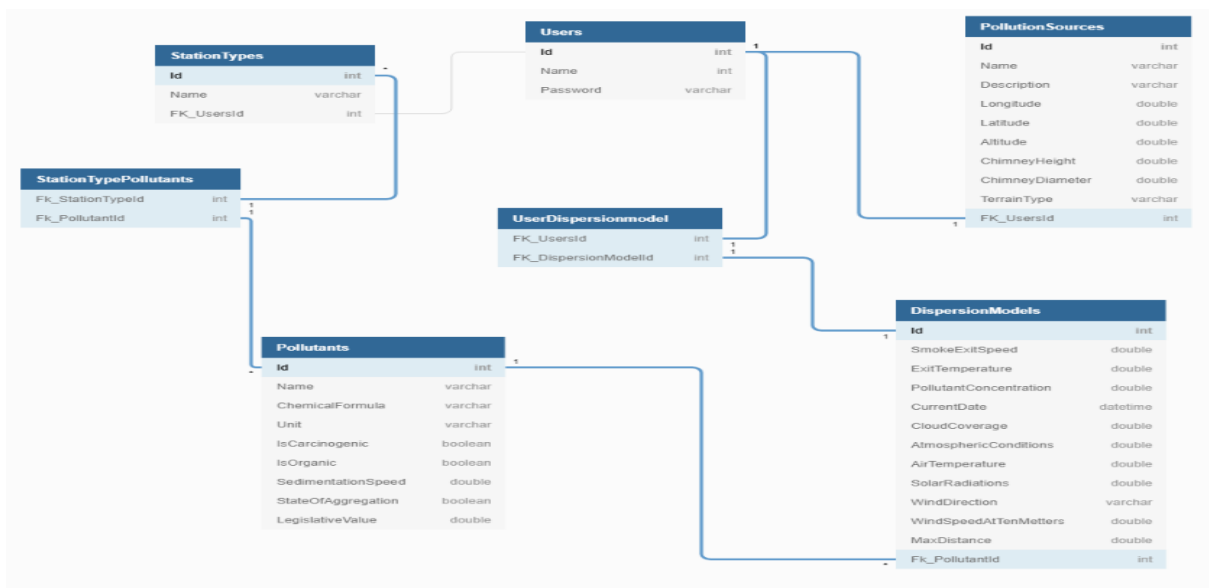


Fig 3.0

3.1.2 Backend (.Net Framework & EF Core)

.NET Core este o platformă de dezvoltare generală menținută de Microsoft și comunitatea .NET. Este o platformă *open-source* care poate fi folosită pe sisteme de operare precum Windows, Linux, MacOS și poate fi utilizată pentru construirea unor aplicații *desktop*, *web* și *cloud*.

.NET conține mai multe capacități care ușurează dezvoltarea, inclusiv gestionarea automată a memoriei, tipurile generice (reflecție), asincronia, concurrency și interopul nativ. Milioane de dezvoltatori profită de aceste capacități pentru a construi în mod eficient aplicații de înaltă calitate. (.Net core Documentation)

Pentru construirea aplicațiilor cu ajutorul platformei .Net Core, putem utiliza limbajul de programare orientat-obiect C#. Acesta este un limbaj sigur, puternic și expresiv, ușor de utilizat pentru cei familiarizați cu limbajul de programare C++.

Entity Framework Core este un *object-relational mapper* (ORM) care permite .NET developers să lucreze cu o bază de date folosind obiecte. Elimină necesitatea pentru majoritatea codului de acces la date, atât pentru construirea entităților cât și pentru a reprezenta relațiile dintre acestea.

Pentru a configura o relație cu ajutorul Entity Framework Core putem folosi adnotări de date (fig 12) sau Fluent API (fig 13) :

```
[ForeignKey("BlogForeignKey")]  
public Blog Blog { get; set; }
```

fig 12

```
modelBuilder.Entity<Post>()  
    .HasOne(p => p.Blog)  
    .WithMany(b => b.Posts)  
    .HasForeignKey(p => p.BlogForeignKey);
```

fig 13

3.1.3 Frontend (Angular CLI)

Angular (Angular 2+) este un framework de dezvoltare de aplicații *open-source* bazat pe limbajul TypeScript. Proiectul este dezvoltat de Echipa Angular de la Google și de o comunitate de utilizatori individuali și companii. Angular este o rescriere completă, de către aceeași echipă, a frameworkului AngularJS. Diferența majoră dintre versiunile mai recente de Angular și AngularJS este că acum putem dezvolta și aplicații *mobile*, nu doar desktop.

Pentru a evidenția principalele avantaje ale acestui framework, putem menționa faptul că Angular este de tip cross-platform ducând la creșterea productivității și a vitezei în dezvoltarea și distribuirea aplicației. În plus, structura codului pentru proiect este ușor de înțeles și ajută la dezvoltare deoarece totul este structurat în componente și module separate.

Un alt aspect important de menționat, ar fi serviciile. Cu ajutorul serviciilor, putem face solicitările către backend pentru ca mai apoi să le putem folosi când avem nevoie să accesăm datele sau să trimitem date. Componentele nu ar trebui să aducă sau să salveze date în mod direct, acestea ar trebui să se concentreze asupra prezentării datelor și delegării accesului la date unui serviciu. Metodele din servicii vor putea fi accesate prin injectarea serviciilor în constructorul componentelor.

3.2 Arhitectura aplicației

După cum putem observa și în Fig 3.2, un utilizator poate vedea sau poate introduce date în aplicația noastră, în funcție de rolul de care acesta îl are. Utilizatorul care nu este logat nu are dreptul de a introduce date sau de a crea hărți, acesta putând doar să le vizualizeze.

Dispersion Modeling conține, de asemenea, trei nivele de structură. Primul, cel de prezentare, este cel în care are loc interacțiunea cu utilizatorul și în care folosim API-ul de la Google Maps pentru a crea harta poluării. Al doilea nivel este nivelul de logică, în care regăsim structura logică a aplicației, modelele folosite și legătura dintre partea de *view* și baza de date. Ultimul nivel este nivelul de date, al cărui scop principal este acela de a furniza date din baza de date.

