



M5 autópálya üzemeltetésében megújuló energia használatának vizsgálata

Sós Gábor

A-WAY Zrt.

E-mail: gabor.sos@m5autopalya.hu

DOI: [10.36246/UL.2023.1.04](https://doi.org/10.36246/UL.2023.1.04)

KIVONAT

Ez a cikk az M5-ös autópálya üzemeltetésében a megújuló energia felhasználásának lehetőségét vizsgálja, pontosabban az elektromos járművek autópálya-üzemben való felhasználásának lehetőségét, valamint napeleemes rendszer telepítését az Üzemeltetési és Fenntartási Mérnökségeken.

Az elektromos járművek használatára vonatkozóan összehasonlító elemzés készült, fókuszálva az elektromos járművekre a flottában jelenleg meglévő járművekkel szemben, részletes műszaki paraméterekkel. A kijelölt feladatok ellátására kiválasztott gépjárművek teljesítménymutatóinak elemzése alapján 58 járműből 3 cserélhető elektromos járműre.

A napelempark kapcsán az M5-ös autópálya Üzemeltetési és Fenntartási Mérnökségein betekintést kapunk az üzembe helyezhető rendszer típusába és teljesítményébe. A műszaki paraméterek és a befektetés megtérülése is bele van foglalva.

A fenti részletes megfontolásokat összegezve megállapítható, hogy a megújuló energia felhasználásának jelentősége és értelme van az M5-ös autópálya üzemeltetésében. Az elemzés eredményei alapján a napelempark telepítését engedélyezték Újhartyánon, Kiskunfélegyházán és Balástyán. Elindult az a folyamat, amely a megújuló energia bevezetését eredményezi az autópálya üzemeltetésében, és a jövőben a projekt további bővítésére lehet számítani. A megújuló energia hasznosítását a megtérülés, a környezettudatosság és a vállalat számára nyújtott piaci előny szempontjai alapján vezették be.

Kulcsszavak: megújuló energiaforrások, fenntartható, környezettudatosság, elektromos autó, akkumulátor, napelempark, napelem park, szigetüzemű rendszer, hálózatra visszatérő rendszer, megtérülés vizsgálat, autópálya, művezető, útellenőr, technikus

ABSTRACT

This article examines the possible usage of renewable energy in the operation of the M5 motorway, more specifically the possibility of using electric vehicle in motorway operation as well as the installation of solar system at the operation and maintenance centres.

Regarding the electric vehicle usage, a comparative analysis is made focusing on the electric vehicles as opposed to the existing vehicles in the fleet with detailed technical parameters. Based on the analysis of the performance indicators of the vehicles assigned to perform the dedicated tasks, 3 out of 58 vehicles can be replaced with electric vehicles.

With regard to the solar park, insight is given about the type and performance of the system that can be installed at the Operation and Maintenance Centres of M5 Motorway. The technical parameters and the return of the investment are also included.

Summarizing the above detailed considerations, the conclusion is evident that use of renewable energy has significance and meaning in the operation of the M5 motorway. Based on the results of the analysis solar park

installation has been approved in Újhartyán, Kiskunfélegyháza and Balástya. The process has been initiated that will result in the introduction of renewable energy in operation of the motorway and further expansion of the project can be anticipated in the future. Utilization of renewable energy has been introduced based on considerations in terms of return, environmental awareness as well as the market advantage it provides for the company.

Keywords: renewable energy sources, sustainable, environmental awareness, electric vehicle, battery, solar system, solar park, stand-alone system, regenerative system, return on investment, motorway, Foreman, Road Patrol, Technician

Sós Gábor

BME Út és Vasútépítési Tanszék hallgatója, az M5 autópályát üzemeltető A-WAY Zrt. vezérigazgatója.

1. BEVEZETÉS

A közelmúltban Nemzeti Létfontosságú Rendszerelemmé minősítették az M5-ös autópályát, és a koronavírus nehézségei közepette is jelentős erőfeszítéseket tettünk annak érdekében, hogy az autópálya folyamatos üzemét biztosítani tudjuk és megfelelően fertőtlenített pihenőkkel és a korábbiakban is megszokott magas színvonalon karbantartott autópályával vártuk az utazóközönséget. 2022. február 24-ét követően az európai piacon nem egyedülálló módon nyersanyaghiánnyal kellett szembesülnünk. A legjelentősebb tételeket említve, tevékenységünkhöz elengedhetetlen útszóró só és a szalagkorlátok alapanyagát képező acélipari termékek korábban Ukrajnából érkeztek, a folyamatos útellenőri tevékenységünk miatt az üzemanyagárak jelentős változásai is érzékenyen érintenek bennünket.

A jelenlegi energiaválságnak köszönhetően a megújuló energiaforrások használata előtérbe kerül. A fenntartható, innovatív és profitábilis modell megvalósulását célzó konzern-stratégiával összhangban munkatársaimmal folyamatosan elemezzük autópálya üzemeltetői tevékenységünket és keressük az M5 autópálya üzemeltetésében a megújuló energia használatának lehetőségét. Tavaly a BME Út- és Vasútépítési Tanszékének a képzésen vettem részt, és szakdolgozatomat is ebben a témában írtam az „M5 autópálya üzemeltetésében megújuló energia használatának vizsgálata” címmel.

