

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Balogh Béla**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Műszaki menedzser mesterképzési szak**

**Egyedi skálázható zöldenergia termelő és tároló rendszer**

**fejlesztése és projektszintű megközelítése**

**Belső konzulens:** Dr.Bártfai Zoltán  
egyetemi docens

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Műszaki Intézet  
/Mezőgazdasági és  
Élelmiszeripari Gépek  
Tanszék

**Külső konzulens:** Gerda István Zsolt  
elemző

**Készítette:** Balogh Béla

**Gödöllő, Szent István Campus**

**2024**

**MŰSZAKI INTÉZET**  
**MŰSZAKI MENEDZSER MESTERSZAK**  
**Projektmenedzsment specializáció**

**DIPLOMADOLGOZAT**  
feladatlap

**Balogh Béla (RTSC6T)**  
részére

**A diplomadolgozat címe:**

**Egyedi skálázható zöldenergia termelő és tároló rendszer fejlesztése és projektszintű megközelítése**

**Feladatkiírás:**

A feladat egy kutatás-fejlesztési projekt megtervezése. A projekt célja egy szigetüzemben működő, skálázható, zöld energiatermelő és tároló rendszer kifejlesztése, amely sűrített levegős energiatárolást alkalmaz. Határozza meg a fejlesztés céljait és az elvégzendő feladatokat a projekt különböző fázisaira lebontva. Vizsgálja meg a projekt keretében megtervezni kívánt energiatermelő és tároló rendszer alapjait, különös figyelmet fordítva a sűrített levegős energiatárolástechnológia működésére és alkalmazhatóságára. Vizsgálja meg a fejlesztés illeszkedését a Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégiához (S3) és a projekt nemzetközi környezetéhez. Értékelje a fejlesztés műszaki, tudományos és gazdasági aspektusait.

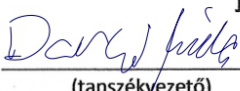
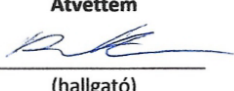
**Közreműködő tanszék:** Műszaki Menedzsment

**Külső konzulens:** Gerda István Zsolt, elemző, Online Projects Kft., 2000 Szentendre, Stromfeld u. 6.

**Belső konzulens:** Dr. Bártfai Zoltán, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

**A dolgozat beadási határideje:** 2024. november 5.

Kelt: Gödöllő, 2024. április 15.

|                                                                                                           |                                                                                                      |                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>(tanszékegyetemes) | <br>(szakfelelős) | <br>(hallgató) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: Gödöllő, 2024. április 15.

  
.....  
(külső konzulens)

## Tartalomjegyzék

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Bevezetés .....</b>                                                                          | <b>6</b>  |
| <b>2. Szakirodalmi áttekintés .....</b>                                                            | <b>9</b>  |
| 2.1. Szakmai és tudományos irodalmak .....                                                         | 9         |
| 2.2. Projekttervezéshez kapcsolódó irodalmak.....                                                  | 17        |
| <b>3. Anyag és módszer.....</b>                                                                    | <b>19</b> |
| 3.1. Frascati kézikönyv - A kutatás-fejlesztés elfogadott nemzetközi definíciói.....               | 19        |
| 3.2. Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia (S3) – 2021-2027 .....                              | 20        |
| 3.3. A technológiai készenléti szintek.....                                                        | 21        |
| <b>4. A fejlesztés átfogó ismertetése.....</b>                                                     | <b>22</b> |
| 4.1. A termelés és tárolás folyamata.....                                                          | 23        |
| 4.2. Energiakinyerés .....                                                                         | 23        |
| <b>5. A fejlesztés célja .....</b>                                                                 | <b>24</b> |
| 5.1. A fejlesztés során végrehajtandó feladatok .....                                              | 25        |
| 5.2. A fejlesztés során végrehajtott feladatok TRL szintjének meghatározása .....                  | 28        |
| 5.3. A kutatás-fejlesztési kulcselemeinek bemutatása.....                                          | 29        |
| 5.3.1. Tudományos, műszaki újdonság .....                                                          | 29        |
| 5.3.2. Tudományos, műszaki bizonytalanság (műszaki, költség, időtartam,<br>megvalósíthatóság)..... | 30        |
| 5.3.3. Alkotó tevékenység.....                                                                     | 32        |
| 5.3.4. Módszeres tevékenység, kutatási eljárás(ok) bemutatása .....                                | 32        |
| 5.3.5. Reprodukálhatóság, széleskörű alkalmazhatóság.....                                          | 33        |
| 5.4. A fejlesztés illeszkedése az S3-hoz .....                                                     | 33        |
| 5.4.1. Nemzetgazdasági prioritások - S3 .....                                                      | 34        |
| 5.4.2. Horizontális prioritások:.....                                                              | 35        |
| 5.4.3. Energetika és klíma .....                                                                   | 35        |
| 5.4.4. Erőforráshatékony gazdaság.....                                                             | 35        |
| 5.4.5. Szolgáltatás .....                                                                          | 36        |
| 5.4.6. Horizontális prioritás .....                                                                | 36        |

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6. A fejlesztés műszaki-tudományos tartalma.....</b> | <b>37</b> |
| 6.1. Újdonság a komplexitásban .....                    | 39        |
| 6.2. Vezérlés .....                                     | 39        |
| 6.3. Optimalizálás .....                                | 40        |
| 6.4. A fejlesztés menete .....                          | 40        |
| <b>7. A fejlesztés piaci szempontú vizsgálata.....</b>  | <b>41</b> |
| 7.1. A piaci igény .....                                | 41        |
| 7.2. Célcsoportok.....                                  | 41        |
| 7.3. Piaci potenciál .....                              | 43        |
| 7.4. Versenytársak, konkurens termékek.....             | 44        |
| 7.5. Konkurens termékek áttekintése .....               | 46        |
| <b>8. A fejlesztés hatása, jelentősége .....</b>        | <b>47</b> |
| 8.1. Regionális hatás.....                              | 50        |
| 8.2. Társadalmi jelentőség .....                        | 50        |
| <b>9. Következtetések és javaslatok .....</b>           | <b>51</b> |
| <b>10. Összefoglalás.....</b>                           | <b>52</b> |
| <b>Irodalomjegyzék.....</b>                             | <b>53</b> |
| <b>Nyilatkozatok.....</b>                               | <b>55</b> |

## 1. Bevezetés

Diplomadolgozatomban a „Szigetüzemben működő, skálázható, zöld energiatermelő és -tároló rendszer létrehozása” munkacímű kutatás-fejlesztési projekt megtervezésével kapcsolatos munkám eredményeit mutatom be. A szigetüzemben működő, skálázható, zöld energiatermelő és -tároló rendszer felfogható úgy is, mint egy különleges kombinált sűrített levegős energiátárolás (Compressed Air Energy Storage, CAES) rendszer, melynek fejlesztését célzó kutatás-fejlesztési projekt egy új típusú energiátároló technológia kifejlesztésére összpontosít. Ez ötvözi a hagyományos CAES rendszerek előnyeit a megújuló energiaforrások integrációjával és hatékony hőhasznosítással. A projekt koncepciójának kidolgozása során első lépésként áttekintettem a fejlesztés szakmai-tudományos hátterét. Nyilvánvalóvá vált, hogy az energiátárolás kulcsfontosságú szerepet játszik a megújuló energiaforrások, például a nap- és szélenergia, integrációjában. A CAES rendszerek a sűrített levegő használatával tárolják az energiát, amit később elektromos energiává alakítanak. A hagyományos CAES rendszerek azonban gyakran energetikai veszteségeket okoznak a hőveszteség miatt, és fosszilis tüzelőanyagokkal történő fűtést igényelnek a levegő expanziójához, ami csökkenti a technológia környezeti előnyeit. Ezt követően meghatározásra kerültek a kutatási célkitűzések, melyek között szerepel többek közt a hatékonyságnövelés, a megújuló energia integrációja és a vezérlés fejlesztése.

A projekt több fázisra tagolódik, amely magában foglalja a tervezést, prototípus-fejlesztést és tesztelést. A koncepcionális tervezés során kezdeti szakaszban a projektcsapat kidolgozza a rendszer műszaki terveit, figyelembe véve a jelenlegi technológiák gyengeségeit és az új fejlesztési lehetőségeket. A prototípus-fejlesztés fázisában egy kísérleti berendezés kerül megépítésre, amely laboratóriumi környezetben kerül tesztelésre. Ez lehetővé teszi a rendszer hatékonyságának és teljesítményének elemzését különböző terhelési körülmények között. Ezt követi az eredmények kiértékelése, a rendszerterv szükség szerinti módosítása, majd a valós körülmények közötti tesztelés. Ezen tesztelés célja a technológia finomítása, a hatékonyság növelése, valamint a hosszú távú megbízhatóság és karbantarthatóság elemzése.

A projekt sikeres megvalósítása után a technológia számos területen alkalmazható lesz. A moduláris kialakítás lehetőséget biztosít a skálázásra, ami azt jelenti, hogy a rendszert különböző méretű és teljesítményű alkalmazásokra lehet optimalizálni, a kicsi, decentralizált telepítésektől egészen a nagyméretű ipari alkalmazásokig.

Az már régóta ismert tény, hogy a napelemek és szélérőművek elterjedése vitathatatlanul fontos a környezetterhelés csökkentése és a helyi energiafüggetlenség növelése szempontjából. Jelenleg szuperkondenzátor, vízbontás, azaz zöld hidrogén, gravitációs vízenergia, víz és gőz kísérletek folynak, de a hatásfok, a biztonsági kérdések, és esetenként a fizikai méretek okán egyelőre nehezen helyettesíthető az akkumulátoros energiatárolás. A jelenlegi, elektromos áram tárolására használt akkumulátorok élettartama véges, kiviteltől függően 5-8 év, azok tömeges elterjedését követően a már nem kellően hatékony egységek környezetkímélő újrahasznosítására pedig jelenleg nincs megfelelő technológia. A kizárólag akkumulátoros rendszerek telepítése és üzemeltetése a hálózattól távol eső helyen olyan műszaki kockázatokkal jár, amelyek a rendszer élettartamát jelentősen csökkenthetik, továbbá költségvonzatuk is kiemelkedően magas. Ezek élettartamát befolyásolhatja azok minősége, a használati mintázat (40-80% töltés vehető ki), a töltési-, kisütési sebesség, hőmérséklet, tárolási körülmények. Esetükben a megtermelt energia időben változó, területenként eltérő módon periodikus és/vagy sztochasztikus. További problémát jelent, amikor ezen energiatermelő egységeket a hatékonyság okán hálózatba próbálják kötni, ami indokolt, mivel a megtermelt energiát nem minden esetben lehet kellő hatékonysággal – a lehető legkevesebb konverziós veszteséggel – eltárolni. A projekt olyan önálló egység létrehozását célozza, mely sziget üzemben alkalmas zöld energia előállítására és tárolására szabványos konténeren (energiasziget) belül, az energiafüggés jelentős csökkentése érdekében. Az energiasziget képes kielégíteni a helyben jelentkező elektromos- és hőigényt, legyen szó akár meleg- vagy hideg energiáról. Az energiasziget jelentős előnye a már piacon elérhető energiatároló megoldásokhoz képest, hogy kisméretű, könnyen telepíthető (áthelyezhető), a telepíteni kívánt helyszín éghajlati adottságaihoz konfigurálható (skalázható) a rendszer az energiatermelés maximalizálása érdekében. A fejlesztés alapját a nap- és szélenergia felhasználása adja, de felismerve ezek időszakos és változó természetét, olyan tárolási megoldásokat is bevezetésre kerülnek, amelyek lehetővé teszik a megtermelt energia hatékony hasznosítását. A tervezett rendszer képes lesz elektromos áram előállítására napelemek és szélgenerátorok segítségével. A megtermelt, de azonnal fel nem használt energiát a rendszer képes lesz hatékonyan eltárolni kémiai-, mechanikai- valamint hőenergiában, hogy azt későbbi felhasználásra is rendelkezésre álljon. Az energia tárolását nagy nyomású levegőben, mint mechanikai potenciális energiaként, valamint megfelelő hőkapacitású anyagokban hőenergia formájában tároljuk. A projekt egy monitorozó

szenzorrendszer és vezérlő egységek kifejlesztését is magában foglalja, amelyek segítenek az energiaszolgáltatások hatékonyabb irányításában és monitorozásában. A rendszer képes az energiatermelést és tárolást összehangolni, így növelve az ellátás biztonságát, a hatékonyságot és a fenntarthatóságot. A pneumatikus energiatárolásnak köszönhetően olyan berendezések és szerszámok is működtethetők a segítségével, melyek sűrített levegővel működnek. Az energiasziget célzottan olyan helyszínekre szánt berendezés, ahol vagy nincs kiépített energetikai hálózat, vagy a hálózat sérült, bizonytalan, kiszámíthatatlan működésű. Az energiasziget nem függ külső hálózattól, önállóan képes energiát termelni, tárolni és azt a közvetlen környezetében rendelkezésre bocsátani. Tökéletesen alkalmas infrastrukturális beruházások támogatására környezetkímélő módon, ugyanis kis-, közepes- és nagy építési beruházásokat is képes környezetkímélő módon ellátni megújuló energiával. A rendszer jellegéből fakadóan kellően robusztus, karbantartási igénye minimális, a rendszer összetevőinek élettartama hosszú, ideális esetben eléri a 25 évet. Mivel az energiasziget részegységeinek túlnyomó része felújítható, kifejezetten környezetkímélő megoldásról van szó.

Projekttervezési munkám megkezdésével egy időben az alábbi hipotézisek kerültek megfogalmazásra:

- H1. Műszakilag megvalósítható olyan szigetüzemben működő, skálázható, zöld energiatermelő és -tároló rendszer, mely energiahálózatoktól távol is üzemeltethető.
- H2. Megalkotható olyan projekt ütemterv, melynek segítségével a fejlesztés két év alatt végrehajtható.
- H3. A kidolgozott műszaki- és üzleti terv alkalmas arra, hogy független bírálatot követően pénzügyi támogatásban részesüljön.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

Munkám megkezdéséhez mind műszaki, mind projektmenedzsment területen át kellett tekintenem azokat az irodalmakat, melyek segítséget nyújthattak a feladat végrehajtásához.

### 2.1. Szakmai és tudományos irodalmak

Xing Luo, Jihong Wang, Mark Dooner és Jonathan Clarke<sup>1</sup> a "Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation" című cikkben az elektromos energiatárolási technológiák jelenlegi fejlődésének áttekintését és alkalmazási lehetőségeit mutatja be a villamosenergia-rendszerek üzemeltetésében. Leírják, hogy a villamosenergia-termelés világszerte drámai változásokon megy keresztül az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése és a vegyes energiaforrások bevezetésének szükségessége miatt. A villamosenergia-hálózatnak nagy kihívásokkal kell szembenéznie az átvitel és az elosztás terén, hogy kielégítse a kiszámíthatatlan napi és szezonális ingadozásokkal járó keresletet. Az elektromos energiatárolás elismert olyan alaptermék, amely nagy lehetőségeket rejt magában a kihívások kezelésében, és amelynek során az energiát az alkalmazott technológiától függően egy bizonyos állapotban tárolják, és szükség esetén elektromos energiává alakítják át. A lehetőségek széles választéka és az összetett jellemző mátrixok azonban megnehezítik egy adott elektromos energiatárolási technológia értékelését egy adott alkalmazáshoz. A cikk ezt a problémát kívánja enyhíteni azáltal, hogy átfogó és világos képet ad a rendelkezésre álló legmodernebb technológiákról, és arról, hogy ezek hol lennének alkalmasak az energiatermelő és -elosztó rendszerbe való integrálásra. A tanulmány a fontos elektromos energiatárolási technológiák működési elveinek, műszaki és gazdasági teljesítményjellemzőinek, valamint jelenlegi kutatásának és fejlesztésének áttekintésével kezdődik, a tárolt energia típusa alapján hat fő kategóriába sorolva. Ezt követően az áttekintett technológiák átfogó összehasonlítása és alkalmazási lehetőségeinek elemzése is megtörténik. Hui Meng, Meihong Wang, Olumide Olumayegun, Xiaobo Luo és Xiaoyan Liu<sup>2</sup> a "Process design, operation and economic evaluation of compressed air energy storage (CAES) for wind power through modelling and simulation" című cikkben a sűrített levegős energiatárolás

---

<sup>1</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914010290>

<sup>2</sup> <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148119300436>

(CAES) folyamattervezéseét, üzemeltetését és gazdasági értékelését mutatják be szélenergiához kapcsolódóan modellezés és szimuláció segítségével. A sűrített levegős energiatárolás (CAES) fontos szerepet játszhat a villamosenergia-kínálat és -kereslet kiegyensúlyozásában, ha az ingadozó szélenergiához kapcsolódik. A tanulmány célja, hogy folyamatszimulációval vizsgálja egy CAES-rendszer tervezését és működését szélenergia esetén tervezési és terven kívüli körülmények között. A kompresszorok, a turbinák és a CAES-rendszer szelerőművekhez való felhasználására szolgáló, továbbfejlesztett állandósult állapotú modelleket fejlesztettek ki Aspen Plus® programban, és validálták azokat. A kavernák pszeudodinamikai modelljét Excelben fejlesztették ki. A kompresszorok és turbinák jelleggörbéit használták a modellfejlesztés során a folyamatelemzéshez. A terven kívüli elemzés során megállapították, hogy a szélenergia hasznosítására szolgáló CAES-rendszer változó tengelyfordulatszámú üzemmódban több felesleges szélenergiát hasznosít (49,25 MWh), több sűrített levegőt tárol (51,55 103 kg), több villamos energiát termel (76,00 MWh) és hosszabb kisütési időt biztosít, mint az állandó tengelyfordulatszámú üzemmódban. Az Aspen Process Economic Analyser® segítségével elvégezték a villamosenergia-szintű költségeken alapuló gazdasági értékelést (LCOE), és megállapították, hogy a CAES-rendszer LCOE-je a változó tengelyfordulatszámú üzemmódban a szélenergia hasznosítására alacsonyabb, mint az állandó tengelyfordulatszámú üzemmódban.

