

Programul 2 - Creșterea competitivității economiei românești prin cercetare, dezvoltare și inovare, Subprogramul 2.1. Competitivitate prin cercetare, dezvoltare și inovare

Tip proiect: Proiect de Transfer la operatorul economic

Sistem inteligent de monitorizare a calității apei SmartMonWater

RAPORT DE CERCETARE ETAPA 2

2021

1 Introducere

Apele curgătoare reprezintă principala sursă de apă potabilă pentru majoritatea localităților din țara noastră și este evident că nivelul lor de calitate influențează direct sistemele de tratare și de distribuție a apei potabile în centre populate. O posibilă sursă de poluare o reprezintă apele uzate, dacă nu sunt monitorizate. Proiectul **SmartMonWater** pornește de la necesitatea **monitorizării în timp real** atât a apelor curgătoare și a afluenților acestora, cât și a sistemelor de canalizare orășenești, cu rol în evacuarea apelor uzate către acestea.

În vederea evaluării calității apei și determinarea surselor poluanților rezultați în urma activității umane, proiectul își propune dezvoltarea unui sistem inteligent de monitorizare a râurilor cu afluenții acestora sau a sistemelor de canalizare orășenești demonstrat în mediul industrial (TRL 6), pornind de la o tehnologie validată în laborator (TRL 4), care asigură sau extinde monitorizarea parametrilor de poluare a acestora în timp real.

Pentru îndeplinirea scopului propus, în cadrul acestui proiect se dezvoltă mai multe soluții inovatoare, cum ar fi:

- o platformă hardware de achiziție multi-senzor;
- o aplicație software de monitorizare a poluării râurilor, stocarea datelor, procesarea și analiza acestora;
- o aplicație software web de servicii alertare;
- o aplicație web pentru cercetare;
- o aplicație web de administrare și mentenanță.

În etapa II, intitulată “**Proiectarea și realizarea platformei hardware multi-senzor**” s-au desfășurat următoarele activități:

- Proiectarea platformei hardware multi-senzor;
- Proiectarea aplicației software de monitorizare a poluării râurilor, stocare, procesare și analiză a datelor;
- Proiectarea aplicației software web de servicii alertare;
- Proiectarea aplicației web de administrare;
- Realizarea platformei hardware multi-senzor;

- Realizarea aplicației software de monitorizare a poluării râurilor, stocare, procesare și analiză a datelor;
- Realizarea aplicației web pentru mentenanță;
- Realizarea aplicației web de administrare;
- Integrarea sistemului.

Rezultatele activităților enumerate mai sus s-au concretizat în următoarele livrabile:

- Proiect tehnic al platformei hardware multi-senzor;
- Proiect tehnic al soluției software;
- Platformă hardware multi-senzor;
- Aplicație software de monitorizare a poluării râurilor, stocare, procesare și analiză a datelor;
- Aplicație web pentru mentenanță;
- Aplicație web pentru administrare;
- Raport tehnic de integrare.

În **proiectul tehnic al platformei hardware multi-senzor** este prezentată arhitectura hardware a platformei multi-senzor și componentele acesteia. Sunt descrise atât schemele electrice și cablajele pentru toate blocurile unității centrale și ale plăcii externe, cât și detaliile de interfațare cu senzorii folosiți pentru măsurarea parametrilor apei.

În **proiectul tehnic al soluției software** este prezentată arhitectura software generală a sistemului SmartMonWater și componentele acesteia. Sunt detaliate aplicațiile software pentru monitorizarea poluării râurilor, stocarea, procesarea și analiza datelor, pentru mentenanță și administrare, cât și componenta software a platformei multi-senzor.

În cadrul **raportului tehnic de integrare** sunt detaliate aspectele de integrare software a sistemului SmartMonWater, precum protocolul de comunicație dintre diferitele componente, integrarea bazei de date, integrarea cu aplicația server și configurarea prin SMS.

Celelalte livrabile reprezintă atât platforma hardware multi-senzor, cât și aplicațiile software în sine.

În raportul de cercetare aferent **etapei a II-a de realizare**, sunt descrise activitățile de cercetare organizate în următoarele capitole: în capitolul 2 este prezentată platforma hardware multi-senzor, descrierea pornind de la arhitectura hardware generală și detaliind principalele componente hardware – unitatea centrală și placa externă; sunt prezentate și aspectele legate de interfațarea cu senzorii de măsurare a parametrilor apei folosiți; în capitolul 3 sunt prezentate atât arhitectura software a sistemului SmartMonWater, cât și aplicațiile software componente; în capitolul 4 sunt descrise aspecte legate de integrarea componentelor software ale sistemului SmartMonWater.

2 Proiectul tehnic al platformei hardware multi-senzor

2.1 Arhitectura hardware

Platforma multi-senzor este compusă din sistemul de colectare a datelor de la senzori și senzorii propriu-ziși utilizați pentru măsurarea parametrilor calitativi ai apelor. Arhitectura hardware generală a acesteia este ilustrată în Fig. 1.

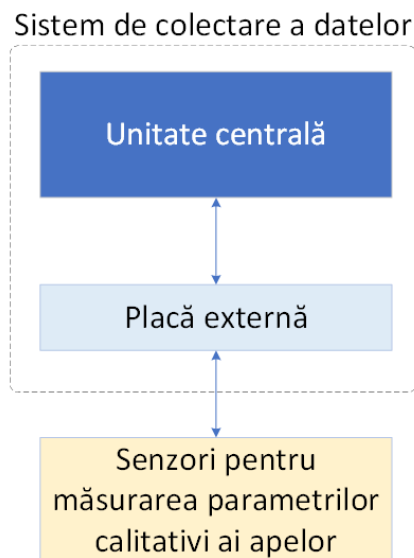


Figura 1 Arhitectura hardware generală a platformei multi-senzor

Prima componentă are rolul de a citi semnalele sau datele furnizate de senzori, de a le procesa, stoca și transmite către aplicația software care rulează pe un server. Aceasta este formată, la rândul ei, din unitatea centrală și placa externă. Unitatea centrală reprezintă componenta principală a sistemului de colectare a datelor,

integrând componentele hardware și software necesare funcționării sistemului (ex., procesor, memorie, interfețe de comunicație – USB, Ethernet, afișaj ș.a.) Placa externă are rolul de interfață între unitatea centrală și senzori, permițând conectarea acestora la senzori.

