

Raport științific final (2022 - 2024)

Competiția:	Proiect de Transfer la operatorul economic- PTE 2021
Nr. contract:	73PTE din 30/06/2022
Cod proiect:	PN-III-P2-2.1-PTE-2021-0269
Domeniul de cercetare:	3. ENERGIE, MEDIU ȘI SCHIMBĂRI CLIMATICE
Titlul :	<i>i-Turb</i> sistem integrat pentru obținerea celui mai bun echilibru între potențialul ecologic al apei și eficiența turbinei
Acronim:	<i>i-Turb</i>
Data începere proiect:	30/06/2022
Data finalizare proiect:	30/06/2024
Durata (luni):	24
Buget total:	1.203.379,14
Sursa 1 Bugetul de stat	1.071.058,06
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare):	132.321,08
Pagina web proiect:	https://www.icpe-ca.ro/i-Turb/
Instituția coordonatoare:	MECANICA-IND 2004 SRL
Director de proiect:	Daniel IORDANESCU
Partener 1 proiect (P1):	Institutului Național pentru Cercetare și Dezvoltare în Inginerie Electrică ICPE-CA Bucuresti
Partener 2 proiect (P2):	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București

1. Prezentare generală a realizării obiectivelor proiectului, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor. Prezentarea trebuie să includă explicații care să justifice diferențele (dacă există) dintre activitățile preconizate și cele realizate.

Obiectivele principale ale proiectului au fost dezvoltarea și realizarea unui sistem inteligent de aerare a apei utilizată în turbinele hidraulice (*i-Turb*), cu impact pozitiv atât asupra potențialului ecologic al apei cât și asupra funcționării turbinei hidraulice. Implementarea și testarea sistemului inteligent de aerare *i-Turb* în condiții relevante de funcționare la scară reală a demonstrat eficiența acestuia, obținându-se în final o tehnologie demonstrată în mediu industrial. Sistemul inteligent *i-Turb* a atins un nivel de maturitate tehnologică egal cu TRL6, plecând de la nivelul TRL5. Toate obiectivele proiectului au fost îndeplinite integral, după cum urmează:

Obiectivul 1, O1 – Realizarea unui sistem inteligent pentru aerarea apei ce tranzitează turbinele hidraulice, în funcție de deficitul de oxigen dizolvat din apa tubinată și de regimul de funcționare a turbinei.

Acest obiectiv a fost realizat în două etape: O1/1 – Stabilirea caracteristicilor tehnice ale sistemului *i-Turb* (2022), O1/2 – Realizarea și validarea sistemului *i-Turb* în mediu industrial (2023).

Obiectivul a fost îndeplinit integral, iar rezultatele au fost prezentate într-un raport de cercetate privind corelarea între parametri de aerare, parametri de funcționare ai turbinei hidraulice și tipul de aerare, realizarea algoritmului de reglare a procesului de aerare și a algoritmului de optimizare a performanțelor turbinei, realizarea proiectului sistemului *i-Turb*, a sistemului integrat, a interfeței grafice și a modelului de sistem automatizat de aerare *i-Turb*.

Obiectivul 2, O2 – Utilizarea sistemului automatizat pentru aerare în corelație cu monitorizarea parametrilor de funcționare a turbinei

Obiectivul a fost realizat în etapa a treia - Testarea și validarea sistemului *i-Turb* în mediu industrial (2024).

Obiectivul a fost îndeplinit integral prin realizarea raportului de experimentare privind funcționarea sistemului pilot *i-Turb* și determinarea influenței acestuia asupra performanțelor hidraulice ale turbinei.

Obiectivul 3, O3 – Întărirea capacității de inovare a întreprinderii prin realizarea prototipului unui sistem cu potențial de exploatare comercială pe piața internă și internațională

Obiectivul a fost îndeplinit integral prin organizarea workshop-ului *i-Turb*, în vederea diseminării rezultatelor obținute în acest proiect. Un alt obiectiv al workshop-ului *i-Turb* a fost identificarea posibilităților de implementare în viitor, în mediul economic, a sistemului *i-Turb*. S-au prezentat rezultatele proiectului și s-au conturat perspectivele de dezvoltare. S-a avut în vedere atragerea producătorilor de energie electrică din surse hidro și a constructorilor de turbine hidraulice din piața internă și internațională pentru integrarea sistemului *i-Turb* la turbinele hidraulice noi sau la cele din exploatare, ceea ce va permite dezvoltarea unei activități de producție la partenerii industriali.