Jin-Long Liu és Jian-Hua Wang<sup>3</sup> a "Thermodynamic analysis of a novel tri-generation system based on compressed air energy storage and pneumatic motor" című tanulmányban sűrített levegős energiatároláson és pneumatikus motoron alapuló új háromgenerációs rendszer termodinamikai elemzését írja le. A sűrített levegős energiatárolás és a pneumatikus motor (PM) alapján ebben a tanulmányban egy új háromgenerációs rendszert (hőenergia, mechanikai energia és hűtési teljesítmény) javasolunk. Mind az éjszaka termelt olcsó villamos energia, mind az instabilitás miatt nem szállított megújuló energiából származó többletenergia sűrített levegő és melegvíz formájában tárolható a javasolt rendszerben. Amikor nagy az energiaigény, az ebben a rendszerben tárolt sűrített levegő felszabadul a PM meghajtására, hogy mechanikai energiát termeljen. A PM-ből kiáramló levegő értékes hűtési energiaként tovább hasznosítható. A hagyományos CAES-rendszerekkel összehasonlítva a javasolt rendszer legnagyobb jellemzője, hogy a rendszerint elhagyott kiáramló levegőt hűtési

---

<sup>3</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544215011317>

energiaként használják fel. A rendszer teljesítményének tanulmányozása érdekében termodinamikai elemzést és kísérleti vizsgálatot végeznek. A termodinamikai modellt a kísérleti adatok validálják. Az érvényesített termodinamikai modell segítségével elemzik a mechanikai energiateljesítményt, a hűtési kapacitást és a kilépő levegő hőmérsékletét, valamint a rendszer hatékonyságát. Az elméleti elemzés azt mutatja, hogy az elvezetett levegő kiegészítő alkalmazása 20-30%-kal javíthatja a teljes energiahatékonyságot. Ezért ezt a rendszert érdemes megfontolni.

M. Minutillo, A. Lubrano Lavadera és E. Jannelli<sup>4</sup> "Assessment of design and operating parameters for a small compressed air energy storage system integrated with a stand-alone renewable power plant" című cikkükben egy kis, sűrített levegős energiatároló rendszer tervezési és működési paramétereinek értékelését mutatják be egy önálló megújuló erőműbe integrálva. A megújuló energiarendszerek támogatása az elosztott energiatermelés területén a hatékony energiatároló rendszerek fejlesztéséhez kapcsolódik. Ez a tanulmány egy olyan fotovoltaiikus energiarendszer viselkedését és teljesítményét elemzi, amely egy adiabatikus CAES egységgel integrálva egy kisméretű, hálózaton kívüli BTS bázis adó-vevő állomás elektromos energiát szolgáltat, kizárólag megújuló erőforrás felhasználásával. A CAES-rendszer adiabatikus állapotát egy termikus energiatároló egység megvalósításával biztosítják, amely visszanyeri a hűtőközi sűrítésből származó hőt a fűtőközi bővülés kielégítésére, további fosszilis tüzelőanyagok felhasználása nélkül. Az energiarendszert úgy is tervezték, hogy a turbina kimeneténél a hideg levegő (3°C) hűtőhatást fejtsen ki, ami hasznos a távközlési berendezések hűtéséhez. E tanulmány célja az erőmű optimális működési paramétereinek értékelése az átlagos tárolási nyomás és a légtartály üzemi nyomástartománya tekintetében, figyelembe véve az erőmű három különböző éghajlati övezetben történő telepítését. Az elemzést néhány teljesítményparaméter, például a rendszer tárolási hatékonysága, az energiaellátási tényező és a hűtésellátási tényező bevezetésével végeztük el. Az eredmények rávilágítottak arra, hogy a legjobb teljesítményt a légtartály legalacsonyabb átlagos nyomásának és legmagasabb üzemi nyomástartományának megválasztásával lehet elérni.

Hao Sun, Xing Luo és Jihong Wang<sup>5</sup> "Feasibility study of a hybrid wind turbine system – Integration with compressed air energy storage" című tanulmányukban hibrid szélturbinás

---

<sup>4</sup> <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352152X15300207>

<sup>5</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914006680>

rendszer megvalósíthatósági tanulmányát ismertetik, melynek lényegi része a sűrített levegős energiatárolással történő integrálás. Véleményük szerint a szelet a folyamatosan növekvő energiaigény kielégítése és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére irányuló célok elérése érdekében a villamosenergia-termelés egyik legfontosabb reális, tiszta energiaforrásként ismerik el. A szélenergia hasznosítása azonban elkerülhetetlen kihívást jelent, amely a szél időszakosságából adódik. Ennek megoldása érdekében a tanulmány bemutatja a Warwickban a közelmúltban végzett kutatómunkát, amely egy új hibrid rendszer megvalósíthatósági tanulmányát vizsgálta egy szélturbina és egy sűrített levegős energiatároló integrálásával. A hibrid rendszeren belüli energiaintegrációhoz mechanikus átviteli mechanizmust terveztek és valósítottak meg. Egy spirál-expanzort fogadnak el, amely levegő-gép energiaátalakítóként szolgál, és amely a tárolt sűrített levegőből általánosítva további hajtóerőt tud továbbítani a turbina tengelyére a szélenergia ingadozásának kiegyenlítésére. A teljes hibrid folyamatra matematikai modellt fejlesztettek ki, és a megfelelő kooperatív műveletekre vonatkozó szabályozási stratégiát vizsgálták. A koncepció bizonyítására prototípus tesztberendezés épül a javasolt mechanizmus megvalósítására. A szimulált és kísérleti vizsgálatokból az energiaátalakítási hatékonyság elemzése történik, miközben a rendszer különböző működési feltételeket és üzemmódokat tapasztal. Bebizonyosodik, hogy a javasolt hibrid szélturbina-rendszer műszakilag megvalósítható.

A. Priyadi, M. Pujiantara és M. H. Purnomo<sup>6</sup> "Sizing Compressed-Air Energy Storage Tanks for Solar Home Systems" című cikkükben sűrített levegős energiatároló tartályok méretezését mutatják be napelemes háztartási méretű rendszerekhez. Az napelemes házi rendszerek általános problémája a kémiai tároló akkumulátor élettartama. Ebben a tanulmányban a sűrített levegős energiatároláson alapuló napelemes háztartási méretű rendszerek modelljét fejlesztésének eredményeit mutatják be és szimulálják, hogy meghatározzuk a tárolótartály méretét a szükséges terhelés és üzemidő függvényében. A szimulációs modellhez ipari légmotorokat és állandó mágneses egyenáramú generátor specifikációkat használtak.

Mohsen Besharat, Sandra C. Martins és Helena M. Ramos<sup>7</sup> „Evaluation of nergy recovery in compressed aur energa storage (CAES) systems” című cikkükben az energia-visszanyerés értékelését mutatják be a sűrített levegőtároló rendszerekben. Álláspontjuk szerint a

---

<sup>6</sup> <https://www.researchgate.net/publication/274898992>

<sup>7</sup> <https://www.researchgate.net/publication/270896130>

megújuló energiatermelés fokozása különösen az európai országokban megköveteli, hogy bizonyos problémákra megfelelő megoldásokat dolgozzanak ki. Az említett problémák a megújuló energiaforrások időbeli változékonyságával kapcsolatosak. Ezért a megújuló energiaforrások felhasználásával történő energiatermelés jövője szempontjából létfontosságúnak tűnik, hogy hatékonyabb energiatároló rendszereket találjunk a kereslet ingadozásának csökkentésére. A sűrített levegős energiatároló rendszerek (CAES) környezetbarát, biztonságos és nagy hatékonyságú rendszerekként működnek az energiatárolás és a tárolt energia visszanyerése céljából. A nagy CAES-rendszerek hatalmas földalatti tartályokat igényelnek, míg a kis tartályokkal rendelkező mikroCAES-rendszerek alkalmazkodóbb megoldást jelenthetnek az alacsony áramlási viszonyok esetén.

Ebben a tanulmányban egy mikro-CAES-rendszerrel kapcsolatos kutatás fő irányvonalai kerülnek bemutatásra, amely magában foglalja az energia-visszanyerés kísérleti modellezését. Egy csapdába zárt levegős kísérleti rendszert használnak CAES-rendszerként a mozgási energia potenciális energiává történő átalakítására, amelyet egy tartályban tárolnak. A mikro-CAES rendszerben (ahol egy légzseb van bezárva) nagynyomású tranziens áramlás jön létre, hogy a levegő összenyomásával energiát halmozzon fel, és azt egy légtartályba mozgatja, mielőtt a bezárt légzseb elkezd fel szabadítani a felhalmozott energiát tágulással, rugóként viselkedve. A cikkben bemutatásra került a tárolt és visszanyert energia mennyiségének értékelése.

Andrea L. Facci, David Sánchez, Elio Jannelli és Stefano Ubertini<sup>8</sup> a "Trigenerative micro compressed air energy storage: Concept and thermodynamic assessment" című tanulmányukban a trigeneratív mikro sűrített levegős energiatárolást mutatják be a koncepcióval és termodinamikai értékeléssel együtt. Az energiatárolás a megújuló és fenntartható energiával kapcsolatos kutatások egyik élvonalbeli területe. Az időszakos megújuló energiaforrások, mint például a szél és a nap, tömeges kiaknázása hatékony mechanikus energiatároló rendszerek bevezetését teszi szükségessé. Ebben a tanulmányban bemutatják a sűrített levegős rendszeren alapuló trigeneratív energiatárolás koncepcióját. A vizsgált üzem az adiabatikus sűrített levegős energiatároló egyszerűsített konstrukciója, és egyszerre akumulál mechanikai és termikus (hideg és meleg) energiát. Elképzelésük szerint lehetőség nyílik egy viszonylag kis méretű trigeneratív sűrített levegős energiatároló megvalósítására, amelyet az elosztott energiatermelés paradigmájának megfelelően az

---

<sup>8</sup> [dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.026](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.026)

energiaigény közelében lehet elhelyezni. Ismertetik az üzem koncepcióját, és meghatározzák a termodinamikai viselkedését befolyásoló összes lényeges paramétert. A legfontosabb technológiai kérdésekkel, például a kompresszor, a tágító és a hőcserélők megfelelő kiválasztásának irányelveivel is foglalkoznak. Eredményeik azt mutatják, hogy a T-CAES érdekes potenciállal rendelkezhet olyan elosztott rendszerként, amely a villamos energia tárolását hő- és hűtési energiatermeléssel kombinálja. Azt is megmutatják, hogy a teljesítményt jelentősen befolyásolják bizonyos üzemeltetési és tervezési paraméterek, amelyek valós alkalmazásokban való megvalósíthatóságát figyelembe kell venni.

Laijun CHEN, Tianwen ZHENG, Shengwei MEI, Xiaodai XUE, Binhui LIU és Qiang LU<sup>9</sup> "Review and prospect of compressed air energy storage System" című cikkükben a sűrített levegő energiatároló rendszer felülvizsgálatát és kilátásait tárgyalják. Véleményük szerint az energiatárolási technika, mint a terhelésáthelyezés hatékony megközelítése, a megújuló energiák, például a szél- és napenergia termelésének elősegítése, fontos szerepet játszik a kis hálózatban és az energiainternetben. A sűrített levegős energiatárolás (CAES) ígéretes energiatárolási technológia tisztasága, nagy hatékonysága, alacsony költsége és hosszú élettartama miatt. Ez a tanulmány áttekinti a CAES legmodernebb technológiáit, és igyekszik bemutatni a CAES alapelveit, osztályozását és működési módjait. A CAES kritikus alrendszerei kimerítően kidolgozottak. Összefoglalja az alkalmazási kilátásokat és a további kutatási irányokat, hogy elősegítse a CAES népszerűsítését az intelligens hálózatban.

Miroslav P. Petrov, Reza Arghandeh és Robert Broadwater, a Proceedings of the ASME 2013 Power Conference rendezvényen tartott "Concept and application of disturbed compressed air energy storage Systems integrated in utility networks" című előadásukban a közüzemi hálózatokba integrált, elosztott, sűrített levegős energiatároló rendszerek koncepcióját és alkalmazását mutatták be. A téma nem közvetlenül kapcsolódik a fejlesztés tárgyához, azonban nagyon érdekes kitekintést nyújt a hálózati integráció kihívásaira. Úgy látják, hogy az elosztott energiatárolást a megújuló energiaforrásokon alapuló kisléptékű energiatermelés értékes és gyakran nélkülözhetetlen kiegészítője. A keresleti oldalon elhelyezett kisléptékű energiatárolás lehetőséget adn a teljesítmény jobb kiszámíthatóságára és a kisléptékű, időszakosan változó energiatermelők könnyebb integrálására a működő villamosenergia-piacokba, valamint a villamosenergia-csúcsok lefaragására, a váratlan események és

---

<sup>9</sup> J. Mod. Power Syst. Clean Energy (2016) 4(4):529–541 | DOI 10.1007/s40565-016-0240-

áramkimaradások enyhítésére, a helyi hálózatok átviteli veszteségeinek csökkentésére, a nyereség optimalizálására és általában a megújuló energiatermelés közüzemi ellenőrzésének szigorítására. A megfizethető költségű és alacsony környezeti lábnyomú elosztott energiatárolás szükséges előfeltétele a megújuló energia szélesebb körű elterjedésének és a helyi hálózatokba való mélyebb behatolásának. Az elosztott sűrített levegős energiatároló rendszerek (DCAES) a lakóházakba, középületekbe vagy kereskedelmi épületekbe telepített megújuló energiatermelőkkel kombinálva életképes alternatívát jelentenek a nagyméretű energiatárolással szemben, ráadásul alacsonyabb fajlagos beruházást ígérnek, mint az akkumulátorok, ha tömeges piac jön létre. A DCAES-egységekre rugalmas vezérlési módszerek alkalmazhatók, amelyek eredményeként egy komplex rendszer akár önállóan, otthoni energiaellátás céljából, akár egységes és központilag vezérelt, közüzemi méretű energiatároló egységként működhet. E tanulmány célja a plauzibilis elosztott sűrített levegős energiatároló egységek koncepciójának megalkotása, gyakorlati megvalósíthatóságuk vizsgálata és viselkedésük elemzése, valamint a lehetséges szabályozási stratégiák kidolgozása a hálózatba integrált megújuló energiaforrások optimális kihasználása érdekében kis léptékben. Az eredmények azt mutatják, hogy viszonylag egyszerű megoldásokkal 70% körüli teljes energiatárolási hatékonyság érhető el, amely kevesebb technikai kihívást és alacsonyabb fajlagos költségeket kínál, mint a hasonló elektromos akkumulátoros rendszerek. A diszpozitivitás javítását célzó intelligens terheléskezelés a nyereség optimalizálásával további előnyöket hozhat, és jelentősen csökkentheti a megtérülési időt.

