



PYRANOMÉTEREK HASZNÁLATA NAPELEMEK BEMÉRÉSÉRE ÉS NAPELEMES ERŐMŰVEK MŰKÖDÉSÉNEK ELLENŐRZÉSÉRE (1. RÉSZ)

NÉMETH GÁBOR

A meteorológiában, azon belül is mezőgazdasági célú időjárás megfigyelések és adatgyűjtések során (agro-meteorológia) sokféle sugázmérőt használnak. Érdekes lehet például a napsütéses órák száma, vagy a teljes beérkező sugárzási teljesítmény, de – megfelelő mérőeszközökkel – megpróbálhatjuk megkülönböztetni és külön-külön mérni a közvetlen és szórt, a közvetlen és visszaverődő sugárzást – vagy külön-külön mérjük az egymástól elkülöníthető, különböző fizikai hatásokkal és azoknak megfelelő felhasználással bíró spektrumtartományokat. [Jó példa az utóbbira a PAR (Photosynthetically Active Radiation) mérő, amely a növények fotoszintézise szempontjából fontos hullámhossztartományban méri a besugárzási teljesítményt, valamint a – köztudottan egyre fontosabb – mérés, az élőlényekre gyakorolt komoly fiziológiai hatások miatt az UV-A-, UV-B- és UV-C-spektrumok mérése]

A pyranométer működése

Az egyik legfontosabb alapadat a globális sugárzás W/m^2 -ben kifejezett értéke, amelyet a világ igen sok pontján, így hazánkban is többnyire a nemzetközi szenderdet megtestesítő CMP21 és CMP22 műszerekkel mérnek, állandó jelleggel és igen nagy pontossággal.

Az említett etalon műszerek az úgynevezett „pyranométerek”, és a fizikai paramétereik alapján a napcellák, ill. napelemek precíziós bemérésének megoldására is ezek bizonyultak a legalkalmasabbnak.

Az 1. ábra a CMP hőelemes pyranométerek – szinte ideális – spektrális érzékenységet, valamint a napsugárzás tengerszinten tapasztalható spektrális eloszlását mutatja, továbbá – érdekességkép-

zasi spektrumtartományon (300 ... 2800 nm), 180° -os látószögben. Érzékelője általában hőelem, így működéséhez nem igényel külső energiát, viszont kimeneti jele mikrovolt-nagyságrendű, így továbbfeldolgozás előtt általában erősítésre szorul. (Az eszköz elnevezése a görög nyelvből származik: pyr = tűz, ano = égbolt.)

Felmerül a kérdés: miért használjunk – viszonylag költséges – pyranométert a napelemtáblák beméréséhez, teljesítményvizsgálatához, amikor referenciaként használt napelemcellával is megoldható a mérés?

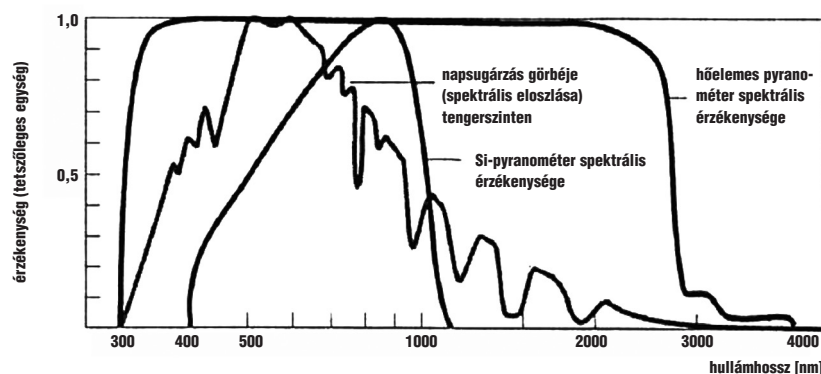
A magyarázat az, hogy ha megfelelően kalibrált is a referenciacella, akkor sem mentes a napelemeket általánosan jellemző problémáktól: hőmérsékletfüggés,

Az adott konkrét méréstől és az energiaszámítás módjától függően a pyranométer több okból is előnyösebb.

1. A pyranométer függetlenül és pontosan méri a teljes napsugárzást, így a referencia-napelemcella típusa, minősége, gyártmánya nem torzítja a mérést, és összevethető mérési eredményeket fogunk kapni.
2. A pyranométer ISO-szabvány szerint kalibrált és minősített (míg a napelemcella csak az „STC”, azaz a szabványosított vizsgálati feltételek mellett specifikált).
3. A pyranométer hosszabb válaszidővel rendelkezik, mint a napelemcella.
4. A pyranométernek igen kicsi a hőmérsékleti együtthatója.
5. Mind a referenciacella, mind a teljes napelemtábla sokkal érzékenyebb a felületek szennyeződésére, mint a pyranométer.
6. A hatáskör- és teljesítményszámítások sokkal pontosabbak pyranométeres mérésnél.