2. Prezentarea și argumentarea nivelului de maturitate tehnologică (TRL) la finalul proiectului.

Nivelul TRL al sistemului inteligent de aerare a apei utilizată în turbinele hidraulice (*i-Turb*) - rezultatul acestui proiect, este TRL6. S-a plecat de la nivelul TRL5, și anume dispozitivul inovativ neinvaziv de aerare dispersă a apei, ECOTURB (dezvoltat într-un proiect anterior de CDI, PN2 88/2014, de echipa de implementare a prezentului proiect, și patentat prin brevetul internațional no 036765/17.12.2020 B1), s-a echipat cu senzori de monitorizare a parametrilor apei și de funcționare a turbinei, integrați într-un modul automatizat de măsură, control și comandă dezvoltat în cadrul proiectului, iar în final sistemul inteligent de aerare *i-Turb* s-a implementat și testat în condiții relevante de funcționare la scară reală, demonstrându-se eficiența acestuia, și obținându-se o tehnologie demonstrată în mediu industrial (TRL6).

3. Gradul de atingere a rezultatelor estimate (prezentarea produsului/tehnologiei sau a serviciului rezultat al proiectului).

Sistemul automatizat de aerare *i-Turb* (TRL6) s-a realizat conform schemei din Fig. 1. Unitatea de comandă controlează debitul de aer intrtodus prin două electrovalve, în funcție de indicațiile senzorilor de presiune din avalul rotorului turbinei, corelate cu regimul de funcționare al turbinei, oxigenul dizolvat măsurat în canalul de fugă și alți parametrii implicați sau de sistem (debit de apă, fracție de goluri dorită, temperatură, cota apei în aval, deschiderea aparatului director, limita de histerezis, etc.).

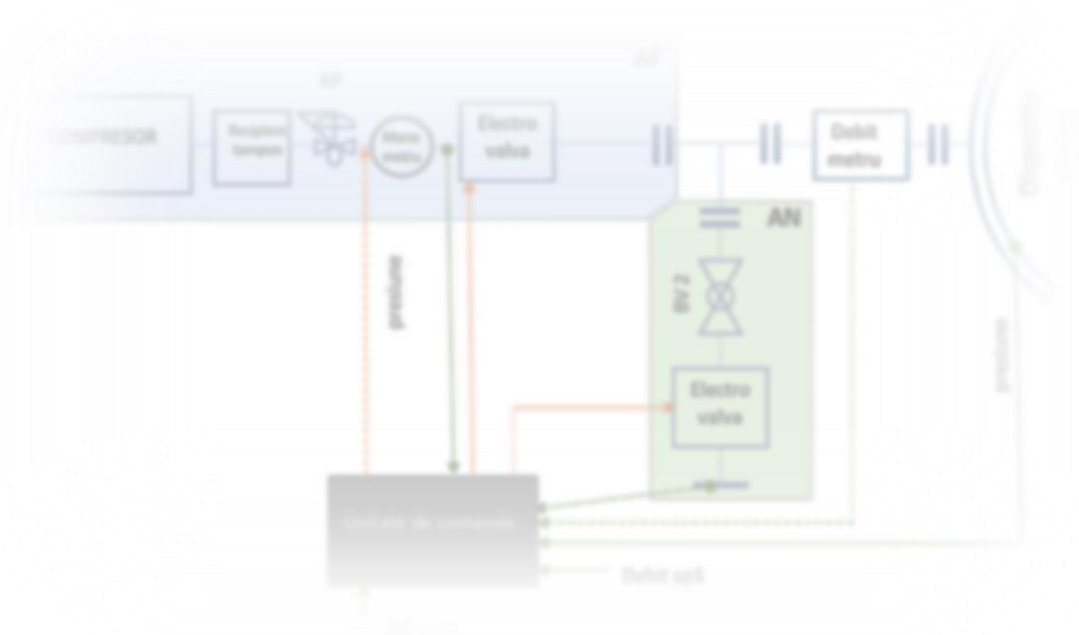


Fig. 1. Schema sistemului automatizat de aerare *i-Turb*

Schema de conexiuni a sistemului realizat este prezentată în Figura 2, iar componentele electronice ale sistemul integrat de comandă sunt:

- 1 placa Arduino MKR WIFI 1010;
- 4 convertoare de semnal 4-20 mA;
- 1 modul traductor DAC de 12 biți, cu 2 canale de ieșire utilizate în gama 0-10 V;
- 2 convertoare de semnal, Watanabe TW-4M, izolat universal, utilizat pentru conversie 0-10 V la 4-20 mA;
- 1 senzor pentru măsurarea presiunii atmosferice BMP280;
- 1 sursă alimentare de 5V, 4 de 12 V și 1 de 24 V;
- întreruptor de supracurent de 2A.

