



# **SZEZONÁLIS HŐTÁROLÓ NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSRA**

---

**Dr. Fülöp László**

**főiskolai tanár**

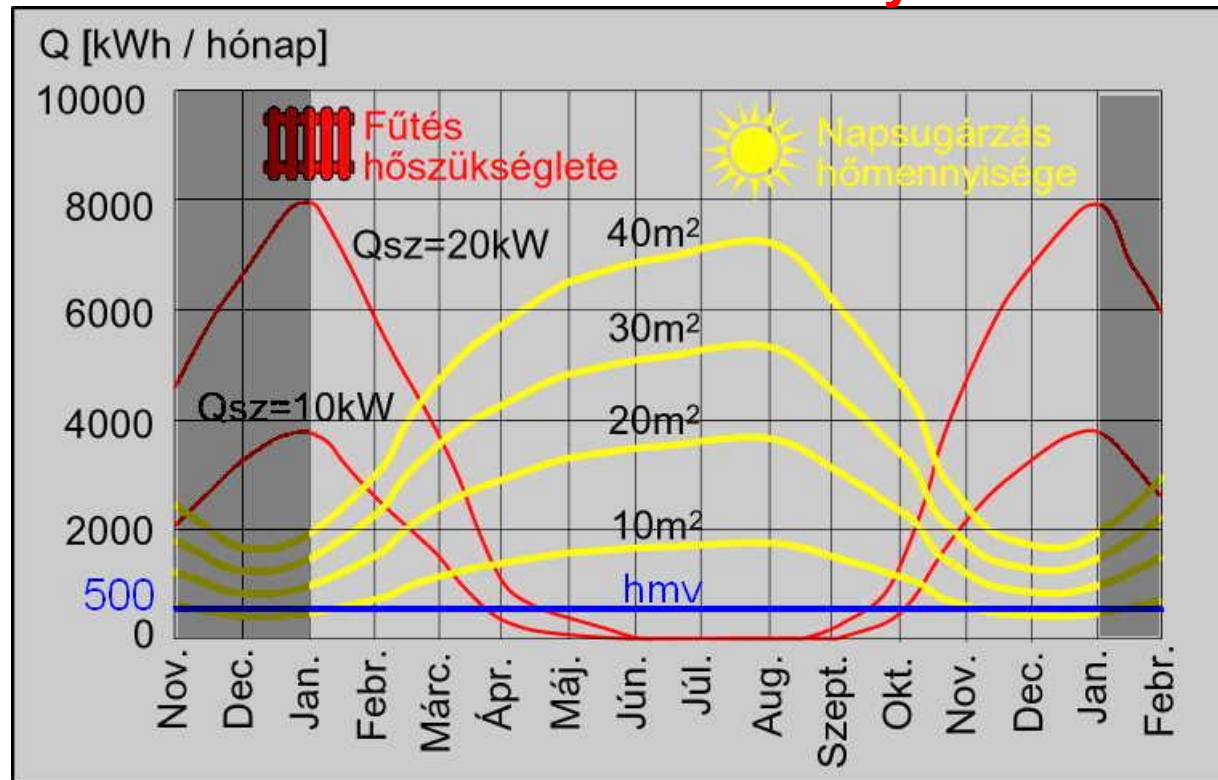
**Pécsi Tudományegyetem**

**Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar**

**[fulopl@pmmf.hu](mailto:fulopl@pmmf.hu)**

# Fűtés napkollektorral ?

A kollektor felület növelésével a nyáron „eldobott” hő jobban növekszik, mint a hasznos  
**Télen a hatásfok is alacsonyabb!**



Napkollektoros épületfűtés lehetőségei

Ábra: Naplopó Kft

# Fűtés napkollektorral ?

---

- Mivel a fűtési igény és a napenergia rendelkezésre állása időben pont ellentétes, a napkollektoros rendszerek általában nem alkalmasak fűtésre,
- legalábbis önálló egységként nem
- Megoldás lehet, ha a nyári energia felhasználható olyan célra, amire a fűtési szezonban nincs szükség
- vagy a nyári energia eltárolása télre (szezónális tárolók)
- Ezeknek azonban nagy a méretük és nagy a hőveszteségük
- Sok lakást ellátó tárolók vesztesége kisebb a kedvezőbb felület/térfogat arány eredményeképpen
- A passzív szolár építészet kifejezetten a napenergia fűtési célú felhasználásával foglalkozik

# Fázisváltásos hőtárolás

---

A veszteség csökkentésének egyik módszere a fázisváltásos hőtároló alkalmazása (látens hő)

Ebben a hőtárolást a folyékony és a szilárd halmazállapot közti átmenet adja. Feltöltésnél a hőtároló anyag „megolvad”, kisütésnél pedig „megfagy” azaz kristályosodik.

