4. előadás. A napsugárzás energetikai hasznosítása.

4.1. A Nap sugárzásának fizikája, technikai alapok.
4.2. Használati melegvíz, fűtés biztosítása napkollektoros rendszerekkel.
4.3. Naperőműves elektromos energiatermelés
4.4. Napelemes elektromos energiatermelés.

Célkitűzés Annak bemutatása, hogy a napsugárzásból (mint kimeríthetetlen energiaforrásból) fenntarthatóvá módon előállítható napkollektoros rendszerekkel melegvíz, és a napelemekkel megvalósítható elektromos energiatermelés.

4.1. A Nap sugárzásának fizikája, technikai alapok.

4.1.1. A Nap sugárzása kimeríthetetlen

A kimeríthetetlen jelzőt a Nap sugárzására azért alkalmazzuk, mivel készlete a fúziós energia termelés miatt, 3-4 milliárd év óta „biztosított” és még (a tudomány mai ismerete szerint) néhány milliárd évig biztosítva lesz.

A **Nap sugárzása** mindenütt és „mindig” ott van. A szükségletek szerinti hasznosítását egy adott helyen élő „felhasználó” számára nehézzé teszi az a tény, hogy az év felében (éjszaka) az értéke nulla, és mind a **nappali időtartam alatt is**, mind pedig **az évszak szerint is változik az intenzitása**. Ráadásul Magyarországon a tárolást is biztosító rendszerek beruházási költsége még mindig elég jelentős.

Viszont a napsugárzás felhasználásnak kedvező **„velejárója”,** hogy az egyén, a kis közösség szintjén **lehetővé teszi a fűtés és a használati melegvíz, továbbá az elektromos áram autonóm előállítását**, szigetüzemszerű kiépítését.

4.1.2. A Nap sugárzás és a hővezetés jellemző adatai, összefüggései.

A **Nap földfelszínre érkező** sugárzása tartalmaz kis mértékben ultraibolya részt (**UV**, 300-390 nm), jelentősen látható spektrumtartományba (**VIS**, 390-760 nm) eső részt, és még több infravörös komponenst (**IR**, 760-1.400 nm).

Tiszta időben **Magyarországon maximum 900-1.000 W/m^2** körüli **teljesítmény fluxus** mérhető. A felszínre érkező, összetett sugárzás teljesítmény fluxusa: 500-800 W/m^2 közötti, napszaktól és évszaktól függően. **Tervezésekhez**, a nemzetközileg elfogadott **800 W/m^2 átlag értéket** veszik figyelembe.

Alapvető jelenségek a hőelnyelésről, a hő terjedésről egy közegben, két köze közötti hőátadásról
- Hőelnyelés
- Hővezetés,
- Áramlás csőben
- A Newton-féle lehülési törvény.

4.1.3. A napsugárzás energetikai hasznosításának két fő útja:

1. A **napkollektoros rendszerek** kollektorai elnyelik a sugárzás teljes tartományát és a bennük levő hőtranszporter folyadékok számunkra használati melegvizet, és a fűtéshez melegvizet szolgáltatnak. (klasszikus „napkollektorokra” példa: a talaj és a víz felmelegedése)

2. A **napelemes rendszerek** napelem részei a sugárzás ibolya, látható részének elnyelését követően, egyenfeszültségű elektromos energiát állítanak elő. A napsugárzás egyes **spektrális tartományán** atomi és molekuláris elektron átmeneteket gerjeszt, **fotofizikai, fotokémiai folyamatokat** beindít, töltéshordozókat, főleg elektronokat szabaddá tesz (elektromos feszültséget, zárt körben áramot előállít) (**klasszikus példa a fotoszintézis**). A napkollektor és a napelem panelek között ránézésre nincs túl sok különbség, ezért gyakran összetévesztik őket.

A Nap sugárzásának hasznosítása azért „nehézkes”, mivel egy adott helyen élő „felhasználó” számára mind a napszak, mind pedig az év folyamán az évszak szerint változik az intenzitása, Ez szükségessé teszi a **hő és az elektromos áram tárolását, akkumulálását.**

A napsugárzás teljesítmény fluxusa a földfelszínen: **800 W/m^2.**
Átlagos éves besugárzási szint Magyarországon: **4 kWh/m^2/nap=15 MJ/m^2/nap**. **3 GJ/m^2/év**. **1200-1300 kWh/év.**

4.2. Használati melegvíz, fűtés biztosítása napkollektoros rendszerekkel.

4.2.1. A **napsugárzás** energetika hasznosításának formái **kollektoros rendszerrel**
- 1.1. **Vízmelegítés** a felszínre érkező sugárzás közvetlen elnyelése útján („kollektoros rendszer”)
- 1.2. **Vízforralás** (*gőzfejlesztés*) a felszínre érkező sugárzás koncentrálása útján (naperőművek, naptornyok).