Szakdolgozatomban az elektromos autó autópályaüzemeltetésben történő használatát és a napelemrendszer telepítését az üzemmmérnökségekre vizsgáltam. Három szempont a megtérülés, a környezettudatosság, és a jövőben esedékes projekteknél, mint piaci előny a versenytársakkal szemben. A megtérülés számítását 2022-es adatok alapján végeztem el.

2. AZ ELEKTROMOS AUTÓ HASZNÁLATÁNAK VIZSGÁLATA

Az elektromos autó használatának vizsgálata 2021. decemberében kezdődött és továbbra is tart.

Az M5-ös autópályán az 58 járműből álló járműpark tekintetében a teherautókat és az erőgépeket jelenleg nem lehet elektromos járműre váltani. A haszongépjárművek esetében az útellenőri járműveket, a művezetői kishaszongépjárműveket és a technikai járműveket vizsgáltam meg részletesen.

Útellenőri járművek vizsgálata

Az útellenőri szolgálat az autópálya használók számára nyújtott 24 órás szolgáltatás: 6 és 22 óra között két óránkénti, 22 és reggel 6 óra között pedig négy óránkénti ellenőrzés.

A jelenleg üzemelő Renault Master útellenőri autók elektromos üzemű autóra történő cseréje esetén az elsődleges szempont a jelenlegi méretű raktérrel rendelkező és a jelenlegivel azonos terhelhetőségű autó beszerzése. Fontos szempont még, hogy az autó legalább a leghosszabb távot teljesíteni tudja egy töltéssel, valamint az autók akkumulátorainak töltése gyorsítottal a lehető legkevesebb időt vegye igénybe.

Az útellenőrök számára előírt, az újhartyáni, a kiskunfélegyházi és a balástyai üzemmmérnökségekről induló útvonalak elemzése szerint a leghosszabb útvonal 135 km, amit négy óránként kell teljesíteni a

III. műszaknak. Az út megtétele 1 óra 55 percre telik, az autó utána 2 óra 5 percet áll. Az I. és II műszak által bejárando leghosszabb út egyszerre 73 km. Ezt két óránként kell teljesítenie egy autónak. Az út megtétele 1 óra 10 percre telik, az autó utána 50 percet áll.

1. táblázat. Renault Master Furgon Z.E, valamint Iveco Daily Electric típusú járművel végzett összehasonlítás.

Jellemző	Elvart érték	Renault Master Furgon Z.E. TKG	Iveco Daily Electric	Értékelés
Raktér mérete	9 m ³	8-15 m ³	16 m ³	+
Terhelhetőség	1386 kg	1075kg – 1450 kg	2026 kg	+
Hatótáv	135 km	197 km	180 km	+
Töltési idő	50 perc	3 h	2 h	-

A töltési idő a probléma mindkét elektromos autó esetében. Az I. és II. műszak alatti 50 perces állás alatt az autó akkumulátora csak villámtöltővel tölthető fel, de ehhez a telephelyeken komoly átalakítást kell elvégezni, aminek a költsége több szakcéggel történt egyeztetés szerint kb. 16 millió forint.

További hátráltató tényező pl. egy baleset. A baleset vagy más, az autópályán bekövetkezett esemény miatt az útellenőri körök gyakorisága módosulhat. Az útellenőrnek ezeket az eseteket és indokokat adminisztrálni kell. Baleset esetén az útellenőr feladata a helyszínen járműre szerelt jelzések segítségével az autópályát használók tájékoztatása. Az URH rádió, GPS rendszer, fénnyíl, villogófény, nyáron klíma, télen fűtés állás közben és menet közben is működnek és csökkentik a hatótávot.

2021-ben 462 db baleset került regisztrálásra 19 esetben 20 perc és 7 óra 14 perc közötti állásidők is előfordultak.

Az üzembiztonságot és a beruházási költségeket figyelembe véve az a javaslat született, hogy az útellenőr járműveket 2022-ben ne cseréljük elektromos autókra.

Művezetői járművek vizsgálata

Jelenleg a művezetői, a technikus munkakörhöz Renault Kangoo járműveket használunk. Továbbá van egy kulcsos autó, és a tengelysúlymérő állomás vezető is Renault Kangoo járművet használ.

A feladatok hatékony ellátása érdekében a járművekkel a munkavállalók haza mehetnek, így készenlétben azonnal tudnak reagálni az egyes helyzetekre, ezért és az ad-hoc feladatok miatt ezeknek a járműveknek nem kötött az útvonaluk, a megtett út naponta változhat.

A legtöbbet használt művezetői autó a legtöbb téli elhárítással érintett 2021. december hónapban 4232,1 km tett meg. Naponta átlagosan egy művezetői autó 136,5 Km tesz meg, a leghosszabb napi út 2021.12.15 -én adódott, ez 320,2 km volt, ami több, mint az elektromos Kangoo által megtehető hatótáv, amit befolyásol a terhelés, az időjárás és a sebesség is.

Az elektromos Kangoo bevezetésének lehetősége következő paraméterek figyelembevételével:

Renault Kangoo Express Z.E. (ez egy új változat)

- 123 LE motor 45 kWh akkumulátor.
- 3,9 m³ raktér.
- 600 kg-os hasznos teherbírás.
- Átlagos hatótáv 300 km terhelten.

Töltési módok:

- 11 kW váltakozó áram töltési idő 2 óra 40 perc.
- 22 kW váltakozó áram töltési idő 1 óra 30 perc.
- 80 kW egyenáram töltési idő 42 perc.

