

# Dunaújváros

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2019. VII. évfolyam II. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

PETROVICKIJNÉ ANGERER ILDIKÓ  
Az elektromobilitás bevezetési  
lehetőségeinek vizsgálata Duna-  
újvárosban – a város légszeny-  
nyezési mutatóinak függvényé-  
ben 2. rész

CSEPELI ZSOLT  
Járműipari beszállítók által  
használt szerkezeti anyagok fej-  
lesztési irányai az elektromobili-  
tás tükrében 2. rész

SZABÓ ISTVÁN  
Az elektromobilitás időszerűsé-  
ge. Szükséges, mégsem elégséges  
feltétele civilizációnk fennmara-  
dásának 2. rész

DEBRENTI EDITH  
„Adjatok egy bokor gyereket...”



# Dunakavics

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2019. VII. évfolyam II. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

MEGJELENIK ÉVENTE 12 ALKALOMMAL

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

András István, Ágoston György, Balázs László, Nagy Bálint, Németh István,  
Rajcsányi-Molnár Mónika, Szabó Csilla Marianna.

Felelős szerkesztő Németh István  
Tördelés Duma Attila

Szerkesztőség és a kiadó címe 2400 Dunaújváros, Táncsics M. u. 1/a.

Kiadja DUE Press, a Dunaújvárosi Egyetem kiadója  
Felelős kiadó Dr. habil András István, rektor



A lap megjelenését támogatta a Nemzeti Kulturális Alap

TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0051

„Tudományos eredmények elismerése és disszeminációja  
a Dunaújvárosi Főiskolán”.

<http://dunakavics.due.hu>

ISSN 2064-5007



## Tartalom

PETROVICKIJNÉ ANGERER ILDIKÓ

*Az elektromobilitás bevezetési lehetőségeinek vizsgálata Dunaújvárosban  
– a város légszennyezési mutatóinak függvényében 2. rész*

5

CSEPELI ZSOLT

*Járműipari beszállítók által használt szerkezeti anyagok fejlesztési irányai  
az elektromobilitás tükrében 2. rész*

17

SZABÓ ISTVÁN

*Az elektromobilitás időszerűsége. Szükséges, mégsem elégséges feltétele  
civilizációnk fennmaradásának 2. rész*

29

DEBRENTI EDITH

*„Adjatok egy bokor gyereket...” – Interjú Winkler Mártával,  
a Kincskereső Iskola alapítójával, Dienes Zoltánról*

43

*Galéria*

(Budai Barnabás fotói)

49





## *Az elektromobilitás bevezetési lehetőségeinek vizsgálata Dunaújvárosban – a város légszennyezési mutatóinak függvényében*

### *(2. rész)*

**Összefoglalás:** Jelen tanulmányban az elektromobilitás bevezetési lehetőségeit vizsgáltuk Dunaújvárosban, a város légszennyezettségi mutatóinak figyelembevételével. Ismertettük a közlekedés által okozott levegőszennyező anyagokat és azok egészségügyi hatásait. Részletesen elemeztük Dunaújváros levegőszennyezettségi adatait az automatikusan működő mérőállomás és a manuális mérési rendszer több éves adatai alapján. Bemutattuk a  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$  és a  $\text{PM}_{10}$  szálló por levegőben mért 24 órás koncentrációit, és összehasonlítottuk az egészségügyi határértékekkel. Bemutattuk a  $\text{PM}_{10}$  szálló por füstköd tájékoztatási és riasztási küszöbátlépéseinek eredményeit is. Dunaújvárosban a légszennyezettség terén a legtöbb problémát a  $\text{PM}_{10}$  szálló por koncentrációjának magas értékei okozzák, mely a városban döntően ipari eredetű. Gyakoriak a 24 órás egészségügyi határérték-túllépések, időnként szmog tájékoztatási és riasztási küszöbátlépések is előfordulnak. Néha a nitrogén-oxidok és a szén-monoxid óras átlagkoncentrációi is magasak. A jelentős ipari légszennyező háttér miatt ismertettük a főbb ipari légszennyezőanyag kibocsátásokat is. A közlekedés által okozott káros kibocsátásokat a helyi autóbusz közlekedés adataival modelleztük. A kapott adatok alapján a motorizáció növekedésével a közlekedés okozta levegőszennyezés is jelentős, és káros hatását közvetlenül az ember tartózkodási helyén, a troposzféra legalsó részén fejt ki. Megvizsgáltuk a városban bevezetendő elektromobilitás levegőminőségre gyakorolt kedvező hatását.

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az elektromobilitás bevezetésének komplex intézkedései pozitív hatással lehetnek Dunaújváros levegőminőségére. Kiemelendő, hogy a helyi és helyközi autóbuszos közlekedés elavult gépparkját mindenképpen kívánatos az alacsony, illetve zérókibocsátású autóbuszokra, köztük elektromos buszokra cserélni. Minden olyan intézkedés, mely a levegőminőség javulását eredményezi Dunaújvárosban, mindenképpen javasolt.

\* Dunaújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet  
E-mail: petrovickijnedr.angerer.  
ildiko@uniduna.hu

**Kulcsszavak:** Elektromobilitás, Dunaújváros, légszennyezés,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$  szálló por. 24 órás koncentráció, egészségügyi határérték, szmog tájékoztatási és riasztási küszöbérték, közlekedés, elektromos buszok.

**Abstract:** In this study the possibilities for introducing electric mobility have been investigated in Dunaújváros, taking into account the city's air pollution indicators. Air pollutants caused by transport and their health effects have been demonstrated. The air pollution data of Dunaújváros have been analyzed in detail on the basis of the annual data of the automatic measuring station and the manual measurement system. The 24-hour concentrations of  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$  and  $\text{PM}_{10}$  particulate matter in the air have been demonstrated and compared with the health limits. Results of the smog information and alarm thresholds of  $\text{PM}_{10}$  particulate matter also have been presented. Most problems in air pollution in Dunaújváros are caused by high concentration of  $\text{PM}_{10}$ , emitted mainly by industry. Often, 24-hour health limits are exceeded, sometimes the smog information and alarm thresholds are also exceeded. Sometimes the average concentrations of nitrogen oxides and carbon monoxide are also high. Due to the significant industrial air pollution background, we also described the main industrial pollutant emissions also have been reported. Part of the harmful emissions caused by traffic have been modeled on local bus traffic data. Based on the data obtained, with the increase in motorization, air pollution caused by traffic is also significant, and its harmful effect is directly in the lower part of the troposphere. The positive effect of electric mobility in the city on air quality has been examined. Based on the results obtained it can be concluded that the complex measures of the introduction of electric mobility can have a positive effect on the air quality of Dunaújváros. It should be noted that the obsolete machine fleet of local and interurban buses is desirable in any case for low and zero emission buses, including electric buses. Any measure that will improve air quality in Dunaújváros is definitely recommended.

**Keywords:** Electric mobility, Dunaújváros, air pollution,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$ , particulate matter, 24 hour concentration, health limit, smog information and alarm thresholds, traffic, electric buses.



## Az iparból származó légszennyezőanyag-kibocsátások Dunaújváros területén

A 28. táblázat a Dunaújváros területéről kibocsátott légszennyező anyagok mennyiségeit mutatja be a környezetvédelmi hatóság által készített nyilvántartás alapján 2014-től 2016-ig.

**28. táblázat. Dunaújváros területéről kibocsátott légszennyező anyagok mennyisége.**

|       | kén-oxidok | nitrogén-oxidok | szén-monoxid | szén-dioxid | szilárd anyag | egyéb anyag |
|-------|------------|-----------------|--------------|-------------|---------------|-------------|
|       | tonna/év   |                 |              |             |               |             |
| 2014. | 1 684      | 2 086           | 15 212       | 927 376     | 386           | 7           |
| 2015. | 1 595      | 2 113           | 17 876       | 1 101 521   | 422           | 10          |
| 2016. | 2 317      | 1 947           | 14 506       | 908 602     | 314           | 20          |

Megj.: A 2017. évi adatokat a Kormányhivatal még nem dolgozta fel, így jelenleg nem állnak rendelkezésünkre. [10]

A nyilvántartás adattartalmát a levegő védelmével kapcsolatos adatszolgáltatások határozzák meg, amelyeket a hatályos jogszabályok alapján kell a kibocsátóknak beküldeniük minden év március 31-ig. Mindez a LAL levegőtisztaság-védelmi alapbejelentést, és az LM levegőszennyezés mértéke éves jelentést foglalja magába. A 29. táblázat a Dunaújváros területén kibocsátott légszennyezőanyagokat mutatja be ipari üzemenként.