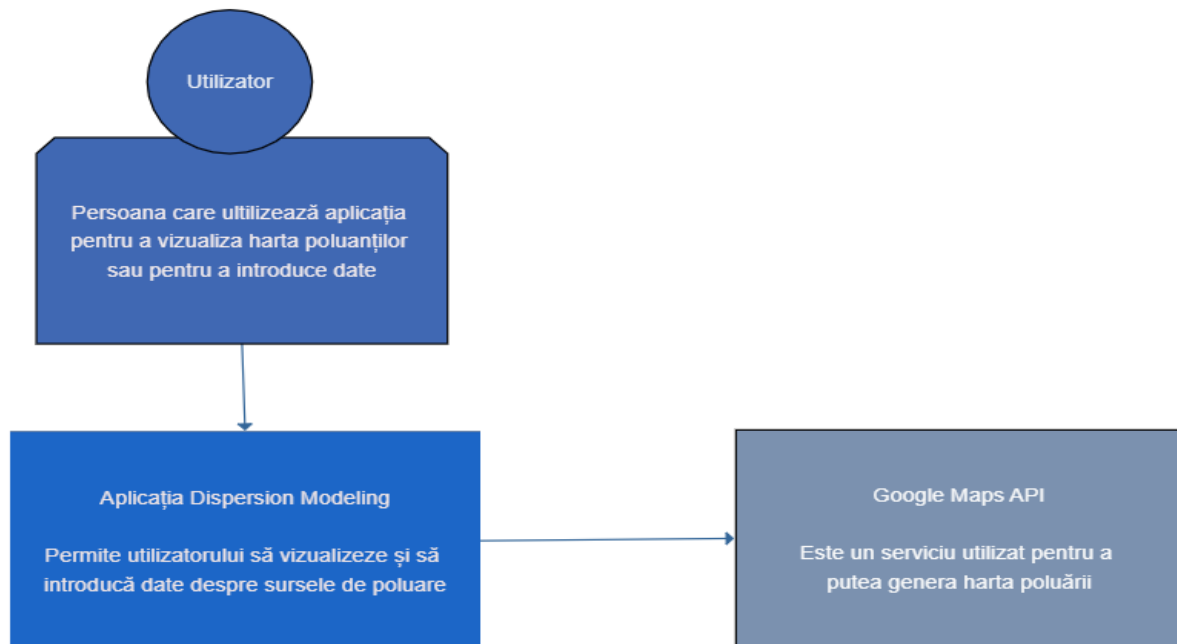


Fig 3.2

3.3 Descrierea algoritmului

Modelarea dispersiei atmosferice se referă la descrierea matematică a modului în care particulele contaminate sunt transportate în atmosferă. Termenul de dispersie, în acest context, este folosit pentru a descrie procesul fizic de difuzie (datorită mișcării particulelor) și advecția

(datorită vântului care perturbă mișcarea moleculelor din aer) care se produce în aerul de la suprafața solului.

Pornind de la primele studii științifice, care au fost scrise pe această temă (Roberts & Sutton), au început să apară diferite soluții pentru problema dispersiei atmosferice bazându-se pe o varietate largă de ipoteze, legăturile dintre diferiți parametri și condiții limită cu ajutorul cărora putem studia transportul poluanților și estimarea surselor.

Dintre soluțiile care au aparut pentru problema dispersiei atmosferice, în această lucrare am ales să implementăm *Gaussian plume*, care este folosită la scară largă. Modelul se bazează pe distribuția normală (Gauss) pentru a putea prezice concentrația unui poluant evacuat dintr-o sursă. În Fig 3.3.1 putem observa un scenariu real al unei emisii industriale care se produce în urma unei operațiuni de ardere. Pe măsură ce fumul este transportat în direcția vântului se produc anumite schimbări asupra compușilor care alcătuiesc aerul înconjurător, datorită interacțiunii cu poluanții evacuați de către sursă, proces care este numit difuzie sau dispersie.

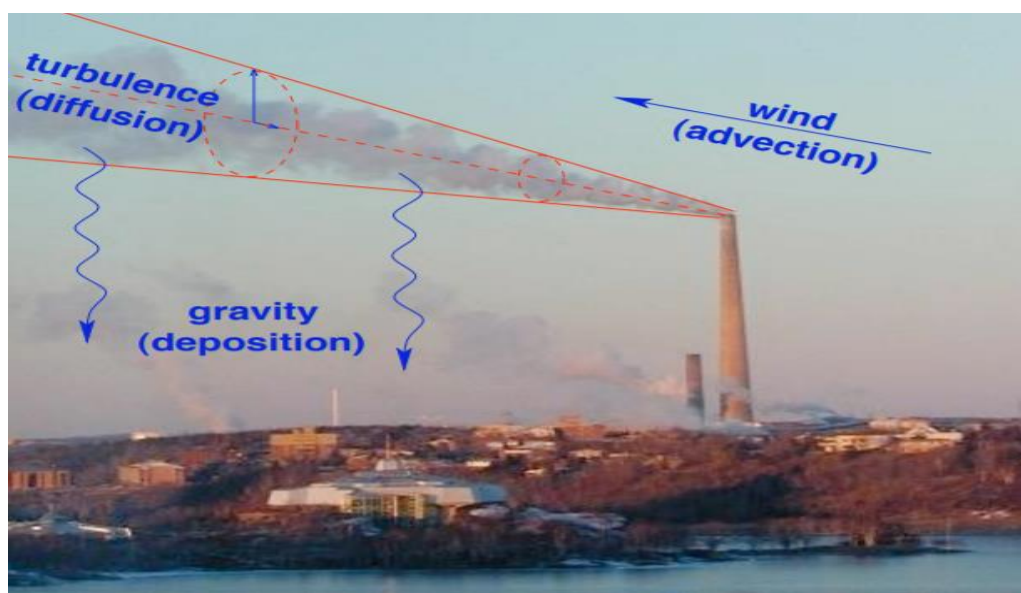


Fig 3.3.1 (The Mathematics Of Atmospheric Dispersion Modelling , John M. Stockie)

