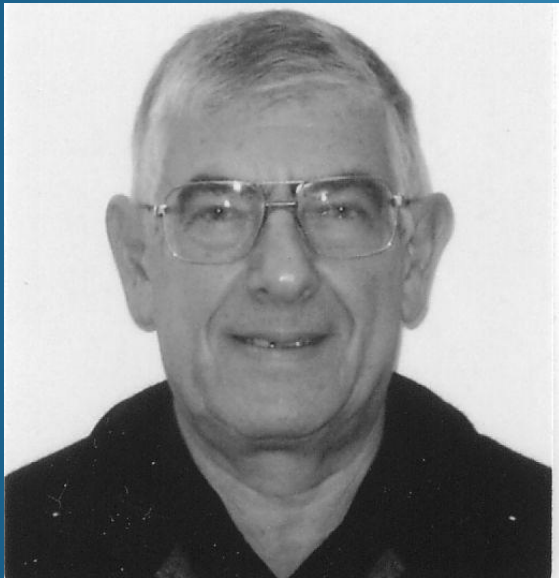


# Szerves Rankine körfolyamatú villamosenergiafejlesztés



**Fenyves Iván**

Aranydiplomás okl. gépészmérnök

**2013**

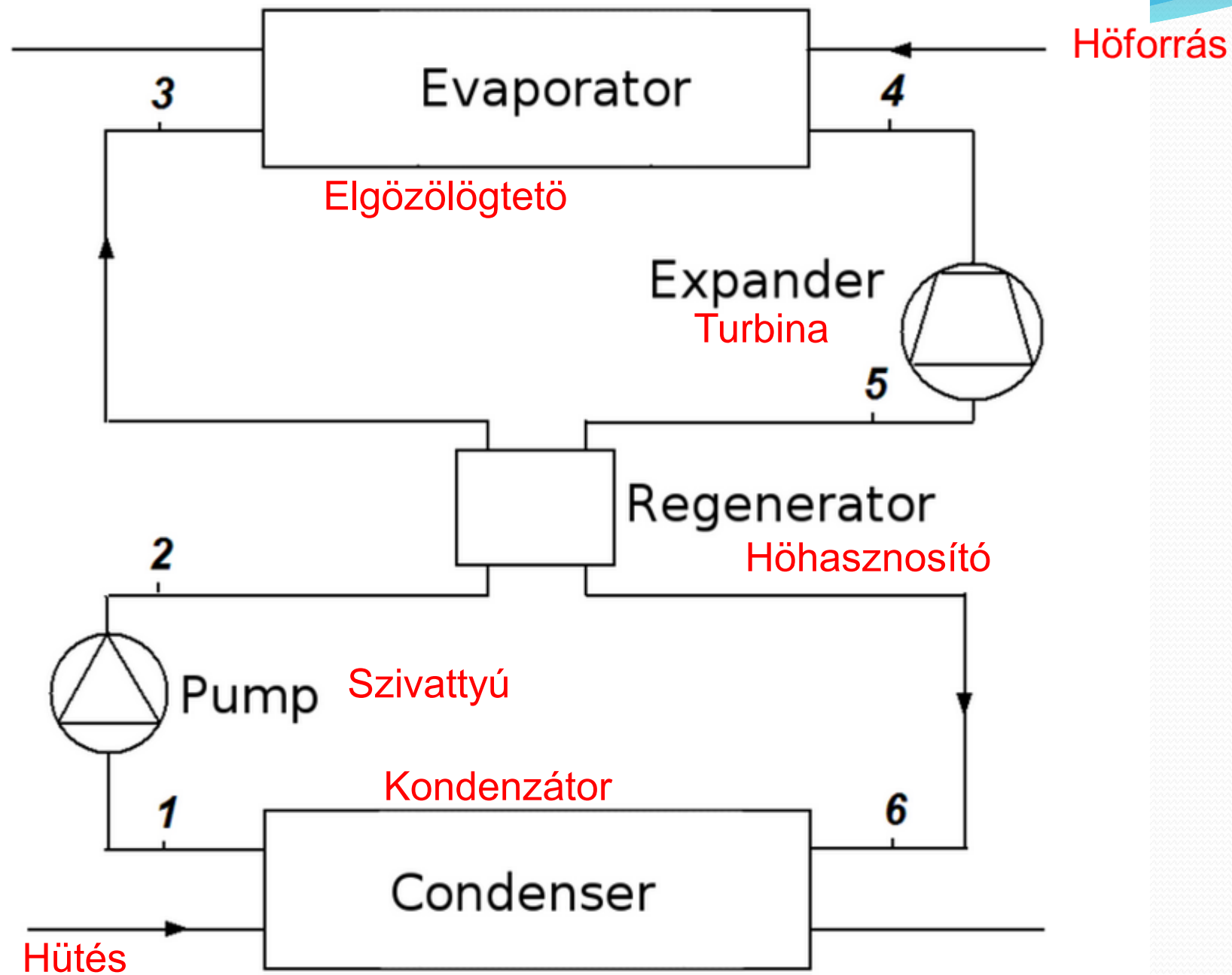
# Előzetes összefoglaló

A mai előadás az eddigieknél kisebb nagyságrendű erőművi rendszerekkel foglalkozik. Mára búcsút veszünk a sokszáz vagy ezer MW-os egységektől (szén, atom...) és