Erren Yao, Huanran Wang, Ligang Wang, Guang Xi és François Maréchal<sup>10</sup> "Thermo-economic optimization of a combined cooling, heating and power system based on small-scale compressed air energy storage" című cikkükben kisméretű sűrített levegős energiatároláson alapuló kombinált hűtési, fűtési és energiaellátási rendszer termo-gazdasági optimalizálását mutatják be. Véleményük szerint az energiatároló rendszerek fontos szerepet játszanak a megújuló energiák fluktuációjának kezelésében, mivel ezek egyre nagyobb mértékben jelennek meg az energiapiacon. A mesterséges levegőtartályokkal működő kisméretű sűrített levegős energiatárolás (CAES) javíthatja az energiarendszer ellátási kapacitását és a megújuló energia felhasználását azáltal, hogy a csúcsidőn kívüli időszakban tárolja a többletenergiát, és felszabadítja azt a csúcsidőn belüli energiaellátáshoz, és ígéretesebbé válik az elosztott

---

<sup>10</sup> [dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.087](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.087)

energiarendszerek számára. A diabatikus CAES esetében a hó általában nem hasznosítható hatékonyan, és a turbina alacsony belépő hőmérséklete egy adiabatikus CAES-ben (A-CAES) általában alacsony kisülési hatékonysághoz vezet. E problémák megoldása érdekében ebben a tanulmányban egy új, kisméretű CAES-en alapuló kombinált hűtési, fűtési és energiaellátási rendszert (CCHP) javasolnak. Az elvégzett érzékenységi elemzésük is azt mutatja, hogy a hőcserélő hatékonysága, valamint a turbina bemeneti levegő hőmérséklete és nyomása nagy hatással van a rendszer termodinamikai teljesítményére. Ezután a termodinamikai és a gazdasági teljesítmény közötti kompromisszumot egy evolúciós többcélú algoritmus segítségével vizsgálják.

Song Lv, Wei He, Aifeng Zhang, Guiqiang Li, Bingqing Luo és Xianghua Liu<sup>11</sup> "Modelling and analysis of a novel compressed air energy storage System for trigeneration based on electrical energy peak load shifting" című tanulmányukban újszerű sűrített levegős energiatároló rendszer modellezését és elemzését mutatják be a villamos energia csúcsterhelés-áthelyezésén alapuló háromgenerációs energiatermeléshez kapcsolódóan. Álláspontjuk szerint a sűrített levegős energiatárolás (CAES) nagymértékben hozzájárult mind a villamos energia, mind a megújuló energia előállításához. A csökkentett energiafogyasztás és a villamosenergia-közművek nyomásának hatékony enyhítésére törekedve ebben a tanulmányban egy új, CAES-en alapuló háromgenerációs rendszert javasolnak a hűtésre, fűtésre és villamosenergia-termelésre a villamos energia csúcsterhelésének áthelyezésével. A hűtési energiát a sűrített levegő közvetlen tágításával állítják elő, a fűtési energiát pedig a sűrítés és tárolás során nyerik vissza. A tipikus CAES működési elve alapján a termodinamikai rendszermodellek elméleti elemzése és a rendszer jellemzőinek elemzése történik. Az energetikai és gazdasági teljesítmény értékelésére használt új módszert javasolnak. Esettanulmányt végeznek, és megvitatják a javasolt rendszer gazdasági-társadalmi és műszaki megvalósíthatóságát. Az eredmények azt mutatják, hogy a trigenerációs rendszer viszonylag alacsony nyomáson hatékonyan működik, és a hatékonyság várhatóan eléri a 76,3%-ot, ha a levegőt 15 barral sűrítik és engedik ki. Az éves pénzbeli költségmegtakarítás évente körülbelül 53,9%. Ezen kívül a javasolt rendszerrel kapcsolatos általános megfontolások is bemutatásra kerülnek.

---

<sup>11</sup> <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890416311839>

## 2.2. Projekttervezéshez kapcsolódó irodalmak

A projektek tervezése összetett feladat. Munkám megkezdése előtt áttekintettem a leginkább releváns és hasznos magyar nyelvű irodalmakat. Kisgyörgy Tamás, Projektmenedzsment módszertan (ISBN: 9789632785070) könyvében részletesen bemutatja a projektmenedzsment különböző módszereit, és gyakorlati példákkal illusztrálja, hogyan lehet azokat alkalmazni különböző iparágakban. A szerző kiemeli a tervezési szakasz fontosságát, a kockázatmenedzsmentet és az erőforrás-tervezést, külön hangsúlyt helyezve a kutatás-fejlesztési projektek sajátosságaira. Tóth Mihály, Projekttervezés lépésről lépésre (ISBN: 9789632619870) A könyvében végigvezeti az olvasót a projekttervezés alapvető lépésein, az ötlet megszületésétől egészen a végrehajtásig. Kiemelt figyelmet fordít a célkitűzések meghatározására, a munkaszakaszok lebontására és az időtervezésre. Ideális választás azoknak, akik szeretnék átlátni a projektmenedzsment folyamatát kezdők és haladók számára egyaránt. Györfi András, Agilis projektmenedzsment című könyvében (ISBN: 9789630592090) az agilis módszertanokra fókuszál, különös tekintettel az IT és kutatás-fejlesztési projektekre. Részletesen tárgyalja az agilis keretrendszereket, mint a Scrum és a Kanban, valamint bemutatja, hogyan lehet ezekkel hatékonyan tervezni és irányítani a projekteket, miközben folyamatos visszajelzésekkel biztosítja a fejlesztés irányát és minőségét.

Hasznosnak találtam a PMBOK Guide - Projektmenedzsment útmutatót (ISBN: 9789630584012), mely úgy is tekinthető, mint a projektmenedzsment alapműve, amelyet a Project Management Institute (PMI) ad ki. Részletesen ismerteti a projektvezetés folyamatait és tudásterületeit, például integráció, terjedelem, ütemezés, költség, minőség, kockázatkezelés. Az öt fő fázisra bontott struktúra segíti az olvasókat a különböző menedzsmentfolyamatok megértésében. Munkám során inspirált még Verzuh, Eric, Projektmenedzsment - Praktikus kézikönyve (ISBN: 9789633046820) is, ami a komplex projektek tervezéséhez és irányításához nyújt gyakorlati útmutatást. Bemutatja a modern projektmenedzsment technikákat, például az ütemezést, kockázatkezelést, költségbecslést, és segítséget nyújt különféle eszközökkel.

A nemzetközi szakmai és tudományos irodalom igen széles a projektmenedzsment területén. Munkám során használtam Lory Mitchell Wingate, Project Management for Research and Development (ISBN: 9781466596290) munkáját, mely kifejezetten a K+F projektek igényeire szabott megközelítéseket mutat be. Wingate gyakorlati tanácsokat ad az innováció kezelésére és a projektek strukturálására, fókuszálva a kockázatkezelésre és az adaptív projekttervezésre.

A könyv különösen hasznos azoknak, akik összetett, multidiszciplináris projektekkel foglalkoznak, és szeretnék növelni az eredményességüket a gyorsan változó piaci környezetben. Ron Basu, *Managing Projects in Research and Development* (ISBN: 9781138786241 (nyomtatott), 9781315593616 (e-könyv)) munkája a K+F projektek kihívásaira fókuszál, bemutatva a projektciklus különböző fázisait, a költség, idő és minőség kezelését, valamint a kockázatmenedzsmentet. A szerző gyakorlati tapasztalatokkal és esettanulmányokkal egészíti ki az elméleti ismereteket, különösen az operatív kiválóság elérésében nagyvállalati környezetben. Thomas J. Baker, *Research Project Success: How to Create and Conduct Effective Research Projects* (ISBN: 9781547401321) könyve elsősorban a kutatási projektek sikeres végrehajtására összpontosít. Baker részletesen tárgyalja a tervezés, az időbeosztás, a költségvetés és az eredmények mérésének módszereit. Az útmutató különös hangsúlyt fektet a kutatási kérdések helyes megfogalmazására és az adatelemzés pontos végrehajtására, amely elengedhetetlen a K+F projektek esetében. Eric Ries, *The Lean Startup: How Constant Innovation Creates Radically Successful Businesses* (ISBN: 9780307887894) munkája inkább a startupokra koncentrál, a benne bemutatott "lean" módszertan jól alkalmazható a K+F projektekben is, különösen a kísérletezés és a folyamatos visszacsatolás elveinek követése során. A szerző bemutatja, hogyan lehet minimalizálni a pazarlást, gyorsan tesztelni az ötleteket és iteratív módon fejleszteni a termékeket, ami értékes lehet a K+F projektmenedzserek számára is. Nagyon érdekesnek találtam Harold Kerzner, *Innovation Project Management: Methods, Case Studies, and Tools for Managing Innovation Projects* (ISBN: 9781119587293) munkáját, melyben az innováció menedzsmentre összpontosít, bemutatva a legújabb módszereket és eszközöket, amelyek segítenek az innovációs projektek sikeres megvalósításában. A könyv számos esettanulmányt tartalmaz, amelyek a K+F projektek során felmerülő kihívásokra és azok megoldására világítanak rá, így értékes forrás a gyakorló projektmenedzserek számára.

### 3. Anyag és módszer

Munkám során a műszaki projektmenedzsment általam megismert elemeit használtam fel. Mivel ebben az esetben a tervezéstől a piaci értékesítésig tart a projekt, figyelembe kellett vennem a projektciklusokat, meg kellett adnom a projekteredmény behatárolását, ki kellett dolgoznom az idő-erőforrás- és költségtervet. A projektterv kidolgozása során a megvalósíthatóság különlegesen fontos szempont volt, ennek megfelelően a technológiai sajátosságokat is figyelembe kellett vennem, azok jogszabályi vetületével együtt. A tervezés eddig megvalósult fázisában egyszerűsített Gantt diagramot állítottam össze a projektfeladatok könnyebb áttekinthetősége érdekében (1. táblázat).

A kidolgozott műszaki-tudományos tervek összeállítása mellett a forrásszerzési feladat sikeres végrehajtásához a Frascati kézikönyvben leírtak mellett a Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia (S3) – 2021-2027 tartalmával is tisztában kellett lennem.

#### 3.1. Frascati kézikönyv - A kutatás-fejlesztés elfogadott nemzetközi definíciói<sup>12</sup>

Az OECD 1963 júniusában rendezte meg a kutatás és fejlesztés (K+F) statisztika nemzeti szakértőinek találkozóját az olaszországi Frascati városban lévő Villa Falcioneriben. E találkozó eredményeként született a „JAVASLAT A KUTATÁS ÉS KÍSÉRLETI FEJLESZTÉS FELMÉRÉSEINEK EGYSEGES GYAKORLATÁRA” című dokumentum első hivatalos változata, amelyet Frascati kézikönyv néven emlegetnek. Az 1994-ben megjelent ötödik kiadás óta a K+F-re és az innovációra mint a tudásalapú gazdaság kulcsfontosságú elemeire fordítottak egyre nagyobb figyelmet. E fontos terület nyomon követéséhez szükségesek a megbízható és összehasonlítható statisztikai adatok és mutatók. A jelen hatodik kiadás arra törekszik, hogy megszilárdítsa a különféle módszertani ajánlásokat és irányelveket, különös tekintettel a szolgáltatási szektor K+F statisztikájának tökéletesítésére, valamint a K+F emberi erőforrásokra vonatkozó adatok részletesebbé tételére. Minthogy a globalizáció nagy kihívást jelent a K+F felmérések számára, a kézikönyv néhány változtatást javasol az osztályozás terén felvetődött problémák megoldása érdekében. A kézikönyv a nemzeti innovációs rendszerek statisztikai elemzésével fokozni kívánja a tudomány és a technológia szerepének jobb megértését. A kézikönyv a K+F nemzetközileg elfogadott definícióival és tevékenységei osztályozásával hozzájárul a tudomány- és a technológiapolitika .legjobb gyakorlatáról. folyó

---

<sup>12</sup> <https://nkfi.gov.hu/hivatalrol/jogelod-szervezetek/frascati-kezikonyv>

kormányközi eszmecseréhez. A Frascati kézikönyv nem csupán az OECD-tagországokban folyó K+F számára irányadó. Az OECD, az UNESCO, az Európai Unió és számos regionális szervezet kezdeményezésére a világszerte folyó K+F felmérések szabványává is vált.

### **3.2. Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia (S3) – 2021-2027<sup>13</sup>**

Az Intelligens Szakosodási Stratégia (Smart Specialization Strategy, azaz S3) egy olyan speciális, területi alapú és specializációs irányok kialakítására fókuszáló szakpolitikai eszköz, amelynek alkalmazása az Európai Unióban a 2014-2020-as időszakban vált általánossá. A 2021-2027 fejlesztési ciklusban az intelligens szakosodási stratégiák célja, hogy végrehajtásukkal hozzájáruljanak az Kohéziós Politika „Intelligensebb Európa az innováció és a gazdasági átalakulás, modernizáció támogatásával” szakpolitikai célkitűzésének megvalósításához. Ehhez a célhoz kapcsolódva az S3 tervezésénél és megvalósításánál hangsúlyt kell helyezni a kutatási és innovációs kapacitások erősítésére, a digitalizációra, a kkv-k növekedésére, valamint az S3-hoz szükséges képességek fejlesztésére. A 2021-2027-es időszakban az S3 feljogosító feltételként jelenik meg a tagországok számára, a stratégiára vonatkozó, az Európai Bizottság által meghatározott feltételeket a ciklus teljes időszaka alatt teljesíteni kell. Tehát a 2014-2020-as ciklussal szemben a jelenlegi S3 nem csupán egy, az időszak szakpolitikai irányait rögzítő stratégia, hanem egy olyan rendszer, amely a vonatkozó szakpolitikai célok megvalósításának kereteit az időszak egészére megszabja.

Magyarország érdeke ugyanakkor, hogy ne csak egy kötelezően teljesítendő feladatként tekintsen az S3-ra. Az S3 egy olyan eszköz, amely hosszú távon hatékonyan képes támogatni a stratégiai célkitűzéseinket a KFI és a gazdaságfejlesztés területén és megalapozza a kohéziós politika hazai forrásainak hatékony felhasználását a következő pénzügyi tervezési időszakban.

