Titlul lucrării

PROIECT DE DIPLOMĂ

Autor: **Cristina-Elena Caia-Hoanăș**

Conducător științific: **Titlu. ing. Prenume NUME**

|  |  |
| --- | --- |
| DECAN  **Prof. dr. ing. Liviu MICLEA** | Vizat,  DIRECTOR DEPARTAMENT AUTOMATICĂ  **Prof. dr. ing. Honoriu VĂLEAN** |

Autor: **Prenume NUME**

Titlul lucrării

1. **Enunțul temei:** *Dezvoltarea unei aplicații web care oferă utilizatorului posibilitatea de monitorizare a calității aerului prin evaluarea indexului acestuia în diverse zone geografice. În ansamblu, se va realiza o perspectiva globala asupra stării mediului înconjurător.*
2. **Conținutul proiectului:** *(enumerarea părților componente) Pagina de prezentare, Declarație privind autenticitatea proiectului, Sinteza proiectului, Cuprins, Titlul capitolului 1, Titlul capitolului 2,… Titlul capitolului n, Bibliografie, Anexe.*
3. **Locul documentării:** *Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, departamentul Automatica si Informatica Aplicata*
4. **Data emiterii temei:**
5. **Data predării:**

Semnătura autorului

Semnătura conducătorului științific

**Declaraţie pe proprie răspundere privind**

**autenticitatea proiectului de diplomă**

Subsemnatul(a) **Prenume NUME**  , legitimat(ă) cu CI/BI seria nr. , CNP ,

autorul lucrării:

elaborată în vederea susținerii examenului de finalizare a studiilor de licență la **Facultatea de Automatică și Calculatoare**, specializarea **Automatică și Informatică Aplicată,** din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, sesiunea Iulie 2023 a anului universitar 2022-2023, declar pe proprie răspundere, că această lucrare este rezultatul propriei activități intelectuale, pe baza cercetărilor mele și pe baza informațiilor obținute din surse care au fost citate, în textul lucrării, și în bibliografie.

Declar, că această lucrare nu conține porțiuni plagiate, iar sursele bibliografice au fost folosite cu respectarea legislației române și a convențiilor internaționale privind drepturile de autor.

Declar, de asemenea, că această lucrare nu a mai fost prezentată în fața unei alte comisii de examen de licență.

În cazul constatării ulterioare a unor declarații false, voi suporta sancțiunile administrative, respectiv, *anularea examenului de licență*.

Data Prenume NUME

(semnătura)

**SINTEZA**

proiectului de diplomă cu titlul:

Titlul lucrării

Autor: **Prenume NUME**

Conducător științific: **Titlu. ing. Prenume NUME**

1. Cerințele temei:

2. Soluții alese:

3. Rezultate obținute:

4. Testări și verificări:

5. Contribuții personale:

6. Surse de documentare:

Semnătura autorului

Semnătura conducătorului științific

Cuprins

[1 Introducere 2](#_Toc477457095)

[1.1 Context general 2](#_Toc477457096)

[1.2 Obiective 2](#_Toc477457097)

[1.3 Specificații 2](#_Toc477457098)

[2 Studiu bibliografic 3](#_Toc477457099)

[3 Analiză, proiectare, implementare 4](#_Toc477457100)

[4 Concluzii 5](#_Toc477457101)

[4.1 Rezultate obținute 5](#_Toc477457102)

[4.2 Direcții de dezvoltare 5](#_Toc477457103)

[5 Reguli de formatare 6](#_Toc477457104)

[5.1 Formatarea paginii 6](#_Toc477457105)

[5.2 Titluri și stiluri 6](#_Toc477457106)

[5.3 Figuri, tabele și ecuații 7](#_Toc477457107)

[5.3.1 Figuri 7](#_Toc477457108)

[5.4 Tabele 7](#_Toc477457109)

[5.5 Ecuații 7](#_Toc477457110)

[5.6 Referințe bibliografice 8](#_Toc477457111)

[6 Bibliografie 9](#_Toc477457112)

# Introducere

## Context general

In conformitate cu EEA (European Environment Agency) [1] , în anul 2020, 96% din locuitorii urbani au fost expuși la concentrații îngrijorător de ridicate a poluării aerului exterior. [2]

Principalele particule care influențeaza calitatea aerului într-un mod negativ sunt particulele in suspensie, PM2.5 și PM10 (particule cu diametrul aerodimanic mai mic decat 2.5, respectiv 10 µ/m³ - microni pe metru cub), O3 (ozonul), NO2 (dioxidul de azot) si SO2 (dioxidul de sulf). Sursele protagoniste contaminării aerului includ generarea de energie folosind centrale electrice pe bază de carbune, emisiile vehiculelor, fumul de la producția chimica etc. [3]

Poluarea aerului din zonele naturale, rurale si urbane devine o preocupare majoră pentru cercetători, iar Organizația Mondiala a Sanătatii (WHO) trateaza acest subiect cu mare interes deoarece acest fenomen are efecte considerabile asupra modului de viață.

Expunerea populatiei la aerul ambiental poluat cauzează, la nivel global, aproximativ 4.2 milione de decese anual. Consecințele poluării aerului sunt manifestate în general prin afecțiuni cardiovasculare, cancer pulmonar si afecțiuni respiratorii acute.

Studiile EPA (United States Environmental Protection Agency) confirmă ca poluarea aerului are de asemenea un impact dăunător asupra climei și ecosistemului la scară mondiala. Ozonul (O3) din atmosfera încalzeste clima, în timp ce PM conține carbon negru fiind cunoscut unul dintre cei mai mari contribuitori la încalzirea globală.

Monitorizarea si informarea populației asupra calității aerului exterior este soluția propusa în aceasta lucrare, reprezentand un prim pas esențial in a ajuta omenirea să perceapa efectele adverse are poluării aerului și să fie conștienți de importanța și valoarea aerului curat pe care l-ar putea consuma. Scopul de lungă durata este de a determina oamenii să fie implicați în combaterea poluării pentru a fi eliminată, prin mici schimbări adăugate în obiceiurile zilnice.

Sistemul rezultat furnizează cele mai recente valori ale poluanților și calculează un indice de calitate a aerului, aceste informații fiind afișate pe interfața grafică a aplicației web, disponibilă utilizatorilor.

## Obiective

**1.2.1 Obiectivul principal**

Obiectivul primar al acestei lucrări este dezvoltarea unei platforme software sub formă de aplicație web în care se monitorizează indicele de calitate a aerului determinat din datele poluanților PM10, PM2.5, SO2, NO2 și O3 înregistrate la fiecare interval de o ora. Aceste date sunt dispuse ca rezultat a măsurătorilor senzorilor plasați pe o harta interactiva Google Maps. Senzorii pot fi vizualizați sub formă de marcare pe harta, dar și într-un tabel. Adăugarea unui senzor, modificarea datelor sau ștergerea lui este de asemenea una dintre opțiunile disponibile.

Avand la dispoziție indicele de calitate, tabel de referința cu limitele impuse de Organizația Mondiala a Sanătății (WHO) și un mesaj de informare în funcție de valoare, populația iși va crea o imagine de ansamblu a aerului respirat și în conformitate cu rezultatul obținut, ea va fi motivată să ia decizii pentru îmbunatățire și să acționeze în consecință.

**1.2.2 Obiective secundare**

Unul dintre obiectivele secundare este ca utilizatorii să dispună și de starea atmosferei: temperatură, umiditate si presiune atmosferică, aceasta fiind accesibilă in locațiile unde există un senzor activ. Pentru o experientă cat mai placută și eficientă a identificării senzorilor pe hartă, utilizatorul dispune de un camp de căutare în care poate introduce locațiile reale cat mai exacte, astfel încat sa îi fie vizibilă zona dorita într-un timp foarte rapid.

Pentru o vizualizare mai clară a ultimelor 12 ore de înregistrare a datelor poluanților, următorul scop secundar al lucrării este de a reprezenta măsurătorile obținute intr-un mod clar si coerent cu ajutorul unor grafice. O simpla reprezentare vizuală va contribui la identificarea tendințelor și relațiilor între date într-un mod mai intuitiv.

Aplicația mai dispune de înregistrare a persoanelor dornice de a utiliza aplicația prin crearea unui nou cont de utilizator, proces de resetare a parolei în caz de uitare a acesteia și autentificare cu adresa de email. Userul autentificat poate mai apoi să își gestioneze datele contului prin modificarea anumitor campuri.

**1.2.3 Obiective functionale**

Obiectivele functionale in contextul aplicatiilor web reprezintă scopurile sau funcțiile esențiale pe care aplicația trebuie să le realizeze pentru a-și atinge scopul și pentru a satisface nevoile utilizatorilor. Aceste obiective definesc comportamentul aplicatiei si au un rol important în orientarea procesului de proiectare și implementare.

Obiectivele functionale care se doresc a fi implementate in cadrul aplicatiei sunt prezentate in Tabelul 1.1.

Tabel .1 Obiectivele funcționale ale aplicației

|  |
| --- |
| Descriere obiectiv funcțional |
| Înregistrare utilizator nou |
| Conectare utilizând un cont existent |
| Resetare parola in caz de uitare a acesteia |
| Redirecționarea pe pagina de înregistrare, conectare sau resetare parola in cazul in care utilizatorul nu este conectat |
| Gestionarea contului |
| Vizualizare harta Google Maps |
| Oferirea unei navigări rapide și eficiente prin intermediul meniului adaptiv diferitelor dimensiuni de ecrane din lateralul paginii |
| Câmp de căutare a unei locații cat mai exacte pentru redirecționarea utilizatorului in acel loc pe harta vi vizualizarea senzorilor din acea zona |
| Vizualizare senzorii pe hartă |
| Indicele de calitate a aerului si data actualizării |
| Vizualizare stării calității aerului exterior prin generarea unei culori care corespunde unor limite impuse de autorități |
| Legenda explicativă pentru fiecare culoare redata a indicelui măsurat |
| Valorile poluanților si starea atmosferei cu ultima data de actualizare |
| Tabel cu limitele poluanților împreună cu un mesaj de sănătate corespunzător intervalelor |
| Explicația metodei de calculare a indicelui de calitate a aerului |
| Grafice pentru ultimele 12 ore cu valorile înregistrate pentru poluanți si starea atmosferei |
| Tabel cu senzorii din aplicație cu posibilitatea de ordonare a lor după nume sau data plasării lor in locație, paginare si câmp de căutare |
| Funcție de modificare a datelor unui senzor |
| Posibilitate de ștergere a senzorilor |
| Adăugarea unui senzor, cu posibilitatea de a defini tipul de măsurători |
| Funcționalitate de deconectare din cont |
| Dimensiuni ale ecranului adaptive pentru o utilizare a aplicației si pe alte dispozitive electronice: telefoane mobile, tablete. |

**1.2.4. Obiective non-funcționale**

Obiectivele non-funcționale reprezintă aspecte legate de experiența utilizatorului, scalabilitatea, securitatea si performanta aplicației. Acestea asigura calitatea si eficienta, influențând aspecte precum capacitatea de gestionare a datelor, timpul de răspuns, protecția împotriva amenințărilor cibernetice, gestionarea erorilor si nu in ultimul rând compatibilitatea cu diferite platforme.