figyelmünket a kisebb, de ugyancsak nagyon fontos, **korszerű** technológiákra fordítjuk. A címadó “Szerves Rankine körfolyamatok” alkalmazási területe sokrétű:

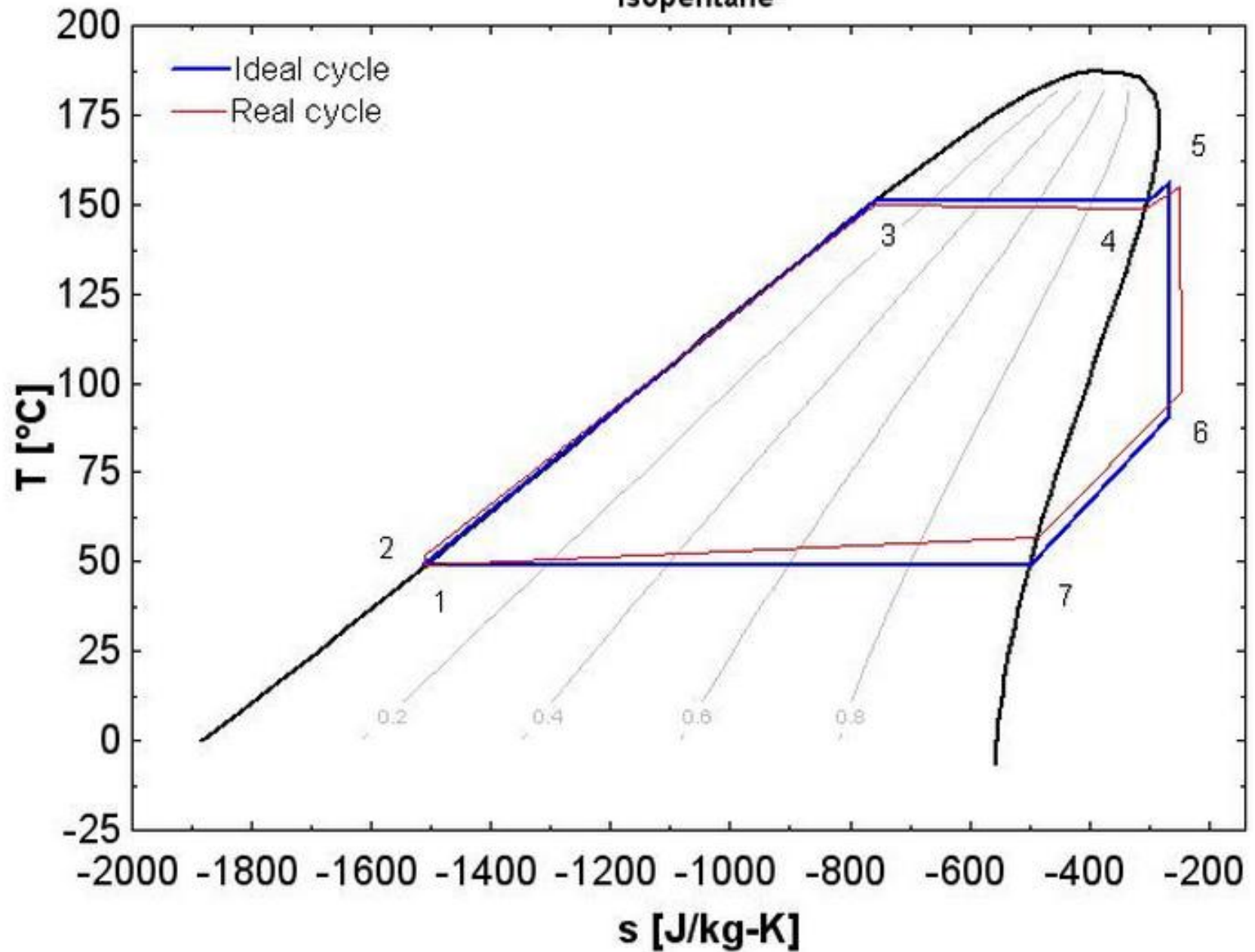
- Höhasznosító rendszerek (mérsékelt DT hőeséssel)
- Napenergia
- Geotermikus energia (elsősorban forróvíz hőforrással)
- Bioenergia (kombinált villamosenergia- és hőszolgáltatás)