A fenti szempontok részletesebb magyarázata

1. A napelemek spektrális érzékenysége nem egy általános jellemző. A gyártástechnológiától (amorf, vékonyréteg, „triple-junction” stb.), valamint a cella/panel fedőrétegtől is függ például. Ezenkívül a Nap és a felhők helyzetének változása, a légköri páratartalom és szennyeződések változása/mozgása következtében a földfelszínre elérő sugárzás spektrális eloszlása is folyamatosan és nem elhanyagolhatóan változik. Ezzel szemben a pyranométerek a teljes $0,3 \dots 3 \mu m$ hullámhosszúságú napsugárzási spektrumot érzékelik, és minden körülmények között megbízható-



1. ábra. Hőelemes pyranométer spektrális érzékenysége

pen – látható a szilícium pyranométer átviteli görbéje is.

Az ábráról mintegy „leolvasható” a lényeg: a pyranométer olyan sugázmérő, amely a Napnak a közvetlen és közvetett (a légkör részecskéin szóródott) sugárzását méri W/m^2 -ben, a teljes sugár-

spektrális korlátok, öregedés. Ebből következően a napelemcella – a dolog természetéből (időjárás!) adódóan folyamatosan változó mérési körülmények közepe – sosem lesz alkalmas olyan pontos és megbízható mérések elvégzésére, mint egy Kipp&Zonen-pyranométer.

MÉRŐMŰSZEREK A MEGÚJULÓ ENERGIASZEKTOR SZÁMÁRA



2. ábra. Kipp&Zonen-pyranométer

an lehetővé teszik a Nap teljes rövidhullámú sugárzási energiájának mérését.

Ha egy napelemes telepen többféle gyártmányú/típusú napelemetáblát alkalmaznak (s ez a fokozatos fejlesztések/bővítések nyomán előfordulhat), akkor mindegyik fajtából kell referenciacella is. Pyranométerből viszont egyetlen is elég az egész rendszerhez! (Más kérdés, hogy nagyobb terület tekintve nem feltétlenül egyenletes a napsugárzás felületi eloszlása, és ezért a pontosabb mérési eredmények érdekében célszerű lehet több pyranométer kihelyezése.)

2. A legtöbb napelemtábla és referenciacella specifikációja csupán az ún. szabványos vizsgálati körülmények (STC – Standardized Test Conditions) szűk tartományában érvényes. Az STC adatai: +25 °C környezeti hőmérséklet, 1000 W/m² globális napsugárzás (amit pyranométerrel mérnek), AM = 1,5 (Air Masse = a levegő csillapító hatásának figyelembevétele) és nincs légmozgás. Ezek a feltételek a valóságos viszonyoktól igen távol állnak, így a napelemek teljesítőképességéről valós képet csak a környezeti változásokra jóval kevésbé érzékeny pyranométertől várhatunk.

A pyranométereket több mint 80 éve alkalmazzák a Nap sugárzásának mérésére. A sugárzási értékek mára kialakított nemzetközi adatbázisa pyranométeres méréseken alapul. A pyranométerek kalibrálása is megoldott, nagyon pontosan és megbízhatóan végezhető. A mérési képesség alapján történő osztályba

sorolását az ISO 9060 szabványban, kalibrálásuk módját pedig az ISO 9847 szabványban rögzítették.

3. A gyakorlatban előnyös, hogy a pyranométer idő szerint integrál, kb. 5 s és 20 s között. Így ugyanis nem lesznek a mért adatokban hirtelen változások (tüskék, csúcsok, letörések), ha egy kisebb felhő elhalad, egy madár vagy repülő átrepül. A pyranométer korrekt egész napos összegzett értéket fog adni 20 s-os vagy nagyobb integrálási idővel.

4. A pyranométer hőmérsékletfüggése – típustól függően – nagyon alacsony lehet, akár 1%, 70 °C hőmérséklet-tartományban. Ez sokkal kisebb érték, mint bármely napelemé, ill. referenciacelláé.

5. Napjainkban terjedő nézet, hogy az optimális teljesítményhez a pyranométer rendszeresen tisztítani kell. De gondoljunk csak bele: a referenciacella lapos felületét biztosan még gyakrabban kell tisztítani, mint a pyranométer félgömb alakú dómját.