Tabelul 1.2 reprezintă exmple de obiective non functionale ale aplicatiei propuse spre implementare.

Tabel 1.2 Obiectivele non- funcționale ale aplicației

|  |  |
| --- | --- |
| Obiectiv non-funcțional | Descriere |
| Performanță | Aplicația trebuie să dispună de o performanță receptivă si rapidă, timpii de răspuns fiind scurți și cu o încărcare rapidă a paginilor. |
| Scalabilitate | Capabilitatea aplicației de adaptare ușoara a creșterii volumului de utilizatori și a cererilor simultane, performanta fiind neafectata. |
| Disponibilitate | Aplicația trebuie să fie accesibilă și funcțională în cea mai mare parte a timpului, cu perioade de nefuncționare planificate minime și o strategie de backup și recuperare în caz de eșec. |
| Securitate | Aplicația trebuie să asigure o securitate robustă pentru a preveni preveni accesul neautorizat sau atacurile cibernetice si a proteja datele utilizatorilor. |
| Ușurință în utilizare | Interfața aplicației trebuie să fie intuitivă și prietenoasă, facilitând utilizatorilor interacțiunea fără efort și atingerea rapidă a obiectivelor lor. |
| Portabilitate | Aplicația trebuie să fie compatibilă cu o varietate de platforme și browsere web, asigurând astfel utilizarea sa pe diverse dispozitive și medii. |
| Extensibilitate | Aplicația trebuie să ofere posibilitatea de a adăuga noi funcționalități sau de a efectua modificări ulterioare fără a afecta negativ structura sau performanța generală. |
| Suport și explicatii | Aplicația trebuie să fie însoțită de un sistem de explicatii in legatura cu datele prezentate si de suport sprijinul utilizatorilor astfel incat să înțeleagă și să utilizeze eficient aplicația. |

## Specificații

Pentru ca obiectivele menționate mai sus să fie îndeplinite, primul pas în obținerea aplicației cu specificațiile dorite este crearea unei baze de date care permite stocarea și organizarea informațiilor astfel încât datele sunt gestionate, accesate și manipulate corespunzător cerințelor. Se va folosi Firebase Database, baza de date NoSQL, care se bazează pe un model de stocare nelimitat si flexibil, pentru o manipulare mai eficientă și scalabilitate mai ușoară a datelor nestructurate. [4]

Cartea [5] oferă o analiza detaliata a arhitecturii aplicațiilor web si evidențiază avantajele lor in cadrul procesului de dezvoltare software. Autorii ofera studii de caz si exemple practice pentru a ilustra beneficiile aplicatiilor web. De exemplu, in dezvoltarea unei aplicatii de comert electronic, beneficiile ar putea fi: accesibilitate globala, reducerea costurilor operaționale pentru un magazin fizic, personalizarea produselor pe placul utilizatorului si analizarea detaliata a comportamentului utilizatorilor, performanta produselor si rezultatelor campaniilor de market. Sunt explorate, de asemenea, si diverse aspecte ale acestor exemple precum gestionarea datelor, securitatea si scalabilitatea.

Aplicația software creată și dezvoltată este o aplicație web, caracterizată de accesibilitatea și ușurința de utilizare prin intermediul unui browser web. Aceasta funcționează pe un server și pune la dispoziția utilizatorilor funcționalități și servicii prin intermediul internetului.

Dezvoltarea părtii de backend, cat si a celei de frontend, sunt actiunile esentiale în crearea aplicației. Backend-ul reprezinta partea server-side a aplicației, responsabilă de gestionarea logicii și comunicarea cu baza de date. Limbajul de programare ales pentru partea de server este Java [6] cu framework-ul Spring Boot [7], o combinație ce faciliteaza dezvoltarea rapidă si eficientă.

Partea de frontend reprezintă mediul de construire a interfetei utilizatorului cu o interactivitate a componentelor, iar aceasta este dezvoltată cu ajutorul bibliotecii JavaScript, React.js [8].

Gestionarea si citirea la fiecare 60 de minute a indicelui de calitate, a valorilor poluanților, a stării atmosferice și a ultimei date în care acestea au fost actualizate se realizează pentru fiecare senzor în parte, plasat pe o harta Google Maps [9] din libraria React. Această componenta oferă o integrare convenabilă cu API-ul Google si o manipulare usoară pentru utilizator.

Senzorii pot fi găsiți foarte usor pe hartă cu ajutorul componentei Combobox , o fundatie accesibila a sistemului de design bazat pe biblioteca React [10], deoarece aceasta facilitează implementarea unui camp de căutare a unei locații specifice. În acest fel, utilizatorul introduce locația dorită, primește optiuni sugerate și este redirectionat în acea parte a hărtii verificand astfel dacă există senzori plasați în acea zonă și analizand calitatea aerului.

Senzorii pot fi gestionati de asemenea într-un tabel din biblioteca material-table React [11], Această componenta dispune de sortarea datelor, căutarea dupa cuvinte cheie și paginarea pentru a ușura procesul de navigare în pagină. Senzorii pot fi eliminați sau datele lor pot fi modificate. Dacă senzorul devine inactiv ( prin modificarea campului „active” de tip boolean), atunci datele măsurătorilorr nu vor mai fi disponibile.

Dacă se dorește o analizare mai profundă a datelor măsurătorilor unui anumit sezor, utilizatorul poate naviga catre o pagina unde sunt grafice reprezentand valorile masurate în ultimele ore. Pentru aceasta se foloseste biblioteca Highcharts React [12], care dispune de o integrare simpla cu animații și interactibilitate pentru a genera o expriență cat mai placută utilizatorului.

Aplicația beneficiază de serviciul de autentificare folosit de Firebase, numit Firebase Authentication care usurează gestionarea și autentificarea utilizatorilor.

Dacă se dorește crearea unui nou cont, pe parte de frontend se va folosi metoda createUserWithEmailAndPassword, care va genera un nou cont de utilizator cu o parola și o adresa de email, vizibila de asemenea în console Firebase Authentication. Atunci cand utilizatorul este inregistrat si doreste sa se autentifice, metoda signInWithEmailAndPassword este utilizata pentru a verifica dacă credentialele introduse corespund.

În caz de uitare a parolei unui cont existent, se va folosi metoda care va trimite un email de resetare a parolei, sendPasswordResetEmail.

Partea de backend folosește structura de date FirebaseToken din biblioteca com.google.firebase [13]. Aceasta conține informații de autorizare si autentificare pentru a valida identitatea utilizatorului și solicitările acestuia prin verificarea token-ului trimis de frontend la autentificarea userului.

# Studiu bibliografic

Când vorbim despre respirație, aproape toate viețuitoarele Pământului dispun de aceasta abilitate, însă nu toate beneficiază de același aer curat. Calitatea vieții si sănătatea viețuitoarelor poate fi amenințata de unele substanțe toxice din atmosfera emise de forte naturale si activități umane. Orice agent chimic, biologic sau fizic poate modifica caracteristicile naturale ale atmosferei. [14]

Ozonul (O3), dioxidul de azot (NO2), dioxidul de sulf (SO2) si particulele suspendate in aer (PM 2.5, PM10) sunt substanțele incluse in poluanții care prezinta o preocupare importanta pentru sănătatea publica.

PM2.5 si PM10 reprezintă o combinație complexa de solide si aerosoli, formata din mici picături de lichid, fragmente solide uscate si nuclee solide acoperite cu lichide. Particulele variază semnificativ in ceea ce privește dimensiunea, forma si compoziția chimica, cu posibilitatea de a conține ioni anorganici, compuși metalici, substanțe provenite din scoarța terestra. Sursele PM2.5 si PM10 sunt de multe ori diferite, compozițiile lor fiind distincte. Poluarea cu PM2.5 poate proveni din arderea de benzina, ulei, motorina sau lemn. In adiție, PM10 include si praful provenit din apropierea sănierilor de construcții, incendiile de pădure si arderea vegetației/deșeurilor, surse industriale, polenul si fragmentele de bacterii.

Expunerea la PM produce efecte adverse asupra sănătății, cauzând boli precum afecțiuni cronice ale inimii si a sistemului respirator. Conform unui articol publicat de catre Agenția Internaționala pentru Cercetarea Cancerului, particulele suspendate in aerul exterior cauzează cancerul pulmonar. [15] Copii, persoanele astmice si adulții cu afecțiuni pulmonare cronice sau cardiatice fac parte din grupul cu cel mai mare risc de a experimenta efecte adverse asupra sănătății ca urmare a expunerii atât la PM2.5, cat si la PM10. [16]

Dioxidul de azot (NO2) este unul dintre gazele extrem de reactive, fiind considerat o principala sursa de aerosoli de nitrat. Sursele de poluare cu acest gaz se formează din emisiile la nivelul solului asociate arderii combustibililor fosili in principal proveniți de la vehiculele rutiere, centrale electrice, echipamente pentru grădinărit, întreținerea peluzelor.