Az egyik beszállító adatai szerint 90-100 km/h sebesség esetén a fogyasztás 20 kWh/100 km. Nagyobb sebesség és több fogyasztó használata esetén a hatótáv lecsökken.

A művezetői autó töltését munkaidőben lehet megoldani, mert nem várható el a munkavállalótól, hogy otthon töltsse, erre még nem alkották meg a jogi háttérrel a jogalkotók, de információim szerint erre a jövőben sor kerül.

Amint az előzőekben bemutattam, villámtöltő létesítése kb. 16 millió forint beruházást jelentene telephelyenként. Ezt a tulajdonossal egyeztetve nem tudjuk megvalósítani. A továbbiakban az AC töltési lehetőségekben kell gondolkodni, amivel a töltési idő 22 kW esetén 1 óra 30 perc. Ezt azt jelenti, hogy munkaidőben kell ezt a töltést elvégezni, úgy, hogy az üzembiztonságot a meglévő szinten fenntartsuk. Ez munkaidőben nem látszik megoldhatónak.

A következő lépés munkakörnyezetben végrehajtott teszt lenne, de tesztautó hiányában még nem került sor.

- Technikusi járművek vizsgálata

A technikus autó esetében a napi átlagos megtett út 2022. márciusában 124 km, a napi maximum 200 km volt.

A technikus autók esetében az autópálya mentén történő javítás esetén álló helyzetben is van fogyasztás - URH rádió, a flotta rendszer és a fényvillogó. Az áramfelvétel 6,132 A, ami 12 V-os rendszerben 0,07362 kW fogyasztást jelent. Három órás - az autópálya leállósávján álló a technikus autó fogyasztása 0,22 kW, ami a 45 kWh akkumulátor rendszert nem terheli jelentősen.

Lehetőség van a kiegészítő fogyasztókat külön úgynevezett munka akkumulátorral táplálni.

Az autó akkumulátor rendszere képes egy DC-DC konverteren keresztül a töltést biztosítani, amely a nagyfeszültségű akkumulátorban eltárolt energiából tölti a 12 Volt-os akkumulátort. Van már olyan megoldás, hogy járműre szerelt napelemmel töltik a kiegészítő fogyasztókat tápláló 12-Volt-os akkumulátort, de ez a megoldás még nem terjedt el.

Az Újhartyánban levő technikus autó éjszaka a telephelyen marad, ezért ebben az esetben lehetőség van az elektromos Kangoo bevezetésére. Az AC 22 kW -os töltővel el lehet végezni éjszaka 100%-os szintig a töltést. A műszak kezdetekor az autó 100%-os feltöltött állapotban lesz, és a napi munkavégzés megoldható.

- A kulcsos autó és a tengelysúlymérő állomásvezető autója

A meglévő flotta rendszerben a tengelysúlymérő állomásvezető gépjárműve 2831 Km utat tett meg 2021. szeptemberében, a legmagasabb napi futás 276 km volt.

A megvizsgált elektromos autók közül a Dacia nem felel meg az elvárt követelményeknek, nem lehet AC 22 kW teljesítményű töltővel tölteni, ezért a töltési idő 5 h-ra nő, ami nem tervezhető munkaidőben. A 125 km/h maximum sebesség sem autópályás környezetben való használatra ajánlott.

A Renault műszaki paraméterei megfelelőek a tengelysúlymérő állomásvezető előbbiek szerinti futásteljesítményének kielégítéséhez.

A Renault ZOE esetében a hatótáv 395 km. Az adatlap szerint meghatároztak egy nyári és egy téli hatótávot, ez pedig a következő: nyár/tél 300/200. Adataink szerint a tengelysúlymérő állomásvezető autóra, a kulcsos autóra vonatkozóan a téli időszakra nem volt 200 km -nél nagyobb napi futás. Amennyiben a téli időszakban egy nap 200 km-nél nagyobb út megtételére lesz szükség, akkor kalkulálni kell a töltési idővel. Lehetőség van AC 22 kW töltésre, amivel a töltési idő 3 óra. Renault Megane esetében a hatótáv 300 km és a töltés idő is a legalacsonyabb.

Megtérülés vizsgálat

A műszaki paraméterek összehasonlítása alapján megtérülés vonatkozásában tovább vizsgáltam a tengelysúlymérő állomás vezetői -, a kulcsos- és a technikus autót a következő táblázatok szerint:

2. táblázat. Renault Kangoo éves üzemeltetési költség.

Típus	Km/ év	Fogyasztás [liter] /év	Üzemanyag ár [Ft]	Üzemanyag költség / év [Ft]	Üzemeltetési költség /év [Ft]	Éves összes költség [Ft]
-------	--------	------------------------	-------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------------------

Renault Kangoo TENGELYSÚLYMÉRŐ ÁLLOMÁS VEZETŐ	28 934	2218,9	500	1 109 450	178 213	1 287 663
R. Kangoo Kulcsos	24 904	1920,71	500	960 355	616 500	1 576 855
R. Kangoo Technikus	12 551	622,88	500	217 240	516 164	733 404

A töltési költség az elektromos autók évi 28 934 km futásteljesítménye, 300 km hatótáv és 56,29 Ft / kWh 2022 -es szerződött ár figyelembevételével a Zoe esetén 282 307 Ft, Megane esetén 217 159 Ft:

3. táblázat. Elektromos autó üzemeltetési költség.