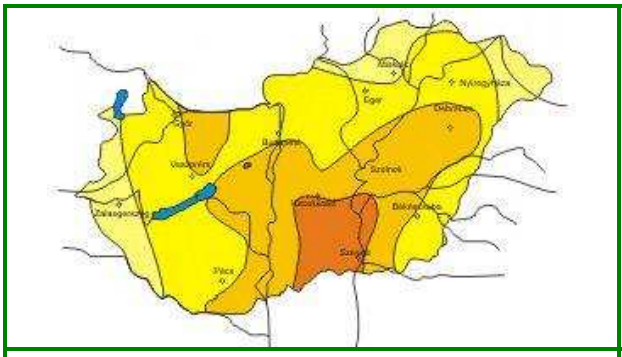
4.2.2. A napsugárzás **szakaszos** voltának hatása (hőtárolás - puffer tartály, besegítés - addíció).
- 4.2.2.1. **Napi ciklus** az energetikai hasznosításban (kiegyenlít: hőtároló tartály).
- 4.2.2.2. A napsugárzás **irányfüggés**ének hatása („napraforgó2 rendszerek, módszrek).
- 4.2.2.3. **Éves ciklus** az energetikai hasznosításban (besegít: additív fűtőberendezés).
- 4.2.2.4. A napsugárzás **területi eloszlásának** hatása (besegít: additív fűtőberendezés).

4.2.3. Különböző kollektorok és **kollektor rendszerek**, azok jellemző mennyiségei
- 4.2.3.1. **Sík kollektorok**
- 4.2.3.2. **Vákuumcsöves kollektorok** (reflektor alak, effektív felület,)
- 4.2.3.3. **Kollektor rendszerek** (rögzítés, hőszigetelés, UV álló csővezetékek, puffer tartályok, méretük, mérőpontok, szabályozás).
- 4.2.3.4. **Speciális fogalmak** (nettó/bruttó felület aránya, abszorber hőfelvevő folyadék, réz abszorber anyag (Superline), hőszigetelés, (mikroprizmás) szolárüveg minősége)

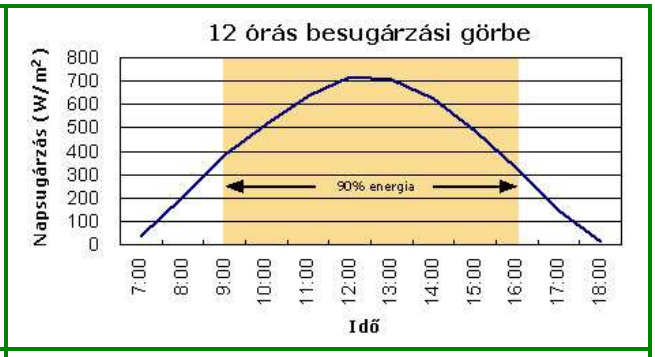
4.2.4. **Használati melegvíz** előállítás, **fűtés** rásegítés, **kombinálás kazánnal**
- 4.2.4.1. **Hőtartály** vizének melegítése (fűtőkör, használati melegvíz kör)
- 4.2.4.2. Kapcsolódási lehetőségek biztosítása tüzeléses vízmelegítéshez

A napkollektor által előállított **használati melegvizet** a háztartásokban többnyire **fürdéshez és mosogatáshoz használják**, de rá lehet vele segíteni a fűtésre is, és még az is előfordul, hogy egy uszoda vizét melegíti napkollektor.

A napkollektorok tehát az év 365 napjából legalább 300 napon keresztül szolgáltathatják egy háztartás melegvíz igényének 65–75 százalékát. A kollektorok telepítésének ideális helyszíne a családi- és társasházaknál egyaránt a tető. Itt biztosítható a **megfelelő tájolás és dőlésszög**, valamint a tökéletes **árnyékmentesség**.



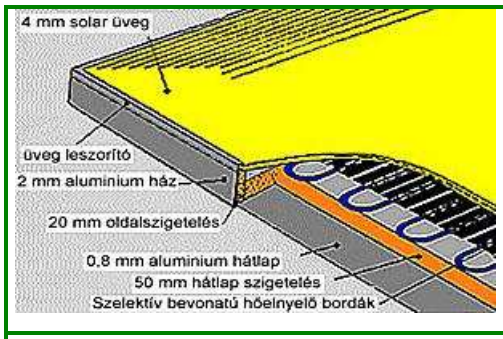
4.1. Magyarország napsütötte területei



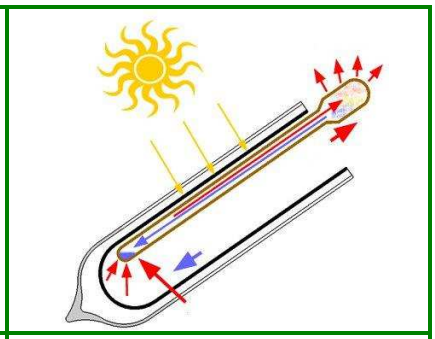
4.2 12 órás besugárzási görbe

Síkkollektorok fajtái és jellemzői:

1. **Szelektív síkkollektor**: speciális abszorber felület, melynek következménye, hogy a szórt napsugárzást is hasznosítja.
2. **Vákuumos síkkollektor**: egyesíti a vákuumcsöves kollektorok alacsony hőveszteségét, és a síkkollektorok magas optikai hatásfokát.