---

<sup>13</sup> <https://nkfih.gov.hu/hivatalrol/strategia-alkotas/intelligens-szakosodasi-strategia-s3-2021-2027>

### 3.3. A technológiai készenléti szintek<sup>14</sup>

A technológiai készenléti szint (TRL) keretrendszer a NASA az 1970-es években vezette be, hogy felmérje, feltörekvő technológiája készen áll-e az űrkutatásra. Az 1-től 9-ig terjedő skálát később általánosan alkalmazták a különböző iparági területeken. A 9. szint az alkalmazáskész, kipróbált legfejlettebb technológiának felel meg. Napjainkban számos jelentős innovációs finanszírozási program a technológiai készenléti szint keretrendszerét használja; ide tartoznak az Innovate UK és a Horizon Europe is. A pályázati kiírások gyakran a TRL szintre hivatkoznak.<sup>1</sup> Például az EIC Transition pályázat a TRL 4-5/6 kezdeti szintről induló projekteket támogatja<sup>2</sup>, az EIC Accelerator pedig vegyes finanszírozást nyújt, amely beruházási és támogatási összetevőket is tartalmaz, hogy a TRL 5-8-ról való előrehaladást támogassa. A TRL szintek:

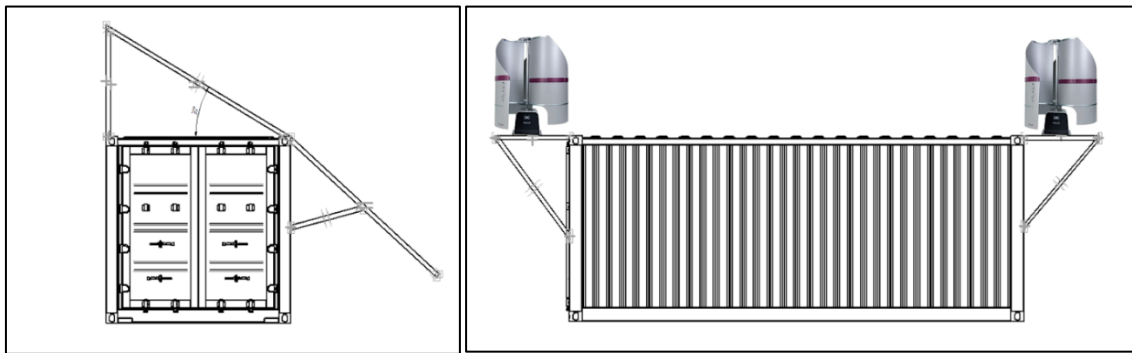
1. Idea – ötlet, elv
2. Basic research.- alapkutatás
3. Technology formulation - technológia kialakítása
4. Applied research. First laboratory tests completed; proof of concept - Alkalmazott kutatás, az első laboratóriumi előállítás
5. Small scale prototype - Kis skálán működő prototípus
6. Large scale prototype - Nagy skálájú prototípus
7. Prototype system - Prototípus rendszer
8. Demonstration system – Demonstrációs rendszer
9. First of a kind commercial system - Kereskedelmi rendszer kialakítása

---

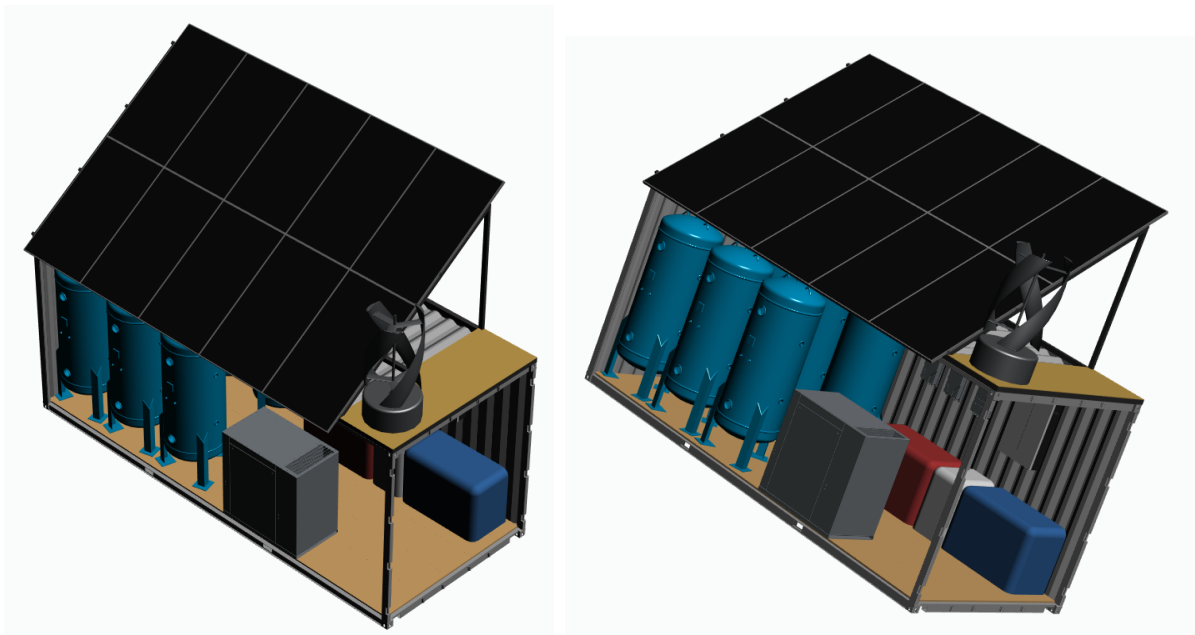
<sup>14</sup> <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi-36ns2MyJAXu2gIHhDvAUUsQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fnkfi.gov.hu%2Fpalyazoknak%2Fnkfi-alap%2Ffokuszterulet%2Fpalyazati-csomag%2Ftrl-szint-utmutato&usg=AOvVaw0K400MVJqsFmj3gTqIGmWZ&opi=89978449>

#### 4. A fejlesztés átfogó ismertetése

A fejlesztési koncepció alapja egy olyan energiatermelő és tároló egység, amely amellet, hogy napelemből és szélkerékből származó energiát közvetlenül képes a felhasználó számára elérhetővé tenni, képes azt tárolni. A fejlesztés sajátosságait is figyelembe véve a rendszer alapja egy 20' konténer, amelyre megfelelő konzolok és tartószerkezetek segítségével napelem panelek és két szélturbina kerül elhelyezésre. A konténeren belül elhelyezésre kerülnek a sűrített levegős tartályok, melyek üzemi nyomása 30 bar. A konténeren belül kap helyet a kompresszor, inverter, továbbá minden a rendszer energiakinyeréséhez és vezérléséhez szükséges rendszerelem. A konténer belsejét megfelelő hő és hangszigeteléssel kell ellátni. Mivel a szállíthatóság is fontos szempont a rendszer vonatkozásában, ezért a szélturbinák és a napelemek a szállításhoz leszerelhetők és a konténeren belül tárolhatók.



1. ábra: A rendszerkoncepció (forrás: saját készítés)



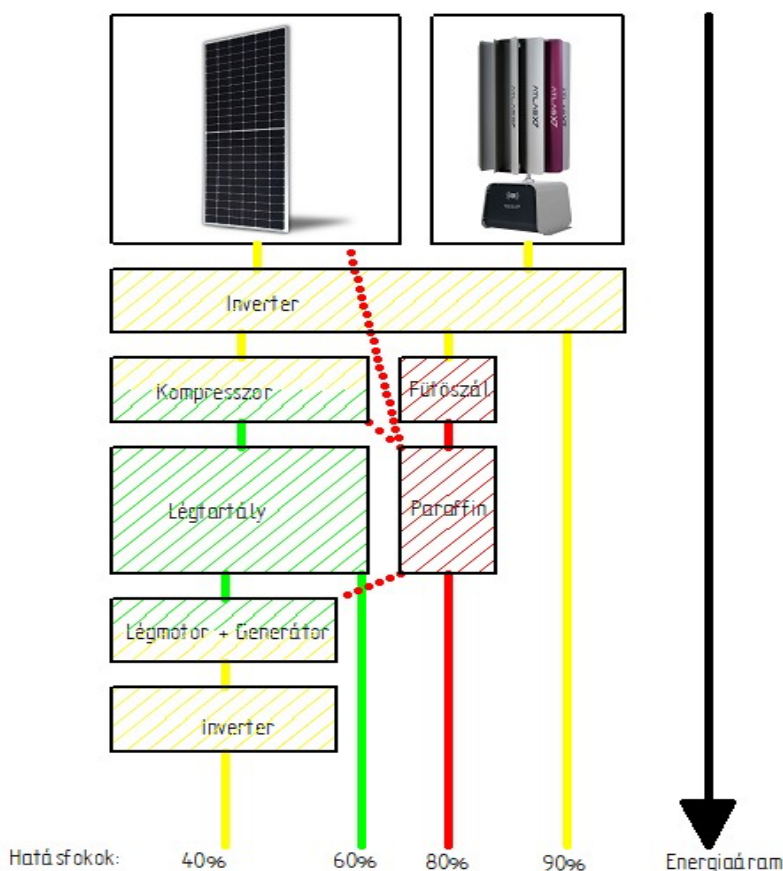
2. ábra: A rendszer látványtervei (forrás: saját készítés)

#### 4.1. A termelés és tárolás folyamata

Az energia tárolása ez esetben nem akkumulátorokban történik, hanem sűrített levegőben, illetve hőenergia tárolása paraffinban. A szélturbinával, illetve a napelemekkel megtermelt villamos energia közvetlenül egy kisméretű, úgynevezett "puffer akkumulátor pakk"-ba kerül, amelyről egy kompresszort működtetünk. A kompresszor feltölti a tartályokat 30bar-os sűrített levegővel. Ezzel párhuzamosan egy fűtőszálon keresztül, egy megfelelően szigetelt tartályban lévő paraffint is felmelegít a termelt energia, így azt hőenergiában tárolhatjuk. Amennyiben a légtartályok és a paraffinos tartály melegítésének energia szükségletén túlmutat a termelt energia, azt a „puffer akkumulátorokban” (10-30kW) tároljuk.

#### 4.2. Energiakinyerés

A sűrített levegőben tárolt energiát úgy tudjuk kivételezni a rendszerből villamos energia formájában, hogy a sűrített levegőt egy turbinára vezetjük rá, amely meghajt egy generátort, így villamos energiát állít elő.



3. ábra: Az energiakinyerés folyamata (forrás: saját készítés)

## 5. A fejlesztés célja

Az előállított zöld energia a piaci szereplők számára lehetőséget biztosít a szükséges energia gazdaságos előállítására és tárolására egy konténeren (energiasziget) belül, az energiafüggés csökkentésére, körültekintő tervezést követően a meglévő vagy tervezett rendszerekhez történő optimális illesztésre, függetlenül attól, hogy háztartási vagy kisebb ipari egységről van szó. A rendszer szigetüzemben működve képes kielégíteni az energia iránti igényt legyen szó elektromos vagy hőenergiáról, energiatermelésről vagy tárolásról, mindamellet, hogy a telepíteni kívánt helyszín éghajlati adottságaihoz konfigurálható (skalázható) a rendszer az energiatermelés maximalizálása érdekében. Komolyabb karbantartást nem igényel, élettartama hosszú, az elemek igen jelentős része pedig felújítható - hosszú távon növelheti az energiabiztonságot. A fejlesztés célja létrehozni egy olyan, szabványos méretekkel rendelkező, ezáltal könnyen szállítható és egyszerűen telepíthető berendezést, amely a kiépített hálózatoktól távol, szigetüzemben, ideiglenesen vagy akár hosszabb időszakon keresztül önállóan képes a helyi igényekhez igazított mennyiségű és minőségű energiát termelni és tárolni. A berendezés segítségével tiszta energiával lehet ellátni és ezáltal fejleszteni olyan területeket, amelyek jelenleg távol esnek a kiépített hálózatoktól, de éghajlati és időjárási sajátosságai lehetővé teszik a megújuló energiatermelést. A fejleszteni kívánt berendezés az ilyen földrajzi adottságok általi sajátosságoknak megfelelően skalázható az energiatermelő rendszereinek tekintetében. Olyan régiókban, ahol a napsütött órák száma szignifikánsan meghaladja a szélturbina működési határértékét meghaladó szeles órák számát, a napelemek számának növelésével hatékonyan skalázható a rendszer energiatermelési kapacitása. A napelemes és szélenergia kombinált rendszerek nem csak az energiatermelő egységek számának növelésével, de az energiátároló kapacitás bővítésével is skalázhatóak. A tárolási technológia kiválasztása a felhasználó energiaigényeitől függően variálható, azok kapacitása ennek mentén skalázható. A megtermelt energia éppúgy hasznosítható közvetlenül villamos áramként, lokális légvezetékek alkalmazásával a sűrített levegő pneumatikus berendezések üzemeltetésére, továbbá a hideg és/vagy meleg energia igény szerint hűtésre és/vagy fűtésre. A berendezés alkalmassá tehető tengervíz sótalanításának támogatására is. Az áramtermeléssel párhuzamosan nagynyomású levegő és hideg-, valamint melegenenergia termelése és tárolása is lehetséges, így a legkülönbözőbb felhasználási területeken lesz alkalmazható. Az energiatermelés forrásai a már bevált napelemek és szélérőművek, melyek kellően robusztus és megbízható alapot adnak a

fejlesztéshez. A kombinált nap- és szélenergiát előállító rendszerek nem számítanak újdonságnak, azonban a megtermelt és a termelés időpontjában fel nem használt energia tárolása a kiépített villamoshálózati infrastruktúrától távol, vagy elszigetelt környezetben rendkívül komoly kihívás. A rendszer magában foglalja az energiatermelő egységeket, a napelemeket és szélgenerátorok, az energiakonverziós elemeket, úgy, mint a kompresszor, a fűtő és a –hűtőmodul, az energiatároló modulokat, vagyis a nagynyomású levegőtároló tartályt, hőenergia-tároló tartályokat továbbá az elektromos energia visszaalakításához kapcsolódó sűrített levegős generátort. Továbbá meg kell alkotni a rendszer részét képező monitorozó szenzorrendszer és az azon alapuló monitoring-, adatgyűjtő-, elemző-, és vezérlő egységeket. A fejlesztés során célul tűztem ki, hogy a létrehozott rendszer élettartama alatt lokálisan ne szennyezze a környezetet, ami a fosszilis üzemanyagokkal működő aggregátorokkal szemben ez komoly előny, továbbá, hogy élettartama végén lényegesen az újrahasznosítható alkatrészek aránya meghaladja a 80%-ot, mely célkitűzés elérésével lényegesen kevesebb veszélyes hulladék keletkezik, mint a pusztán akkumulátorokból álló energiatároló rendszerek esetében. Jelentős piaci igény prognosztizálható a projekt eredmény iránt: az újonnan változó magyar szabályoknak is meg fog felelni, mely szerint 2024 júliusától kötelező lesz „közel nulla energiaigényű” házat építeni. (7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról), valamint a konténeres kialakítású energiasziget iránti piaci igény a területi adottságok eltérősége miatt jelentős nemzetközi jelentőséggel is bír.

### **5.1. A fejlesztés során végrehajtandó feladatok**

A projekt első éve párhuzamosan futó alkalmazott kutatási feladatokkal indul. Végrehajtásra kerül rendszerkoncepció, elemzési és döntési kritérium rendszer kidolgozása, melynek során fókuszba kerül az energia tárolásának, valamint a tárolt energia kivételének módjára is, tovább a rendszer vezérlésének, felügyelésének kivitelezhetőségére is. Ennek eredményeként létre fog jönni a rendszerkoncepció és a döntési kritériumrendszer. A korábban külső szolgáltatótól igénybe venni tervezett, napelem- és szélturbina tartószerkezeteinek gyártásához kapcsolódó, gyártástechnológia-fókuszú szolgáltatás eredménytermékeit, azaz az elemzést és javaslatot a cég munkatársai hozzák létre. Előbbivel párhuzamosan végrehajtásra kerül az energiatermelő megoldások kutatását a rendelkezésre álló alkalmazott kutatási eredmények alapján. A feladat magában foglalja a napelemek és szélkerekek alkalmazási lehetőségeinek

komplex vizsgálatát, kitér azok alkalmazásának hatékonyságra, előnyeire és korlátaira, számba veszi a tárolási lehetőségeket, tekintettel a telepítési helyek, az időjárási feltételek és az energiaigények változásaira is. A fejlesztés időigényének optimalizálása érdekében párhuzamosan kerül végrehajtásra az energia konverziós folyamatok elméleti és alkalmazhatósági vizsgálata, melynek során elvégzésre kerül az energia konverziós folyamatok alkalmazhatóságának elemzése, valamint az elektromos energia sűrített levegővé történő kétirányú átalakításának lehetőségeinek vizsgálata. A feladat eredményeként elkészül az energiakonverziós megoldások vizsgálata (elemzés és javaslattevél). Végrehajtásra kerül továbbá az energiatárolási megoldások komplex vizsgálata, melynek keretében a munkatársak olyan elemzést végeznek, mely magában foglalja az energiakereslet időbeli változásait, a hálózat stabilitás fenntartását, energia veszteség minimalizálását és az energiahatékonyság vizsgálatát. Energiatárolási technológiák áttekintését követően minden technológia előnyeit, hátrányait, valamint az üzemeltetési költségeket és a skálázhatóságot kiértékeljük.

Az alkalmazott kutatási feladatok eredményeit felhasználva a fizikai rendszer tervezése és a tesztelési terv kidolgozása zajlik. A párhuzamosság jelentős időmegtakarítást eredményez, így a fejlesztési folyamat időtartama lerövidíthető. A fizikai rendszer tervezése során megalkotásra kerül a rendszerterv, valamint a fizikai rendszert felépítő főbb rendszerelemek 3D tervei is elkészülnek. Energetikai számítások kerülnek elvégzésre annak érdekében, hogy a tárolható energiamennyiség, valamint a rendszer működéséhez szükséges energia meghatározható legyen, így válik lehetségessé a rendszer fizikai méretének meghatározása. Emellett elkészül a mozgathatóságot lehetővé tevő platform terve is. A tesztelési terv előbbi feladattal párhuzamos kidolgozása során olyan tesztelési környezetet megalkotása a cél, amely lehetővé teszi a rendszer komplex tesztelését. A tervezett rendszer tesztelési tervének elkészítésére kerül sor, mely tartalmazni fogja a mérni kívánt paramétereket és elérni kívánt értékeket egyaránt. A tesztelési terv kidolgozásával párhuzamosan kerül megtervezésre a monitoring-, adatgyűjtő-, elemző-, és vezérlő modul. A tesztelési tervben szereplő adat igényeknek megfelelően összeállítási-, kapcsolási rajzok készülnek el a rendszer adatgyűjtő, felügyelő, elemző és vezérlő moduljairól. Determinálásra és felülvizsgálatra kerülnek a szükséges szenzorok, illetve azok mennyisége is.