A rejtett hővel működő tárolók fő jellegzetessége a közel állandó és alacsony üzemi hőmérséklet.

A felhasznált kémiai vegyület hőmérséklete addig nem változik, amíg a fázisváltás a teljes tömegben végbe nem megy.

Különböző anyagok (vizes sóoldatok) fázisváltási hőmérséklete más és más. *(Korai kísérletek: Telkes Mária, MIT, USA.)*



# Fázisváltásos hőtárolás

---

A szolártechnikában alkalmazható vegyületek *Bajnóczy-Ring-Zöld* szabadalma szerint: kalcium-klorid-hexahidrát, nátrium-karbonát-hexahidrát, dinátrium-foszfát-dodekahidrát, kalcium-nitrát, nátrium-szulfát-dekahidrát, nátrium-tioszulfát-pentahidrát fázisváltási hőmérséklete  $29^{\circ}\text{C}$  és  $54^{\circ}\text{C}$  között van.

Ezért a hőveszteség sokkal kisebb, mint a víz felmelegítésével történő tárolás esetében

A fázisváltás hője 3...6-szorosa az azonos térfogatú és hőmérséklethatárú víznek

A méret azonban még így is óriási

A tároló jellegzetes kialakítása, hogy a vegyi anyagot 50...80 mm átmérőjű csövekbe töltik (tágulási helyet hagyva) és lezárják. A csöveket víztárolóba teszik, ahol a csövek külső oldalán a víz jó hőátvitelt biztosít

# Fázisváltásos hőtárolás

---



**Kísérleti látens  
hőtároló, makro  
kapszulákba zárt  
PCM (parafin)**

***Phase Change Material  
(PCM): fázisváltó anyag***

*Forrás:*

*C. Arkar , „Solar Heating and  
Cooling for a Sustainable Energy  
Future in Europe,” European Solar  
Thermal Technology Platform,  
Brussels, Belgium.*



# Szorpciós hőtárolás

---

- A szorpciós hőtároló rendszerekben a hőt anyagokban tárolják szorpciós anyagból felvett vízpára segítségével.
- Az anyag lehet szilárd (adszorpció), vagy folyékony (abszorpció).
- Ezek a technológiák még javarészt fejlesztési szakaszban tartanak, de néhány közülük már a piacon is kapható.
- Ebben a szorpciós hőtároló sűrűség négyszerese lehet a vízben való szenzibilis hőtárolásnak.



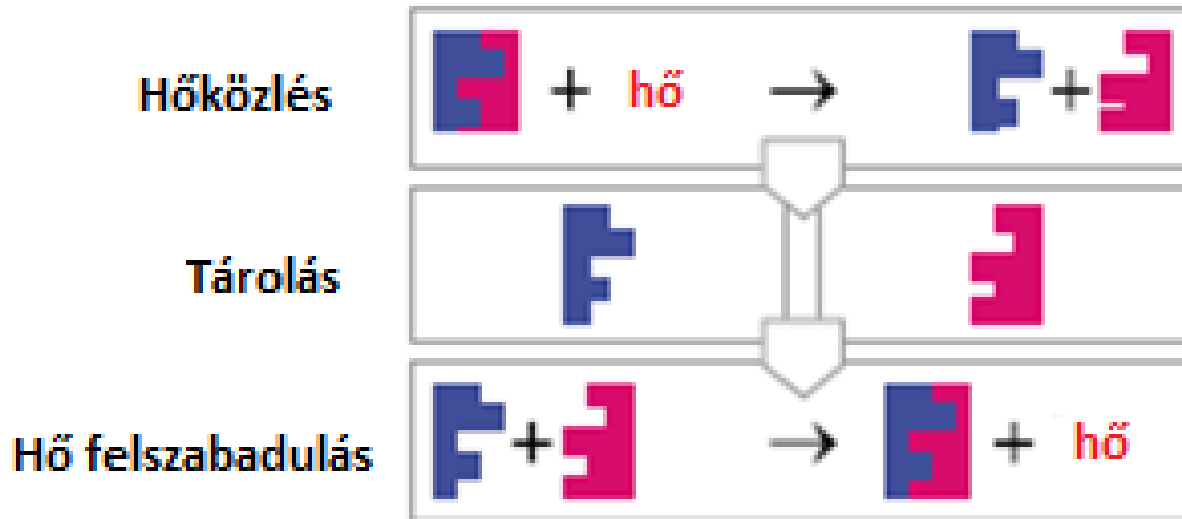
# Termokémiai hőtárolás

---

- **A termokémiai hőtároló rendszerekben a hő endoterm kémiai reakcióban tárolják.**
- **Egyes vegyületek több mint húszszoros hőtároló képességgel rendelkeznek, mint a víz, de a tárolás sűrűsége általában 8-10-szer magasabb.**
- **Kevés termokémiai tároló rendszert mutattak eddig be.**
- **Valamennyi jelenleg használt kísérleti anyag só, amelyek vízmentes és hidratált formájában léteznek.**
- **A termokémiai rendszerek kompakt tárolásra alkalmasak alacsony és közepes hőmérsékleten.**