Modelul penei de fum gaussiene este conceput pentru a prezice, pe termen scurt, concentrația unui poluant în direcția vântului (direcția x, în cazul nostru), emis de sursă în funcție de stabilitatea atmosferică și de viteza vântului. Deși acest model este aplicat și în alte

domenii, cum ar fi: studiul emisiilor din erupțiile vulcanice (R. Turner & T. Hurst), dispersia insectelor (Y. Yang et al.), a polenului (C. Loos & co.) și chiar și asupra propagării mirosului din industriile agricole (R. J. Smith), în această lucrare, vom folosi modelul utilizat în studiul emisiilor industriale la scară largă (Beychok M. R.).

Dispersia Gaussiană pentru o anumită sursă este obținută presupunând că nivelul de concentrație a poluanților în orice poziție x în direcția vântului se poate calcula folosind următoarea ecuație:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{u\pi\sigma_y\sigma_z} e^{\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}} e^{\frac{-H_e^2}{2\sigma_z^2}}$$

Dispersia continuă a emisiei dintr-o sursă poate fi vizualizată sub forma unei pene conice de fum (Fig 3.3.2). Pe măsură ce pana de fum se deplasează în direcția vântului, putem observa cum aceasta se dispersează pe axele x, y, z în funcție de gradul concentrației emis.

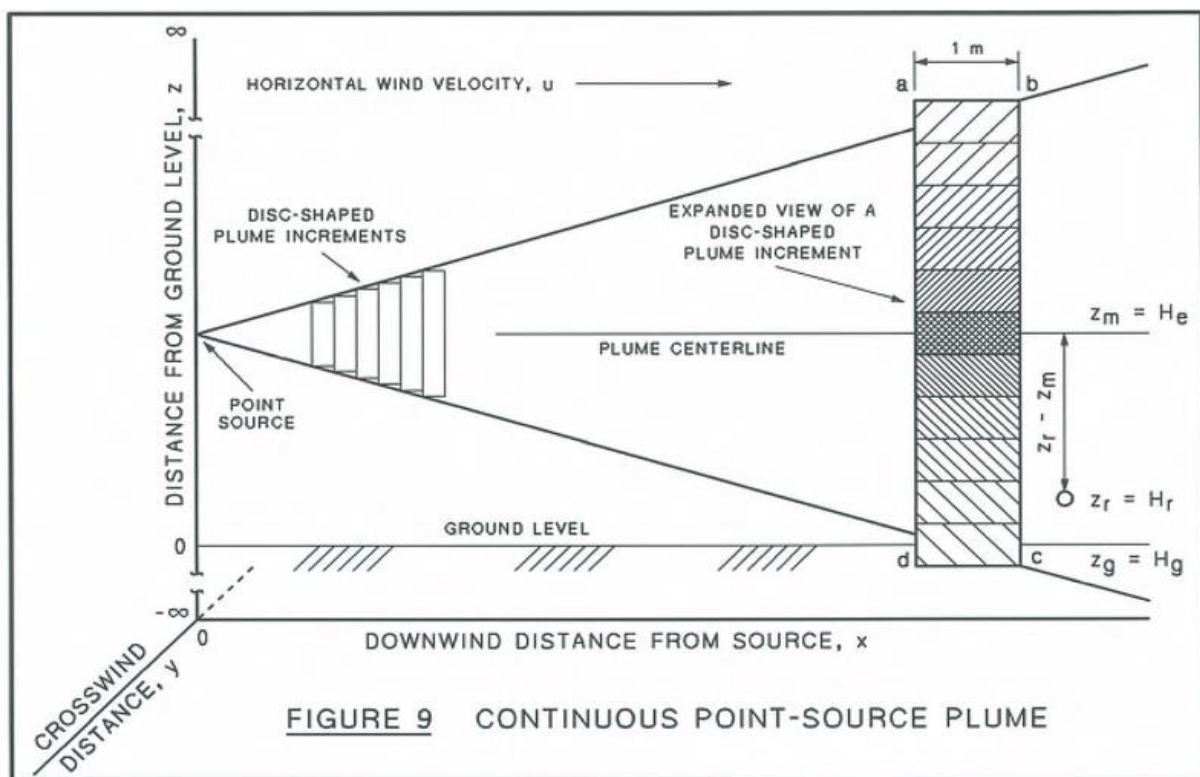


Fig 3.3.2 (Fundamentals Of Stack Gas Dispersion, Beychok M. R.)

Valorile deviațiilor standard (σ_y și σ_z) care apar în ecuațiile gaussiene se bazează pe date experimentale obținute din studiile făcute pe anumite gaze, referitoare la modul în care acestea rămân imprimare în atmosferă (*tracer gas technique*). Setul cel mai răspândit de coeficienți ai dispersiei sunt coeficienții Pasquill-Gifford, uneori menționați ca și coeficienții rurali Pasquill (Fig 3.3.3). Aceștia se bazează pe experimentele realizate sub auspiciile Atomic Energy Commission, în jurul anului 1950. Un alt set de coeficienți, utilizați în zona urbană (Fig 3.3.4), au fost estimați în jurul anului 1960, în urma unor experimente realizate în orașul St. Louis. În 1973, Briggs a recalculat coeficienții dispersiei pentru mediul urban folosindu-se de experimentele anterioare pe aceasta temă ale lui McElroy și Pooler. În 1975 Gifford definește o formula pentru calculul sigma în mediul urban(2).