A fejlesztés második évében zajlik a rendszerépítés, mely magában foglalja az energiatermelő egységeket, az energiatároló és konverziós rendszerelemeket is. A rendszerelemek 3D tervei,

összeállítási rajzai és a részletes műszaki leírásai alapján felépítésre kerül a rendszer a kiválasztott, indokolt esetben az egyedileg gyártott rendszerelemekből. A rendszerépítés első fázisában lehetőség van arra, hogy az elemzések, a vizsgálatok és a tervezés során esetlegesen fókuszba nem került hiányosságok felismerhetőek legyenek. A rendszerépítés során ellenőrzésre kerülnek a meghatározható alrendszerek pontos beállításai, mely azért lényeges, hogy az a legmagasabb hatékonysággal működjön, növelve az energiahasznosítást. Mivel a vezérlő rendszer esetében fokozottan fontos, hogy a monitorozó rendszerelemek valós értékeket mérjenek és azt továbbítsák a vezérlőegységnek, továbbá elengedhetetlen az alrendszer ellenőrzése a biztonság szempontjából is, ezért külön ellenőrzések kerülnek elvégzésre a rendszerépítés során.

A rendszerépítéssel párhuzamosan a korábban megalkotott tesztelési terv alapján végrehajtásra kerül a komplex rendszerteszt. Az iterációs tesztelés során az elkészült rendszer előbb parciális, majd komplex tesztelésre kerül sor, melyről tesztelési jegyzőkönyvek készülnek. A parciális tesztek a rendszerépítés folyamatához illeszkednek, a komplex tesztelés a rendszerelemek összeállítását követően zajlik.

A rendszerépítéssel és -teszteléssel párhuzamosan lezajlik az energiakonverziós folyamatok valós körülmények közötti vizsgálata, ami az energiakonverziós folyamatok, valamint a hőenergia tárolás és a hőenergia kinyerésének hatékonyságának átfogó vizsgálata. A kidolgozott tervekben szereplő adatok a ténylegesen mért értékekkel kerülnek összevetésre, amelyek alapján a rendszer finomhangolása és véglegesítése elvégezhető. A vizsgálat során gyűjtött adatokat elemzik és visszacsatolást adnak a rendszerépítés feladatát végzők számára. Annak érdekében, hogy a termék a piacon értékesíthető legyen, kidolgozásra kerül a gyártástechnológiai leírás, mely minden, a termék gyártásához kapcsolódó elemet és folyamatot tartalmaz. Az elvégzett munka eredményeként létrejön a tervezett energiatároló és kivételező rendszer gyártásának részletes dokumentációja, amely leírja a gyártási folyamatot, a szükséges technológiákat, az erőforrásokat és a minőségirányítási intézkedéseket, továbbá alapjául szolgál a piaci megjelenéshez kapcsolódó anyagoknak.

## **5.2. A fejlesztés során végrehajtott feladatok TRL szintjének meghatározása**

A fejlesztés jelenlegi szakaszában a prototípus elemeinek (összetevőinek) működési jellemzői ismertek (TRL 4.1), műszaki dokumentáció áll rendelkezésre a nap- és szélenergia termelés volumenéről az energiatermelés és konverzió fizikai jellemzőiről mind a tárolási mind a felhasználási irányban (TRL 4.2). Ezen információk teljes körű validálása zajlik a rendszerkonceptió és az ahhoz kapcsolódó elemzési és döntési kritériumrendszer kidolgozása, az energiatermelő és -konverziós és - tárolási megoldások kutatása feladatok keretében. Az egyes komponensek rendszerszintű integrációja parciálisan ismert (TRL 4.3), a rendszertervezés során ezen ismeretek kerülnek felhasználásra. Mivel a rendszer fizikai mérete és a működés hatékonysága összefügg, így nem racionális kisméretű, korlátozott funkciókkal rendelkező prototípus(ok) építése. Ugyanezt támasztja alá, hogy a rendszer skálázható, így a működőképesség igazolására (TRL5 és TRL6) a skálázás kellő pontosságú beállításával, azaz a rendszerteljesítmény célzott meghatározásában van lehetőség. Megtervezzük a rendszert (TRL 5.1) és kidolgozzuk az ahhoz kapcsolódó tesztelési tervet, előbbieken belül létrehozunk a monitoring-, az adatgyűjtő-, az elemző-, és a vezérlő modul terveit. A 3D tervezési módszertan által lehetséges a működés szimulációja, így a rendszerben létrehozott fizikai folyamatok (azaz maga az eljárás) valósághűek, közel állnak a valósághoz, ennek megfelelően kellő alapossággal vizsgálhatóak (TRL6). A rendszerépítés során létrehozunk a skálázható, független, zöld energia termelő és -tároló rendszert, a fejlesztés korábbi fázisaiban kiválasztott rendszerelemek összeépítésére kerülnek, továbbá iterációs módon végrehajtásra kerül a komplex rendszerteszt, melynek eredményeként a végleges rendszer szükséges módosítások elvégzése is megvalósul. Lezajlik az energia konverziós folyamatok valós körülmények közötti vizsgálata annak érdekében, hogy a mérnökségi kockázat kiküszöbölése elérhető legyen. A klasszikus, méretezésen alapuló megoldás helyett a skálázás módosításával oldjuk meg, hogy a mérnöki és gyártási nehézségek kiküszöbölhetőek legyenek, így elérhető legyen a TRL7 szint. A kutatási és fejlesztési eredmények disszeminációja a rendszer piaci sikeréhez szorosan kapcsolódik, ennek megfelelően részletesen, tudományos alapossággal dokumentáljuk a tesztelési teljesítményt, ami hitelesíti az analitikai előrejelzéseket, valamint alkalmas az üzemgazdasági költséگانálízisre (TRL8). A gyárthatósági szempontok teljes körű érvényesítése érdekében elkészítjük a gyártástechnológiai és üzemeltetési leírást, azaz létrehozunk azt az igazolt rendszert, ami alkalmas teljes kereskedelmi bevetésre. Az iterációs tesztelés eredményeinek elemzését

felhasználva kialakítjuk a technológia végleges formáját, amely az elvárásoknak megfelelően, azaz a működési paraméterek teljes skáláján kiszámíthatóan üzemel (TRL9).

### **5.3. A kutatás-fejlesztési kulcselemeinek bemutatása**

Annak érdekében, hogy a fejlesztés érdemben megítélhető legyen, munkám része volt a kulcselemek részletes kidolgozása és bemutatása. Ez nem kizárólag szakmai és tudományos szempontok miatt volt jelentős, de érdemben befolyásolta a forrásszerzés lehetőségét is.

#### **5.3.1. Tudományos, műszaki újdonság**

A tervezett rendszer a szél, illetve a napenergiát használja elsődleges energiaforrásként. Jellemzően ezen megtermelt energiát akkumulátorokban kémiai potenciális energia formájában tárolják. Ezen tárolási formán kívül tárolható az energia sűrített levegőben, melyet a napi gyakorlatban robosztus földalatti tartályokban valósítanak meg. Az ilyen hagyományos CAES (Compressed Air Energy Storage) rendszerek nagyobb nyomáson, például 70 bar felett tárolják a sűrített levegőt, míg az alacsony nyomású CAES rendszerek kisebb nyomáson, mint például 30 bar tárolnak. A tároló méret csökkentése befolyásolja a tárolás hatékonyságát, viszont megállapítható azon tároló méret és nyomás szint, amely esetben a sűrített levegőben való energiatárolás egy alternatívát nyújthat olyan területeken is, ahol a hatalmas légtartályok elhelyezése nem lehetséges. Az energia termelő és tároló rendszerelemek egy konténeren belül helyezkednek el, így az egész rendszer könnyedén mozgatható, szállítható. A telepítési helyszín ismeretében jól definiált algoritmusok segítségével lehetőség van az optimális belső kialakítás meghatározására, ezzel egyedi értéket teremtve. Ez jelentős újdonság a már meglévő rendszerek mellett, hiszen szigetüzemben működik, illetve egy öntanuló vezérlő rendszer a része, amely a használati mintázatot felismerve tudja előkészíteni a be- illetve a kitárazó egységeket. A komprimáló oldalt előre hűteni szükséges a dekomprimáló oldalt kitároláskor pedig fűteni. Ezzel az előre felkészítéssel a rendszerelemek nem lesznek kitéve hirtelen nagy terhelésnek ebből következően karbantartási ciklusuk kitolódik, élettartamuk nem csökken. Ezen adatgyűjtő monitorozó vezérlő egység már magában szakmailag kiemelkedő értéket hordoz mind hazai, mind nemzetközi kontextusban, mivel ilyen komplexitás és funkcionalitás kombinációjával rendelkező vezérlő egység nem található az alkalmazandó területre. Számos tudományos cikk foglalkozik a lehetőségekkel annak ellenére,

hogy piaci jelenléte egyelőre nincs, a vezérlés azonban nem ismert<sup>15</sup>. A jelenleg piacon elérhető termékek egy komplex rendszerbe nem integrálhatóak, mivel nem kompatibilisek a többi részegységgel<sup>16</sup>. A projekt során tervezett megoldás azonban képes komplex kommunikációra és skálázhatóságra.

### **5.3.2. Tudományos, műszaki bizonytalanság (műszaki, költség, időtartam, megvalósíthatóság)**

**VEZÉRLÉS:** Öntanuló algoritmusokat kell megalkotni a rendszer alapvető működését szabályozó algoritmusok mellett. Amennyiben a nap- és szélenergia termelés során más-más feszültségi szint jellemző, azok kiegyenlítése okvetlenül hatékonyságcsökkenéshez vezet, melyet a lehető legnagyobb mértékben csökkenteni szükséges. A rendszer több inputtal rendelkezik, azok összehangolása során a vezérlésnek kell biztosítania, hogy mind az energiatermelés, mind a tárolás, mind a kinyerés rendszer szinten optimális legyen még akkor is, ha parciálisan nem az. A bemeneteket a felhasználó igényeinek megfelelően vezérli, hogy eltárolásra kerüljön a megtermelt energia, vagy a hálózatba kerüljön. A várható nagyobb intenzitású áramfelvételek előtt a vezérlés egy rendszer optimalizációval készül elő, mely során a puffer akkumulátort feltölti és előkészíti a nagy áram kivételére és az invertert is kondicionálja a kedvező hatásfok érdekében.

**HŐMÉRSÉKLET, PÁRATARTALOM:** A sűrített levegős energiatároló rendszer hatékonyságát és teljesítményét számos környezeti tényező befolyásolja, köztük a környezeti hőmérséklet és páratartalom. A hőmérséklet változásával az ideális gázegyenlet alapján a sűrített levegő nyomása is változik. Ez a nyomásingadozás befolyásolja a rendszer teljesítményét és energiatárolási képességét. Ezen változó környezeti hatásokat a lehető legnagyobb mértékben minimalizálni kell az optimális működés érdekében. Az ipari kutatási feladatok végrehajtása során a belső hőmérsékleti állapot működésre gyakorolt hatását fel kell tárni, ezzel biztosítva azt, hogy a hosszú távú stabil üzemelés biztosítható legyen.

---

<sup>15</sup> <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/compressed-air-energy-storage>

<sup>16</sup> <https://www.directindustry.com/prod/tele-haase-steuergeraete-gmbh/product-16071-1791518.html>



### 5.3.3. Alkotó tevékenység

A projekt keretében létrejön egy olyan komplex és mobilis szigetüzemben működő rendszer, amely képes napenergia és szélenergia, mint fő energiaforrás napelemek és szélturbinák segítségével energiát termelni és akár közvetlenül a csatlakoztatott fogyasztó energiaigényeit ellátni. A sűrített levegőben tárolt energiát képes villamos energiává alakítani és a felhasználó számára rendelkezésre bocsájtani. A rendszert vezérlő egység egy olyan adatgyűjtő, monitorozó és vezérlő egység, amely képes a teljes rendszer felügyeletére és szükség esetén beavatkozásra. Képes arra, hogy párhuzamosan kezelje a különböző feszültségi szintű és áramerősségű, frekvenciájú bemeneti jeleket. A cél egy olyan komplex skálázható, könnyedén szállítható energiatermelő, tároló és szolgáltató egység létrehozása, amely kompaktsága lévén telepíthető szigetüzemű üzemeltetésre, de akár háztartások, valamint kisebb ipari egységek számára is. A skálázhatóság a telepítési helyszín ismeretében jól definiált algoritmusok segítségével optimális rendszeregységek kialakításának meghatározását jelenti.

### 5.3.4. Módszeres tevékenység, kutatási eljárás(ok) bemutatása

A sűrített levegős energiatároló és kivételező rendszer kutatása és fejlesztése során módszeres tevékenységekre van szükség. Ez magában foglalja az alapvető fizikai és műszaki jellemzők vizsgálatát, a matematikai modellezést, szimulációkat, laboratóriumi kísérleteket és a prototípusok építését.

**NYOMÁSVIZSGÁLAT:** Az energiatároló rendszer nyomás tartományának és nyomás változásainak vizsgálata fontos a rendszer biztonságos és hatékony működése szempontjából. Ehhez nyomásmérő szenzorokat kell használni, amelyek mérési adatokat szolgáltatnak a tárolóban és a rendszerben fellépő nyomásról.

**TELJESÍTMÉNYMÉRÉS:** hatékonyság és teljesítmény meghatározása. pl tárolt energia mennyiségének, a kivett energia mennyiségének és a rendszer hatásfokának mérése.

**ANYAGTANI, HŐTANI VIZSGÁLATOK:** Az energiatároló rendszerben használt anyagok termodinamikai vizsgálatával kidolgozhatóak olyan hőtechnikai megoldások, amelyek a rendszer hatásfokát növelni képesek. Anyagtani vizsgálatokat, például fajhő vizsgálat, deformációs vizsgálatokat és feszültség-nyomás viszonyokat lehet végezni az alkalmazott anyagokon.

**TÖLTÉSI-, KISÜTÉSI CIKLUSOK ELEMZÉSE:** Az energiatároló és kivételező rendszer teljesítményét és élettartamát befolyásoló tényezők az ismétlődő töltési- és kisütési

ciklusok. Ezeknek a ciklusoknak a hatásait vizsgálhatjuk, hogy megértsük, hogyan változik a rendszer viselkedése, hatékonysága és élettartama hosszabb távon.

**SZIMULÁCIÓK ÉS MODELLEZÉS:** A numerikus szimulációk segítenek a rendszer különböző paramétereinek és változóinak hatásainak megértésében, valamint segítenek az optimális kialakítás és működtetés kialakításában. Ennek érdekében energetikai számításokat kell végezni, amelyek alapján a modell megalkotható. A kutatási eljárások célja, hogy megértsék a rendszer működését, optimalizálják annak teljesítményét és meghatározzák a legjobb gyakorlatokat.

#### **5.3.5. Reprodukálhatóság, széleskörű alkalmazhatóság**

A kutatás végrehajtása során összegyűjtött, rendszerezett és feldolgozott tudáselemek bekerül egy strukturált tudásbázisba, mely tartalmazni fogja azokat a szintetizáló szakmai tudáselemeket is, melyek az elért új eredményeket tartalmazzák. A széleskörű alkalmazhatóság lehetővé teszi, hogy a technológia különböző iparágakban és területeken felhasználható legyen, például a megújuló energiaforrások tárolásában vagy a járművekben történő energiatárolásban. A rendszer skálázhatósága lehetőséget kínál különböző (akár szélsőséges) éghajlattal rendelkező földrészekben történő használatra is. A be- és kitárolási veszteségek kezelésének módja hasznos információ. Olyan párhuzamosan működő energiatároló és termelő rendszerek használhatják fel a továbbiakban a vezérlést, amelyek több inputtal rendelkeznek és ezt kezelni hivatottak<sup>17</sup>.