# Termokémiai hőtárolás



- **A termokémiai hőtárolás elve: hőt használnak arra, hogy kémiai vegyületeket szétválasztják komponenseire.**
- **A komponenseket ezután hosszú ideig tárolják gyakorlatilag hőveszteség nélkül.**
- **Amikor az összetevők újra egyesülnek, a kémiai reakció során hő keletkezik**

*Forrás: ECN, The Netherlands, „Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe,” European Solar Thermal Technology Platform (ESTTP), Brussels, Belgium.*

# Hőszivattyúval kapcsolt tárolás

---

- Hőszivattyúval kapcsolt tároló esetén a tároló-hőmérséklet nem kell, hogy jelentősen eltérjen a környezeti hőmérséklettől, ezért a tároló hővesztesége kicsi.
- Ha például a tárolás hőmérséklet-tartománya  $10-30^{\circ}\text{C}$ , akkor  $40^{\circ}\text{C}$  előremenő hőmérséklet esetén a hőszivattyúnak  $10\dots30^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletet kell emelnie
- A fűtési rendszernek természetesen a lehető legalacsonyabb hőmérsékleti szinten kell működnie a jó hatásfok érdekében.
- Ebből a szempontból a legmegfelelőbb a padlófűtés. Radiátoros fűtés esetén a szokásos radiátorfelület  $5\dots10$ -szerese adódna ezen a hőmérsékletszinten.

# Hosszú távú hőtárolók

---

A napenergia hozam és a fűtési energia igény időbeli eltérése megoldható hosszú távú (szezónális) hőtárolóval. Nyáron felfűtjük, télen kisütjük.

Az átmenet az egyik üzemmódból a másikba folyamatos.

Tavasszal egy bizonyos időponttól kezdve a az energiahozam már fedezi az igényeket, később pedig már töltésre is jut.

Ősszel egy bizonyos időpontig elegendő a pillanatnyi hozam, később már a tárolóból is kell vételezni.

A szezonális tároló problémája a méret és a hosszú idő miatt a nagy veszteség.

Családi ház méretben a tároló mérete nagyságrendben megegyezik az épületével

# Központi (közösségi) hőtároló

---

- A méret növelése csökkenti a fajlagos veszteségeket.
- Egy tároló, amely több száz, esetleg több ezer lakást szolgál ki olyan nagy méretű, hogy kedvező (kocka, gömb) alak esetén az egységnyi térfogatra (hőtároló közeg tömegre) jutó lehűlő felület kicsi.
- A nagy méret viszont kivitelezési technikai, elhelyezési nehézséget jelent.
- Meglévő föld alatti üreg is használható, sőt maga a talaj is szondákon keresztül
- Közösségi rendszer (tömbfűtés, távfűtés) szükséges a hő elosztásához.
- Hőszivattyúval kiegészítve esetleg meglévő távfűtéshez is csatlakozhat?

# Hőtároló lehűlés számítása

---

$$t = t_k + (t_0 - t_k) \cdot e^{-\frac{k \cdot F}{M \cdot c} \tau}$$

Ahol:

$t$  = a tároló hőmérséklete a vizsgált időszak végén [°C]

$t_k$  = külső hőmérséklet [°C]

$t_0$  = tároló kiindulási hőmérséklete [°C]

$e$  = Euler féle szám (2,718)

$k$  = hőátbocsátási tényező ( $0,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ )

$F$  = felület [ $\text{m}^2$ ]

$M$  = tömeg [kg]

$c$  = fajhő ( $1,163 \text{ Wh}/\text{kgK}$ )

$\tau$  = idő [óra]