Pasquill Stability Class	For obtaining σ_z			For obtaining σ_y		
	I	J	K	I	J	K
A	6.035	2.1097	0.2770	5.357	0.8828	- 0.0076
B	4.694	1.0629	0.0136	5.058	0.9024	- 0.0096
C	4.110	0.9201	- 0.0020	4.651	0.9181	- 0.0076
D	3.414	0.7371	- 0.0316	4.230	0.9222	- 0.0087
E	3.057	0.6794	- 0.0450	3.922	0.9222	- 0.0064
F	2.621	0.6564	- 0.0540	3.533	0.9191	- 0.0070

fig 3.3.3

Pasquill Stability Class	For obtaining σ_z			For obtaining σ_y		
	L	M	N	L	M	N
A-B	240	1.00	0.50	320	0.40	- 0.50
C	200	0.00	0.00	220	0.40	- 0.50
D	140	0.30	- 0.50	160	0.40	- 0.50
E-F	80	1.50	- 0.50	110	0.40	- 0.50

fig 3.3.4

Valorile pentru mediul **rural** și cel **urban** sunt diferite deoarece se ia în calcul faptul că aerul se răspândește diferit atunci când există numeroase construcții în direcția vântului. O altă diferență pe care trebuie să o avem în vedere este faptul că unii compuși pe care îi găsim în aerul din zona urbană, nu se găsesc și în zona rurală.

Abaterile standard depind de distanța de la sursă la receptor, măsurată în direcția vântului, de tipul terenului (urban sau rural) și de stabilitatea atmosferică, care se calculează cu ajutorul tabelului din Fig 3.3.5 în funcție de viteza vântului, gradul de acoperire cu nori și gradul de iluminare(radiații solare). Spectrul de stabilitate atmosferică a fost împărțit în șase clase de stabilitate, etichetate de la A la F, pornind de la cea mai instabilă până la cea mai stabilă clasă.

PASQUILL STABILITY CLASS RELATED TO WINDSPEED AND INSOLATION ^a						
Surface Wind		Day-time Insolation ^a			Night-time Cloud Cover ^b	
m/sec	mi/hr	strong	moderate	slight	> 4/8 cloud	< 3/8 cloud
<2	<5	A	A-B	B	---	---
2-3	5-7	A-B	B	C	E	F
3-5	7-11	B	B-C	C	D	E
5-6	11-13	C	C-D	D	D	D
>6	>13	C	D	D	D	D

Fig 3.3.5

Clasele cele mai instabile, A și B, apar în condiții precum: vânt ușor spre moderat și temperaturi ale aerului ridicate spre moderate, tipice pentru o după-amaiază însorită de vară. Clasa C, care este ușor instabilă, se produce aproximativ în aceleași condiții, dar cu vânt moderat sau puternic, cu o încălzire solară ușoară, cum ar fi o după-amiază însorită de toamnă sau o zi de vară cu o acoperire mică de nori. Clasa neutră D are loc în condiții de ninsoare, zi sau noapte, pentru care încălzirea solară are un efect redus. Clasele stabile E, respectiv F sunt calculate pe timp de noapte, în condiții de vânt ușor, iar cerul ar trebui să fie parțial înnorat sau să nu fie acoperit de nori, atunci când temperatura de afară este foarte scăzută.

Valorile funcțiilor sigma se pot calcula folosind valorile din tabelele pe care le regăsim în Fig 1.1.3 și Fig 1.1.4 cu ajutorul următoarelor formule:

$$\text{Pentru mediul Rural: } \sigma = e^{[I+J (\ln x)+K (\ln x)^2]} \quad (1)$$

