

# AZ ENERGIATÁROLÁS MECHANIKAI TECHNOLÓGIÁI

## MECHANICAL ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES

Fenyvesi Sándor\*, Orbán Ferenc\*\*

### ABSTRACT

The energy production of different renewable energy sources is fluctuating and the management of the changing energy needs requires energy storage. Battery system and Power to Gas type storage can also be used for energy storage. In practice, these two technologies are preferred in Hungary. In the last couple of years, studies have been published on gravitational energy storage. A known method of gravity energy storage is when water is pumped up into a high-altitude reservoir and the energy is released from there during use, while the water flowing down gives off energy. A few years ago, the possibility arose that energy could be stored in abandoned mine shafts by moving large weights. In the article, we describe several solution options for energy storage.

### 1. BEVEZETÉS

Bányamérnök barátaink hívták fel a figyelmünket az energiatárolás lehetőségéről bányászati aknákban. Az Egyesült Királyságban komoly összeggel támogatták a módszer kutatását.

Más un. gravitációs energia tárolással több országban is foglalkoztak, sőt megvalósított projektek is vannak. Erről a témáról több fórumon is tartottunk előadást és cikket is írtunk. Számunkra az a meglepetés, hogy Magyarországon nincs szándék az ilyen jellegű kutatásra, holott bizonyítottan jó megoldások léteznek.

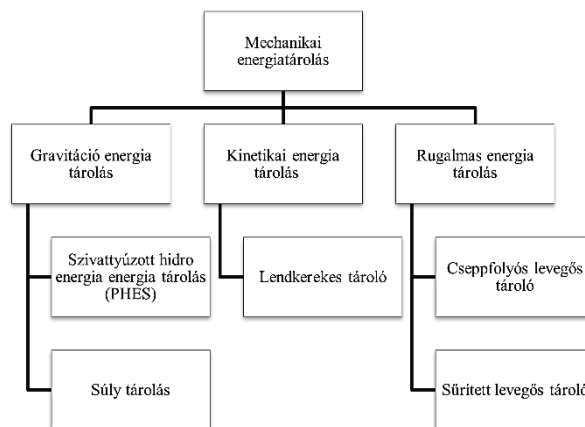
Az energia típusú tárolási technológiák nagy mennyiségű teljesítmény tárolásra alkalmasak, míg az teljesítmény típusúak nagy mennyiségű energia cseréjére alkalmasak egy rövid idő alatt.

Az energia tárolási technológia [1] irodalom szerint:

- Energia típusú és teljesítmény típusú [3].

Energia típusok: Kémiai, hőenergia és mechanikai energiatárolók

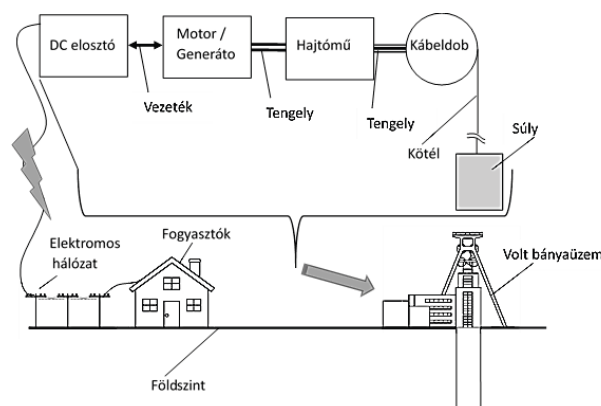
Teljesítmény típusok: elektrokémiai és elektromos



1. ábra Az energiatárolás lehetőségei

Az energiatárolók használata számos előnnyel jár, mint például az energiafogyasztás optimalizálása, energiafüggetlenség, rugalmasság. E mellett lehetővé teszik a megújuló energiák hatékonyabb integrálását a rendszerbe. A 2. ábra mutatja a gravitációs energiatároló rendszer elvi vázlatát.

Az energiatárolók használata elősegíti a fenntarthatóbb energiahasználatot és a környezetbarát energiatermelést.



2. ábra Az energiatároló rendszer sematikus ábrája

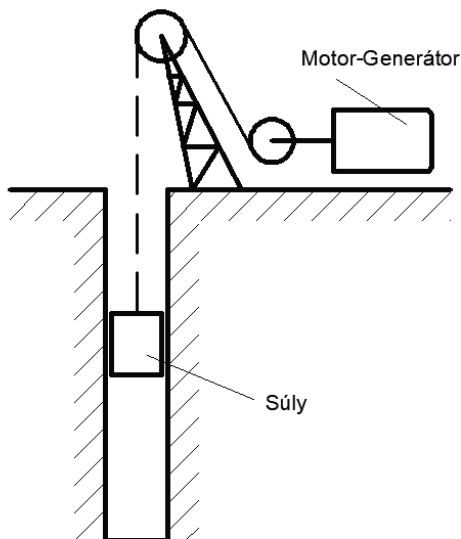
\* tanársegéd, Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar, Gépészmérnöki Tanszék