# A tároló hőmérséklete a fűtési szezon végén

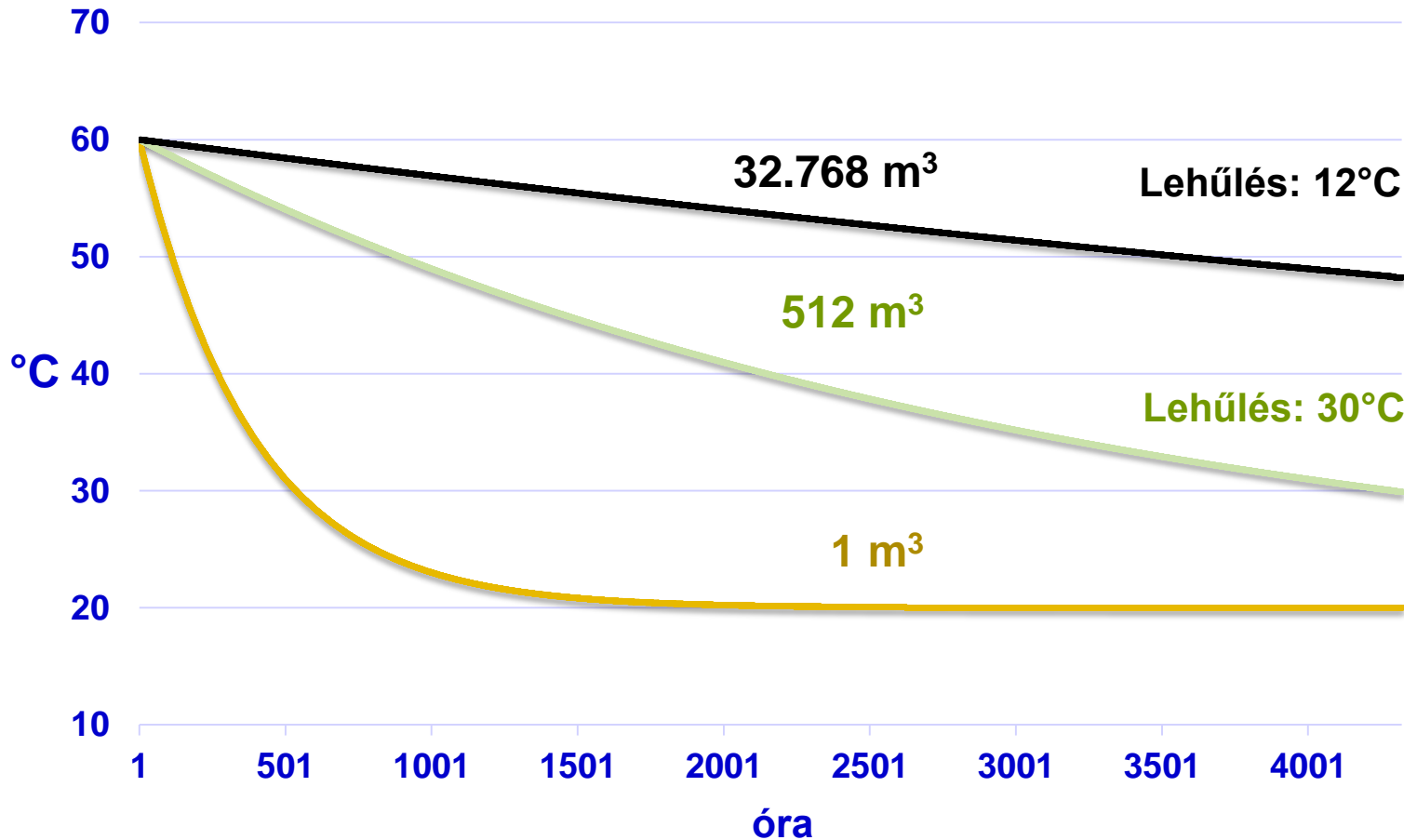
Tároló térfogat [m <sup>3</sup> ]	Tároló hőmérséklet [°C]
1	20,00057
8	20,15
64	22,46
512	29,91
4 096	39,91
32 768	48,22
125 000	51,99