[10] Pet-  
rovickijné  
Dr. Angerer  
Ildikó–Tóth  
Tamás–Szántó  
Krisztina–  
Tóth László  
(2018): *Tájé-  
koztató Duna-  
újváros Megyei  
Jogú Város  
környezeti  
állapotáról.*  
Dunaújváros  
Megyei Jogú  
Város Önkor-  
mányzata.

**29. táblázat. Dunaiújváros területén üzemelő ipari létesítmények által kibocsátott légszennyező anyagok mennyisége (kg).**

| év    |                                                             | kén-oxidok<br>(SO <sub>2</sub> és SO <sub>3</sub> ,<br>mint SO <sub>2</sub> ) | nitrogén-oxi-<br>dok<br>(NO és NO <sub>2</sub> ,<br>mint NO <sub>2</sub> ) | szén-mono-<br>xid<br>(CO) | szén-dioxid<br>(CO <sub>2</sub> ) | szilárd<br>anyag<br>(Por) | egyéb<br>kibo-<br>csátott<br>légszen-<br>nyező<br>anyag |
|-------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------|
| 2014. | Vasmű területe                                              | 1 680 788                                                                     | 1 981 839                                                                  | 15 145 966                | 922 430 224                       | 384 174                   | 5 860                                                   |
|       | Hamburger Hungária<br>Erőmű Kft.                            | 3 450                                                                         | 36 522                                                                     | 1 320                     | -                                 | -                         | 129                                                     |
|       | Dunafin Kft.                                                | -                                                                             | 1 010                                                                      | 11 449                    | 3 721 499                         | -                         | 2                                                       |
|       | Gázmotoros erőmű-<br>vek                                    | -                                                                             | 62 921                                                                     | 43 777                    | -                                 | -                         | -                                                       |
|       | Veolia Energia Ma-<br>gyarország Zrt.<br>(kórházi gázmotor) | -                                                                             | 493                                                                        | 351                       | 369 408                           | -                         | -                                                       |
|       | Többi kibocsátó<br>együtt                                   | 15                                                                            | 2 899                                                                      | 9 309                     | 855 009                           | 1 677                     | 662                                                     |
|       | Összesen:                                                   | 1 684 253                                                                     | 2 085 684                                                                  | 15 212 173                | 927 376 140                       | 385 851                   | 6 652                                                   |
| 2015. | Vasmű területe                                              | 1 594 339                                                                     | 1 897 564                                                                  | 17 704 813                | 1 083 020<br>879                  | 406 643                   | 5 951                                                   |
|       | Hamburger Hungária<br>Erőmű Kft.                            | 271                                                                           | 30 353                                                                     | 907                       | 12 166 436                        | -                         | 22                                                      |
|       | Dunafin Kft.                                                | -                                                                             | 1 225                                                                      | 11 918                    | 4 690 530                         | 0                         | 2                                                       |
|       | Dunacell Kft.                                               | -                                                                             | 56 798                                                                     | 73 158                    | -                                 | 7 026                     | -                                                       |
|       | Gázmotoros erőmű-<br>vek                                    | -                                                                             | 111 386                                                                    | 66 501                    | -                                 | -                         | -                                                       |
|       | Veolia Energia Ma-<br>gyarország Zrt.<br>(kórházi gázmotor) | -                                                                             | 9 938                                                                      | 11 219                    | -                                 | -                         | -                                                       |
|       | Többi kibocsátó<br>együtt                                   | -                                                                             | 5 281                                                                      | 7 730                     | 1 643 158                         | 8 495                     | 35 62                                                   |
|       | Összesen:                                                   | 1 594 636                                                                     | 2 112 544                                                                  | 17 876 247                | 1 101 521<br>002                  | 422 164                   | 9 787                                                   |

|       |                                                     |            |           |            |             |         |        |
|-------|-----------------------------------------------------|------------|-----------|------------|-------------|---------|--------|
| 2016. | Vasmű területe                                      | 2 317 252  | 1 737 985 | 14 313 261 | 877 053 049 | 294 767 | 6 118  |
|       | Hamburger Hungária Erőmű Kft.                       | n.a.       | n.a.      | n.a.       | n.a.        | n.a.    | n.a.   |
|       | Delfortgroup                                        | 0          | 63 167    | 81 362     | n.a.        | 7 830   | 162    |
|       | Gázmotoros erőművek                                 | -          | 117 833   | 69 767     | -           | -       | -      |
|       | Veolia Energia Magyarország Zrt. (kórházi gázmotor) | -          | 11 005    | 12 888     | 12 656 064  | -       | 518    |
|       | Többi kibocsátó együtt                              | 42         | 16 748    | 28 408     | 18 893 282  | 11 143  | 12 883 |
|       | Összesen:                                           | 2 2317 294 | 1 946 738 | 14 505 687 | 908 602 395 | 313 740 | 19 669 |

Megi.: A végösszegek a kerekítések miatt néhol eltérhetnek. A 2017. évi adatokat a Kormányhivatal még nem dolgozta fel. [10] Petrovickijné Dr. Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2018): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város környezeti állapotáról*. Dunaújváros Megyei Jogú Város Önkormányzata.

Mint az a 29. számú táblázatból is látható, hogy a szilárd-szennyezőanyag-kibocsátás a vállalatok éves bevallásai szerint összességében csökkent, bár az elmúlt években némi ingadozást mutatott. A szén-monoxid-kibocsátás összességében csökkenő (az elmúlt évek alatt némi ingadozás volt tapasztalható), a kén-oxidok kibocsátása hullámzó tendenciát mutat. A fenti táblázatban az eltérő kiértékelési módszer miatt a felületi (diffúz) légszennyező források nem szerepelnek, pedig a nyilvántartásban szereplő pontforrásokon felül Dunaújváros közigazgatási területén diffúz légszennyező források is vannak. Szembetűnő, hogy a kibocsátott kén-dioxid, nitrogén-oxidok, a szén-monoxid és az üvegházhatást okozó szén-dioxid, valamint a por legnagyobb mennyiségben a vasmű területéről származnak. [10]

A levegő minőségének egyes mérőpontokon mért eltérései, illetve a korábban mért ülepedő por összetétele is azt bizonyítja, hogy az ipar csökkenő szennyezőanyag kibocsátása ellenére a levegő minőségét továbbra is az ipari kibocsátás határozza meg. A 28. és 29. számú táblázatokról jól látszik, hogy a legjelentősebb mennyiségben kibocsátott anyag a szén-dioxid (CO<sub>2</sub>), mely ugyan az emberi szervezet számára nem mérgező, viszont üvegházhatást okozó gáz. [10]

Dunaújváros légszennyezettségi adatait összevetve a kibocsátási adatokkal az ipari üzemek porkibocsátásának csökkenő tendenciája ellenére a városban a még mindig a PM<sub>10</sub> szálló por magas koncentrációi okozzák a legnagyobb levegőminőségi problémát. Továbbra is gyakoriak a 24 órás határérték túllépések, az óras adatoknál időnként pedig egészen extrém mérési adatok is előfordulnak (1. számú melléklet). Időnként a nitrogén-oxidok óras átlagkoncentrációi is magasak. A szén-monoxid-koncentráció óras átlagai időnként igen magas értékeket érnek el, pedig a jogszabályban megállapított egészségügyi határérték is meglehetősen magas.



[10] Petrovickijné Dr. Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2018): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város környezeti állapotáról*. Dunaújváros Megyei Jogú Város Önkormányzata.

[11] Botyánszki Tamás (2016): *Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban*. XXXIII. Országos Tudományos diákköri Konferencia.

## A közlekedésből származó légszennyezőanyag-kibocsátások Dunaújváros területén

### A HELYI KÖZLEKEDÉSBŐL EREDŐ KIBOCSÁTÁSOK SZÁMÍTÁSA

A helyi közlekedés által okozott emisszió számításai a COPERT (COmputer Programme to Calculate Emission from Road Transport – közúti közlekedésből eredő emisszió számítási program) szoftver segítségével történtek. A számítások elvégzésére a COPERT 5. verziót használták.

### A HELYI KÖZÖSSÉGI KÖZLEKEDÉS EMISSZIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Az autóbuszok csoportosítása a rendelkezésre álló adatok alapján történt a COPERT által felkínált kategóriáknak megfelelően, majd kiszámították az egyes csoportok egy autóbuszra eső éves átlagos futásteljesítményét.

