



TANÁRI DOSSZIÉ: PROJEKTALAPÚ TANULÁS

3. MODUL

INTELLECTUAL
OUTPUT 2

2020-1-ES01-
KA202-082440



With the support of the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Ez a projekt az Európai Bizottság támogatásával valósult meg. Ez a kiadvány csak a szerzők nézeteit tükrözi, ezért a Bizottság nem tehető felelőssé az anyagban közölt tartalmakért.

Szerzők

Fundación de la Comunitat Valenciana para una economía baja en carbón

Area Europa srl

Eszterházy Károly Egyetem

Federación EFAS CV la Malvesía

Järvarmaa Kutsehariduskeskus

Stowarzyszenie Edukacji Rolniczej i Lesnje EUROPEA Polska

08/2021



lowcarbon
economy®

AREA EUROPA
DEVELOPMENT CONSULTING

EFA LA MALVESIA
CENTRO EDUCATIVO Y DE PROMOCIÓN RURAL

EGER 1774
ESZTERHÁZY KÁROLY EGYETEM

Järvarmaa
Kutsehariduskeskus
Centre for Vocational Training

EUROPEA
POLSKA

A MODUL CÉLJAI	1
GYAKORLATI PROJEKTEK PROTOTÍPUSAI AZ OSZTÁLYTEREMBEN	2
TERMOSZIFON	2
Leírás	2
Pedagógiai célok	2
Szükséges anyagok.....	2
Szükséges eszközök	3
Építés lépésről lépésre (illusztrációkkal).....	3
Hogyan működik?	6
Audiovizuális anyag	6
HŐMÉRSÉKLET ÉS PÁRATARTALOM ÁLLOMÁS.....	7
Leírás	7
Pedagógiai célok	7
Szükséges anyagok és eszközök	7
Mérések.....	8
Számítások lépésről lépésre (illusztrációkkal)	11
Audiovizuális anyag	15
KÍSÉRLETI PROTOTÍPUSOK	16
AZ ÜVEGHÁZAK, ILLETVE FÓLIASÁTRAK AZ EGYIK LEGEGYSZERŰBB MÓDJAI A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSÁNAK.....	16
Az üvegházak, fóliasátrak működése	16
Miért használunk üvegházakat?	16
Üvegházak, fóliasátrak anyagai.....	16
Üvegházak, fóliasátrak típusai, formái	16
Kínai típusú fóliasátor	17
Fóliaágyak	19
Klímacsarnok.....	20
Használatának előnyei	22
„Energy for farming” kísérleti fóliasátrak	22
Irodalmi források.....	26
A HIBRID (NAP-SZÉL) RENDSZEREK TELEPÍTHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA	27
A napenergiára épülő energia termelő rendszerek telepítésnek lépései	27
Éghajlati alkalmasság felmérése.....	27
A napenergia felhasználás hatékonyságát csökkentő tényezők	27
Szoláris potenciál felmérése.....	28
Helyi viszonyok, adottságok felmérése	29
Tájékoztató kalkulátor használata	30
Napelemek teljesítménye.....	31
Milyen tényezők befolyásolhatják a napelem rendszer valós teljesítményét?.....	31
Napelem teljesítményt befolyásoló tényezők az alábbiak	32
Hogyan tudjuk ezeket a tényezőket figyelembe venni?	32
Szél-klimatológia feltételek.....	32
Szélpotenciál felmérése.....	32
A szélenergia felhasználás hatékonyságát csökkentő tényezők	35
Hibrid rendszerek telepítése (Nap + szélenergia együtt).....	35
Felhasznált irodalom.....	42

A modul céljai

A következő sorokban a mezőgazdasági szektor számára hasznos eszközök praktikus prototípusai láthatók, amelyek megújuló energiákkal dolgoznak. Ennek értelmében a prototípusok kis léptékű, mezőgazdasági szakképzésben megvalósítható projektekhez készülnek. Az osztályterem adaptálható és beépíthető ezekbe a prototípusokba, hogy a tanulók egyénileg vagy csoportosan dolgozzanak olyan rendszerekben, amelyek a való világban is alkalmazhatók. A különböző lehetőségek egy vagy több tantárgyba is beépíthetők, a szakképzésben részt vevő hallgatók igénye szerint.

Annak bemutatására, hogyan lehetséges a megújuló energiákat beépíteni a gazdálkodásba, az Energy for Farming projekt partnerei 2 gyakorlati prototípust készítettek napenergiával és 2 kísérleti prototípust a gazdálkodásban. Az olvasó megtalálja az egyes prototípusok pedagógiai céljait, de a konkrét építési lépéseket és az alábbiakban részletezett modellek elkészítéséhez szükséges anyagokat is.

Gyakorlati projektek prototípusai az osztályteremben

Juan Jorro, Lucía Toledo and José Segarra

Termoszifon

Leírás

A termoszfion egy napkollektoros vízkollektor. A szoláris vízkollektorok általában egy felületből állnak, amely felfogja a napsugárzást, de egy gyakran csövekből álló hőkört is, amelyen a víz áthalad. A magasabb hőmérséklet eléréséhez üvegházhatást lehetővé tévő átlátszó burkolat és szigetelt doboz beépítése szükséges. A következő prototípus esetében a víz keringtetése a kollektorból a tartályba természetes keringtetéssel történik, kihasználva a hideg és meleg víz eltérő sűrűségét (termoszifon).

A termoszfion hatás az, amikor a meleg víz felmegy a tartályba, mert kisebb sűrűsége van, mint a hideg víznek, amely a tartály alja felé ereszkedik le. A termoszfion hatás elérése érdekében a víztartályt a napkollektor felett kell elhelyezni, a következő oldalakon leírtak szerint.

Pedagógiai célok

- tananyag a víz sűrűségéről
- tananyag a termoszfion hatásról
- a szükséges csőhossz kalkulálása
- a napenergia alapjainak megértése
- a napenergia felhasználási területei

Szükséges anyagok

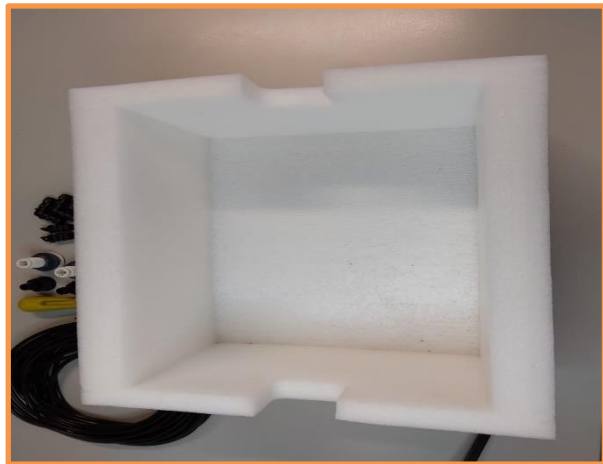
#	ALAPANYAG	MÉRTÉKEGYSÉG
1.	habosított polisztirol doboz	1 42,5x35x10 ¹
2.	csepegtető öntözőcső (16 mm)	1 160 cm
3.	mikro csepegtető öntözőcső (3 mm átmérőjű)	1 640 cm
4.	csepegtető öntözőcsőhöz szögletes csatlakozó (4 mm)	40
5.	dupla szögletes könyök [L típus]	4 16x16

¹ Length, Wide, Height

6.	vízartály	1
7.	menetes PVC falı idom ½"	2
8.	tengelykapcsoló csatlakozás ½ x 16mm	2
9.	tömlődugó	2



1. kép. Anyagok



2. kép. Habosított polisztirol doboz

Szükséges eszközök

1. Lyukasztó fogó
2. Fogó (opcionális)
3. Fúró
4. Lapos fúró kör alakú furat készítéséhez
5. Olló
6. Vágó
7. Ragasztó²

Építés lépésről lépésre (illusztrációkkal)

1. Vágja ki az expandált polisztirol alját, ha túl magas lenne³.

TIPP: Az alap lehet sötétebb, hogy jobban megtartsa a hőt

2. Mérje meg a dobozt, hogy ennek megfelelően vágja le a csövet
3. Vágja két darabra a csepegtető öntözőcsöveket, amelyek mérete körülbelül 5 cm-rel nagyobb legyen, mint a doboz.

² It can be glue, duct tape, silicon...

³ It if is too tall, it can create shadows.

4. Fúrjon összesen négy lyukat a doboz oldalain. A lyukak a csepegtető öntözőcsövek átvezetésére szolgálnak.
5. Helyezze be a két csepegtető öntözőcsövet a furatokba, ez lesz a termoszifon fővezetéke.
6. Jelölje meg a csövek széleit, a cső szélének megfelelően a dobozzal (a belső rész).
7. Mérje meg a két cső közötti távolságot egyik oldalról a másikra.
8. Vágja le a mikro csepegtető öntözőcsöveket a két cső hosszának megfelelően. Ebben az esetben összesen 20 csövet vágtak le.
9. A lyukasztóval lyukassza ki a fővezeték csövét. Összesen 20 lyuk csövönként.
10. Rögzítse a szögletes csatlakozókat a mikro csepegtető öntözőcsövek két levágott részébe. Összesen 40 szögletes csatlakozóra volt szükség a 20 mikrocsőhöz.

TIPP: A mikro csepegtető öntözőcsövek végeit merítse forró vízbe, hogy átmenetileg felpuhítsa a csövet, és könnyebben nyomja beléjük a szögletes csatlakozókat.

11. Illessze be a mikrocövekhez rögzített szögletes csatlakozókat a fővezetékbe.

TIPP: fogóval helyezze el a szögletes csatlakozókat a fővezeték csöveinek furataiba. Ez megkönnyíti a folyamatot.

12. Rögzítse a kettős könyököket a fővezeték cső külső részébe. Összesen négy dupla könyökre van szükség.
13. Jelölje be azokat a helyeket, ahol a víztartályban lyukak keletkeznek.
14. Fúrjon két kör alakú lyukat a víztartályba a menetes PVC fali idomok elhelyezéséhez.

OPCIONÁLIS: abban az esetben, ha a fali idomokat nem lehet áthelyezni a konténeren, a tartály felső része levágható, hogy a darabok a helyükre illeszkedjenek.

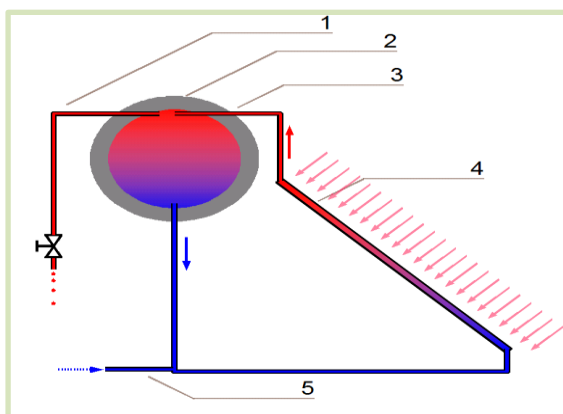
15. Helyezze és csavarja be a fali idomokat a víztartály furataiba.
16. Csavarja be a belső menetet a fali idomokba.
17. Helyezze el a dupla könyököktől a fali idomok belső meneteihez vezető csatlakozókat a víztartály és a doboz összekapcsolásához.
18. A hőnek a dobozban való koncentrálására poli-metil-metakrilát üveget használnak. Helyezze el és rögzítse a dobozra.

OPCIONÁLIS: Ha az üveg nem akkora, mint a doboz, akkor egyedi méretre lesz szükség a hozzáigazításhoz.

19. A dőlésszög érdekében szükség lesz egy plusz tartóalap kialakítására, amely megemeli a víztartályt és a szolár alapot.

TIPP: Ha le kellett vágnia az alapot, használja az expandált polisztirol maradványait a dőlésszög létrehozásához.

FONTOS: a termoszfion hatás lehetővé tétele és a víz természetes keringése érdekében szükséges, hogy a napkollektor felső kimenete alacsonyabb szinten legyen a víztartály felső bemeneténél.



Vízmelegítő
termoszifonnal (vázlatos):

- 1: cső a vízcaphoz
- 2: szigetelt tartály
- 3: melegvíz bemenet
- 4: lapos napkollektor
- 5: friss víz bemenet

3. ábra. Termoszifon hatás (CC BY-SA 3.0)⁴

20. Helyezze el a termoszfiont, kösse össze az extra tartóalapokat, és mérje meg a távolságot a fali perselyek belső menetétől a könyökhöz, és vágja le a csepegtető öntözőcsöveket ennek a mérésnek megfelelően. Ez lesz a víztartály és a talapzat összekötésére szolgál.
21. Kösse össze a víztartályt a duzzasztott polisztiroldobozzal a két egyedi csepegtető öntözőcsővel.
22. Ragassza be ragasztóval a víztartályba és a dobozba az extra támasztékokat.