Căile respiratorii pot fi iritate de către o concentrație ridicata de NO2, copii astmatici fiind afectați in mod specific in urma expunerii pe termen lung la acest gaz deoarece simptomele de bronșita se accentuează. [17]

Cel mai întâlnit poluant din atmosfera este dioxidul de sulf (SO2), fiind prezent in concentrații ridicate zonele urbane si industriale. In prezenta umidității si altor poluanți, SO2 contribuie la formarea unor straturi de coroziune vizibile. Principala sursa umana a acestui gaz este arderea combustibililor fosili, iar inhalarea acestui rezultat in concentrații ridicate poate cauza stimularea nervilor din căile respiratorii, rezultând modificări patologice, inclusiv edem pulmonar – afecțiune datorata acumulării de lichid in plămâni. [18]

Ozonul (O3) este un poluant care cuprinde un ansamblu de compuși chimici rezultând într-o serie de reacții complexe in atmosfera, in urma transferului de dioxid de azot (NO2) atunci când acestea absorb lumina provenita de la radiația solara.

Organizația Mondiala a Sănătății (World Health Orzanization), cunoscuta si sub numele de Agenia Natiunilor Unite are ca scop, dupa cum numele sugerează, sa promoveze stilul de viată sănătos, sa mențină lumea in siguranța si sa fie de ajutor pentru cei vulnerabili, astfel încât lumea sa poată trai apogeul nivelului de sănătate, toate metodele adoptate fiind bazate pe pura știința.

Unul dintre cele mai importante subiecte abordate de către cercetătorii implicați in WHO este poluarea aerului. Ei afirma ca poluarea atmosferei rezulta din prezenta unei sau mai multe contaminări in atmosfera (fum, gaz, praf, ceata sau vapori), iar aceasta expusa in cantități si perioade de timp mari este o amenințare pentru viețuitoarele planetei. Principalele boli care vin in consecința expunerii oamenilor la poluarea aerului sunt accidente vasculare cerebrale, boli cardiatice, rezultate adverse ale sarcinii, diabet, tulburari cognitive si boli neurologice.

Organizatia Mondiala a Sanatatii recomanda un set de limite pentru poluanți si propune 3 etape de urmat pentru a reduce progresiv poluarea aerului, recomandate mai ales in zonele cu risc ridicat de poluare. In alta ordine de idei, aceste etape reprezintă niveluri de poluanți din atmosfera care sunt mai ridicate in comparație cu nivelurile recomandate de calitate a aerului, dar pe care autoritățile din zona le pot impune pentru a dezvolta politici de diminuare a poluării, realizabile într-un interval de timp realist. Acestea sunt de asemenea considerate pași către atingerea nivelurilor recomandate de către WHO.

Tabelul de mai jos prezinta nivelurile recomandate de calitate a aerului (AQG - air quality guaidance level ) si țintele intermediare (Interim target) in 2 intervale medii pentru 365 zile, respectiv 24 ore. [19]

A picture containing text, screenshot, number, font

Description automatically generated

Figura 2.1, Nivelurile recomandate de catre WHO pentru calitatea aerului

Rezultatele cercetărilor demonstrează ca majoritatea (99%) populației globale respira aer care conține nivele înalte de poluanți, aceasta depășind limitele prezentate anterior, aproximativ 2.4 miliarde de oameni fiind expuși la nivele ridicate de pericol.

Nu doar sănătatea publica este in pericol, dar poluanții din atmosfera au un impact negativ asupra ecosistemului si climei pământului la nivel global. In particulele fine (PM) se găsește carbon negru care este considerat unul dintre cei mai influenti contribuitori la încălzirea globala. Acesta încălzește atmosfera pământului absorbind lumina soarelui , accelerând astfel topirea gheții si a zăpezilor.

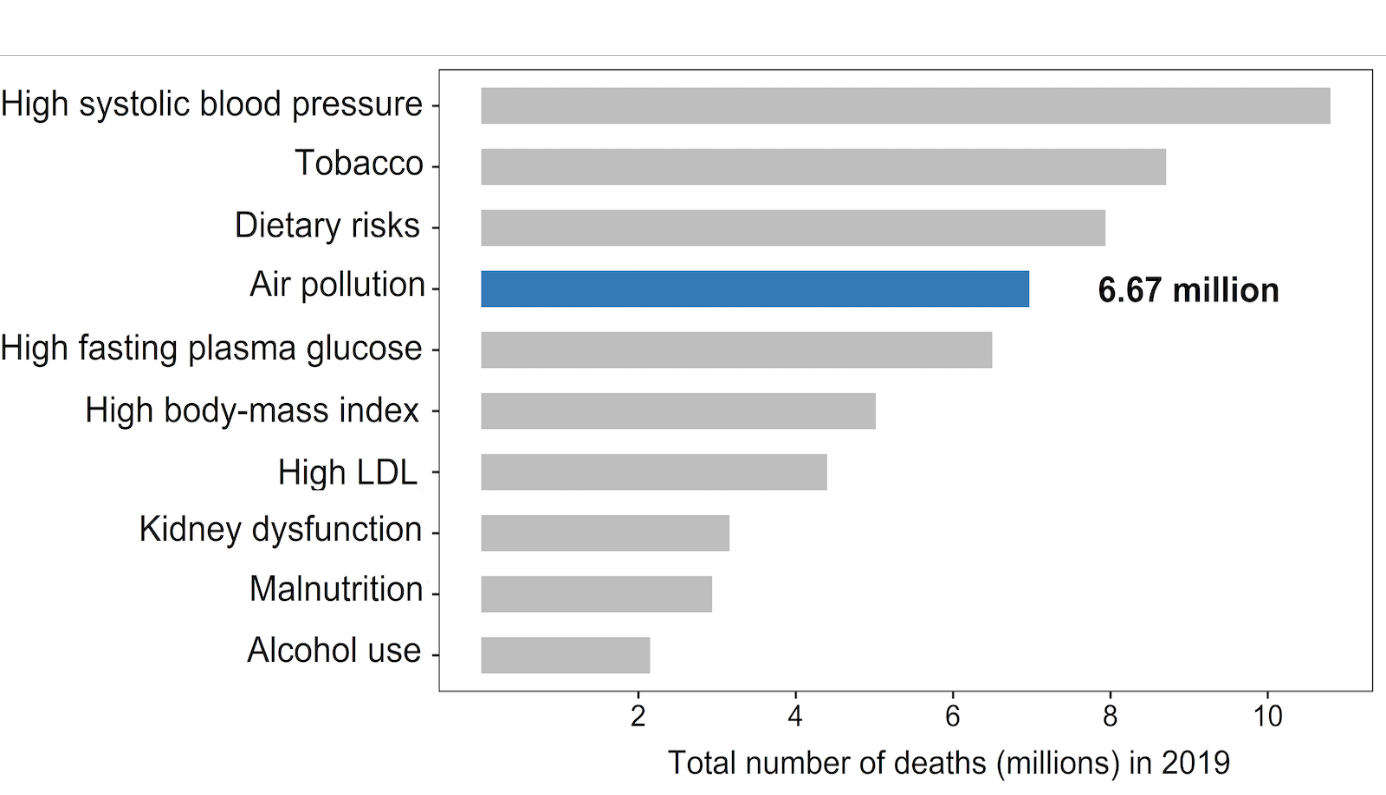
Ca urmare, WHO propune sugestii pentru îmbunătățirea calității aerului, punând la dispoziția populației informații prognozate a poluării aerului împreună cu date de monitorizare a acestuia in timp aproape real. In plus, organizația a elaborat si implementat o strategie de conștientizare a oamenilor cu privire la riscul de contaminare a aerului prin monitorizarea indicelui de calitate. [20]

Majoritatea tarilor folosesc un indice uniform propus de European Environment Agency, care oferă adițional informații despre sub populațiile afectate, simptomele probabile care vin in consecința si recomandări specifice pentru a reduce expunerile si riscurile pentru sănătate. Un exemplu este platforma online bazata pe un sistem de informații geografice pentru monitorizarea in timp real a calității aerului in Europa. Aceasta este accesibila atât sub forma de aplicație web, cat si aplicație pentru telefoane mobile. Datele sunt raportate sub forma EAQI (European Air Quality Index), concept dezvoltat de către European Environment Agency. Informațiile accesibile sunt locația stației pe o harta, indicele de calitate monitorizat pe ultimele câteva zile si un mesaj corespunzător bazat pe nivelul indicelui curent.

Health Effect Institute este o organizație de cercetare cu privire la efectele poluării aerului asupra sănătății, înființata in 1980. Epidemia de cancer pulmonar din anii 1950 din Statele Unite ale Americii si Europa de Vest a fost un impuls pentru cercetători sa examineze efectele aerului poluat din exterior, fiind considerata drept o cauza. Deși consumul de tutun a avut un rol central in aceasta epidemie, rezultatele studiilor demonstrează ca agentii cancerigeni sunt eliberați in aerul exterior si inspirarea acestora poate duce la cancerul pulmonar. [21]

Contaminarea aerului este un factor major care provoacă milioane de decese in fiecare an, înregistrând-se 6.67 milioane la nivel global in 2019. In acest an, poluarea aerului a fost al patrulea principal factor de risc pentru deces, impactul sau total fiind depasit doar de hipertensiune arteriala, riscuri alimentare si consumul de tutun.

Este îngrijorător faptul ca mai mulți oameni mor ca urmare a expunerii la poluarea aerului decât in urma accidentelor rutiere, un număr estimat la 1.28 milioane in 2019 sau bolilor cronice.



Figură .2, Clasamentul global al factorilor de risc în funcție de numărul total de decese din toate cauzele în anul 2019

State of Global Air [22] este soluția HEI reprezentata de un website care produce o analiza corespunzătoare a nivelurilor si tendințelor privind calitatea si sănătatea aerului pentru fiecare tara din lume. Un exemplu de raport preluat dintr-un studiu de caz [23] este prezentat in figura de mai jos, unde in 2019 mai mult de 90% din populația lumii a experimentat o concentrație care a depășit limitele anuale (tabelul de mai sus) WHO ( 10 micrograme pe metru cub) pentru PM2.5. Cele mai mari expuneri au fost observate in Asia, Africa si Orientul Mijlociu: India – cu 83.2, Nepal – cu 83.1, Niger 80.1, Quatar – cu 76.0 etc, iar cele mai mici expuneri (concentrații medii anuale ponderate sub 8 µg/m³ in funcție de populație) sunt surprinse in Australia, Brunei (Indonezia), Canada, Estonia, Finlanda, Islanda etc.