**30. táblázat. A helyi járat feladatát ellátó autóbusz-állomány emissziós normák szerint csoportosítva a COPERT-ben.**

| COPERT kategória                            | Darabszám | Éves átlagos futás / autóbusz [km] |
|---------------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Urban Buses Standard 15 - 18 t Conventional | 3         | 35 908                             |
| Urban Buses Standard 15 - 18 t EURO I       | 5         | 80 656                             |
| Urban Buses Standard 15 - 18 t EURO II      | 4         | 44 585                             |
| Urban Buses Standard 15 - 18 t EURO III     | 9         | 41 191                             |
| Urban Buses Standard 15 - 18 t EURO IV      | 4         | 63 563                             |

*Forrás: Botyánszki Tamás: Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban [11]*

A 31. táblázat a Dunaújvárosban közlekedő helyi járatú autóbuszok éves légszennyezőanyag- kibocsátását tartalmazza.

31. táblázat. A helyi járatok feladatát ellátó autóbuszok éves kibocsátása.

| Kibocsátott anyag                     |                 | Tonna/év |
|---------------------------------------|-----------------|----------|
| Szén-monoxid                          | CO              | 3,20     |
| Szén-dioxid                           | CO <sub>2</sub> | 1306,61  |
| Nem metán illékony szerves vegyületek | NMVOC           | 0,68     |
| Nitrogén-monoxid                      | NO              | 11,19    |
| Nitrogén-dioxid                       | NO <sub>2</sub> | 1,55     |
| Különböző nitrogén-oxidok             | NO <sub>x</sub> | 12,75    |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM TSP          | 0,46     |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM10            | 0,44     |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM2,5           | 0,39     |
| Illékony szerves anyagok              | VOC             | 0,83     |

Forrás: Botyánszki Tamás: Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban [11]

### A járműbeszerzéssel végrehajtott flottacseréi környezeti hatásai

A dunaújvárosi helyi közlekedést lebonyolító autóbuszok átlagos statisztikai életkorra igen magas, közel 19 év. Az utolsó jelentős fejlesztés 2008-ban történt, ekkor 4 db használt, 2000-ben gyártott Volvo 7000A típusú autóbust szereztek be. Az állományból a mai napig ez a négy autóbusz rendelkezik a legmagasabb, EURO IV emissziós normát teljesítő besorolással. Az alacsony széndioxid-kibocsátású gazdaságra való áttérés, valamint az utazási kényelem, akadálymentesség és a szolgáltatás megbízhatóságának növelése érdekében nagy szükség lenne az előregedett járműállomány cseréjére.

Mivel a járműállomány fele az EURO III-as normát sem teljesíti, ezért feltétlenül érdemes megvizsgálni, hogy egy esetleges flottacseréi hatására hogyan változna meg a közösségi közlekedésből adódó környezetterhelés. A hazai járműbeszerzési trendeknek megfelelően új EURO VI dízel és EURO VI CNG autóbuszok beszerzésének hatásait vizsgálták meg. [14], [16]

[11] Botyánszki Tamás (2016): *Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban*. XXXIII. Országos Tudományos diákköri Konferencia.

[14] Christian Vock–Leonidas Ntziachristos (2014): Deliverable 3.1: Vehicle energy/emission simulator for conventional and advanced passenger cars, ICT-EMISSIONS Consortium.

[16] 15. EMISIA: COPERT 5 New methodological elements, Lyon, France: EMISIA workshop. 2016.

[11 Botyánszki Tamás (2016): *Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban*. XXXIII. Országos Tudományos diákköri Konferencia.

*Az EURO VI normának megfelelő dízel autóbuszok környezetterhelése*

A korábbi eredményekkel való összehasonlítás érdekében a környezeti és üzemi körülmények változatlanok maradtak, egyedül a jelenlegi állomány átlagos éves futásteljesítményét átlagolták éves teljesítmény/darab autóbuszra.

**32. táblázat. COPERT bemeneti adatok EURO VI autóbuszok esetében.**

| COPERT kategória                     | Darabszám | Éves átlagos futás/<br>autóbusz [km] |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| Urban Buses Standard 15–18 t EURO VI | 25        | 53 181                               |

*Forrás: Botyánszki Tamás: Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban [11]*

Az adatok feltöltése és a kalkuláció elvégzése után kapott értékeket a 33. táblázat foglalja össze. Az eredményeket áttekintve látható, hogy gyakorlatilag az összes érték tekintetében drasztikus csökkenés történt a kiindulási (jelenlegi) állapothoz viszonyítva.

**33. táblázat. A helyi járatí feladatát ellátó jelenlegi és az EURO VI autóbuszok éves kibocsátása.**

| Kibocsátott anyag                     |                 | Tonna/év  | Tonna/év | Eltérés [%] |
|---------------------------------------|-----------------|-----------|----------|-------------|
|                                       |                 | Jelenlegi | EURO VI  |             |
| Szén-monoxid                          | CO              | 3,20      | 0,33     | -89,69%     |
| Szén-dioxid                           | CO <sub>2</sub> | 1306,61   | 1229,55  | -5,90%      |
| Nem metán illékony szerves vegyületek | NMVOC           | 0,68      | 0,05     | -92,65%     |
| Nitrogén-monoxid                      | NO              | 11,19     | 0,54     | -95,17%     |
| Nitrogén-dioxid                       | NO <sub>2</sub> | 1,55      | 0,06     | -96,13%     |
| Különböző nitrogén-oxidok             | NO <sub>x</sub> | 12,75     | 0,60     | -95,29%     |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM TSP          | 0,46      | 0,11     | -76,09%     |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM10            | 0,44      | 0,09     | -79,55%     |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM2,5           | 0,39      | 0,05     | -87,18%     |
| Illékony szerves anyagok              | VOC             | 0,83      | 0,05     | -93,98%     |

*Forrás: Botyánszki Tamás: Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban [11]*

*Az EURO VI normának megfelelő CNG autóbuszok környezetterhelése*

A korábbi eredményekkel való összehasonlítás érdekében a környezeti és üzemi körülmények ebben az esetben is változatlanok maradtak, egyedül a jelenlegi állomány átlagos éves futásteljesítményét átlagolták éves teljesítmény/darab autóbuszra.

**34. táblázat. COPERT bemeneti adatok a CNG autóbuszok esetében.**

| COPERT kategória        | Darabszám | Éves átlagos futás / autóbusz [km] |
|-------------------------|-----------|------------------------------------|
| Urban CNG Buses EURO VI | 25        | 53 181                             |

Forrás: Botyánszki Tamás: Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban [11]

Az adatok feltöltése és a kalkuláció elvégzése után kapott értékeket a 35. táblázat foglalja össze. Az eredményeket áttekintve látható, hogy a legtöbb érték esetében itt is jelentős a csökkenés a jelenlegi állapothoz viszonyítva, a két megnövekedett érték a CNG üzem sajátosságaiból adódik.

**35. táblázat. A helyi járatot ellátó jelenlegi és az EURO VI CNG autóbuszok éves kibocsátása.**

| Kibocsátott anyag                     |                 | Tonna/év  | Tonna/év | Eltérés [%] |
|---------------------------------------|-----------------|-----------|----------|-------------|
|                                       |                 | Jelenlegi | CNG      |             |
| Szén-monoxid                          | CO              | 3,20      | 1,09     | -65,94%     |
| Szén-dioxid                           | CO <sub>2</sub> | 1306,61   | 1338,80  | +2,46%      |
| Nem metán illékony szerves vegyületek | NMVOC           | 0,68      | 0        | -100,00%    |
| Nitrogén-monoxid                      | NO              | 11,19     | 4,55     | -59,34%     |
| Nitrogén-dioxid                       | NO <sub>2</sub> | 1,55      | 0,19     | -87,74%     |
| Különböző nitrogén-oxidok             | NO <sub>x</sub> | 12,75     | 4,74     | -62,82%     |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM TSP          | 0,46      | 0,11     | -76,09%     |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM10            | 0,44      | 0,10     | -77,27%     |
| Aprószemcsés anyagok                  | PM2,5           | 0,39      | 0,05     | -87,18%     |

Forrás: Botyánszki Tamás: Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban [11]

[11 Botyánszki Tamás (2016): *Fenntartható mobilitás Dunaújvárosban*. XXXIII. Országos Tudományos diákköri Konferencia.



[11] Botyánszki Tamás (2016): *Fenn-tartható mobilitás Dunaújvárosban*. XXXIII. Országos Tudományos diákköri Konferencia.

[17] KTI Közlekedéstudományi Intézet (2018): Aktuális trendek figyelembevételével az elektromobilitás dunaújvárosi bevezethetőségének vizsgálata, Zárójelentés.

Abban az esetben, ha a helyi járatú autóbuszok egy részét, vagy a teljes flottát elektromos autóbuszokra cserélnék, a fent említett légszennyezőanyag-kibocsátások még kedvezőbben alakulnának, szinte töredékére csökkennének. Ez mindenképpen kedvező hatással lenne a város levegőminőségére is, hiszen a közlekedési kibocsátások a földközélen, az emberek életterében történnek.