2.2 Proiectarea unității centrale

Arhitectura hardware a unității centrale este ilustrată în Fig. 2. Pentru claritate, diagrama include și placa externă. Unitatea centrală este construită în jurul modului de tip SoM (System-on-Module) Colibri i.MX6ULL, produs de compania elvețiană Toradex.

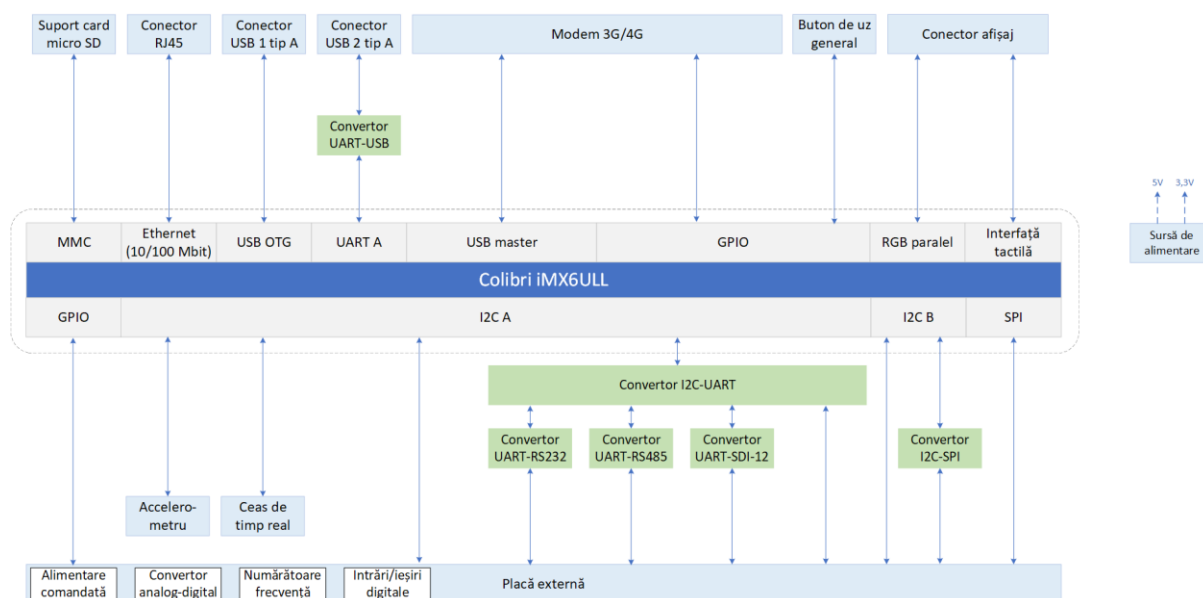


Figura 2 Arhitectura hardware a unității centrale

Modulul i.MX6ULL pune la dispoziție numeroase interfețe care sunt necesare îndeplinirii cerințelor sistemului, precum MMC, Ethernet, USB, GPIO, RGB, I2C și SPI. Acestea sunt puse la dispoziția utilizatorului prin intermediul conectorilor hardware specifici (ex., suport card micro SD, conector RJ45/USB 2.0 tip A ș.a.) Pentru obținerea anumitor interfețe care nu erau oferite de modulul i.MX6ULL, precum un număr mai mare de porturi UART și SPI, s-au utilizat convertoare specifice care asigură translatarea mesajelor transmise printr-o interfață existentă de comunicație – I2C – la cele dorite – UART, SPI. Unitatea centrală integrează și un convertor UART-USB pentru a permite conectarea locală la aceasta de la un calculator. Ceasul de timp

real este utilizat pentru menținerea datei și orei sistemului și este alimentat de la o baterie separată (neinclusă în diagramă) astfel încât data/ora sistemului să nu se piardă când acesta nu mai este alimentat. Accelerometrul este utilizat pentru cunoașterea poziției sistemului și identificarea momentelor când aceasta s-a schimbat (ex., când sistemul cade de pe suportul său ori este furat). Unitatea centrală integrează un modem 3G/4G pentru asigurarea comunicației radio și butoane pentru utilizator (un buton de uz general și unul de pornire/oprire a sistemului). Sursa de alimentare asigură tensiunile electrice necesare funcționării întregului sistem. Componentele hardware utilizate pentru implementarea platformei multi-senzor sunt alese astfel încât să răspundă cerințelor funcționale și tehnice ale sistemului. În general, sunt utilizate circuite cu consum redus de energie (*low-* sau *ultra-low power*) și care pot funcționa în gama de temperatură specificată în cerințele sistemului.

2.3 Proiectarea plăcii externe

Arhitectura hardware a plăcii externe este ilustrată în Fig. 3.