A map of the world

Description automatically generated with medium confidence

Figura .3, Concentratii ale poluantului PM2.5 in anul 2019

Proiectul State of Global Air oferă o cuprinzătoare si comparativa analiza a principalelor factori de risc care contribuie la apariția bolilor si decesului prematur la nivel mondial. In concluzie, aceasta este o baza esențiala pentru stabilirea priorităților in îmbunătățirea sănătății oamenilor. Conștientizarea in ceea ce privește pericolul bolilor ce pot apărea in urma poluării aerului este importanta si vitala pentru planificare acțiunilor de reducere a poluării in moduri cat mai eficiente.

O alta platforma care are ca scop combaterea poluării aerului este Airly. Sistemul consta in diferite forme de monitorizare ca senzori, o platforma web sau o aplicație mobila. Senzorii măsoară indexul de calitate a aerului folosind valorile particulelor suspendate in aer PM1, PM2.5 si PM10 de la cea mai apropiata stație din zona, iar sursele de poluare principale sunt traficul rutier, ferme si incendiile pădurilor. Normele acceptate de către Airly pentru PM2.5 si PM10 sunt cele recomandate de WHO, iar utilizatorul dispune de o scara cu 7 nivele pentru index, începând cu verde ( calitate excelenta) pana la maro (nivel îngrijorător de ridicat).

Populația României este informata in timp real de parametrii de calitate a aerului, monitorizații in mai mult de 100 de stații care cuprind toata suprafața tarii si care, împreună formează Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului (RNMCA). Datele sunt actualizate in fiecare ora, iar poluanții care sunt luați in considerare pentru a calcula indicele de calitate sunt SO2, NO2, O3, PM2.5 si PM10. Indicele general este exprimat pe o scara de la 1 la 6, 1 reprezentând o calitate foarte buna, iar 6 una extrem de rea. Fiind conștiente de poluarea aerului cu ajutorul RNMCA, autoritățile locale pot lua masuri prompte in timp util pentru eliminarea sau minimizarea poluării sau in cazuri de urgenta, sa avertizeze si protejeze oamenii.

In Figura 2.4 se poate observa valoarea pentru PM2.5 înregistrata de către stație CJ-3 din județul Cluj, la fiecare interval de orar, reprezentata atât sub forma de grafic, dar si tabel.

O imagine care conține text, software, Pictogramă computer, Pagină web

Descriere generată automat

Figura 2.4, Senzor colectare a datelor poluantilor si grafice corespunzatoare in judetul Cluj, Romania

Referitor la articolul publicat de WHO, multe țări europene, pe lângă indicele sugerat de EEA și concentrațiile monitorizate ale poluanților, oferă și valori prognozate. Aceste valori sunt suficient de fiabile pentru a raporta concentrațiile de poluanți pentru următoarea zi, aceste precizii fiind asigurate in mare parte de variațiile zilnice ale calității aerului. [24]

În continuare se vor enumera câteva țări, respectiv aplicațiile pe care acestea le folosesc si la care se raportează atunci când vine vorba de monitorizare a aerului.

Germania – Portalul de date privind calitatea aerului actuală

Valorile in portal sunt măsurate si comunicate folosind o harta care acoperă întreaga suprafața a tarii, iar graficele reprezintă date istorice. In plus, se oferă recomandări si sfaturi de sănătate pentru diferite grupuri de populație [25]

Portugalia – aplicația QualAr

Se redau informații zilnic despre calitatea aerului, dar si prognoze pentru locațiile selectate. Se furnizează avertismente privind sănătatea folosind un sistem care notifica utilizatorul in funcție de indicele QualAr estimat.

Polonia – Portalul de calitate a aerului ( Polski Indeks Jakości Powietrza )

Stațiile de măsurare automate oferă date actuale privind calitatea aerului, asa cum sunt furnizate de la autorități, însoțite de mesaje privind sanatatea bazate pe valoarea indicelui, plus o prognoza pentru următoarele câteva zile.

Poluarea aerului este unul dintre cele mai discutate subiecte la nivel mondial, cercetătorii studiază cu interes atât cauzele, cat si consecințele acestuia, iar multe studii arata ca este o sursa negativa de boli grave. De aceea, monitorizarea aerului exterior ii va determina pe oameni sa conștientizeze gravitatea situației si sa participe la masurilor care se iau la nivel global.

# Analiza și proiectare

## 3.1 Metoda de calcul pentru Indicele de Calitate a Aerului !! demonstratie ca PM10 si NO2 sunt obligatorii

Determinarea indicelui de calitate a aerului (ICA) se bazează pe evaluarea a 5 valori ale parametrilor cheie:PM10 si PM2.5: particulele in suspensie cu diametrul mai mic decât 10, respectiv 2.5 microni, NO2: ozonul, SO2: dioxidul de sulf si NO2: dioxidul de azot. Înregistrarea valorilor poluanților si a stării atmosferice se va face la fiecare ora, dar exista posibilitatea ca unele valori sa lipsească de la oră la oră, de aceea este important sa se ia acest aspect in considerare.

NO2 și PM10 sunt poluanți gazoși emiși în special de vehicule, centrale termice, industrii și alte surse. Monitorizarea acestor poluanți este esențială pentru a evalua nivelul general de poluare a aerului, iar prin monitorizarea atentă a acestor concentrații, putem obține informații cruciale despre calitatea aerului și posibilele riscuri pentru sănătatea publică.

Valorile pentru concentrațiile poluanților gazoși PM2.5 si PM10 sunt exprimate in µ/m³ (micrograme pe metru cub), pentru NO2, SO2 si O3 sunt exprimate in µ/m³, părți pe milion (ppm) sau părți pe miliard (ppb), iar indicele de calitate a aerului se exprima in µ/m³. Ppb reprezintă volumul de poluant gazos din volume de aer.

In aceasta lucrare, s-a convenit ca senzorii sa înregistreze valorile măsurătorilor (poluanților gazoși) in părți pe miliard, de aceea este necesara conversia din ppb in µ/m³, iar aceasta depinde de masa moleculara a poluantului gazos si densitatea aerului.

Conversia pentru poluanți gazoși care se folosesc in aceasta lucrare este deja cunoscuta si ușor accesibila, așadar aceasta este prezentata in Tabelul 3.1. [26]

Tabel 3.1 Conversia între ppb si µ/m³ pentru poluantii gazosi folosiți

|  |  |
| --- | --- |
| Poluant gazos |  |
| SO2 | 1 ppb = 2.62 µ/m³ |
| NO2 | 1 ppb = 1.88 µ/m³ |
| O3 | 1 ppb = 1.96 µ/m³ |

Astfel, pentru a se efectua calculele, valorile poluanților PM10 si NO2 sunt obligatorii, iar valoarea maxima dintre cele existente reprezintă indicele de calitate a aerului exterior.

.

Rezultatul calculelor se va raporta mereu cu valorile recomandate de către Organizația Mondiala a Sănătății, iar in funcție de indicele rezultat, exista mesaje ce conțin activități ce se pot desfășura de către populație in acea perioada.

Tabelul 3.1 reprezintă intervalele pentru fiecare poluant gazos categorizat in 6 nivele. Foarte bine reprezintă o calitate excelenta, iar Extrem de rau reprezintă o calitate foarte proastă.

Tabel 3.2 Intervalele recomandate de OMS pentru poluanții gazoși

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Poluant gazos | Foarte bine | Bine | Moderat | Rău | Foarte rău | Extrem de rău |
| PM2.5 | 0-10 | 10-20 | 20-25 | 25-50 | 50-75 | >75 |
| PM10 | 0-20 | 20-40 | 40-50 | 50-100 | 100-150 | >150 |
| NO2 | 0-40 | 40-90 | 90-120 | 120-230 | 230-340 | >340 |
| O3 | 0-50 | 50-100 | 100-130 | 130-240 | 240-380 | >380 |
| SO2 | 0-100 | 100-200 | 200-350 | 350-500 | 500-750 | >750 |

## Arhitectura software

**3.2.1 Structura aplicatiei**

Arhitectura software definește modul in care componentele si modelele unei aplicații interacționează intre ele, cum sunt organizate si cum sunt distribuite responsabilitățile.

Stabilirea unei structuri arhitecturale solide pentru o aplicație web este de o importanță vitală în organizarea și structurarea codului, aceasta permițând adaptabilitatea si oportunitatea spre extindere a aplicației, În acest fel, se poate reutiliza și modulariza codul, testa în mod eficient si îmbunătăți nivelul de securitate al aplicației.

Arhitectura aplicației web în aceasta lucrare este bazată pe niveluri principale (layered architecture), acestea 3 fiind: baza de date (nivelul de acces la date), backend (nivelul de logică) și frontend (interfata cu utilizatorul). Acestea sunt conectate între ele și au dependențe reciproce pentru a asigura funcționarea corectă a aplicației.

Figura 3.1 reda schema arhitecturii aplicației bazată pe niveluri.

O imagine care conține text, captură de ecran, Font, diagramă

Descriere generată automat

Figura 3.1 Arhitectura de nivel inalt a aplicatiei web

**3.2.2 MCV**

MCV (Figura 3.2) este un concept de proiectare folosit în dezvoltarea aplicațiilor web, in special in partea de frontend, aducând avantaje precum posibilitatea de a reutiliza codul, modularitatea și ușurința în testarea fiecărei componente în parte. Logica se va imparti in 3 componente distincte:

1. Modelul (Model) gestionează datele si accesul la acestea, dar este responsabil si de interacțiunea cu baza de date sau alte surse externe de informații.

2. Controlorul (Controller): manipulează logica aplicației și acționează ca intermediar între model și vizualizare. Primește cereri și acțiuni de la utilizatori și ia decizii referitoare la datele necesare din model și la modul de prezentare a acestora utilizatorului.

3. Vizualizarea (View): este responsabila de afișarea informațiilor utilizatorului într-un mod adecvat. Preia datele din model și le prezintă într-o formă ușor de înțeles și interactivă.