EL IS KÉSZÜLT A TERMOSZIFONJA!

⁴ <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=793066>

Próbáljuk ki!

A termoszfion teszteléséhez helyezze a prototípust olyan helyre, ahol napsugárzik, és hagyja állni néhány órán keresztül. Előzetesen tesztelheti a víz hőmérsékletét. Miután a termoszfiont néhány órán keresztül a napon töltötte, megmérheti a felső víztartály és az alsó víz hőmérsékletét. Ha a termoszfion működik, akkor jelentős hőmérsékletkülönbség lesz.

Hogyan működik?

A termoszfionos napkollektoros vízmelegítő egyszerű prototípusában a fő víztömeg (víztartály) a rendszer legmagasabb pontján található. A víz lefelé kerül a víztartályból a vízcsőben (amely a tartály aljához közel folyik ki).

A felmelegített víz kevésbé sűrűsödik, mint a hideg víz, ezért felemelkedik a csövekbe, amelyek a víztartály körüli pontig futnak vissza. Természetes konvekciónak nevezzük azt a jelenséget, amely a felmelegített folyadék felfelé áramlását okozza.

A hő és a szifonhatás a két kulcsa a szabadon keringő rendszernek.

Eközben a tanknál valami úgynevezett rétegződés zajlik. A víz a tartályban is lassan kering, de fokozatosan hidegebb víz csapódik le a tartály aljára, míg a melegebb víz a tetején marad. Tehát többféle hőmérsékleti szint létezik.

Audiovizuális anyag

Ez az anyag extra segítséget nyújt a lépésről lépésre történő magyarázathoz.

Itt a link: <https://youtu.be/QcAHHdUoQnY>

Hőmérséklet és páratartalom állomás

Leírás

Ezt a hőmérséklet- és páratartalom-állomást arra használták, hogy a talajról információkat szerezzenek. Az állomás által kapott információk átvitele érdekében az Arduino rendszer azt olvasható adatokká alakítja át.

Az Arduino rendszerek nyílt forráskódú elektronikai platformok, amelyek könnyen használható hardveren és szoftveren alapulnak. Egy Arduino kártya képes bemeneteket olvasni és adatokká alakítani (ezek az adatok megjeleníthetők LED-kijelzőn, online platformon stb.).

Ebben a prototípusban egy Arduino-t építenek a talaj páratartalmának és hőmérsékletének leolvasására, és egy napelem segítségével állítják elő a működéshez szükséges áramot. Az Arduino egy online platformon jeleníti meg az információkat a kényelmesebb távvezérlés érdekében. Adott esetben LED-es kijelző is használható, de a képernyő fogyasztását a számításoknál frissíteni kell.

Pedagógiai célok

- növeli az alkalmazott technológia megértését
- angol nyelvtudás kompetenciája
- megújuló energiák megértésének javítása a gazdálkodásban
- funkcionális berendezések megépítésével ismereteket szerezni
- alapképletek a napenergiával kapcsolatos konkrét adatok megszerzéséhez

Szükséges anyagok és eszközök

LEÍRÁS	MÉRTÉKEGYSÉG
hőmérséklet és páratartalom érzékelő rendszer KeeYess ⁵	1
Elem 5V	1
PV panel 10W	1
OR	
PV panel 18W	1
Páratartalom érzékelő	1
Hőmérséklet szenzor	1

⁵ It includes a 1.3" large OLED IIC display module, combined with the ESP8266 NodeMCU and BME280 module to obtain weather data.

Mérések

$$\text{Fogyasztás (Wh/nap)} = \frac{(\text{mA}) \cdot (\text{V}) \cdot (24\text{h})}{1000}$$

FOGYASZTÁS			
	fogyasztás (mA)	feszültség (V)	fogyasztás (Wh/nap)
Arduino tábla	70		
párat. & hőm. szenzor	2,5		
talaj nedvesség	5		
ÖSSZES	77,5	3,3	6,138

$$\text{akkumulátor kapacitás (h)} = \frac{\text{akkumulátor töltés (mAh)}}{\text{fogyasztás (mA)}}$$

KAPACITÁS (napsütés nélkül)		
akkumulátor töltés (mAh)	óra (h)	nap (d)
2000	25.81	1.08
5000	64.52	2.69
10000	129.03	5.38
20000	258.06	10.75

Teachers' dossier: practical projects in the classroom

A következő táblázat mutatja a fotovoltaikus (PV) termelést 3 különböző PV modul teljesítményhez (5, 10 és 18 Wp), a PVGIS-ből kinyert adatok alapján a LowCarbon Economy által kijelölt helyszínre, valamint a PV modul 30° és 0° azimut dőlésére.

TERMELÉS							
Mért besugárzás értéke (W/m2)		5 Wp		10 Wp		18 Wp	
		termelés (Wh/d)		termelés (Wh/d)		termelés (Wh/d)	
		január	június	január	június	január	június
0:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
1:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
4:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0	0.00	0.09	0,00	0,19	0,00	0,34
6:00	0	0.00	0.42	0,00	0,84	0,00	1,51
7:00	0	0.00	1.09	0,00	2,19	0,00	3,93
8:00	32,86	0.14	1.82	0,27	3,64	0,49	6,55
9:00	71,57	0.30	2.52	0,59	5,03	1,06	9,06
10:00	543,92	2.24	3.05	4,49	6,10	8,08	10,98
11:00	647,54	2.67	3.36	5,35	6,71	9,62	12,08
12:00	683,57	2.82	3.52	5,64	7,03	10,16	12,66
13:00	656,57	2.71	3.32	5,42	6,64	9,76	11,96
14:00	542,42	2.24	2.94	4,48	5,88	8,06	10,58
15:00	394,19	1.63	2.37	3,25	4,74	5,86	8,54
16:00	36,37	0.15	1.62	0,30	3,25	0,54	5,84
17:00	0,03	0.00	0.89	0,00	1,77	0,00	3,19
18:00	0	0.00	0.26	0,00	0,52	0,00	0,94

19:00	0	0.00	0.03	0,00	0,07	0,00	0,12
20:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		14.90	27.30	29,79	54,61	53,63	98,30

Mint a kapott adatokból is látszik, egy 5 Wp-os fotovoltaikus modul napi fotovoltaikus termelése (14,9 Wh/d) bőven elegendő lenne a rendszer által igényelt napi energia (6138 Wh/d) előállításához.

Számítások lépésről lépésre (illusztrációkkal)

1. Először is ki kell számolnunk a fogyasztást. Ennek érdekében a meteorológiai állomás napi energiafogyasztását az egyes komponensek fogyasztásának összegeként számítjuk ki.

Például:

- NodeMCU (Arduino): 70 mA 3,3 V-on
- Hőmérséklet és páratartalom érzékelő: 2,5 mA 3,3 V-nál
- Talajnedvesség-érzékelő: 5 mA 3,3V-on

$$\text{Napi fogyasztás} = \frac{(70 + 2.5 + 5)}{1000} A * 3,3V * 24h = 6,14 Wh$$

2. Másodsor, folytatjuk a gyártást, kiszámítjuk a fotovoltaikus panel csúcsteljesítményét. A PV panel csúcsteljesítményének kiszámításához ismerni kell az időjárás állomás helyén elérhető napenergia termelést.

Ezek az információk a PGIS webhelyeszközzel szerezhetőek be:

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

- a. Lépjen be a honlapra

- b. A térképen válassza ki a helyszínt

c. A telepített PV csúcsteljesítmény [kWp] mezőben válassza ki az 1 kWp értéket a számításához.

d. Aktiválja a lejtő optimalizálása jelölőnégyzetet.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231 Use terrain shadows: Calculated horizon Upload horizon file

Elevation (m): 121

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database*: PVGIS-SARAH
 PV technology*: Crystalline silicon
 Installed peak PV power [kWp]*: 1
 System loss [%]*: 14

Fixed mounting options

Mounting position*: Free-standing
 Slope [°]: 35 Optimize slope
 Azimuth [°]: 0 Optimize slope and azimuth

PV electricity price
 PV system cost (your currency):
 Interest [%/year]:
 Lifetime [years]:

Visualize results

e. Kattintson a gombra az eredmények megjelenítéséhez.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231 Use terrain shadows: Calculated horizon Upload horizon file

Elevation (m): 121

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database*: PVGIS-SARAH
 PV technology*: Crystalline silicon
 Installed peak PV power [kWp]*: 1
 System loss [%]*: 14

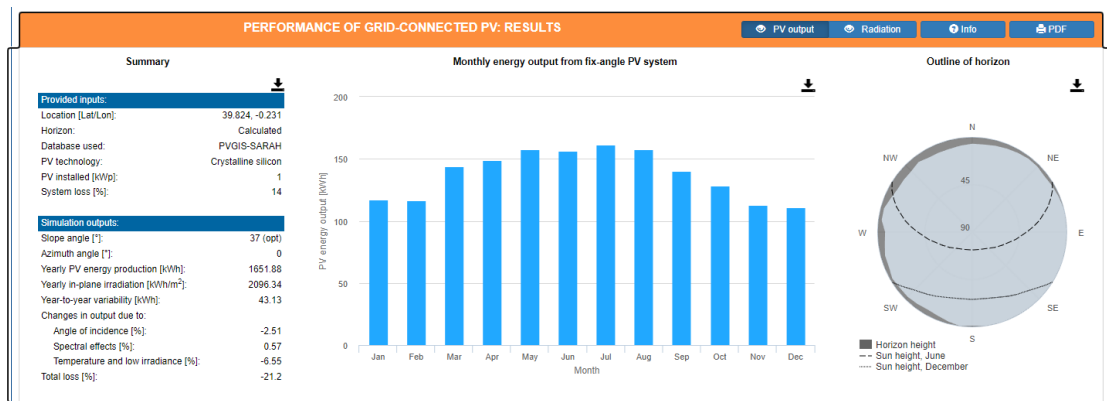
Fixed mounting options

Mounting position*: Free-standing
 Slope [°]: 35 Optimize slope
 Azimuth [°]: 0 Optimize slope and azimuth

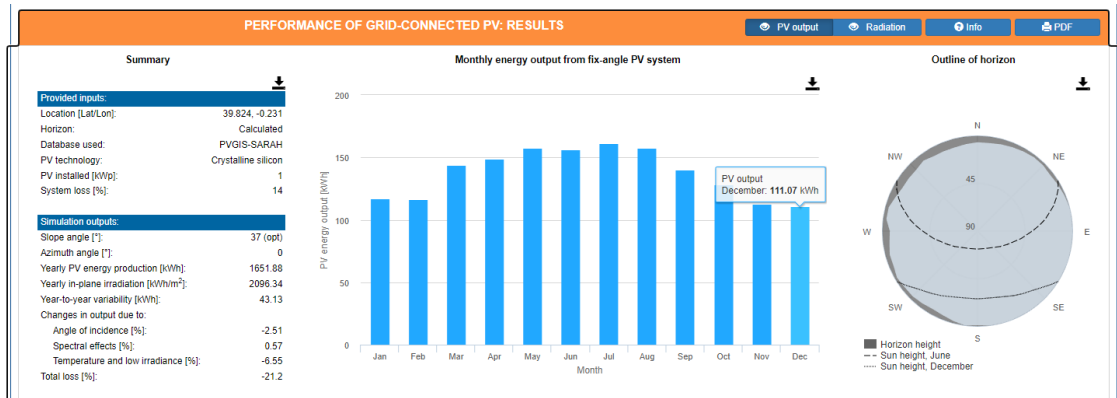
PV electricity price
 PV system cost (your currency):
 Interest [%/year]:
 Lifetime [years]:

Visualize results

f. A képernyő bal oldalán a kiválasztott hely dőlésszöge látható.



- g. A grafikonon a legrosszabb forgatókönyv kiszámítása érdekében a legalacsonyabb termelésű hónapra helyezzük a kurzort. A példában december havi termelése 111,07 kWh/hó 1 kWp-ra vetítve.