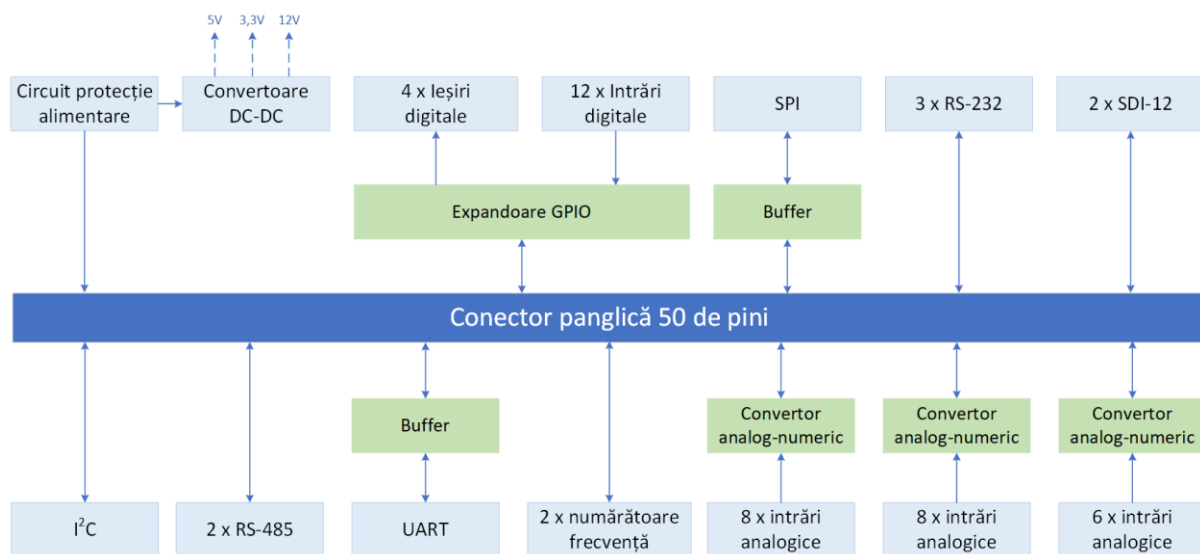


Figura 3 Arhitectura hardware a plăcii externe

Pentru claritate, conectorii cu șurub nu au fost reprezentați în diagramă. Placa externă este compusă din mai multe circuite de protecție și interfațare cu senzorii. Placa se conectează la unitatea centrală printr-un conector IDC pentru cabluri de tip panglică cu 50 de pini. Tensiunea de alimentare este trecută printr-un circuit care asigură protecția la conectare inversă și scurtcircuit. Convertoarele DC-DC sunt

utilizate pentru a furniza tensiunile de alimentare către senzori. Intrările și ieșirile digitale sunt asigurate prin intermediul a două expandoare GPIO cu interfață I²C. Restul interfețelor digitale (SPI, RS-232, SDI-12, I2C, RS-485, UART) sunt utilizate pentru asigurarea conectării la diferite tipuri de senzori. Numărătoarele de frecvență asigură interfațarea senzorilor care furnizează valorile citite prin intermediul unor secvențe de impulsuri. Blocul analogic este implementat folosind convertoare analog-numeric diferențiale și de înaltă rezoluție.

2.4 Interfațarea cu senzorii de măsurare a parametrilor apei

Pentru măsurarea parametrilor apei se utilizează următorii senzori: ENV-50-ORP (potențialul de oxido-reducere), DOE-45PA (oxigenul dizolvat), PHE-45P (pH) și CDE-45P (conductivitate electrică).

Senzorul ENV-50-ORP este prevăzut cu un modul de interfațare, care convertește semnalul analogic furnizat de senzor în format digital, accesibil prin portul UART/I²C. Acesta este conectat la portul I²C al plăcii externe.

Ceilalți trei senzori sunt prevăzuți cu interfețe specifice (transmițătoare) care convertește semnalul lor în semnal analogic 4-20 mA. De asemenea, ele permit afișarea măsurătorilor, calibrarea senzorilor și alte setări. Pentru a prelua valorile măsurate de la transmițătoare este necesară utilizarea unui modul de conversie a semnalelor 4-20 mA în format digital. Se utilizează convertorul 4-20 mA la I2C cu opt canale, produs de compania nodeLynq, conectat la portul I²C aflat pe placa externă.

Alimentarea senzorului ENV-50-ORP se realizează prin modulul de interfațare. Acesta necesită o tensiune de alimentare de 5V, la fel ca și convertorul folosit la ceilalți trei senzori. Transmițătoarele necesită însă o tensiune de alimentare de min. 16 V, iar pentru obținerea acesteia se utilizează un convertor DC-DC ridicător de tensiune, care primește la intrare o tensiune de 12 V, generată folosind unul din convertoarele DC-DC de pe placa externă, și furnizează la ieșirea tensiunea de 24 V.

Pentru citirea semnalelor 4-20 mA de la transmițătoare, convertorul de la 4-20 mA la I²C este înseriat pe firele de alimentare către acestea. Curentul consumat de fiecare transmițător indică valoarea senzorului, în funcție de scala de măsură configurată. Aceasta este apoi convertită software pentru a indica valoarea în unitatea de măsură a senzorului. În ceea ce privește senzorul ENV-50-ORP, valoarea acestuia

este citită direct prin interfața I²C a modului de interfațare, nefiind nevoie de o altă conversie.

3 Proiect tehnic al soluției software

Diagrama de mai jos ilustrează arhitectura software a sistemului SmartMonWater.

