



Raport științific și tehnic

NR. 2

345PED | HoPE | 2021

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Director Prof.dr.ing. Mihai Dragomir

Abstract

Anul 2021 a fost un an integral de activitate pe proiect, fiind abordat Obiectivul 2 din cadrul propunerii "Dezvoltarea și integrarea sistemelor inovatoare pentru asigurarea și îmbunătățirea nivelului de confort al pacienților aflați în convalescență și îmbunătățirea răspunsului acestora la îngrijirea medicală pe care o primesc." Activitatea a fost organizată prin prisma pachetului de lucru WP2 – Integrarea sistemelor și a cuprins sarcini privind:

- Activitate 2.1 Proof-of-concept pentru cupolă: 2.1.1 Proiect detaliat; 2.1.2 Fabricarea cupolei.
- Activitate 2.2 Proof-of-concept pentru saltea cu sistem de ventilație: 2.2.1 Proiect detaliat; 2.2.2 Fabricarea saltelei.
- Activitate 2.3 Integrarea sistemelor EarlySense și self-care pe structura mecanică: 2.3.1 Integrare EarlySense; 2.3.2 Integrare sistem self-care.

Activitățile s-au încheiat cu succes, fiind atinse rezultatele preconizate, respectiv un prototip complet al patului inteligent care va fi testat, programat, calibrat și validat. Au fost publicate 3 articole în reviste ISI-ESCI și 1 la o conferință indexată ISI.

Preambul

Proiectul 345PED – Pat de spital inteligent – HoPE urmărește creșterea gradului de maturitate din punct de vedere tehnic al unui concept inovativ de pat de spital, cu scopul de a contribui la avansarea procesului de dezvoltare a acestui produs în direcția pieței de specialitate. Propunerea se încadrează în domeniul strategic de CDI "sănătate" din cadrul PNIII. Scopul principal al propunerii este de a crește gradul de complexitate tehnologică (TRL) de la nivelul 2 la nivelul 3. Principalele direcții inovative sunt:

- realizarea unui sistem de acționare care să permită transformarea rapidă pat - fotoliu și pivotarea în jurul axei verticale;
- realizarea componentelor din materiale bio-compozite ce conțin ioni de argint;
- integrarea la nivelul produsului a unor sisteme inteligente;

În anul anterior, 2020, au fost realizate toate acțiunile planificate și obținându-se rezultatele preconizate. În anul curent, 2021, s-a derulat pachetul de lucru WP2, fără probleme sau întârzieri, iar țintele propuse în cadrul Obiectivului științific 2 au fost atinse cu succes. Patul inteligent de spital se apropie de stadiul final în care va fi supus testelor și validărilor de laborator în pachetul de lucru WP3. Au avut loc și obișnuitele activități de management de proiect: derularea achizițiilor, gestionarea resursei umane, actualizarea siteului proiectului, monitorizarea activităților, raportare etc.

Principalele activități și rezultate

2.1 Proof-of-concept pentru cupolă - mediu personal. În această etapă s-a proiectat din punct de vedere structural, mecanic și al sistemelor de interfațare un prototip detaliat și s-a realizat implementarea acestuia în laborator în cadrul unui prototip funcțional mecanic. Scopul acestui sub-sistem este să ofere pacienților un mediu personal care să poată fi folosit atât realizarea unor acte și proceduri medicale care necesită confidențialitate și intimitate, precum și pentru crearea unui mediu protejat care să susțină relaxarea fizică și psihică necesară în procesele de tratament, recuperare sau convalescență.

2.1.1 Proiectare detaliată a sistemului cupolei. Echipa de proiectare a inclus specialiști în dezvoltarea produselor noi, ingineri mecanici, de producție și de materiale, automatiști și roboticieni, precum și informații, consultanță și asistență de la specialiști în domeniul medical (al îngrijirii sănătății). Sub-sistemele prevăzute pentru cupolă prevăd circulația corectă a aerului, anularea zgomotului, interacțiune cu personalul medical prin intermediul tabletei și funcționalitatea principală de închidere/deschidere pentru realizarea izolării. Aceste ansambluri au fost proiectate, detaliate la nivel de componente și s-a elaborat documentația necesară pentru fabricarea cupolei (Figura 1).