# Szerves Rankine körfolyamat

A technológia alapelve azonos a hagyományos Rankine körfolyamattal, de azzal a lényeges különbséggel, hogy munkaközegként vizgöz helyett olyan nagymolekulasúlyú szerves anyagot használ, amelynek a folyadék-gőz fázisváltási hőmérséklete (forráspontja) adott nyomáson kisebb, mint a viz-gőz fázisváltásé.



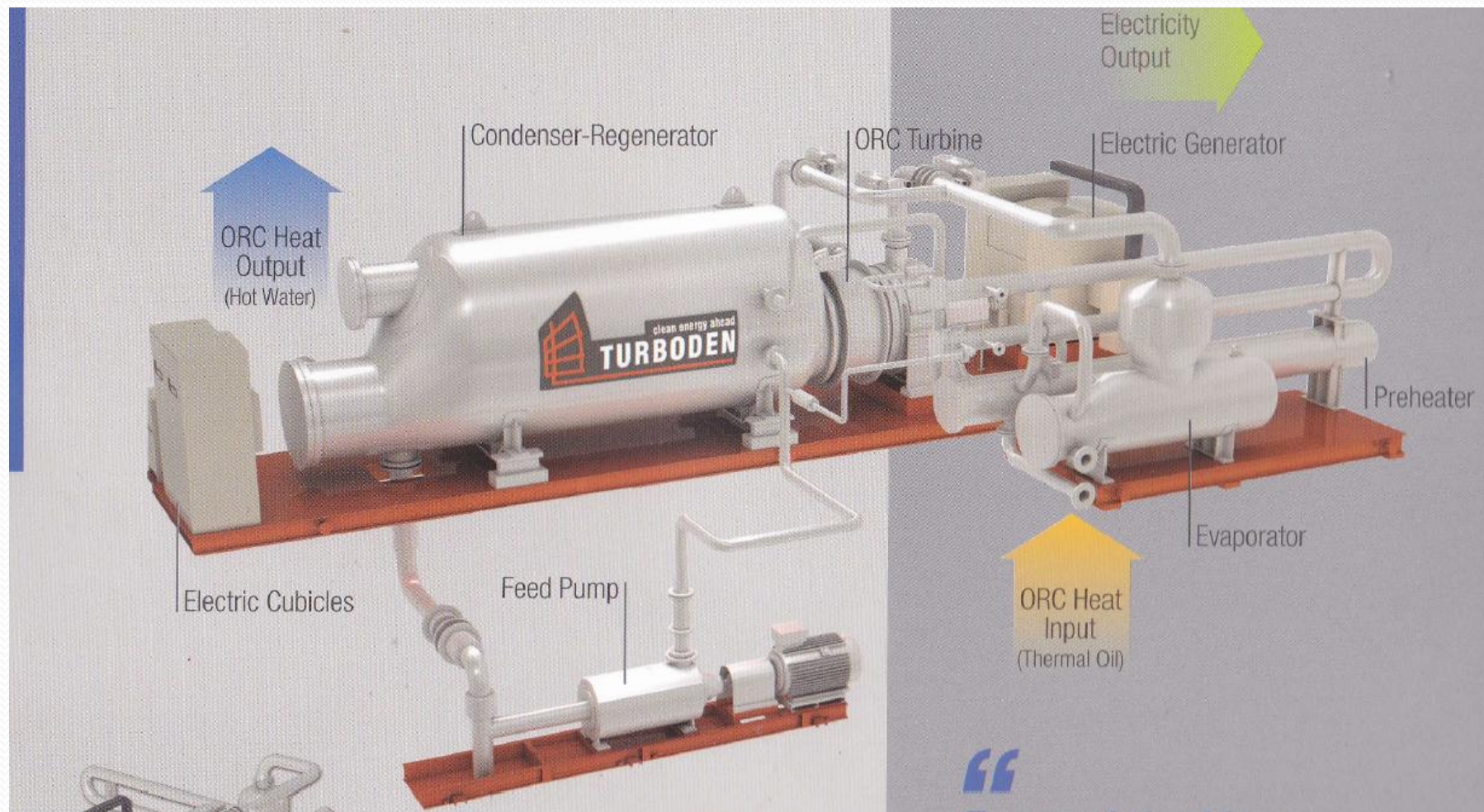
# Isopentane

















# Az ORC turbina ( 1/3)

Az ORC (Organic Rankine Cycle) turbinák nagymolekulasúlyú szerves munkaközeggel dolgoznak. A munkaközeg kiválasztásánál a szerkezeti, **termodinamikai** és gazdasági szempontok mellett igen fontos a **környezetvédelmi** tényezők figyelembevétele. Számos közeg ilyen okok miatt nem jöhet számításba: például a CFC (Freon); HCFC (R22), mivel ezek nemzetközi tilalom alatt állanak az ózonréteg károsítása miatt. A mai rendszerek legtöbbje **izobután**, **izopentán** vagy **propán** munkaközeggel dolgozik.

# Az ORC turbina ( 2/3)

A számos gyártómű közül kiemelném a repülőgép sugárhajtóművek terén világviszonylatban is vezető PRATT & WHITNEY céget (USA).



Az ORC turbínák fő jellemzői:

- viszonylag mérsékelt fordulatszám és kis kerületi sebességek
- lapáterózió hiánya (nincsenek folyadékcseppek)
- kis zajszint
- igen jó turbínahatásfok, még részterhelésnél is
- egyszerű és automatikus indulás/leállítás



# Az ORC turbina ( 3/3)

A piacon rendelkezésre álló ORC turbinák mai egységteljesítményei általában **10 MW** körül vannak, **20 MW**-os egységek fejlesztés alatt állnak.

Ahogy az előző képeken láttuk, a tipikus erőművi modulok (szabványos turbina, generátor, hőcserélők, szivattyú, villamos kapcsolóberendezés) gyárilag készreszerelt, próbaüzem utáni állapotban, alaplemezre (szkid) szerelve kerülnek szállításra, lényegesen leegyszerűsítve és meggyorsítva a helyszini szerelést és üzembehelyezést.