## Az elektromobilitás bevezetésének lehetőségei Dunaújvárosban a légszennyezettségi adatok figyelembevételével

### DUNAÚJVÁROS LEHETŐSÉGEI AZ ELEKTROMOBILITÁS TERÉN

Dunaújváros elektromobilitási törekvései megfelelnek az aktuális nemzetközi és hazai trendeknek mind a mobilitás, mind az energiaszektor dekarbonizációjának követelményei szerint.

A város és a térség sajátos adottságait és szempontjait célszerű a készülő vagy a közeljövőben felülvizsgálatra kerülő nemzeti stratégiai dokumentumokban is megjeleníteni: ilyen például a hazai elektromobilitási stratégiának számító Jedlik Ányos Terv, melynek aktualizálása 2019-ben várható, vagy az új Nemzeti Energiastratégia. [17]

Az elektromobilitás bevezetésekor várhatóan sor kerül a város közlekedési és energetikai rendszereinek magas szintű integrációjára, az intermodalitás követelményeit is szem előtt tartva.

Az elektromobilitás feltételezi a megújuló energiák és az innovatív energiatárolási rendszerek fokozott integrálását az energetikai hálózatokba városi szinten is. A teljes körű szemlélet és a legjobb nemzetközi gyakorlatok alapján Dunaújváros elektromobilitási fejlesztési projektjeinek terén az alábbi beavatkozási területek javasoltak:

- Elektromos járművek alkalmazása a városi logisztikában.
- A különböző (önkormányzati, üzleti, kiskereskedelmi, munkahelyi, magán) elektromos töltőpontok és hálózatok integrálása a városi energiarendszerbe.
- A megújuló (elsősorban fotovoltaiikus szolár) alapú energiatermelés és energiatárolás elektromos töltéssel kombinálva.
- Olyan autómegosztási (car sharing) rendszer kialakítása a városban és térségében, amely „mobilitási klub” jelleggel flottát hoz létre elektromos járművekből.

- A helyi és regionális iparfejlesztési érdekeket is figyelembe véve a helyi buszközlekedés fokozatos elektrifikációja.
- Előremutató jelleggel és ipari partnerek bevonásával a hidrogénalapú elektromobilitás vizsgálata.
- A fenntartható közlekedés és energetika részét képző elektromobilitás tekintetében folyamatos szemléletformálás és a mintarégió eredményeinek alkalmazása. [17], [18]

#### AZ ELEKTROMOBILITÁS ÉS A LÉGSZENNYEZÉS CSÖKKENTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI DUNAÚJVÁROSBAN

Az elektromobilitás minél szélesebb körű elterjesztése és hatékony alkalmazása Dunaújvárosban jelentősen hozzájárulhat a  $PM_{10}$  szálló por, a nitrogén-oxidok, a szén-monoxid, az illékony szerves szennyezők, valamint a kipufogó gázokból napsütés hatására fotokémiai úton keletkező földközeli ózon levegőben lévő koncentrációcsökkenéséhez. Ezzel együtt az üvegházhatást, ezáltal globális felmelegedést és klímaváltozást okozó szén-dioxid kibocsátása is csökkenhet.

### Összegzés, javaslatok

Magyarországon a légszennyezés egyik fő okozója a közlekedés, amely az üvegházhatású gázok összes hazai kibocsátásának körülbelül 17%-ért felelős. Ezen az értéken belül a legnagyobb kibocsátási forrás a közúti közlekedés (90%-os részesedéssel). Ezért országunkban a nemzetközi trendekkel és az Európai Unió szakpolitikai stratégiáival összhangban kiemelten támogatják a gyakorlatilag zero emisszióval működő elektromos meghajtású járművek térnyerését. [17]

Dunaújvárosban az ilyen erőfeszítéseket különösen hangsúlyossá teszi az elektromobilitás környezetvédelmi jelentősége. [17] A város bizonyos légszennyezettségi mutatói ugyanis a környező ipari technológiák – elsősorban a vas- és acélgyártás, valamint a kokszygyártás – hatására számos esetben határérték feletti. A levegő minősége pedig – az órák és 24 órás átlagkoncentrációk alapján – esetenként „erősen szennyezett” értéket mutat. Dunaújvárosban a légszennyezettség terén a legtöbb problémát a korábbi évekhez hasonlóan a  $PM_{10}$  szálló por koncentrációjának magas

[10] Petrovickijné Dr. Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2018): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város környezeti állapotáról*. Dunaújváros Megyei Jogú Város Önkormányzata.

[17] KTI Közlekedéstudományi Intézet (2018): Aktuális trendek figyelembevételével az elektromobilitás dunaújvárosi bevezethetőségének vizsgálata, Zárójelentés.

[18] Mobilissimus Kft. (2017): Dunaújváros fenntartható városi mobilitási terve, döntéselőkészítő tanulmány.

[10] Petrovickijné Dr. Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2018): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város környezeti állapotáról*. Dunaújváros Megyei Jogú Város Önkormányzata.

[17] KTI Közlekedéstudományi Intézet (2018): *Aktuális trendek figyelembevételével az elektromobilitás dunaújvárosi bevezethetőségének vizsgálata*, Zárójelentés.

értékei okozzák, mely a városban döntően ipari eredetű. [10] Továbbra is gyakoriak a 24 órás egészségügyi határérték-túllépések, valamint időnként, amikor az időjárási viszonyok kedveznek a füstköd kialakulásának, tájékoztatási és riasztási küszöb-átlépések is előfordulnak. Időnként a nitrogén-oxidok órás átlagkoncentrációi is magasak. A szén-monoxid-koncentráció órás átlagai időnként igen magas értékeket érnek el, pedig a jogszabályban megállapított egészségügyi határérték is meglehetősen magas.

A kapott adatok alapján a motorizáció folyamatos növekedésével a közlekedés okozta levegőszennyezés is számottevő, különösen az erős forgalommal terhelt közlekedési utak és csomópontok mentén. A közlekedés légszennyező hatását a földközeli légkörben, közvetlenül az ember tartózkodási helyén fejt ki és ott koncentrálódik. A szennyező anyagok összeadódásával a légszennyezés szinergikusan fejt ki káros hatását.

Ezeknek az adatoknak és körülményeknek az ismeretében egyértelmű, hogy a település jövője szempontjából kritikus a környezeti és légszennyezettség csökkentése. Ehhez pedig nagyban hozzájárulhat az elektromobilitás szélesebb körű elterjesztése. [17]

Jelen tanulmányban az elektromobilitás Dunaújvárosban történő bevezetésének lehetőségeit vizsgáltuk a városi légszennyezés adatainak figyelembevételével. Kitértünk a közlekedés által okozott levegőszennyező anyagok ismertetésére és azok egészségügyi hatásaira. Részletesen ismertettük és elemeztük Dunaújváros levegőszennyezettségi adatait az automatikusan működő mérőállomás és a manuális mérési rendszer több éves adatai alapján. Bemutattuk Dunaújváros PM<sub>10</sub> szálló por okozta füstköd tájékoztatási és riasztási küszöb-átlépéseinek eredményeit. A jelentős ipari légszennyező háttér miatt ismertettük a jelentősebb ipari légszennyezőanyag kibocsátásokat. A közlekedés által okozott káros kibocsátások egy részét a helyi autóbusz közlekedés adataival modelleztük. Megvizsgáltuk a városban bevezetendő elektromobilitás levegőminőségre gyakorolt kedvező hatását. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az elektromobilitás bevezetésének komplex intézkedései pozitív hatással lehetnek Dunaújváros levegőminőségére. Kiemelendő, hogy a helyi és helyközi autóbuszos közlekedés elavult gépparkját mindenképpen kívánatos az alacsony, ill. zero kibocsátású autóbuszokra, köztük elektromos buszokra cserélni. Minden olyan intézkedés, mely a levegőminőség javulását eredményezi Dunaújvárosban, mindenképpen javasolt. A mintarégió programjait a megfelelő előkészítés után 2020-ban kívánatos lenne bevezetni 2025-re és 2030-ra vonatkozó mérőföldkövekkel.