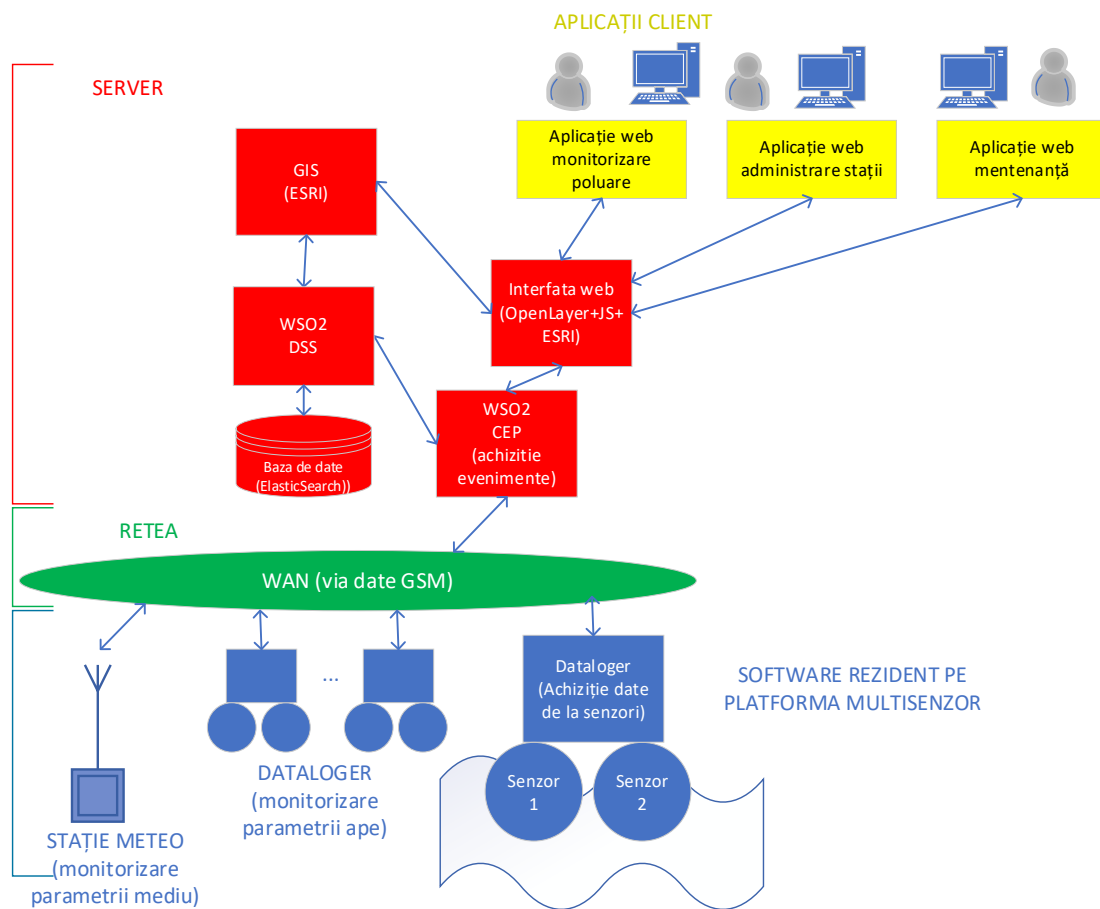


Figura 4 Arhitectura software a sistemului SmartMonWater

3.1 Componenta software rezident pe platforma multisenzor

Componenta software rezidentă pe platforma multi-senzor are rolul de a asigura funcționarea acesteia. Aceasta este reprezentată, pe de-o parte de sistemul de operare al SoM-ului utilizat, iar pe de altă parte, de aplicația software de nivel înalt care asigură funcțiile platformei. Aceasta din urmă este, de asemenea, compusă din interfața utilizator (*frontend*) și aplicația nucleu (*backend*), prima permițând

interacțiunea utilizatorului cu platforma, iar a doua executând comenzile primite de la aceasta și coordonând funcționarea platformei.

3.1.1 Componenta aplicației client

Componenta „Aplicații client” constă în cele trei aplicații prin care clienții: operatori, administratori interacționează cu sistemul: aplicația software de monitorizare a platformelor multi-senzor, stocare, procesare și analiză a datelor, aplicația web pentru mentenanță și aplicația web pentru administrare.

Aplicația software de monitorizare a platformelor multi-senzor, stocare, procesare și analiză a datelor este o aplicație web care va putea fi rulată pe o stație de lucru și are următoarele caracteristici:

- Poate recepționa date printr-o interfață proprie cu protocolul HTTP/HTTPS – prin interfața middleware CEP (Complex Event processing) și de la alte surse de date externe;
- Poate salva datele în baza de date prin middleware DSS (Data Service Server);
- Poate comunica cu stațiile prin modulul CEP;
- Permite afișarea în interfața grafică (web implementată la nivelul interfeței web) a parametrilor și a datelor de la senzori (captate prin modulul CEP): date măsurate, tensiuni, stare semnal GSM/satelit;
- Poate afișa alarme prin interfața web, unde pot fi vizualizate, sau poate genera mesaje e-mail;
- Permite vizualizarea datelor în grafice sugestive la nivel de hartă cu platforme multi-senzor plasate prin interfața web și prin GIS (furnizor de hărți);
- Permite vizualizarea alarmelor prin interfața web;
- Permite exportul de configurații și de date în formate csv și excel prin interfața web și prin WSO2 DSS și WSO2 ESB;
- Permite introducerea valorilor istorice și a valorilor citite de la mire (deci introducerea de date și stocarea acestora în BD) prin intermediul interfeței web unde se află formulare create în acest scop și prin intermediul serviciilor modulului DSS.

3.1.2 Componenta server

Este constituită din modulele CEP (Complex Event Processing), DSS (Data Service Server), GIS, Interfața pentru servicii web și baza de date.

3.2 Proiectarea software a aplicației software de monitorizare a poluării râurilor, stocare, procesare și analiză a datelor

La introducerea adresei de acces va începe rularea aplicației în browser. Un utilizator este întâmpinat cu următorul ecran – fereastra de logare:

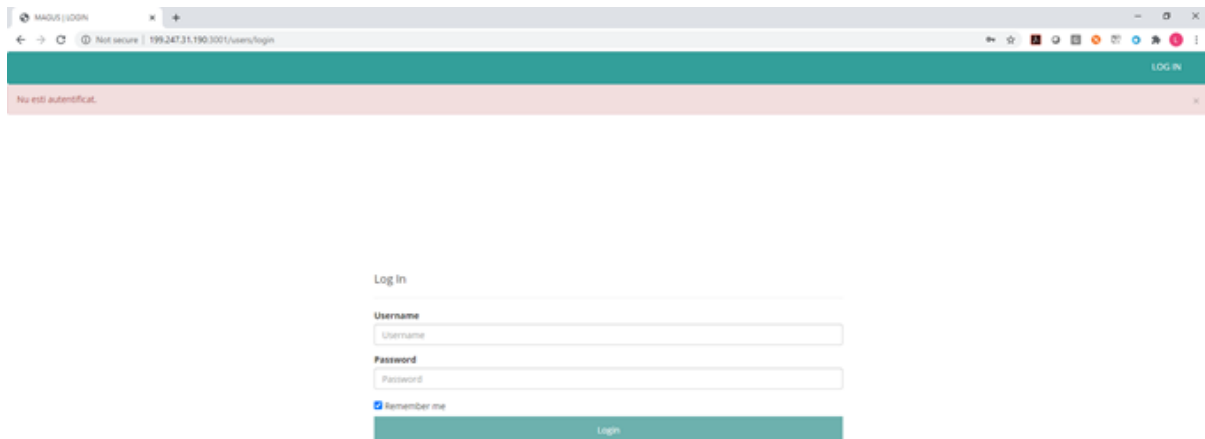


Figura 5 Fereastra de logare

Un utilizator se poate loga în trei moduri: modul operator, modul administrator și modul inginer mentenanță. Pentru fiecare tip de utilizator exista un cont realizat de către un administrator. Prin logarea utilizatorului în modul operator practic se accesează aplicația software de monitorizare a platformelor multi-senzor, stocare, procesare și analiză a datelor.