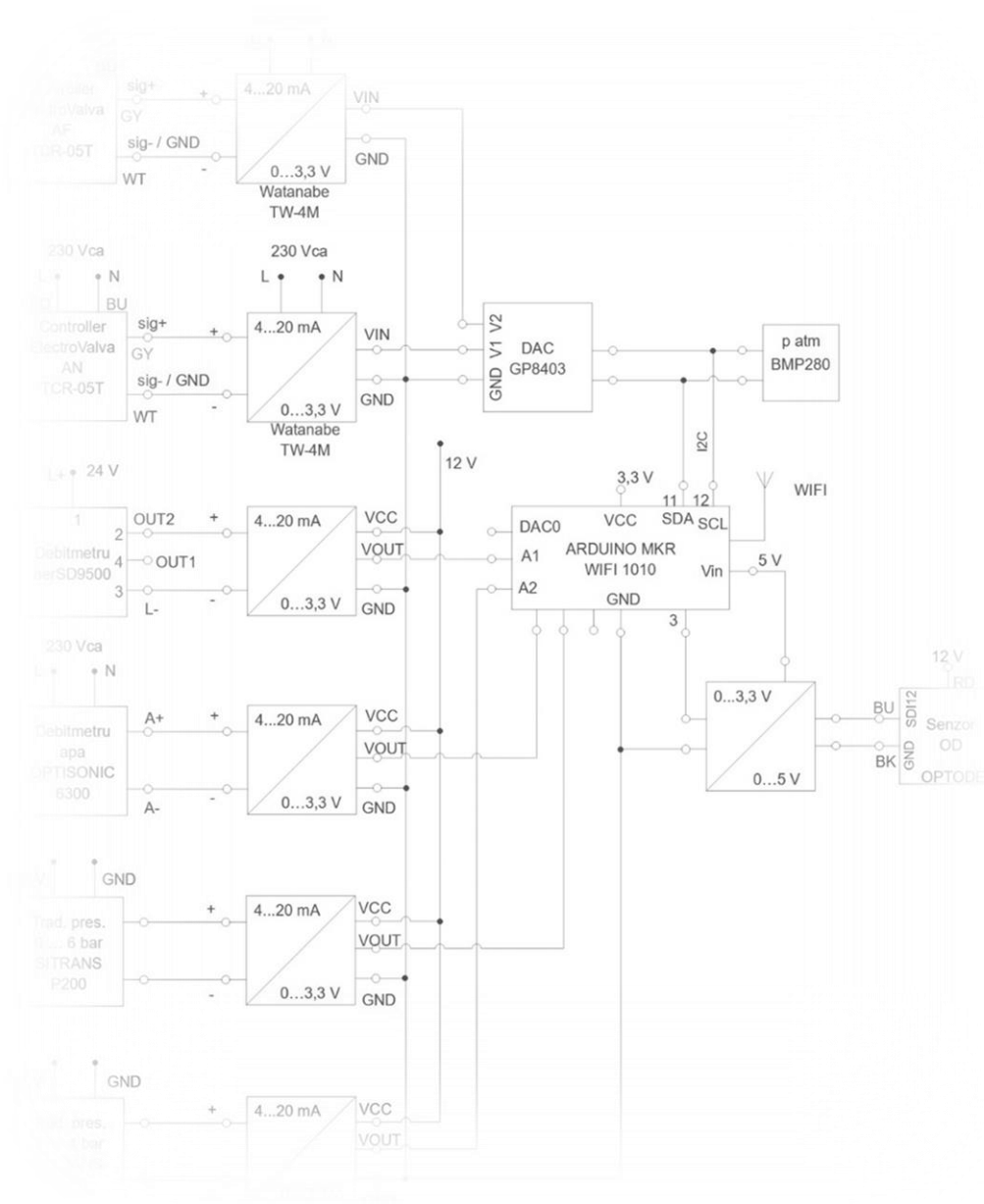


Fig. 2. Schemă electrică a sistemului integrat de comandă

Componentele au fost asamblate pe suport șină DIN, iar sistemul a fost plasat într-o incintă IP64 din plastic (Fig. 3). Algoritmul care integrează datele preluate de la aparatura de măsură și control a sistemului i-Turb a fost implementat pe o placă de dezvoltare Arduino MKR WiFi 1010, conectată la Arduino IoT Cloud pentru stocarea datelor măsurate. Codul C++ implementat este prezentat în Anexa 1. Interfața grafică realizată este disponibilă atât pentru PC (Fig 4. a) versiune desktop (Arduino IoT Cloud) cât și pentru dispozitiv mobil (IoT Remote) – Fig. 4. b.