\*\* professzor emeritus, Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar, Gépészmérnöki Tanszék

## 2. ENERGIATÁROLÁSI MEGOLDÁSOK

A gravitációs energia tárolás nagy tömegek mozgásával tárol energiát. Több cikk jelent meg az elhagyott bányákban történő energia tárolására. A technológia hasonlít a daruk vagy liftek működéséhez. Ha a nagy súly leengedjük az aknába akkor energiát termelünk, ha felesleges energia van, akkor a súlyokat felemeljük. Ezt a tárolási módszert hívjuk súly tárolónak [2].

A tárolás elve a 3. ábrán látható.



3. ábra Gravitációs energiatárolás

A tárolt energia mennyisége egyenesen arányos az akna mélységével és a mozgított súllyal.

$$E = \eta \cdot m \cdot g \cdot H \quad (1)$$

ahol,

$\eta$  - hatásfok

$m$  - mozgított tömeg

$H$  - akna mélysége

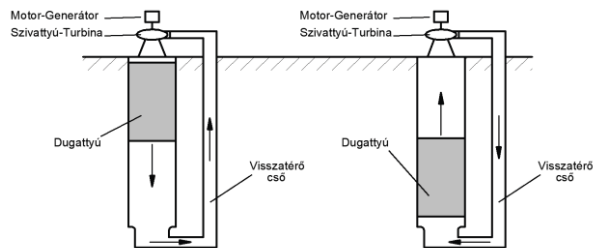
Egy példa, ha az akna mélysége 1250 m és a mozgított tömeg 3.000 tonna, úgy 10 MWh energia tárolható, ami nem tűnik nagyknak. A Mecsek hegységben 34 db használaton kívüli akna van, átlagosan 500 m mélységűek. Így 1000 tonna tömeggel 1,3 MWh energia tárolható.

Optimális esetben, ha az összes akna dolgozik, úgy 44 MWh energia tárolható. A jelen helyzetben a legnagyobb probléma, hogy az aknákat ki kell tisztítani és a mozgított nagy tömeg miatt a meglévő akna tornyok nem használhatók, vagy meg kell azokat erősíteni. A skót vállalatot Gravitricity-nek hívják, több tanulmányt is írtak a függesztett súlyú energia tárolásáról, valamint kipróbálására egy 16 m-es

tornyot építettek, amiben két db 25 tonna tömeget mozgattak.

Az irodalomban fellelhetők olyan megoldások, amikor nem egy nagy súlyt mozgatnak, hanem több kisebbet, így az emelőszervezetet kisebbre lehet méretezni, ellenben a súlyokat daruval el kell raktározni felső szinten.

A bányászati akna felhasználásával működik a dugattyús energiatároló. A dugattyús energiatároló elvi vázlatát a 4. ábra mutatja.



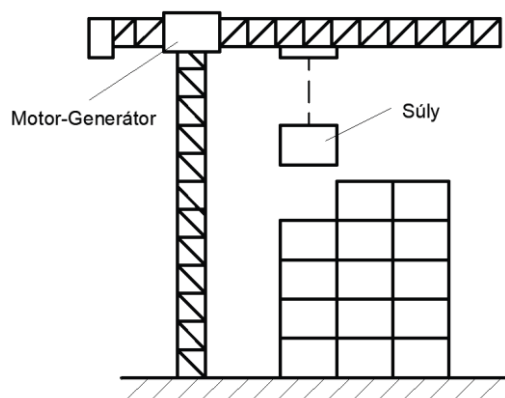
4. ábra Dugattyús energiatárolás

Egy szigetelt vízzel töltött bányászati aknában egy (henger) dugattyú helyezkedik el. Az akna alul és felül egy visszatérő csőhöz kapcsolódik, a visszatérő cső vízszintes szakaszán egy szivattyú – turbina van beépítve. Ha energiát tárolunk, úgy a felső szivattyú a felső kamrából az alsó kamrába szállítja a vizet, így a dugattyút felemeli. Az energia termelésekor a dugattyú visszanyomja a vizet és a turbinát hajtja.

A technológia egyszerűnek tűnik, azonban az akna falvastágát a nagyobb nyomásra kell méretezni, valamint a dugattyú tömítését is meg kell oldani.

A toronytípusú energiatároló esetében 35 tonnás tömbökből tornyot építünk, amikor energiát tárolunk.

A toronytípusú energiatároló elvi vázlatát az 5. ábra mutatja.