Típus	Km/ év	Hatótáv	Áram kWh ár [Ft]	Teljesítmény kWh	Töltés éves költsége /év [Ft]
Renault Zoe	28 934	300	56,29	52	282 307
Renault Megane	28 934	300	56,29	40	217 159

Magyarázat:

$$\left(\frac{28\,934 \times 52}{300}\right) 56,29 = 282\,307$$

A Zoe elektromos autó üzemeltetési költsége az autó adatlapja alapján 120 000 Ft /év, a töltési és az üzemeltetési költség összesen 402 307 Ft / év.

$$120\,000 + 282\,307 = 402\,307$$

A Megane esetén az éves üzemeltetési költség 130 000 Ft/év, a töltési és az üzemeltetési költség összesen 347 159 Ft / év.

Számolás:

$$\left(\frac{28\,934 \times 40}{300}\right) 56,29 = 217\,159$$

Üzemi költség számolás:

$$130\,000 + 217\,159 = 347\,159$$

4. táblázat. Elektromos autó töltési költség.

	Renault Kangoo tengelysúlymérő állomás vezető	Renault Zoe	Renault Megane
Éves összes költség [Ft]	1 287 663	402 307	347 159
Megtakarítás évente [Ft]		885 356	940 504

Az éves összes költség (üzemanyag és üzemeltetési) összevetése alapján a dízel Kangoo-hoz képest a Zoe esetében 885 356 Ft az éves megtakarítás, míg a Megane vonatkozásában 940 504 Ft /év az üzemeltetési megtakarítás.

A 2022-ben kapott beszerzési árak a következők:

- Renault Kangoo dízel 2022-es beszerzési nettó ára 8 622 020 Ft.
- Renault ZOE e-tech Electric Zen R110 2022-es beszerzési nettó ára 10 266 929 Ft.

- Renault Megane E-tech 2022 beszerzési ára nettó 12 400 786 Ft.

Az alábbi táblázatban összesítem a költségeket és a megtakarításokat:

5. táblázat. Megtérülés Renault Zoe és Renault Megane.

	Renault Zoe tengelysúlymérő állomás vezető Költségek [Ft]	Renault Megane tengelysúlymérő állomás vezető Költségek [Ft]
Éves megtakarítás	885 355	875 355
Beszerzési ár közötti különbség	1 644 909	3 778 766
AC 22kW Töltő vezérlő kiépítés tengelysúlymérő állomás vezető	3 863 470	3 863 470
Töltő üzemeltetési díj [év]	180 000	180 000
Megtérülés	[Év]	[Év]
Megtérülés töltő nélkül	1,86	4,32
Megtérülés töltő telepítésével	6,42	8,94

Kétféle megtérülést határoztam meg:

- Amennyiben az M5 specifikus Renault Kangoo helyett egy alap Renault Zoe kerül beszerzésre a megtérülési idő 1,86 év. Fontos megjegyezni, hogy elektromos töltőt kell telepíteni kb. 4 millió Ft költséggel a Lajosmizse tengelysúlymérő állomás telephelyre ahhoz, hogy folyamatosan biztosítani tudjuk a töltést, biztosítva az elvárt üzembiztonságot. Ezzel a megtérülési idő 6,42 év. Ez egy indikatív kalkuláció, mert a hálózati betáplálást növelni kell a telephelyen és ez további költség, ami a megtérülési időt módosítja.
- A Renault Megane e-tech-re a töltő nélküli megtérülés 4,32 év. Töltővel telepített megtérülés 8,94 év, de ehhez még jön a hálózatbővítés költsége, aminak a költségvonzatát nem tudjuk.

A megtérülést tovább rontja az a tényező, hogy az elektromos autók után az ÁFÁ-t nem lehet visszaigényelni. Ebben az esetben a beszerzés bruttó értékét kell figyelembe venni. Ez a következő:

- Renault ZOE e-tech Electric Zen R110 2022-es beszerzési bruttó ára 13 039 001 Ft.
- Renault Megane E-tech 2022 beszerzési bruttó ára 15 748 998 Ft.

Az elektromos autók bruttó beszerzési árával számított megtérülés a Renault Zoe esetén töltő telepítése nélkül 4,99 év, AC töltő telepítéssel 9,56 év. Renault Megane E-tech esetén AC 22 kW töltő telepítése nélkül 8,14 év -, AC töltő telepítésével 12,76 év a megtérülési idő.

A kulcsos autó esetében a fenti számítás alapján a következő eredmények születtek:

- Ha Renault Megane E-tech elektromos autót tervezünk használni kulcsos autó helyett, akkor a megtérülési idő AC töltő telepítéssel 12,34 Év. Fontos megjegyezni, hogy az újhartyáni telephelyen van a kulcsos autó és a technikai autó is. Erre a telephelyre az AC 22 kW töltő telepítési költsége kb. 2 millió Ft, az éves üzemeltetési költséggel együtt.
- Renault Zoe esetén a megtérülési idő AC töltővel számítva 8,59 év. AC töltő nélkül 5,84 év.

Előnyök

- Az elektromos autók esetében a fenntartási költségek alacsonyabbak hagyományos társaikhoz viszonyítva.