Imediat după logare este afișată aplicația cu pagina Hartă activată.

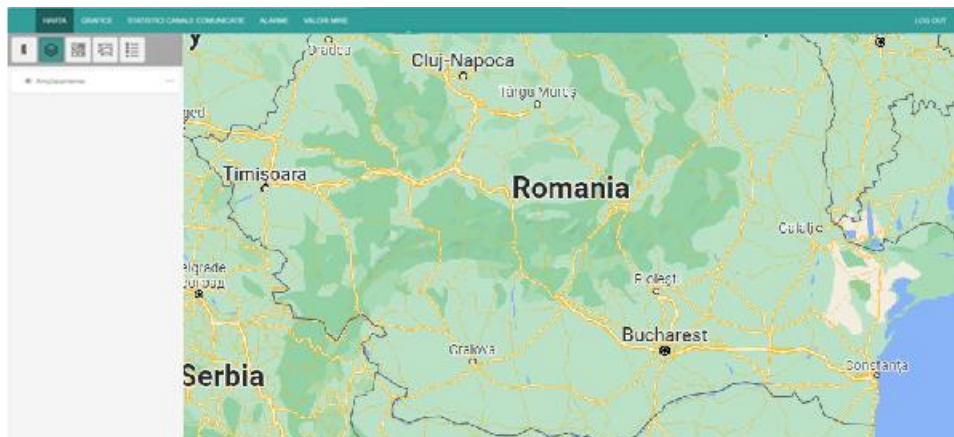


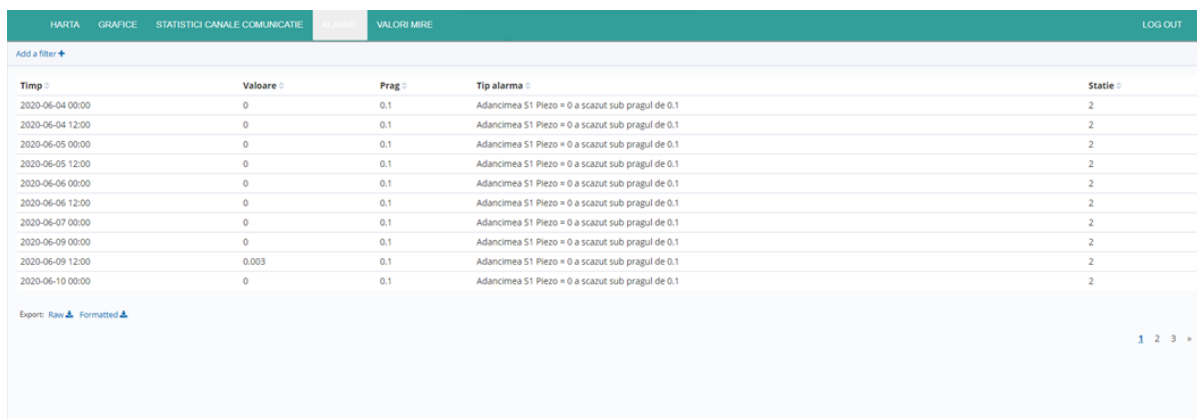
Figura 6 Pagina Hartă

Pagina Hartă permite vizualizarea platformelor multi-senzor pe o hartă. Pagina hartă conține: zona principală cu harta, o casetă cu instrumente care se află în partea stângă a paginii și meniul din partea de sus care permite navigarea către platformele multi-senzor.

Navigarea pe hartă se face folosind mouse-ul. Prin click stânga pe hartă și drag (tragere) se poate mișca întreaga hartă, prin scroll înainte se face Zoom In pe hartă, prin scroll înapoi se face Zoom Out pe hartă.

În pagina Grafice sunt afișate valorile primite de la platformele multi-senzor, inclusiv sub formă tabelară.

Pagina Alarmer responsabilă cu afișarea alarmelor operaționale generate. Aici se afișează un tabel cu următoarele coloane: timpul (data și ora) la care s-a detectat alarma, valoarea senzorilor, pragul utilizat pentru comparare, tipul alarmei și stația care a declanșat alarma.



Time	Valoare	Prag	Tip alarma	Statie
2020-06-04 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-04 12:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-05 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-05 12:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-06 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-06 12:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-07 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-09 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-09 12:00	0.003	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-10 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2

Figura 7 Pagina Alarmer

3.3 Proiectarea aplicației web pentru mentenanță

Accesarea acestei aplicații se realizează prin fereastra de logare, în mod asemănător aplicației anterioare. Un utilizator se poate loga în trei moduri: modul operator, modul administrator și modul inginer mentenanță. Pentru fiecare tip de utilizator există un cont realizat de către un administrator. Prin logarea utilizatorului în modul inginer mentenanță se accesează aplicația software de mentenanță.

La fel ca și la aplicația anterioară sunt premise afișarea harților cu stațiile dispuse pe ele. În acest caz, alarmele generate sunt alarme tehnice – care privesc probleme de funcționare ale platformelor multi-senzor.