4.3. ZöldHáz Solar sikkolektor



4.4. Kardos Labor, vákuumcső

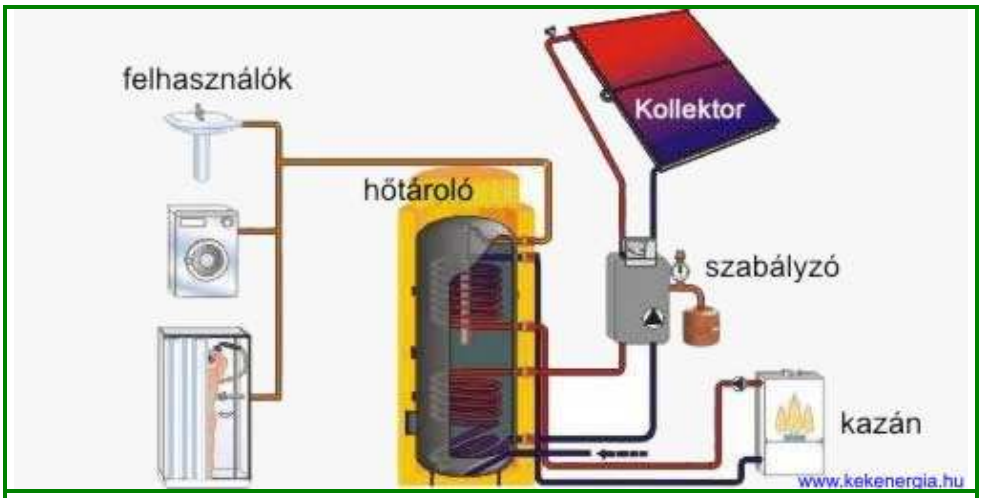
4.5.Kardos Labor, Vákuumcsöves kollektorok

A síkkollektor működésének rövid leírása.
A napsugárzás hatására a síkkollektorban elhelyezett energiaelnyelő (abszorber) felmelegszik. Az abszorber alsó felületére hegesztett ún. csőkígyóban a hőátadó-fagyálló folyadék átveszi a hőt és egy kiépített vörösrézcső vezetéken keresztül, egy hőtárolóban, megfelelően méretezett hőcserélőn keresztül leadja a hőenergiát.

Vákuumcsöves kollektorok jellemzői:
A vákuumcsöves kollektorban a napenergia közvetlenül nem a vizet melegíti fel, hanem egy **hő átadó folyadékot**, a **propilénglikolt**. Ez hasonló az autókban alkalmazott hűtőfolyadékhoz, azonban ez nem mérgező. A vákuumcsövek mögött egy hajlított, saválló acéllemez a különböző szögekből beeső napsugarakat visszaveri a csövekre. A folyadék a napkollektorban felmelegedve, eljut a víztároló tartályhoz, ahol a hő leadásával felmelegíti a vizet, amely azután akár használati melegvízként, akár fűtés céljára felhasználható.

A **vákuumcsöves napkollektorok hatásfoka ősszel, télen és tavasszal jóval nagyobb, mint a hagyományos síkkollektoroké.** Így egy vákuumcsöves kollektor éves átlagban ua. abszorber felületre vonatkoztatva kb. 50%-kal nagyobb energiát termel. Kb. 30%-kal kevesebb felület elegendő belőle.

Mindkét kollektor egységnél célszerű **puffertárolót** alkalmazni. Ez egy nagyobb méretű, **jól hőszigetelt víztartály**, melyben a napsütéses időszakában elnyelt hőenergiát tárolhatjuk az éjszakai órákra, a napsütés mentes időszakra. A **puffertárolók a napkollektorok mellett jól illeszthetők a korszerű biomassza tüzelésű kazánokhoz**, cserépkályhákhoz, kandallókhoz is. A puffertárolót egybe lehet építeni a melegvíztárolóval (ez a **kombipuffer**), a kollektoros felfűtést pedig ún. rétegtöltéssel lehet optimalizálni. **Napenergiával lehet fűteni. A modern vákuumcsöves rendszerek esetében** már 12-15 m^2-nyi napkollektor biztosítani tudja egy megfelelően hőszigetelt családi ház, energia szükségletének jelentős részét.