- h. Számítsa ki a napi termelést úgy, hogy a fenti számot elosztja az adott hónap napjainak számával.

$$\text{napi teljesítmény} = \frac{\text{havi teljesítmény}}{\# \text{ hónap napjainak a száma}}$$

A konkrét példában:

$$\text{napi teljesítmény} = \frac{111,07 \frac{\text{kWh}}{\text{hónap} \cdot \text{kWp}}}{31 \text{ nap/hónap}} = 3,58 \frac{\text{kWh}}{\text{nap} \cdot \text{kWp}} = 3,58 \frac{\text{Wh}}{\text{nap} \cdot \text{Wp}}$$

- i. Szükséges, hogy a rendszer által termelt energia nagyobb legyen, mint a felhasznált energia, ezért:

$$\text{napi teljesítmény} \geq \text{napi fogyasztás}$$

A panel csúcsteljesítményét a következő képlet segítségével számítjuk ki:

$$\text{panel csúcsteljesítménye (Wp)} \geq \frac{\text{napi fogyasztás (Wh/nap)}}{\text{napi teljesítmény} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{Wp} \cdot \text{nap}} \right)}$$

A konkrét példában:

$$\text{panel csúcsteljesítménye (Wp)} \geq \frac{6,14 \text{ (Wh/nap)}}{3,58 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{Wp} \cdot \text{nap}} \right)}$$

$$\text{panel csúcsteljesítménye (Wp)} \geq 1,72 \text{ Wp}$$

A példaprojekthez kiválasztandó napelem panel csúcsteljesítménye legalább 1,72 Wp legyen.

3. Következzen az akkumulátor kapacitás számítása.

- a. Az akkumulátor kapacitása a rendszer önellátásától és fogyasztásától függ.

$$\text{akkumulátor kapacitás (Wh)} \geq \text{napi fogyasztás (Wh)} \cdot \text{Autonómia (nap)}$$

$$\text{akkumulátor kapacitás (mAh)} \geq \text{akkumulátor kapacitás} \frac{(\text{Wh})}{(\text{V})} \text{akkumulátor fogyasztás (V)} \cdot 1000$$

A példát követve az 5 napos önellátáshoz szükséges akkumulátorkapacitás a következő lenne:

$$\text{elem kapacitás (Wh)} \geq 6,14 \text{ Wh} \cdot 5 \text{ nap} \geq 30,7 \text{ Wh}$$

$$\text{elem kapacitás (mAh)} \geq \frac{30,7 \text{ Wh}}{3,7 \text{ V}} \cdot 1000 \geq 8.297 \text{ mAh}$$

Az 5 napos önellátás példájában az akkumulátor kapacitásának nagyobbak kell lennie, mint 30,7 Wh (8 297 mAh 3,7 V mellett).

4. A számítások elvégzése után a kiválasztott állomás építési utasításait követve megtudhatjuk, hogy melyik napelem panelre van szükségünk a páratartalom és hőmérséklet állomás áramellátásához.
5. Az adatok kinyerése az állomásról egy távoli berendezésre akkor lehetséges, ha az állomás rendelkezik wifi kapcsolattal, és ekkor az adatok az alábbi eszközre küldhetőek: Ubidots a <https://ubidots.com/>

Audiovizuális anyag

Ez az anyag további segítséget nyújt a kiválasztott hőmérséklet és páratartalom állomásunk lépésről lépésre történő megismeréséhez.

A link az alábbi: <https://youtu.be/XRxYTHoQ9j8>

Kísérleti prototípusok

László Lakatos, Tamás Misik and Csaba Patkós (EKCÚ)

Az üvegházak, illetve fóliasátorok az egyik legegyszerűbb módjai a napenergia hasznosításának

Az üvegházak, fóliasátorok működése

Az üvegházak vagy fóliasátorok a burkoló anyaga nagyrészt átengedi a napfényt, azaz a rövidhullámú sugárzást, de a hosszuhullámú, úgynevezett hősugárzás jelentős részét visszatartja, visszasugározza. Ennek köszönhetően akár több fokkal is magasabb lehet a hőmérséklet az üvegházak, fóliasátorok belső terében. A magasabb hőmérséklet következtében intenzívebb lesz a növény vagy talajfelszín párolgása is a belső térben, azaz nemcsak magasabb hőmérsékletet, de nagyobb légnedvesség tartalmat is tapasztalhatunk az üvegházakban, fóliasátorokban.

Miért használunk üvegházakat?

Az üvegházak alkalmazása révén lehetőségünk adódik a vegetációs időszak előtti és a vegetációs időszak utáni termesztésre. Azaz használatával meghosszabbíthatjuk a tenyészidőszak hosszát, emellett megvédhetjük a termesztett növényeinket a kedvezőtlen időjárási hatásokkal (fagy, jég, szélvihar) szemben.

Üvegházak, fóliasátorok anyagai

Az üvegházak készülhetnek szimpla vagy hőszigetelt üvegből, illetve polikarbonát lemezből. A fóliasátorok anyaga UV stabil átlátszó fólia, ami jól átengedi a rövidhullámú sugárzást, a hosszuhullámú sugárzást azonban benntartja a fóliasátor terében (1. ábra).

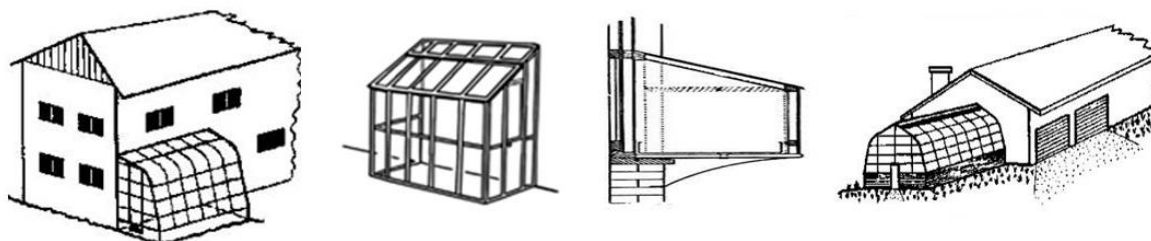


1. ábra UV szűrős EVA fóliasátor

Az EVA-fóliák három rétegből állnak: a külső réteg visszatartja a növények számára káros UV-sugarakat, a másik meggátolja a nagy hullámhosszú hősugarak kijutását a rendszerből, a harmadik réteg pedig a fólia szilárdságát biztosítja. A fóliaház belső része felé eső oldalon az EVA-fóliákat gyakran kezelik páramentesítő adalékanyaggal, hogy a kondenzációt elkerüljék.

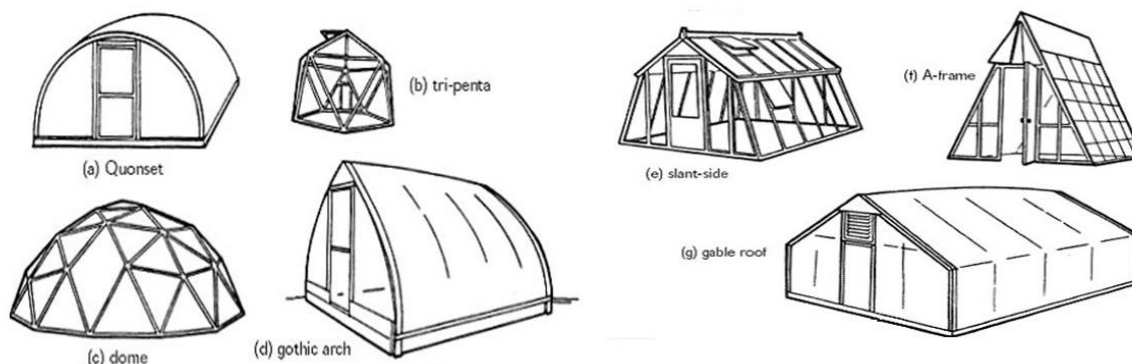
Üvegházak, fóliasátorok típusai, formái

Az üvegházaknak két alapvető típusa van: valamilyen épülethez kapcsolódó, illetve szabadon álló. Az épülethez kapcsolódó üvegházak rendszerint jóval kisebb alapterületűek elsősorban palánták nevelésére vagy télikertként funkcionálnak. Az épület, amihez kapcsolódik védelmet és fűtési lehetőséget is jelent az üvegház vagy fóliaház számára. Az épülethez való kapcsolódás nemcsak talajon, hanem akár az ablakon keresztül is történhet (2. ábra).



2. ábra Épülethez kapcsolódó üvegházak kialakítási formái

A szabadon álló üvegháza rendszerint szimmetrikus kialakításúak, de léteznek aszimmetrikus formájú üvegházak is. Kialakításuk, formájuk országonként változó (3. ábra). A kialakítás legfontosabb célja, hogy a nap folyamán folyamatos sugárzásban részesüljenek a benne lévő növények, illetve kellő védelmet nyújtsanak a kedvezőtlen időjárási hatásokkal szemben, mint a jégeső, vagy fagy.

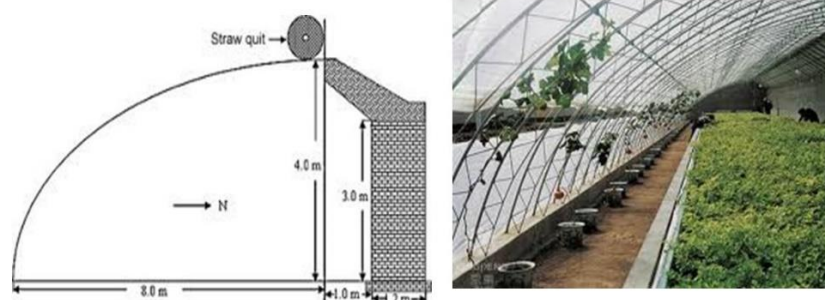


3. ábra Szabadon, önállóan álló üvegházak típusai

A területük lehetővé teszi akár a nagyüzemi termesztést, de kiskertekben hobby kertészkedés céljára is alkalmasak. A fóliasátrak, illetve üvegházak téli időszakban, hidegebb klímájú országokban csak fűtés kialakítása mellett használhatóak.

Kínai típusú fóliasátor

Kínában nagyon elterjedt a fóliasátor használata. Az évszázadok során egy olyan speciális fóliasátor formát alakítottak ki, mely téli időszakban is hatékony zöldségtermesztést tesz lehetővé (4. ábra).



4. ábra A kínai típusú fóliasátor keresztmetszeti profilja és beltere

A működés hatékonyságát az 1 m vastag hátfal és a fólia részre takarható gyékényszőnyeg jelenti. A nappali órákban nemcsak a fólia beltere, hanem a vastag hátfala is felmelegszik. Ez éjszaka átadja a hőt a légtérnek. A kisugárzást a fóliára takart gyékényszőnyeg jelentősen mérsékli, ezáltal éjszakai órákban több hő marad a belterében, mint egy szimpla fóliasátor esetében. A nagyobb méretű fóliasátrak esetében a gyékényszőnyeg éjszakai takarását elektromos motorok biztosítják (5. ábra). A déli tájolásának kiemelten fontos a szerepe, mert csak így tudja a napsugárzás energiáját megfelelő módon hasznosítani.



5. ábra A gyékényszőnyeg felcsavarva a fóliasátor legmagasabb részén van elhelyezve

Ezekben a speciálisan kialakított kínai fóliasátrakban, nemcsak zöldségféléket, hanem gyümölcsöket is lehet termesztani megfelelő törpe alanyok alkalmazásával (6. ábra).



6. ábra Gyümölcsültetvény kínai típusú fóliasátorban

Fóliaágyak

A fóliaágyak 2-3 m széles, 70-90 cm magas, 10-15 m hosszú fóliaborítású létesítmények. Vázszerkezetüket 2 cm átmérőjű, 2 mm falvastagságú, kemény, P3- as nyomásfokozatú PVC-csőből készítik (7. ábra). A csöveket egymástól 1 m távolságra, ív alakban meghajlítva helyezik el. Két végüket olyan mélyre szúrják a talajba, hogy a 3 m alapszélességű ágyak gerincmagassága 90 cm legyen, a 2 m-es ágyaké, pedig 70 cm. A leállított íveket a gerincvonal mentén egy 2 cm átmérőjű műanyagcsővel kötik össze, hogy hossz tengely irányában ne mozdulhasson el a berendezés. Takarásra 0,1-0,15 mm vastag PE-fóliát használnak. A bordák mellett kívülről az ágy két oldalán 25-30 cm mély barázdát készítenek, és a vázra felterített fóliát ide földelik le úgy, hogy az erősen a bordákra feszüljön.