Fig. 1 Sub-sistemul cupolă al patului inteligent – proiectare și fabricare componente

2.1.2 Fabricarea cupolei pentru mediu personal. Cupola a fost realizată folosind infrastructura beneficiarului și rețeaua de colaboratori ai acestuia, folosind tehnologii avansate în domeniul prelucrărilor mecanice și de materiale. Sub-sistemul a fost mai apoi utilat și pregătit pentru asamblare. Rezultatul final este un model experimental de laborator pentru cupolă pe care se pot studia și testa diferitele modalități de interacțiune cu pacienții și se poate valida impactul în tratament.

2.2 Proof-of-concept pentru saltea cu sistem de ventilație. Această etapă s-a derulat similar cu etapa anterioară din punct de vedere al managementului de proiect și a fost focalizată pe proiectarea un prototip detaliat și realizarea acestuia în laborator pentru saltea cu sistem de ventilație. Scopul acestui sub-sistem este de a asigura același grad de confort indiferent de greutatea pacientului și de a contribui la evitarea escarelor pentru pacienții care folosesc patul pe termen lung (Figura 2).

2.2.1 Proiectarea detaliată a salteii cu sistem de ventilație. În cadrul acestei activități saltea a fost realizată în mediul virtual utilizând pachetul software Catia V5, ținându-se seama de tema de proiectare și de constrângerile necesare pentru integrarea în produsul final. Modelul CAD și proiectul aferent au detaliat sub-sistemele de reglare și funcționalitatea anti-escare a sub-sistemului, iar la final s-a elaborat documentația necesară fabricării sistemului de susținere a salteii.

2.2.2 Fabricarea salteii. În această etapă s-a realizat un model experimental de laborator folosind componentele proiectate și executate anterior și integrând materiale suplimentare disponibile comercial, calibrarea funcțiilor fiind prevăzută ulterior.

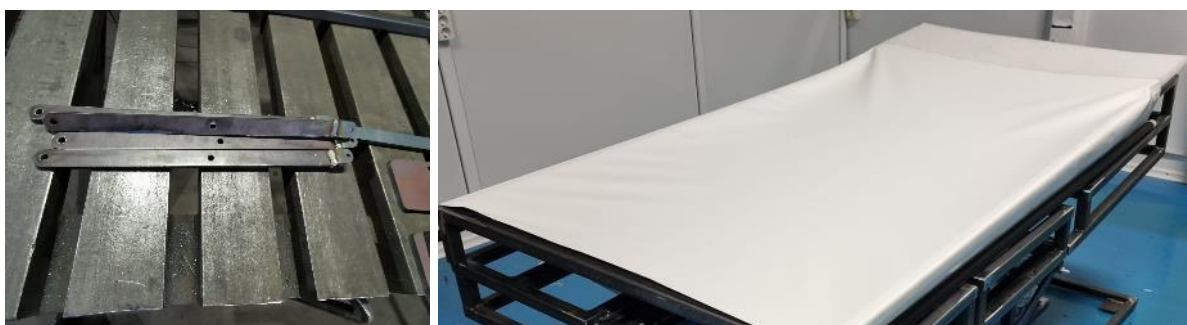


Fig. 2 Sub-sistemul saltea cu sistem de ventilație –fabricare și dimensionare învelitoare

2.3. Integrarea EarlySense și a sistemului de auto-îngrijire (SelfCare) pe structura mecanică s-a făcut utilizând sisteme comerciale adecvate pentru măsurarea parametrilor stării de sănătate și monitorizarea pacientului, ceea ce va contribui la succesul utilizării patului în spitale, acasă sau în centre de sănătate (Figura 3).

2.3.1 Integrarea EarlySense. În această etapă a fost achiziționat și montat pe structura mecanică un sistem de monitorizare a pacientului de tip Monitor funcții vitale - uMEC 10 (STD) care poate monitoriza: ritmul cardiac, ritmul respirator, saturația de oxigen din sânge, pulsul, tensiunea arterială și temperatura pacientului. În faza de testare și validare, monitorul va fi adaptat și conectat cu celelalte sub-sisteme ale patului inteligent pentru asigurarea funcției de avertizare timpurie (early sense).