6. A napelemek jellemző adatainak (PR = teljesítményarány, ill. PI = teljesítményindex) kiszámítása sokkal hitelesebben történhet egy stabil és független referencia, vagyis a pyranométer segítségével, mint olyan referenciacellák használatával, amelyek sokkal pontatlanabbak, és maguk is a napelemek összes hátrányos tulajdonságával sújtottak. A pyranométer pontossága, típustól függően, akár 1%-os is lehet.

(folytatjuk)

Etalonok a pyranométerek között: Kipp & Zonen CMP-sorozat

- ☑ napelemek és napkollektorok precíziós bemérésére a teljes sugárzási spektrumtartományban (akár 200–3600 nm)
- ☑ széles működési hőmérséklet-tartomány (-40 ... +80 °C-ig)
- ☑ kiváló instabilitási (<1%) és nemlinearitási (<1%) értékek
- ☑ precíziós vízszintező lábszerkezet, páramentesítő patron, fűtési lehetőség, vízbiztos csatlakozások, aranyozott érintkezők – napelem-jellemzők mérésénél akár 1%-os PR- és PI-pontosság



8+4 csatornás adatgyűjtő Logbox SD



- ☑ 8 egyedi vagy 3 különbségi (6) plusz 2 egyedi analóg csatorna
- ☑ 4 digitális bemenet (max. 15 V_{DC})
- ☑ 128 kB belső memória, plusz SD-kártya (512 MB)
- ☑ RS-232 vagy -485 interfész
- ☑ beállító- és letöltőszoftver
- ☑ tápellátás: 4 x 1,5 V AA-elem (egyéb külső DC-táp, vagy napelemes táplálási lehetőség)

Infrahőmérők, infrakamerák



- ☑ Felharmonikusok, túlterhelés, vagy átmeneti ellenállással rendelkező kötések által okozott melegedés felderítése
- ☑ Transzformátorok melegedésének vizsgálata

meter.hu

Műszaki háttérinfó, szakkönyvek, adatlapok, árak



C+D Automatika Kft.
1191 Budapest, Földvári u. 2.
Tel.: 282-9676. Fax: 282-3125

C+D Automatika Kft.,
1191 Budapest, Földvári u. 2. Tel.: 282-9676. Fax: 282-3125
Internet: www.meter.hu





PYRANOMÉTEREK HASZNÁLATA NAPELEMES BEMÉRÉSÉRE ÉS NAPELEMES ERŐMŰVEK MŰKÖDÉSÉNEK ELLENŐRZÉSÉRE (2. RÉSZ)

NÉMETH GÁBOR

A napsugárzás pyranométeres mérésének, azaz a sugárzási adatok birtoklásának előnyei a napelemes erőművek esetében

1. A legmegfelelőbb napelemfajta (cellatechnológia), ill. -rendszer (fix, vagy napkövetős) kiválasztható.
2. A felállítás optimális helye megválasztható.
3. A beruházásról szóló döntés konkrét adatokra alapozható.
4. A napelemez megfelelő működése állandóan megfigyelhető.
5. Karbantartási döntések mérések alapján hozhatóak.
6. A működés hatásfoka maximalizálható.
7. A rendszer működését jellemző kalkulációk folyamatosan végezhetőek.

Az első három pontban foglalt segítséget nyújtanak a létesítendő napelemes erőmű fő paramétereinek optimális meghatározásában. Tudni kell, hogy – a telepítési helyszínt tekintve – néhány 10 km-es eltolódás az energiatermelésben akár több száz kWh/év különbséget jelenthet a terepviszonyok (hegy, völgy, tengerpart stb.) és a mikroklimatikus jelenségek (pl. jellemző felhősödési helyek) következtében. A pontos, pyranométeres méréseken alapuló számítások és a választott fotovoltaiikus (PV) technológia ismeretében lehet a hitel érdemlő pénzügyi kalkulációkat elvégezni a beruházással kapcsolatban.

A 4 ... 7. pont a működő rendszerrel jelentkező előnyöket fogalmazza meg. (A monitorozással kapcsolatban meg kell említeni, hogy a napelemes rendszerekben használt inverterek közül számos rendelkezik nem csak referenciacella, hanem pyranométer fogadására alkalmas bemenettel is. Amennyiben ez a feltétel nem teljesül, akkor a CMP-sorozatú pyranométerekhez illeszkedő kijelző-, erősítő- és adatgyűjtő egységeket beszerelve hasznosíthatóak a mérési eredmények.)