A fóliaágyak alacsony gerincmagasságuk miatt nem alkalmasak az álló helyzetben való munkavégzésre. Hidegtűrő zöldségfajok hideghajtására alkalmasak.



7. ábra Saláta termesztés fólia ágyban

Klímacsarnok

A jövőbeli mezőgazdasági termelés számára óriási kihívás a klímaváltozás. Jelenleg számos klíma és növényi szimulációs modell létezik, melyekkel megpróbálják előállítani, hogy miként alakul majd a termés nagysága a jövőben. Mind a klíma, mind pedig a növényi modellek bizonyos hibával számolnak. Mivel az egyes rendszerekben jelentkező hibák összegződnek, így meglehetősen pontatlan a modellezett mezőgazdasági jövőképünk. A növényi szimulációs modellek további problémája, hogy kevésbé alkalmasak a növény minőségi mutatóinak előrejelzésére, holott ma már nagyon sok növény esetében a beltartalmi mutatók (fehérje, cukor, sav, vitamin, antocián) fontosabbak, mint maga a termés mennyisége. A biológia és mezőgazdasági kutatásokban igen gyakori a klímakamrák, illetve fitotronok alkalmazása. Ezekben néhány növényt tudnak elhelyezni tenyészedeényekben vagy táptalajban. Ezekben a növények mesterséges megvilágítás, valamint szabályozott hőmérséklet és nedvesség mellett fejlődnek. Mivel ezek a berendezések a valós termőhelyi viszonyokat nem reprezentálják, kevésbé alkalmasak termesztési kísérletek elvégzésére. A kisparcellás szabadföldi vagy kisparcellás üvegházi kísérletek során nyert adatok már hasznos adatokat szolgáltatnak új növényfajták bevezetéséhez és teszteléséhez. Ennél a hagyományosan használt kutatási módszernél azonban nem tudjuk kellő módon szabályozni sem a hőmérsékletet, sem a légnedvességet, sem pedig a széndioxid koncentrációt. A megoldást erre a problémára a klímacsarnok jelenti. A klímacsarnok egy olyan speciálisan kialakított üvegház, melybe csaknem zavartalanul jut be a napsugárzás és a környezeti feltételek (talaj, levegő) állapotjelzői pontosan szabályozhatók. A mérete széles határok között változhat, néhány köbméteres beltértől akár több száz vagy több ezer köbméteres légtérfogatig. A kisebb belterű egységeket általában nem szerelik fel klíma berendezésekkel, így ezek speciálisan kialakított üvegházként funkcionálnak (8. ábra).



8. ábra Geodézikus kupola üvegház

(Forrás: Guangzhou Hengnuo Tent Technology Co., China)

A speciális kupola alakú üvegház legnagyobb előnye, hogy remekül hasznosítja a sugárzási energiát, és közepén magasabb növényeket, gyümölcsfákat is el lehet helyezni és vizsgálni lehet a növekedését és termés különféle paramétereit (9.ábra).



9. ábra Kupola alakú klíma csarnok (Forrás: Pilarska et al., 2018)

A Nottingham Egyetem Malaysiai Campusában létrehozták a Crops for the Future Research központot (CFFRC) (10 ábra). A kutatóközpont célja, hogy szabályozott klimatikus körülmények között különböző termesztett növényfajokat vizsgáljanak, hogy lássák, miként alakulnak a növények beltartalmi mutatói magasabb hőmérséklet és széndioxid szint mellett (CFFRC, 2011).



10. ábra Crops for the Future Research Centre

(Forrás: <https://www.linkedin.com/company/crops-for-the-future-research-centre>)

Sok országban botanikus kertet helyeznek a kupola formájú klímacsarnokba, mivel speciálisan magas hőmérsékletet, nedvességet és széles határok között változtatható széndioxid koncentrációt lehet a belsejében fenntartani. Az alábbi képen egy botanikus kert látható, melyet Vietnamban építettek 2018-ban (11. ábra).



11. ábra A botanikus kert üvegből és fémből készült kupola épülete Vietnamban, Nha Trang városában 2018-01-08

Használatának előnyei

A mezőgazdasági növényeink jövőbeli termesztési kockázata a jelenlegi modell eredményeknél pontosabb meghatározható lesz. Igen fontos szerepe lehet a mezőgazdasági alap kutatásban, akár jelenleg termesztett, akár új fajták termesztetőségének tesztelésben. Nemcsak kutató laborként, hanem mezőgazdasági kiállításként is funkcionálhat. Látogatók révén minden korosztály pontosabban láthatja és megismerheti és tapasztalhatja is a mezőgazdasági termelés jövőbeli változásait.

„Energy for farming” kísérleti fóliasátrak

A kísérleti fóliasátrak építésének célja annak kiderítése volt, hogy milyen kialakítású fóliasátrak nyújtanak nagyobb védelmet a korai termesztésű zöldségek számára. Az általunk készített kísérleti mikro-fóliasátrak fél négyzetméter alapterületűek, 1 m magasságúak, azaz megközelítően fél köbméter beltérrel rendelkeznek. A gyakorlati napenergia hasznosítás szempontjából olyan kísérleti fóliasátrakot készítettünk el, melyekben 2 beltéri szinten, közel 1 m² alapterületen termesztetünk különféle zöldségeket és összehasonlíthatjuk, hogy mennyivel fejlődik a növény gyorsabban a különböző kialakítású fóliasátrakban, mint a természetes környezetben. A három fóliasátor elkészítése emellett hasznos információt nyújthat a kertészkedők számára, hogy hidegebb klímájú területeken, a téli időszak végén melyik típusú, kialakítású fóliasátor nyújt nagyobb biztonságot a növények korai fejlődéshez. A szoláris energia hasznosítás hatékonysága a fóliasátrak kialakításának függvénye. Léteznek szimpla és dupla falú fóliasátrak. A szimpla falú fóliasátrak a legelterjedtebbek, ezeknek legolcsóbb a kialakításuk és ezeket lehet leggyorsabban elkészíteni. A dupla fólia között levegő található, ami jobb szigetelést biztosít a fóliasátor számára, mint az egyrétegű fóliasátor (12. ábra).



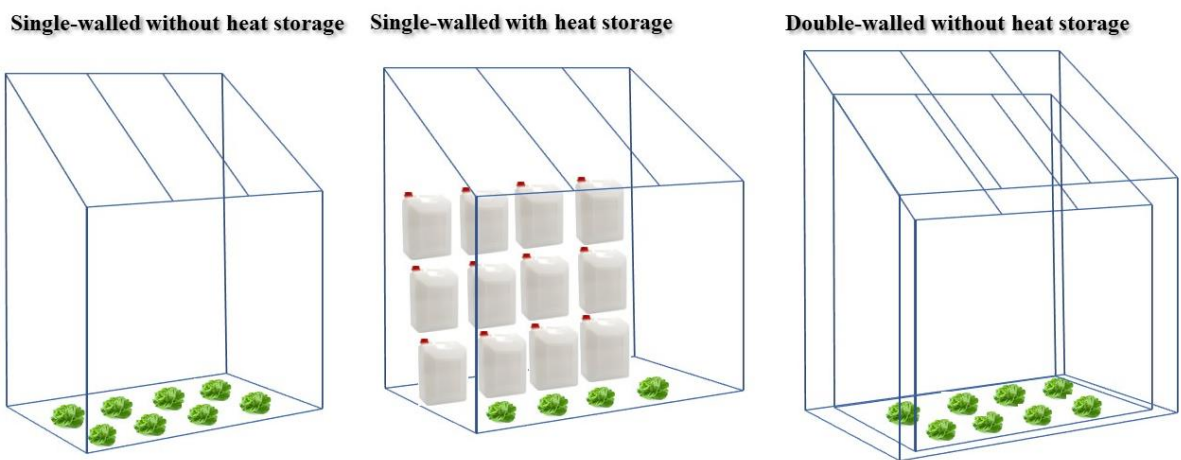
12. ábra Dupla falú fóliasátor

Mivel a levegő hőkapacitása csekély, a dupla falú rendszerek sem tudnak számottevő hőenergiát tárolni. Ezáltal az éjszakai órákban szintén jelentősebb mértékben csökken a hőmérséklet a belső terükben. A természetes közegek közül a víz az egyik legnagyobb hőkapacitású anyag. Ezért a vízfalal ellátott fóliasátrak nemcsak védik a növényeket kisugárzási hőveszteséggel szemben, hanem a lassúbb lehűlésük következtében az éjszakai órákban energiát sugároznak a fóliasátor belső terébe. Ezáltal a fóliasátor levegője lényegesen magasabb lehet a hajnali órákban, mint a külső levegő hőmérséklete. A vízfalat esetünkben úgy állítottuk elő, hogy vízzel feltöltött ballonokat helyeztünk el a fóliasátor hátfala előtt (13. ábra).



13. ábra Hőtárolós közeggel, vizes ballonokkal rendelkező fóliasátor

Így a nap folyamán a közvetlen napsugárzás hatására felmelegszik a tartályokban lévő víz és az éjszakai órákban átadja ezt a vízben tárolt hőenergiát a fóliasátor belsejében lévő levegőnek. A három eltérő kialakítású fóliasátor lehetőséget biztosít arra is, hogy kipróbáljuk, hogy az adott helyen melyik a legalkalmasabb a növények termesztésére. Tesztnövényünk a saláta és a paradicsom. A saláta zen fóliasátrakban már tél végén elvethető, amikor még előfordulnak éjszakai fagyok. A különböző kialakítású fóliasátrak hatékonysága, fagyok elleni védelme külön-külön tesztelhető. A paradicsom egy hőigényes növény, de a fóliasátrakban már tavasz elején elvethető. Ez esetben is tesztelhetjük az eltérő kialakítású fóliasátrak hatékonyságát. A három különböző kialakítású fóliasátor segítségével összehasonlíthatjuk, hogy miként alakul a hőmérséklet napi menete dupla falú, illetve a vizes ballonokkal felszerelt, úgynevezett hőtárolós fóliasátorban. Elemezhetjük, hogy a három eltérő kialakítású sátor közül, melyikben fejlődnek legoptimálisabban a termesztett növényeink (14. ábra).



14. ábra A három speciális kialakítású kísérleti fóliasátor sematikus ábrája

A fóliasátrak elkészítéséhez az alábbi anyagokat vásároltuk meg:

- Bramach tetőléc: 60 m
- Fólia
- Fólia szegőléc
- Facsavarok
- Ajtózsanérok
- Hungarocell lapok
- Erkélyládák
- Virágföld
- Ajtózár
- Műanyag ballon

Tételesen az alábbi mennyiségeket vásároltuk meg a fóliasátor elkészítéséhez szükséges anyagokból (1. táblázat).

1. táblázat A fóliasátrak elkészítéséhez szükséges anyagmennyiségek

	Mennyiség (m/m²/db)	Egységár (EUR)	Összesen (EUR)
Bramach tetőléc (m)	68	1.0	68.0
Fólia (m ²)	14	2.9	40.5
Fólia szegőléc (m)	32	0.7	23.6
Facsavarok (db)	400	0.037	14.7
Ajtózsanérok (db)	8	0.5	3.8
Hungarocell lapok (db)	3	1.6	4.7
Erkélyládák (db)	3	3.6	10.7
Virágföld (db)	2	3.2	6.3
Ajtózár (db)	4	0.5	1.9
Műanyag ballon	6	5.5	33.2
Összeg			207.4

Azt állapíthatjuk meg, hogy 1 db szimpla falú fóliasátor építési költsége kb. 50 Euró. A dupla falú, illetve hőtárolós közeggel rendelkező kísérleti fóliasátor anyagköltsége 75-80 Euró közötti.

Az elkészült fóliasátrakat a Természettudományi kar épülete mellett helyeztük el. Mindhárom tájolása déli, ezáltal a nap folyamán reggeltől késő délutáni órákig kedvező a napfényellátottság a növények fejlődéséhez (15. ábra). Az elhelyezés, az optimális tájolás, a napfénynek kitettség alapvető szempont a hatékony és gazdaságos működés szempontjából.