2.3.2 Integrarea sistemului de auto-îngrijire (SelfCare). Acesta se bazează pe utilizarea actuatorilor liniari de tip Glideforce. Dacă sunt perioade lungi de timp când pacientul nu se mișcă voluntar, patul va efectua mișcări specifice pentru a evita formarea escarelor. Mișcările vor fi efectuate numai după corelarea datelor cu cele de la EarlySense, această funcționalitate urmând a fi dezvoltată la testare.

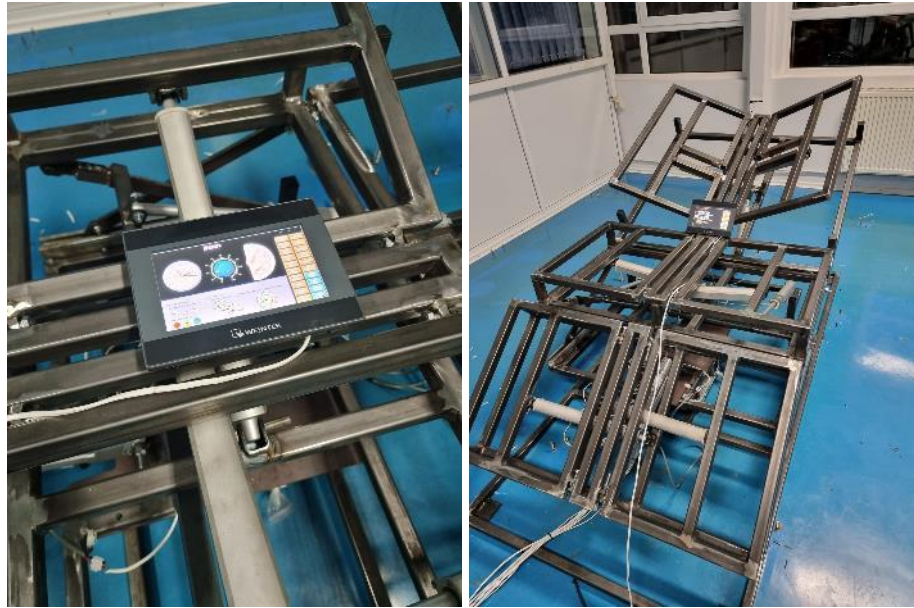


Fig. 3 Integrarea sub-sistemelor EarlySense si SelfCare

Prototipul HoPE asamblat

Obiectivul principal al acestei cercetări a fost proiectarea unui concept nou, avansat și interactiv de pat de spital inteligent, care ulterior va fi produs și dezvoltat astfel încât să poată fi utilizat în spitale, case, centre de recuperare și aziluri de bătrâni.

Dimensiunile elementelor structurale au fost alese pentru a respecta recomandările FDA privind limitările dimensionale pentru paturile de spital și, de asemenea, s-a luat în considerare standardul ISO-IEC 60601-2-52:2009 în procesul de proiectare (siguranță de bază și cerințe de performanță pentru paturi medicale destinate adulților). În conformitate cu aceasta, lungimea patului proiectat este de 2000 mm, lățimea patului este de 1000 mm și s-a luat în considerare o greutate minimă a pacientului de 230 kg.



Fig. 4 Structura mecanică generală a patului HoPE

Patul proiectat și prezentat în Figura 4, are o structură modulară unică realizată din profile, fiind singurul pat inteligent de spital de acest fel, care facilitează construcția acestuia și permite, în același timp, efectuarea mai multor poziții necesare fie în perioada de spitalizare a pacientului, pentru a-i spori confortul, fie pentru a facilita diverse proceduri de terapie medicală.

Structura mecanică este una suficient de ușoară pentru a facilita deplasarea și re poziționarea cu ușurință, dar și suficient de rigidă pentru a permite susținerea pacientului și a sub-sistemelor smart preconizate, în condiții de operare sigure și corecte din punct de vedere tehnic.