Kezdeti hőmérséklet: 60°C

Környezeti hőmérséklet: 20°C

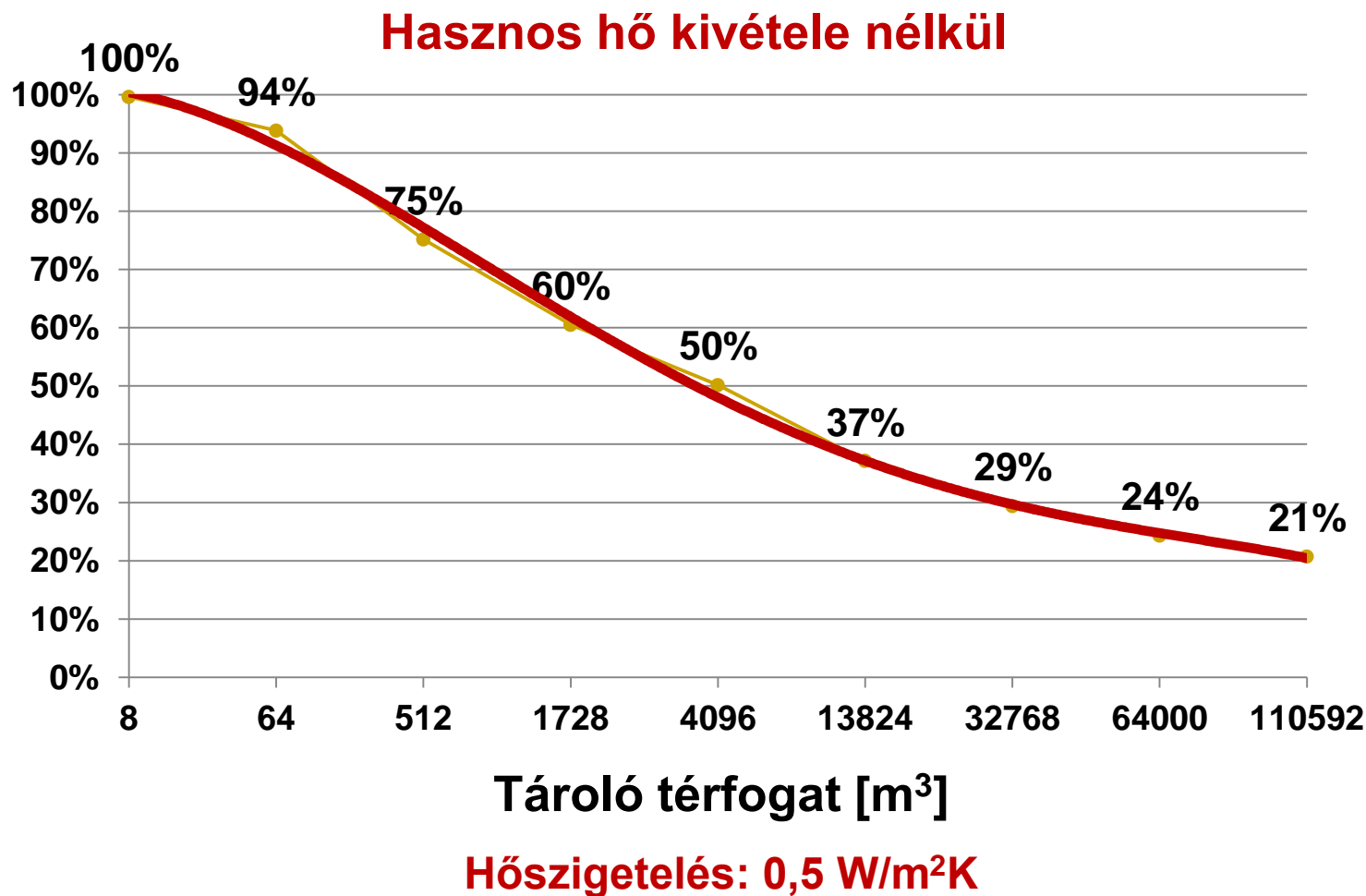
Hőszigetelés: 0,5 W/m<sup>2</sup>K

# Hőtároló lehűlése 20°C környezeti hőmérséklet esetén



Hőszigetelés: 0,5 W/m<sup>2</sup>K

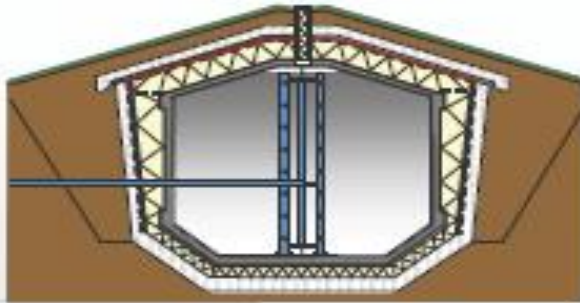
# A tároló hővesztesége a fűtési szezon végéig [%]



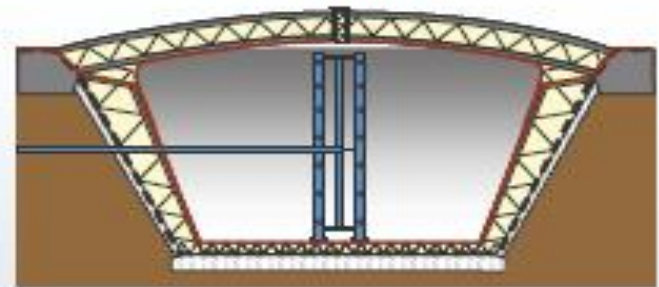


# Központi (közösségi) hőtárolók

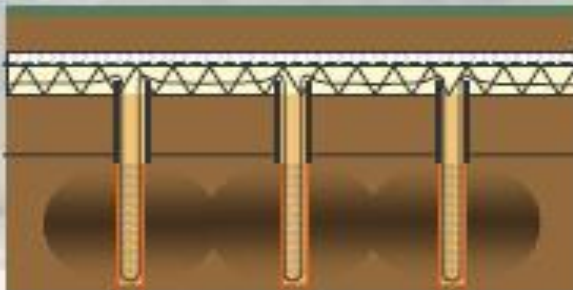
Tank-Wärmespeicher (TTES)  
(60 bis 80 kWh/m<sup>2</sup>)