15. ábra Kis méretű fóliasátrak a napenergia hasznosítására

Irodalmi források

Pilarska, Dominika; Beben, D.; Rak, A.; Perkowski, Z. (2018). Octahedron-based spatial bar structures - the form of large areas covers. MATEC Web of Conferences, 174(), 03007-. doi:10.1051/mateconf/201817403007

CFFRC, 2011: <https://www.nottingham.ac.uk/biosciences/documents/community/public-talks/crops-for-the-future-may11.pdf> (letöltés:2022. 05.08)

A hibrid (nap-szél) rendszerek telepíthetőségének vizsgálata

A hibrid rendszerek telepítésénél elsődlegesen arra keressük a választ, hogy a rendszer üzembe helyezésével javul-e az energia termelés hatékonysága és rendelkezésre állása. A hibrid rendszerek esetében a két energiatermelő rendszer (nap és szél) kiegészítheti egymást, azaz amikor kevés a napenergia sok szélenergia állhat rendelkezésre illetve amikor sok a napenergia akkor kevés a szélenergia. Ilyen esetben különösen javasolt a hibrid rendszerek telepítése. Természetesen az a helyzet is előfordulhat, hogy amikor alig áll rendelkezésre napenergia a szélenergia is nagyon kevés. Ha ilyen esetek gyakran fordulnak elő az adott térségben, akkor nem biztos, hogy a hibrid rendszerek alkalmazása jelenti a megoldást a megújuló energiák használatánál. Mivel a napelemes rendszerek éjszaka nem termelnek áramot, ezért a kérdés az, hogy a telepítés helyén keletkezik-e az éjszakai órákban annyi szélenergia, amennyi gazdaságosan hasznosítható. Ezáltal a hibrid rendszer folyamatosabb energia termelést tesz lehetővé, mintha külön-külön nap és szélenergia hasznosító rendszereket alkalmaznánk.

A napenergiára épülő energia termelő rendszerek telepítésnek lépései

- Éghajlati alkalmasság, klíma potenciál felmérése
- Az energia előállítás szempontjából kedvezőtlen helyi környezeti tényezők kiszűrése, azaz a legalkalmasabb helyszín meghatározása
- Az adott telepítési helyen az előállítható szoláris energia évi dinamikájának meghatározása
- Az adott telepítési helyen az adott magasságban előállítható szélenergia évi dinamikájának meghatározása (helyi adatbázis segítségével) www.meteomanz.com szerverről órás SYNOP adatok állnak rendelkezésre
- A hibrid rendszerekkel termelhető energia évi dinamikájának előállítása

Éghajlati alkalmasság felmérése

A nap és szélenergia termelő berendezések telepítésénél alapvető jelentőségű a kedvező éghajlati potenciálú hely megtalálása. Természetesen, ha valaki az ország éjszakai részén lakik, ott gazdálkodik és a gazdálkodó egységében szeretne megújuló energia termelő berendezéseket használni, csak azért, mert az ország más részében kedvezőbb az adott megújuló energiaforrás éghajlati potenciálja nem ott fog berendezéseket telepíteni, hanem a lakóhelyén vagy annak közvetlen közelében.

A napenergia felhasználás hatékonyságát csökkentő tényezők

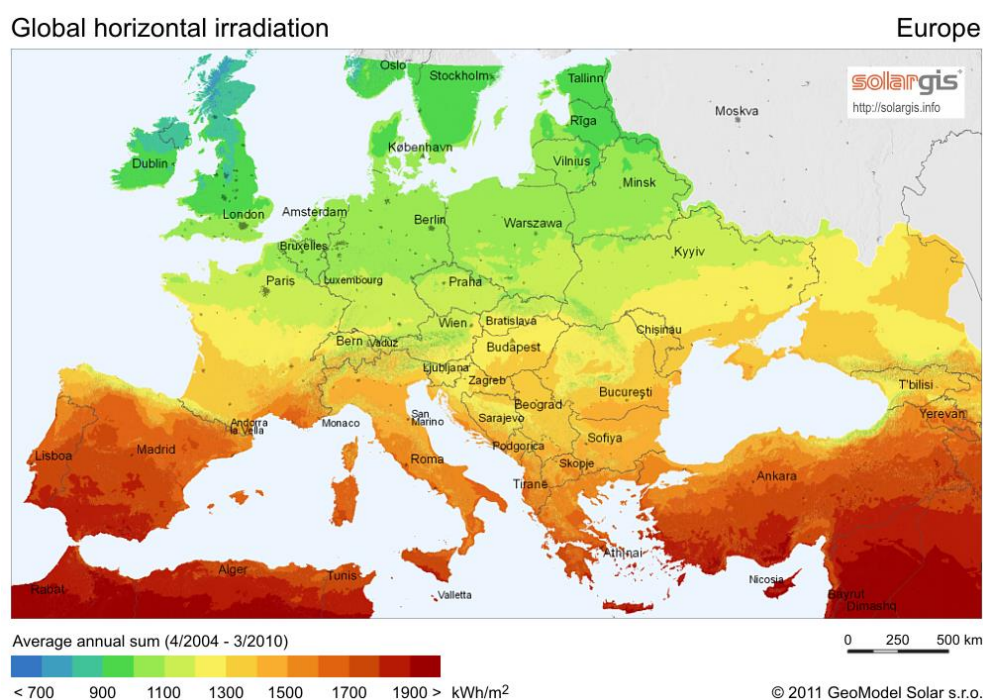
- Átlagnál gyakoribb felhőzettel rendelkező területek
- Hegyek közötti mély völgyben lévő területek, ahol jelentős a horizont korlátozás mértéke
- Városközpont vagy ahol magas toronyházak található jelentős az épületek árnyékoló hatása
- Kertvárosi környezet, ahol sok az árnyékot adó fa
- Parkok szegélyén, erdők melletti térségekben, ahol jelentős a lombkoronák árnyékoló hatása
- Amennyiben a napelemek az épületek tetejére helyezük, fontos az épület megfelelő tájolása

A napenergia alkalmazása nagy népszerűségnek örvend Európa számos országában. A napelemek és napkollektorok révén kiszámítható villamos és hőenergia állítható elő. A megtermelhető napenergia előrejelzése szempontjából egyedüli bizonytalansági tényezőnek a felhőzet tekinthető. A felhőzet

menyisége, típusa, vastagsága jelentősen befolyásolja az előállítható napenergia nagyságát. Ebből következően nem előnyös napenergiás berendezéseket telepíteni olyan területeken, ahol a helyi cirkulációs viszonyok következtében gyakori a felhőzet előfordulása.

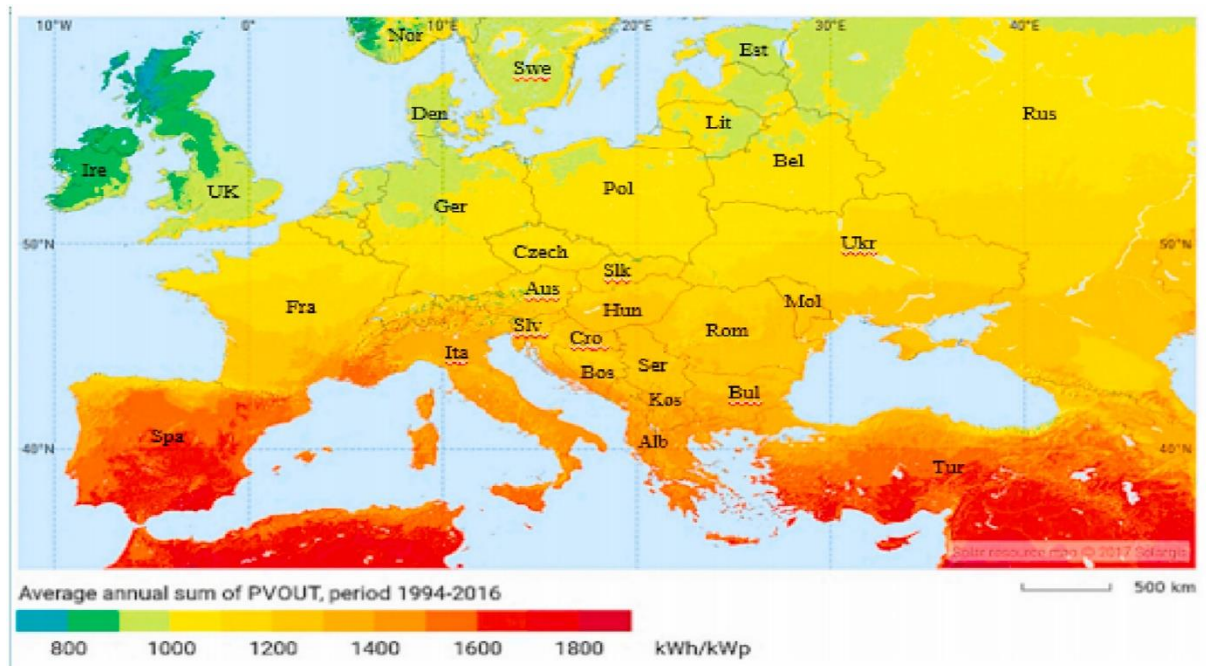
Szoláris potenciál felmérése

Első lépésben elemezni kell, hogy potenciálisan milyen nagyságú napenergiára számíthatunk az adott földrajzi helyen, ahova telepíteni kívánjuk a napelemeket vagy napkollektorokat. Az Európa globálsugárzás térképét szemlélve azt állapíthatjuk meg, hogy a Dél-Európai területeken a nagyobb beesési szög miatt magasabb napsugárzás potenciállal számolhatunk. Ugyanakkor azt is észrevehetjük, hogy csaknem az egész Európai kontinens, a balti államok északi területeinek kivételével alkalmas napenergia hasznosításra, hiszen még Észtországban is az éves sugárzási energia nagysága eléri az 1000 kWh/m² értéket (1. ábra).



1. ábra Az éves sugárzási energia nagyságának területi eloszlás az Európai kontinensen

Fajlagos fotovoltaikus teljesítmény térkép jól mutatja az előállítható szoláris teljesítmény alakulását. Spanyolország Délkeleti térségében fordulnak elő a legmagasabb fotovoltaikus teljesítmény értékek, míg legkisebb fajlagos teljesítmények Nagy-Britannia északi térségére és Írországra jellemzőek (2. ábra).



2. ábra Solar photovoltaic power potential of Europe

Helyi viszonyok, adottságok felmérése

Természetesen az adott földrajzi környezet esetében is lehetnek mikro léptékű zavaró domborzati vagy egyéb árnyékoló tényezők mint a környező épületek magassága vagy a fák lombkoronája, az épület tetőszerkezetének nem megfelelő tájolása, melyek figyelmen kívül hagyása, jelentősen csökkentheti a megtermelhető energia mennyiségét. Az adott földrajzi hely helyi fotovoltaikus potenciálját az Európai térségre vonatkozóan az alábbi szoftverrel elemezhetjük https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVPi (3. ábra).