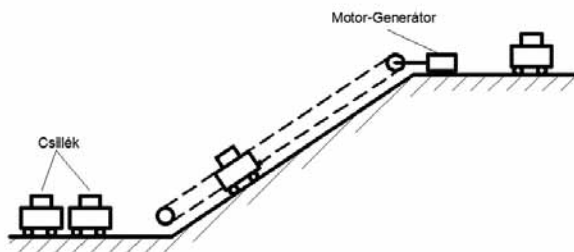
5. ábra Toronytípusú energiatároló

Egy Svájcban megépült energiatároló egy 6 karú toronydaru, ami a daru test köré egy tornyot épít [7]. A tárolási kapacitás 20MWh-80MWh is lehet.

Egy további energiátárolási megoldás vasúti technológiát használ [5]. Ez lejtős vidékekre telepíthető. Nagy tömegű csilléket vasúti pályán egy magasabb helyre szállítunk lánchajtás segítségével amikor energiát tárolunk. Amikor a hálózatnak áramra van szüksége, úgy a folyamat megfordul a csillének lefelé haladva a mechanikai energiát elektromos árammá alakítják.

Az ARES Nevada cég egy 50 MW-os energia tárolót fejleszt kb. 20 hektáron egy kavicsbányában. Ez a projekt 210 csilléből álló 75000 tonnát nyomó jármű flottát alkalmaz és 10 sínpárból áll.

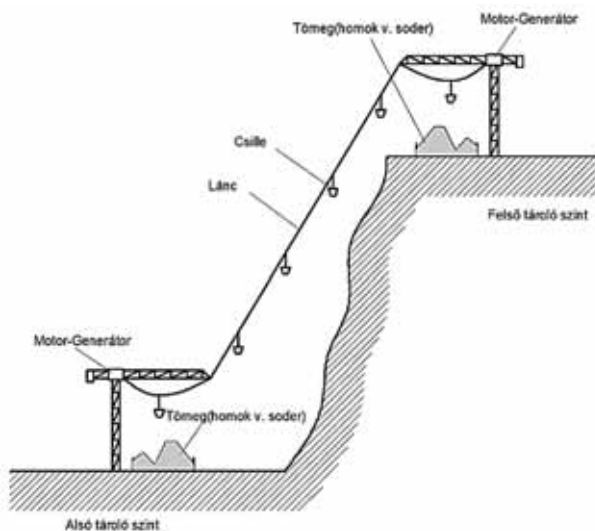
A kötőpályás vasúti energiátároló elvi vázlatát az 6. ábra mutatja.



6. ábra Kötőpályás vasúti energiátároló

Ugyancsak hegyes terepre telepíthető a hegyi energia tároló [4]. A rendszer két daru telepítéséből áll egy meredek kanyon vagy hegy szélén, amelyek elegendő kinyúlásúak ahhoz, hogy homokot, vagy sódert szállítsanak a hegy alján lévő tároló helyről a hegy tetején lévő tároló helyre.

A hegyi energiátároló elvi vázlatát a 7. ábra mutatja.



7. ábra Hegyi energiátároló

Az a módszer kisebb energia tárolására alkalmas.

A lendkerekes tároló kinetikus energia formájában tárolja az energiát [6]:

$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad [J] \quad (2)$$

ahol,

E – tárolt kinetikus energia

I – tehetetlenségi nyomaték

$\omega$  – lendkerék szögsebessége

A felhasználható energia:

$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot (\omega_{max}^2 - \omega_{min}^2) \quad [J] \quad (3)$$

ahol,

E – tárolt kinetikus energia

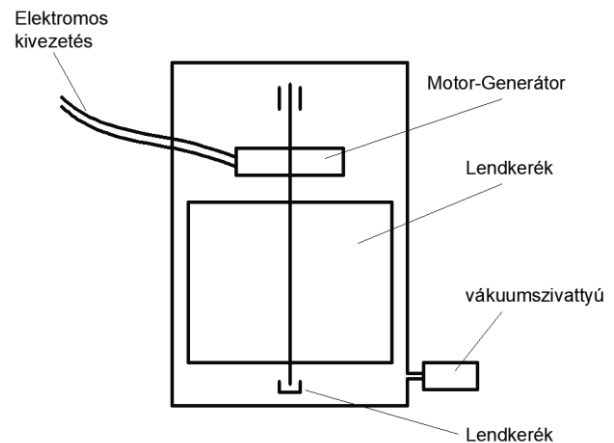
I – tehetetlenségi nyomaték

$\omega_{max}$  – lendkerék maximum szögsebessége

$\omega_{min}$  – lendkerék minimum szögsebessége

A minimális szögsebesség értéke a maximális szögsebesség fele és harmada között van

A lendkerekes energiátárolás elvi vázlatát a 8. ábra mutatja.



8. ábra Lendkerekes energiátárolás

A lendkerék egy házban helyezkedik el, amelyben vákuumot hozunk létre. A lendkerék maximális fordulatszáma 50.000 f/perc. A tárolható energia 133 kWh is lehet.