4.6. Kollektor, kazán, hőtároló, vezérlő egység együttes rendszere

---

4.3. Naperőműves elektromos energiatermelés („naptorony”, „napkémény”).

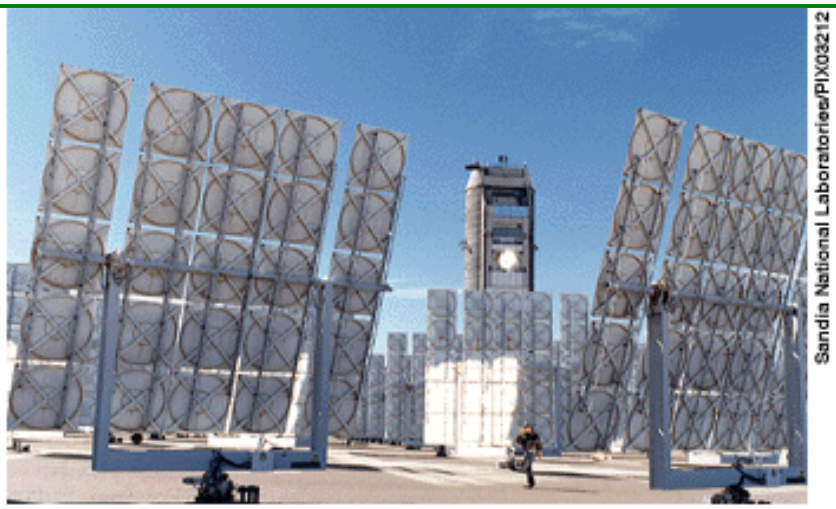
A naperőművek hőerőművek. „Felépítésük”: A munkaközeg víz, amely gőzfejlesztő csőrendszerben helyezkedik el. Fél hektáros területről a Nap sugárzásának energiáját a Nap irányába forduló tükörrendszer segítségével alkalmazzák a víz felforralására. A begyűjthető

energiát illetően, a sugárzás napi átlagos 500 W/m^2 teljesítmény sűrűségével számolva, 0,5 hektáros területről (fél focipálya) 2,5 MW-os gőzteljesítmény érhető el.

http://www.eng.fsu.edu/~shih/succeed-2000/roadmap/solar%20power%20plant.htm#Solar%20Trough%20System

Solar Power Plant

We are going to use the solar power plant as our first study case for the analysis of a complete thermal system. Throughout this class, and the second class as well, we are going to revisit this system over and over again. The main purpose is to provide you an integrated view of the entire system and to show the connectivity between different disciplines in thermal science. **SunLab** (http://www.eere.energy.gov/)



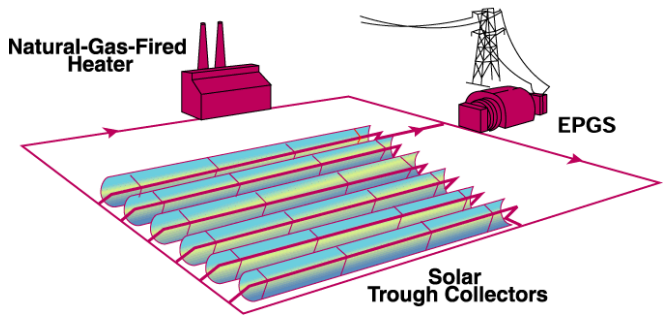
Sandia's National Solar Thermal Test Facility is an important resource for users and manufacturers of solar thermal power systems. Manufacturers can use the NSTTF to test new designs, ideas, and products in an outdoor environment much like the environment the equipment will be in when it is used in the field.

4.7. ábra

Solar Trough System ("Nap vályú", henger tükör)

Trough systems predominate among today's **commercial solar power plants**. Trough systems convert the heat from the sun into electricity. Because of their parabolic shape, **troughs can focus** the sun at **30 to 60 times its normal intensity** on a **receiver pipe** located **along the focal line of the trough. Synthetic oil captures** this heat as **the oil circulates through the pipe**, reaching **temperatures** as high as **390°C (735şF).** The hot oil is pumped to a generating station and routed **through a heat exchanger to produce steam**. Finally, **electricity is produced in a conventional steam turbine.**

4.8.a Henger tükrös kollektor



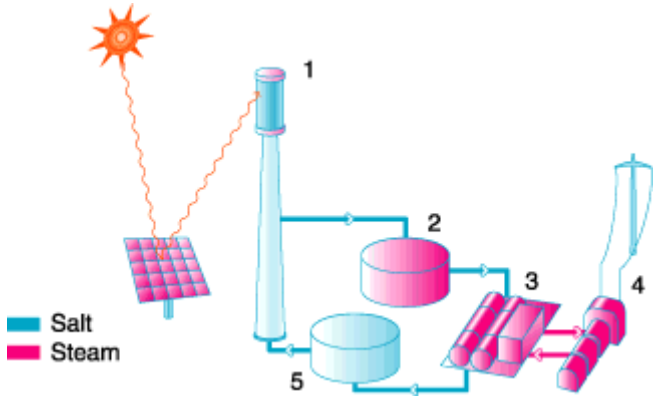
4.8.b Henger tükrös kollektoros erőmű

Solar Power Towers

These systems **produce electricity on a large scale**. They are unique among solar technologies because they can store energy efficiently and cost effectively. They can operate whenever the customer needs power, even after dark or during cloudy weather.