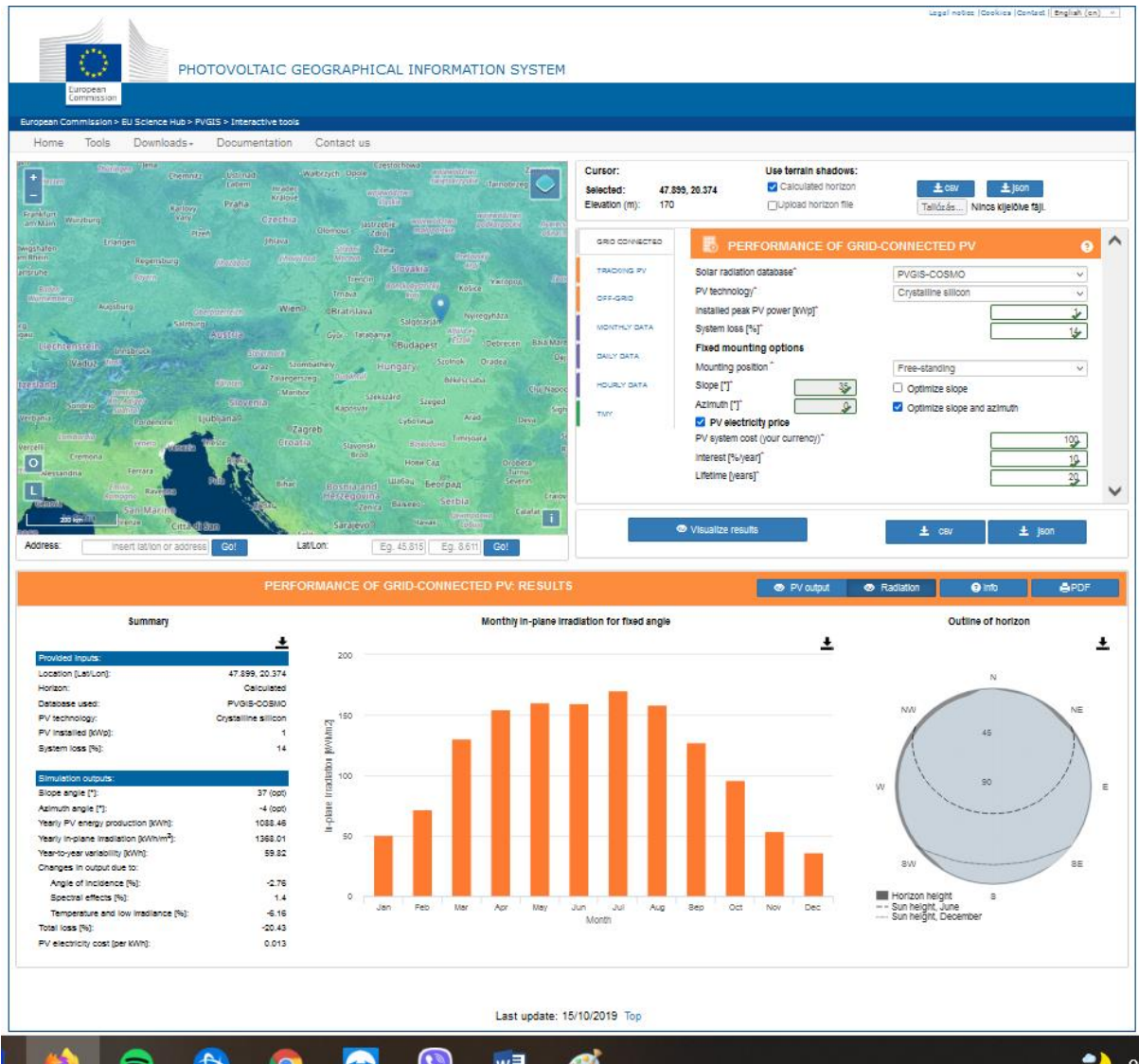


Figure 3. Photovoltaic Geographical Information System

A napenergia alkalmazása nagy népszerűségnek örvend Európa számos országában. A napelemek és napkollektorok révén kiszámítható villamos és hőenergia állítható elő. A megtermelhető napenergia előrejelzése szempontjából egyedüli bizonytalansági tényezőnek a felhőzet tekinthető. A felhőzet mennyisége, típusa, vastagsága jelentősen befolyásolja az előállítható napenergia nagyságát. Ebből következően nem előnyös napenergiás berendezéseket telepíteni olyan területeken, ahol a helyi cirkulációs viszonyok következtében gyakori a felhőzet előfordulása.

Tájéloási kalkulátor használata

Válassza ki az időzónát, és adja meg koordinátáit (szélességi és hosszúsági fok), hogy kiszámítsa az optimális tájölást a rögzített napelemekhez (1. táblázat). A földrajzi koordinátákat a Google Keresőben található meg.

<https://solarsena.com/solar-panel-orientation-calculator/>

1. táblázat Screenshot of the Excel calculator

Input:		Note: Enter positive latitude for north, e.g., 34.05 for Los Angeles (34.05° N) And negative latitude for south, e.g., -33.87 for Sydney (33.87° S)	
Latitude	34.05		
Output 1:			
Optimal Direction	South		
Output 2:			
For Fixed Solar Panel			
Optimal Tilt Angle	34°		
Output 3:			
For Seasonally Adjusted Solar Panel			
Month	Optimal Tilt Angle	Northern hemisphere	Southern hemisphere
March to May	34°	Spring	Fall (or autumn)
June to August	7°	Summer	Winter
September to November	34°	Fall (or autumn)	Spring
December to February	60°	Winter	Summer

Napelemek teljesítménye

A napelemek teljesítménye Wp-ben, azaz Wattpeak-ben szokás megadni. A Wp a napelem csúcsteljesítményét jelenti, azaz szabványos mérési körülmények között ekkora csúcsteljesítményre képes. Például, ha a gyártó egy panel névleges teljesítményét 245Wp-ben határozza meg, akkor egy 20 db napelemből álló egység 4,9kWp-os rendszerként tekinthető.

Az év során csak pár óra az az időszak, amikor a napelemünk valóban eléri a csúcsteljesítményét (jellemzően akkor, amikor alacsony a hőmérséklet, és ragyogóan süt a Nap). Éppen ezért több tényezőt kell együttesen vizsgálni ahhoz, hogy reális képünk legyen arról, mekkora teljesítményű napelem-rendszer kell a tetőnkre.

Milyen tényezők befolyásolhatják a napelem rendszer valós teljesítményét?

Értelemszerűen az egyik legfontosabb tényező, hogy mennyi napenergia éri a rendszert, vagyis mennyi a napsugárzás energiája (globálsugárzás) a telepítés helyén. Azaz földrajzilag hol helyezkedik el az ingatlan és a tetőfelületnek pontosan milyen a tájolása. (Természetesen figyelembe kell venni azt is, ha egy fa lombja részlegesen kitakarja a Napot, szennyeződés éri a napelemet: levél hull rá, madárürülék pottyán rá, stb.)

Emellett az is számít, hogy mennyire melegszik fel a napelemünk, ugyanis minél magasabb a hőmérséklete a panelnek, annál alacsonyabb lesz a teljesítménye. Mesterségesen hűteni szigorúan tilos a felhevült paneleket, hiszen a hirtelen hőingadozás hatására akár meg is repedhetnek a paneleket védő üvegtábla. Ha van egy 300 Wp névleges teljesítménye egy napelem panelnek, és a napsütés az ideális 1000 W/m² helyett 800 W/m² éri az eszközt, ami a napsütés hatására nem tartja a laboratóriumi 25

fokot, hanem felforrósodik 50 celsius fokra, akkor máris 70 %-ra csökken a csúcsteljesítmény, vagyis 300 helyett 210 W-ot termel a panelünk.

Napelem teljesítményt befolyásoló tényezők az alábbiak

- Napsugárzás, globálsugárzás nagysága
- Domborzati viszonyok (ideális tájolás: déli)
- Napelemek dőlésszöge (ideális dőlés: 35°)
- Időjárási viszonyok (ideális hőmérséklet: 25°C)
- Napelem technológia
- A napelem felületének tisztasága
- Megfelelően megtervezett napelem rendszer

A különböző napelem típusok más és más éghajlatokon teljesíthetnek jobban. A napsütésben bővelkedő területeken a monokristályos napelem, míg a felhősebb területeken a polikristályos és a vékonyrétegű napelem teljesít jobban.

Hogyan tudjuk ezeket a tényezőket figyelembe venni?

Először is sokat jelent a megfelelő előzetes helyszíni felmérés, így a napelemes rendszer tervezője és kivitelezője a ház adottságait figyelembe véve tud testre szabott napelemes technológiát javasolni.

A panelek túlzott melegedését például a félcellás napelemmel lehet csökkenteni: a fele akkora cellán fele akkora áram folyik át, így kevésbé fog felmelegedni. Azáltal, hogy mérséklődik a cellák hőmérséklete, az élettartamuk is növelhető és a hozam is több lesz.

Szél-klimatológia feltételek

Vannak kifejezetten szeles területek, melyek az orográfiai viszonyok következtében jönnek létre. A hegycsúcsok, helytetők, valamint kanyonok, hegyszorosok területén az áramlási mező összeszűkülésének következtében felgyorsul a levegő áramlása.

Orográfia következtében kialakuló szél lehet katabatikus, ilyenkor a lejtő menti leáramló szélről beszélhetünk, mely főleg az éjszakai órákban jön létre. Míg a nappali órákban a felmelegedett levegő, a hegy mentén feláramlik, ezt hívjuk anabatikus szélnek.

Eltérő hőkapacitású közegek közötti, tó és a környezete, vagy tengerek esetében a tenger és a part között a jelentősebb hőmérséklet különbség kiegyenlítődése következtében tavi vagy tengeri illetve parti szélről beszélhetünk.

Szélpotenciál felmérése

A szél energetikai vizsgálatánál fontos megemlíteni, hogy a szél sebességét a meteorológiai állomásokat 10m magasságban mérik. Ez a magasság nem felel meg a szél energetikai célú vizsgálatánál. A szélturbinák magassága ugyanis 80-120m közötti. Az energetikai szélpotenciálokat ezért az említett magassági szintekre szokás megadni.

Az egyik legelfogadottabb, és leggyakrabban alkalmazott módszer a szélesebbesség nagyobb magasságokban történő meghatározására a Hellman féle összefüggés, melynek alakja a következő:

$$v_2 = v_1 \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha \quad (1. \text{ egyenlet})$$

ahol v_2 = a kívánt magasságban becsült szélesebbesség, v_1 = az adott magasságban mért szélesebbesség; h_2 = a kívánt magasság; h_1 = az adott magasság, ahol a szélesebbességet mértük, α = értéke a felszín tagoltságának és a légkör egyensúlyi helyzetének függvénye, melynek napi és évi menete van. Az α értékét irodalmi adatok alapján általában 0,14- 0,40 közöttinek szokták venni.

Amennyiben megnézzük a különböző alfa értékek esetén a becslés hibáját azt állapíthatjuk meg, hogy 0,2 mutatta a legjobb illesztést, ezért jelen vizsgálatunkban is 0,2 α értékkel számoltunk. Több szerző szerint megközelítően 250 m-ig jó közelítést érhetünk el a 0,2 alfa értékkel számolva. Egy másik használatos összefüggés a WMO logaritmus függvény, melynek előnye a Hellmann-képlettel szemben, hogy nincs benne évszaktól és környezeti paraméterektől függő változó:

$$v_h = v_{10} [0.233 + 0.656 \lg(h + 4.75)] \quad (2. \text{ egyenlet})$$

A szél mozgása a földfelszíntől távolodva növekszik a függőleges mentén felfelé haladva. A talaj közelben nagyobb a felszíni súrlódás, a felszíni tereptárgyak, épületek valamint a növényzet jelenléte miatt. A felszíntől nagyobb magasságban ez a fékező hatás kevésbé érezhető. A szélesebbesség függőleges menti alakulását a szélprofilnak nevezzük. Az épületek, fák a fékező hatása valamint a felszín egyenetlensége és maga a felszíni súrlódás örvényes szélstruktúrát hoz létre. A talaj közelében kisebb örvényméret, felfelé haladva nagyobb örvény átmérő jellemzi a levegő mozgását. Az örvények létrejötte miatt a szél általában nem állandó sebességgel fúj, hanem ingadozó, fluktuáló mozgást végez. Az ingadozó szélesebbeségek miatt széllokésekről beszélhetünk.

A szél teljesítőképességét egy adott felületen meghatározott idő alatt átáramló levegő tömegéből és sebességéből lehet kiszámítani. Ezekből kiszámítható a levegő energiataralma, az alábbi összefüggés alapján:

$$P_{fajl.elm} = \frac{\rho}{2} * v^3, \quad (3. \text{ egyenlet})$$

ahol ρ a levegő sűrűsége, v a szélesebbesség (m/s-ban)

Albert Betz számítással kimutatta, hogy az elméletileg kinyerhető maximális hatások szélturbinák esetében 59,3 % a gyakorlatban ezek az értékek lényegesen alacsonyabbak. Legtöbb szerző általában 30%-os hatásokkal számol.

Elemézve az európai energetikai szélpotenciált, melyet 100 m-es felszín feletti magassági szintre határoznak meg, azt állapíthatjuk meg, hogy a kontinens Északi és főként tengerparti területein található a legjobb szélpotenciálú területek. Átlag fölötti szélpotenciál figyelhető meg ezen kívül az Alpok magasabb csúcsainak vonulatában, az Égei tenger térségében, a Pireneusok csúcsainak vonulatában és Franciaország Földközi-tengeri partjainál (3. ábra).