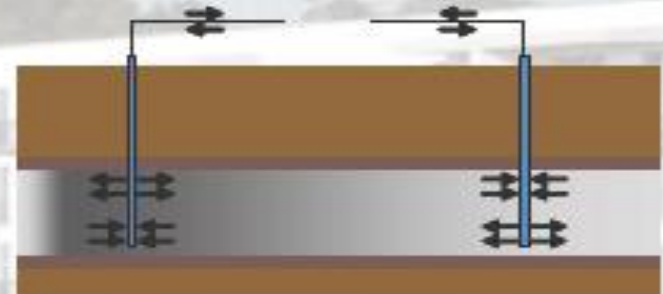
Erdbecken-Wärmespeicher (PTES)  
(60 bis 80 kWh/m<sup>2</sup>)



Erdsonden-Wärmespeicher (BTES)  
(15 bis 30 kWh/m<sup>2</sup>)



Aquifer-Wärmespeicher (ATES)  
(30 bis 40 kWh/m<sup>2</sup>)

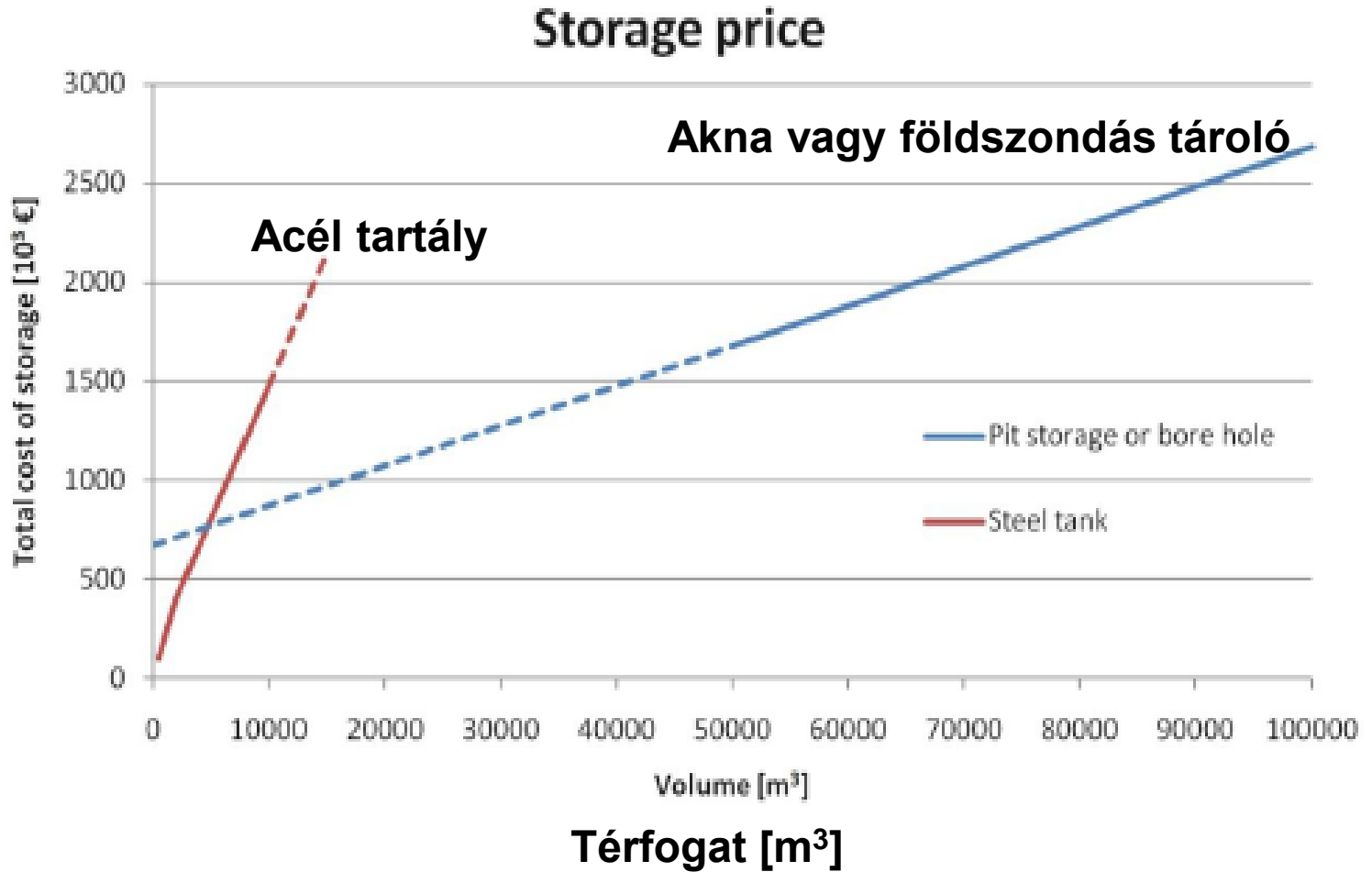


Acéltartály, Tank thermal energy storage (TTES)  
Talajszondás tároló, Borehole storage (BTES)

Akna tároló, Pit storage (PTES)  
Vízterőző, Aquifer (ATES)

# Tároló árak

A tároló teljes  
költsége 10<sup>3</sup> EUR



# Marstal (DK)

---



*Arcon Solvarme A/S,  
Denmark*

**A 12,9 MW hőteljesítményű Marstal (DK) rendszert (18.365 m<sup>2</sup> kollektor felület) a helyi távfűtőrendszerbe integrálták. A világ legnagyobb szolár hőerőműve egy dán sziget összes hőigényének 30%-át biztosítja.**

# Legalább 700 kW hőteljesítményű, napkollektorral működtetett távfűtés és –hűtés rendszerek Európában

<b>Szezonális (évszakos) tárolás</b>		
	<b>Tároló típusok</b>	
<b>Jelmagyarázat</b>		
<b>ATES</b>	<b>Víztározó hőenergia tároló</b>	
<b>BTES</b>	<b>Fúrt hőenergia tároló (talaj, kőzet)</b>	
<b>WTES</b>	<b>Víz hőenergia tároló (sziklaüreg, beton és acéltartály, üreg a föld alatt vagy föld feletti tároló)</b>	
<b>WGTES</b>	<b>Víz / kavics hőenergia tároló (föld alatti üreg)</b>	

# Legalább 700 kW hőteljesítményű napkollektorral működtetett távfűtés és –hűtés rendszerek Európában

	Kollektor típusok	
<b>Jelmagyarázat</b>		
<b>FPC</b>	Sík kollektor = alapértelmezett	
<b>ETC</b>	Vákuumcsöves kollektor	
<b>CPC</b>	Összetett parabolikus kollektorok	
<b>PTC</b>	Parabolikus vályú kollektor	
<b>UG</b>	Üvegezetlen kollektor (abszorber)	