#### **5.4. A fejlesztés illeszkedése az S3-hoz<sup>18</sup>**

A 2021-2027. évekre vonatkozó Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégiát (S3) a Kormány a 1428/2021. (VII. 2.) Korm. határozattal fogadta el. Az innovációért és technológiáért felelős miniszter 2020. májusban a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalt bízta meg az S3 végrehajtásának és nyomon követésének irányításával a stratégia megvalósítási időszakában. 2023. július 1-i hatállyal a 344/2019 Korm. rendelet módosításával a feladat az NKFIH alapfeladatai közé került jogszabályi kijelöléssel. Az S3 megléte, illetve teljesülésének monitoringja és értékelése az EU-s források lehívásának egyik feljogosító feltétele a 2021-

---

<sup>17</sup> Megújuló energiát használó mobil konténerházak, speciális célú járművek esetében (lakóautók, napelemes kamionok (telepített), expedíciós autók.)

<sup>18</sup> <https://nkfi.gov.hu/hivatalrol/nemzeti-intelligens/nemzeti-intelligens-szakosodasi-strategia-2021-2027>

2027-es időszakban, ezért a tervdokumentum az Európai Bizottság számára is megküldésre került. A Kormány által elfogadott Intelligens Szakosodási Stratégia egy szakpolitikai eszköz, amelyet az Európai Unióban a 2014-2020-as időszak óta alkalmaznak. A 2021-2027 közötti uniós pénzügyi tervezési ciklusban az intelligens szakosodási stratégiák felé elvárás, hogy végrehajtásukkal járuljanak hozzá az EU „Intelligensebb Európa” szakpolitikai célkitűzéséhez, továbbá a regionális gazdaságok fejlesztéséhez és az ipari átalakuláshoz, digitalizációhoz történő strukturális alkalmazkodás erősítéséhez. A 2021-2027 évekre vonatkozó Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia (S3) kialakítása az Innovációs és Technológiai Minisztérium (ITM) szakmai felügyelete mellett, az NKFI Hivatal koordinálásával 2019 végén kezdődött meg. Az előző stratégiához képest változás, hogy a 2021-2027-es S3 stratégia tervezésében és végrehajtásában az innovációs szakterület mellett ezúttal az infokommunikációért, valamint a vállalkozásfejlesztésért felelős kormányzati szakterület is tevékeny részt vállalt. Az S3 prioritások kiválasztása az EU módszertani ajánlásaival összhangban az ún. “vállalkozói tényfeltárás” (entrepreneurial discovery process; EDP) alkalmazásával, az érdekelt szereplők széleskörű bevonásával történt meg.

#### **5.4.1. Nemzetgazdasági prioritások - S3**

Az S3 tervezése során nyolc nemzetgazdasági prioritás kiválasztására került sor. Ezek azok az irányok a nemzetgazdaság számára, amelyre Magyarország az intelligens szakosodás megvalósítása során fókuszál. A prioritásokra történő erőforrás koncentráció képes a versenyképességet erősíteni. Nemzetgazdasági prioritások:

- Élvonalbeli technológiák
- Egészség
- A gazdaság digitalizációja
- Energia, klíma
- Szolgáltatások
- Erőforrás-hatékony gazdaság
- Mezőgazdaság, élelmiszeripar
- Kreatív ipar

A prioritások között vannak ágazati jellegű lehatárolások: egészség, kreatív ipar, mezőgazdaság, élelmiszeripar, energia, klíma, és vannak az inkább tevékenység orientált

specializációk: erőforrás-hatékony és digitális gazdaság, élvonalbeli technológiák. A nemzetgazdasági prioritások mellett két horizontális prioritás kiválasztása is megtörtént. A horizontális prioritások feladata, hogy a nemzetgazdasági prioritásokban érdekelt ágazatok számára az intelligens szakosodáshoz szükséges készségfejlesztést és üzleti környezetet biztosítsák.

#### **5.4.2. Horizontális prioritások:**

- Képzés, oktatás
- Közsféra és egyetemek innovációja

Az elmúlt években, az Európai Unióban az S3-alapú programtervezés egyre hangsúlyosabbá vált új, S3-ra épülő, Európai Unió pályázati konstrukciók bevezetésével (pl. Interregionális Innovációs Beruházási Eszköz (I3)); valamint az S3-ra épülő közösségek, ill. nemzetközi együttműködések<sup>19</sup> támogatása által. A tervezett kutatás és fejlesztés a nemzetgazdasági prioritások közül közvetlenül illeszkedik energia, klíma, erőforráshatékony gazdaság, közvetetten pedig szolgáltatás prioritáshoz.

#### **5.4.3. Energetika és klíma**

Az alternatív energiatermelésre és környezetvédelemre összpontosítva a projekt csökkenti a szén-dioxid-kibocsátást és hozzájárul a klímaváltozás elleni küzdelemhez. Az energiatárolás lehetővé teszi az energiafogyasztás időszakos kiegyenlítését, növelve az energiahatékonyt és csökkentve az energiafüggőséget.

#### **5.4.4. Erőforráshatékony gazdaság**

A projekt hozzájárul az erőforráshatékony gazdaság kialakításához, mivel az energiatárolás és az intelligens energiafelhasználás révén optimalizálja az energiaforrások kihasználását. Az energiatároló rendszer lehetővé teszi az energiatermelés és -fogyasztás időzítésének optimalizálását, így csökkentve a pazarlást és növelve az energiatermelés hatékonyságát.

---

<sup>19</sup> például S3 Community of Practice, Partnerships for Regional Innovation

#### **5.4.5. Szolgáltatás**

A projekt közvetve hozzájárul a szolgáltatások fejlesztéséhez, mivel az általa létrehozott zöldenergia-termelő és tároló rendszer lehetővé teszi a stabil és fenntartható energiaellátást. Ez növeli a lakosság energiafüggetlenségét és biztonságát, és javítja a szolgáltatások minőségét azáltal, hogy csökkenti az energia váratlan kimaradásait. A létrehozni kívánt termék skálázhatósága a termékkel egybekötött szolgáltatást is tartalmaz, amely szolgáltatás egy komplex mérnöki tervezést foglal magában a megújuló energiatermelő és tároló rendszer létesítéséhez.

#### **5.4.6. Horizontális prioritás**

Az egyetem részvétele a projektben a horizontális prioritásokhoz kapcsolódik, különösen a képzés és oktatás terén. Az egyetem hozzájárul a szakemberek képzéséhez és a zöldenergia-technológiák terén szerzett készségeik fejlesztéséhez. A kutatások és fejlesztések eredményeit az oktatási programokba integrálva lehetőséget teremt a hallgatók számára, hogy naprakész technológiai ismeretekkel és készségekkel rendelkezzenek a zöldenergia-szektorban.

## 6. A fejlesztés műszaki-tudományos tartalma

A projekt TRL4 szintről indul. Jelenlegi szakaszában a prototípus elemeinek működési jellemzői ismertek, műszaki dokumentációk rendelkezésre állnak a nap- és szélenergia termelés volumenéről az energiatermelés és konverzió fizikai jellemzőiről mind a tárolási mind a felhasználási irányban. Azonban azok méretezése, egy egységbe rendezése, monitorozása és vezérlése azonban jelentős műszaki kihívás, ahogy az is, hogy a létrehozott megoldás kellően robusztus és élettartama végén teljes mértékben újrahasznosítható legyen. Alapvetően az energia tárolást energetikailag a leghatékonyabb módon akkumulátorokban lehet megtenni, hiszen az energia konverzió során nincs jelentős veszteség mivel a villamos energiát kémiai potenciális energiában tároljuk. De ez esetben az akkumulátorok relatív rövid élettartama (5év/2000 töltési ciklus) egy hatékonyságot befolyásoló tényező.

A sűrített levegős energiátárolás egy olyan alternatív energiátárolási mód, amely során a villamos energia egy kompresszort működtet, amely egy tartályban sűrített levegőt állít elő, majd ezt a sűrített levegőt turbina és generátor segítségével újból villamos energiává alakítja<sup>20</sup>. Az ilyen, úgynevezett CAES (Combusted Air Energy Storage) rendszerek robusztus mérete miatt, nem alkalmazhatók bárhol, kizárólag erre megfelelően előkészített területen, mivel központi elemük egy földalatti hatalmas légtartály. Az erre vonatkozó kutatások<sup>21</sup> alapján megbizonyosodhatunk róla, hogy ezen energiátárolási módszernek van létjogosultsága. Arra vonatkozó kutatások, miszerint egy kisebb méretű sűrített levegős tároló rendszerek létrehozhatóak, elérhetőek<sup>22</sup>, viszont a kutatási anyag nem tér ki ezen rendszerek vezérlésére, ami önmagában korántsem triviális. Az általam tervezett szigetüzemben működő energiatermelő és tároló rendszer a megtermelt energia egy részét sűrített levegőben tárolja mechanikai potenciális energia formájában, más részét pedig hőenergiában. A kutatás során előállításra kerül egy döntési kritérium rendszer (súlyozott döntési mátrix). A kritériumrendszer kidolgozása részletesen kitér a szigetüzemű biztonságos és folyamatos működésre, valamint kiemelt feltételként kezeli az egyes rendszerelemek karbantartás igényét, működési feltételeit. A kvázi önműködő szigetüzemű rendszer működése és annak minimális karbantartás igénye a rendszerelemek kiválasztásakor kiemelt prioritást jelent. Ezen szigetüzem optimális működésére fejleszteni kívánt vezérlő rendszer képes lesz biztosítani a

---

<sup>20</sup> <https://doi.org/10.1115/POWER2013-98113>

<sup>21</sup> <https://link.springer.com/article/10.1007/s40565-016-0240-5>

<sup>22</sup> <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.10.016>

rendszer stabilitását ezzel minimalizálva a karbantartási igényt. Az öntanuló algoritmus révén a létrehozott berendezés képes lesz felismerni a használati mintázatot és ennek megfelelően előkészíti az energia be- valamint a kivételezéshez szükséges aktív rendszeregységeket, ezzel csökkentve azok esetleges kiugró terhelését. Vizsgálni szükséges a napelem, illetve a szélturbina/szélkerék működési feltételeit és paramétereit, mivel az általunk tervezett energiatermelés napelem és szélturbina együttes használatával történik, így ezek kompatibilitására rendelkezésre álló kutatási anyagokat is meg kell vizsgálni.<sup>23</sup>

Korábbi kutatások számos energiatárolási lehetőséget vizsgálnak<sup>24</sup>, így megfelelő alapot ad a tervezni kívánt rendszer energiatároló egységének kiválasztásához és méretezéséhez. Az energiatároló rendszereknek robusztusnak és biztonságtechnikailag megfelelőnek kell lenniük. A lehető legjobb energiakihasználás érdekében a rendszernek megfelelő hőszigeteléssel és nyomástartó egységekkel kell rendelkeznie. A tárolás kétféleképpen történik, egyrészt komprimálás segítségével nagynyomású levegő kerül megfelelően méretezett tartályokba, másrészt az energiaigények ismeretében hőenergia kerül eltárolásra nagy hőkapacitású anyagokkal feltöltött energiatárolókban. A rendszer tehát elektromos áramon kívül hőenergiát is képes előállítani és tárolni. A komprimálás során keletkezett pozitív hőmérsékletkülönbség lehetőséget ad további elektromosenergia-termelésre, és ugyanez igaz a dekomprimálás során keletkezett negatív hőmérséklet különbségre is. A kutatás során főként a generátorok(hatásfok), kompresszorok (légszállítás, hatásfok), turbinák (fajtái, kialakításuk), valamint az energiakonverziós folyamatok kapnak hangsúlyt. A tervezett rendszer komplexitása és skálázhatósága lévén a teljes rendszer vezérléséhez átfogó ismeretek szükségesek az energetikai rendszerek monitorozása és vezérlése terén. Az elérhető tudományos bázis ilyen vezérlés létrehozásának megalapozáshoz megfelelő, viszont a külön vezérlés és monitorozás rendszerelemeinek kompatibilitása és összehangolásához, valamint az optimális energia kivételezéshez olyan öntanuló algoritmus szükséges, amely képes felismerni egy működési mintázatot és a rendszer egységeit ezen működési minta alapján vezérelni, az energiaáramot optimálisan (a felhasználó számára) irányítani. Komplex fizikai folyamatok irányítását ellátó vezérlő algoritmusok területén hozhat áttörést a projekt, ami többek közt alkalmazott számelmélet, operációkutatás. A vezérlőegység nem MI alapú, hanem

---

<sup>23</sup> <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=92145>

<sup>24</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914010290>

olyan öntanuló algoritmusok alkotják, melyek az egyes rendszerek sajátosságait alapul véve igyekeznek a működés hatékonyságát a leginkább növelni. Optimalizálás területén a (1) külső környezeti hatások, (2) a megújuló energiatermelés sajátosságainak, a (3) műszaki hatékonyságnak és a (4) felhasználói szempontból releváns gazdasági (és jogi, pl: árképzés) jellemzők rendszerszintű optimumának meghatározása igazán jelentős. Ezen optimalizálás az egyes piaci célcsoportok esetében eltérő lehet (háztartások esetében pl. komfort, vállalkozások esetében pl. gazdaságosság, ideiglenes helyszíneken pl. energiabiztonság).

### **6.1. Újdonság a komplexitásban**

A piacon jelenleg elérhetőek megújuló energiaforrást használó termelő és tároló rendszerek<sup>25</sup>, melyek az energia eltárolására jellemzően LiFePo4 akkumulátorokat használnak, melyek élettartamát számos tényező befolyásolja és megfelelő körülmények között tárolva és megfelelő módon üzemeltetve is kapacitás veszteség nélkül maximum 5 év, illetve 2000 töltési ciklust bírnak ki. A tervezett skálázható rendszer ezzel ellentétben az akkumulátort, mintegy pufferként használja, így annak esetleges kapacitás vesztesége nincs befolyással a rendszer teljes működésére, hiszen a fő energiatárolás sűrített levegőben mechanikai potenciális energiaként, valamint megfelelő hőkapacitással rendelkező anyagban hőenergia formájában kerül eltárolásra. Ezen energiatárolási módszerek élettartama számottevően hosszabb, valamint kapacitás veszteségük jelentéktelen.

### **6.2. Vezérlés**

Nap és szélenergia tárolására (hőenergiában) elérhető kutatás<sup>26</sup>, azonban a vezérlő rendszerekről a teljes rendszer vonatkozásában nincs elérhető kutatási dokumentáció. Összetett fizikai (elektromos, termodinamikai és pneumatikus) folyamatok nyomon követése (szenzorrendszer) és irányítása messze nem triviális, az egyes modulok vezérlése, azok összehangolása és optimalizálása, valamint a felmerülő igények kielégítéséhez igazítása unikális a piacon. Jelenleg a piacon parciális megoldások léteznek (inverter, BMS, szenzorok) egy ilyen komplex rendszer monitorozásához, viszont ezen rendszerek összehangolása és kompatibilitása nem minden esetben kivitelezhető.

---

<sup>25</sup> <https://hu.benweilight.com/battery-pack/energy-storage-system/500kw-800kwh-lifepo4-lithium-ion-battery.html>

<sup>26</sup> <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.04.027>

### 6.3. Optimalizálás

A tervezett rendszer célja, hogy a felhasználó számára a megtermelt és eltárolt energia maximumát biztosítsa, ennek érdekében a rendszert vezérlő egység, olyan öntanuló algoritmussal rendelkezik, amely felismeri az energia kivétel mértékét és rendszerességét, így képes a rendszert előre felkészíteni az energia kivételre.

