

<https://www.edutus.hu/cikk/megujulo-energiaforrasok-haztartasi-meretu-alkalmazasanak-kutatasai-es-gyakorlati-tapasztalatai/>

MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK HÁZTARTÁSI MÉRETŰ ALKALMAZÁSÁNAK KUTATÁSI ÉS GYAKORLATI TAPASZTALATAI

MOLNÁRNÉ DÓRY ZSÓFIA, egyetemi tanársegéd
EDUTUS Egyetem
dory.zsofia@edutus.hu

DR. DÓRY ISTVÁN, egyetemi docens
EDUTUS Egyetem
dory.istvan@edutus.hu

ABSZTRAKT

Megújuló energiaforrások háztartási méretű alkalmazásának kutatási és gyakorlati tapasztalatait mutatja be a cikk. A tatabányai bemutató Passzívház, az autonóm Referenciaház, és az egyetemen készült napjármű esetein ismertetjük a megújuló technológiák alkalmazásának elvi hátterét, fenntarthatóság elérésében betöltött szerepüket, a gyakorlatban igazolt üzemmódjait. Röviden bemutatásra kerülnek a helyben termelt és hasznosított energiafajták, a kisebb méretű, együttműködő alrendszerek, az időzítés, a szezonális, a napi ingadozás kérdése és megvalósításuk eredményei.

ABSTRACT

This article concerns about the scientific and operating experience in household scale utilization of renewable energy sources. The cases of the educational Passive house in Tatabánya, the autonomous Reference house and the academic solar vehicle are described by the principles, their roles in sustainability with the proven solutions and operating concepts. We present briefly the locally produced and consumed energy sources, the small scale, cooperative subsystems, the issues and results of energy management, seasonal and daily fluctuation.

1. Bevezetés, célok

A lakossági energiafogyasztást hazánkban is a fenntarthatóság felé kell mozdítani még ebben az évtizedben a klímavédelmi célok elérése érdekében. Az új építésű házakra vonatkozó energiahatékonysági rendeletek és a felújítások irányultsága is kedvező, sokszor azonban a lakosság még idegenkedik az új, megújuló energiaforrás alapú technológiáktól, mivel az elmúlt

évszázadban egy túlfogyasztó, fosszilis energiaforrás alapú, a következő generációk számlájára kiépített, olcsó infrastruktúrát használhattak. Egy háztartás energiaellátását komplex módon kell vizsgálni, elkerülve a tévutakat, túlméretezett, gazdaságtalan rendszereket vagy a fosszilis fogyasztásban tartó csapdákat. A megoldások a megfelelő ismeretek elsajátításával, a tapasztalatok megosztásával egyszerűsíthetők, pontosíthatók. A helyben termelő, tudatosan kisebbre tervezett rendszerek váltakozva vagy együtt üzemeltetve jól kiegészítik egymást. Fontos a működtetés során az időzítés, szezonáltság, a napi ingadozás figyelembe vétele, a kisebb, helyi energiatarolók (például hőtartályok, akkumulátorok) használatának tervezése, a részrendszerek üzem módjainak beállítása, a részleges fogyasztó oldali szabályozás, a szokások átalakításának témaköre. Egy tudatos, energiatakarékos háztartásban a fogyasztást jelentősen le lehet csökkenteni, így a helyben rendelkezésre álló megújuló energiaforrásokkal elegendő mennyiségű és jól használható ellátást tudunk magunknak biztosítani.

A különböző megújuló energiaforrás alapú, háztartási méretű technológiák tapasztalatait ismeretterjesztési céllal a tatabányai Edutus Egyetem bemutató Passzívházzal, illetve egy folyamatosan lakott, autonóm Referenciaházzal mutatjuk be.

2. Megújuló energiaforrások háztartási méretű alkalmazásának alapismeretei

Hazánk adottságai elsősorban a napenergia és a biomassza, ha lakossági (háztartási és közlekedési) energiaellátásban szeretnénk megoldásokat találni helyi, megújuló energiaforrásokkal. A rendelkezésre álló technológiák közül a ház körül villamos energiát állítanak elő a napelemek és esetlegesen növényiolaj-generátorok, míg fűtési vagy használati melegvíz célú hő a napkollektorok és a biomassza kazántípusok. A fűtési célra még környezeti hő hasznosítása is történhet hőszivattyúkkal, de energetikailag ez csak azokban az országokban segíti a fenntarthatóság felé törekvést, ahol a villamos energia mix jelentős hányada megújuló energiaforrás alapú, mivel segédenergia-igénye jelentős és szezonálisan ellentétes a napelemes rendszer termelési szezonáltságával. Szélenergia és a vízenergia az országos vagy regionális villamos energia mixet tudja zöldíteni; ritkábban a tanyavilágban, egyedi gazdaságokban képzelhető el a különböző turbinák kisméretű, helyi kiépítése. A mélykutas geotermia, biomassza, biogáz alapú hőerőmű használata egyes távfűtőrendszereknél jelenhet meg a lakossági ellátásra, ezért a cikkben ez a technológia háztartási megoldásként nem szerepel.

2014. októberében keletkezett egy energetikai mérésorozat az Edutus Egyetem (akkori Főiskola) kísérleti Passzívházában. A Passzívház a hiteles tanúsítvány szerint A+ kategóriás (mai AA+ kategória). Benne és rajta található egy napkollektoros mérőrendszer, egy betáplálós napelemrendszer, két rekuperációs légkezelő, két hőszivattyú, illetve egy önálló fűtésre is

alkalmas biomassza tüzelési rendszer. A 2020. évi fejlesztésekkel ma már a tatabányai mérések is folyamatosak, és nem csak eseti kísérletek zajlanak a napenergiás mérő-minősítő rendszerrel. (Passzívház honlap, 2021)

Szintén 2014. októberében keletkezett egy hivatalos kétirányú mérés az ún. Referenciaháztartásban, amely értelemszerűen egy lakott objektum, betáplálós és energiátárolós napelemekkel, napkollektorral, biomassza fűtéssel és tárolási lehetőséggel. A Referenciaháztartásban nincsen hőszivattyú és kényszerített energiarekuperáció, viszont 6 évre visszamenőleg folyamatosak a mérések a megfelelő referencia-értékek kiszámításához. (Referenciaház honlap, 2021)

A lakossági energiafogyasztáshoz hozzá tartozik a napi szintű közlekedés is, a munkába járás és az egyéb teendők intézésének módja. A két objektumot is összeköti a kollégák közlekedése, amelynek fontos eleme egy 3 éve futó, szigetüzemű, 100% napenergiás jármű, melynek ismeretterjesztő beszámolóit a NapCsigá facebook-oldalán lehet olvasni. A teljesítményelemzését évente elkészítjük, az egyes szakmai tesztekkel külön vizsgálatok részletezik, így a cikkben egy idei összefoglalással mutatjuk be a fő eredményeket. (NapCsigá honlap, 2021)

További megújuló energiaforrás alapú közlekedési mód a gyaloglás és a kerékpározás, illetve 20-30-szorosan energiahatékonyabb a vasút a szokásos autózáshoz képest. A jelenlegi bioüzemanyag-résarányt az autók számának aktív növekedése teszi hatástalanná. Az elektromos kisjárművek jelenthetnek még alternatívát az egyéni közlekedésben, amennyiben 1-3 kW-os méretekben gondolkozunk (moped, elektromos bicikli) és nem egy tonnát szeretnénk 120 km/h-ra gyorsítani. Az energiatakarékos, jövőbeli igényeknek megfelelő házhoz autó nem illeszthető. A repülőzésnek pedig szintén csak a tiltása szerepelhet az éghajlatvédelmi és vírusbiztos életmód elérésének megoldásában. (MacKay, 2015)

3. Alkalmazott módszerek

A cikk bemutatja a Passzívház és a Referenciaház energiamixét, villanyszámla elemzésének, üzemmódjainak kutatási és gyakorlati tapasztalatait. A teljes 2014-2020 évek adatarchívumával feldolgozva vizsgáltuk a trendeket, a napi, frontszerű, szezonális ingadozások jelenségeit, okozati összefüggéseket, tesztüzemmódok megvalósítását. Az épületek energetikai célfüggvényeit, mint az éves szinten nulla külső energia felhasználású ház, a minimális ingadozású energiatakarékos ház, a hálózatsegítő napelemes ház, a szigetüzemű ház vizsgálatait külön alfejezetekben szerepelnek. A következőkben bemutatásra kerülnek a célfüggvények eléréséhez alkalmazott technikák, az energiatakarékosság hatékony eszközei, a megvalósítás kulcsismeretei, főbb eredményei.

4. Megújuló energiaforrások háztartási méretű alkalmazásának kutatási és gyakorlati eredményei

A helyi energiaforrást hasznosító technológiák telepítésénél lényeges szempont a használat minősége, az üzemeltetés célja, az energetikai értelme, a gazdaságossága. Felhasználóként, lakóként, üzemeltetőként a mi feladatunk az új típusú rendszerek ismerete és az előbbi szempontok érvényesítése. A következőkben összefoglaljuk a kutatási és gyakorlati tapasztalatainkat a szerint csoportosítva, hogy milyen célfüggvényeket vizsgáltunk illetve valósítottunk meg az adott épületeknél, közlekedési módoknál.

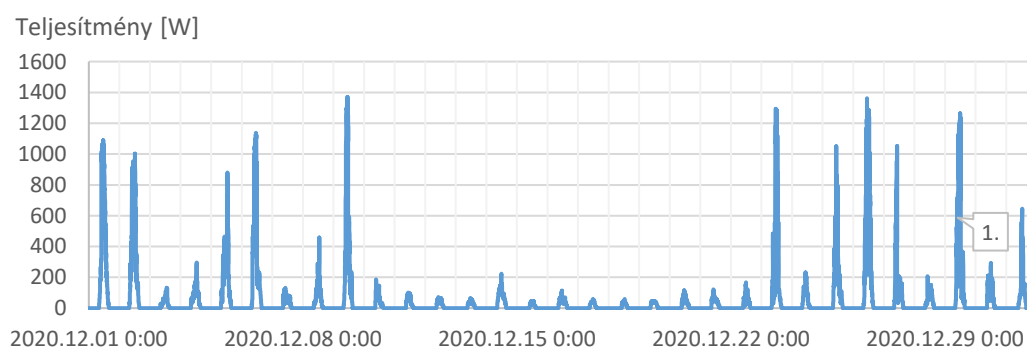
4.1. Éves szinten nulla külső energia felhasználású ház

Az Edutus Egyetem Passzívháza egy megújuló technológiás bemutatóház, rendszerei közül két-három darab együttműködve is elég lenne a teljes ellátására. A ház déli tájolású, alaposan szigetelt, hőtartó nyílászárói, berendezései, lámpái energiahatékony eszközök. A házban több évig a hőszivattyúk látták el a fűtést, ám villamosenergiafogyasztásuk jelentős volt, különösen, ha a leghidegebb téli napokon a levegős hőszivattyú kültéri egységére lefagyott a pára és romlott a hatásossága. A hővisszanyerős szellőztetés pedig karbantartási okok miatt vett fel több energiát a tervezettnél, a szűrői ugyanis eltömődtek az évek során. A napelemek termelése korábban nem volt archiválva, és a 0,0 kWh főmérőóra szerinti export érték mutatta, hogy a belső mérőn mért évi 1687 kWh körüli termelése házon belül felhasználódott. A villamos energia zöme a talajhőszivattyú, a hővisszanyerő szellőztetés, és a fűtési célú kollektorok működtetésére fordítódott, és ezeken keresztül 2-3-szorosan hasznosult. Így a „Passzívház” primer energiafogyasztása 6500 kWh körül lehetett, aminek kb. 80% nem fosszilis forrás (naphő, napelektromos, biomassza, környezeti hő, takarékoság, hulladék hő, magyar energiamix). Ezen szerettünk volna javítani a 2020. évi fejlesztésekkel és műszaki irányítási optimalizálással. A cél az éves ingadozásban nulla külső energia felhasználású ház lett, tehát a teljes megújuló energiaforrás alapú ellátás, ahol a villamos energia oldal szerinti energiaegyensúlyt is elérjük a megfelelő üzemmódok beállításával.

A fejlesztések keretein belül további napkollektorokat helyeztünk üzembe tesztelés céljából. Adatsoraikat archiváltuk, külön vizsgálatokban hallgatók foglalkoztak a naphőgyűjtéssel és tulajdonságaival. A szükséges szűrőcserét elvégeztük, a teljes rendszerre kiterjesztettük a hőmérsékletek adatgyűjtését, így a hőszivattyúk, puffertartályok és pelletkazán indulásai ellenőrizhetővé és tervezhetővé váltak. A pelletkazán téli üzemét rövidebb időszakokban megvalósítottuk, ezzel csökkentettük az épület villamos energia felhasználását. Megjegyezzük, hogy a napi felügyelet a hivatalosan automata üzem mellett is szükséges ennél a biomassza

hasznosítási eljárásnál is, mely lakott épületnél nem jelent többlet gondot, ahogy egy szintén jó hatásfokú faelgázosító vagy modern fatüzelésű kazán esetében is napi egy indítással kényelmes tüzelés valósítható meg. A hőtartály szerepe fontos ilyen esetekben is, hiszen egy töltet energiája egy napra elosztva tud a fűtésrendszerbe kikeringetődni, különösen jól hasznosulva padló-, fal- vagy mennyezetfűtés esetén. Ilyen alacsony hőmérsékletű fűtési mód ebben a bemutató épületben is megtalálható. Figyeltünk az átmeneti időszak, fűtési időszak váltásánál a szelep és szabályzó beállításokra. Kikapcsoltuk a nem használt eszközöket, hogy háttérfogyasztásukat csökkentsük. Rendszeresen felírtuk a digitálisan nem mért fogyasztási értékeket is a mérőórákról. Bővítettük a mérőrendszert a napelemek mérésével is, így a 2020-as fejlesztéseknek köszönhetően már telítettebb termelési görbéket is vizsgálhattuk. A decemberi 20 nap sötétség hatását a napelemek termelésére a 1. ábrán mutatjuk be. Ez is alátámasztja, hogy a napenergia jól tervezhető, hiszen éjszaka biztosan nincs és télen is sokkal kevesebb, ezért akkor kell elsősorban kihasználnunk, mikor rendelkezésre áll.

1. ábra Bemutató Passzívház napelemes termelése a decemberi sötétségben
(1. kék: hálózat felé leadott teljesítmény [W])



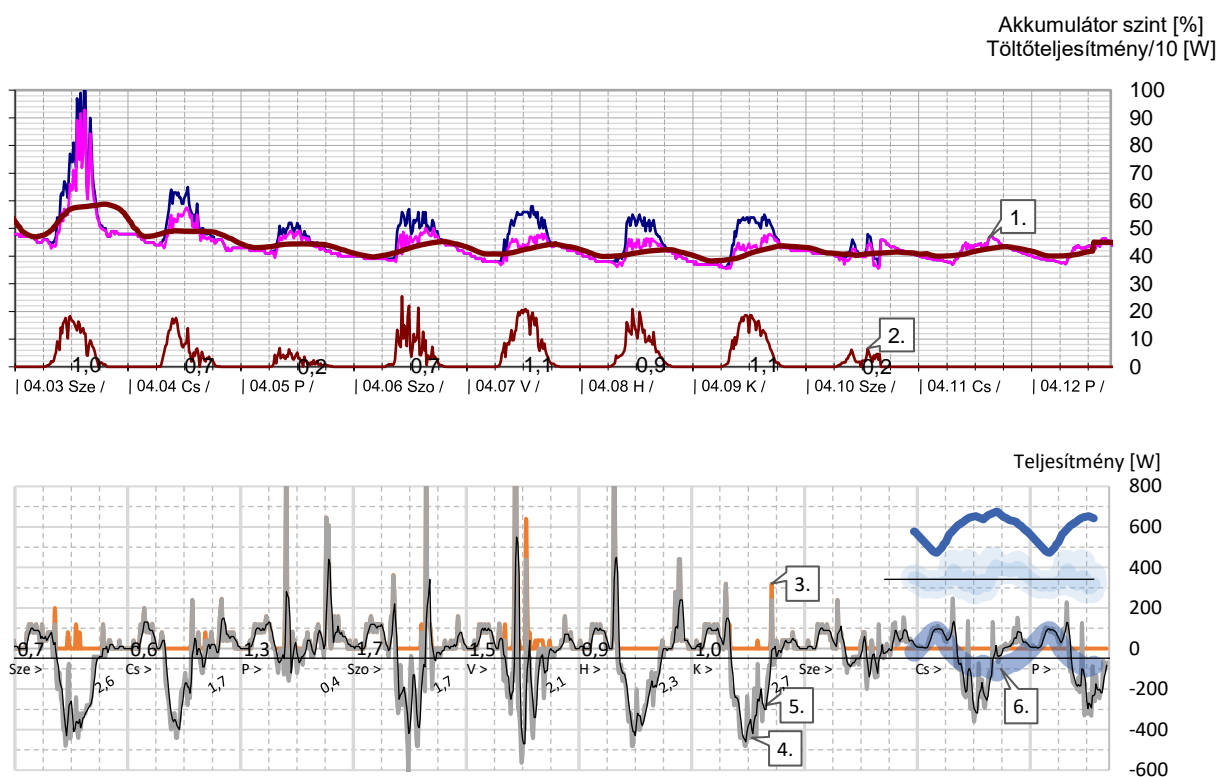
Forrás: saját ábra

A 1,5 kW csúcsteljesítményű napelemes rendszer teljes életciklus elemzéssel is meg lett vizsgálva további PhD hallgatók bevonásával. Az eredmények szerint a rendszer 2,5 év alatt dolgozta le az elkészítésére és a jövőbeli hulladékfeldolgozására számolt fosszilis energiamennyiséget. A szolár domotikai vizsgálatokban többféle napelem tesztelését is vállalta az Egyetem, ezekre felváltva tesztpadi méréseket terveztünk, illetve a valós használat során gyűjtjük termelési adataikat a későbbiekben bemutatott napjarmű fedélzetén. Az első eredmények tehát biztatók, a megfelelő mértékkel és irányban tudunk változtatni a termelési és fogyasztási adatokon, a nulla külső energiaegyenlegű ház a további években tervezzük elérni és fenntartani.

4.2. *Minimális ingadozású energiatakarékos ház*

A Referencia épületben nagy vonalakban kétféle energiát használunk: áramot és biomasszát. Nagyon kevés PB-gáz, izommunka, hulladék hő és élelmi energia is szóba jön, de az alap a villanyáram és a fűtési biomassza. Ezek felbontása azonban sok tanulsággal szolgál. A biomassza kb. 40%-a asztalosipari hulladék (saját hőjén műszárított tölgy és dió), 30%-a erdészeti méterfa, 20% saját telepítésű energiaerdőből származó nyár, és gyújtáshoz 10% kerti hulladékfa valamint biobrikett. Ezek pontos összetétele évről évre változik, de nagyjából ezek szerepelnek benne egyre kedvezőbb kombinációban. A következőkben a felhasznált elektromos energia összetételét is bemutatjuk. Az átlagos magyar fogyasztó a fenti magyar energiamixből mintegy 1500-2500 kWh-t vételez nappali és éjszakai áram formájában a hagyományos energiamix szerint (45% atom, 30% lignit, 25% földgáz, import, megújuló). Látszólag a Referenciaház is a magyar energiamixet fogyasztja, azonban mértéke a lakossági A1 fogyasztás 4%-a összesen, minőségében pedig jelentősen eltér a hagyományos energiamixtől. A Referenciarendszerhez tartozik még 4 db napelem is, melyek az országos elszámolási rendszerben dolgoznak. A 4% azt is mutatja, hogy eggyel több napelem már durván 20% túltermelést okozna, ami energetikailag nem kívánatos, és számszakilag is ellenjavallt. 4% pontossággal tudjuk eltalálni a nullszaldót „alulról”. Még tovább vizsgálva a villanyfogyasztás részleteit, annak egy tudatos, jellegzetes mintázatára lehetünk figyelmesek: az országos fogyasztási mintázat (500-600 W körül éjjel-nappal hullámzó kék vonal), le van tolvá a nullába ($\approx 4\%$), át van fordítva az ellentettjébe. Akkor fogyasztunk, pl. hajnalban, amikor más nem, és akkor termelünk napenergiát, délelőtt-délután, amikor szükség van rá.

2. *ábra* Az energiaeloszlás napi mintázata minimális ingadozással, energiatakarékossággal a Referenciaházban (1. lila: az akkumulátor töltöttsége [%], 2. bordó: napelemes teljesítmény tizede [W], 3. narancs: a termelést meghaladó fogyasztás [W], 4. szürke: napelemes termelés a hálózat felé [W], 5. fekete: a termelés és fogyasztás egyenlegének óras simítása [W], 6. kék: az országos napi fogyasztási görbe 4%-ának fordított előjelű értéke [W])



Forrás: saját ábra

A 2. ábrán látható az energiaeloszlás napi mintázata a minimális ingadozás és az energiatakarékosság mintapéldájaként. A jobb alsó sarokban lévő simított görbe az előző 5 nap átlagát mutatja, ami összhangban az időjárás helyi és időbeli ingadozásával – a lényegtelen eltéréseket kiátlagolja, de a jelentős tendenciákat nem mossa el. A fenti grafikon az akkumulátoros rendszer töltöttségét mutatja. Az esti órákban az akkumulátorokból energia áramlik vissza a hálózatba.

4.3. Hálózatsegítő napelemes ház

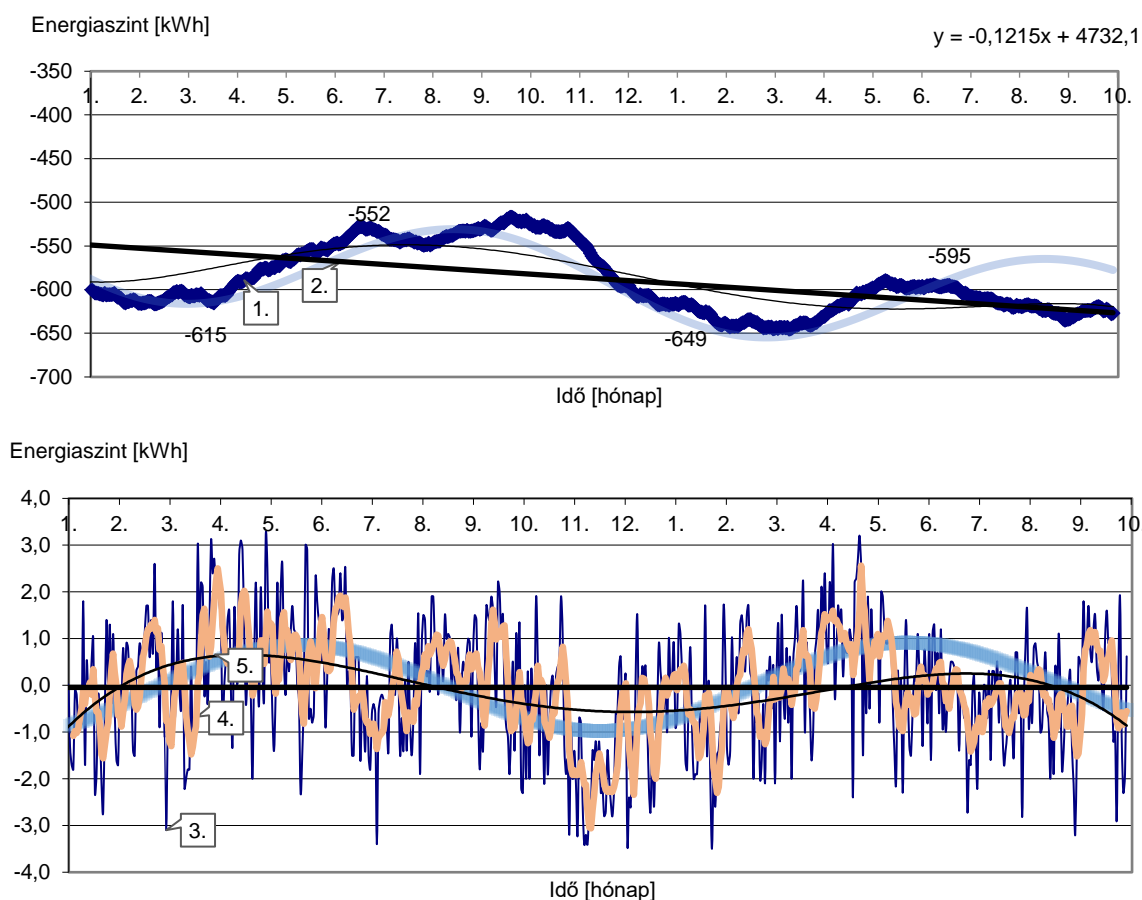
A fogyasztó oldali szabályozás megvalósítható a lakosok szokásainak megfelelő ütemű kialakításával. A Referencia-háztartásban is megtalálhatók olyan fogyasztók és termelőkészülékek, amelyek a fogyasztási/termelési mintázatot befolyásolják. Teljesítményfelvételüket és energiafogyasztást befolyásoló tulajdonságaikat előre felmértük, és használatuk során figyelembe vesszük, hogy mennyi ideig, mekkora energiát igényelnek, mennyire időzíthetők. A használt készülékeknek a teljesítménye a napelemek teljesítménykategóriájába tartozik. Ezeket egyszerű kapcsolóórás időzítővel tudjuk beállítani,

vagy a szokások kialakításával érjük el, hogy benne maradjanak a kívánatos 0,5-1,5x teljesítmény-tartományban, de némely fogyasztónak spontán módon olyankor több a használata, amikor süt a nap (pl. fűrészgép, mélyhűtő). Két készülék (inverter) negatív előjellel betáplálni is tud – szintén a napelemekkel kompatibilisan. A teljes rendszer rugalmasságát, ellenállóképességét, idegen szóval rezilienciáját a félszigetüzemmódra, illetve szigetüzemmódra való képessége jelenti, melyet a következőkben mutatunk be.

4.4. Félszigetüzemű és szigetüzemű ház

A Referenciaház az optimális működtetésével félszigetüzemben termel, de képes arra, hogy szigetüzemben működjön egy évben 1-2 hétig is. Ennek az időszaknak a bővítése nem cél, mivel túl sok akkumulátor felhasználását igényelné annak vegyianyag-igényével és jelentősebb kilengéseivel együtt. A háztartásban négy akkumulátor található, melyek külön rendszerben, a napelemekkel szigetüzem ellátására képesek. A szigetüzemű termelés, valamint a villanyóra szerinti termelés és fogyasztás napi értékeinek eloszlása külön vizsgálat tárgyát képezte azzal az eredménnyel, hogy az évszakoktól függetlenül a termelési tendencia és a fogyasztási trend alig tér el az 1-2 kWh/nap tartománytól, ami jelentős sikernek mondható (0. ábra). Ebben szerepe volt az energiatakarékosságnak, emellett a kismértékű, de jól időzített akkumulátoros tárolásnak, a tárolt energia visszatermelésének. Mindez lehetővé tette a szünetmentes szigetüzemmódra való képességet, melyekről valós viszonyok között részletes adatgyűjtéssel külön elemzéseket készítettünk. Ezek további publikációk tárgyát képezik a későbbiekben.

3. *ábra* Az utolsó másfél év minimális energiaszint ingadozása (fent, 1. kék: a napelemes háztartás egyenlege a kezdetektől kezdve [kWh], 2. fekete: a fogyasztási többlet éves meredeksége 0,1215 [kWh/nap]), valamint ennek napi szórása (lent, 3. kék: napi egyenleg [kWh], 4. narancs: ennek heti simítása [kWh], 5. fekete: az egyenleg átlagos eltérése a nullától [kWh])



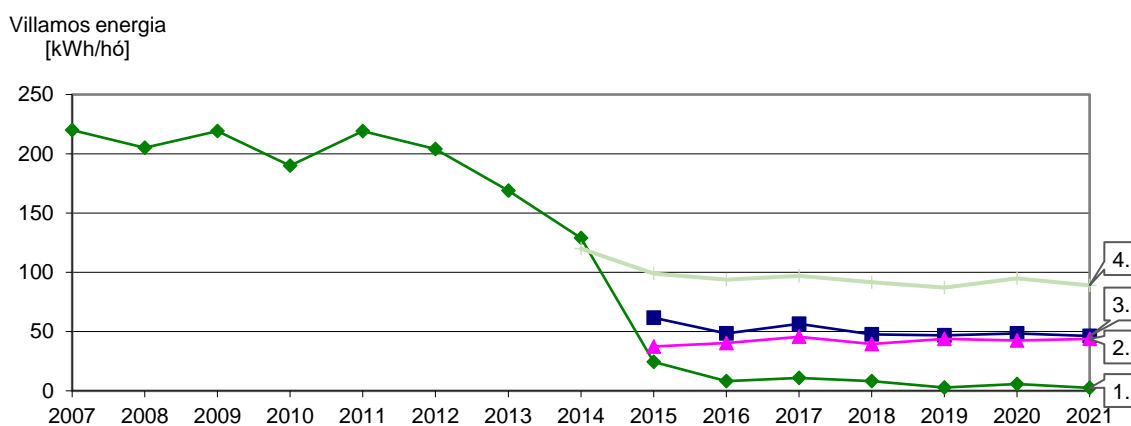
Forrás: saját ábra

Tágabb horizonton szemlélve a Referenciaház fogyasztási mintázatát, az nemcsak napi, hanem évszakos ingadozásokat is mutat. Alapértelmezésben a téli és nyári szoláris nyereség közötti különbség akár tízszeres is lehet, amit tovább súlyosbít, hogy a fogyasztás télen megnövekszik, elektromos fűtés esetén megsokszorozódik. Ezért nagyon meggondolandó az ún. napelemes fűtés, mivel az éppen szembe megy az energiabevétel évszakos ingadozásával. Ezzel szemben az évszakos, időjárásfüggő ingadozás akár csökkenthető is, mérsékelhető is megfelelő átgondoltsággal, alkalmas technológiával, biomassza használatával. A Referencia-háztartásban csak körülbelül 3-szoros ellenütemű ingadozás van a legsötétebb tél és a legfényesebb napok között, amelyet szintén a fogyasztás és termelés praktikus összehangolásával lehet elérni. Ezek egy része teljesen természetes: télen kevesebb a fűnyírás, szivattyúzás, mosás, hűtés; nyáron több a napkollektor keringtetés, szellőztetés, és a fűrészelés. A tűzifa előfeldolgozása a jobb száradás miatt télen több fűtési energiát ad, így a tavaszi-nyári fűrészelés a napenergiát megsokszorozza, és tárolhatóvá teszi télire.

4.5. Autonóm ház

A Referenciaház egy valóban lakott autonóm ház is. Ezt a minőséget a lakók teljes életmódjának elemzésével és igazításával lehet elérni. A háztartás közvetlen energetikai ellátásán túl a víz, élelmiszer, talaj, ásványi anyagok, környezet erőforrásait kell megvédeni és a szennyezéseket kell minimalizálni, az ökológiai lábnyomunkat egy Földre kell igazítani. A mindennapi élethez tartozó, takarékos igényeket természetbarát, szelíd technológiai megoldásokkal lehet ellátni. A Referenciaházhöz egy fenntartható, autómentes vidéki életmód tartozik. A megújuló energiaforrás alapú bioszolár energiaellátás mellett kiterjed a következő technológiákra: energiaerdő, háztáji tyúk- és nyúltartás, veteményes, kút- és esővízhasználat, szűrkevíztisztítás, hulladékmentesség a keletkező anyagok 17 különböző feldolgozásával, energia kerékpár, napjármű használata, ... A fenntartható életmódra átállást tudatos tervezéssel és évek munkájával lehet elérni, kezdve a fogyasztáscsökkentésekkel. Ennek alátámasztására a Referencia-háztartás villanyszámla adatait mutatjuk be a 4. ábrán az utóbbi 14 évről. A napelemes rendszer 2014-es telepítése előtt a takarékoság és optimalizálás zajlott le, utóbb pedig a termelés és a fogyasztás egymáshoz illesztése.

4. ábra Az energiatakarékoság tervezése és megvalósítása a Referenciaház havi villanyfogyasztásában (1. zöld: villanyóra szerinti havi energiafogyasztás [kWh/hó], 2. lila: napelemek havi energiatermelése [kWh/hó], 3. kék: teljes fogyasztás házon belül [kWh/hó], 4. világoszöld: napelemes rendszer nélküli fiktív fogyasztás [kWh/hó])



Forrás: saját ábra

Önálló telepítéssel, állami támogatás nélkül egy napelemes rendszer telepítése jól méretezett esetben 7-9 éves villanyszámlának a beruházás megvalósításának idejében történő kifizetését jelenti. Egy átlagos családi ház esetén le kell tudni csökkenteni a havi tízezer Forintos szintre a villamos energia fogyasztást, amely akár egymillió Ft alatt, 2 kW beépített teljesítményű, egyszerűbb, egy fázisú napelemes rendszerrel ellátható. Amennyiben nincs többletfogyasztói

ráterhelés, téli fűtéshez vagy elektromos autóhoz történő termelői kapacitási és beruházási méretnövelés, hanem tudatos energiatakarékossági rezsicsökkentéssel kezdenek a lakók, ennek gazdaságossága megkérdőjelezhetetlen. A fenntarthatóság felé vezető úton pedig hatalmas előrelépést jelent.

4.6. Napelemes közlekedés

A villamosenergia- és a hőigények (fűtés, használati melegvíz) a fentiekkel bemutatott módokon tehát elláthatók helyi energiaforrásokkal is. A lakók közlekedését szintén át kell és lehet állítani a fosszilis szokásokról a fenntartható megoldásokra. Az úticélok átgondolásával, megtervezésével, a helyi kerékpáros lehetőségek kipróbálásával, vagy új típusú, alacsonyfogyasztású eszközök alkalmazásával. Ilyen a NapCsiga fantázianevű, kizárólagosan napenergiával működő, szigetüzemű napelemes jármű, mely 2017-ben a tatabányai Edutus Kutatók Éjszakájára készült. Az első két éves jelentéshez képest a harmadik évben néhány adata, elért mutatója tovább javult, amint az az 1. táblázatban is olvasható.

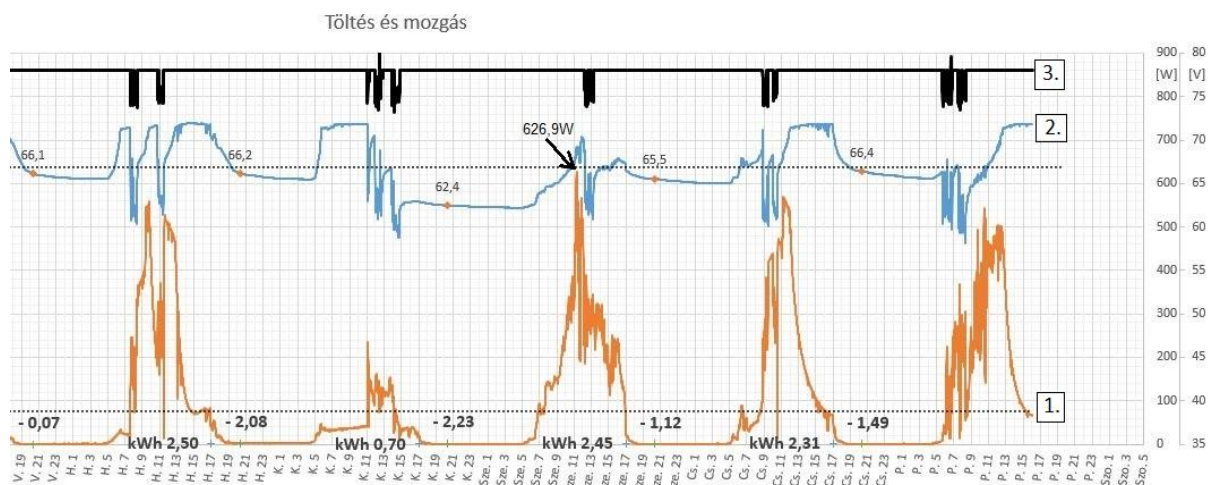
1. táblázat A napjármű éves eredményei

Energia	296	366	362	kWh/év
Sebesség	18	21,6	22,9	km/h
Max. táv	103	116,3	130,0	km/nap
Összes út	4768	5013	5073	km/év
Átlagos út	22,7	26,5	24,2	km

Forrás: saját táblázat

A javulások fő oka, hogy a fedélzeti komputer real time applikációja miatt jobban látszott az energiahelyzet, és bátrabban lehetett tervezni. A hosszabb túrák viszont megritkultak a járvány miatt. Az energia mennyiség és a hatótáv nőtt a jobb hatásfokú tetőpanelnek köszönhetően.