Az ORC modulok rendelkeznek: (a) tiszta villamosenergiafejlesztésre; (b) kombinált villamosenergia- és hőszolgáltatásra

# Alkalmazások (1/5)

**Hulladékhő hasznosítás:** néhány jellegzetes példa:

Iparág	Hőhordozó közeg		
	Gáznemű	Folyékony	Gőz/pára
Energia	x	x	x
Szeméttégetés, biomassa	x	x	x
Vas és acél	x	x	x
Papír és cellulóz			x
Vegyipar	x	x	x
Élelmiszeripar		x	x
Olaj / gáz	x	x	x
Cement	x		
Üveg	x		



# Alkalmazások (2/5)

Az ORC egységet tervezhetjük:

- Tiszta villamosenergiafejlesztésre  
erre a célra különleges, nagyhatásfokú (HRS) egységek használhatók
- Kombinált villamosenergia és hőszolgáltatásra  
ahol a kondenzátorban elvonandó hőt felhasználhatjuk távfűtésre, közösségi úszómedencék, melegházak hőellátására, ipari szárításra, hűtőberendezésekben, stb, stb. Ezek az egységek a hőigény évszakos vagy egyéb ingadozásaihoz igen rugalmasan tudnak alkalmazkodni.

# Alkalmazások (3/5)

## Szeméttégetés:

Az eltüzelésre kerülő anyagot (városi szemét, szilárd vagy folyékony ipari vagy kórházi hulladék, stb.) egyedi tervezésű hőhasznosító kazánban égetik, a fejlesztett hővel az ORC egység elgőzölögtetője által felhasználható olajat, telített gőzt vagy túlhevített forróvizet hevítenek

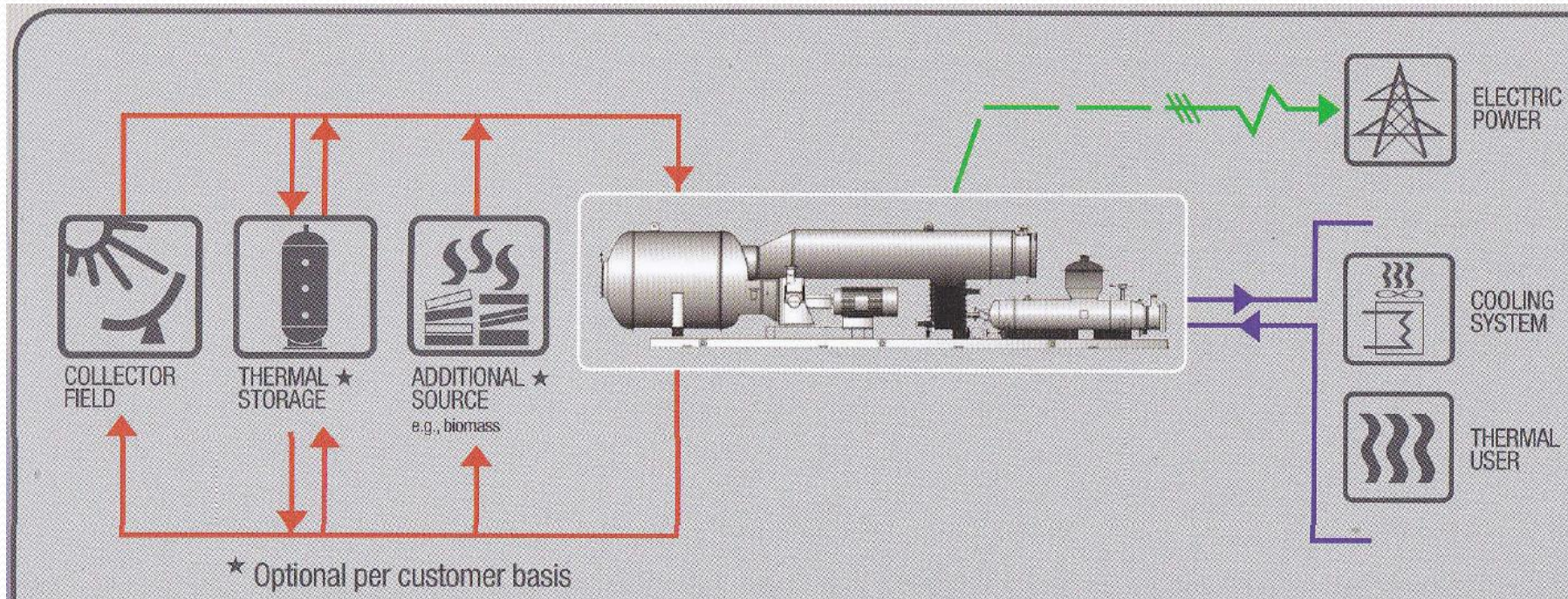
## Biomassza:

Itt az eltüzelésre kerülő anyag lehet például faforgács, fakéreg, levágott lombos faágak, szalma, gabona vagy rizs korpa, szárított szennyvíz derítőiszap. A fejlesztett hővel itt is az ORC egység elgőzölögtetője által felhasználható olajat, telített gőzt vagy túlhevített forróvizet hevítenek



# Alkalmazások (4/5)

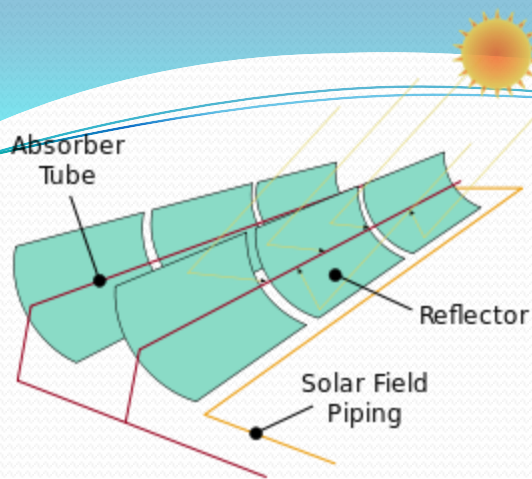
Napenergia (esetleg hulladékhő hasznosítással kombinálva)



# Parabolateknös CSP naperönmü

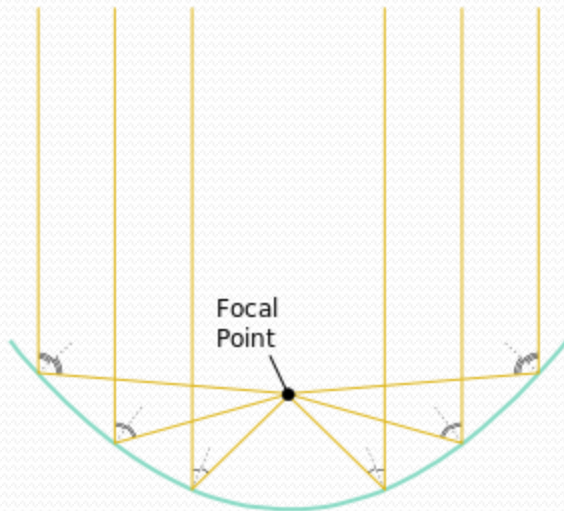






A parabolatükrök a gyújtópontban lévő csőre koncentrálik a napsugarakat

A kettősfalú abszorpciós csőrendszerben – amely termoszpilackhoz hasonló – kering a hőhordozó folyadék, ez lehet olaj vagy leggyakrabban sóoldat