În modul de control manual al aerării utilizatorul selectează tipul de aerare dorit, și controlează deschiderea/închiderea electrovalvelor. Chiar și în modul manual, programul calculează

și afișează debitul de aer necesar, respectiv deschiderea electrovalvei în funcție de fracția de goluri introdusă și de alți parametri de sistem presetați.

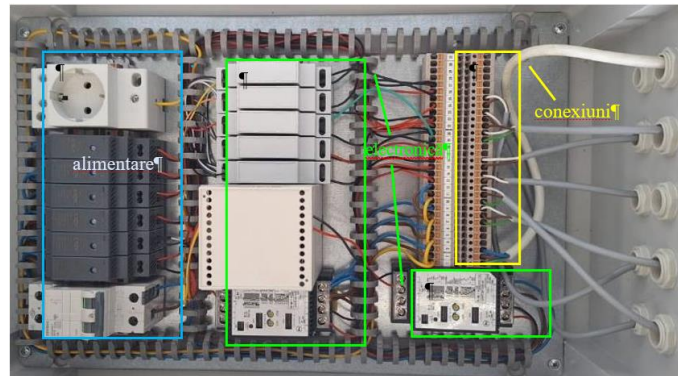


Fig. 3. Sistemul de control realizat

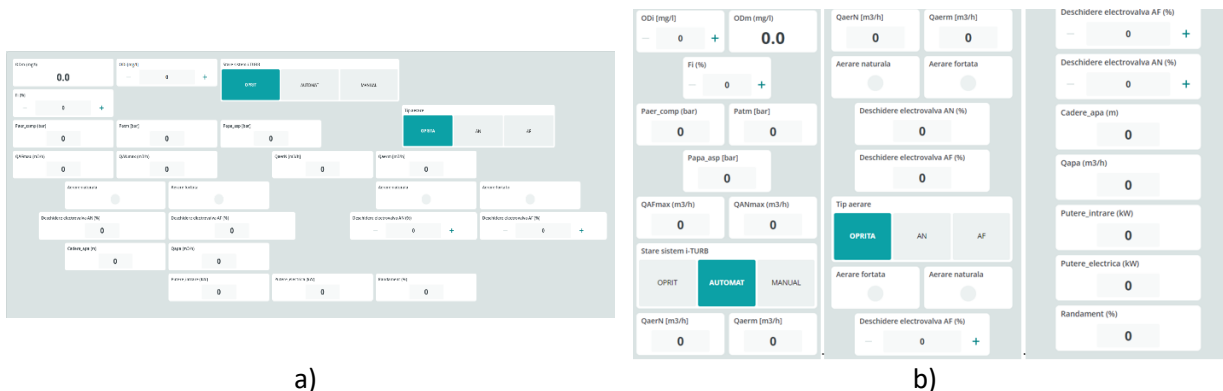


Fig. 4. Interfața sistemului de comandă, varianta pentru PC a), respectiv pentru dispozitiv mobil b)

4. Impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut.

Sistemul automatizat de aerare *i-Turb* (TRL6) a dovedit următoarele avantaje:

- ***i-Turb*** monitorizează simultan parametrii de funcționare a turbinei și de calitate a apei, și comandă dispozitivul de aerare pentru o utilizare optimizată, simultană sau individuală a aerării și funcționării turbinei;
- ***i-Turb*** realizează optimizarea după o funcție cu obiectiv multiplu care permite conservarea performanțelor hidraulice ale turbinei și menținerea permanentă a nivelului de oxigen la limita dorită de beneficiar;
- ***i-Turb*** utilizează într-o manieră inteligentă aerarea naturală AN, folosind diferența de presiune dintre presiunea din aspiratorul turbinei și presiunea atmosferică, fără un consum energetic asociat admisiei aerului, sau aerarea forțată AF, atunci când nu există gradient de presiune;