Power towers operate by focusing a field of thousands of mirrors onto a receiver located at the **top of a centrally located tower**. The receiver collects the sun's heat in a **heat-transfer fluid,** which is used to **generate steam** for a conventional **steam turbine** located **at the foot of the tower** for production of electricity.

4.9a. Naptornyos erőmű



4.9b. Naptornyos, olvadt sós hőtárolós erőmű

Schematic of electricity generation using **molten-salt storage**:

1. **sun heats** salt in receiver;
2. salt stored in **hot storage tank**;
3. hot salt pumped through **steam generator**;
4. **steam drives turbine**/generator to produce electricity;
5. salt returns to cold storage tank

4.10. PS10 típusú Naptornyos erőmű

PS10 solar power tower

Europe's first commercial concentrating **PS10 solar power tower** is operating near the sunny southern Spanish city of Seville. The **11 MW** solar power tower produces electricity with **624 large movable mirrors** called heliostats. The mirrors were delivered by Abengoa, the solar receiver was designed and built by Tecnical-Tecnicas Reunidas, a Spanish Engineering Company; the Solar Tower was designed and built by ALTAC, (Spanish Engineering and Construction Co.

Each of the **mirrors has** a surface measuring **120 square meters** (1,292 square feet) that concentrates the **Sun's rays** to the top of a **115 meter** (377 foot) **high**, 35-story tower where a **solar receiver and a steam turbine** are located. The **turbine drives a generator, producing electricity**. This power is three times more expensive than power from conventional sources, but prices are likely to fall, as they have with wind power, as the technologies develop.

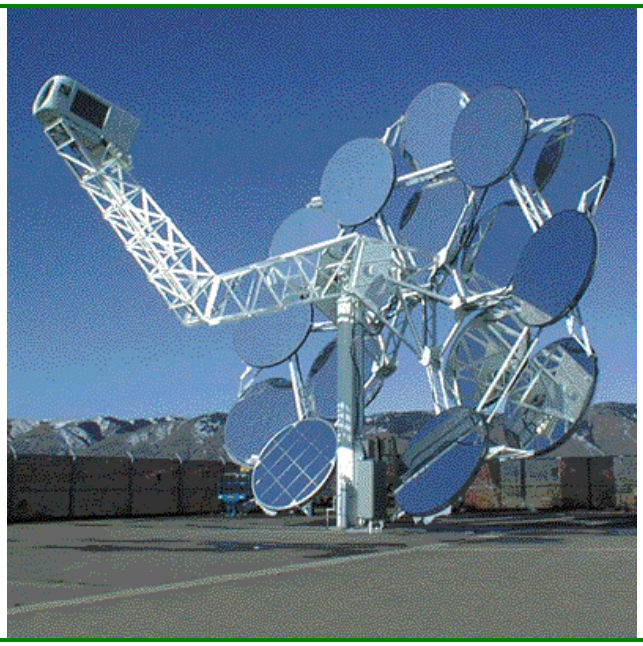
PS10 is the first of a set of solar power generation plants to be constructed in the same area that will total more than 300 MW by 2013. Power generation will be accomplished using a variety of technologies. The first two power plants to be brought into operation at Sanlucar la Mayor are the PS10, and Sevilla PV, the largest low concentration system photovoltaic plant in Europe.

4.11. **Solar Two** erőmű**;** 10 MW_e (http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Two)

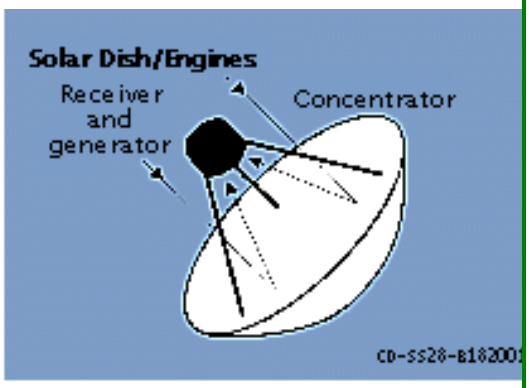
In 1995 **Solar One** was converted into **Solar Two**, by adding a second ring of 108 larger 95 m² (1,000 ft²) heliostats around the existing Solar One, totaling 1926 heliostats with **a total area of 82,750 m²** (891,000 ft²). This gave Solar Two the capability of redirecting the equivalent of 600 suns and the ability to **produce 10 megawatts**. **Solar One used water**. **Solar Two used molten salt**, **a combination of 60% sodium nitrate and 40% potassium nitrate,** as an **energy storage** medium **instead of water or oil**. This helped in energy storage during brief interruptions in sunlight due to clouds. The molten salt also allowed the energy to be stored in large tanks for future use such as night time. Solar Two was **decommissioned in 1999**, and was converted by the University of California, Davis, into an Air Cherenkov Telescope in 2001, measuring gamma rays hitting the atmosphere. Its name is now C.A.C.T.U.S..