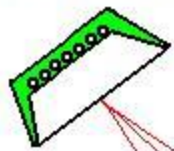
A tükörrendszer követi a Nap pályáját

# Fresnel reflektoros (CLFR) CSP naperömmü



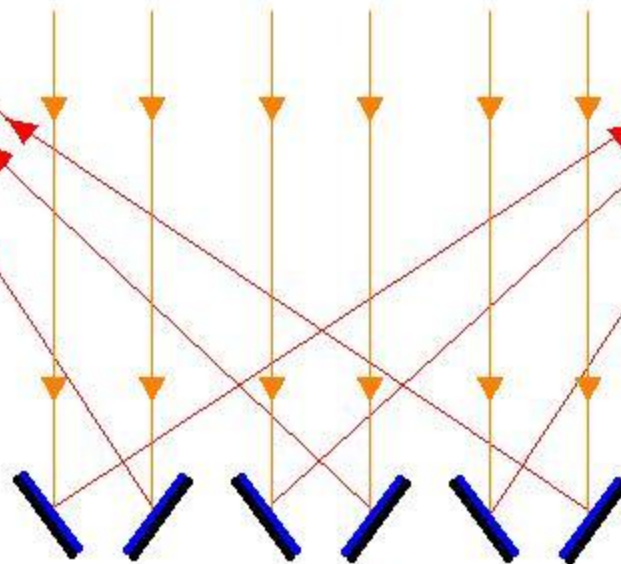
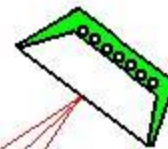
Lineáris abszorber

Linear Absorber



Lineáris abszorber

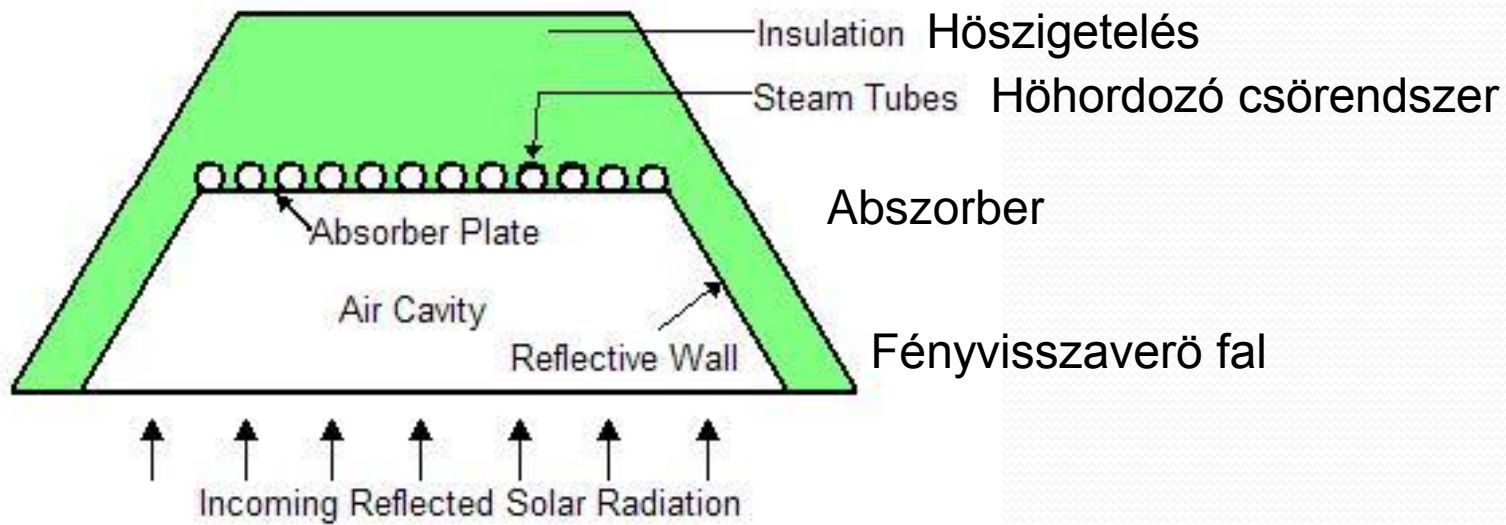
Linear Absorber



Linear Tracking Reflectors

Lineáris követő tükrök

## Lineáris abszorber



Beeső napsugarak



# Naptorony (heliosztát) típusu CSP naperörmü



# Alkalmazások (5/5)

## Geotermikus energia

Az ORC rendszerek kiválóan alkalmasak kis- és közepes entalpiájú geotermikus hőforrások (100 – 180 °C hőmérsékletű forróvíz vagy páragőz) hasznosítására villamosenergiafejlesztésre.

Az alkalmazás nagy előnye, hogy a geotermikus eredetű forróvíz közbenső hőhordozó közeg (olaj) használata nélkül bevezethető az ORC egység elgőzölögtetőjébe.