## *Járműipari beszállítók által használt szerkezeti anyagok fejlesztési irányai az elektromobilitás tükrében (2. rész)*

**Összefoglalás:** Az elektromos járművek tömegméretű előállításához az iparban jelentős átalakulásoknak kell végbemennie. Ezek a változások egyrészt érintik a hagyományos iparágakat, például kohászatot, gépgyártást, másrészt új iparágak rohamos fejlődését is generálják, például a nagyteljesítményű akkumulátorok, vagy a nyomásálló hidrogéntároló tartályok előállítása terén. E tanulmány anyagtudománnyal kapcsolatos példákon keresztül mutatja be, hogy az elektromobilitás milyen kihívások elé állítja az ipar szereplőit az egyes területeken, és hogy milyen válaszok adhatók a felmerülő kérdésekre. Az elektromos járművek szerkezeti elemeinek előállítására koncentrálna tekintjük át azokat a jelenlegi fejlesztési irányokat, melyekhez kapcsolódóan a Dunaújvárosi Egyetem kutatói releváns K+F tapasztalatokkal rendelkeznek.

**Kulcsszavak:** Elektromobilitás, szerkezeti anyagok, nagyszilárdságú acél, korszerű alumíniumötvözet, ötvözőelemek, kompozit.

**Abstract:** The mass production of electric vehicles requires significant transformation of the industry. This transformation will affect the traditional industry, e.g. metallurgy, machine engineering and will generate speedy development of new industries e.g. in the field of high capacity battery and hydrogen pressure container production. This publication presents some materials science related challenges and possible solutions that industrial companies may face in connection with electromobility. Focusing on the production of structural components of electric vehicles the current developments are reviewed in fields where the researchers of University of Dunaújváros have relevant R+D experiences.

**Keywords:** Electromobility, structural materials, high strength steel, advanced aluminium alloy, alloying elements, composite.

\* Dunaújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet  
Email: zscsepeli@uniduna.hu

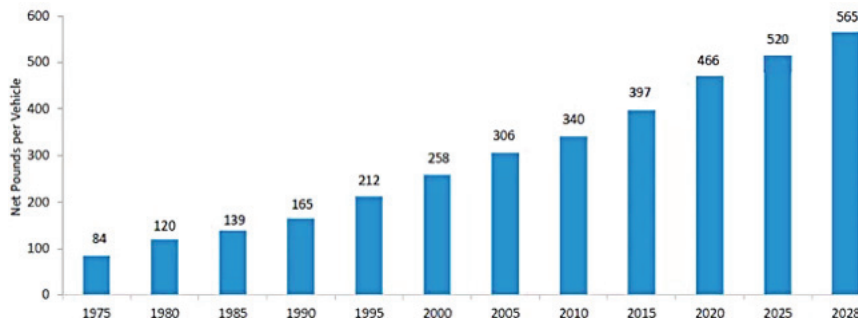
[9] Djukanovic, G. (2018): *The electric vehicle revolution will spur aluminium demand*, <https://aluminiuminsider.com/electric-vehicle-revolution-will-spur-aluminium-demand/> 2018. 10. 16.

[10] <https://hydro.com/en/press-room/Archive/2018/hydro-develops-new-aluminium-alloys-for-advanced-sheet-components/> 2018. 10. 17.

## Korszerű járműipari alumíniumötvözetek

A gépjárműiparban alumínium szerkezeti elemeket jelenleg nagyobb arányban a kisebb mennyiségben gyártott, felső kategóriás elektromos meghajtású járműveknél használnak, míg a nagy szériában gyártott járműveknél még az acélé a vezető szerep. Az utóbbi évtizedekben a már említett üzemanyagár-emelkedés, valamint a környezetvédelmi előírások szigorodása miatt azonban jelentősen növekedett az alumíniumötvözetek autóiipari felhasználása. Ez a tendencia az elektromos meghajtású járművek elterjedésével a közeljövőben várhatóan még jobban felerősödik (10. ábra).

**10. ábra. Az Észak-Amerikában gyártott gépjárművek alumíniumtartalmának múltban megfigyelt és jövőben várható növekedése. [9]**

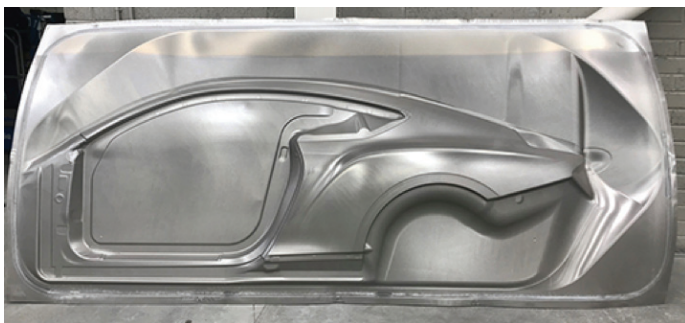


A növekvő piaci igényeket felismerve az alumíniumipar szereplői – az acélipari vállalatokhoz hasonlóan – intenzív kutatásokat végeznek a jelenleg használtaknál versenykéesebb járműipari ötvözetek kifejlesztésére. A biztonsággal kapcsolatos elvárások teljesítése mellett a fejlesztések egyik fő hajtóereje az elektromos járművek elterjedése szempontjából alapvető fontosságú súlycsökkentés, valamint a lemezeknél a minél nagyobb mértékű alakíthatóság. A sikeres fejlesztések egyik példája, hogy a Hydro Co. – az alumíniumipar egyik vezető autóiipari beszállítója – két év fejlesztés után 2018 októberében mutatott be három új, kifejezetten autóiipari célra optimalizált alumíniumötvözetet (5083, 5456 és 7020 jelű ötvözetek) [10]. Az ötvözetek közös jellemzője, hogy a jelenleg alkalmazott minőségeknél jobban alakíthatók, nagyobb az alakítás utáni szilárdságuk és segítségükkel csökkenthető a termékek gyártásának időszükséglete.



Általánosan is elmondható, hogy az alumíniumipari szereplők – alapanyaggyártók, felhasználók, kutatóintézetek – az elektromos járművek terjedésének elősegítése, és természetesen saját piaci pozíciójuk megerősítése érdekében kiemelt célként tekintenek az alumíniumötvözetek alakíthatóságának növelésére.

**11. ábra. Korszerű alumíniumötvözetből superképlékeny alakítással gyártott Bentley Continental karosszériaelem. [10]**



Az autógyártók és beszállítók közös törekvése, hogy esetenként a superképlékenység jelenségét is kihasználva növeljék az alumíniumötvözetek alakíthatóságát. A superképlékeny alakítás a repülőgépiparban már régóta alkalmazott eljárás, azonban a magas költségek miatt használata a gépjárműiparban – vitathatatlan műszaki előnyei ellenére – nem terjedt el. A járműiparban a superképlékeny ötvözeteket jelenleg a szintén drága kompozit anyagok alternatívájaként használják, például a Bentley Continental karosszériaelemeinek alapanyagaként (11. ábra). [10] Az alumínium-ötvözetek és a képlékenyalakítási eljárások folyamatos fejlesztésének eredményeként azonban a superképlékeny alakítás a közeljövőben az elektromos meghajtású járművek előállításakor is széleskörűen alkalmazhatóvá válhat.

A járműipari alumíniumötvözetek fejlesztésének másik – részben a superképlékenységgel is összefüggő – jelentős iránya az ultrafinomszemcsés-ötvözetek ipari méretekben is alkalmazható gyártástechnológiájának kidolgozása. Az ilyen jellegű fejlesztések egyik korszerű és gyakran alkalmazott kísérleti eszköze a Dunaújvárosi Egyetem Gleeble laboratóriumában is megtalálható MaxStrain berendezés, mely hazánkban egyedülálló lehetőséget biztosít az intenzív képlékenyalakítással kapcsolatos kutatásokra.

[10] <https://hydro.com/en/press-room/Archive/2018/hydro-develops-new-aluminium-alloys-for-advanced-sheet-components/>  
2018. 10. 17.

[10] <https://hydro.com/en/press-room/Archive/2018/hydro-develops-new-aluminium-alloys-for-advanced-sheet-components/> 2018. 10. 17.

[14] <http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical/> 2016. 09. 30.

Az ultrafinom szemcsés alumíniumötvözetek sikeres fejlesztésének és alkalmazásának egyik példája a Cadillac STS gépjármű csomagterének az ajtaja, amit superképlékeny alakításra optimalizált, ultrafinom szövetszerkezettel rendelkező, magas Mg-tartalmú Al-Mg-Mn ötvözetből (EN-AW 5083) gyártanak (12. ábra) [10]. Az új alapanyag egyik nagy előnye, hogy jó alakíthatósága miatt egy darabból készíthetők el olyan szerkezeti elemek is, melyeket korábban több darabból gyártottak.

Ugyanebből az AMAG cég által kifejlesztett és gyártott ötvözetből készül a már említett Bentley Continental gépkocsi bonyolult geometriájú lökhárítója és a Mercedes-Benz SLS AMG gépjárművek ajtaja.