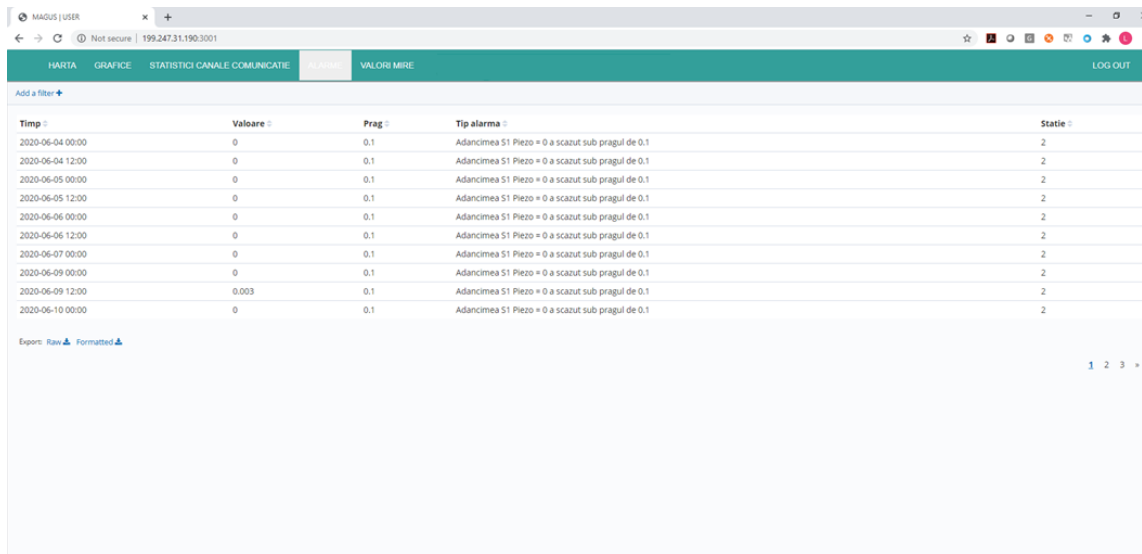
Autentificarea se face prin introducerea datelor de autentificare: nume utilizator și parola. Datele de autentificare sunt transmise de către administrator.

După introducerea numelui utilizator și a parolei se apasă butonul Login. Dacă autentificarea a avut loc cu succes se va afișa fereastra principală (harta cu platformele multi-senzor). Dacă autentificarea a eșuat atunci se va întoarce în fereastra de logare.

La nivelul hărții avem următoarele instrumente de vizualizare disponibile în partea stângă:

- Listă platforme multi-senzor,
- Listă straturi,
- Galerie hărți de bază,
- Legendă.

Pagina Alarme tehnice este responsabilă cu afișarea alarmelor tehnice generate. Aici se afișează un tabel cu următoarele coloane: timpul (data și ora) la care s-a detectat alarma, valoarea senzorilor, pragul utilizat pentru comparare, tipul alarmei și stația care a declanșat alarma. Inițial afișarea alarmelor se face în ordine cronologică la un interval de timp de câteva ore. Navigarea prin intervalul de timp se face prin poziționarea mouse-ului pe valoarea pe intervalul respectiv și click pe lentila plus.



Time	Valoare	Prag	Tip alarma	Stare
2020-06-04 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-04 12:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-05 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-05 12:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-06 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-06 12:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-07 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-09 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-09 12:00	0.003	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2
2020-06-10 00:00	0	0.1	Adancimea S1 Piezo = 0 a scazut sub pragul de 0.1	2

Figura 8 Pagina Alarmer Tehnice

3.4 Proiectarea aplicației web pentru administrare

Accesarea acestei aplicații se realizează prin fereastra de logare, în mod asemănător aplicațiilor anterioare. Un utilizator se poate loga în trei moduri: modul operator, modul administrator și modul inginer mentenanță. Pentru fiecare tip de utilizator exista un cont realizat de către un administrator. Prin logarea utilizatorului în modul administrator se accesează aplicația de administrare.

La fel ca și la aplicațiile anterioare sunt premise afișarea hartilor cu platformele multi-senzor. Pot fi vizualizate alarmele de orice tip care apar la platforme.

Autentificarea se face prin introducerea datelor de autentificare: nume utilizator și parola. Datele de autentificare sunt transmise de către administrator.

După introducerea numelui utilizator și a parolei se apasă butonul Login. Dacă autentificarea a avut loc cu succes se va afișa fereastra principală. Dacă autentificarea a eșuat atunci se va întoarce în fereastra de logare.

Imediat după logare este afișată aplicația cu pagina Hartă activată. Pagina Hartă permite vizualizarea platformelor multi-senzor pe o hartă. Pagina hartă conține: zona principală cu harta, o casetă cu instrumente care se află în partea stângă a paginii și meniul din partea de sus care permite navigarea către platformele multi-senzor.

Pagina Reguli alarme permite introducerea unei noi reguli pentru alarme, vizualizarea sau ștergerea regulilor existente. Pentru introducerea unei noi reguli se completează formularul care constă în selectarea platformei, introducerea mărimii care se dorește comparată, selectarea relației și introducerea pragului.

Platforma este selectată dintr-o listă ce conține toate platformele multi-senzor.

Ca mărime selectată (de asemenea dintr-o listă pre-definită) avem: toate tipurile de date pe care le primim de la senzori, status și tensiune acumulator – valoarea tensiunii pe acumulator.

Ca relații avem de asemenea o listă pre-definită ce conține valorile: mai mic, mai mic sau egal, egal, mai mare, mai mare sau egal și care reprezintă relația de ordine dintre Marime și Prag.

Prag este o valoare numerică (care poate fi un număr cu mai multe zecimale) separat prin punct (.).

Prin apăsarea butonului Setare regula construirea este salvată în baza de date. Ea va putea fi imediat văzută în tabel.

Tabelul afișat sub formular permite vizualizarea regulilor și administrarea lor.

Permite administrarea stațiilor și a aplicației din interfața WEB.

La accesarea paginii este afișat un meniu în partea dreaptă a ferestrei ce permite navigarea prin subpaginile de administrare. Acestea sunt:

- Administrare platforme care asigură administrarea configurațiilor fiecărei platforme.
- Administrare alarme (Fig. 9) care asigură operatorii care vor fi avertizați prin SMS sau e-mail.
- Update firmware care asigură încărcarea (actualizarea) firmware-ului unei platforme și conectarea la stație în vederea actualizării configurațiilor și remote service.
- Administrare dashboard care permite administrarea dashboard-ului (pagina Grafice), a paginii Statistici canale comunicație și a paginii Alarme.