Solar Dish/Engine Systems

These systems, with net solar-to-electric conversion efficiencies reaching 30%, can operate as stand-alone units in remote locations or can be linked together in groups to provide utility-scale power. Solar dish/engine systems convert the energy from the sun into electricity at a very high efficiency. Using a mirror array formed into the shape of a dish, the solar dish focuses the sun's rays onto a receiver. The receiver transmits the energy to an engine, typically **a kinematic Stirling engine** (although Brayton-cycle engines are also being considered), that **generates electric power.** Because of the high concentration ratios achievable with **parabolic dishes** and the small size of the receiver, solar dishes are efficient at collecting solar energy at very high temperatures. Tests of prototype systems and components at locations throughout the United States have demonstrated **net solar-to-electric conversion efficiencies as high as 30%.** This is significantly higher than any other solar technology.



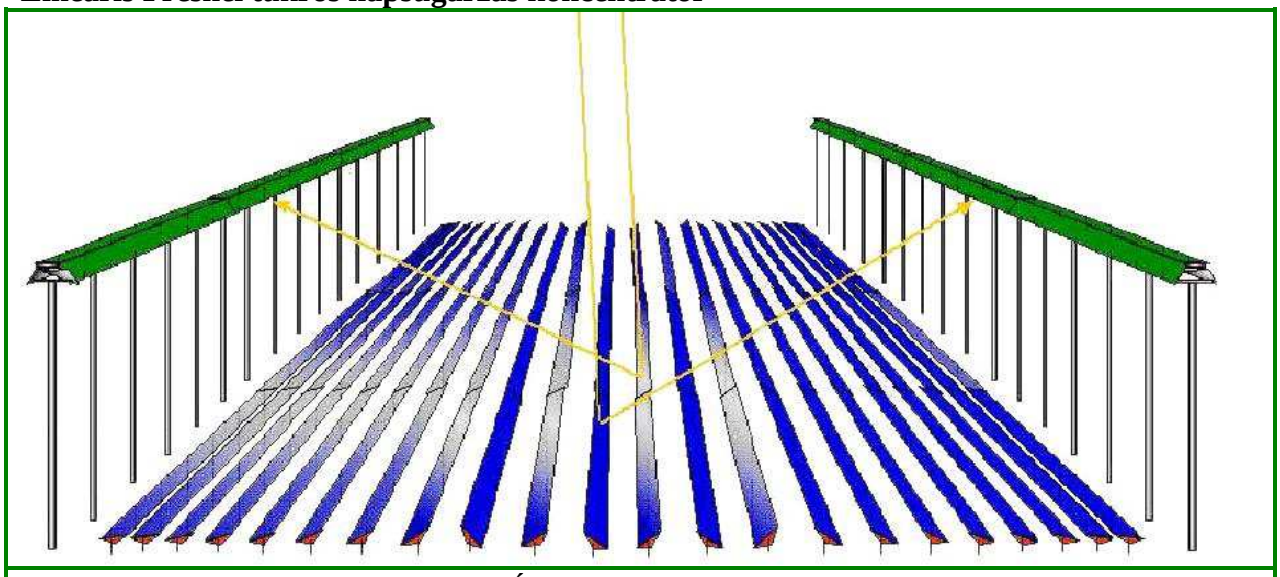
4.12a. „NapTányéros" Stirling motoros erőmű



The sun's energy is concentrated on a receiver and generator located at the focal point of the parabolically shaped dish.