O imagine care conține text, captură de ecran, diagramă, Font

Descriere generată automat

Figura 3.2 Arhitectura MCV

## Concepte teoretice

**3.3.1 Baza de date**

Baza de date este reprezentata printr-o colecție de informații, organizate, structurate si stocate electronic, astfel încât aplicația web sa poată accesa, gestiona si actualiza datele de care aceasta dispune.

**3.3.2 Partea server**

Partea server ( backend ) este responsabilă pentru logica și procesarea datelor in spatele aplicației. Funcționarea corecta și interacțiunea eficienta sunt acțiunile principale care se desfășoară in această parte.

Backend-ul gestionează rutele și endpoint-urile aplicației, direcționând cererile către modulele sau serviciile adecvate. Acesta implementează logica aplicației, inclusiv reguli de validare, calcule complexe și manipulări de date, asigurând funcționarea corectă a aplicației conform scopului său.

Backend-ul se conectează la baza de date pentru a salva, accesa și actualiza datele, utilizând limbaje de interogare pentru a manipula informațiile. De asemenea, securitatea aplicației și a datelor utilizatorilor este asigurată prin autentificare și protecție împotriva vulnerabilităților.

**3.3.3 Partea client**

Partea client (frontend) este partea vizibila și interactivă a aplicației web cu care utilizatorul interacționează. Aici este inclusă și interfața grafică, elementele de navigare și funcționalitățile interactive.

Frontend-ul este responsabil de proiectarea și implementarea interfetei utilizatorului, care implică crearea structurii si aspectului aplicației, dar si a componentelor vizuale, a stilizării si a animațiilor.

Partea client implementează funcționalități care rulează în browserul utilizatorului, cum ar fi gestionarea interacțiunilor, validarea datelor si manipularea stării aplicației. Frontend-ul colaborează strâns cu backend-ul pentru a integra funcționalitatea server-side cu interfața utilizatorului. Aceasta implică definirea și utilizarea API-urilor, transmiterea și recepționarea datelor între cele două părți și asigurarea unei comunicări eficiente.

Nu in ultimul rând, partea de frontend-ul optimizează aplicația pentru diverse dispozitive și dimensiuni de ecran, asigurându-se că interfața se redimensionează și se adaptează la diferite platforme. De asemenea, se optimizează performanța aplicației prin reducerea timpului de încărcare, minimizarea cererilor către server, optimizarea codului JavaScript și CSS, implementarea cache-ului și a tehnici de îmbunătățire a vitezei de răspuns.

**3.3.4 REST**

REST este un stil arhitectural pentru aplicațiile web, bazat pe principii și constrângeri. Acesta separă aplicațiile în client și server, folosește cereri fără stare, definește o interfață uniformă și permite stocarea în cache a răspunsurilor. REST facilitează dezvoltarea aplicațiilor web scalabile, interoperabile și ușor de gestionat.

O imagine care conține calculator, text, Dispozitiv de ieșire, captură de ecran

Descriere generată automat

Figura 3.3 Arhitectura client-server

Principalele metode REST sunt:

* GET: obține informații despre o sursă prin intermediul unui URL specificat
* POST: creează o resursă nouă in server
* PUT: actualizează o resursa existentă
* DELETE: șterge o resursă specificată prin URL

## Resurse software

**3.4.1 Firebase**

Firebase este o platformă deținută de Google, specializată în dezvoltarea aplicațiilor Web și mobile. Aceasta pune la dispoziție un set complet de servicii backend, care facilitează construirea și gestionarea aplicațiilor într-un mod simplu și eficient. Baza de date Firestore de tip NoSQL permite stocarea si sincronizarea datelor in timp real intre diferite dispozitive. Firestore dispune de asemenea de serviciu de autentificare si autorizare, utilizând metode simple pentru utilizatori. Firestore storage este un alt serviciu oferit care reprezinta un sistem de stocare scalabil si fiabil pentru fisiere.

În scopul realizării acestei aplicații, s-a utilizat Firestore Database, caracterizata printr-o structura mai complexa si flexibila, cu o capacitate de stocare mare. Datele sunt organizate in colecții, iar aceasta poate conține mai multe documente identificare fiecare printr-un ID unic, fiecare conținând field-urile. De asemenea, este posibil să se organizeze documentele în categorii mai mici numite subcolecții, ceea ce facilitează crearea unei structuri ierarhice complexe.

Figura 3.4 descrie modul de structurare Firestore Database.

O imagine care conține text, captură de ecran, diagramă, proiectare

Descriere generată automat

Figura 3.4 Modul de structurare a datelor în Firestore Database

**3.4.2 Spring Boot**

Spring Boot este un framework de dezvoltare pentru aplicații Java, conceput pentru a simplifica și accelera procesul de creare a aplicațiilor robuste și scalabile, deținut si susținut de către o divizie a VMware, compania Pivotal Software.

Spring Boot pune la dispoziție un ansamblu complet de funcționalități, reducând considerabil complexitatea și necesitatea configurării manuale a unei aplicații Java standard. Principiul este bazat pe "convenție în loc de configurare", ceea ce înseamnă că framework-ul vine cu setări implicite bine stabilite, astfel dezvoltatorii se concentrează mai mult asupra logicii aplicației și mai puțin asupra configurării infrastructurii.

Caracteristicile principale si alte beneficii oferite de SpringBoot (prezentate si in Figura 3.5):

* Furnizarea unui set de functionalitati pentru monitorizarea si gestionarea aplicatiilor in timpul exectutiei este efectuata de catre actuator.
* Faciliteaza integrarea cu alte frameorkuri si biblioteci Java, gestioneaza dependentelor prin intermediul instrumentelor de construire a proiectului Maven.

O imagine care conține text, captură de ecran, diagramă, Font

Descriere generată automat

Figură .5 Funcționalitățile principale oferite de Spring Boot

Arhitectura parții de backend a acestei lucrări (Figura 3.6) este reprezentata de urmatoarele componente:

1. Clasa responsabila de implementarea logicii de business, componenta a pattern-ului de design „Service Layer” este numita „Service” si adnotata cu „@Service” pentru a fi marcata ca fiind un bean de serviciu. Aici se descrie functionaitatea aplicatiei, in principiu metodele de creare citire, actualizare si stergere a informatiilor din baza de date.
2. FirebaseInitialize este responsabila de initializarea bazei de date Firestore Database, iar Spring Boot recunoaste aceasta componenta ca fiind un serviciu, de aceea se foloseste adnotarea @Service
3. Componenta Controller este responsabila de gestionarea interactiunii intre partea de frontend si backend. Adnotarea „@RestController” va automatiza serializarea și deserializarea obiectelor în format JSON si obiectele se vor returna direct ca răspuns HTTP în formatul dorit. Mai mult, se va simplifica implementarea API-urilor RESTful deoarece metodele din clasă pot gestiona operațiile HTTP (GET, POST, PUT, DELETE).

O imagine care conține text, captură de ecran, diagramă, Font

Descriere generată automat

Figură 3.6 Arhitectura MVC

Adnotarea „@RequestMapping” în Controller este folosită pentru a mapa un URL de acces către o metodă specifică din controller. De exemplu, se va folosi adnotarea @PostMapping pentru maparea cererii HTTP POST catre metoda de creare din clasa Service. Figura 3.6 prezinta interacțiunea între o aplicație Java MVC și partea de client a unei aplicații web într-un browser web.

Clasa Sensor reprezinta o Entitate utilizata pentru a manipula si reprezenta datele unui senzor, asociata unui document in baza de date Firestore, iar campurile entitatii documentului corespund atributelor clasei Sensor.

Prin utilizarea adnotărilor Lombok @AllArgsConstructor, @NoArgsConstructor și @Data se generează un constructor care primeste toti parametrii, respectiv unul fara parametrii pentru clasa Sensor si se genereaza automat metode comune (gettere, settere).

Pentru a se realiza transferul datelor între diferite componente ale aplicației, se va utiliza DTO (Data Transfer Object) în Spring Boot (Figura). Aceste obiecte sunt create pentru a simplifica comunicarea și pentru a separa modelul de date intern de cel utilizat în interacțiunea cu utilizatorii sau alte sisteme externe.

Un exemplu de DTO integrat si folosit in aplicatie pentru clasa Sensor se poate vizualiza in Figura.

O imagine care conține text, captură de ecran, Font, linie

Descriere generată automat

Figură DTO (Data Transfer Object) în Spring Boot

O imagine care conține linie

Descriere generată automat

Figură DTO intergrat in aplicație

**3.4.5 React JS**

React.js este o bibliotecă JavaScript open-source creată in principiu de Facebook. Această bibliotecă permite construirea interfețelor utilizator interactive și reactive pe web.

Cu ajutorul conceptuluiReact.js, reprezentat de “componente”, poți crea interfețe utilizator, care reprezintă părți mai mici si individuale ale din cadrul interfetei. Acestea pot fi reutilizate în diverse părți ale aplicației și pot comunica între ele, facilitând astfel dezvoltarea și întreținerea aplicațiilor complexe.

Atnci cand datele se schimba,React.js nu re-randeaza intrega pagina, ci utilizează un mecanism eficient de re-rendering virtual, actualizând doar părțile relevante.Acest lucru asigură o experiență fluidă și o performanță îmbunătățită.

Alte funcționalități oferite de React.js sunt:

1. DOM-ul virtual utilizează un arbore virtual în memorie pentru a actualiza doar elementele necesare în interfață, facand comparatii eficiente.

O imagine care conține text, captură de ecran, diagramă, Chip de om

Descriere generată automat

Figura DOM-ul virtual React

In exemplul din Figura, observam ca pentru a modifica datele din campul „name”, React va crea un nou arbore cu DOM-ul virtual actualizat si il va compara pe acesta cu DOM-ul virtual initial pentru a identifica modificarile necesare. După acest proces, React utilizează o bibliotecă de redare, cum ar fi ReactDOM, care preia informațiile despre diferențe pentru a actualiza aplicația redată. Astfel, se asigura că DOM-ul real primește și redesenează doar nodurile actualizate.

1. JSX: Permite utilizarea sintaxei JSX, combinând HTML și JavaScript într-un mod expresiv și ușor de înțeles.
2. Integrare ușoară: Se integrează cu alte biblioteci sau framework-uri, oferind flexibilitate și extensibilitate.