Mulți producători de paturi de spital inteligente oferă o gamă largă de modele care sunt potrivite fie pentru spitalizare, fie pentru terapie intensivă. Unele poziții sunt asigurate de fiecare model de pat, în funcție de cerințe, dar cele mai frecvente poziții sunt ortopedice, Fowler și, de asemenea, ridicarea picioarelor, înclinarea și șezutul.

Designul propus al patului are posibilitatea actuală de opt poziții solicitate precum și opțiunea de a dezvoltați încă trei, dacă este necesar: cardiac, ortopedic și semi-Fowler.

În secțiunile următoare sunt descrise sarcinile și cerințele pentru proiectarea mecanică, proiectarea electrică și industrială; experți medicali de la Institutul Regional de Gastroenterologie și Hepatologie „Prof. dr. Octavian Fodor” au fost rugați să definească aceste cerințe.

Structura de bază al patului este așezat pe patru roți omnidirecționale, ceea ce oferă structurii posibilitatea de a se deplasa atât clasic, cât și transversal. Aceste roți sunt prevăzute cu cilindrii care se pot roti liber și oferă astfel posibilitatea de mișcare într-un mod unic.

Cadrul patului trebuie să asigure o stabilitate ridicată pentru a preveni căderile sau orice altă situație periculoasă pentru sănătatea pacientului. De bază se va atașa un alt set de roți, care va avea și funcția de mișcare asistată a patului, și de asigurare a frânei direcționale sau frânei totale, pentru asigurarea pacientului când patul este în repaus.

Pentru mișcările mecanismului, au fost selectate un număr de zece actuatori liniari împreună cu un motor electric (nr. 11), care este responsabil pentru mișcarea de rotație, așa cum se poate vedea în Figura 5:

- actuatorii liniari cu numărul 1 la 4 sunt de tip Glideforce MD 122012 și sunt responsabile pentru următoarele poziții ale patului: Ridicarea capului, Ridicarea picioarelor, Normal și Ajutor la ridicare Stânga și Dreapta (împreună cu motorul nr. 11);
- actuatorii liniari cu numărul de la 5 la 10 sunt de tip Glideforce MD 122010-P și sunt responsabile pentru următoarele poziții ale patului: Înclinare, Înclinare-stânga și Înclinare-dreapta;
- motorul cu nr. 11 este un motor monofazat, tip GMYL-71M2-4B5 care efectuează mișcarea de rotație a cadrului, spre poziția Ajutor la ridicare Stânga și Dreapta.