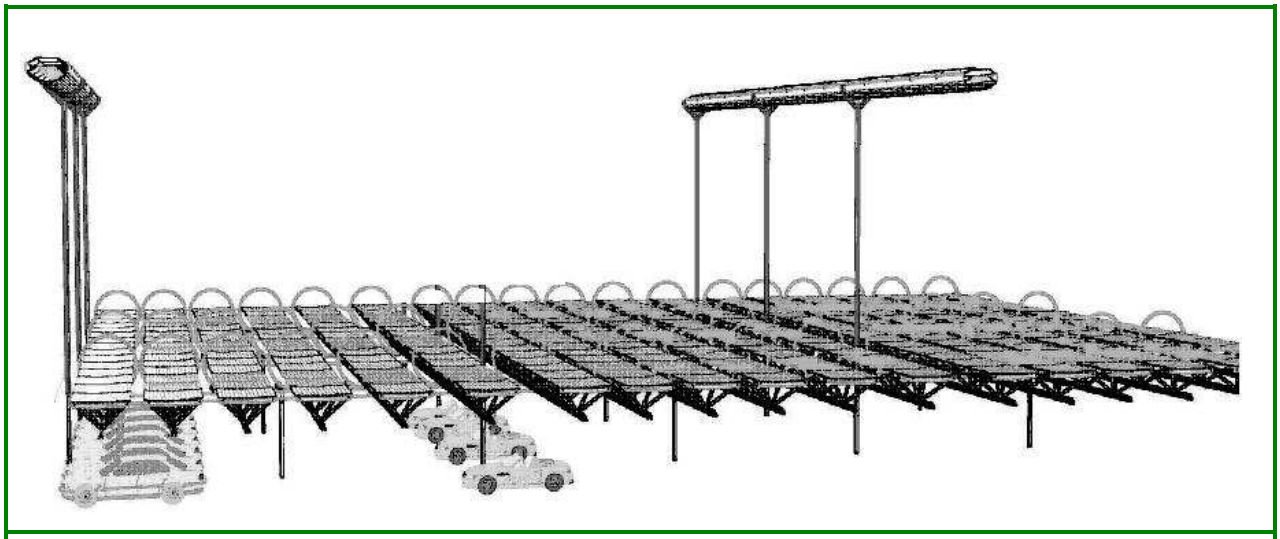
4.12b. „NapTányéros" erőmű sémája

Lineáris Fresnel tükrös napsugárzás koncentrátor



Hőelnyelő cső Állítható síktükrök Hőelnyelő cső

4.13a. Kompakt Lineáris Fresnel Reflektoros Kollektoros erőmű



4.13b. Fresnel Reflektoros Kollektor-erőmű városban, mint autóparkoló árnyékoló

4.4. Napelemekkel megvalósítható elektromos energiatermelés.

A napelemes (fotovoltaikus, PV) rendszerek 220 voltos elektromos áram termelésére alkalmasak. Elemei:

- Napelemek
- Hálózati betápláló készülékek
- Alacsony feszültségű egységcsomagok
- Szolár akkumulátorok
- Szolár töltésszabályzók

A **napelem** egy olyan eszköz, amely a nap sugárzását elektromos árammá alakítja át a fényelektromos jelenség segítségével**,** amelynek alternatív elnevezései még a következők: fotovillamos/fotoelektromos/fotovoltaikus jelenség/effektus.

Fényelektromos jelenségről akkor beszélünk, amikor fizikai vagy kémiai folyamat eredményeként a fény hatására elektromos feszültség jelentkezik a fotoelem két része (fele), két elektromos csatlakozója között. A fényelektromos jelenséget mutató anyagok közül jelenleg leginkább az ún. félvezetők a legelterjedtebbek.

A napelemek apróbb egységekből, ún.: elemi cellákból állnak. Ezek az elemi cellák egyenként cca.: 0,5 V feszültségűek, egyenfeszültséget állítanak elő, és ezek sorba kapcsolásával jönnek létre a gyakorlati életben használható feszültségű napelemek. A gyakorlatban 6, 12, 24 V feszültségű cellákkal találkozhatunk. Ezen egységek másik fontos jellemzője a teljesítménye.

Ez az **elméleti teljesítmény** azt fejezi ki, hogy **1000W/m^2 napsütés esetén**, - mely merőlegesen érkezik a napcella felületére – a napelem **hány Watt teljesítményt ad le** 20°C-os napcella hőmérséklet esetén.

Ezt a teljesítményt ritkán éri el a berendezés, hiszen:

- A nap folyamán csak egy esetben lehet merőleges a besugárzás
- Az 1000 W/m^2 sugárzás intenzitás is ritka, leginkább hidegfront után, májusban következik csak be.
- Amikor süt a nap, az átlagos intenzitás 800W/m^2
- A napsugárzás hatására ezek az eszközök felmelegszenek, és ezzel csökken a teljesítményük

Sokkal többet mond adott földrajzi helyen a napcellákkal naponta/évente megtermelhető elektromos áram mennyisége. Egy un. **1 kW-os teljesítményű napelemes rendszerrel egy éve alatt 1350 kWh** elektromos energia termelhető meg.

Az 1,0 kW-os rendszerrel 1 nap alatt átlagosan megtermelhető elektromos energia (kWh/nap)

	Jan	Febr	Márc	Ápr	Máj	Jún	Júl	Aug	Szept	Okt	Nov	Dec
Budapest	**0,925**	**1,750**	**2,925**	**4,400**	**5,725**	**6,05**	**6,025**	**5,175**	**3,675**	**2,100**	**1,025**	**0,675**
Kecskemét	**0,975**	**1,875**	**3,150**	**4,725**	**6,150**	**6,50**	**6,450**	**5,550**	**3,925**	**2,275**	**1,100**	**0,725**

max. teljesítmény: 900 W
max. kapacitás: 520 Ah
cella felület: 2,56 m2

manuálisan forgatható minden irányban

tájékoztató ár: az összeállítás: nettó 1.400.000,- Ft (szállítással, üzembe helyezéssel)

4.14. 1kW-os teljesítményű napelemes rendszer adatai

Konkrét példa: A **Gridpower** napelem rendszerek 220 voltos elektromos áram termelésére alkalmasak. A napelem szerkezetétől függően 8÷9 m2 felülettel 1 kW "tiszta" energia állítható elő, mely évente 800 kWh elektromos áramot jelent.