### 6.4. A fejlesztés menete

A fejlesztés egymásra épülő és egymással párhuzamos feladatok végrehajtásán keresztül kerül megvalósításra. Ennek felépítését az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A fejlesztés menete (egyszerűsített Gantt diagram) forrás: saját szerkesztés

|    | Projektfeladat megnevezése                                                                      | 1 év |    |     |    | 2 év |    |     |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|-----|----|------|----|-----|----|
|    |                                                                                                 | I    | II | III | IV | I    | II | III | IV |
| 1  | Rendszerkoncepció és az ahhoz kapcsolódó elemzési és döntési kritériumrendszer kidolgozása      | IK   | IK |     |    |      |    |     |    |
| 2  | Energiatermelő megoldások kutatása a rendelkezésre álló alkalmazott kutatási eredmények alapján | IK   | IK |     |    |      |    |     |    |
| 3  | Energiakonverziós folyamatok elméleti és alkalmazhatósági vizsgálata                            | IK   | IK |     |    |      |    |     |    |
| 4  | Energiatárolási megoldások komplex vizsgálata                                                   | IK   | IK |     |    |      |    |     |    |
| 5  | A fizikai rendszer tervezése                                                                    |      |    | KF  | KF |      |    |     |    |
| 6  | Tesztelési terv kidolgozása                                                                     |      |    | KF  | KF |      |    |     |    |
| 7  | A monitoring-, adatgyűjtő-, elemző-, és vezérlő modul tervezése                                 |      |    | KF  | KF |      |    |     |    |
| 8  | Rendszerépítés                                                                                  |      |    |     |    | KF   | KF | KF  | KF |
| 9  | Komplex rendszerteszt (iterációs tesztelés)                                                     |      |    |     |    | KF   | KF | KF  | KF |
| 10 | Energiakonverziós folyamatok valós körülmények közötti vizsgálata (tesztelés)                   |      |    |     |    | KF   | KF | KF  | KF |
| 11 | Gyártástechnológiai leírás elkészítése                                                          |      |    |     |    | KF   | KF | KF  | KF |

## **7. A fejlesztés piaci szempontú vizsgálata**

Annak érdekében, hogy a fejlesztés ne kizárólag műszaki és tudományos eredményeket érjen el, szükség van a fejlesztés eredményének piacon történő értékesítésére is. A piaci igény, a célcsoportok feltérképezése épp annyira fontos, mint a konkurencia ismerete és a konkurens termékek kritikus vizsgálata.

### **7.1. A piaci igény**

Az építőipari nehézgép-beruházások értéke világszinten várhatóan 180 milliárd USD körül alakul majd 2026-ra, ebből Európa várhatóan 40 milliárd USD összeggel részesül<sup>27</sup>. A magyar piac mérete ugyanebben az időszakban iparági becslések alapján 70-75 milliárd forint körül alakul majd. Tekintettel a magyarországi finanszírozási problémákra, ezeknek a beruházásoknak egy része használt, felújított nehézgépek piacán fog lezajlani, ez a vevőkör pedig sokkal inkább fog a bérleti lehetőségek iránt érdeklődni. A teljes nehézgépipari beruházásoknak várhatóan nagyjából harmadával számolhatunk energetikai érintettségű beruházásként, ennek a piacnak pedig 2,6-2,8 ezrelékét tervezzük megszerezni. A világpiac vezető vevőköre Kína és Észak-Amerika, emiatt inkább csak az európai piaccal számolunk potenciális nemzetközi célpontként, itt elsősorban a francia és a német építőipari cégek lesznek a célpiac, valamint a szomszédos, könnyen elérhető országok építőipari cégei. Külön piacot fog képezni az ukrainai újjáépítésben résztvevő vállalkozások köre, itt fontos szempont az orosz-ukrán háború befejeződésének időpontja, valamint hogy a háború sújtotta területek újjáépítésének megbízásai mennyire piaci, illetve mennyire nemzetközi diplomáciai döntések nyomán alakulnak majd. A szigetüzemű üzemeltetés és a relatíve kis méret miatt a háború esetleges elhúzódása esetén is szükség lehet a megoldásra, amennyiben a helyi infrastruktúra további károkat szenved.

### **7.2. Célcsoportok**

A létrehozott rendszer könnyű telepíthetősége, egyszerű működése és robusztussága miatt lakossági és ipari felhasználásra egyaránt alkalmas. Lakossági felhasználás esetén nem kizárólag az elektromos energia, de télen a fűtési, nyáron a hűtési potenciál is nagy hatékonysággal kihasználható. Ebben az esetben az inverter(ek) megválasztásától függően

---

<sup>27</sup> <https://www.statista.com/statistics/243075/european-construction-equipment-sales-forecast/>

hálózatba is köthető, de szigetüzemű működésre is képes. Ipari felhasználás esetén a helyzet alapvetően hasonló, azonban a méretezés és a skálázás szerepe kiemelkedő. Míg egy vagy néhány épületet (házat vagy lakást) ellátó rendszerrel szemben igen jól kiszámíthatóak az elvárások, az ipari termelés esetén ez nem minden esetben van így.

A rendszer jól méretezhető, így akár elektromos, akár hőenergiára van szükség, az a kellő pontossággal létrehozható. A rendszer továbbfejlesztése számos, igen jelentős potenciállal bír. Olyan területeken, ahol a villamosenergia-hálózat nem kellően kiépített és/vagy stabil, önálló áramtermelő és –tároló megoldásként értékesíthető, de olyan modulokkal, mint például a víztisztító, víz sótlanító vagy hidrogénbontó- és tároló, komoly piacra tehet szert. Ezen modulok kidolgozása a meglévő ismeretek és a lefolytatni tervezett kutatás során szerzett tudással és tapasztalattal rövid idő alatt, akár 1-2 éven belül lehetséges, azonban többek közt a jelentős anyagigénye okán a tervezett fejlesztés keretei között nem megvalósítható.

Az energetikai függetlenség, mint cél minden nagyobb energiaár-emelkedésnél felmerül a lakossági és a vállalkozói piac résztvevőiben is, egyelőre erre nem látnak reális megoldást az energia-gazdálkodási szakértők, ugyanakkor az ilyen megoldások iránt egyértelműen van piaci érdeklődés, különös tekintettel a rugalmas méretezhetőség, be- és kimenet megválaszthatósága, illetve az eredmény optimalizálására alkalmas vezérlés előnyeire.<sup>28</sup>

#### Magyarországi célcsoportok

- Energetikai hálózatoktól távol telephelyet üzemeltető vállalkozások
- Biztonságtechnikai megoldásokat támogató vállalkozások
- Rendezvények kiszolgálását támogató vállalkozások
- Energetikai beruházást végző háztartások (energiafüggetlenség)
- Energetikai hálózatoktól távol lévő lakóépületek (pl. tanyák), lakóközösségek és mezőgazdasági épületek.

---

<sup>28</sup> <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20240523/nem-gazdasagos-magyarorszagon-a-teljes-energetikai-onellatas-ezek-a-tenyezok-a-legfontosabbak-a-kovetkezo-evekben-687661>

## Nemzetközi célcsoportok

- Napos és szeles területeken működő kis- és középvállalkozások, melyek számára az energiatermelésen kívül a tárolás is jelentőséggel bír
  - Mediterrán térség
  - Balti államok
  - Északi tenger partvidéke
  - Arab és Öböl menti országok
  - Fekete tenger partvidéke
  - Alpok, Kárpátok, Pireneusok, Ural
- Biztonságtechnikai megoldásokat támogató vállalkozások
- Rendezvények kiszolgálását támogató vállalkozások
- Energetikai hálózatoktól távol eső területeken élők (háztartások)
- Tengervíz sótalanítását végző egységek

## Technológia értékesítés célcsoportjai

Általánosságban azokra a területekre, ahova nem érdemes elszállítani a berendezést, technológiát kell értékesíteni, akár helyi partnereken keresztül. Ilyen területek például:

- Afrikai partvidék - Közép-Afrikától délre fekvő területek
- Ausztrália
- Amerikai kontinens
- Távol-Kelet (Indonézia, Malajzia, Thaiföld)

### 7.3. Piaci potenciál

Jelenleg a megújuló energiákat hasznosító energia termelő és tároló rendszerek jellemzően csak egy megújuló energiát hasznosítanak. A termelt energiát pedig kémiai potenciális energia formájában tárolják el, azaz akkumulátorokban. Ezzel szemben az általunk tervezett rendszer egyedülállónak tekinthető, mivel az energia termelést több, különböző forrású megújuló energiával teszi meg, valamint az energia tárolást a kémiai potenciális energia mellett hőenergiában és mechanikai potenciális energiában valósítja meg. Külföldön van ilyen igény

nagyobb léptékben, pl. karibi szigetek energia igényét<sup>29</sup> próbálják megoldani ugyanilyen elvek mentén, szintén cél a függetlenség, rugalmasság, illetve a megújuló energia felhasználása.

#### **7.4. Versenytársak, konkurens termékek**

Az energia termelő egységeket, úgy, mint a szél erőmű, napelem, napkollektort árusító cégek, valamint az energiatároló rendszereket értékesítő cégek tekinthetők versenytársnak. Konkrét példák a konkurens termékekre:

- Napelem + akkumulátor rendszerek<sup>30</sup>
- Szélkerék + akkumulátor rendszerek<sup>31</sup>
- Sűrített levegős rendszerek (kompresszor + nagynyomású tartály)<sup>32</sup>
- Gravitációs erőművek
- Energiatermelő és tároló rendszerek

A tervezett energia termelő és tároló rendszer ezen termékekkel szemben nem csak egyféle megújuló energiát hasznosít egy időben, valamint az energiát nem csak és kizárólag elektromos áramban tárolja. Skálázható, azaz energiatermelő és tároló egységek a telepítési hely sajátosságaihoz szabható és paraméterezhető. Továbbá a tervezett egység vezérlése el van látva öntanuló algoritmussal a hatékonyabb energiahasznosítás érdekében a többi konkurens termékkel szemben. Emellett fontos versenyelőny, hogy a rendszer élettartama jelentősen nagyobb az akkumulátoros kombinált megoldásoknál, illetve a komponensek nem veszélyes hulladék formájában kerülnek selejtezésre, hanem 98% ban azok újrahasznosíthatóak, felújítás után újra használhatóak. Ez nem csupán környezetvédelmi hasznossággal bír, hanem valós versenyelőny (környezettudatos választás), ill. a beruházás lényegesen hosszabb ideig működik, tehát a felhasználása olcsóbb, valamint a visszanyerhető, felújítás után ismét használható elemek a rendszerbe állítást teszik költséghatékonyabbá. Ennek a rendszere természetesen még kidolgozásra szorul az első tömeges értékesítések után, onnantól ugyanis tervezhető a visszavételi, felújítási, újraértékesítési volumen, kapacitás-igény.

---

<sup>29</sup> <https://rmi.org/our-work/islands-energy-program/>

<sup>30</sup> <https://www.commodoreaustralia.com.au/product-tag/independant-energy-system>

<sup>31</sup> <https://meruspowers.com/solutions/energy-storage/merus-ess-energy-storage-system>

<sup>32</sup> <https://www.man-es.com/energy-storage/solutions/energy-storage/compressed-air-energy-storage>



## 7.5. Konkurens termékek áttekintése

800kWh elektromos energia tárolására képes<sup>33</sup> akkumulátorokat tartalmazó konténeres energiatároló rendszer. Ezen rendszerhez hozzá illeszthető több különböző teljesítményű és méretű napelem is. A hivatkozott konkurens termék energiatároló kapacitása ugyan több mint az általunk létrehozni kívánt rendszeré, viszont ezen akkumulátoros energiatároló rendszerek főként a már kiépített hálózati infrastruktúrához csatlakoznak. Továbbá az akkumulátoros energiatároló rendszerek nagymértékű skálázhatósága jelentősen korlátozott. Az akkumulátorok élettartamának végével azok veszélyes hulladékként távoznak a rendszerből, míg a projekt keretében létrehozni kívánt energiatároló egységet felépítő elemek 98%-ban újra hasznosíthatóak és/vagy újra használhatóak.

További konkurens termékek még az MWH konténeres energiatároló rendszer<sup>34</sup>, amely szintén az akkumulátoros tárolási technológiát hasznosítja. Szintén ide tartozik az un. Konténeres energiatároló rendszer<sup>35</sup>. Ezen termék kifejezetten a kiépített elektromos hálózat kiegészítésére alkalmas, önmagában nem tartalmaz energiatermelő rendszereket, úgy, mint napelem vagy szélturbina.

---

<sup>33</sup><https://hu.benweilight.com/battery-pack/energy-storage-system/800kwh-container-energy-storage-system.html>

<sup>34</sup> <https://hu.enersharepower.com/containerized-ess-integrator/61277665.html>

<sup>35</sup> <https://hu.shencaienergy.com/battery-storage-system/energy-storage-container/container-energy-storage-system.html>

## 8. A fejlesztés hatása, jelentősége

A projekt keretében létrejövő energiatároló rendszer mérete és mobilissága miatt jelentős újdonsággal bír a hazai, illetve a nemzetközi piacon. Az iparban jelenleg használatos CAES rendszerek<sup>36</sup> hatalmas mérete miatt nem telepíthetők kisebb ipari egységekben, illetve háztartásokban sem<sup>37</sup>. A létrehozni kívánt rendszer egy kompakt skálázható és mobilis sűrített levegős energiatároló komplex egység, amely jelentős újdonság tartalommal rendelkezik a sűrített levegős energiatároló rendszerek fejlesztésében. A piacon jelenleg elérhető rendszerek vagy nagy méretűek, ebből adódóan jelentős beruházást igényelnek, vagy kizárólag parciálisan képesek ellátni a tervezett rendszer funkcióit, azaz vagy termelnek vagy tárolnak. Léteznek megoldások megújuló módon termelt elektromos áram akkumulátoros tárolására, ezt a megoldást azonban magas bekerülési költsége mellett komoly környezetterhelés jellemzi élettartama végén, továbbá kizárólag elektromos áramot tárol, hőenergiát nem.

A kidolgozni tervezett megoldással a piacra olyan termék (és szolgáltatás) kerül, mely a jelentősen diverzifikált fogyasztói igényeket is ki tudja elégíteni, háztartási és kisebb méretű ipari szinten, akár szigetüzemű üzemeltetéssel is. A zöld energia gazdaságos, többféle módon történő gazdaságos termelése és tárolása a piaci szereplők számára lehetőséget biztosít a szükséges energia gazdaságos előállítására és tárolására egy konténeren (energiasziget) belül, az energiafüggés csökkentésére, körültekintő tervezést követően a meglévő vagy tervezett rendszerekhez történő legoptimálisabb illesztésre függetlenül attól, hogy háztartási vagy kisebb ipari egységről van szó. A komplex zöldenergia termelő és tároló egység nemzetközi jelentősége nagymértékben túlmutat a hazain. A hazai környezeti adottságok jelentős korlátai a megújuló energiatermelésnek, azonban nemzetközi szinten ezen korlátok kevésbé szűkek. A zöldenergia termelése, tárolása és kinyerése oly módon történik, hogy az hozzá van igazítva a felhasználás során jellemző igényekhez. A piac meghatározó részét képezik azok a földrajzi területek, ahol az energetikai infrastruktúra, hálózat nem kellően kiépített vagy nem alkalmas kiegyensúlyozott szolgáltatás nyújtására, továbbá a környezeti feltételek kedveznek a nap- és szélenergia megtermelésének, így a skálázhatóságnak köszönhetően az igények igen nagy

---

<sup>36</sup> [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Compressed\\_air\\_energy\\_storage](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Compressed_air_energy_storage)

<sup>37</sup> <https://www.hydrostor.ca/>

területét lehet lefedni. Az ilyen területeken a rendszer szigetüzemben működve képes kielégíteni az energia iránti igényt legyen szó elektromos vagy hőenergiáról.

Az egyenlítőhöz közelebbi területeken a napsütéses órák száma lényegesen nagyobb, magasabb fekvésű és/vagy tenger, vagy óceánok partvidékén nagyobb mennyiségű szélenergiát lehet hasznosítani. Mindenképp fontos, hogy bár az európai energetikai hálózatok helyenként igen fejlettek a világ más részein önmagában az energiaellátás is probléma, nem beszélve annak környezeti aspektusáról és a tárolásról.