$$\text{Pentru mediul Urban: } \sigma = (Lx)(1 + Mx)^N \quad (2)$$

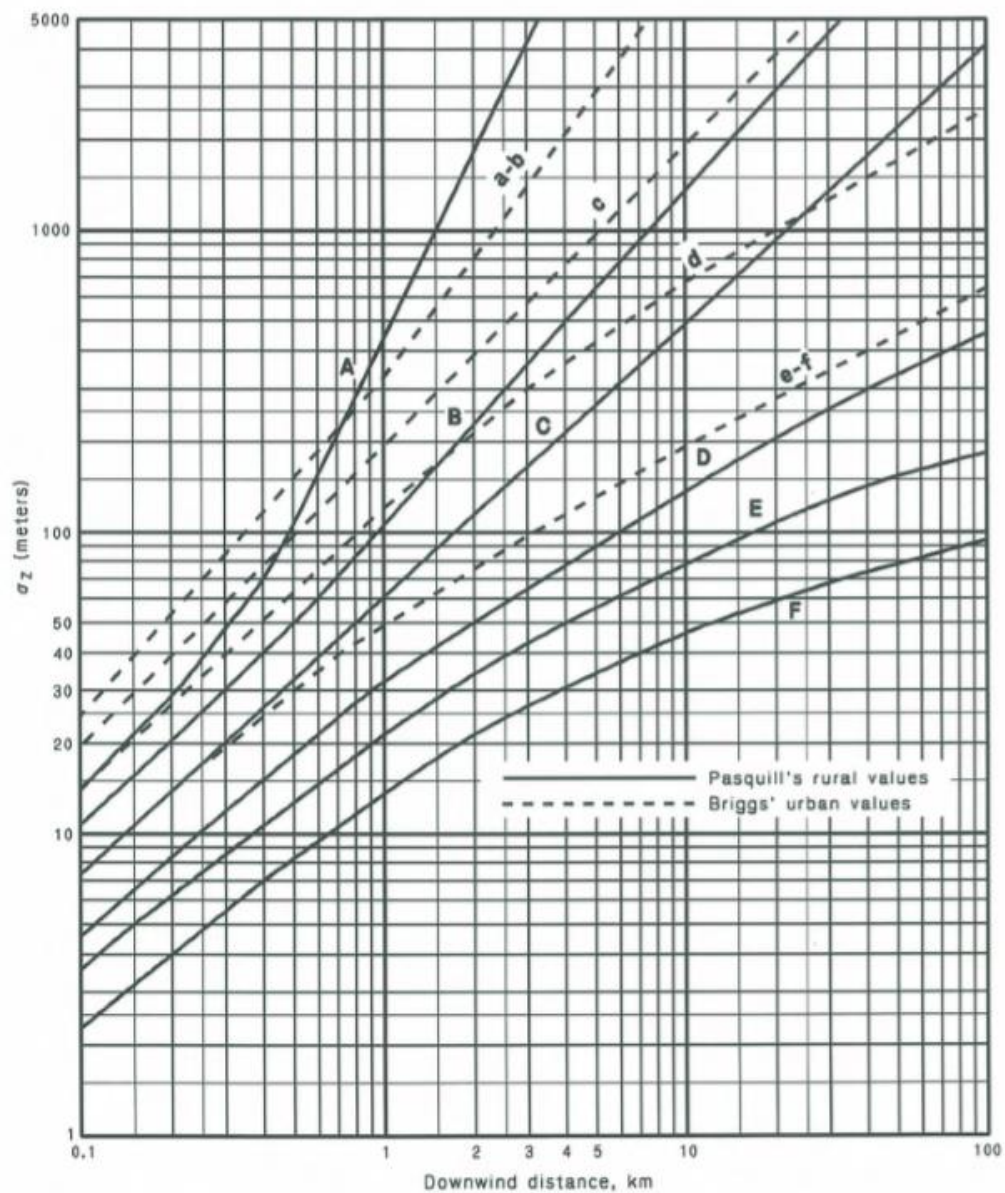


Fig 3.3.6
Coeficienții dispersiei pe axa verticală
(Comparație între mediul urban și rural)

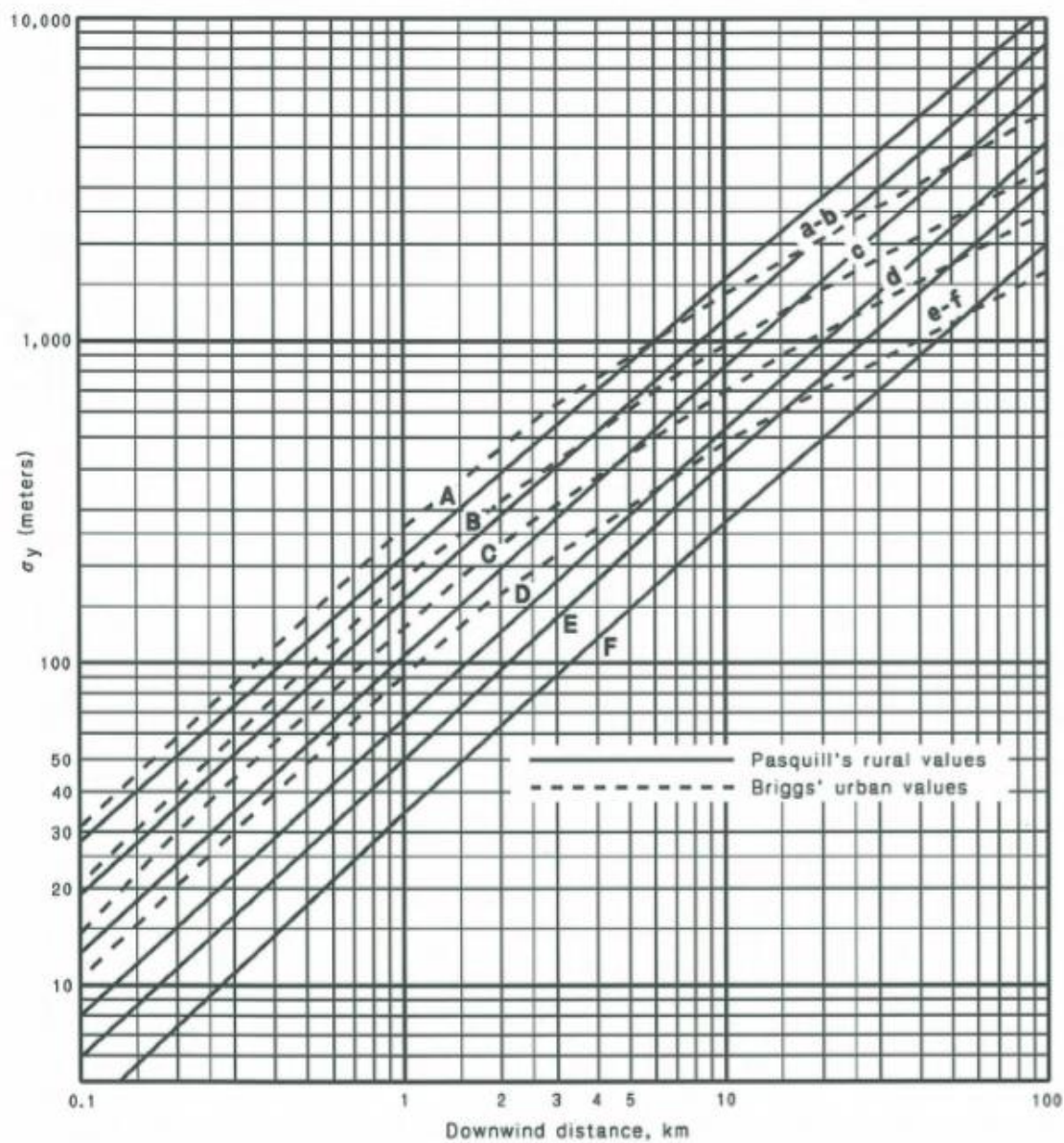


Fig 3.3.7
Coeficienții dispersiei pe axa orizontală
(Comparație între mediul urban și rural)

După ce am făcut calculul deviațiilor standard (σ_y și σ_z) cu ajutorul ecuațiilor de mai sus, avem nevoie să calculăm înălțimea totală (*not. H sau H_e*), după cum putem observa și în Fig 3.3.8 și viteza vântului la această înălțime.