A legfontosabb tényezők, amelyek befolyásolják a naperőmű várható teljesítményét

- A napelemek STC-specifikációja és az aktuális kimeneti adatok közötti eltérés.
- A hatásfok csökkenése alacsony besugárzási értékeknél.



1. ábra. CM11

- Árnyékolás (lombozat, kémény, állvány, felhő, ill. felhősödés).
- Hőmérséklet.
- Inverter hatásfoka.
- Veszteség a kábelezésen.
- A panelek szennyeződése, sérülése.

A naperőmű működésének mélyebb vizsgálatához, a működési adatokkal párhuzamosan, gyakran meteorológiai és egyéb adatokat is gyűjtenek.

- A napelemtáblák hőmérsékletét – hogy a hatásfok csökkenését jelezhessék.
- A szél- és esőadatok, valamint a sugárzási adatok függvényében a karbantartás (tisztítás) előre tervezhető. (Gondoljunk meg: a szél ráhordhatja a napelemekre, az eső pedig lemoshatja a felületükről a szennyet! Ám, ha kis nedvesítő eső után hordja a port a szél, akkor – szerencsétlen esetben – jelentős fedés is létrejöhet.)
- A szélesség ismeretében az állítható dőlésszögű, ill. napkövetős rendszereknél, túl erős szél esetén, megoldható az átállítás a legbiztonságosabb pozícióba.

Tekintettel arra, hogy a pyranométereket eddig inkább a meteorológiai, klímakutatói és agrometeorológiai berkekben ismerték, gyakran felvetődnek használatukkal kapcsolatos kérdések. Ezeket szedjük most csokorba, s válaszoljuk meg egyenként.

1. „Hány pyranométert tegyünk egy nagyobb méretű napelemes erőműhöz?”

Válasz: – A szükséges darabszám a biztonságos működtetés megkívánt szintjétől és a napelemmezők irányítottágától függ. Nagyobb telepeknél indokolt az állandó felügyeleti rendszer, amelynek lényeges alkotóeleme a pyranométer.

Tekintettel arra, hogy akár meghibásodás, akár karbantartás, vagy a műszer időközönkénti rendszeres kalibrálása miatt kiesés előfordulhat, mindenképpen egy-nél több műszert javasunk. Nagy kiterjedésű telepek két szélén elhelyezett pyranométerek segítségével pontosabb képet lehet alkotni a rendszer működési viszonyairól. Amennyiben pedig az erőművet több napelemcsoport alkotja, amelyek esetleg nem is egy irányba néznek, akkor minden csoporthoz egy pyranométert ajánlatos tenni.

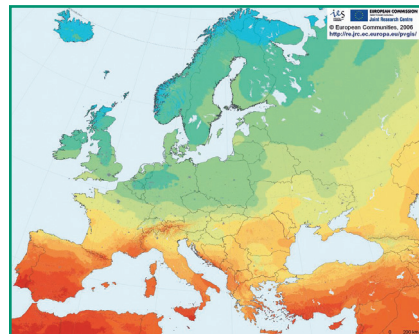
2. „Okoz-e gondot, hogy a napelem irányérzékenysége eltér a pyranométerétől?”

Válasz: – Nem, mert lényeges különbség csak alacsony napállásnál (hajnalban és alkonyatkor) tapasztalható. Olyankor viszont a nap sugárzási energiája csak kicsiny töredéke a nappalnak.

3. „Hogyan erősítem fel a pyranométeret?”

Válasz: – A napelemek hatásfokának, illetve teljesítményviszonyának (PR=Power Ratio) vizsgálatához a pyranométert pontosan a napelemek síkjával párhuzamosan kell rögzíteni. Ez azt jelenti, hogy a meteorológiai és agrometeorológiai mérésekhez szükséges, vízszintezést biztosító lábrészt le kell szerelni, és a pyranométert a napelemekkel párhuzamos síklapra szerelni. Ezt a mérést hívják ferdesíkú globális sugárzásmérésnek (Global Tilted Radiation).

A meteorológiai állomásokon a globális sugárzás (Global Radiation) mérésekor kell a pyranométert pontosan vízszintes helyzetben rögzíteni, a vízszintezőlábnak ott van szerepe.