- Szervizköltsége elhanyagolható, hiszen pl. nincs szükség a kötelező motorolaj és szűrői cserére. Továbbá az elektromos motorfék miatt a "motor" fék használatával, ami igen jelentős, a fékek csereintervalluma is jelentősen megnő.
- Az akkumulátorokra 7-8 év gyári garancia van.
- A Magyarországon kivetett adók közül mentesül az átírási illeték, a regisztrációs adó, a gépjármű adó és cégautó adó alól, valamint a főváros teljes területén ingyenes a parkolás annak, aki ezt a haladó technológiát használja.
- A kereskedelmi forgalomban kapható járművek közül egyedül az elektromos autók nem bocsátanak ki közvetlenül káros anyagot. Viszont az elektromos áram előállítása során keletkezhet káros anyag. Nem illik figyelmen kívül hagyni, hogy az elektromos áram – ami az elektromos autók üzemanyaga – előállítása során azért keletkezhet káros anyag, aminek mennyisége az előállítás módjától függ. Az M5 esetében pozitív befolyásoló tényező, ha napelem park kerül telepítésre a telephelyekre, mert az így előállított elektromos áram egy része felhasználható az autók töltéséhez. Összességében elmondható, hogy az elektromos autók jóval kevesebb szén-dioxidot bocsátanak ki, mint a belső égésű motorokkal rendelkező járművek.
- ***A kibocsátás még kisebb lehet, ha megújuló erőforrásból származó áramot használunk*** az autók töltéséhez. Jelenleg vizsgáljuk a napelem telepítésének lehetőségét Újhartyánban, Kiskunfélegyházán és Balástyán.

Hátrányok

- A gyors töltéshez töltőállomás telepítésre van szükség, ami plusz beruházást jelent.
- Más szemlélettel kell használni a benzines vagy a dízel autókhoz képest. Fontos, hogy állás közben töltőn legyen az autó. Az utazás során folyamatosan meg kell tervezni azt, hogy hol van töltési lehetőség. Ha parkol az autó, akkor célszerű olyan helyen parkolni, ahol lehetőség van tölteni az autót.
- A megtérülési idő a bruttó elszámolás miatt a Renault Kangoo dízelhez képest kitolódik úgy, hogy közben lejár az akkumulátorok garanciális időszaka.
- Töltőállomásokat kell telepíteni, ehhez a hálózatot át kell alakítani.

Összességében: az újhartyáni technikus járművet gazdaságos elektromos Kangoo-ra, vagy azzal egyenértékű járműre cserélni. A tengelysúlymérő állomásvezető és a kulcsos autót teszt jelleggel lehet más típusú elektromos személyautókra cserélni. Ezzel a vállalat előre lép a környezet tudatosságban, és piaci rést, piaci előnyt is realizálhat a jövőben más projektek megpályázásánál.

Az elektromos autó használata többlet energia növekedést jelent az egyes telephelyeken, de ennek a fogyasztásnak egy részét kompenzálja a telepíthető napelem rendszer, amit a következő részben mutatok be.

3. NAPELEMRENDSZER TELEPÍTÉS VIZSGÁLATA AZ ÜZEMMÉRNÖKSÉGEKRE

A napelemek esetében a kétféle megoldási rendszer a szigetüzemű, valamint a hálózatra visszatápláló rendszer.

Szigetüzemű napelem rendszert olyan helyekre telepítenek, ahol vételezhető elektromos áram nem áll rendelkezésre. Az M5 autópályán már működnek szigetüzemű napelem rendszerek, amelyek az elektromos rendszereket, pl. a segélykérő rendszert működtetik. A segélykérő rendszer esetében a napelemes sziget üzemmód megfelelően működik, nem volt tápellátási probléma az évek során. A forgalomszámláló és a meteorológia állomások egy része működött sziget üzemmódban napelemről. A tápellátás ugyancsak megfelelően működött. Az állomásokat az évek során lehetőség szerint elektromos hálózatra kötöttük, mert folyamatosan eltulajdonították az akkumulátorokat. Összességében elmondható, hogy a sziget üzemmód hasznos az autópálya mentén ott, ahol kislevegységek vannak.

A hálózatra visszatérő rendszerben – az előzővel szemben - nincs akkumulátor, a hálózat látja el ezt a szerepet. A napsütéses időszakban az energiát a hálózatba tápláljuk, a napfényben szegény időszakban pl. éjszaka vagy este a hálózatból nyerjük az energiát. Lehetőség van úgy méretezni a napelem rendszert, hogy az éves igény akár 100%-a lefedhető. A szolgáltatóval történő egyeztetés alapján két megoldás van, az egyik az éves elszámolás, a másik a havi elszámolás.

Az M5 autópálya telephelyein Újhartyánban, Kiskunfélegyháza és Balástya a hálózatra visszatérő rendszerben lehet gondolkodni.

Vizsgálandó, hogy a telepítés lehetősége (van-e felület, ahová telepíthető a rendszer, mekkora rendszer kell az egyes telephelyekre, milyen paraméterekkel rendelkeznek a mérnökségek) és a megtérülés.

Kiinduló adatok:

6. táblázat. Lékötött teljesítmény.