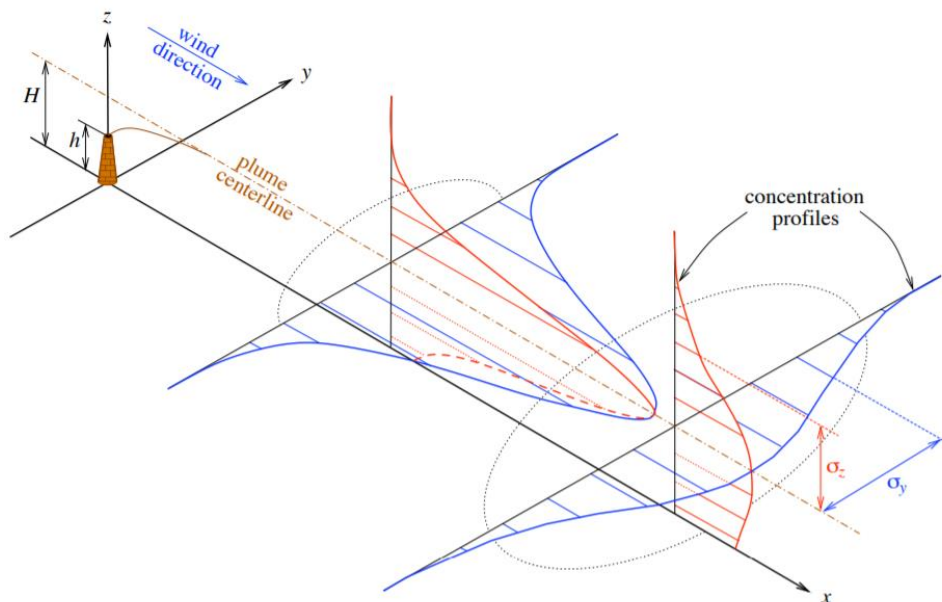


Fig 3.3.8

Înălțime totală H este suma dintre înălțimea coșului de fum h și Δh (înălțimea la care se ridică pana de fum datorită efectului de plutire).

Pentru a determina Δh se vor folosi formula de mai jos, unde:

$$F = g v_g r^2 \frac{T_g - T_a}{T_g} \quad , \text{ unde: } \begin{cases} T_a - \text{temperatura atmosferei} \\ T_g - \text{temperatura gazului la ieșire} \\ v_g - \text{viteza gazului la ieșire} \\ g - \text{constanta gravitațională (9.807)} \\ r - \text{raza coșului de fum} \end{cases}$$

Dacă $F \geq 55 \text{ m}^4/\text{sec}^3$:

$$x_f = 119 F^{0.40}$$

$$\Delta h = 1.6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} u^{-1} \quad , \text{ pentru } x < x_f$$

$$\Delta h_{max} = 1.6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} u^{-1} = 38.7 F^{0.60} u^{-1} \quad , \text{pentru } x \geq x_f$$

Dacă $F < 55 \text{ m}^4/\text{sec}^3$:

$$x_f = 49 F^{0.625}$$

$$\Delta h = 1.6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} u^{-1} \quad , \text{pentru } x < x_f$$

$$\Delta h_{max} = 1.6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} u^{-1} = 21.4 F^{0.75} u^{-1} \quad , \text{pentru } x \geq x_f$$

Dacă $1.84 u s^{\frac{-1}{2}} \geq x_f$:

$$\Delta h = 1.6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} u^{-1} \quad , \text{pentru } x < x_f$$

$$\Delta h_{max} = 1.6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} u^{-1} = 38.7 F^{0.60} u^{-1} \quad , \text{pentru } x \geq x_f \text{ și } F \geq 55 \text{ m}^4/\text{sec}^3$$

$$\Delta h_{max} = 1.6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} u^{-1} = 21.4 F^{0.75} u^{-1} \quad , \text{pentru } x \geq x_f \text{ și } F < 55 \text{ m}^4/\text{sec}^3$$

Dacă $1.84 u s^{\frac{-1}{2}} < x_f$:

$$\Delta h = 1.6 F^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} u^{-1} \quad , \text{pentru } x < 1.84 u s^{\frac{-1}{2}}$$

$$\Delta h_{max} = 2.4 \left(\frac{F}{us} \right)^{\frac{1}{3}} \quad , \text{pentru } x \geq 1.84 u s^{\frac{-1}{2}}$$

Viteza vântului la înălțimea H (not. u) se calculează după următoarea formulă, cu ajutorul tabelului din Fig 3.3.9

$$u = v \left(\frac{H}{10} \right)^P, \text{ unde } v \text{ este viteza vântului la } 10 \text{ m}$$

Clasa de stabilitate	Rural(p)	Urban(p)
A	0.10	0.15
B	0.15	0.15
C	0.20	0.20
D	0.25	0.25
E	0.25	0.40
F	0.30	0.60

Fig 3.3.9

O ultimă ecuație, care ne ajută să calculăm parametrul de stabilitate s , folosind datele din tabelul reprezentat în Fig 3.3.10 este următoarea:

$$s = \left(\frac{g}{T_a} \right) \frac{dT}{dz}$$

Stability Class [†]	Ambient Gradient	Adiabatic lapse rate	Potential gradient	
	dT/dz	Γ	d θ /dz = dT/dz - Γ	
	(°F/1000 ft)	(°F/1000 ft)	(°F/1000 ft)	(°K/m)
A	< -10.4	-5.5	< -4.9	< -0.009
B	-9.9	-5.5	-4.4	-0.008
C	-8.8	-5.5	-3.3	-0.006
D	-5.5	-5.5	0.0	0.000
E	2.8	-5.5	8.3	0.015
F	> 8.2	-5.5	> 13.7	> 0.025

Fig 3.3.10

După ce am parcurs toate ecuațiile și tabelele de mai sus, avem acum toate instrumentele necesare pentru a calcula concentrația poluanților într-un anumit punct. De asemenea, cum noi calculăm concentrația la nivelul solului folosind modelul gaussian al penei de fum, valoarea lui z din $C(x,y,z)$ va fi întotdeauna egală cu 0.