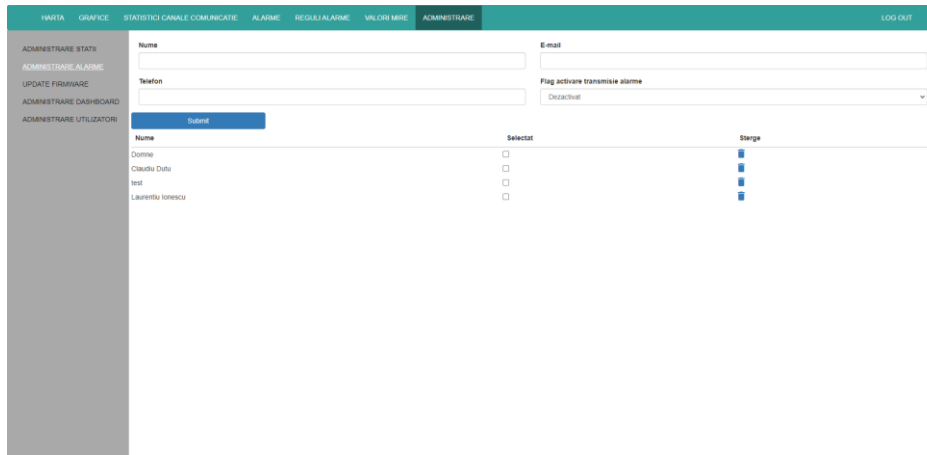


Figura 9 Pagina Administrare – Administrare alarme

3.5 Proiectarea software a platformei multi-senzor

Din punct de vedere software, platforma multi-senzor este compusă din următoarele elemente:

- Sistem de operare;
- Aplicație software de nivel înalt, compusă, la rândul său, din:
 - o Aplicație nucleu (*backend*);
 - o Interfață grafică cu utilizatorul (*frontend*).
- Aplicația de configurare de pe calculator.

Pentru claritate, componentele software sunt ilustrate în Figura 10. Aplicația de configurare de pe calculator nu este reprezentată, fiind considerată un software de sine stătător, separat de sistem și care poate fi instalat pe orice calculator.

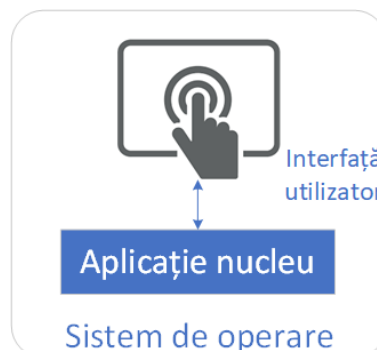


Figura 10 Componentele software ale platformei multi-senzor

Ambele componente de nivel înalt rulează în cadrul sistemului de operare. Aplicația nucleu este responsabilă pentru asigurarea funcționării platformei, în sensul îndeplinirii cerințelor tehnice ale acesteia (de exemplu, interfațarea cu senzorii, citirea și stocarea datelor de la aceștia, comunicația cu aplicația de pe server ș.a.) Interfața utilizator reprezintă componenta prin care operatorul platformei poate interacționa cu aceasta pentru configurarea ei și îndeplinirea unor comenzi. Aceasta comunică cu aplicația nucleu, transmițându-i comenzile primite de la utilizator și afișând informațiile recepționate de la aceasta. Dezvoltarea acestor componente s-a bazat pe software cu sursă deschisă (*open source*). Aplicația de configurare de pe calculator a fost dezvoltată folosind tehnologia .NET – Windows Forms.

3.5.1 Sistemul de operare

Sistemul de operare utilizat de platforma multi-senzor este tip Embedded Linux, dezvoltat de Toradex, producătorul SoM-ului utilizat. Deoarece SoM-ul este destinat utilizării într-o gamă variată de configurații/sisteme, nu a fost posibilă crearea unui sistem de operare valabil pentru oricare dintre acestea. Ca soluție, producătorul oferă codul sursă al sistemului de operare și indicații pentru modificarea și compilarea acestuia în vederea adaptării sale oricărei configurații. În cazul platformei multi-senzor, modificările au constat în modificarea următoarelor:

- nucleul sistemului de operare (*kernel*) în ceea ce privește *Device Tree*-ul (care conține dispozitivele hardware ale platformei – drivere circuite (ceasul de timp real, controlerul tactil al afișajului), porturi de comunicație digitală;
- includerea unor componente software și biblioteci necesare dezvoltării și rulării aplicației software de nivel înalt – Python și biblioteci necesare (de exemplu, `smbus2` **Error! Reference source not found.** pentru asigurarea comunicației prin I²C, `spidev` **Error! Reference source not found.** pentru comunicația prin SPI ș.a.);
- includerea aplicației în imaginea de Linux compilată.

3.5.2 Aplicația nucleu

Aplicația nucleu are rolul de a asigura funcționarea platformei hardware și de a îndeplini funcțiile acesteia. Ea comunică cu interfața utilizator, preluând comenzile de la aceasta și returnând informațiile solicitate, și cu componentele sistemului (dispozitive, interfețe, senzori). Aceasta este implementată în limbajul Python. Cu scopul de a proiecta soluția software modular, metodele utilizate pentru accesarea dispozitivelor și a interfețelor platformei multi-senzor, precum și funcțiile generale utile, au fost implementate într-un API. Astfel, metodele de acces la sistem sunt separate de programul de aplicație, simplificând modificarea ulterioară a acestuia, dacă va fi necesară.

3.5.3 Interfața utilizator

Interfața utilizatorului este aplicația prin care acesta interacționează cu platforma multi-senzor. Interfața utilizator preia comenzile operatorului, le transmite către aplicația nucleu, recepționează răspunsul de la aceasta (mesaje sau date) și îl afișează utilizatorului. Comunicația se realizează prin servere HTTP și mesaje JSON.

Interfața a fost proiectată folosind aplicația Glade și rulată utilizând framework-ul PythonGTK3. Pe scurt, interfața utilizator are următoarea structură:

- Pagina Measurement – pentru afișarea valorilor de la senzori;
- Pagina Control – asigură acces la următoarele funcții;
- Pagina Settings – asigură acces la setările sistemului;

4 Raport tehnic de integrare

Diagrama de mai jos ilustrează arhitectura de integrare software a sistemului SmartMonWater.