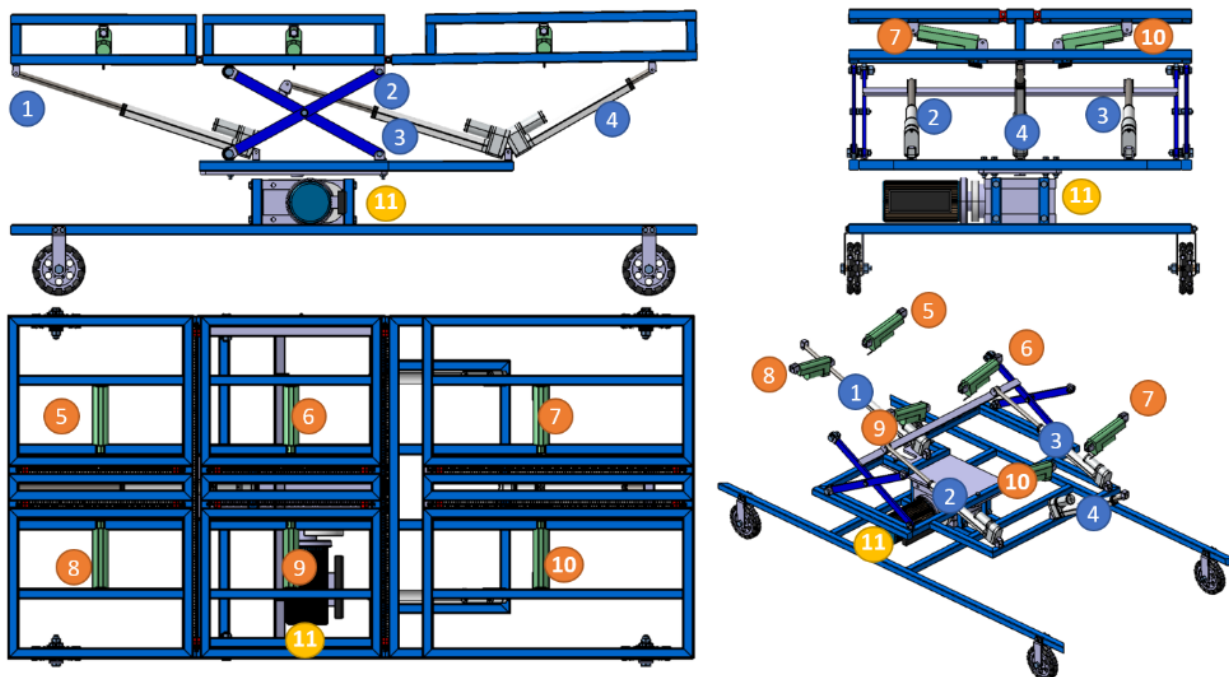



Fig. 5 Poziționarea motorului și a actuoarelor pentru operare


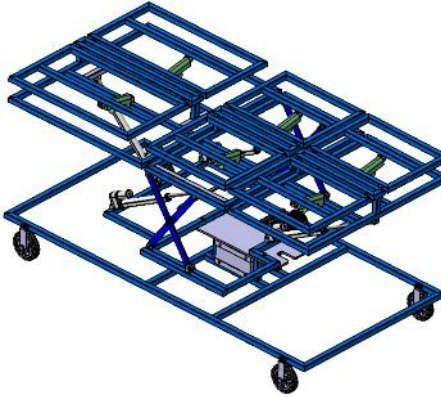
Cadrul patului este un set de mecanisme cu lanț deschis, cu o structură modulară compusă din trei părți principale, unde se așază corpul pacientului. În continuare, câteva dintre pozițiile obișnuite ale patului vor fi expuse (Tabelul 1).

Tabelul 1 Pozițiile principale posibile ale prototipului de pat inteligent

Ridicarea capului	Poz. inițială (cm)	Poz. finală (cm)
Motor 1	0	0
Motor 2&3	0	0
Motor 4	0	300
Motor 5	0	0
Motor 6	0	0
Motor 7	0	0
Motor 8	0	0
Motor 9	0	0
Motor 10	0	0
Motor 11	0	0

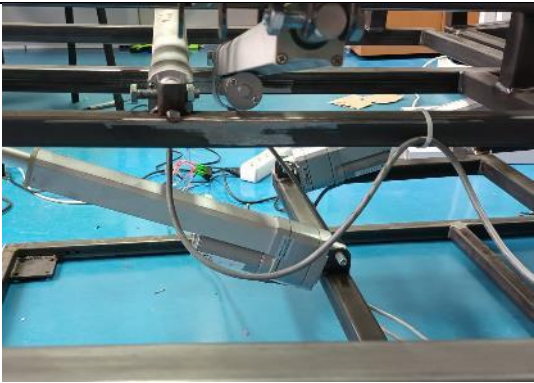



	Ajutor ridicare dr. (cm)	Ajutor ridicare stg. (cm)
Motor 1	-80	-80
Motor 2&3	5	5
Motor 4	300	300
Motor 5	0	0
Motor 6	0	0
Motor 7	0	0
Motor 8	0	0
Motor 9	0	0
Motor 10	0	0
Motor 11	90	-90

	Înclinare dr. (cm)	Înclinare stg. (cm)	
Motor 1	0	0	
Motor 2&3	0	0	
Motor 4	0	0	
Motor 5	0	-50	
Motor 6	0	50	
Motor 7	0	50	
Motor 8	-50	0	
Motor 9	-50	0	
Motor 10	50	0	
Motor 11	0	0	

	
Altă poziție: ridicare picioare	Altă poziție: normal ridicat (+350 mm)

Prezentăm mai jos și alte aspecte relevante din procesul de realizarea a prototipului, conform descrierilor asociate (Tabelul 2):