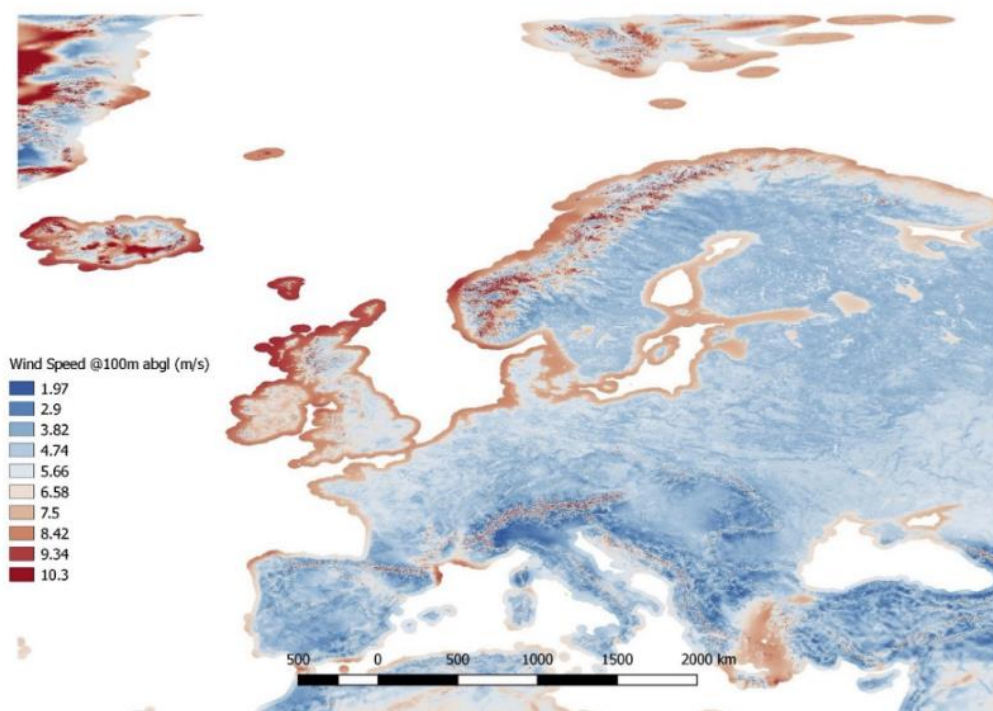
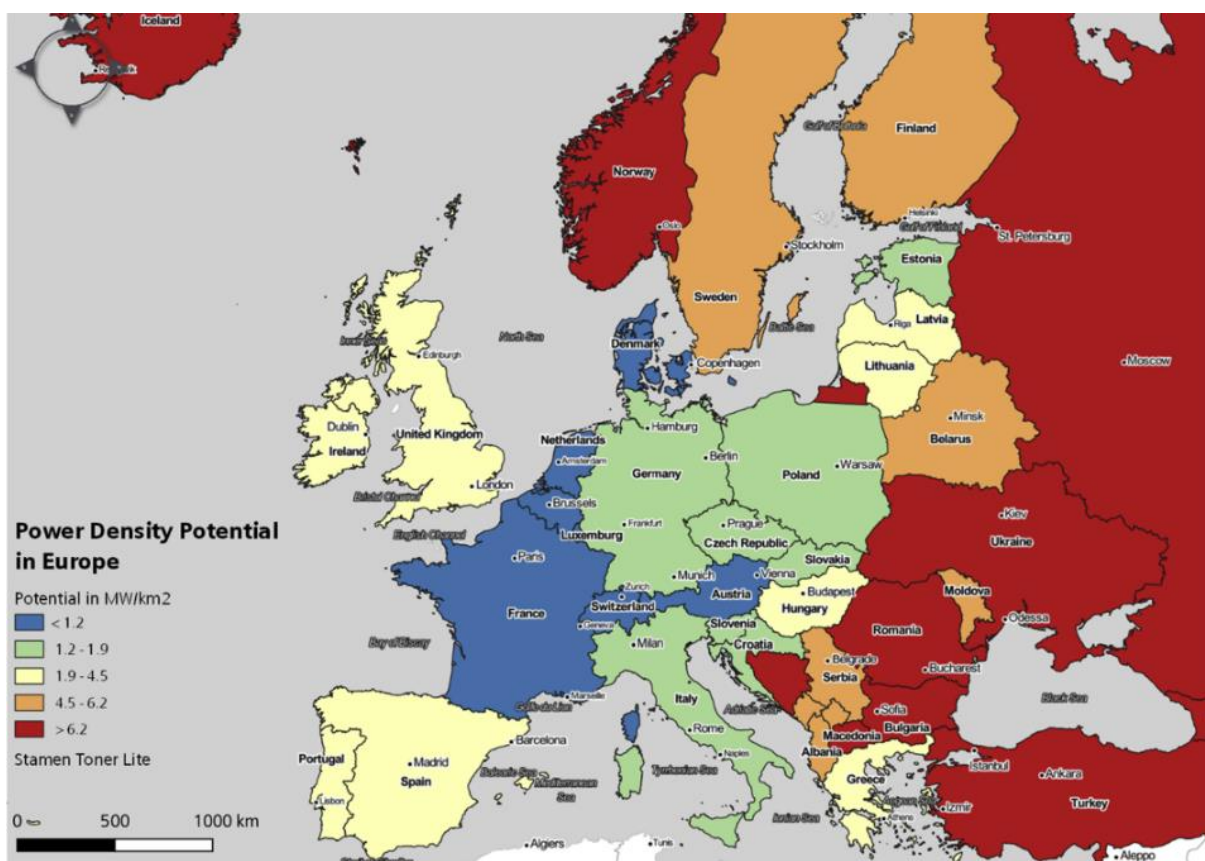


Figure 4. Annual mean wind speeds at 100 m above ground level in Europe (Wind data from (The Global Wind Atlas, 2017)

A szél energia potenciál szintén kedvező egész Európában. Különösen az Észak-Európai térségben kedvezőek a feltételek a szélenergia termeléséhez (5. ábra). A kedvező szélenergia potenciál sok országban nem jelenti azt, hogy ott jelentős mértékben használják is a kedvező széladottságokat. Illetve attól, hogy egy országban nincs különösen magas szélpotenciál, még lehet különösen népszerű a szélből előállított energia és összességében termelhet ez az ország is jelentős mennyiségű energiát a szél felhasználásával.



5. ábra The onshore potential for wind energy in Europe (MW/km²) (Source: Enevoldsen et al.,2019)

A szélenergia felhasználás hatékonyságát csökkentő tényezők

- A hegyek árnyékában, medencék belsejében általában csökken a légmozgás sebessége A völgyek lefutási iránya és az uralkodó áramlás iránya alapvető jelentőségű hatást gyakorol a szélpotenciál nagyságára.
- Városközpontban a szűk, sikátoros jellegű utcák jelentősen csökkentik a szél sebességét
- Erdősávok, fás ligetek, parkok környezetében szintén jelentősen csökkenhet a szél sebessége

Hibrid rendszerek telepítése (Nap + szélenergia együtt)

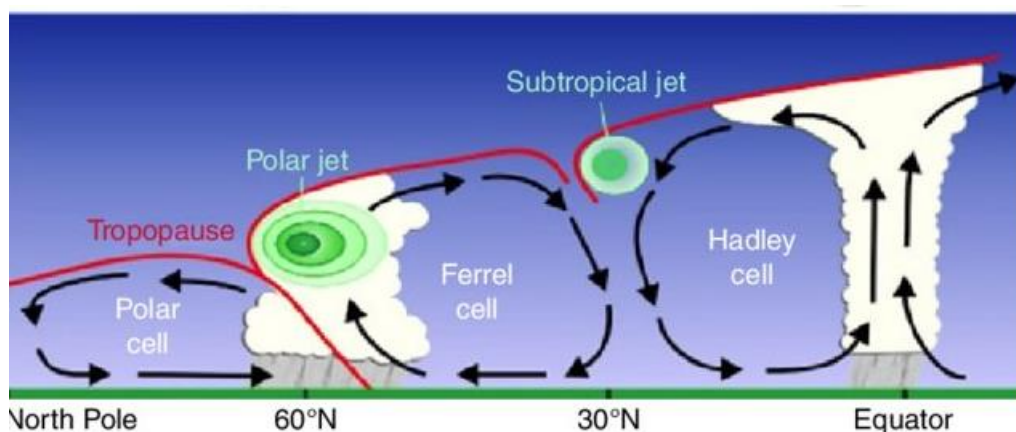
Amennyiben az év egy bizonyos szakaszában azaz valamely évszakban kedvezőek a feltételek a napenergiás berendezések számára, míg az év egy másik időszakában, évszakában megnő a szélpotenciál nagysága akkor érdemes azon elgondolkozni, hogy ezen a helyen a hibrid rendszerek telepítése gazdaságosabb műszaki megoldás (6. ábra). Természetesen az sem jelent problémát, ha egyidejűleg áll rendelkezésre mindkét energia forma, mert ebben az esetben is megnő a termelhető energia nagysága.



6. ábra Hibrid (nap+szél) energia szolgáltató rendszer

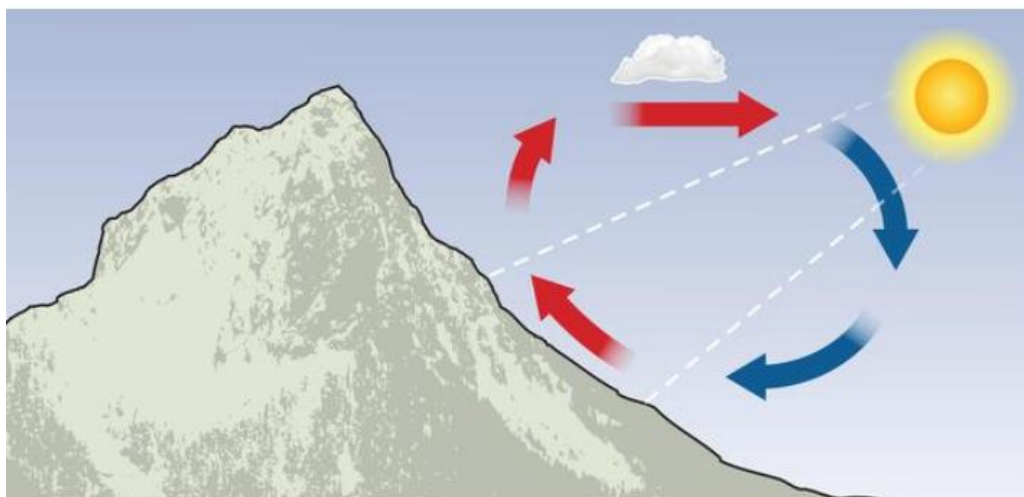
Azokon a területeken, ahol a napszak folyamán vagy bizonyos évszakban jelentősen megnő a felhőzet előfordulása, akkor ebben az időszakban kevesebb napenergiára számíthatunk, ugyanakkor ezeken a területeken, ezen időszak alatt rendszerint megnő a szélpotenciál nagysága. Ezért a hibrid rendszerek ezekben a régiókban sokkal hatékonyabb energia termelést tesznek lehetővé, mintha csak nap vagy csak szélenergiát előállító berendezéseket telepítenénk.

A felhőzet jelenléte az összeáramlási területeken, ami az egyenlítő és a 60 szélességi kör mentén található, lényegesen gyakoribb (7. ábra).



7. ábra Global wind circulation patterns. 1, Hadley cell; 2, Ferrel cell; 3, Polar cell (Source: NOAA's National Weather Service, Southern Region Headquarters, Fort Worth, Texas)

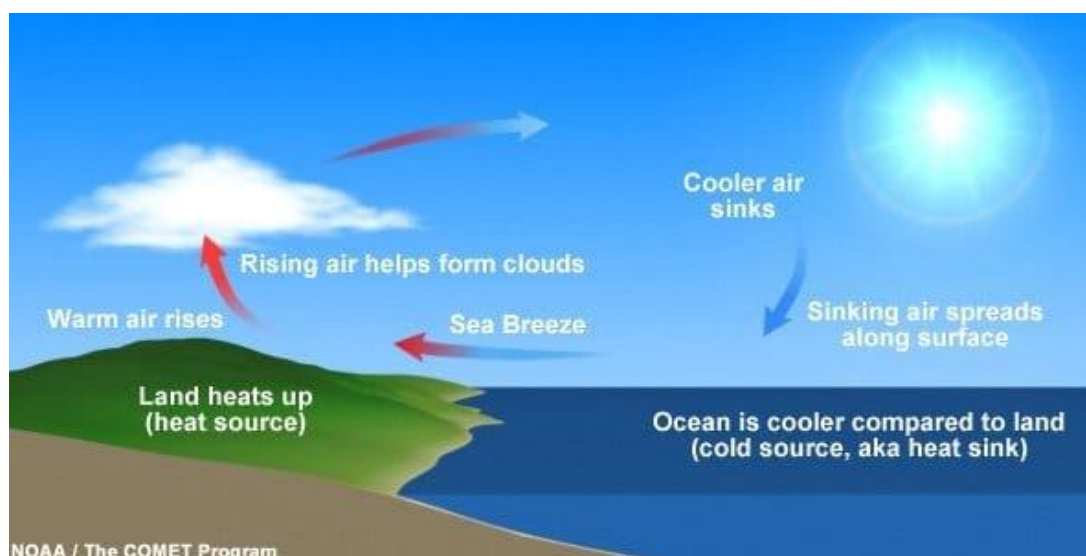
Lejtő menti területeken napi rendszerességgel fordul elő az úgynevezett anabatikus szél, amelynek nyomán anabatikus felhőzet előfordulásával is számolhatunk. A kedvező sugárzási kitettség miatt a nap egy bizonyos időszakában, főként a délelőtti órákban hatékonyan lehet napenergiát termelni, de ahogy a kora délutáni órákra megvastagszanak az anabatikus felhők, a szélenergia termelés feltételei javulnak jelentősen. Ezért ezeken a területeken is a hibrid rendszerek telepítésével lehet legstabilabban energiát termelni (8. ábra).