2. ábra. Napsugárzási értékek Európában

MÉRŐMŰSZEREK A MEGÚJULÓ ENERGIASZEKTOR SZÁMÁRA

Etalonok a pyranométerek között: Kipp & Zonen CMP-sorozat

- ☑ napelemek és napkollektorok precíziós bemérésére a teljes sugárzási spektrumtartományban (akár 200–3600 nm)
- ☑ széles működési hőmérséklet-tartomány (-40 ... +80 °C-ig)
- ☑ kiváló instabilitási (<1%) és nemlinearitási (<1%) értékek
- ☑ precíziós vízszintező lábszerkezet, páramentesítő patron, fűtési lehetőség, vízbiztos csatlakozások, aranyozott érintkezők – napelem-jellemzők mérésénél akár 1%-os PR- és PI-pontosság



8+4 csatornás adatgyűjtő Logbox SD



- ☑ 8 egyedi vagy 3 különbségi (6) plusz 2 egyedi analóg csatorna
- ☑ 4 digitális bemenet (max. 15 V_{DC})
- ☑ 128 kB belső memória, plusz SD-kártya (512 MB)
- ☑ RS-232 vagy -485 interfész
- ☑ beállító- és letöltőszoftver
- ☑ tápellátás: 4 x 1,5 V AA-elem (egyéb külső DC-táp, vagy napelemes táplálási lehetőség)

Infrahőmérők, infrakamerák



- ☑ Felharmonikusok, túlterhelés, vagy átmeneti ellenállással rendelkező kötések által okozott melegedés felderítése
- ☑ Transzformátorok melegedésének vizsgálata

meter.hu

Műszaki háttérinfó, szakkönyvek, adatlapok, árak



C+D Automatika Kft.
1191 Budapest, Földvári u. 2.
Tel.: 282-9676. Fax: 282-3125



3. ábra. Pyranométer lehetséges elhelyezése

4. „Hová helyezzük el a pyranométert a naperómű területén belül?”

Válasz: – Ha egyetlen műszerünk van, azt érdemes nagyjából a napelemmező közepe táján elhelyezni. Ha kettő, akkor a két végén. Ha több, akkor elszórva és minél távolabb egymástól. Ha rúdon történik az elhelyezés, figyelni kell arra, hogy se a napelemeket, se a pyranométert ne árnyékolja semmi. Ha egy nagy kiterjedésű telep tengerparton vagy hegyek közelében van, akkor esetleg még a mikroklímatis viszonyokat (felhők keletkezési vagy „felgyűlési” területe) is érdemes figyelembe venni. Ilyenkor egyik mérőkészülék legyen a gyakran felhős területen, a másik pedig a telep ellenkező, napos szélén.

5. „Mekkora mintavételi időtartamot (integrálási időt) célszerű választani?”

Válasz: – Ahhoz, hogy naponta korrekten napsugárzási értékeket kapjunk, elvileg minél sűrűbb mintavételezésre, illetve értéktárolásra lenne szükség. A felépítésből adódóan a pyranométerek időállandója (válaszideje) viszonylag hosszú, ezért 5 s alá nem lehet menni, viszont nem is szükséges. Igen gyakran az időintervallumot nem is ez határozza meg, hanem az adatfeldolgozó, vagy a naperóművet felügyelő szoftver, illetve algoritmus sebessége.

A másik eset, amikor a pyranométer külön adatgyűjtőhöz vagy meteorológiai

állomáshoz csatlakozik. Ekkor 10 s-os mintavételi időköz és az integrált értékekre vonatkozó 1 perces tárolási időköz (1 perces átlagok tárolása) beállítása teljesen megfelelő lehet.

6. „Mennyi időnként kell újralibrálni a pyranométert?”

Válasz: – Két évenként ajánlott, azon belül a Kipp&Zonen garatálja a kezdeti pontosság megmaradását. A hőleemes CMP-sorozatú pyranométerek érzékenysége évente kevesebb mint 1%-kal változhat. Ez messze jobb érték, mint bármilyen szilícium referenciaérzékelőé.

7. „Milyen karbantartást igényelnek a pyranométerek?”

Válasz: – A felső kategóriás pyranométerekben (CMP6, CMP11, CMP21, CMP22) található egy páragyűjtő patron, amely a dóm bepárásodását előzi meg. A patronban lévő anyag színváltozással jelzi, hogy cseréje szükséges. Ezt tehát rendszeresen ellenőrizni és cserélni kell. Az új patron általában minimum 6 hónapig kitart. A CMP3 modell teljesen zárt, szigetelt kivitelű, így nem tartalmaz patron. Mindegyik típusnál – szükség szerint – időnként tisztítani kell a dómrészt. A gyakorlatban a napelemes rendszer szokásos időszakos ellenőrzését általában összehangolják a pyranométerek említett apró karbantartási feladatainak elvégzésével.

C+D Automatika Kft.,
1191 Budapest, Földvári u. 2. Tel.: 282-9676. Fax: 282-3125
Internet: www.meter.hu