<b>DB</b>	Leürítős rendszer (alap = szivattyús rendszer és fagyálló hőhordozó közeg)	
<b>R</b>	Reflektor	

# Legalább 700 kW hőteljesítményű napkollektorral működtetett távfűtés és –hűtés rendszerek Európában

<http://www.solar-district-heating.eu>

	Tulajdonos	Hely	Kollektor felület m <sup>2</sup>	Teljesítmény MW th	Tároló típus	Működés kezdete
1	Marstal Fjernvarme	Marstal, Denmark	18365	12,81	WTES	1996
2	Stadtwerke Crailsheim	Crailsheim, Germany	7300	5,11	BTES	2003
3	Stadtwerke Neckarsulm	Neckarsulm, Germany	5670	3,97	BTES	1997
4	Uppsala Energi AB	Lyckebo, Sweden	4320	3,02	WTES	1983
5	Techn. Werke Friedrichshafen	Friedrichshafen, Germany	4050	2.84	WTES	1996
6	Rise Fjernvarme,	Rise, Denmark	3575	2,50	WTES	2001
7	EON Hanse	Hamburg, Germany	3000	2,10	WTES	1996

ATES Víz tározó hőenergia tároló

BTES Fűtő hőenergia tároló (talaj, kőzet)

WTES Víz hőenergia tároló (sziklaüreg, beton és acéltartály, üreg a föld alatt vagy föld feletti tároló)

WGTES Víz / kavics hőenergia tároló (föld alatti üreg)

# Legalább 700 kW hőteljesítményű, napkollektorral működtetett távfűtés és –hűtés rendszerek Európában

<http://www.solar-district-heating.eu>

	Tulajdonos	Hely	Kollektor felület m <sup>2</sup>	Teljesítmény MW th	Tároló típus	Működés kezdete
8	Stadtwerke München	München, Germany	2900	2,03	WTES	2007
9	ENECO Energy	2MW, Netherlands	2900	2,03	ATES	2002
10	Lambohov Samf.	Lambohov, Sweden	2700	1,89	WTES	1980
11	Växjö kommun	Ingelstad, Sweden	2460	1,72	WTES	1984
12	De Huismeester	Groningen, Netherlands	2400	1,68	BTES	1985
13	HSB Brf Anneberg	Anneberg, Sweden	2400	1,68	BTES	2002
14	Bayerisches Staatsministerium	Augsburg, Germany	2000	1,40	ATES	1998