In aplicatia prezentata, React implementează diferite biblioteci pentru a oferi funcționalități și aspecte grafice predefinite, îmbunătățind astfel dezvoltarea și aspectul aplicației.

Se vor enumera bibliotecile utilizate si principiile după care sunt definite acestea:

**3.4.5.1 React Google Maps API**

Biblioteca React Google Maps API integrează și utilizează hărți Google Maps. Aplicația frontend va folosi componente și funcționalități alea aceste biblioteci pentru afișarea unei harți interactiva si gestionarea acesteia:

Pentru a permite încărcarea și inițializarea API-ului Google Maps, se va folosi functia „useLoadScript” utilizând cheia API furnizată. Cheia se va furniza prin crearea unui proiect in consola Google Cloud si activarea serviciului Google Maps JavaScript API. Prin utilizarea acestei componente, se va realiza încărcarea asincronă a scripturilor necesare pentru funcționarea hărtii.

Pentru a marca senzorii pe harta, se va folosi componenta „Marker”, aceasta fiind reprezentata de un pin.

„InfoWindow” este componenta care componentă permite afișarea de conținut informativ asociat unui marker. Atunci când utilizatorul face clic pe un marker, se deschide un modal ce contine informatii despre indicele de calitate si ultimele măsurători.

Prin utilizarea React Google Maps API, se vor gestiona evenimentele de interactiune din partea utilizatoricul cu harta sau pinii marcati pe aceasta si navigarea ( inclusiv zoom out, zoom in).

Figura reprezinta arhitectura configurarii API-ului Google Maps

O imagine care conține diagramă, captură de ecran, linie, text

Descriere generată automat

Figură Arhitectura de servicii pentru Google Maps

**3.4.5.2 Material UI si Material-Table**

Biblioteca MUI – Material UI ofera dezvoltatorilor de aplicatii React componente si stiluri predefinite pentru a crea interfete utilizator (UI) precum butoane (Button MUI), componente de navigare (Sidebar MUI sau NavBar MUI), liste (Lists MUI), tabele (Table MUI), ferestre modale (Dialog MUI) etc.

MUI ofera flexibilitate, iar componentele pot fi personalizate in functie de nevoile aplicatiei (culori, dimensiuni, stiluri). Redimensionarea ecranelor este un alt beneficiu pe care MUI il prezinta deoarece componentele se vor adapta la diferite dimensiuni de ecrane si dispozitive, asftel asigurand fapult ca aplicatia este usor de utilizat pe diverse platforme.

Material-Table este o bibliotecă React JS pentru afișarea și manipularea datelor tabulare. Aceasta include sortarea, filtrarea (introducand termenii de cautare intr-o fereastra), paginarea (datele pot fi afisate pe mai multe pagini pentru o vizualizare mai raida si usoara) editareași actualizarea datelor, selectarea rândurilor, acțiuni personalizate (stergerea unui rand) și suport pentru date externe. Este ușor de personalizat și este utilizată pentru a crea tabele interactive și structurate în aplicațiile web. Un exemplu de randare a Material-Table in React JS, cu 2 coloane: „Name” si „Creation Date” este prezentat in Figura.

O imagine care conține text, captură de ecran, Font

Descriere generată automat

Figură Randare Tabel in material-table

**3.4.5.3 Formik**

Pentru a crea, valida și manipula datele din formularele apicatiei (Inregistrare user existent, Autentificare user nou, Modificare date senzor etc, Adaugare sensor nou) într-un mod eficient și ușor de utilizat, se va folosi biblioteca Formik.

Aceasta implementare urmareste starea formularului, inclusiv a valorilor de intrare, a stării de atingere a câmpurilor, a erorilor de validare și a trimiterii formularului. Pentru a constri o logica de validare a datelor, se foloseste biblioteca Yup, aceasta furnizeazand un mod puternic de definire a regulilor de validare pentru datele introduse.

Dupa ce utilizatorul introduce datele intr-un form Formik si acestea nu sunt in conformitate cu regulile de validare, yup va genera diferite mesaje de eroare, blocand accesaul la trimiterea formularului mai departe. O schema Yup poate „modela” date precum siruri de caractere (nume senzor, parola), data ( data plasarii senzorului), numere, obiecte(locatia GeoLocation din Firebase) etc.

Un exemplu de validare Yup se poate observa in Figura. Parola este obligatorie, minimul de caractere acceptat este 12, iar maximul 128.

O imagine care conține text, captură de ecran, Font

Descriere generată automat

Figură Schema de validare pentru parola Yup

De asemenea, Formik furnizează metode și componente React pentru a gestiona evenimente precum submit, change și blur. Aceasta facilitează captarea și prelucrarea evenimentelor formularului, iar odata ce datele au fost validate, trecand prin filtrele Yup, Formik trimite datele formularului către server.

Figura reprezinta integrarea bibliotecii Formik cu Material-Table. In Form-ul de actualizare a sensorului, sunt afisate valorile campurilor din fiecare document sensor din baza de date, iar in tabel sunt afisate numele si data plasarii acestuia. La fiecare schimbare a datelor senzorilor, baza de date va fi actualizata, care mai departe, va schimba interfata afisata.

O imagine care conține diagramă, text, captură de ecran, Plan

Descriere generată automat

Figură Formik si Material-Table

**3.4.5.4 Highcharts React**

Biblioteca Highcharts React permite integrarea usoara a graficelor, reprezentand o inalta performanta si interactivitate pentru vizualizarea datelor. Core (diagrame standard), Stock (diagrame cronologice), Maps (harti geografice interactive) si Gantt ( evenimente de activitate) sunt principalele modalitati de a reprezenta grafice utilizand Highcharts.

Valorile ultimelor 12 ore de inregistrare a poluantilor gazosi sunt interpretate intr-un mod clar si coerent cu ajutorul Highcharts React. O simpla reprezentare vizuala va contribui la identificarea tendintelor si relatiilor intre date intr-un mod mai intuitive.

Figura reprezinta un model de arhitectura pentru implementare diagramelor. De obicei, acestea se gasesc in sectiunea “Dashboard” a aplicatiilor Web, in acest caz, harta Google Map.

O imagine care conține text, captură de ecran, Font, linie

Descriere generată automat

Figură Structura de implementare Highcharts

**3.4.2 Reach UI**

In aplicație este implementata o funcționalitate de căutare unor locatii pe harta Google Maps. Libraria Reach UI este folosita pentru a crea o funcționalitate de căutare si marcarea locației dorite. Pentru a obține locațiile pe harta, se va folosi hook-ul „usePlaceAutocomplete”, care oferă geocodul si coordonatele geografice ale locatiei selectate.

Utilizand acesta functionalitate, experienta utilizatorului se va imbunatati deoarece are posibilitatea de a gasi rapid locatiile dorite si de verifica daca in zona selectata exista senzori si care sunt valorile masuratorilor ( indicele de calitate, valoarea poluantilor gazosi, starea atmosferica)

**3.4.3 Firebase Authentication**

Funcționalitățile de autentificare și autorizare în aplicațiile web se referă la procesul de identificare a utilizatorilor și controlul accesului lor la resurse și funcționalități. Se va valida identitatea utilizatorilor prin cereri de autentificare și confirmarea datelor de identificare.

Acest serviciu defineste permisiuni și restricții pentru fiecare utilizator autentificat, determinând ce resurse și acțiuni pot fi accesate. Aceste funcționalități asigură securitatea datelor și oferă o experiență personalizată și protejată utilizatorilor.

In cadrul proiectului, procesul de autentificare si autorizare este definit de serviciul oferit de Firebase, numit Firebase Authentication cu ajutorul căruia se va gestiona înregistrarea si autentificarea utilizatorilor.

Firebase Authentication ofera functionalitatile principale:

* Utilizatorii pot folosi diverse metode de autentificare: email si parola, autentificarea folosind conturi de retele sociale (Google, Facebook, GitHub etc), folosind numarul de telefon (SMS) sau autentificarea anonima.
* Funcții de gestionare a conturilor utilizatorilor, inclusiv crearea de noi conturi, actualizarea datelor utilizatorului, resetarea parolelor și ștergerea conturilor. Mai mult, serviciul ofera facilitati pentru trimiterea de e-mailuri de verificare a adresei, asftel incat aceasta sa se poata valida.
* Gestionarea automata a sesiunilor de autentificare și furnizeazarea unui token de autentificare securizat pentru a identifica utilizatorul autentificat. Acest lucru permite accesul securizat și restricționarea anumitor resurse sau funcționalități în funcție de statutul de autentificare.
* Integrarea usoara cu alte servicii Firebase, precum Cloud Firestore sau Cloud Functions, permițând dezvoltatorilor să creeze aplicații puternice și scalabile.

Utilizatorii care folosesc aplicatia prezentata in aceasta lucrare vor avea posibilitatea de crearea a unui cont folosind email si parola. Se vor autentifica folosind aceste credentiale, iar in caz de uitare a parolei, vor putea recupera contul primind un email de resetare a parolei.

O imagine care conține text, diagramă, linie, Font

Descriere generată automat

Figură Arhitectura Firebase Authentication

Pentru a permite comunicarea cu toate serviciile Firebase de care avem nevoie pe partea de frontend, se va conecta acesta cu serverul prin intermediul Fireabse SDK.

Figura reprezinta arhitectura Firebase Autentication, iar procesul de autorizare si accesare a datelor utilizatorului este prezentat asftel:

La autentificarea sau inregistrarea utilizatorului, credentialele vor fi trimise catre server intr-un mod securizat utilizand metodele Firebase SDK: createUserWithEmailAndPassword (inregistrare) sau signInWithEmailAndPassword (autentificare). Pe partea de server, Firebase valideaza aceste credentiale si trimite ca raspuns un token de autentificare, iar in acest fel vom accesa datele (email, nume, prenume) in partea de frontend. Avand token-ul, il putem trimite ca header la partea de backend API si pe baza lui datele utilizatorului vor putea fi accesate iar in cele din urma, aceste vor fi salvate in baza de date Firebase Database in documentele din colectia “users”.