- ***i-Turb*** reglează debitul de aer introdus în funcție de regimul de funcționare a turbinei, pentru a obține eficiența maximă de aerare (transfer de oxigen dizolvat) cu un consum minim de energie;
- sistemul de aerare ***i-Turb*** este operațional doar în situația în care concentrația de oxigen dizolvat în apa din avalul turbinei este inferioară standardului de calitate a apei din râu, sau atunci când aduce o îmbunătățire a parametrilor de funcționare a turbinei (randament, fluctuații de presiune);
- sistemul ***i-Turb*** este simplu de implementat, atât la turbine noi cât și la turbine în exploatare, pentru că instalarea lui se rezumă la montarea dispozitivului de aerare în conul turbinei, iar ansamblul de conexiuni pneumatice de alimentare cu aer comprimat și modulul de comandă și control sunt anexate dispozitivului de aerare;
- sistemul asigură transferul maxim de oxigen prin admisia aerului sub formă dispersă, prin bule fine, pentru a crește suprafața de contact și timpul de contact aer-apă;
- rezultatele experimentale și numerice publicate ridică nivelul de cunoștințe în acest domeniu.

5. Detalii privind exploatarea și diseminarea rezultatelor proiectului.

- Prin implementarea sistemului ***i-Turb*** pe un hidroagregat real, potențialul acestei tehnologii a fost demonstrat producătorilor/utilizatorilor turbinelor hidraulice. Produsul va putea fi industrializat ulterior de către coordonatorul proiectului SC Mecanica-Ind 2004 SRL și cu sprijinul partenerilor P1 și P2. Acest sistem va fi promovat atât pe piața națională, cât și pe piața europeană, respectiv internațională datorită colaborărilor existente ale membrilor echipei, cât și prin workshop-ul organizat la finalul proiectului.
- Rezultatele au fost diseminate de toți partenerii proiectului prin articole, comunicări științifice în cadrul conferințelor internaționale, poster, pagina web a proiectului și workshop-ul de încheiere.

6. Prezentarea livrabililor/indicatorilor obținuți la finalul proiectului comparativ cu cei propuși.

Nr. crt.	Livrabile/indicatori planificați	Nr.	Livrabile/indicatori realizați	Nr.
1.	Raport de cercetare	2	Raport de cercetare	3
2.	Algoritm de reglare a procesului de aerare	1	Algoritm de reglare a procesului de aerare	1
3.	Algoritm de optimizare a performanțelor turbinei	1	Algoritm de optimizare a performanțelor turbinei	2
4.	Proiect al sistemului <i>i-Turb</i>	1	Proiect al sistemului <i>i-Turb</i>	1
5.	Sistem integrat	1	Sistem integrat	1
6.	Interfață grafică	1	Interfață grafică	1

7.	Model de sistem automatizat de aerare <i>i-Turb</i>	1	Model de sistem automatizat de aerare <i>i-Turb</i>	1
8.	Model experimental sistem HyPER	1	Model experimental sistem HyPER	1
9.	Publicare articole științifice	4	Publicare articole științifice	6
10.	Website	1	Website	1
11.	Workshop	1	Workshop	1

Proiectul 73PTE/2022 a avut ca scop dezvoltarea și realizarea unui **sistem inteligent de aerare a apei utilizată în turbinele hidraulice (*i-Turb*)**, cu impact pozitiv atât asupra potențialului ecologic al apei cât și asupra funcționării turbinei hidraulice

În Etapa 1 a proiectului s-au stabilit *caracteristicile tehnice ale sistemului i-Turb*, determinându-se o corelație între parametrii de aerare, parametrii de funcționare ai turbinei hidraulice și tipul de aerare.

În Etapa a 2- a s-a realizat *algoritmul de optimizare a performanțelor turbinei și implementarea sistemului automatizat de aerare i-Turb*. Pentru aceasta s-a conceput, implementat și testat algoritmul de optimizare a performanțelor turbinei hidraulice în condițiile funcționării cu un dispozitiv de aerare a apei.

În Etapa a 3-a și ultima a proiectului, s-a realizat *testarea și validarea sistemului i-Turb în mediul industrial*. Pentru aceasta sistemul s-a implementat pe o turbină hidraulică reală, lucru care a permis demonstrarea eficienței și fiabilității sistemului, **atingându-se astfel nivelul de maturitate tehnologică TRL 6.**



Instalarea sistemului automatizat *i-Turb*

Director de proiect

Daniel IORDANESCU

Data: 26.06.2024

Observație: Deoarece rezultatele cercetării nu au fost încă publicate integral în literatura de specialitate, unele dintre figuri sunt prezentate cu contrast redus.