ATES Víz tározó hőenergia tároló

BTES Fűtő hőenergia tároló (talaj, kőzet)

WTES Víz hőenergia tároló (sziklaüreg, beton és acéltartály, üreg a föld alatt vagy föld feletti tároló)

WGTES Víz / kavics hőenergia tároló (föld alatti üreg)

# Legalább 700 kW hőteljesítményű, napkollektorral működtetett távfűtés és –hűtés rendszerek Európában

<http://www.solar-district-heating.eu>

	Tulajdonos	Hely	Kollektor felület m <sup>2</sup>	Teljesítmény MW th	Tároló típus	Működés kezdete
15	Stadtwerke Eggenheim	Eggenstein, Germany	1600	1,12	WGTES	2008
16	EON, DE	Hannover-Kronsberg	1350	0,95	WGTES	2000
17	Växjö kommun	Ingelstad, Sweden	1320	0,92	WTES	1979
18	Swiss Fed Office of Stat.	Neuchatel, Switzerland	1120	0,78	WTES	1997
19	Private assotiation	Kerava, Finland	1100	0,77	BTES	1985
20	Herlev kom. Boligselskab	Tubberupvænge, Denmark	1030	0,72	WTES	1991
21	WIRO mbH	Rostock, Germany	1000	0,70	ATES	2000

ATES Víz tározó hőenergia tároló

BTES Fűtő hőenergia tároló (talaj, kőzet)

WTES Víz hőenergia tároló (sziklaüreg, beton és acéltartály, üreg a föld alatt vagy föld feletti tároló)

WGTES Víz / kavics hőenergia tároló (föld alatti üreg)



# Legalább 700 kW hőteljesítményű, napkollektorral működtetett távfűtés és –hűtés rendszerek Európában

---

- A víztárolás jellemző üzemi hőmérséklete egészen alacsonytól (30°C) a magasig (körülbelül 100°C) terjed.
- A napenergia üzemek többségét úgy tervezték, hogy fedezni tudják a nyári hónapok hőigényét (meleg víz és hőelosztási veszteségek) napi víztárolókat használva
- Egyeseket azonban szezonális tárolóval látták el, és a terhelés nagyobb részét fedezik le.
- A szezonális tárolók szigetelt tartályokban tartalmazzák a vizet (a föld fölött vagy föld alatt) tíz üzemben, a földben hét üzemben, a víztároló rétegekben kettőben, és a földi és vízi kombinációjában a többiben.

# Legalább 700 kW hőteljesítményű napkollektorral működtetett távfűtés és –hűtés rendszerek Európában

---

- Az üzemek több mint 80%-át sík kollektorokkal szerelték fel, javarészt nagy modulú kollektor kivitelben
- A legtöbb üzem túlnyomásos kollektor rendszerrel rendelkezik, amelyben fagyálló keverék van – általában glikol és víz – ugyanakkor néhány üzemben, Hollandiában leürítős kollektor rendszerek üzemelnek
- Számos napenergiás távfűtési rendszer, különösen Svédországban és Dániában földre telepített kollektor mezővel rendelkezik
- Ez nagyon olcsó megoldás lehet, ha a területek rendelkezésre állnak, és a napenergiát a létező épületeket kiszolgáló hálózathoz csatlakoztatják



# Legalább 700 kW hőteljesítményű napkollektorral működtetett távfűtés és –hűtés rendszerek Európában

---

- Ezek a rendszerek együtt kevesebb, mint 0,5%-át adják az EU-ban telepített szolár hőkapacitásnak
- Együttes kapacitásuk azonban több, mint 25.000 kis házi napenergiás melegvíz rendszer összesen



# ÖSSZEFOGLALÁS

---

- **A szezonális hő tárolás hatékonysága alapvetően tároló méretétől függ, feltételezve a tárolók kompakt formáját**
- **Tárolóként sziklaüregek, illetve maga a talaj is használható**
- **Nagy térfogatú tároló lehetővé teszi a nyáron begyűjtött napenergia hasznosítását fűtési célra**
- **Alacsony hőmérsékletű fűtésekhez alkalmazható**



# **KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**

---

**Dr. Fülöp László**

**főiskolai tanár**

**Pécsi Tudományegyetem**

**Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar**

**[fulopl@pmmf.hu](mailto:fulopl@pmmf.hu)**