Pentru a modela concentrația penei de fum pe o suprafață vom calcula toate punctele de la sursă la receptor generând dispersia pe axa xOy . Graficul rezultat va avea forma unei jumătăți de petală (Fig 3.3.11) deoarece axa Ox reprezintă centrul penei de fum.

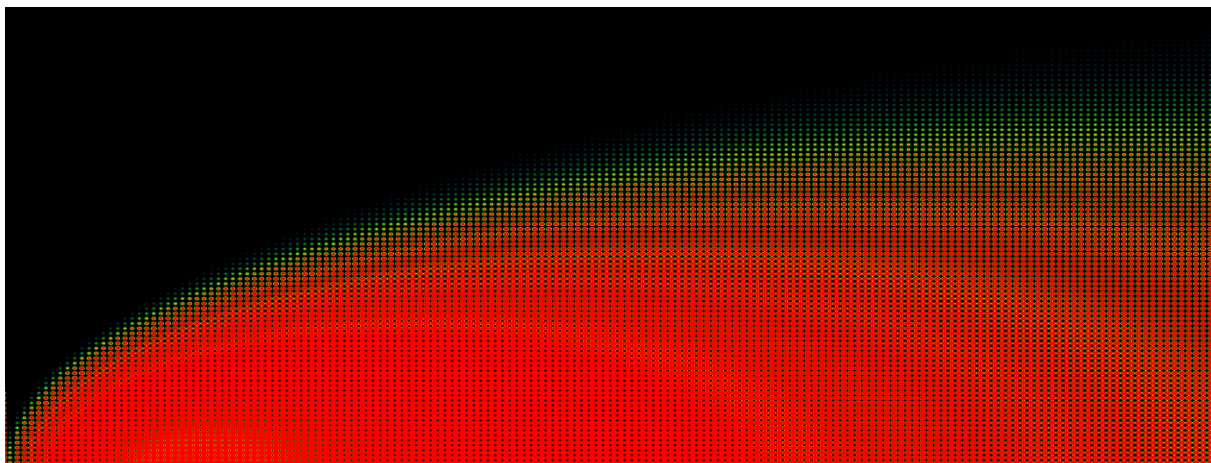


Fig 3.3.11

Pentru a putea obține întreaga petală, nu trebuie decât să putem în oglindă graficul rezultat deoarece, după cum știm deja, pana de fum obținută este simetrică pe axa Oy (Fig 3.3.12).

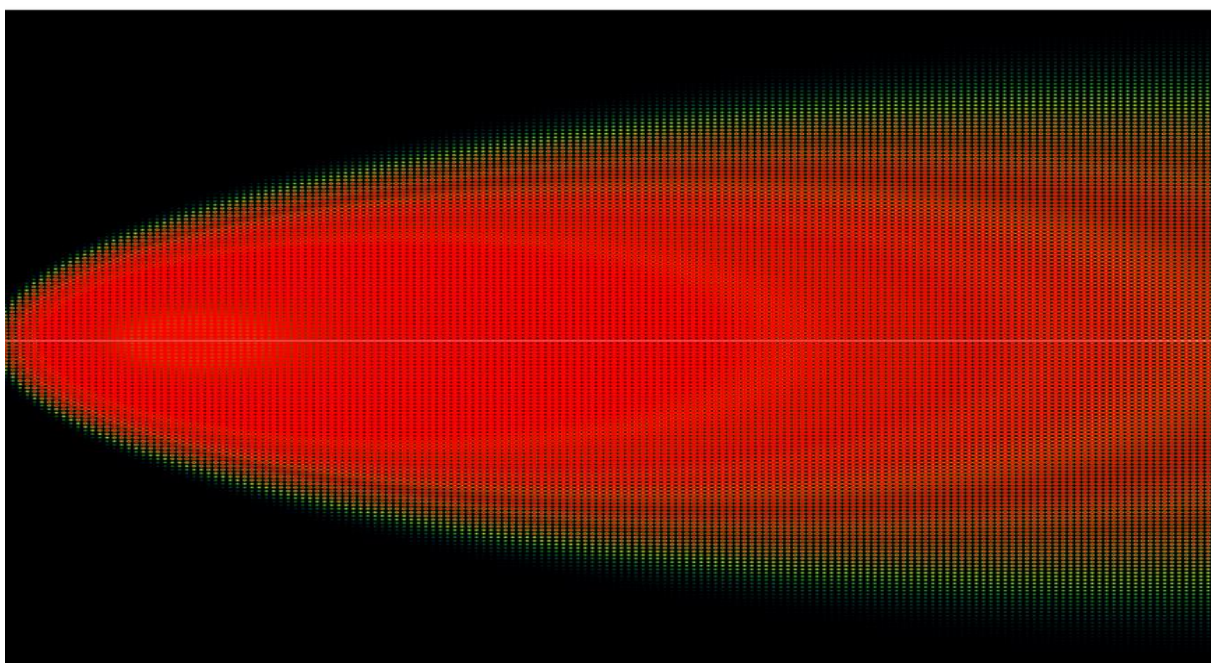


Fig 3.3.12

Concluzii

În cadrul acestei lucrări am abordat problema poluării aerului, modul în care poluanții sunt dispersați în aer și felul în care aceștia afectează sănătatea noastră. Am prezentat diferite modele de calitate a aerului pentru ca în cele din urmă să alegem modelarea dispersiei, fiind unul dintre cele mai ușor de înțeles și de aplicat modele.