### 3. A KÜLÖNBÖZŐ ENERGIÁTÁROLÓK ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

Az összehasonlítás szempontjai: az energiátárolás kapacitása, az energia csere hatásfoka, a biztonság, a földrajzi adottságok, a válaszidő és az élettartam.

### 3.1 Az energiatárolás kapacitása

A kapacitás bővítése lehet az összehasonlítás alapja.

Könnyen bővíthetők a súlytárolók, a hidraulikus, a toronyszerű, a hegyi és a vasúti tárolók a geográfiai adottságoktól függően. A lendkerekes tározó kapacitása korlátozott.

### 3.2 Az energia csere hatásfoka

Az összes energiatároló típus hatásfoka magas, 80 % körül van. A hatásfokot a súrlódási veszteségek csökkentik.

### 3.3 Biztonság

A módszer biztonsága a rendszer meghibásodásával kapcsolatos. Az egyszerűbb energia tárolók, mint a súlytároló vagy a lendkerekes kevésbé hibásodnak meg.

A toronyszerű és a hidraulikus tárolóknál nagyobb valószínűséggel, míg a hegyi és vasúti tárolóknál többször lehet meghibásodás ui. szabadon álló szerkezetek.

### 3.4 Geográfiai adottságok

A geográfiai adottságok meghatározzák a tárolási módszerek alkalmazhatóságát. A súlytárolók és a hidraulikus tárolók használhatók, ha vannak elhagyott aknák. Megfelelő terepviszonyok esetén a hegyi és vasúti technológiák használhatók. A toronyszerű és a lendkerekes tárolóknál nincs kötöttség.

### 3.5 Válaszidő

Egy alapvető jellemző az energiatároló rendszer válaszüzeje. Ez azt jelenti, hogy milyen gyorsan tud villamos energiát tárolni a villamos rendszerben.

A leggyorsabb a súly, a hidraulikus és a lenkerekes tároló, kevésbé gyors a toronyszerű, a hegyi és a vasúti tároló.

### 3.6 Élettartam

Az élettartamra szinte mindegyik tárolási módszer 30-50 évet jósol.

Természetesen a karbantartás is fontos, de leginkább a súrlódásos kopás befolyásolja az élettartamot.

A módszerek számszerűsített összehasonlítása nem egyszerű, egy lehetőség lehet az energia sűrűség alapján, ami a tárolt energia és a tároló súlyának viszonya.

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben hat különböző energiatárolási módszert ismertetünk. Az ismertetett energiatárolók Magyarországon megvalósíthatók. Érdemes lenne megvizsgálni gazdasági szempontból is, hogy melyik a legmegfelelőbb a hazai környezetben. Az energia tárolásról írott cikkeket tanulmányozva megállapítható, hogy mindegyik módszernek vannak lelkes támogatói.

## 5. IRODALOM

- [1] TONG, W., LU, Z., SUN, J., ZHAO, G., HAN, M., & XU, J.: *Solid gravity energy storage technology: Classification and comparison*, *Energy Reports*, Vol. 8, (2022), pp. 926-934, doi: 10.1016/j.egy.2022.10.286
- [2] MORSTYN, T., CHILCOTT, M., & MCCULLOCH, M. D.: *Gravity energy storage with suspended weights for abandoned mine shafts*, *Applied energy*, Vol. 239, (2019), pp. 201-206, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.01.226
- [3] DR. IMRE A., KUMMER K.: *Szezonális és hosszútávú energiatárolási lehetőségek*, *Energiagazdálkodás*, 62.évf., (2021), pp. 24-31
- [4] HUNT, J. D., ZAKERI, B., FALCHETTA, G., NASCIMENTO, A., WADA, Y., & RIAHI, K.: *Mountain Gravity Energy Storage: A new solution for closing the gap between existing short-and long-term storage technologies*, *Energy*, , Vol. 190, (2020), doi: 10.1016/j.energy.2019.116419
- [5] CAVA, F., KELLY, J., PEITZKE, W., BROWN, M., & SULLIVAN, S.: *Advanced rail energy storage: Green energy storage for green energy*, *In Storing Energy*, (2016), pp. 69-86, doi: 10.1016/B978-0-12-803440-8.00004-X
- [6] BOLUND, B., BERNHOFF, H., & LEIJON, M.: *Flywheel energy and power storage systems*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, No. 2, (2007), pp. 235-258, doi: 10.1016/j.rser.2005.01.004
- [7] MOORE, SAMUEL K.: *The Ups and Downs of Gravity Energy Storage: Startups are pioneering a radical new alternative to batteries for grid storage*. *IEEE spectrum*, Vol. 58, No. 1, (2020), pp. 38-39, doi: 10.1109/MSPEC.2021.9311456