Ezt az ötvözetet használták az elektromos meghajtású Fischer Karma sportautók ajtajainak gyártásához is. Ezek a példák jól illusztrálják, hogy az ultrafinom szövetszerkezet egyedülálló módon lehetővé teszi nagy szilárdságú, kiváló szívósságú és jól alakítható termékek előállítását, ezért az ilyen anyagok megfelelnek az elektromos járművek szerkezeti anyagaival szemben támasztott követelményeknek.

**12. ábra.** Cadillac STS gépjármű TopForm® SPF minőségű alumíniumötvözetből superképlékeny alakítással gyártott csomagtér ajtaja. [14]



## Kompozit anyagok használata a járműgyártásban

Annak ellenére, hogy az autóipari kompozitok piaca dinamikusan növekszik, a gépjárművek átlagos anyagköltségének kevesebb, mint öt százalékát adják a kompozitok. Kedvező anyagtulajdonságaik alapján a nagyteljesítményű szálerősítésű polimerekben megvan a lehetőség, hogy jelentősen hozzájáruljanak az elektromos meghajtású gépkocsik súlycsökkentéséhez, azonban a nagysorozatban készülő gépjárműveknél a hagyományos iparágak – acélipar, alumíniumipar – képviselői jelenleg még sikeresebbek ezen a területen.

A kompozitok használatának hajtóerejét a súlycsökkentés eredményezte fogyasztáscsökkenés, és az ebből adódó kisebb környezetterhelés jelenti. Akadályozza viszont a kompozitok elterjedését az alapanyagok magas ára, esetenként a gazdaságos tömegtermelést lehetővé tevő gyártástechnológia hiánya, valamint az ipar méreteiben nem teljesen megoldott újrahasznosíthatóság. Ez utóbbi kérdés fontosságát mutatja, hogy 2015. január 1-jétől az Európai Unióban jogszabály írja elő, hogy a gépjárművek anyagának legalább 85%-át újra kell hasznosítani.

A kompozitok tulajdonságai – heterogén szerkezetükből adódóan – nagy változatosságot mutatnak, ezáltal egy adott felhasználás esetén a célnak megfelelően optimalizálhatók, például az erősítő fázis típusának, alakjának, térfogatának és orientációjának, valamint a mátrix anyagának megfelelő megválasztásával.

Az elektromos meghajtású járműveknél leggyakrabban alkalmazott szálerősítésű kompozitok közös jellemzője, hogy a szálak elhelyezkedésének függvényében az anyag tulajdonságai a különböző irányokban eltérőek. Ez jól kihasználható azoknak a szerkezeti elemeknek az előállításánál, melyeknek az igénybevétele is irányfüggő.

A kompozitoknak hosszabb távon vitathatatlanul nagy szerepük lesz az elektromos járművek súlycsökkentésében, jelenleg azonban – ahogy korábban már utaltunk rá – több tényező is hátráltatja széleskörű elterjedésüket.

Az egyik hátráltató tényező az újrahasznosítással kapcsolatos, melynek első lépése a kompozit és a vele összeépített fémes alkatrészek szétválasztása, melyre megfelelő – ipari méreteiben is gazdaságosan alkalmazható – eljárást kell kidolgozni.

A következő lépés a kompozitot alkotó különböző anyagfajták elkülönítése, és azok feldolgozása. A feldolgozást nehezíti, hogy jelenleg még nem minden esetben áll rendelkezésre olyan eljárás, amivel a kompozitok egyes komponenseit eredeti anyagtulajdonságaik megtartása mellett lehetne újrahasznosítani. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy például a hosszú erősítő szálakkal készült kompozitot újrahasznosítva gyakran csak az eredetinel rövidebb erősítőszálakat nyerhetünk vissza, tehát az újrahasznosított anyag nem lesz egyenértékű az eredeti alapanyaggal.

[11] [https://www.european-aluminium.eu/media/1547/3\\_aam\\_hang-on-parts.pdf](https://www.european-aluminium.eu/media/1547/3_aam_hang-on-parts.pdf)  
2018. 10. 17.

Az elektromos meghajtású járművekben a kompozitokat legnagyobb mennyiségben karosszériaelemek előállítására használják, ahogy azt egy korábbi példában is bemutattuk (4. ábra).

Másik fontos felhasználási terület az üzemanyagcellás gépjárművek hidrogéntartályának és üzemanyagcellájának gyártása.

A 13. ábra egy kompozit hidrogéntartályt és az annak előállításához használt szerszámot mutatja be, a 14. ábra pedig egy Toyota Mirai hibrid meghajtású gépjármű példáján keresztül ismerteti a kompozit anyagok széleskörű felhasználási lehetőségeit az üzemanyagcellás járművekben.

**13. ábra.** Üzemanyagcellás gépjármű kompozit hidrogéntartálya és a tartály előállításához használt szerszám. [11]



(a)



(b)

14. ábra. A Toyota Mirai hibrid meghajtású jármű előállításához felhasznált kompozitok. [12]



[12] Vicki P. McConnell (2018): *Composites fuel growth of fuel cell technology*. <https://www.compositesworld.com/articles/composites-fuel-growth-of-fuel-cell-technology> 2018. 10. 19.

## A korlátozott mértékben rendelkezésre álló ötvözőelemek hatása az elektromos járművek elterjedésére.

Az elektromobilitással kapcsolatos, és az Ipar4.0-val összefüggő folyamatok térhódítását nagymértékben befolyásolja a szükséges alapanyagok, különösen egyes ötvözők elérhetősége (17. ábra).

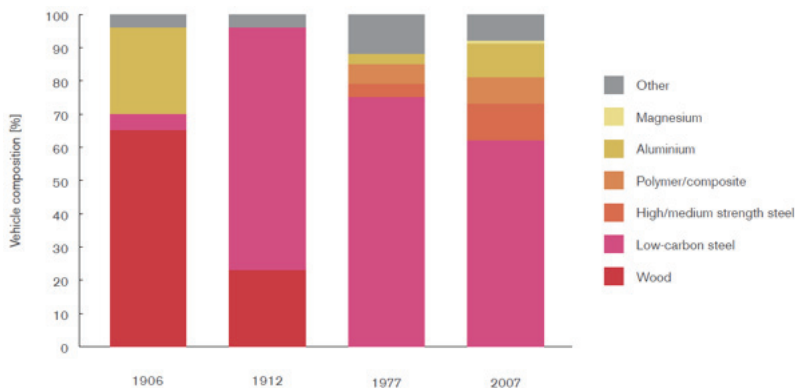
A gépjárművek előállításakor felhasznált anyagok fajtája és mennyisége folyamatosan változott az elmúlt több mint száz évben (15. ábra). Kezdetben a járművek tömegének legnagyobb részét a fa jelentette, amit rövid időn belül különböző vasalapú ötvözetekkel váltottak ki. Az elmúlt évtizedekben a súlycsökkentés miatt egyre nagyobb arányban jelentek meg a gépjárművekben a vasnál kisebb sűrűségű



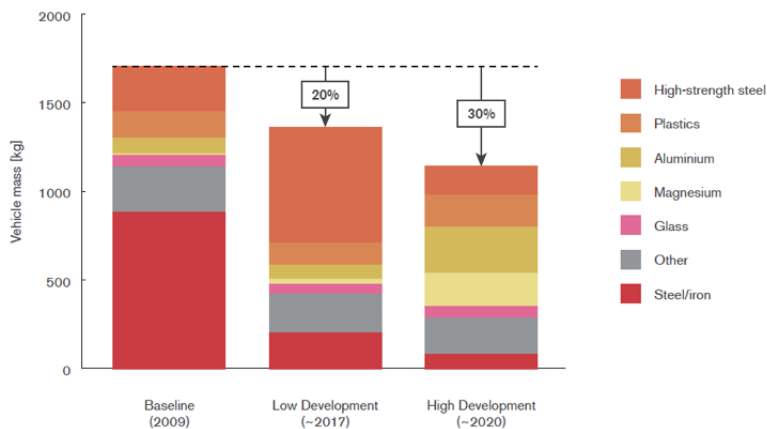
[1] *Deutsche Bank Research: Electromobility Falling costs are a must.* [https://www.db.com/cr/en/docs/DB\\_Research\\_-\\_Elektromobilitaet\\_Sept.\\_2011\\_\(en\).pdf](https://www.db.com/cr/en/docs/DB_Research_-_Elektromobilitaet_Sept._2011_(en).pdf), 2018. október 8.

elemek ötvözei (pl. alumínium-, magnéziumötvözetek), a felhasznált anyagok köre azonban továbbra is korlátozott volt (16. ábra). Az elektromos járművek gyártásánál azonban már számos olyan kémiai elem is meghatározó szerepet játszik, melyeket a járműiparban korábban nem, vagy csak elenyésző mennyiségben használtak.