# Implementare și rezultate

## Configurarea Firebase si Spring Boot

### Crearea proiect Firebase

Stocarea datelor se va realiza in baza de date Firestore Database, serviciu de baza de date Google Cloud. Aceasta ofera un sistem de stocare si sincronizare a datelor intr-un format JSON organizat pe colectii si documente. Firestore Database ofera capacitati de stocare si sincronizare in timp real.

Primul pas in realizarea configurarii bazei de date a aplicatiei, este autentificarea in contul google ( sau mai intai crearea unui nou cont, daca este cazul in cazul in care acesta nu exista) din consola console.firebase.google.com. Se va selecta optiunea „Create a project” sau “Add project” care va redirectiona utilizatorul catre procesul de creare (este necesar doar definirea numelui proiectului si acceptarea termenilor si conditiilor). Odata creat proiectul, se va configura tipul de baza de date dorit („Firestore Database”) din sectiunea „Build”. Ultimii pasi in acest proces sunt selectarea modului de productie „product mode” pentru a securiza datele definind reguli de acces si setarea locatiei proiectului.

O imagine care conține text, software, Pictogramă computer, Sistem de operare

Descriere generată automat

### Crearea proiect Spring Boot

Pentru a crea partea de backend, am folosit serviciul online, „Spring initializr”, accesat la adresa start.spring.io. Acesta genereaza schemele unui proiect Spring Boot prin specificarea configurarilor si dependentelor dorite. Din sectiunea „Project”, se va selecta Maven, limbajul de programare Java si versiunea, apoi se vor completa campurile care definesc proiectul: Group, Artifact, Name etc si dependintele dorite: Spring Web, Lombok, Firebase Admin etc, care vor fi adaugate in fisierul pom.xml.

Prin confirmarea specificatiilor adaugate, proiectul generat este pregatit pentru dezvoltare, inclusiv structura de directoare si fisiere necesare, simplificand asftel procesul de initializare a unui proiect.

### Cheia privata Firebase

Urmatorul pas consta in autorizarea aplicatiei locale Spring Boot si conectarea acesteia cu baza de date Firestore Database. Pentru aceasta, se va folosi o cheie secreta care poate fi generata de Firebase prin apasarea butonului „Generate new private key” (Java) din sectiunea „Project Overview” -> „Service accounts” -> „Database secrets”. Fisierul JSON generat contine date de identificare a proiectului (tip, id-ul, cheia privata si id-ul ei etc) reprezentand valoarea unica de autentificare care va fi utilizata in cererile de acces la baza de date. Se va salva scriptul in folder principal al proiectului pentru a putea fi accesat ulterior.

### Conexiunea Spring Boot la Firebase Database

Se va crea mai departe clasa „FirebaseInitialize” in pachetul Java „service” pentru a defini si permite conexiunea catre Firebase.

Metoda „initialize()” descrie detaliile de conectare folosind cheia generata la pasul anterior, citind mai intai datele fisierului cu ajutorul obiectului FileInputStream. Inainte de a conectare, se vor defini optiunile firebase, cum ar fi credentialale si URL – ul bazei de date. Deoarece conexiunea este necesara la pornirea aplicatiei, se va folosi adnotarea @Service (Spring Boot va recunoaste aceasta clasa ca fiind un serviciu) si @PostConstruct. Blocul „try-catch” este folosit pentru a trata posibilele erori din timpul conectarii.

O imagine care conține text, captură de ecran, software, Software multimedia

Descriere generată automat

Figură Conexiunea Spring Boot la Firebase Database

## Structura bazei de date Firestore Database

Odată ce conexiunea Spring Boot si Firebase este realizata, se va defini structura bazei de date. Planificarea colecțiilor si documentelor trebuie gândita in funcție de necesitățile aplicației.

**Identificarea entitatilor principale**

Aplicatia dispune de parte de autentificare si autorizare, deci este nevoie de o entitate „User” pentru a stoca datele utilizatorilor. Datele de masurare a indicelui de calitate a aerului sunt definite de catre sensorii plasati in diferite locatii pe harta, asadar „Sensor” este cea de-a 2-a entitate principala.

**Definirea colectiilor**

Colectiile sunt reprezentate de entitatile principale. Rezulta ca baza de date are 2 colectii: „Users” si „Sensors”.

**Definirea documentelor din colectia „users”**

Fiecare document din cadrul colectiei reprezinta o inregistrare individuala, asadar numele colectiei este email-ul userului. Campurile documentelor utilizatorilor contin „email”, „firstName” si „lastName” (toate de tipul string).

O imagine care conține text, Font, număr, linie

Descriere generată automat

Figură Colectia "users" in Firebase Database

**Definirea documentelor din colectia „sensors” si a subcolectiilor „measurements”**

Senzorii sunt reprezentati de documetele din cadrul acestei colectii, iar un senzor este definit de urmatoarele campuri: „active”: boolean, „creationDate”: Timestamp Firebase, „location”: GeoPoint Firebase, „measurementsType”: array de tip string, „name”: string si „uuid”: string (acesta este si ID ul documentului).

Fiecare document senzor poate conține o subcolecție „measurements” reprezentând tipurile si valorile măsurătorilor inregistrate. Campurile pentru o masuratoare sunt: „instantTime”: Timestamp Firebase, „type”: string, „unit”: string, „value”: double.

O imagine care conține text, captură de ecran, număr, software

Descriere generată automat

Figură subcolectia "measurements" in Firebase Database

ID-ul documentelor masuratorilor reprezinta tipul masuratorii (NO2) si timestamp-ul (secundele acestuia) la care s-a creat acestui document.

## Structura Spring Boot

Clasele „SensorService” si „FirebaseService” din pachetul Java „service” vor fi considerate servicii de Spring Boot prin adnotarea @Service. Aici se va crea logica de implementare a aplicatiei si vor defini metodele de PUT, GET, POST si DELETE pentru manipularea datelor in Firestore.

Pentru a obtine conexiunea la baza de date definita in **Conexiunea Spring Boot la Firebase Database**, se va folosi metoda „getFirestore()” din „FirestoreClient” astfel: *FirestoreClient.getFirestore().* Fiecare functie definita in acest pachet va folosi aceasta conexiune.

### Spring Boot Service

Datele manipulate in aplicatie sunt reprezentate de entitati. Acestea sunt salvate sub forma de clase in pachetul “entities” dupa cum urmeaza: “Sensor” pentru senzori, “Measurement” pentru masuratorile inregistarte de sensor, “User” pentru utilizatori si “airQualityIndexWithType” pentru indicele de calitate a aerului.

O imagine care conține text, captură de ecran, software, Software multimedia

Descriere generată automat

Figură Diagrama claelor pentru entitatile aplicatiei

**Clasa SensorService** implementeaza logica pentru entitatile senzorilor, principalele metode fiind cele de CRUD.

Pentru a putea scrie, sterge, obtine si actualiza datele unui senzor, se va obtine referinta documentul senzorului respectiv din colectia „sensors” astfel:

* obtinem colectia „sensors”:

sensorsCollectionReference = getFirestore().collection(„sensors”)

* obtinem documentul cu ID unic din colectie:

sensorsCollectionReference().document(documentId)

O imagine care conține text, captură de ecran, software

Descriere generată automat

Figură Crearea unui document senzor

Figura reprezinta crearea unui document senzor in Firestore. Campul „uuid” reprezinta identificatorul unic generat pe baza valorii obtinute din data si ora curenta, transformate in continutul sirului de octeti.

Metoda primeste ca parametru un senzor DTO, deci se va face conversia in senzor pentru a crea aceasta entitate in baza de date, unde campul „creationDate” reprezinta momentul scrierii.

Se va crea documentul folosind metoda „create(sensor)”, unde obiectul „ApiFuture<WriteResult>” reprezintă rezultatul viitor al unei operații de scriere in Firestore Database.

Tabelul reprezinta metodele CRUD folosite de Spring Boot pentru manipularea a datelor in Firebase in mod general.

Tabel CRUD in Spring Boot si coresponentele in Firebase

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Metoda HTTP | Metoda Spring Boot | Rezultat asincron Firebase |
| POST | create() | ApiFuture<WriteResult> |
| GET | get() | ApiFuture<QuerySnapshot> |
| PUT | setName() | ApiFuture<DocumentSnapshot> |
| DELETE | delete() | ApiFuture<WriteResult> |

O imagine care conține text, captură de ecran, diagramă

Descriere generată automat

Figură Diagrama claselor pentru logica din SensorService

**Data Transfer Object – SensorDTO**

Clasele SensorDTOToSensorConverter si SensorToDTOConverter implementeaza metodele “convertInternal(source, target)” pentru a face conversia din DTO in entitate si viceversa.

Firebase Database lucreaza cu obiecte entitatii sensor, iar serviciul Spring Boot foloseste obiecte DTO sensor. Metodele “convert” ale acestor clase se vor apela in “SensorService” pentru a realiza conversia entitate -> DTO.

Campul “location” a senzorului este de tip GeoPoint Firebase, obiect cu field-urile latitudine si longitudine, deci se va crea un DTO si pentru locatie.

O imagine care conține text, captură de ecran

Descriere generată automat

Figură Obiectul Java GeoPointDTO

O imagine care conține text, captură de ecran, software, Software multimedia

Descriere generată automat

Figură Diagrama implementarii SensorDTO

**Clasa FirebaseService** implementeaza in principal metodele de CRUD pentru utilizatorii aplicatiei, masuratorile senzorilor + metoda de obtinere a indicelui de calitate.

Aplicatia pune la dispozitie utilizatorilor functionalitati precum inregistrare pentru un nou cont, autentificare in contul existent si resetare parola.

Pentru aceasta, se va implementa autentificarea si autorizarea

Pentru crearea unui unei masuratoari, metoda primeste ca parametrii ID-ul senzorului si obiectul de tip masuratoare. Mai intai, se va verifica daca ID-ul senzorului trimis ca parametru exista si daca senzorul corelat ID-ului are definit acest tip de masuratoare. Se va scrie o noua masuratoare in baza de date, reprezentand un document cu ID-ul unic.