A rendszer ideiglenes telepítésével (szolgáltatás) egy adott terület energia ellátását lehet biztosítani vagy annak biztonságát lehet növelni, többek közt infrastrukturális beruházásoknál, kutató expedíciók, régészeti feltárások számára, kihelyezett laboratóriumi környezet létrehozása növénytermesztési vagy állattenyésztési területeken. A telepítési helyszín ismeretében jól definiált algoritmusok segítségével lehetőség van az optimális belső kialakítás meghatározására. A fizikai méretezés ugyanakkor szinte kizárólag a piaci értékesítés, a szállítás és a telepítés szempontjából lényeges. A piaci felhasználóknak lehetőségük van a telepíteni kívánt helyszín éghajlati adottságaihoz konfigurálni (skalázni) a rendszert az energiatermelés maximalizálása érdekében. A rendelkezésre álló előzetes kutatásfejlesztési eredmények alapján látható, hogy létrehozható háztartási, és kisebb ipari méretű megoldás is, melyek hazai viszonylatban naponta hozzávetőlegesen 31,7 kWh elektromos áram termelésére és 55 kWh tárolására képesek szabványos '20 CTR (6 m × 2,4 m × 2,6 m, kb. 33,2 m<sup>3</sup>) konténerben. A betárolás veszteségeit figyelembe véve 6 m<sup>3</sup> térfogatú, 16 bar nyomású levegőben 8 kWh, 0,3 m<sup>3</sup> paraffinban 27 kWh fűtési, 0,3 m<sup>3</sup> etilén-glikol desztillált víz keverékében 5 kWh hűtési energia tárolható naponta. Ezen felül a rendszer stabil működését biztosító puffer akkumulátorban eltárolható további 15 kWh naponta. Amennyiben kizárólag elektromos áram tárolására használjuk, akkor ~23 kWh tárolható, amelyből a kitárolás veszteségeit figyelembe véve hozzávetőlegesen ~18 kWh nyerhető ki naponta. Egy átlagos magyarországi háztartás napi fogyasztása 10kWh, így a rendszer képes a teljes háztartás energiaellátását fedezni, továbbá ezen felül termelt energiát tárolni.

Jelenleg ideiglenes áramtermelésre jellemzően fosszilis üzemanyagokkal működő aggregátorok szolgálnak, melyek működése jellegéből fakadóan környezetterhelő, továbbá a megtermelt elektromos energia tárolására nem alkalmas. Az aggregátorok mérete ugyan kisebb, ezáltal könnyebben szállíthatóak, azonban működésük hatékonysága jelentősen elmarad a tervezett rendszerétől. A termék kiemelkedő előnye az eddig elérhető

megoldásokhoz képest a skálázhatóság<sup>38</sup>. A hivatkozott rendszer esetén csak a tárolás skálázható. A mi esetünkben a teljes rendszer skálázható, tehát a termelés és a tárolás is. A tárolás tovább skálázható, mivel nem a tárolni kívánt energia mennyiségét lehet változtatni, hanem az energia formáját<sup>39</sup>. A linken elérhető termék skálázhatósága annyiban áll, hogy a bemeneti teljesítmény variálható, illetve mennyi akkumulátort tesznek a konténerbe. Skálázható energia tárolásra jelenleg csak ez érhető el a piacon. Ennél a tervezett rendszer jóval komplexebb. Az energiatermelés mértéke éppúgy változtatható (mekkora felületű napelem, milyen teljesítményű szélgenerátor), mint a tárolóegységek mérete és fajtája (sűrített levegőben történik a tárolás vagy hőenergia formájában). Ezen skálázhatóság lehetőséget ad arra, hogy a felhasználó által megadott éghajlati adottságokhoz mérten legyen tervezhető a rendszer energiatermelő egységei, azok mérete és mennyisége, valamint elhelyezkedése.

A telepítési helyszín ismeretében jól definiált algoritmusok segítségével lehetőség van az optimális belső kialakítás meghatározására, így meghatározva a tartályok méretét, valamint a tárolni kívánt energia fajtát (hő/villamos energia)<sup>40</sup>. A rendszer, amelyet az Alteo energia projekt keretében fejlesztenek ki, egy energiahatékonysági rendszer, amely képes nyomon követni és elemezni egy hálózatra kötött egység fogyasztását. Az általuk tervezett rendszerben a megtermelt energiát akkumulátorokban tárolják és azon akkumulátorok segítségével táplálnak be a kiépített villamos hálózatba.<sup>41 42</sup>

A Full NRG ipari méretű energiatároló rendszerekkel foglalkozik, amelyek élettartama meghaladja a 8.500 ciklust, 12 év garancia mellett. Ezen energiatároló rendszer egy LiFePo 4 akkumulátorokat tartalmazó egység<sup>43</sup>. A vanádium redox flow akkumulátorok egyfajta áramlásos akkumulátor, amelyben a vanádium-ionokat használják az elektrolitban. Ez a technológia lehetővé teszi a nagy kapacitású energia tárolását, ami alkalmas a megújuló energiaforrások, például a szél- és napenergia tárolására. A hazai fejlesztések célja, hogy továbbfejlesszék ezt a technológiát, és alkalmassá tegyék a nagyipari alkalmazásokra. Ezen

---

<sup>38</sup> Alteneva Kft. <https://www.energiatarolorendszerek.hu/rendszerek>

<sup>39</sup> Miben kívánja a felhasználó tárolni? Hő? Hideg? Villamos energia?

<sup>40</sup> <https://alteo.hu/energiatarolo-projekt-kazincbarcika/>

<sup>41</sup> [https://28.hu/ipari-felhasznalas/?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwgpCzBhBhEiwAOSQWQek-K8WM185YFseEblVqvnBORRy\\_s3y5DI6EOpnV9WmVReueR21-ABoCUHQQA\\_vD\\_BwE](https://28.hu/ipari-felhasznalas/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwgpCzBhBhEiwAOSQWQek-K8WM185YFseEblVqvnBORRy_s3y5DI6EOpnV9WmVReueR21-ABoCUHQQA_vD_BwE)

<sup>42</sup> <https://ttech.hu/turbo-tech-termek/enrgiatarolo-kontener/>

<sup>43</sup> <https://zkk.bme.hu/2022/09/15/uttoro-projekt-az-energiatarolasban/>

akkumulátorok skálázhatósága viszont igen korlátos. Ezen hazai projektekkel szemben az általunk létrehozni kívánt rendszer célja az, hogy nem a kiépített elektromos hálózati infrastruktúrához csatlakozik, hanem teljesen különállóan egy egységként, szigetüzemben működik. A rendszerben lévő energiatároló és energiatermelő egységek a telepítés helyének függvényében skálázhatóak szemben a csak akkumulátorokat tartalmazó komplex energiatárolókkal, így ez lehetővé teszi a rendszert a különböző területeken való elhelyezésre, többek között olyan térségeken is, ahol egy akkumulátorokat tartalmazó rendszer optimális üzemeltetési körülményei nem, vagy csak jelentős energia befektetésével lennének kivitelezhetőek.

### **8.1. Regionális hatás**

A kifejlesztett termék és a hozzá kapcsolódó szolgáltatás jelentős regionális hatással bír, mivel Budapest és Pest vármegye területén jelentős infrastrukturális fejlesztések valósulnak meg. A kis- és közepes méretű társasházak, családi házak, és az ezekhez hasonló méretű építési munkálatokat végző vállalkozások számára, valamint kisebb ipari egységek számára a szigetüzemben működő, skálázható, független, zöldenergia termelő és -tároló rendszer jól használható, környezettudatos megoldás.

### **8.2. Társadalmi jelentőség**

A fejlesztés alapját képező nap- és szélenergia felhasználása, valamint a hatékony energia tárolási megoldások alkalmazása társadalmi szempontból is kiemelkedő jelentőséggel bír, mivel olyan helyen is lehetővé tesz akár egy gazdasági tevékenységet, ahol nincs hálózati infrastruktúra, vagy bizonytalan vagy nem megfelelő kapacitású. Ez a rendszer lehetővé teszi, hogy a megtermelt energiát hatékonyan hasznosítsuk, akkor is, ha azonnal nem használjuk fel. Ezáltal a társadalmi, gazdasági tevékenységek számára biztosítja az energiaellátást, még olyan területeken is, ahol korábban nem volt lehetséges.

## 9. Következtetések és javaslatok

Munkám megkezdésekor az alábbi hipotézisek kerültek megfogalmazásra:

- H1. Műszakilag megvalósítható olyan szigetüzemben működő, skálázható, zöld energiatermelő és -tároló rendszer, mely energiahálózatoktól távol is üzemeltethető.
- H2. Megalkotható olyan projekt ütemterv, melynek segítségével a fejlesztés két év alatt végrehajtható.
- H3. A kidolgozott műszaki- és üzleti terv alkalmas arra, hogy független bírálatot követően pénzügyi támogatásban részesüljön.

A koncepcióalkotás és a tervezési folyamat lezárását követően a H1 hipotézis megerősíthető, mivel műszakilag megvalósítható olyan szigetüzemben működő, skálázható, zöld energiatermelő és -tároló rendszer, mely energiahálózatoktól távol is üzemeltethető.

A fejlesztés komplexitását is felmérve, továbbá megismerve a már meglévő tudományos eredményeket, sikerült összeállítani egy olyan ütemtervet (1. táblázat), melynek alapján a fejlesztés két év alatt végrehajtható.

Tekintettel arra, hogy a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal a tervezett fejlesztés szakmai-, tudományos- és üzleti tervének megismerését követően pozitív szakpolitikai bírálatot fogalmazott meg, kimondható, hogy a kidolgozott műszaki- és üzleti terv alkalmas arra, hogy független bírálatot követően pénzügyi támogatásban részesüljön.

A projekttervezés során nyilvánvalóvá vált, hogy a projektmenedzsment eszközök kutatás-fejlesztés és innováció területén korlátozottan alkalmazhatóak, mivel lényegesen nagyobb bizonytalanságot kell kezelni, mint egyéb projektek esetében. Erre tekintettel javaslatként fogalmazható meg egy olyan, célzott hozzáféréssel ellátott esettanulmány-gyűjtemény létrehozása, mely a korábbi időszakok projekttervezési tapasztalatait foglalja össze, továbbá kiegészíti a projektek kifutásának bemutatásával is. Sok esetben ezek csak lokálisan érhetőek el, összegyűjtésük rendkívül erőforrás-igényes.

## 10. Összefoglalás

Diplomadolgozatomban a „Szigetüzemben működő, skálázható, zöld energiatermelő és-tároló rendszer létrehozása” munkacímű kutatás-fejlesztési projekt megtervezésével kapcsolatos munkám eredményeit mutattam be. A szigetüzemben működő, skálázható, zöld energiatermelő és -tároló rendszer felfogható úgy is, mint egy különleges kombinált sűrített levegős energiátárolás (Compressed Air Energy Storage, CAES) rendszer, melynek fejlesztését célzó kutatás-fejlesztési projekt egy új típusú energiátároló technológia kifejlesztésére összpontosít.

Bemutattam azokat a szakmai és tudományos, valamint projekttervezéshez kapcsolódó irodalmakat, melyek segítségével sikeresen megbirkóztam a feladataimmal. Az anyag és módszer ismertetése során nem kizárólag a szűk szakmai és tudományos elemeket mutattam be, de kitértem a Frascati kézikönyvre (A kutatás-fejlesztés elfogadott nemzetközi definíciói), a Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégiára (S3) és a technológiai készenléti szintekre is.

Ezt követően a fejlesztés átfogó ismertetése során kitértem az energia termelés és tárolás folyamatára és az energiakinyerésre is. Kutatás-fejlesztési projektről lévén szó bemutattam a fejlesztés célját, azon belül a fejlesztés során végrehajtandó feladatokat, a fejlesztés során végrehajtott feladatok TRL szintjének meghatározását, valamint a kutatás-fejlesztési kulcselemeinek bemutatását (tudományos, műszaki újdonság, tudományos, műszaki bizonytalanság (műszaki, költség, időtartam, megvalósíthatóság), alkotó tevékenység, módszeres tevékenység, kutatási eljárás(ok), reprodukálhatóság, széleskörű alkalmazhatóság). Munkámat a fejlesztés a Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégiához való illeszkedésének bemutatásával folytattam.

A műszaki-tudományos feladatokat a fejlesztés műszaki-tudományos tartalma című fejezetben foglaltam össze, ahol megismerhető a fejlesztés újdonsága, a vezérlés és az optimalizálás jelentősége, továbbá bemutatásra kerül a fejlesztés menete. Mivel a projekt nem kizárólag műszaki szempontú, így a gazdasági (piaci) fókuszú tervezést is végre kellett hajtanom, külön fejezetben foglaltam össze. Itt kapott helyet a piaci igény, a célcsoportok, a piaci potenciál, a versenytársak, és a konkurens termék bemutatása. Munkámat a fejlesztés hatásának, jelentőségének bemutatásával zártam.

## Irodalomjegyzék

- Bentley, Colin (2010): PRINCE2: A Practical Handbook, Routledge, ISBN: 9781138187673.
- Daróczi M. (2010): Projektmenedzsment. Egyetemi jegyzet. Szent István Egyetem, Gödöllő p.: 175.
- Eric Ries: The Lean Startup (2011): How Constant Innovation Creates Radically Successful Businesses, Crown Publishing Group, ISBN: 9780307887894.
- Gido, Jack, Clements, James P.: (2021) Successful Project Management, Cengage Learning, ISBN: 9780357139760.
- Görög M. (2006): A projektvezetés mestersége. Aula Kiadó. Budapest
- Görög M. (2008): Bevezetés a projektmenedzsmentbe. Aula Kiadó, Budapest
- Gray, Clifford F., Larson, Erik W. (2020): Project Management: The Managerial Process, McGraw-Hill, ISBN: 9781260238860.
- Györfi András (2019): Agilis projektmenedzsment, HVG Kiadó, ISBN: 9789630592090.
- Harold Kerzner: Innovation Project Management (2019): Methods, Case Studies, and Tools for Managing Innovation Projects, John Wiley & Sons, ISBN: 9781119587293.
- Husti I. - Daróczi M. (2006): Számítógépes műszaki projektmenedzsment. HEFOP- 3.3.1-P.-2004-06-0039/1.0 „Felsőfokú CAE képzés” projekt keretében, SZIE, Gödöllő
- Husti I. (2009): A minőségmenedzsment elemei. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő
- Husti I. (2020): Projekttervezés. Oktatási segédlet. Gödöllő
- Kerzner, Harold (2022): Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, John Wiley & Sons, ISBN: 9781119801252.
- Kisgyörgy Tamás (2012): Projektmenedzsment módszertan, Typotex Kiadó, ISBN: 9789632785070.
- Lory Mitchell Wingate (2014): Project Management for Research and Development, CRC Press, ISBN: 9781466596290.
- Mantel, S. J. Jr. et al. (2001): Project Management in Practice. John Wiley & Sons, New York
- Maylor, Harvey (2010): Project Management Pearson Education, ISBN: 9780273704324.
- MEdina V. (2019): Minőségmenedzsment. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő
- Meredith, Jack R., Mantel Jr., Samuel J. (2019): Project Management: A Managerial Approach, John Wiley & Sons, ISBN: 9781119586081.
- Papp O. (1997): Projekt menedzsment (Projektek tervezése, szervezése, irányítása). BME Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest
- Pinto, Jeffrey K. (2019): Project Management: Achieving Competitive Advantage, Pearson, ISBN: 9780134730332.
- PMBOK Guide - Projektmenedzsment útmutató (2018), Project Management Institute, magyar kiadás, ISBN: 9789630584012.

Ron Basu (2016): Managing Projects in Research and Development, Routledge, ISBN: 9781138786241 (nyomtatott), 9781315593616 (e-könyv).

Schwalbe, Kathy (2021): Information Technology Project Management, Cengage Learning, ISBN: 9780357442136.

Thomas J. Baker (2018): Research Project Success: How to Create and Conduct Effective Research Projects, De Gruyter, ISBN: 9781547401321.

Tóth Mihály (2017): Projekttervezés lépésről lépésre, Akadémiai Kiadó, ISBN: 9789632619870.

Turner, J. Rodney (2014): The Handbook of Project-based Management, McGraw-Hill, ISBN: 9780071821780.

Verzuh, Eric (2020): Projektmenedzsment - Praktikus kézikönyv, HVG Könyvek, ISBN: 9789633046820.

Wysocki, Robert K. (2019): Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme, John Wiley & Sons, ISBN: 9781119562801.

### NYILATKOZAT

#### a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Balogh Béla  
A Hallgató Neptun kódja: RTSC6T  
A dolgozat címe: Egyedi skálázható zöldenergia termelő és tároló rendszer fejlesztése és projektszintű megközelítése  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. november 4.



Hallgató aláírása

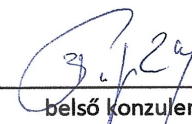
## NYILATKOZAT

Balogh Béla (Neptun azonosítója: RTSC6T) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: 2024. november 4.

  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő alá húzandó.

<sup>2</sup> A megfelelő alá húzandó.