Ilyen rendszerek ma max. 15 MW egységteljesítőképességgel már üzemben vannak.

# Számpélda

A komplett ORC rendszerek egyik legnagyobb szállítója a TURBODEN nevű olasz cég, amely a szerves munkaközeggel dolgozó turbinákat az amerikai Pratt & Whitney cégtől szerzi be.

A TURBODEN honlap tartalmaz egy kis számítóprogramot, amely a bemenő jellemzők bevitele után megadja a várható kinyerhető villamos teljesítményt.

<http://www.turboden.eu/en/rankine/rankine-calculator.php>

# Szám példa

- Hőhordozó közeg: forró levegő (gázturbina kilépő gáz)
- Belépő hőmérséklet (hőcserélő) :  $520\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Kilépő hőmérséklet (hőcserélő) :  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Áramló mennyiség:  $148\text{ kg/s}$
- Kondenzátorhűtés: levegő
- Belépő levegőhőmérséklet:  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Kilépő levegőhőmérséklet:  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$

Eredmény:

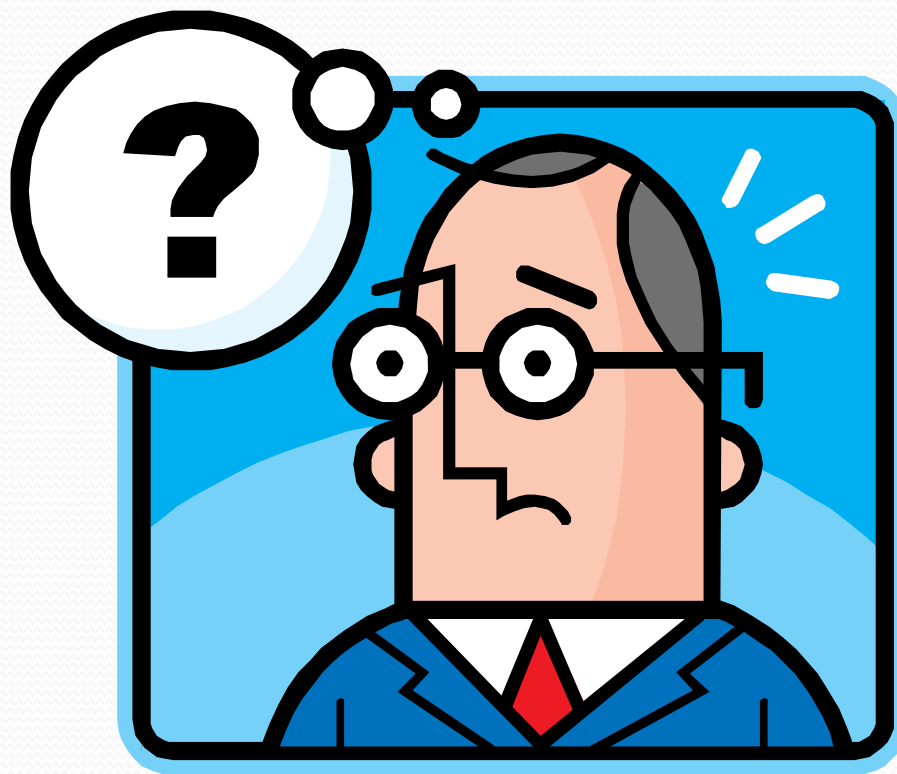
**Nettó villamos teljesítmény: 12 MW**



# Kalina körfolyamat

- A Kalina körfolyamat a Rankine ciklus *elvileg is alapvető* továbbfejlesztése: munkaközege nem homogén anyag: hanem ammónia – víz keverék (eltérő forráspontú anyagok)
- Ezzel a körfolyamat hatásfoka tovább javítható a Rankine ciklushoz képest
- Az első Kalina körfolyamatú erőműveket a Siemens szállította: geotermikus alkalmazások 2-8 MWe (Németország, Izland) és hulladékhő hasznosítás (Sumitomo, Japán)

# Kérdések?



Köszönöm kedves figyelmüket !