Tabelul 2 Elemente și momente semnificative în procesul de realizare a prototipului

	
Montarea actuatorilor liniare	Crearea interfeței pentru pacienți
	
Instalarea monitorului EarlySense	Patul în transformare în fotoliu



Test de operare a patului de spital inteligent

Concluzii și diseminare

Proiectul 345PED – HoPE și-a îndeplinit obiectivele și țintele pentru anul de implementare 2 (2021) și este pregătit pentru a trece în etapa a treia de dezvoltare, în care se va realiza testarea și validarea prototipului. Din punct de vedere financiar, proiectul s-a încadrat în anvelopa de buget alocată prin contractul de finanțare și a respectat regulile programului, inclusiv cele privind flexibilitatea în cheltuirea fondurilor între liniile de buget. Achizițiile publice s-au efectuat la timp și fără a întâmpina dificultăți.

Pe parcursul anului 2022, pe măsura studierii în detaliu a cerințelor și a pieței, s-au conturat soluții tehnice noi, îmbunătățite față de versiunea inițială, care să permită crearea unui produs competitiv, care să răspundă cerințelor clienților și să poată rezista un timp semnificativ ca ofertă ce poate fi supusă transferului tehnologic, în așa fel încât timpul de industrializare necesar firmelor să nu conducă la anularea avantajelor proiectate. Între aceste aspecte care au fost avute deja în considerare sau vor fi avute în etapele viitoare, menționăm:

- suplimentarea numărului de grade de libertate și mișcări posibile pentru infrastructura patului;
- reducerea greutății diverselor sub-sisteme (de ex. ventilație sau spațiu personal) prin extinderea folosirii materialelor compozite și a micro-componentelor;
- realizarea unor sisteme de interfațare intuitive și ergonomice care să sporească gradul de confort al pacienților;
- realizarea prototipului integral (dincolo de stadiul de Minimum Viable Product propus inițial), cu toate funcționalitățile la capacitate maximă, care să permită demonstrații ale produsului.

Menționăm, de asemenea, în anul 2021 s-a reușit publicarea sau acceptarea unui număr de 4 articole științifice, indexate ISI în bazele de date ISI-ESCI și ISI-CPCI, conform angajamentelor asumate prin contract:

Titlu articol	An ap.	Revista	Autori	Status
New concept and design of a smart hospital bed	2021	ACTA TECHNICA NAPOCENSIS - Series: APPLIED MATHEMATICS, MECHANICS, and ENGINEERING Vol. 64, Special Issue IV, Dec. 2021	- Curta Razvan - Dragomir Mihai - Călin Neamțu - Jac Marian - Ghinea Rareș	Acceptat
Competitive design and prototyping of a medical device used for reducing the spread of COVID-19	2021	ACTA TECHNICA NAPOCENSIS - Series: APPLIED MATHEMATICS, MECHANICS, and ENGINEERING Vol. 64, Special Issue IV, Dec. 2021	- Bodi Ștefan - Gorceag Vladimir - Buna Zsolt - Rozsos Raul - Astalos Vasile	Acceptat
Analysis of the carbon footprint for the milling process	2021	ACTA TECHNICA NAPOCENSIS - Series: APPLIED MATHEMATICS, MECHANICS, and ENGINEERING Vol. 64, Special Issue IV, Dec. 2021	- Blagu Diana Alina - Trifan Vlăduț - Szabo Denisa - Dragomir Mihai	Acceptat
Using DfX to Develop Product Features in a Validation Intensive Environment	2021	Lecture Notes in Mechanical Engineering - Digitizing Production Systems, pp. 148-157, Springer, Cham., https://doi.org/10.1007/978-3-030-90421-0_12 (online 11.11.2021)	- Popișter Florin - Dragomir Mihai - Călin Neamțu	Publicat

Considerăm că atingerea tuturor acestor ținte demonstrează maturitatea abordării și sporește șansele de succes și de transfer către mediul economic a prototipului, după finalizarea proiectului.

Cluj-Napoca, 10 decembrie 2021

Prof.dr.ing. Mihai Dragomir
Director proiect