15. ábra. A gépjárműgyártásban felhasznált anyagok változása az elmúlt több mint száz évben. [1]



16. ábra. A Lotus gépjárművek tömegcsökkenése és a felhasznált anyagok arányainak változása. [1]



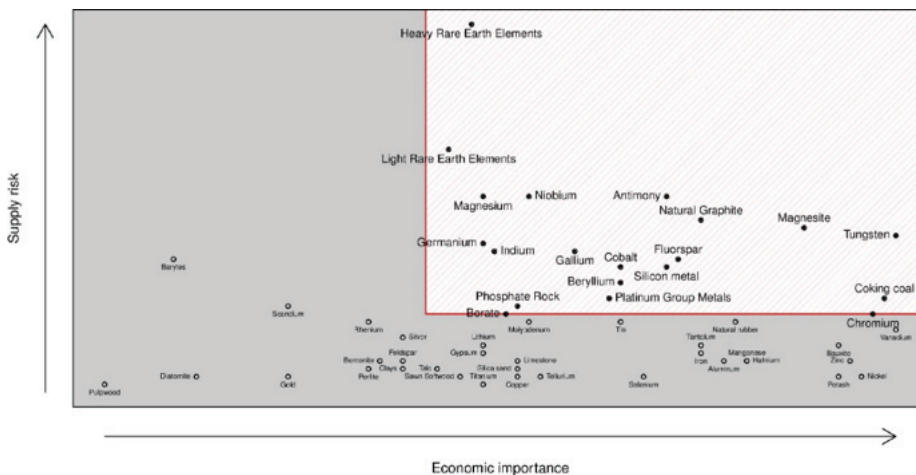
Az elektronikai iparban, és így az elektromos járművek gyártásánál is alkalmazott ötvözelemek egy része nagyobb mennyiségben csak az Európai Unión kívüli országokban állítható elő gazdaságosan, pl. Kínában, Oroszországban, Dél-Afrikában vagy Brazíliában. Az elektromobilitás széleskörű megvalósítása jelenleg nem képzelhető el például olyan ritkaföldfémek használata nélkül, melyek nagyobb mennyiségben a természetben csak Kínában lelhetők fel.

A különböző kémiai elemek fontossága és a politikai szempontokat is figyelembe véve meghatározott biztonságos elérhetőségük közötti kapcsolatot a 17. ábra mutatja be.

Azoknál a korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló ötvözőkhél, melyek jelenleg még nem helyettesíthetők más elemekkel, a szokásosnál is nagyobb szerepet kap az újrahasznosítás, mert csak ez teszi lehetővé az elektromos járművek nagyobb mennyiségű előállítását.

[13] <https://www.compositesworld.com/news/toyota-fuel-cell-vehicle-to-use-toray-carbon-fiber> 2018. 10. 19.

17. ábra. A kémiai elemek fontossága és biztonságos elérhetősége közötti kapcsolat. [13]



A közeljövőben a legnagyobb problémát a várható igényekhez képest csak kis mennyiségben elérhető lítium okozhatja, ezért ennek hatékony és gazdaságos újrahasznosításának a megoldása a legégetőbb probléma.

[1] *Deutsche Bank Research: Electromobility Falling costs are a must.* [https://www.db.com/cr/en/docs/DB\\_Research\\_-\\_Elektromobilitat\\_Sept.\\_2011\\_\(en\).pdf](https://www.db.com/cr/en/docs/DB_Research_-_Elektromobilitat_Sept._2011_(en).pdf), 2018. október 8.

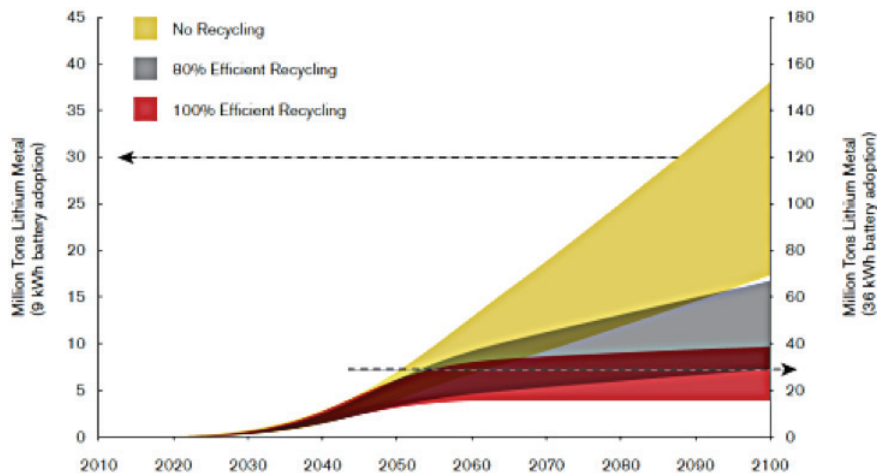
A 18. ábra a hibrid, és tisztán elektromos járművek elterjedésének esetére vonatkozó kumulatív lítiumigényt mutatja különböző mértékű újrahasznosítás esetén az évszázad végéig. Az ábráról leolvasható, hogy az elkövetkezendő időszakban az elektromos járművek elterjedéséhez akár 150 Mt lítiumra is szükség lehet, míg az ismert rendelkezésre álló, a későbbiekben kinyerhető készlet csak 30 Mt. E két szám közötti jelentős különbség egyértelműen jelzi az újrahasznosítás fontosságát. A következő két évtizedben feltehetően még enélkül is elegendő lítium áll a gépjárműipar rendelkezésére, ezt az időszakot azonban fel kell használni olyan eljárások kidolgozására, melyek piaci körülmények között is lehetővé teszik a lítium ma még gazdaságtalan újrahasznosítását.

Az elektromos járművek elterjedésében korlátozott mértékű kitermelhetősége miatt a lítiumhoz hasonló problémákat okozhat még a diszprózium, neodímium, platina és a tantál is. Ezért a természetben kis mennyiségben előforduló fémek jelenleg még megoldatlan ipari méretű újrahasznosítása új technológiák kifejlesztését teszi szükségessé, ami a közeljövőben egy új iparág születését eredményezheti.

A korábban említett elemek mellett a közeljövőben olyan, jelenleg még megfelelő mennyiségben rendelkezésre álló elemek elérhetősége is gondot okozhat, melyeket más iparágak is egyre nagyobb mennyiségben használnak. Ilyen elemek például a réz, molibdén, ezüst és az arany [1].

Fenti problémák miatt az utóbbi években az ipari szereplők – részben európai uniós K+F pályázatok segítségével – törekednek a gazdasági és politikai okokból is kritikus hozzáférésű ötvözőelemek kiváltására. Az ilyen jellegű kutatások – stratégiai fontosságuk miatt – az Európai Unióban kiemelt támogatást élveznek.

18. ábra. Összesített lítiumfelhasználás Mt-ban megadva különböző mértékű újrahasznosításnál kisebb akkumulátort használó ún. plug-in hibridek (baloldali skála) és kizárólag elektromos motorral rendelkező, ezért nagyobb akkumulátorokat használó járművek (jobboldali skála) elterjedése esetén. A felső szaggatott vonal a rendelkezésre álló 30 Mt lítiumkészletet mutatja. A sávok alsó vonala a 0,2 jármű/fő esetére számított érték, a felső vonal pedig 0,5 jármű/főre vonatkozik. [1]



[1] Deutsche Bank Research: Electromobility Falling costs are a must. [https://www.db.com/cr/en/docs/DB\\_Research\\_-\\_Elektromobilitaet\\_Sept.\\_2011\\_\(en\).pdf](https://www.db.com/cr/en/docs/DB_Research_-_Elektromobilitaet_Sept._2011_(en).pdf), 2018. október 8.

## Összefoglalás

Ebben a tanulmányban az elektromos gépjárművekben használt szerkezeti anyagokkal kapcsolatos anyagtudományi fejlesztési irányokat ismertettük. E fejlesztések jelentős része a járművek tömegének csökkentésére irányul. A leírtakból jól látszik, hogy a nagy szériában gyártott járműveknél a szerkezeti anyagok jelentős része továbbra is valamilyen fémötvözet lesz, a gazdaságossági szempontok miatt elsősorban valamilyen acél- és/vagy alumíniumötvözet.

Ahhoz azonban, hogy ezek a gépjárműgyártásban régóta alkalmazott anyagok megőrizték versenyképességüket, jelentős fejlesztések szükségesek. Az alapanyaggyártók kutatásai elsősorban olyan új ötvözetek és gyártástechnológiák kifejlesztésére irányulnak, melyek a jelenleg gyártott anyagoknál nagyobb szilárdságú, és szí-

lárdságukhoz képes nagy szakadási nyúlással rendelkező anyagok előállítását teszik lehetővé a járműipar számára.