8. ábra Anabatikus felhőzet kialakulása a nappali órákban áramlásnak kitett hegyoldal esetében

Tavi vagy tengeri szél által érintett területeken a délelőtti órákban kifejezetten kedvezőek a feltételek a napenergia termelés számára, majd a hatására kialakuló felhőzet

A tengeri szél az óceán, tenger és a szárazföld közötti hőmérséklet-különbség következtében jön létre. A szárazföld a kisebb hőkapacitásának következtében gyorsabban felmelegszik, mint a vízfelszín. A felmelegedett szárazföldi vagy parti terület feletti levegő emelkedni kezd, alacsony nyomású területet képezve a szárazföld közelében. Ennek hatására a hidegebb vízfelszín feletti, magas nyomású hideg levegő szétterjed a vízen, és beáramlik a szárazföld fölé. Ahol felmelegszik és felemelkedik. Nagyobb magasságba jutva lehűl, kicsapódik a benne lévő vízgőz és felhő vagy akár csapadék is létrejöhet. A lehűlt levegő visszaáramlik az óceán vagy tengerfelszín felé. Ezáltal létrejön egy zárt cirkulációs cella (9. ábra). Ez a folyamat addig tart, amíg az egyensúly létre nem jön. Ebben a ciklusban a meleg, felszálló levegő felhősört alkothat. Megfelelő körülmények esetén kisebb zivatarok is kialakulhatnak a tengeri szél mentén.



9. ábra Tengeri szél nappali áramlási iránya

A felhők kialakulása előtt a délelőtti illetve a felhőzet leépülése után a késő délutáni órákban a tengerparti területek kiválóan alkalmasak napenergia előállításra, a közties időszakokban pedig hatékonyan lehet szélenergiát termelni (10. ábra).

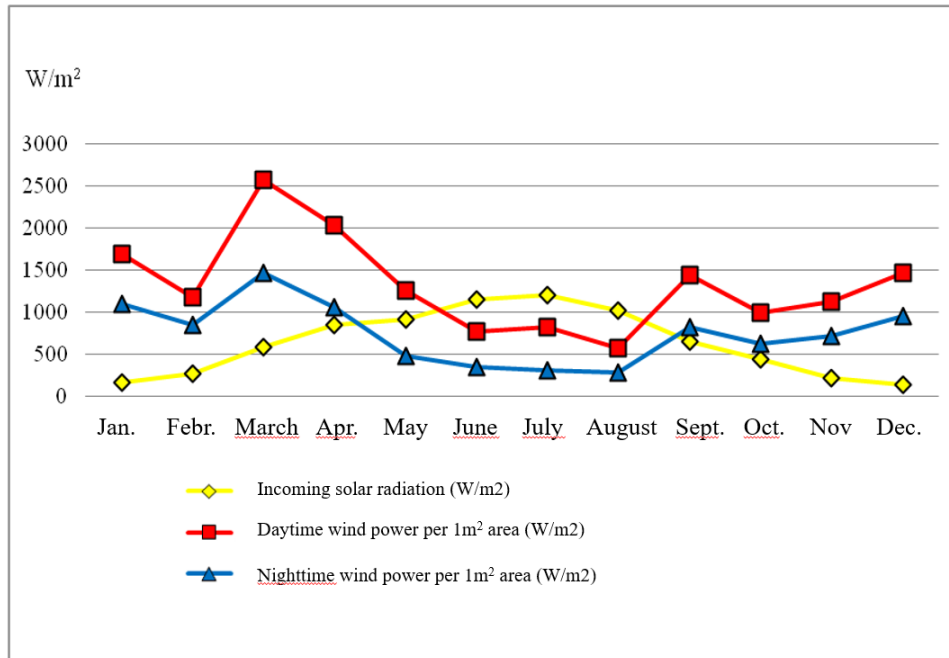


10. ábra Summer Sea Breeze Drives Cloud Formation Over Land, Western France by Ross Salawitch Taken on 24 July 2018

Az éjszakai órákban a szárazföld felől fújó úgynevezett parti szél különösen alkalmassá teszi a parti területeket szélenergia termelésre.

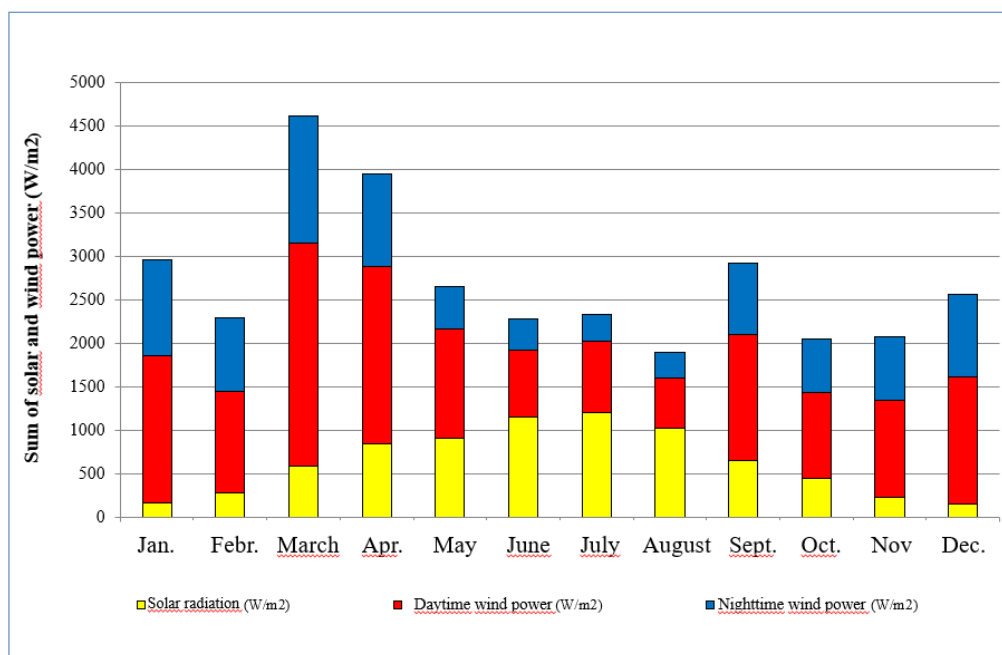
A hibrid rendszerek telepítésénél különösen fontos a kiegészítő jelleg az energia termelésben. Azaz amikor az egyik energia forma, például a napenergia nem áll rendelkezésre, akkor a másik energia forrás, a szél szolgáltat megfelelő energiát. Mivel éjszakai órákban nem süt a nap, fontos kérdés, hogy az éjszakai órákban termelhető-e megfelelő mennyiségű szélenergia. Mivel a szélenergia képződésében is jelentős szerep jut a napenergiának, nem meglepő, hogy a nappali órák szélenergiája meghaladja az éjszakai órákban termelhető szélenergia mennyiségét. Ugyanakkor vizsgálataink azt is

igazolják, hogy az alacsonyabb napállású időszakokban (szeptembertől áprilisig tartó időszak során) az éjszakai órákban előállítható szélenergia mennyisége meghaladja a nappali órákban előállítható napaenergia mennyiségét (11. ábra). Ez azt jelenti, hogy a hibrid rendszerek hatékonyabb energia előállítást tesznek lehetővé mint a külön nap és szél energia előállító rendszerek.



11. ábra Annual distribution of 80m altitude wind power and solar radiation per unit area in Szolnok between 2011-2020

A havonként kinyerhető hibrid teljesítmények alakulását szemlélve márciusi maximumot és augusztusi minimumot figyelhetünk meg (12 ábra). Azaz az energiahozamok 2000-4500 W/m² között változnak. Az éjszakai szélből előállítható energia mennyiségek ősztől tavaszig tartó időszak alatt rendre meghaladják a napenergia mennyiségét, ami azt jelenti, hogy a hibrid rendszerek hatékonyabb és folyamatosabb energia előállítást jelentenek nemcsak évszakos, hanem napi energiatermelés ciklusaiban is.



12. ábra Annual distribution of the total energy supply that can be extracted from the solar and the wind power at an altitude of 80 m, in Szolnok (2011-2020)

Európa számos országában már családi gazdaságok, háztartások szintjén is alkalmazásra kerültek olyan hibrid rendszerek, melyek hatékony segítséget nyújtanak a háztartások energia költségének csökkentéséhez számos esetben teljesen fedezni is tudják a felhasznált energiát.

Az Északi-tenger partján fekvő országok a szélenergia hasznosításban köztudottan jóval kedvezőbb feltételekkel rendelkeznek. Sokan úgy gondolják, hogy a medencék nem alkalmasak a szélenergia előállítására. Ez a megállapítás egyáltalán nem állja meg a helyét. A medence jellegű fekvésben ugyanis rejlenek szélenergia hasznosítási lehetőségek. Gondoljunk csak a bukószelekre, a lejtőn való leáramlásokra, völgyi szelekre vagy katabatikus szelekre. Ezek mind-mind olyan helyi lehetőségek, amelyek nagy gyakorisággal előfordulnak és a kihasználása még nem történt meg kellő mértékben a medencében található térségek esetében.

A napelemes rendszerek köztudottan nagyon helyigényesek, azaz nagy terület foglalhatnak el. A szélturbinák helyigénye kisebb és mezőgazdasági termelést folytathatunk akár a turbinák propellerei alatt is. A hibrid rendszerek esetében javulhat a terület kihasználása, amit tovább javíthat a napelemek speciális elhelyezése. Ma már akár növényeket is természetünk napelemes energia szolgáltató rendszerek alatt (13. ábra) (Scott, 2019).



13. ábra Agrivoltaics" studies in Massachusetts are finding many crops that pair well with solar panels.

Jóllehet a déli tájolású napelem modul adja a legnagyobb elektromos energia értéket minden kiválasztott szög esetén, ugyanakkor a többcélú hasznosítás miatt bizonyos esetekben ettől akár el is tekinthetünk. A napelemek tájolása fontos része a fotovoltaikus és napkollektoros rendszerek méretezésének. Mivel a termelt napenergia egyenesen arányos a napelemek tájolásával, a megfelelő tájolás nemcsak maximalizálja a napenergiát, hanem csökkenti a telepítés költségeit is. A tájolás két paraméterből áll: irány és dőlésszög.

Bizonyos növények mint a bab, uborka jól tolerálják a félárnyékos viszonyokat és szórt sugárzás mellett is eredményesen termeszthetők. Így ezen növények különösen alkalmasak a napelem panelek alatti termesztésre (Corbley, 2021) (14. ábra).



14. ábra Jack's Solar Farm – Photo by Werner Slocum: NREL

Felhasznált irodalom

Enevoldsen, Peter; Permien, Finn-Hendrik; Bakhtaoui, Ines; Krauland, Anna-Katharina von; Jacobson, Mark Z.; Xydis, George; Sovacool, Benjamin K.; Valentine, Scott V.; Luecht, Daniel; Oxley, Gregory (2019). How much wind power potential does Europe have? Examining European wind power potential with an enhanced socio-technical atlas. *Energy Policy*, 132(), 1092–1100. doi:10.1016/j.enpol.2019.06.064

Johnson, S. K. (2019). Crops under solar panels can be a win-win. *Ars Technica*, September, 5.

Corbley, A.: 2021: Largest Farm to Grow Crops Under Solar Panels Proves to Be a Bumper Crop for Agrivoltaic Land Use (<https://www.goodnewsnetwork.org/agrivoltaics-of-solar-power-and-farming-are-a-big-success-on-this-boulder-farm/>)

<http://www.meteomanz.com/>

<https://solarsena.com/solar-panel-orientation-calculator/>

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVPI