

Balázs Bence¹, dr. Füredi Balázs², dr. Reith András³

NAPELEM RENDSZEREK ÉPÜLETHOMLOKZATI INTEGRÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

FAÇADE INTEGRATION OPTIONS FOR SOLAR PANEL SYSTEMS

KIVONAT / HUN

A napelemek épületbe történő integrálása több évtizedes múltra tekint vissza. Hazánkban azonban ezek a rendszerek, pár kivételtől eltekintve (pl. tetőre szerelt rendszerek), csupán csekély mértékben terjedtek el. Jelen tanulmány az elméleti lehetőségek és tipológiák bemutatásán túl, a hazai klimatikus viszonyokat figyelembe véve kvantitatív módszerek segítségével határoz meg lehetséges irányokat. Az elméleti kereteken és útmutatón túl egy valós mintán is bemutatja és összehasonlítja a különböző megoldások alkalmazását és az azokban rejlő energiaátalakítási potenciált, az építészeti integrálás lehetőségei mellett. A Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Karának épületállományát elemző kutatás azt vizsgálja meg, hogy milyen lehetőségek jöhetnek szóba napelem integrálás szempontjából egy meglévő épület homlokzatán, továbbá az így elhelyezett napelemek az épület jelenlegi villamos energiafogyasztásának mekkora hányadát fedezik alternatív energia előállítással.

Kulcsszavak: homlokzatfelújítás, épületbe integrált napelem, megújuló energia, környezettudatos építészet

ABSTRACT / ENG

The integration of solar panels into buildings (BIPV) has a history of several decades. However, in Hungary the BIPV systems have only spread to a limited extent. This study, beyond presenting the theoretical possibilities and typologies, quantitatively outlines possible directions that take into account the local climatic conditions. In addition to the theoretical framework and guidance, it also presents and compares various solutions and the energy conversion potentials inherent in the possibilities of architectural integration using a real case study. The research analyses the building stock of the Faculty of Technology and Informatics of the University of Pécs and investigates the possibilities for integrating solar panels on the façade of an existing building, and what proportion of the building's current electricity consumption is covered by the production of alternative energy by the building integrated photovoltaic panels.

Keywords: façade retrofit, building integrated photovoltaic, renewable energy source, sustainable architecture

¹ okleveles építész, homlokzattervező szakmérnök, H-design Építész Iroda Kft., e-mail: balazs.bence1993@gmail.com

² okleveles építész, DLA, Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Mérnöki Ismeretek Tanszék, e-mail: furedi.balazs@mik.pte.hu

³ okleveles építészmérnök, MSc ClimaDesign, PhD, habil., Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar Mérnöki Ismeretek Tanszék, ABUD Mérnökiroda Kft., e-mail: reith.andras@abud.hu

1. | BEVEZETÉS

A cikk alapjául a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar homlokzattervező szakmérnöki képzésén készült „Napelem rendszerek épülethomlokzati integrálási lehetőségei” c. szakdolgozat szolgált [1].

A napelemek építőipari alkalmazása során egyre magasabb műszaki elvárásoknak és felhasználói igényeknek kell megfelelni. A mérnöki küldetés a több szempontnak való együttes megfelelés. A cél egy hatékony energiafelhasználású, magas műszaki színvonalú épület létrehozása, mely ugyanakkor a teljes élettartama során rugalmasan alakítható a változó igényeknek megfelelően. Mindamellet gazdaságilag fontos, hogy a beruházás minél hamarabb megtérüljön.

Napjainkban egyre inkább elterjedt a napelemek alkalmazása az épületeinken. A ma általánosnak mondható magastetőre vagy lapostetőre telepített rendszerek mellett a napelemek homlokzati beépítése is egyre inkább előtérbe kerül. Különösképpen igaz ez az intenzíven beépített városi környezetben, ahol az épületek tömegéhez viszonyítva a tetőfelületek aránya jellemzően alacsonyabb a családiházak övezetekhez képest. Fontos a beruházás megtérülése szempontjából megvizsgálni, hogy a homlokzatokon milyen beépítési lehetőségek állnak rendelkezésre napelem rendszer telepítése szempontjából, és azok milyen hatékonysággal működnek egy tetőn alkalmazott rendszerrel szemben.

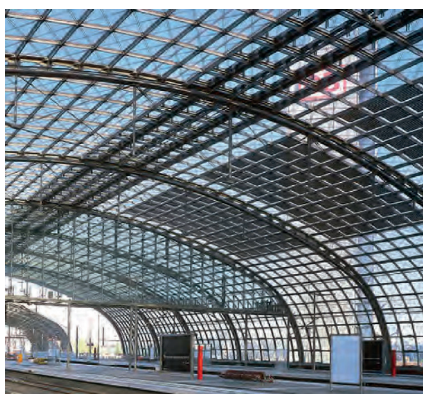
A Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Karjának épületállományán készült kutatásunk azt vizsgálja meg, hogy milyen lehetőségek jöhetnek szóba napelem rendszer integrálás szempontjából a meglévő épületek homlokzatain, és az így elhelyezett napelemek az épületek jelenlegi áramfogyasztásának mekkora hányadát tudják fedezni.

A cikk célja egy parametrizált elemzés bemutatása, mely megközelítő eredményt közöl. A hatékonyság számításos vizsgálata időszakos, nem teljes élettartamra vonatkozó. A vizsgálat során számításba vett paraméterek valós értékeken alapulnak, így lehetőség nyílik a tradicionális és attól eltérő módon telepített rendszerek összevetésére.

2. | NAPELEM RENDSZEREK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Az épületeinken alkalmazott napelem rendszerek szerkezeti kialakításuk szerint, illetve építészeti megjelenésük szerint csoportosíthatók. Szerkezeti szempontból három tervezési stratégia különböztethető meg a szakirodalom alapján (1. ábra) [2]:

- a szétválasztás,
- az összefonódás és
- az összeolvadás.

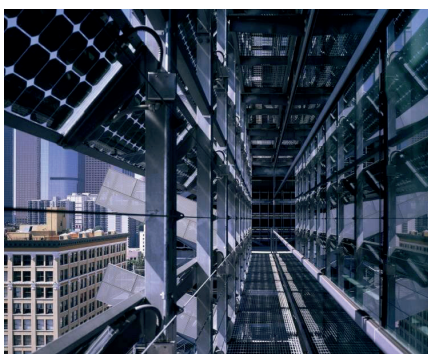
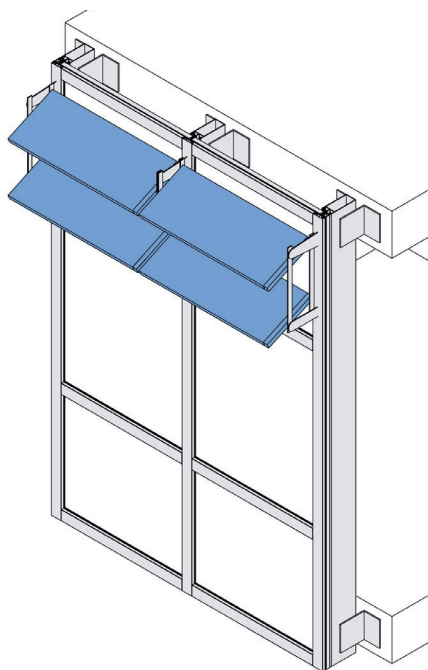


1. ÁBRA: Tervezési stratégiák alkalmazási példái szerkezeti szempontból: szétválasztás, összefonódás és összeolvadás, fentről lefele [2]

Szétválasztásról akkor beszélünk, amikor a napelem rendszer egy önálló szerkezetként jelenik meg az épületen. Az energiaátalakító szerepén túl nem tölt be épülethatároló szerkezetekre vonatkozó feladatokat. Összefonódás esetén a napelemek az épülethatároló szerkezetekben kapnak helyet oly módon, hogy egy hagyományos szerkezeti elemet helyettesítünk napenergia hasznosító berendezéssel. Az így kialakított rendszer az épületburok néhány feladatát, jellemzően az időjárás elleni védelmét biztosítja. A szerkezeti elemek



2. ÁBRA: Tervezési stratégiák alkalmazási példái a formai kapcsolat szempontjából: kiegészítés [3], integráció és adaptáció [2], fentről lefele.



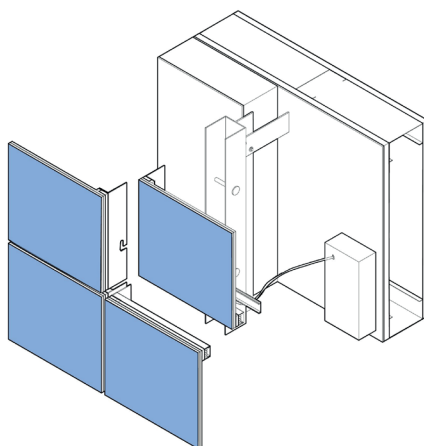
3. ÁBRA: Árnyékoló rendszerbe integrált napelem axonometrikus rajza (saját ábrázolás) [4] és fényképe [5] (Caltrans Building, Los Angeles, tervező: Morphosis Architects)

összeolvadásáról akkor beszélhetünk, ha a napelem rendszer a teljes épület-határoló szerkezeti rendszert helyettesíti. Az elektromos áram átalakítása mellett további feladatokat is ellát, mint pl. hőszigetelés, hangszigetelés és időjárás elleni védelem [2].

A szoláris építészetben fontos a napenergia átalakító elemek látszó alkalmazása, integrálása az épület tervezése során. Három tervezési stratégia különböztethető meg a napelem és az épület közötti formai kapcsolatot illetően (**2. ábra**) [2]:

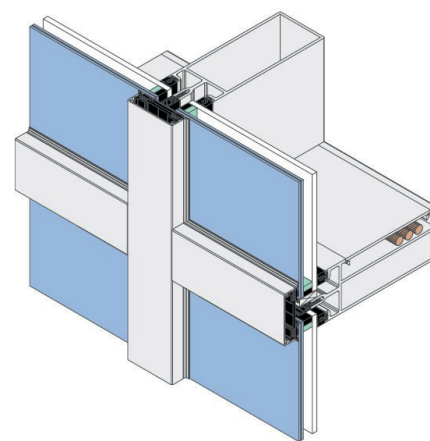
- a kiegészítés,
- az integráció és
- az adaptáció.

Amikor az épületet a szoláris rendszertől függetlenül tervezik meg, akkor



4. ÁBRA: Szerelt homlokzatburkolatba integrált napelem axonometrikus rajza (saját ábrázolás) [4] és fényképe [6] (Manchester College of Art & Technology, tervező: Walker Simpson Architects)

építészeti kiegészítő elemről beszélünk. A napelem rendszer tervezési szempontrendszere (tájolás, hajlásszögek) az épület tervezés során kismértékben van figyelembe véve. Az épület és a napelem rendszer között nincs vizuális, formai kapcsolat. Integráció esetén a napelemek tudatosan jelennek meg az épületen, már akár a koncepcióalkotásnál is fontos szerepet játszhatnak. A napelemmel burkolt felületek igazodnak az épület arányrendszerébe, figyelembe veszik a többi szerkezet fugasztását. Adaptív megközelítés során a szoláris elemek még inkább hangsúlyosabb szerepet kapnak a tervezésnél. Adott esetben még az épület tájolását, tömegformálását is befolyásolhatják annak érdekében, hogy a napelemek



5. ÁBRA: Függönyfalszerkezetbe integrált napelem axonometrikus rajza (saját ábrázolás) [4] és fényképe [7] (Tobias Grau GmbH, Rellingen – tervező: Hadi Teherani Architects GmbH)

minél nagyobb hatékonysággal tudjanak működni [2].

A homlokzatokon különböző szerkezetként jelenhetnek meg napelem rendszerek. Többek között: integrálható árnyékolószerkezetbe, tömör homlokzati felületekbe vagy akár transzparens szerkezetekbe is.

A napelemek árnyékolószerkezetbe történő integrálásával (**3. ábra**) az épület hűtési igényeinek csökkentése mellett az épület közüzemi hálózatból felvett villamosenergia igénye is csökkenthető. Az árnyékoló lamellák a tájolás függvényében felszerelhetők vízszintesen, függőlegesen vagy akár más pozícióban is. Fontos szempont a lamellák kiosztásának gondos megtervezése, elkerülve ezzel, hogy a lamellák egymást árnyékolják, ezzel csökkentve a napsugárzásból átalakított villamosenergia mennyiségét. A belső oldalról látszó szerkezet esetén fontos szempont a kábelezés esztétikus, rejtett elvezetése. Nagyobb léptékű, a homlokzattól jelentősen eltartott szerkezetek

esetén karbantartó folyosók kialakítására is van lehetőség, ahonnan az elemek tisztítása mellett a sérült elemek kicserélése is megoldható [4].

A szerelt homlokzatburkolati rendszerek rendkívül előnyös tulajdonságokkal rendelkeznek a napelemek homlokzati integrálása szempontjából **(4. ábra)**. A burkolat mögött kialakítható átszellőztetett légrétegnek köszönhetően a napelemek hűtése is biztosított, így elkerülhető a táblák túlzott mértékű felmelegedése, ami teljesítmény csökkenéshez vezethet. A kábelezés, illetve a kötődobozok időjárástól védtelen a burkolat hátoldalán találhatóak és rejtett módon elvezethetők [4].

A napelem rendszerek üvegszerkezetbe történő integrálása sokrétű lehet **(5. ábra)**. Integrálhatóak hőszigetelt épülethatároló üvegszerkezetbe, illetve hőszigetetlen szerkezetbe is pl. üvegtárolóban vagy üvegburkolatban kialakítva. Beépíthetőek függőnyfal-

szerkezetbe, elemes függőnyfalszerkezetbe vagy akár nyílászáró profilrendszerekbe is. A fotovoltaiikus panelek elhelyezése történhet a transzparens üvegezett részen, illetve a tömör sávokban is. A napelem cellák minden esetben edzett, különlegesen tiszta üvegből készült laminált üvegrétegbe kerülnek a megnövekedett hőmérséklet okozta tönkremenetelek elkerülése és a napsugárzás ideális hasznosításának érdekében. Nagy kihívást jelent ugyanakkor a kábelezés, illetve a kötődobozok esztétikus elvezetése. Többnyire az üvegtáblák perem mentén helyezkednek el a kötődobozok, a kábelezés pedig a függőnyfalszerkezet speciális profiljában történik. A hőszigetelt üvegszerkezetekbe történő integrálás egyik legnagyobb hátránya, hogy a napelem cellák az átszellőztetés hiányában könnyen felmelegedhetnek, ami kimutatható teljesítményvesztést okozhat [4].

3. | NAPELEM RENDSZEREK TELEPÍTÉSE A PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM MŰSZAKI ÉS INFORMATIKAI KARÁNAK ÉPÜLETÁLLOMÁNYÁN

A Pécsi Tudományegyetem vezetése nagy hangsúlyt fektet a megújuló energiaforrások hasznosítására. Az egyetem már több épületére telepített napelem rendszert, mint például a Szülészeti Klinika, a Fogászati Klinika és az Általános Orvostudományi Kar új elméleti tömbje.

A homlokzatba integrált napelem rendszerek energiatermelő képessége a tájolás, illetve a hajlásszög mellett nagymértékben függ a telepítés módjától is. Az **1. táblázat** a Pécssett érvényes vízszintes sugárzási adatokat [8] felhasználva számítási módszerrel [9] kalkulálja és hasonlítja össze az eltérő telepítési megoldásokat déli

1. TÁBLÁZAT: Napelem rendszerek telepítési módjainak összehasonlítása

telepítési módok	éves sugárzás vízszintes felületen [kwh/m ²] [8]	x	telepítés [%] [9]	x	hatékonyság [%] [10]	x	teljesítmény [%] [9]	=	éves hozam [kwh/m ²]	összehasonítás, relatív hatásfok [%]
A tetőszerkezet (30°)	1357	x	115	x	20	x	80	=	250	100%
B1 ferde árnyékoló-szerkezet (45°)	1357	x	110	x	20	x	77,5	=	231	93%
B2 vízszintes árnyékoló-szerkezet	1357	x	100	x	20	x	75	=	204	82%
C szerelt homlokzatburkolat	1357	x	80	x	20	x	72,5	=	157	63%
D szendvicspanel burkolat	1357	x	80	x	20	x	70	=	152	61%
E1 hőszigetelt üvegszerkezet	1357	x	80	x	20	x	70	=	152	61%
E2 üvegszerkezet	1357	x	80	x	20	x	72,5	=	157	63%
F kéthéjú homlokzat	1357	x	80	x	20	x	72,5	=	157	63%

tájolás esetén. A telepítés geometriájából adódóan a napsugárzás eltérő módon éri a napelemeket, aminek következtében más-más hatékonysággal működnek az egyes szerkezetek, ezért különböző szorzótényezők vehetők figyelembe [80-115%] [9]. A táblázat a gyártói adatszolgáltatások alapján egy átlagosnak mondható monokristályos napelem panel hatékonyságát [20%] veszi alapul [10]. A napsütés hatására a napelem cellák felmelegednek, aminek következtében a teljesítményük csökken, ezért a különböző szerkezeti kialakítások eltérő teljesítménnyel [72,5-80%] állítanak elő elektromos áramot [9]. Az utolsó oszlop a tetőre telepített rendszerhez viszonyítva százalékos értékben mutatja meg, hogy mekkora potenciállal rendelkeznek az egyes telepítési módok.

A vizsgálatból kitűnik, hogy a legnagyobb éves hozam [250 kWh/m²] a 30°-ban döntött lapostetőre telepített

rendszer esetén érhető el. A többi, homlokzaton alkalmazható típus ezzel szemben szerényebb teljesítményű, bizonyos esetekben akár 40%-kal kevesebb elektromos áram előállítására képes. Ennek oka a kedvezőtlenebb tájolás mellett a napelem cellák felmelegedése, amit az elégtelen átszellőztetés okoz az üvegszerkezetbe, illetve a szendvicspanelbe integrált típusoknál. A vizsgált déli tájolás esetén, amennyiben homlokzati telepítésben gondolkodunk az árnyékolószerkezetbe történő integrálással érhető el a legnagyobb éves hozam [204-231 kWh/m²].

A szerkezeti típusok elvi környezetben történő működésének megismerését követően megvizsgáltuk a különböző szerkezetek elhelyezési lehetőségeit a Boszorkány úti campus épületein. Az épületekről az egyetemnek köszönhetően felmérési tervek álltak rendelkezésre, emellett az épületek vizsgálata helyszíni szemrevételezéssel történt.

Az egyetemi campus területén **(6. ábra)** a főépület többszintes épületszárnyainak (BOBE és BOAE) déli homlokzatai („A” típus), illetve a kollégium (BODE) keleti, és nyugati homlokzatai („B” típus) alkalmasak napelemek telepítésére. A főépület északi homlokzatai tájolásukból adódóan nem alkalmasak fotovoltaikus panelek elhelyezésére. A keleti és nyugati homlokzatok elhanyagolható méretűk, kedvezőtlen tájolásuk, valamint egyedi, háromdimenziós szerelt mészko burkolatuk miatt napelemek telepítésére nem javasoltak. A kollégium keleti és nyugati homlokzata napelem telepítésére alkalmas. A déli homlokzat a főépülethez hasonlóan elhanyagolható mérete, illetve egyedi, plasztikus mészko burkolata miatt napelemek telepítésére nem javasolt. A főépület déli homlokzatai, illetve a kollégium keleti és nyugati homlokzata is sávós kialakítású. A szalagablak sávok között fehér színű, vakolt hőszigetelő bevonatrendszerrel burkolt felületek találhatóak.

A helyszíni adottságok figyelembevételével (tájolás, architektúra és geometriai méretek) a homlokzatokon napelemek a következő szerkezeti típusokba integrálható:

1. vízszintes árnyékolószerkezet,
2. ferde árnyékolószerkezet,
3. szerelt homlokzatburkolat,
4. üvegszerkezet,
5. függőleges árnyékoló lamella.

A szerkezetek elektromos áram előállító képességeit eltérő napelem cella típusokkal (monokristályos, polikristályos, vékonyrétegű és transzparens) is megvizsgáltuk. Az árnyékhathatóság meghatározása szimulációval történt. Az egyetemtől kapott tervek alapján [1] az épületek leegyszerűsített tömege ArchiCAD 25 szoftverben készült el, majd a szimuláció a SketchUP Pro 2022 szoftver Skelion bővítményével készült [11]. Az árnyékolás mértékének meghatározása a Pécsre megadott óránkénti bontású TMY (Typical Meteorological Year) adatok alapján dinamikus szimulációval történt.

A főépület déli homlokzatain elhanyagolható árnyékhathatóság [2-6%] figyelhető meg. A kollégium esetén a síkban tartott szerkezeti típusoknál az árnyékolás minimális. Ugyanakkor a síkból kiugró árnyékolószerkezetbe integrált rendszer esetén jelentős, akár 36%-os árnyékhathatóság is megfigyelhető.



6. ÁBRA: Madártávlati képek a napelemmel telepített homlokzatokról (saját ábrázolás)

2. TÁBLÁZAT: Éves hozamok az „A” típusú homlokzati felületeken, a BOBE és BOAE épületeken, valamint a „B” típusú homlokzati felületeken, a BODE épületen

	„A” típusú homlokzati felületek, a BOBE és BOAE épületeken				„B” típusú homlokzati felületek, a BODE épületen				
	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
aktív felület	728 m ²	728 m ²	734 m ²	814 m ²	2086 m ²	2086 m ²	2048 m ²	1744 m ²	1184 m ²
PV1: monokristályos	139 293 kWh	155 957 kWh	113 230 kWh	120 004 kWh	271 747 kWh	346 839 kWh	261 934 kWh	215 361 kWh	168 996 kWh
PV2: polikristályos	104 470 kWh	116 968 kWh	84 922 kWh	90 003 kWh	203 811 kWh	260 129 kWh	196 450 kWh	161 521 kWh	126 747 kWh
PV3: vékonyrétegű	69 647 kWh	77 978 kWh	56 615 kWh	60 002 kWh	135 874 kWh	173 419 kWh	130 967 kWh	107 681 kWh	84 498 kWh
PV4: transzparens	-	-	-	48 001 kWh	-	-	-	86 145 kWh	-

A rendelkezésre álló adatokból kiszámítható a különböző tájolású és típusú rendszerek éves elektromos áram termelése. A különbségeket a szerkeztípusok relatív hatásfoka, az eltérő aktív felületek mérete és a napelem típusok hatékonysága befolyásolja (2. táblázat).

A főépület „A” típusú homlokzatain a legmagasabb éves hozam (155 957 kWh) a ferde árnyékolószerkezetbe integrált monokristályos rendszer esetén, a legalacsonyabb hozam (48 001 kWh) pedig

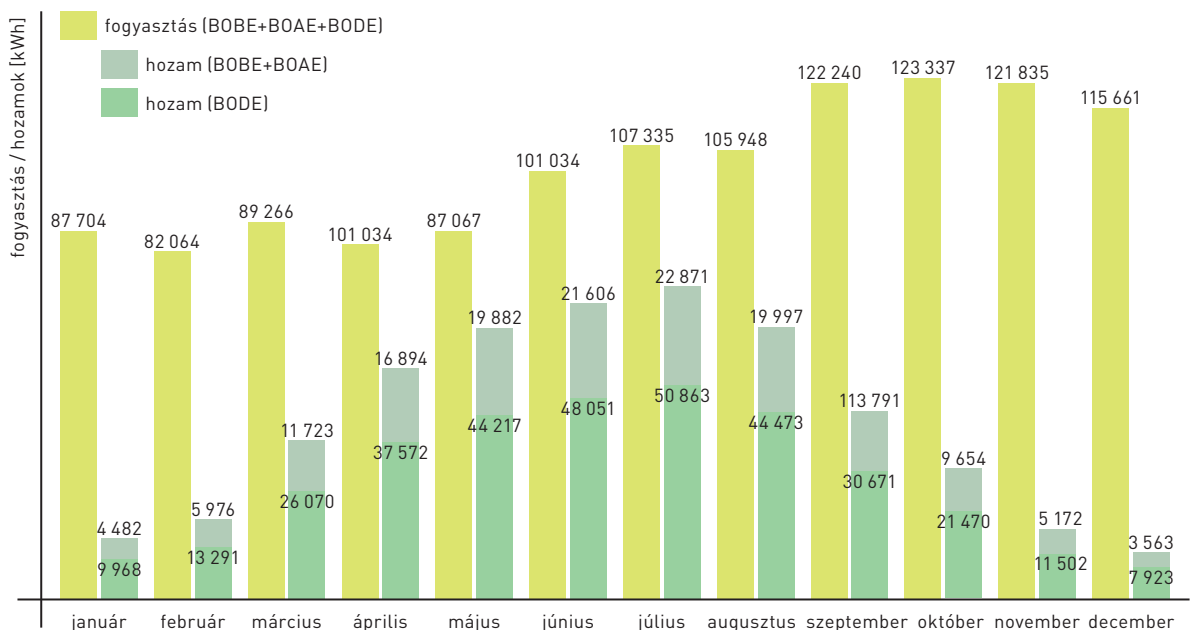
az üvegszerkezetbe integrált transzparens rendszer esetén érhető el.

A kollégium esetén a „B” típusú homlokzatokon a főépülethez hasonlóan a legmagasabb éves hozam (346 839 kWh) a ferde árnyékolószerkezetbe integrált monokristályos rendszerhez tartozik. A legalacsonyabb éves hozam (86 145 kWh) pedig az üvegszerkezetbe integrált transzparens rendszer esetén érhető el.

Kiválasztva a legnagyobb elektromos áram előállítására képes szerkezeti

megoldásokat (A-1/PV1 és B-1/PV1), az általuk termelt éves hozam összehasonlítandó az épület jelenlegi fogyasztásával (7. ábra) [1]. Amennyiben a vizsgált homlokzatokra ferde árnyékolórendszerbe integrált monokristályos napelemeket telepítünk az éves villamosenergia fogyasztás 40,9%-a kiváltható megújuló energiaforrással. A legnagyobb hozamot júliusban termeli a rendszer (73 634 kWh), ami a havi fogyasztás 68,7%-át fedezi. A legalacsonyabb hozamot decemberben termeli a

7. ÁBRA: Az éves hozamok és a fogyasztás összehasonlítása



rendszer (11 486 kWh), ami a havi áramfogyasztás 10,0%-át fedezi.

A vizsgált épületek esetén komoly potenciál van a napelem rendszerek homlokzaton történő alkalmazásában, ugyanis az épületek nagyméretű és kedvező tájolású homlokzatokkal rendelkeznek. A jelenlegi energiafogyasztás jelentős része kiváltható napenergia hasznosításával. Ugyanakkor meg kell vizsgálni, hogy a napelemek homlokzati telepítése miként hat építészetileg az épület megjelenésére, illetve miként befolyásolja a belső terek vizuális komfortját. Ferde árnyékoló szerkezetbe történő integrálás esetén érdemes a panelméretet és a hajlászöveget úgy megválasztani, hogy a szerkezet ne lógjon be túlzóan a nyílászáró elé, és ne gátolja zavaróan a kilátást a belső térből. Oktatási és szállás épület révén fontos a helyiségek jó megvilágíthatósága, ezért az üvegszerkezetbe csak transzparens napelem rendszer alkalmazása javasolt, mert különben lecsökken a belső tér nappali megvilágíthatósága. A kollégium esetén függőleges lamellákba integrált rendszer alkalmazása nem javasolt, mert kitakarják a panorámát. A homlokzatburkolatba integrált kialakításmód építészetileg nem javasolt, mert sötét színéből adódóan megváltozna az épület megjelenése. A vízszintes árnyékolóba integrált napelem rendszer illeszkedik leginkább az épület jelenlegi architektúrájába, azonban a legnagyobb éves hozam a ferde árnyékoló szerkezetbe integrált megoldással érhető el.

A megtérülés számítás a legnagyobb éves hozamot biztosító rendszerek (A-1/PV1 és B-1/PV1) esetén készült a szakirodalomban [12] [13] elérhető napelem rendszer árak, illetve az ipari szereplők által becsült fogadó szerkezet költsége alapján 2022-es árakkal számolva (185 000 Ft/m²). A napelem rendszerek becsült költsége 135 millió forint (A-1/PV1) és 385 millió forint (B-1/PV1). Egyszerű megtérüléssel számolva a rendszerek az általuk kiváltott 2022. év végén érvényes villamos energia költségével [264,22 EUR/MWh [14]] számolva 9,6 és 12,4 év alatt térülhetnek meg.

4. | ÖSSZEFOGLALÁS

A napelemek épülethomlokzati integrálásában komoly lehetőség rejlik. Azokon a helyeken, ahol kevés hely áll rendelkezésre pl. városias környezet, alkalmazásuk megfontolandó. A jelenlegi energiahiányra fenntartható, működő megoldást képesek nyújtani, amennyiben tudatosan alkalmazzuk őket. Megújuló energiaforrás hasznosítása révén a károsanyag kibocsátás mellett a környezetünk terhelése is csökken.

Amennyiben a tetőkön elterjedt módon kiegészítő elemként telepítjük őket a homlokzatokra, a rosszabb benapozottságukból adódóan szerényebb energiatermelésük miatt hosszabb megtérülési idők érhetőek csak el. Ugyanakkor, ha tényleges integrációról beszélünk és a fotovoltaiikus panelek a villamos energia előállításán túl homlokzatburkolatként is funkcionálnak, a burkolati költségek egy része megtakarítható, így összességében sikeres alternatívája lehet a tetőre telepített rendszereknek. Elérhető akár 10 év körüli megtérülés, illetve a tetőkhöz hasonló magas hozam is, de ehhez elengedhetetlen a jó tájolás biztosítása. Fontos, hogy a tervezés kezdeti fázisában számoljunk a napelemek alkalmazásának lehetőségével, így kialakíthatóak ideális tájolású felületek, illetve elkerülhető az egyedi méretű panelek alkalmazásának szükségessége. Meglévő épületek esetén is alkalmazhatóak napelem rendszerek a homlokzatokon, de a meglévő adottságokból adódóan nagyobb kompromisszumkészség szükséges, illetve várhatóan nehezebb a napelem rendszerek gazdaságos homlokzati integrálása.

A vizsgált épületek esetén a villamosenergia felhasználás közel 35%-a kiváltható megújuló energiaforrással. Ez az arány előreláthatólag a jövőben tovább növelhető az iparág gyors fejlődése miatt. Többek között speciális rendszereknek köszönhetően elérhető a napelem panelek hűtése is, aminek következtében a napelem rendszerek teljesítménye tovább növelhető [15]. Egy

ilyen rendszer ugyanakkor további be-ruházást igényel, aminek további költségvonzata van, ezért alkalmazásuk gazdasági szempontból vizsgálandó.

A napelemek homlokzati felületeken való elhelyezése egy új terület az építész társadalom számára is. A megszo- kott megoldások mellett egyre gyak- rabban kerül terítékre a funkcionális homlokzati felületek alkalmazása, így egyre szélesebb réteg érintett az épüle- tek homlokzatának ilyen módon történő megtervezésében.

HIVATKOZÁSOK

- [1] **Balázs Bence:** Napelem rendszerek épület-homlokzati integrálási lehetőségei, szakdolgozat, konzulensek: dr. Füredi Balázs, dr. Reith András, Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, 2022.
- [2] **Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark, Martin Zeumer:** Detail book: Energiatlas Nachhaltige Architektur. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, München, 2007. pp. 108-109, 138.
- [3] **Ökostromhelden:** <https://www.oekostromhelden.de/produkt/pv-solarmodul-aufstaenderung-balkonkraftwerk-einstellbar-teleskop-20-45/>
- [4] **Simon Roberts, Nicolò Guariento:** Building integrated photovoltaics / A handbook. Birkhäuser Verlag AG, 2009. 62-64, 70-74, 92-93.
- [5] [1] **Caltrans District 7 Headquarters,** <https://www.morphosis.com/architecture/13/>
- [6] [1] **Manchester College of Art & Technology,** <https://www.danielhopkinson.com/education-gallery/g7lekoxvnxuv5teos3fch39aasu3fh>
- [7] [1] **Tobias Grau Büro- und Produktionsgebäude Rellingen, D,** <https://www.haditeherani.com/de/works/tobias-grau>
- [8] **EU Science Hub:** Photovoltaic Geographical Information System, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [9] **Bernhard Weller, Claudia Hemmerle, Sven Jakubetz, Stefan Unnewehr:** Photovoltaics. Birkhäuser GmbH, 2010. p. 13. 6. ábra, pp. 30-31.
- [10] **NVSolar:** Amit a napelemekről tudni érdemes 2023-ban, <https://nvsolar.hu/a-napelemekrol/>
- [11] **Skelion:** Solar systems design plugin for Sketchup, <https://skelion.com/index.htm?v1.0.0>
- [12] **Roland Krippner (szerk.):** Building Integrated Solar Technology. Detail Business Information GmbH, München, 2017. p. 92.
- [13] **Hunginvest Mérnöki Iroda Kft.:** Építőipari költségbeclés segédlet 2022. ETK Kft. p. 145.
- [14] **HUDEX** Magyar Derivatív Energiatőzsdé, Piaci adatok, Villamos energia, Napi adatok, <https://hudex.hu/hu/piaci-adatok/villamos-energia/napi-adatok#year>
- [15] **Emiliano Bellini:** PV module cooling techniques at a glance, PV Magazine, 2022.01.26., <https://www.pv-magazine.com/2022/01/26/pv-module-cooling-techniques-at-a-glance/>