Pentru a obtine ultimele masuratori - getLastMeasurementsOfLastHour(seznor ID), se vor lua ultimele documente a fiecarui tip de masuratoare: PM2.5, PM10, NO2, SO2, O3, temperatura, umiditate, presiune – in functie de existenta, iar acestea se vor filtra astfel incat sa ramana doar acele inregistrari din ultima ora (acelea a carui timestamp este maxim).

Valoarea indicelui de calitate a aerului este obtinuta din valorile poluantilor gazosi (PM2.5, PM10, NO2, SO2, O3) inregistrati in utlima ora ( folosing metoda getLastMeasurementsOfLastHour) . Mai intai se va verifica daca valorile minime necesare (PM10 si NO2) exista, apoi se va calcula maximul dintre inregistrarile obtinute. Acest rezultat reprezinta indicele de calitate a aerului pentru senzorul respectiv. Metoda airQualityIndex returneaza indicele si poluantul definitor (cel a carui valoare este maxima). Aceste informatii se vor folosi in partea de front-end corespunzator. Demonstratie !!!

O imagine care conține text, captură de ecran, diagramă, software

Descriere generată automat

Figură Diagrama claselor pentru logica din FirebaseService

### Securizarea datelor Spring Boot cu Cloud Firebase

Securizarea datelor in Spring Boot consta in verificarea token-ului trimis din frontend. Se va crea in pachetul „auth” o clasa denumita „TokenValidationFirebase”, care va verifica tokenul trimis ca parametru prin header in metodele care se doresc a fi securizate. FirebaseAuth este o clasa din pachetul com.google.firebase.auth.

O imagine care conține text, captură de ecran, Font

Descriere generată automat

Figură Metoda de validare a tokenului

Senzorii si datele acestora sunt securizate si pentru a fi livrate este nevoie de validarea tokenului. Metoda “validateToken” verifica datele utilizatorului si permisiunile acestuia. Daca tokenul este valid, se va putea accesa permisiunea la date, iar senzorii vor putea fi vizualizati pe harta. Metoda de mai jos este implementata in clasa “Controller”.

O imagine care conține text, captură de ecran, Font

Descriere generată automat

Figură Validarea tokenului pentru afisarea senzorilor pe harta

### Controller

Clasa controller din pachetul „controller” apeleaza metodele din clasele service pentru a trata solicitarile primite de la client (frontend). Aici se vor specifica rutele si metodele HTTP (GET – getUser, POST – createMeasurementForSpecificSensor, PUT – updateSensor, DELETE – deleteSensorByUUID) si se va verifica token-ul pentru validarea cererilor utilizatorului.

### Utilizatorii

Utilizatorii sunt creati in baza de date la crearea unui nou cont. Datele unui utilizator se pot actualiza, iar un user se poate obtine cu adresa de email.

O imagine care conține text, Notiță adezivă, captură de ecran, Font

Descriere generată automat

Figură 23Diagrama Flow-Chart pentru autentificarea userilor in aplicatie

### CORS

Se vor adauga configurari pentru CORS (Cross-Origin Resource Sharing)

utilizand metoda addCorsMapping. Aceasta permite accesul froentend la resursele din backend, cat si utilizarea oricaror metode HTTP.

### Generarea de senzor și măsurători.

Metoda de generare a datelor va genera atat senzorul, cat si masuratorile specifice acestuia. Logica este implementata astfel incat masuratorile sa fie create la un interval orar. Se pot genera oricate masuratori este nevoie. Se va trimite o cerere HTTP folosind Postman pentru a apela metoda.

## Structura React JS

* Cum se fac requesturile (axios)

Partea de frontend dezvoltata in React JS este structurata dupa cum se observa in Figura, sub forma mai multor fisiere, orgzanzate in mai multe foldere.

O imagine care conține text, captură de ecran, software, Software multimedia

Descriere generată automat

Figură Structura frontend

### Firebase Authenctication cu React JS

Pentru a configura autentificarea pe partea de client, mai intai se va instala dependinta „firebase” folosind comanda „npm install firebase” in folderul principal al proiectului, dupa care se va crea un fisier in care se va defini obiectul care contine configuratia necesara pentru initializarea Firebase.

O imagine care conține text, captură de ecran, Font, software

Descriere generată automat

Figură

Se folosesc 3 metode pentru functionalitatea de autentificare in partea de frontend. React JS implementeaza metodele de inregistrare user nou, autentificare in contul deja existent si resetare parola (Firebase trimite un form pe email pentru resetarea parolei). Acestea sunt folosite in cele 2 pagini: RegisterForm, LoginForm si ForgotPasswordForm. Se foloseste formik pentru a crea formul, valida datele introduse in campurile “firstName”, “lastName”, “email”. Acestea, cu ajutorul metodei “createUserwithEmailAndPassword” vor fi trimise mai departe pentru a fi create in consola Firebase Authentication, dar si la server, pentru a le salva in baza de date.

Atunci cand un utilizator se va autentifica cu credentialele existente, tokenul de validare se stoca in localStorage si se va redirectiona catre pagina principala, reprezentata de harta Google Map.

O imagine care conține text, captură de ecran, afișaj, software

Descriere generată automat

Numele si prenumele userului pot fi modificate in sectiune “Account” a aplicatiei. Acest formular foloseste Formik, facand mai intai o cerere de tip “get” catre backend pentru a primi utilizatorul current, apoi va trimite datele modificate sub formatului unui obiect.

Map, Senzori, masuratori, aqi, sidebar, components mui si styledComponents.

Node modules, App.js.

-- diagrama/diagramele flow-chart pentru tot flow-ul: harta, measurements, delete sensor , logout

# Concluzii

## Figuri, tabele și ecuații

### Figuri

Figurile se inserează în text centrate, cu etichetă de numerotare și legendă (Caption) în partea de jos a figurii. Numărul figurii include și numărul capitolului, după exemplul prezentat în Figura 5.1.



Figura 5.1. Figură exemplu, stil: Caption

## Tabele

Tabelele se inserează în text centrate, cu etichetă și legendă (Caption) în partea de sus a tabelului, aliniată la stânga. Numărul tabelului include și numărul capitolului, după cum este prezentat, de exemplu, în Tabelul 5.1.

## Ecuații

Ecuațiile se inserează în text centrate, cu numerotare în partea dreaptă. Numărul ecuației include și numărul capitolului, conform exemplului din relația (5.1).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.1) |

## Referințe bibliografice

Se recomandă ca citarea referințelor bibliografice să fie făcută în formatul IEEE.

Referințele bibliografice se pot insera în text utilizând facilitățile Word de a adăuga surse și bibliografie unui document (References -> Citations & Bibliography). Dacă formatul IEEE pentru bibliografie nu este instalat implicit în Word, se poate descărca gratuit de la:

<https://bibword.codeplex.com/wikipage?title=Styles&referringTitle=Home>

Instrucțiunile de instalare pentru diferite versiuni de Word se pot obține de la aceeași adresă.

# Bibliografie

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | "European Environment Agency Website," [Online]. Available: https://www.eea.europa.eu/en. |
| [2] | "WHO global air quality guidelines: particulate matter (‎PM2.5 and PM10)‎, ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide," World Health Organization, 2021. |
| [3] | "National Institute of environmental Health Sciences - Air Pollution and Your Health," [Online]. Available: https://www.niehs.nih.gov/. |
| [4] | "Firebase," [Online]. Available: https://firebase.google.com/. |
| [5] | L. Shklar and R. Rosen, Web Application Architecture: Principles, Protocols, and Practices. |
| [6] | "What is Java," [Online]. Available: https://www.java.com/en/download/help/whatis\_java.html. |
| [7] | "Spring Boot Framework," [Online]. Available: https://spring.io/projects/spring-boot. |
| [8] | "React," [Online]. Available: https://react.dev/. |
| [9] | "Google Maps Platform," [Online]. Available: https://mapsplatform.google.com/. |
| [10] | "React UI," [Online]. Available: https://reach.tech/. |
| [11] | "Material-Table Component," [Online]. Available: https://material-table.com/#/. |
| [12] | "Highcharts React," [Online]. Available: https://www.highcharts.com/. |
| [13] | "Firebase Token," [Online]. Available: https://firebase.google.com/docs/reference/admin/java/reference/com/google/firebase/auth/FirebaseToken. |
| [14] | "World Health Organization - Health topics - Air Pollution," [Online]. Available: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\_1. |
| [15] | "Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans," in *Outdoor Air Pollution*, IARC Monographs, 2015. |
| [16] | "California AIR RESOURCES BOARD, Inhalable Particulate Matter and Health (PM2.5 and PM10)," [Online]. Available: https://ww2.arb.ca.gov/resources/inhalable-particulate-matter-and-health#:~:text=Particles%20are%20defined%20by%20their,5). |
| [17] | U. Ackermann-Liebrich, "Respiratory and Cardiovascular Effects of NO2 in Epidemiological Studies," in *Encyclopedia of Environmental Health*, 2011, p. 844. |
| [18] | S. Gad, "Sulfur Dioxide," in *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*, 2014. |
| [19] | "World Health Organization, global air quality guaidelines," 2021. [Online]. Available: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf. |
| [20] | N. L. Kevin Cromar, "Risk communication of ambient air pollution in the WHO European Region Review of air quality indexes and lessons learned," 17 February 2023. |
| [21] | A. Cohen, "Outdoor air pollution and lung cancer," 1 August 2000 . |
| [22] | "State of Global Air," [Online]. Available: https://www.stateofglobalair.org/. |
| [23] | I. HEI, "State of Global Air," 2020. |
| [24] | "Risk communication of ambient air pollution in the WHO European Region, Air pollution forecasting". |
| [25] | "Das Umweltbundesamt für mensch und umwelt [Agenția Federală pentru Mediu în scopul protejării oamenilor și mediului]," [Online]. Available: https://www.umweltbundesamt.de/. |
| [26] | "Conversia dintre µ/m³ si ppb," [Online]. Available: https://www.breeze-technologies.de/blog/air-pollution-how-to-convert-between-mgm3-%C2%B5gm3-ppm-ppb/. |
| [27] | "Airly," [Online]. Available: https://airly.org/en/. |
| [28] | "Spring," [Online]. Available: https://spring.io/. |
| [29] | "Java," [Online]. Available: https://www.java.com/en/. |
| [30] | "Java," [Online]. Available: https://www.java.com/. |