	Újhartyán	Kiskunfélegyháza	Balástya
Lékötött áramigény	3x80A	3x160 A	3 x 100 A
Éves fogyasztás	132 540 kWh	66 659 kWh	86 304 kWh

Az elhelyezkedéshez figyelembe kell venni a tájolást, és az elektromos hálózat kialakítását is. A fenti fogyasztási adatok alapján a telephelyekre a háztartási kiserőművet lehet telepíteni, a továbbiakban a rövidített HMKE nevet használom. A HMKE esetén a belső hálózaton el nem fogyasztott villamos energiát a kereskedő köteles átvenni. A termelt megengedett maximális teljesítmény 50kVA, e-fölött nem lehet HMKE rendszert telepíteni. 3x80 A felett havi elszámolás van, alatta pedig éves.

Újhartyán

A telephelyen található irodaépület, műhely és garázs épület, sótároló, és nyitott szín. A telephelyi adottságokat figyelembe véve kell a leoptimalisabb elhelyezkedést megtalálni. Törekedni kell arra, hogy egyik napszakban se vetüljön árnyék a napelemekre, ez ugyanis teljesítmény csökkenéshez vezet. Fontos a déli tájolás és a 35-40 fokos dőlésszög. Ezzel lehet a legtöbb energiát megtermelni éves viszonylatban.

Újhartyánban volt olyan verzió, ahol a napelemek a garázs műhely épületen kerülnek elhelyezésre, másik lehetőségként egy osztott rendszert javasoltak - a napelem park fele a nyitott szín tetejére a másik fele a garázs épület tetejére lett tervezve. A zöld területre történő telepítés el lett vetve, mert nincs elegendő szabad négyzetméter terület. Az irodaépületre nem előnyös telepíteni a napelemeket, mert nagy a távolsága a főelosztó és a garázs épület között. Ebben az esetben új kábel telepítésére van szükség és ez hátrányt jelent a költségek tekintetében. A garázs épületen túl sok akadályozó tárgy van, pl. bevilágító. A sótároló tetőkialakítása nem alkalmas erre a feladatra.

Végül a nyitott szín bizonyult az ideálisnak a napelempark telepítésére.

A vállalkozó által javasolt megoldás szerint Újhartyánba a nyitott szín tetejére 136 db napelemet kell telepíteni. Ez 51,68 kW DC teljesítményt, 45 kW AC teljesítményt és 61,91 MWh éves energiatermelést jelent. Az éves fogyasztás 132.54 MWh.

A nyitott színhez 300 méter hosszú 3 x 90 mm² keresztmetszetű alumínium kábel megy. A méretezés alapján ezen a kábelon nem lehet a napelem által előállított maximum teljesítményt áthajtani, ezért került betervezésre 136 db napelem, amivel az 50 kW-os rendszer helyett 45 kW -os rendszer kerül kialakításra. A termelés egész évben alatta marad a fogyasztásnak, azaz itt az éves fogyasztást a HMKE rendszerrel nem lehet 100 %-ban lefedni.

A lenti ábrán látható a napelemek elhelyezésének terve.



1. ábra. Napelemek elhelyezési terve, Újhartyán.

Kiskunfélegyháza

A telephelyen szintén van sótároló, iroda épület, garázs, műhely épület és nyitott szín. Ezek az épületek kerültek vizsgálat alá az elhelyezkedés szempontjából.

Kiskunfélegyházán is két verzió született a napelemek elhelyezésére, az egyik a sótároló, a másik a garázs és a nyitott szín. A sótároló nem alkalmas, mert az elektromos kábelt ki kellene cserélni és ez megnöveli a költségeket. A főelosztó a garázs épületben van, így a tájolás és a kiépítés szempontjából a legoptimálisabb hely a nyitott szín és a garázs épület tető.

A tetőszerkezet esetében elindult egy statikai felmérés, folyamatban van a megerősítés, javítás tervezése. A teherbírás számításához figyelembe kell venni 1 db napelemnek a súlyát, ami az adattáblája szerint 25.3 kg +/- 3%.

143 db napelem kerül 143 db napelem kerül telepítésre a nyitott színre és a garázs épület tetejére elosztva, ezzel maximum 54,34 kWp DC teljesítmény, 48,72kW AC teljesítmény érhető el. Az éves energiatermelés 71,62 MWh, az éves fogyasztás 62,9 MWh. Az éves energiatermelés és fogyasztás havi eloszlásának vizsgálata során az látható, hogy áprilistól szeptember végéig többlet termelés van, októbertől március végéig pedig alul marad a termelés a fogyasztáshoz képest.

A lenti ábrán látható a napelemek elhelyezésének terve.



2. ábra. Napelemek elhelyezési terve, Kiskunfélegyháza.

Balástya

Sótároló, irodahelyiség, műhely és garázsépület, valamint nyitott szín található a telephelyen. Itt a sótároló tetőre lettek betervezve a napelemek. A tájolás megfelelő, a főelosztó a garázs és a műhely épületnek a sótároló felőli részén található, az út alatt a védőcsövezés rendelkezésre áll a kábelek behúzásához.

A telepítésre tervezett 158 db pannellel maximum 60.04 kWp DC -, 59.15 kW AC teljesítmény érhető el. Az éves energiatermelés 78,32 MWh; az éves fogyasztás 86,3 MWh. Az éves fogyasztás és a termelés

havi kimutatásának elemzése során látható, hogy áprilistól szeptember végéig többlet termelés van, októbertől március végéig pedig alul marad a termelés a fogyasztáshoz képest.

A lenti ábrán látható a napelemek elhelyezésének terve.