5. ábra A napjáromű öt napi üzeme (1. narancs: töltési teljesítmény [W], 2. kék: feszültség szint [V], 3. fekete: mozgás [-])



Forrás: saját ábra

Az 5. ábrán megfigyelhető legnagyobb töltési teljesítmény, amelyet 626,9 W értékkel május 20-án délben egyetlen percig sikerült elérni egy hűvös, napos, felszakadozóan felhős időben. A napi töltési energiák nyáron 2-3 kWh körüliek. A heti töltés és fogyasztás 12-13 kWh (200-300 km). A NapCsigna fedélzeti számítógépe lehetővé tette az online adatgyűjtést, és a folyamatok dinamikájának részletes vizsgálatát is, melyek közül 110 darab mérési kísérletet összefoglaló tanulmányokban, illetve 153 darab ismeretterjesztő posztban rendszeresen bemutattunk.

A jármű tervezési sebessége 25 km/h. Ezzel a sebességgel kb. 2 órát megy, és közben megtesz 48-49 km-t. Rövidebb utakon az átlagsebesség 20 km/h a kiállítás, forgolódás miatt. Hosszabb távokon a NapCsigna sebessége szintén lecsökken az akkumulátor kimerülése nyomán. Téli napfény viszonyok mellett is eléri a 25 km/h-t, de csak egy óráig tudja tartani. A városi forgalomban sem okoz gondot ez a különleges elektromos tricikli, mivel a járműforgalom a lámpák, dugók miatt hasonló átlagsebességgel halad.

A NapCsigna eddig 14800 km-t tett meg, 240 településen járt, 70 bemutón vett részt, 668 eFt hasznot hajtott, azt nem is számítva, hogy több tonna üvegházgáztól óvta meg a Föld légkörét. A napelemes elektromos tricikli elsősorban a karosszériás egyéni utazás és teherszállítás fenntartható módon történő megvalósításában jelent fontos előrelépést, ilyen kisjármű ugyanis a világon nem készült még máshol. Működőképessége bizonyítja a közlekedési szektor szennyezésének megoldhatóságát. Az autómentes közlekedés további elemei a gyaloglás, kerékpározás, elektromos kerékpározás kerékpárutánfutóval, gyerek- vagy teherszállító kerékpár, legkisebb mopdek, és a tömegközlekedés, például távolsági vonatozás. Számításaink és gyakorlati tapasztalataink alapján ezek kizárólagos, váltott ütemű és az aktuális célnak és

körülménynek megfelelő alkalmazása a lakosság körében rugalmasság, szemléletváltást igényel, ám energiatakarékos egységfogyasztással, napelemes rendszerekhez illeszthetőségükkel a fenntarthatóság és az egészséges életmód felé vezetnek.

5. Következtetések

Jelen cikkben bemutattuk a helyi megújuló energiaforrások hasznosíthatóságát háztartási méreteben egy bemutató épület, egy lakott Referencia-háztartás és a szolár közlekedés vonatkozásaiban. A működést és az energiaviszonyokat vizsgáltuk, külön tekintettel a napelemes félszigetüzemmódra (termelés, fogyasztás, takarékosság, alkalmazkodás, akkumulátoros tárolás, tárolt energia visszatermelése, szünetmentes szigetüzemmódra való képesség, adatsűrűség). Láthatjuk, hogy a fényelektromos rendszer önmagában is kiegyensúlyozott, reziliens, közhasznú, szénszemleges, importfüggetlen és olcsó. A háztartás többi alrendszere (napkollektor, biomasszahő, energiaerdő, élelem, víz, szürkevíztisztítás, hulladékmentesség, energiaerdő, energia kerékpár, napjármű) szintén az elektromos rendszerhez hasonló önállósággal, gazdaságossággal, fosszilis-függetlenséggel jellemezhetők.

6. Köszönetnyilvánítás

A téma kutatása és a cikk megjelenése az EFOP-3.6.1-16-2016-00009 azonosító számú „Lézertechnológiai és energetikai alapkutatás megvalósítása az Edutus Főiskolán, tudástranszfer, továbbá a vállalati kapcsolatok és a társadalmi szerepvállalás erősítését célzó tevékenységekkel kiegészítve” című pályázat támogatásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. *David MacKay*: Fenntartható energia – mellébeszélés nélkül. Vertis Typotex Könyvkiadó, Budapest, 2011, Angol (frissített) kiadása: David MacKay: Without hot air <https://www.withouthotair.com/> , 2015
2. *Referenciaház*: Mérésbemutató honlap <http://solar.edutus.hu/> 2021
3. *Passzívház*: Mérésbemutató honlap <http://kem1.mutf.hu/> , 2021
4. *NapCsiga*: Ismeretterjesztő honlap <https://www.facebook.com/NapCsiga> , 2021