Arhitectura este una deschisă, modulară similară cu cea de tipul SaaS. Așa cum este prezentat în figură, fiecare modul asigură servicii și interfețe API pentru modulele celelalte. În cele ce urmează vom face o prezentare a interfețelor care realizează integrarea între modulele componente ale aplicației:

- Comunicația dintre software-ul rezident pe platforma multi-senzor și server, respectiv între backend-ul și frontend-ul platformei multi-senzor, se face prin cereri – răspunsuri HTTP în care sunt integrate pachete de date JSON. O

prezentare detaliată a acestora se va face în celelalte capitole ale documentului.

- Comunicația dintre modulul CEP și celelalte module (DSS și Interfața web) se face prin „publicarea” datelor sub formă de servicii REST HTTP. Astfel, către Interfața web sunt transmise evenimente: pachete de date construite în format JSON și atașate unor cereri HTTP emise către interfața web. La nivelul acesteia avem servicii server-web care răspund acelor cereri generând alarme vizuale sau comunicând prin SMS/email. Comunicația cu DSS se face prin servicii REST puse la dispoziție de DSS prin care se permite: înscrierea datelor în baza de date, efectuarea de interogări asupra datelor existente în baza de date și actualizarea datelor conținute în baza de date.
- Accesul propriu zis la datele stocate în baza de date Elasticsearch se face prin intermediul API-ului web pus la dispoziție de Elasticsearch.
- Comunicația dintre DSS și modulul GIS se face prin intermediul API-ului pus la dispoziție de ESRI – provider-ul GIS pe care îl utilizăm. Am lucrat cu API-ul Javascript versiunea 4.0 dar se poate face trecerea cu ușurință la cea mai nouă versiune 4.21. Motivul alegerii acestui API este pe de o parte ușurința în utilizare și bogatele materiale de care dispune pe site, pe de altă parte disponibilitatea lui publică (gratuită) precum și ușurința în adaptarea lui la structura întregului sistem software dezvoltat la nivelul serverului în Javascript (client și server side).
- Comunicația dintre GIS și Interfața web se face tot prin utilizarea API Javascript ESRI dar prin intermediul interfeței furnizate de framework-ul OpenLayer – pentru o integrare mai ușoară în aplicațiile web. O detaliere a tehnologiilor OL și Javascript ESRI este la linkul.

În final, comunicația cu clienții celor trei aplicații web se face prin HTTP. Avantajele utilizării aplicației web este: dispariția necesității instalării unor aplicații desktop precum și disponibilitatea aplicației în rețeaua intranet pe orice stație de lucru, dotată doar cu un browser web actualizat.

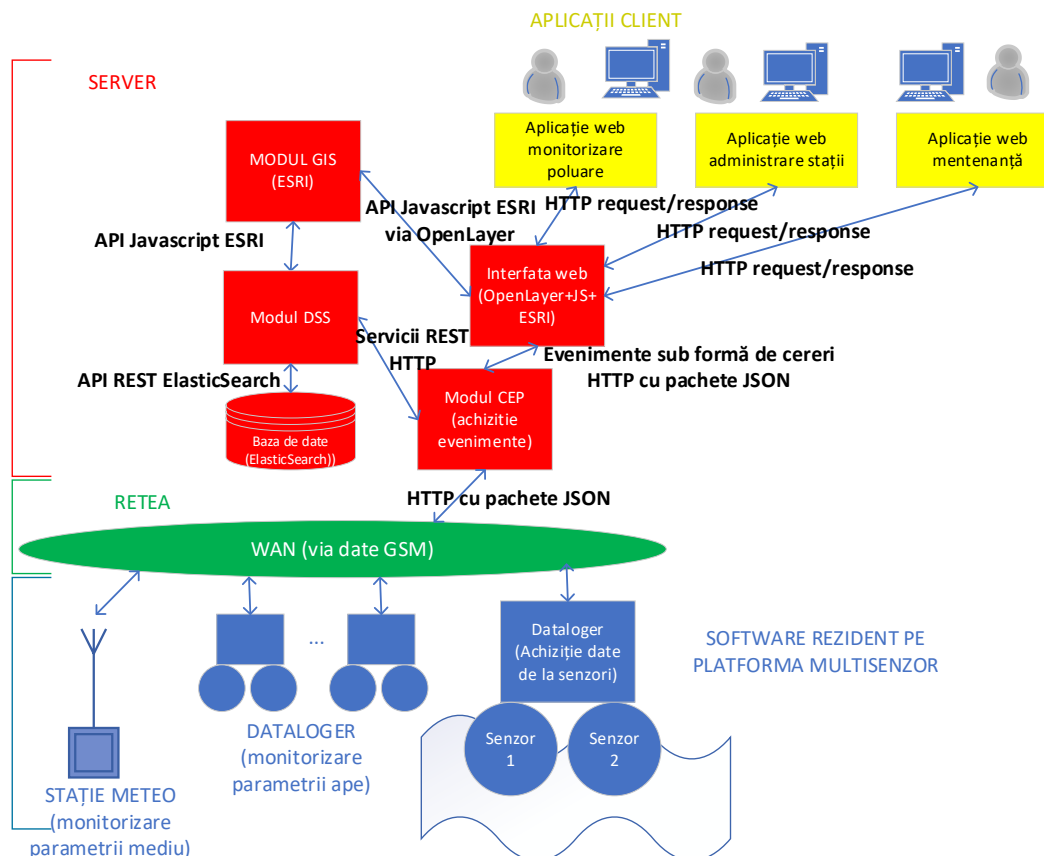


Figura 11 Arhitectura de integrare a sistemului SmartMonWater

5 CONCLUZII

În concluzie, în cadrul etapei 2 s-au realizat următoarele:

- Arhitectura hardware și software a sistemului SmartMonWater;
- Proiectarea și realizarea hardware a platformei multi-senzor;
- Integrarea hardware a platformei multi-senzor cu senzorii folosiți pentru monitorizarea poluării apelor;
- Proiectarea și dezvoltarea software a platformei multi-senzor;
- Proiectarea și dezvoltarea aplicațiilor software ale sistemului SmartMonWater, pentru monitorizarea poluării râurilor, stocarea, procesarea și analiza datelor, pentru mentenanță, respectiv administrare;
- Integrarea software a diferitelor componente ale sistemului SmartMonWater.