3. ábra. Napelemek elhelyezési terve, Balástya.

A fentiekben bemutatott paraméterek alapján műszaki szempontból a telephelyeken megvalósítható a napelem park telepítése. A figyelembe vett, a 2021-es évben hatásfok szempontjából a legelterjedtebb panel típus: JAM 72S03 360 -380 PR, a panelek névleges teljesítménye 380 Wp. A mono napelemek PERC technológiával készülnek.

A napelem park település megtérülés számítása

A megtérülés számításhoz nagyon fontos paraméter az áram ára, pontosabban 1kWh költség. A bekerülési költség 2020-ban 21,49 HUF/ kWh, 2022-ben 56,29 HUF/kWh és azóta is tovább nőtt. Többek között ez a jelentős energia ár növekedés késztetett arra, hogy megvizsgáljam a napelem telepítésének lehetőségét.

Újhartyán mérnökség esetében a következő ábra szerint alakul a megtérülés.

Újhartyán napelem kWh kimutatás

7. táblázat. Újhartyán napelem kWh kimutatás.

HMKE Újhartyán OMC 51,68 kWp

Hónap	Solar-energy termelés (kWh)	Fogyasztás (kWh)	Fogyasztás különbség (kWh)	Többlet termelés (kWh)
Január	1 750	11045	9 295,000	0
Február	3 050	11045	7 995,000	0
Március	5 100	11045	5 945,000	0
Április	6 590	11045	4 455,000	0
Május	8 020	11045	3 025,000	0
Június	8 220	11045	2 825,000	0
Július	8 480	11045	2 565,000	0
Augusztus	7 330	11045	3 715,000	0
Szeptember	5 670	11045	5 375,000	0
Október	4 080	11045	6 965,000	0
November	2 060	11045	8 985,000	0
December	1 580	11045	9 465,000	0
SUM:	61 930	132 540,000	70 610,000	0

Újhartyában 51,68 kWp rendszer telepíthető, az ábrán látható havi lebontásban a fogyasztás és a termelés. A napelem termelt érték 61.930 kWh, ez nem fedi le az éves fogyasztást, ami 132,540 kWh. A különbség 70 610 kWh.

A pénzügyi paraméterek a következők:

8. táblázat. Újhartyáni pénzügyi paraméterek.

Pénzügyi paraméterek	HUF
Energia Költség (HUF/kWh)	56,29
Beruházás költsége (HUF)	12 627 711,00
Éves megtérülés	3 486 039,7
ROI befektetés arányos megtérülés 20 év (HUF)	57 093 083,0

Újhartyán pénzügyi paraméterek

A beruházás költségét többkörös árajánlatadás, és bejárás, egyeztetés során kaptam meg. Az éves megtérülés összegét úgy számoltam ki, hogy az összes (SUM) termelést megszoroztam az 1kWh energia költségével. Ez számszerűsítve:

$$61\,930 \times 56,29 = 3\,486\,039,7$$

A beruházási költséget évente csökkentve az éves megtérülés költségével 20 éven keresztül, akkor a ROI befektetés arányos megtérülés kb. 57 millió HUF lesz a fenti táblázat szerint.

Újhartyán napelem megtérülés

9. táblázat. Újhartyán napelem megtérülés.

HUF
-9 141 671,3
-5 655 631,6
-2 169 591,9
1 316 447,8
4 802 487,5
57 093 083,0

A táblázatban bemutatom, hogy mikor megy át negatívból plusz értékbe a befektetés arányos megtérülés. Ez a számítás szerint negyedik évben történik meg, ezt kiemeltem a táblázatban. A megtérülési idő 4 év Újhartyán esetében

Kiskunfélegyházán a telepíthető rendszer teljesítménye 54,3 kWp, az éves összes termelés 71 630 kWh, az éves fogyasztás 62 895 kWh. Látható, hogy több a termelés, mint a fogyasztás, áprilistól szeptemberig a többlet termelés 23 967 kWh, amit havonta el kell számolni a szolgáltatóval - a havi szaldóban kiváltható érték az összesen megtermelt érték és a többlet termelés különbsége, ami 47 663 kWh. A kWh termelés és fogyasztás kimutatása adatai alapján mutatom be a megtérülés számítását. Az újhartyáni átalány díjas elszámolással szemben, Kiskunfélegyházán a havi tényleges fogyasztás alapján havi elszámolás érvényesül.

Kiskunfélegyháza napelem kWh kimutatás

10. táblázat. Kiskunfélegyháza napelem kWh kimutatás.

HMKE Kiskunfélegyháza OMC 54,3kWp				
Hónap	Solar-energy termelés (kWh)	Fogyasztás (kWh)	Fogyasztás különbség (kWh)	Többlet termelés (kWh)
Január	2 760	7581	4 821,000	0
Február	3 870	6240	2 370,000	0
Március	5 940	6225	285,000	0
Április	7 760	4169	0,000	3 591
Május	8 670	4425	0,000	4 245
Június	9 020	3693	0,000	5 327
Július	9 260	4678	0,000	4 582
Augusztus	7 910	3696	0,000	4 214
Szeptember	6 450	4442	0,000	2 008
Október	4 950	6200	1 250,000	0
November	2 890	5352	2 462,000	0
December	2 150	6 194	4 044,000	0
SUM:	71 630	62 895,000	15 232,000	23967

A megtérülés számításnál figyelembe vettem a pénzügyi paramétereket. A beruházás költségét árajánlat alapján írtam be. Az éves megtérülés számításnál a termelés oszlopból január, február, március, október, november, december cellát vettem figyelembe. Az április, május, június, július, augusztus, szeptember hónap esetében a fogyasztás cellában levő értékekkel számoltam, ez megegyezik a havi szaldóban kiváltható értékkel. Ez a havi termelés fogyasztás kimutatás alapján történik. Így az éves megtérülés a havi szaldóban kiváltható érték szorozva az energia költséggel.