Hivatkozások:

KF-II-41	Egyszerű leírás Napenergia-kollektorok-napelemek-BME www.kankalin.bme.hu/Dok/ENERGIA.DOC	
KF-II-42	Napenergia hasznosítás. Alapvető ismeretek, fogalmak http://www.zoldtech.hu/lexikon	
KF-II-43	Vakuumkollektor-rendszerek Kardos http://www.kardoslabor.hu/	
KF-II-44	Napkollektorok http://napkollektor.lap.hu/ http://www.napkollektor.net/	
KF-II-45	A legnagyobb potenciál a napenergia hasznosításában rejlik; Imre László http://zoldtech.hu/cikkek/20050428napenergia	
KF-II-46	Teljes rendszer-Naplopó http://www.naplopo.hu/	
KF-II-47	Részletes műszaki leírás-WagnerSolar http://www.wagnersolarhu.hu/	
KF-II-48	Energiatakarékosság 6. Háztartási melegvízellátás napkollektoros rendszerrel http://www.lipthay.hu/energiatakarekossag.htm	
KF-II-49	Dr. Mizsei János: Napelemek http://www.artgs.hu/napelemek/main_alap03.html	
KF-II-410	Hírek a napenergiáról http://zoldtech.hu/cikkek/20050111nemetnapelem	
KF-II-411	Naperőművek http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy	
KF-II-412	Solar Power Plant http://www.eng.fsu.edu/~shih/succeed-2000/roadmap/solar%20power%20plant.htm	

Magyarországon a következő forgalmazók foglalkoznak napkollektoros rendszerek terjesztésével

Napenergia lap	http://napenergia.lap.hu/index.html
Beta Therm Kft.	http://www.beta-therm.hu/html_hungarian/index.html
Energiatakarékossági központ	http://www.undp.hu/oss_hu/fooldalh.htm
Gaiasolar Kft.	http://www.gaiasolar.com/magyar/index.htm
Heliotech Bt.	http://www.heliotech.vnet.hu
Innowatt Kft.	http://www.innowatt.hu/cgi-bin/innowatt.php?log=
Kardos Labor Kft.	http://www.kardoslabor.hu/
Mega Nap Kft.	http://www.meganap.hu/
Nap-kollektor	http://www.nap-kollektor.hu/
Naplopó Kft.	http://www.naplopo.hu/
Pannon Solar Kft.	http://www.pannonsolar.hu/
Solar Electronic Kft.	http://www.solarelectronic.hu/indx.html
SOLTEC Kft.	http://www.soltec.hu/
Springsolar Kft.	http://www.springsolar.hu/
Wagner Solar Hungária Kft.	http://www.wagnersolarhu.hu/

Kérdések

KF-II-4.1. Miért alkalmazzuk a „kimeríthetetlen” jelzőt a Nap sugárzására?
KF-II-4.2. Milyen kedvező helyzetet teremt a napsugárzás felhasználása az egyén, a kis közösség szintjén?
KF-II-4.3. Milyen főbb spektrális tartományait különböztetjük meg a napsugárzásnak?
KF-II-4.4. A napsugárzás energetikai hasznosítása során Magyarországon a tervezésekhez mekkora sugárzás teljesítmény fluxussal számolnak?
KF-II-4.5. Mi a két fő iránya a napsugárzás energetikai hasznosításának?
KF-II-4.6. Miért kell gondolni a Nap sugárzásának hasznosítása során a hőenergia akkumulációjára?
KF-II-4.7. Milyen síkkollektor fajtákat ismer?
KF-II-4.8. Ismertesse röviden egy síkkollektor felépítését, működését!
KF-II-4.9. Ismertesse röviden egy vákuumcsöves kollektor felépítését, működését!
KF-II-4.10. Ismertesse egy korszerű, összetett hőtároló felépítését, funkcióit!
KF-II-4.11. Milyen alternatív megnevezéseit ismeri a fényelektromos jelenségnek és mi az?
KF-II-4.12. Mennyi a napelem egy elemi cellája által szolgáltatott feszültség?
KF-II-4.13. Milyen feszültségű összetett napelemekkel találkozhatunk a gyakorlatban?
KF-II-4.14. Hogyan értelmezzük egy napelem „elméleti teljesítményét”?
KF-II-4.15. Mekkora a felülete egy (napjainkban legjobb hatásfokú, kereskedelmi forgalomban kapható) un. 1 kW-os napelemnek?

Pécs, 2012. március 29.

Dr. Német Béla