În ceea ce privește implementarea algoritmului de dispersie am folosit modelul Gaussian al penei de fum pentru a calcula concentrația poluanților într-un singur punct, pentru o sursă de poluare, care, în cazul nostru, este o sursă de poluare industrială. Pentru a putea vizualiza harta poluării am introdus în aplicația noastră modulul Google Maps, împreună cu Heatmap.

După cum am menționat și în capitolul anterior, la prezentarea soluției, deși am generat pana de fum pentru a reprezenta concentrația în mai multe puncte, de la receptor la sursă am obținut doar graficul pentru sistemul xOy . Știind că graficul este simetric de la axa (O,y) la axa $(O,-y)$ am generat mai apoi întregul grafic de concentrație.

Modelul Gaussian al penei de fum este folosit la scară largă, dar există anumite aspecte care ar putea fi îmbunătățite. Printre acestea se regăsesc:

- Pentru că, în cazul nostru concentrația este calculată doar la nivelul solului ($z = 0$), acest lucru poate fi îmbunătățit prin calcularea concentrațiilor și la altitudini mai ridicate.
- În timp ce modelul pe care noi l-am utilizat se bazează pe clasele de stabilitate pentru a determina σ_y și σ_z există modele mai recente care se bazează din ce în ce mai mult pe teoria similitudinii (Monin-Obukhov) pentru a deriva acești parametri.
- Un alt aspect ce ar putea fi îmbunătățit ar fi să putem dezvolta acest algoritm astfel încât să putem calcula calitatea aerului raportându-ne la mai multe surse de poluare.

Așadar, putem conchide că, am reușit să creăm o aplicație *web*, folosind doar tehnologii *open-source* accesibilă publicului larg, cu ajutorul căreia putem calcula calitatea aerului și în care putem vizualiza calitatea aerului, în funcție de poluanții care sunt dispersați în atmosferă.

4 Bibliografie:

U.S. Environmental Protection Agency. Guideline on Air Quality Models, Appendix W to Part 51, Title 40: Protection of the Environment, Code of Federal Regulations, 2010.

Beychok M. R., “Fundamentals of stack gas dispersion”, Irvine, California, U.S.A., 1995

Rumana HS, Sharma RC, Beniwal V, Sharma AK. A retrospective approach to assess human health risks associated with growing air pollution in urbanized area of Thar Desert, Western Rajasthan, India. J Environ Health Sci Eng. 2014;

Mellouki A, George C, Chai F, Mu Y, Chen J, Li H. Sources, chemistry, impacts and regulations of complex air pollution: Preface. J Environ Sci (China) 2016;

Melli P., Runca E., “Gaussian plume model parameters for ground-level and elevated sources derived from the atmospheric diffusion equation in a neutral case”, Journal of Applied Meteorology, 1979;

Miller C. W., Hively L. M., “A review of validation studies for the Gaussian plume atmospheric dispersion model”, Nuclear Safety, 1987;

Straja S., “The importance of the pollutant dispersion along the nominal wind direction”, Atmospheric Environment, 1994;

Turner, D.B. (1994). Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling (2nd ed.). CRC Press.

Microsoft - Sql Server Documentation - <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/sql-server/sql-server-technical-documentation>

.Net Core Foundation And ASP .Net Core - https://hub.docker.com/_/microsoft-dotnet-core/

O. F. T. Roberts. The theoretical scattering of smoke in a turbulent atmosphere. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A, 104(728):640–654, 1924

O. G. Sutton. A theory of eddy diffusion in the atmosphere. *Proc. Roy. Soc. Lond. A*, 135(826):143–165, 1932

R. Turner and T. Hurst. Factors influencing volcanic ash dispersal from the 1995 and 1996 eruptions of Mount Ruapehu, New Zealand. *J. Appl. Meteorol.*, 40:56–69, 2001

C. Loos, R. Seppelt, S. Meier-Bethke, J. Schiemann, and O. Richter. Spatially explicit modelling of transgenic maize pollen dispersal and cross-pollination. *J. Theor. Biol.*, 225:241–255, 2003.

Y. Yang, L. T. Wilson, M. E. Makela, and M. A. Marchetti. Accuracy of numerical methods for solving the advectiondiffusion equation as applied to spore and insect dispersal. *Ecol. Model.*, 109:1–24, 1998.

R. J. Smith. Dispersion of odours from ground level agricultural sources. *J. Agric. Eng. Res.*, 54:187–200, 1993

C. R. Hadlock. *Mathematical Modeling in the Environment*. Mathematical Association of America, Washington, DC, 1998.

K. L. Calder. Multiple-source plume models of urban air pollution – their general structure. *Atmos. Environ.*, 11:403–414, 1977.

B. E. A. Fisher and J. F. Macqueen. A theoretical model for particulate transport from an elevated source in the atmosphere. *IMA J. Appl. Math.*, 27:359–371, 1981.

W. R. Hogan, G. F. Cooper, M. M. Wagner, and G. L. Wallstrom. An inverted Gaussian plume model for estimating the location and amount of release of airborne agents from downwind atmospheric concentrations. RODS technical report, Realtime Outbreak and Disease Surveillance Laboratory, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, 2005.

M. Sharan, A. K. Yadav, M. P. Singh, P. Agarwal, and S. Nigam. A mathematical model for the dispersion of air pollutants in low wind conditions. *Atmos. Environ.*, 30(8):1209–1220, 1996.

<https://www.nytimes.com/topic/subject/air-pollution>

<https://cosmosmagazine.com/biology/millions-of-deaths-linked-to-pollution>

<https://edition.cnn.com/2018/05/01/health/air-pollution-cities-who-study/index.html>

<http://www.indiacelebrating.com/essay/air-pollution-essay/>

http://www.essayjudge.com/document_detail.php?doc_id=1278

<https://www.epa.gov/>

<https://www.tceq.texas.gov/airquality/>

http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm

<http://www.mfe.govt.nz/air/air-quality-airsheds/about-airsheds>

<https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/pollution/>

https://www.un-ilibrary.org/environment-and-climate-change/air-pollution-studies_050710f6-en