A pénzügyi paraméterek következők:

11. táblázat. Kiskunfélegyháza pénzügyi paraméterek.

Pénzügyi paraméterek	HUF
Energia Költség (HUF/kWh) 2022-ben	56,29
Beruházás költsége (HUF)	12 896 078,00
Éves megtérülés	2 682 950,27
ROI befektetés arányos megtérülés 20 év (HUF)	40 762 927, 4

Kiskunfélegyháza pénzügyi paramétere

Magyarázat a havi szaldóban kiváltható értékhez: A 12. táblázatban a Solar energy termelés (kWh) oszlop értékének összege 71 630 kWh, ez az összes termelés. Ebből kell kivonni a többlet termelést, ami a szolgáltató felé kerül elszámolásra. Ezt a többlet termelés oszlop szerint 23 967 kWh. A két érték különbsége adja a havi szaldóban kiváltható értéket.

$$71630 - 23967 = 47663$$

A táblázatban kiemeltem a hónapokat, ami alapján a havi szaldóban elszámolásra kerül. A többlet termeléssel nem számolok a megtérülésnél, csak azzal a kWh értékkel, amit a napelem megtermel. A kijelölt hónapok kWh összegét kell figyelembe venni ebben az esetben, mert Kiskunfélegyházán nem átalány fizetés van. A kijelölt hónapok összege **47 663 kWh**.

12. táblázat. Magyarázat havi szaldó értékhez.

HMKE Kiskunfélegyháza OMC

54,3kWp

Hónap	Solar-energy termelés (kWh)	Fogyasztás (kWh)	Fogyasztás különbség (kWh)	Többlet termelés (kWh)
Január	2 760	7581	4 821,000	0
Február	3 870	6240	2 370,000	0
Március	5 940	6225	285,000	0
Április	7 760	4169	0,000	3 591
Május	8 670	4425	0,000	4 245
Június	9 020	3693	0,000	5 327
Július	9 260	4678	0,000	4 582
Augusztus	7 910	3696	0,000	4 214
Szeptember	6 450	4442	0,000	2 008
Október	4 950	6200	1 250,000	0
November	2 890	5352	2 462,000	0
December	2 150	6 194	4 044,000	0
SUM:	71 630	62 895,000	15 232,000	23967
Havi Szaldóban kiváltható:	47 663			

$$47663 \times 56,29 = 2\,682\,950$$

A táblázat alapján a beruházási költséget évente csökkentem az éves megtérülés értékével és így a befektetéssel arányos megtérülés (ROI) 40 762 927,4 HUF 20 éves ciklus alapján.

Kiskunfélegyháza megtérülés

13. táblázat. Kiskunfélegyháza megtérülés.

ÉV	HUF
1	-10 213 127,73
2	-7 530 177,460
3	-4 847 227,19
4	-2 164 276 ,92
5	518 673,35
20	40 762 927,4

A táblázatban látható, hogy negatívból plusz értékre az ötödik évben vált át a meglévő adatok alapján. A megtérülési idő 5 év Kiskunfélegyháza esetében.

Balástya esetében is a fenti logika mentén készítettem el a megtérülés számítását. 60kWp rendszer telepítése került betervezésre, az éves fogyasztás 83 304 kWh, a rendszer által megtermelt energia 78 320 kWh. Ebből a havi szaldóban kiváltható érték 62 531 kWh. A számítások alapján az eredmények a következő táblázatban találhatóak:

Balástya pénzügyi paraméterek

14. táblázat. Balástya pénzügyi paraméterek

Pénzügyi paraméterek	HUF
Energia Költség (HUF/kWh) 2022-ben	56,29
Beruházás költsége (HUF)	14 219 252
Éves megtérülés	3 519 852
ROI befektetés arányos megtérülés 20 év (HUF)	56 177 798, 802

A beruházási költséget évente csökkentem az éves megtérülés értékével és így a befektetéssel arányos megtérülés (ROI) 56 177 798, 802 HUF 20 éves ciklusra vonatkoztatva.

Balástya megtérülés

15. táblázat. Balástya megtérülés.

ÉV	HUF
1	-10 699 399,460
2	-7 179 546,920
3	-3 659 6947,380
4	-139 841,84
5	3 380 010,701
20	56 177 798,802

A táblázatban látható, hogy negatívból plusz értékre az ötödik évben vált át a meglévő adatok alapján. A megtérülési idő 5 év Balástya esetében.

Összefoglalva: Újhartyán autópálya mérnökségen a rendszer telepítésének megtérülése 4 év, Kiskunfélegyházán és Balástyán 5 év. Mivel nem várható, hogy a jövőben az energia árak, így az áram 1kWh/HUF ára csökkenjen, ezért javasolt a megvizsgált napelem rendszerek telepítése.