A Dunaújvárosi Egyetemen az elmúlt években végrehajtott eszközbeszerzések, és az új eszközökkel végzett kutatások, valamint a meglévő ipari kapcsolatok megfelelő alapot jelentenek ahhoz, hogy az egyetem részt vegyen az elektromobilitáshoz kapcsolódó anyagtudományi kutatásokban.

A Dunaújvárosi Egyetem a régió meghatározó iparvállalataival – pl. ISD Dunaferr Zrt., Arconic-Köfém Kft., Magyarmet Finomöntőde Kft. – végzett közös K+F munkák során a nagyszilárdságú acélok és a korszerű alumíniumötvözetek kifejlesztésében, valamint új gyártástechnológiák kidolgozásában olyan tapasztalatokat szerzett, melyek közvetlenül felhasználhatók a későbbi járműipari kutatásokban.

Külön kiemelendő az egyetem anyagtudományi laboratóriumainak európai szintű eszközellátottsága. A Gleeble laboratórium hazánkban egyedülálló termomechanikus szimulátorával például a hagyományos technológiák vizsgálata mellett lehetőség van korszerű, nanoszerkezetű anyagok előállítására és gyártástechnológiájuk optimalizálására is. A Metallográfiai laboratórium modern fény- és elektronmikroszkópja lehetőséget ad az iparban, vagy laboratóriumi körülmények között előállított minták szövetszerkezetének részletes vizsgálatára, például a pásztázó elektronmikroszkóp és a hozzá tartozó EBSD-detektor segítségével. Az egyetem Polimer laboratóriuma pedig korszerű berendezéseivel tud hozzájárulni az autóiparban egyre fontosabb polimer mátrixú kompozitok fejlesztéséhez.



## *Az elektromobilitás időszerűsége. Szükséges, mégsem elégséges feltétele civilizációnk fennmaradásának (2. rész)*

**Összefoglalás:** Mára kétségtelenül igazolt tény: A 18. században kezdődött ipari forradalom, így emberi tevékenység, okozza a globális felmelegedést és a kapcsolódó következményeket. Teremtett és épített világunk végjátéka majdnem elérte drámai csúcspontját. Újjá kell építeni és át kell alakítani az alkalmazott technológiákat és a vonatkozó társadalmi struktúrákat annak érdekében, hogy az emberiség képes legyen megmenteni a Földet. Nincs válsztásunk a tekintetben, hogy szeretnénk-e ezt a transzformációt, vagy sem. Meg kell tennünk. És pillanatnyilag nem tudjuk, hogy ebben mennyi időnk maradt a társadalmi-gazdasági paradigma-változás megvalósítására. Amit könnyedén kijelenthetünk, és ami felől szemernyi kétség sem maradt: Azonnal meg kell kezdeni a rendszer újratervezését és az általános értékérték-váltást életünk minden minden területén.

**Kulcsszavak:** Globális klímaváltozás, társadalmi-gazdasági paradigmaváltás, fenntarthatósági közösségi társadalom, A történelem legnagyobb vállalkozása (BEH), vállalati társadalmi felelősségvállalás /CSR/ -> /(C)SR/ átalakítás.

**Abstract:** It is now became obvious proven fact that the global warming and related consequences were caused by human activity started at industrial revolution in 18th Century. The endgame of our World is almost reached its' dramatic peakpoint. We have to remodel, rebuild our technologies and social structures in order to be able to save the Earth. We have no choice whether we would like to do this transformation or not. We have to do. And we don't know at this time how much time do we still have to complete this socio-economic paradigm change.

What we can easily say as there is no doubt: We have to start our system re-desing and value change in all aspects of our life immediatly.

**Keywords:** Global climate change, socio-economic paradigm change, sustainability community society, Biggest Enterprise of the History - BEH, CSR -> (C)SR transition.

\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Informatikai Intézet  
Email: szaboistvan@uniduna.  
hu*

## Az elektromobilitás, mint a világ fenntartását biztosító kulcstechnológia

A fenntarthatósággal küldetéstudatosan foglalkozó személyek, szervezetek misszójának főbb elemei közül az elektromobilitás egy lehetőség a Föld megmentésére. A fenti felsorolásból kiemeljük:

- Egyedi fenntarthatósági projektek realizálása, amelyek új technológiák kifejlesztésével, illetve új tudással képesek csökkenteni az emberiség ökológiai zavarkeltését a bioszférában.

Ezek azok az innovatív projektek, amelyek képesek a Föld eltartóképességét növelni, ezzel az emberiség létét fenntartható módon biztosítani, és ezek közül az elektromobilitás, a közlekedés dekarbonizálása, illetve fenntartható technológiák ezreivel való megvalósítása az egyik ilyen megoldás.

Fontos kihangsúlyozni, hogy az elektromobilitás matematikai terminológiával megfogalmazva „szükséges DE NEM ELÉGSEGES (!)” feltétel az emberiség túlélésének folyamatában. Vagyis, ha nem tesszük, azzal óriási hibát vétünk, a fenntartható működése a világunknak végérvényesen elveszhet. Ezért ennek megvalósítása szükségszerűség, kötelező feladat az emberiség számára, ha egyáltalán közlekedni akar és nem lovon, tévén, vagy saját erővel hajtott kerékpáron tenné mindezt.

Fontos továbbá kihangsúlyozni azt is, hogy amennyiben teljes mellszélességgel „beleállunk” az elektromobilitás rendszerébe, azzal csak lehetőséget teremtünk arra, hogy a dekarbonizációs folyamat beteljesülhessen, de önmagában ettől nem oldjuk meg a világ CO<sub>2</sub>-kibocsátását, az éghajlatváltozást, a környezetterhelés problémáit, vagyis az elektromobilitás szükséges, de nem elégséges feltétele a világ fenntartható működésének, a világ túlélését garantáló technológiának.

A közlekedést az energetikai ipar részének szokás tekinteni. A világ energiafelhasználásának jelentős része nem az erőművekben, hanem azokban a gépekben realizálódik, amelyek minden nehéz fizikai munkát elvégeznek az emberek és állatok fizikai ereje helyett: Motorok, erőgépek, amelyek ma rendszerint robbanómotoros gépek, kisebb részben elektromos motorok által hajtott gépek.

Az autó egy reprezentáns gép, amely jelenleg túlnyomó többségben szénhidrogének elégetése során állítja elő erejét. A közlekedésben használt egyéb nagy teljesítményű eszközök szinte kivétel nélkül ma robbanómotoros vagy sugárhajtású gépek. Ennélfogva ezen eszközök elektromos meghajtásúvá alakítása üdvöztető, de nem elégséges megoldás.

Amennyiben az elektromobilitás térnyerésével megoldjuk ezen eszközök, gépek elektromos meghajtását, akkor a teljes energetikai rendszert tekintve akkor lehetünk karbonsemlegesek és környezetkompatibilisek, ha a meghajtásra szánt elektromos energia megtermelését képesek vagyunk karbonsemlegesen, illetve környezetkompatibilisen, egyszerűen fenntartható módon megoldani.

Minden egyén hozzájárulása számít bioszféra-léttársaimat arra kérem, hogy környezetvédelmi be-

ruházásként ne az elektromos autó megvásárlásával kezdje el a saját privatizációját, hanem előbb teremtsen meg a háttérrel a tiszta üzemeltetéséhez. Ergo: Először építsük fel a CO<sub>2</sub>-mentes infrastruktúrát (Energiatermelő- és -elosztó hálózatot – angolul a SmartGrid-et) akár közvetlen mikrokörnyezetünkben is (például saját ingatlanunk megújuló energia termelésével), és csak utána ruházzunk be az elektromos autókba. Ezzel a lépéssel már részeseivé is válunk egy teljesen más, nem fiskális szemléletnek, amely tökéletesen a jövő generációk érdekeit tartja szem előtt, a környezetet tiszteli és igyekszik annak életet adó létfenntartó képességét őrizni.

Aki jelenleg elektromos autót (kerékpárt, hajót, kisrepülő, drónt, stb.) használ, az ugyanis közvetlenül CO<sub>2</sub>-t bocsát ki, pontosan ugyanolyan arányban, mint az a villamos erőművi rendszer, amelyik előállította az e-mobilitáshoz használt elektromos áramot. Gyakorlatilag annyi történik, hogy „földrajzilag” egy más területre „kiszervezzük” a CO<sub>2</sub>-kibocsátást és egyéb szennyezéseket. A szennyezés megtörténik, hiába az igyekezet, a beruházás az elektromos járműbe. Így jelenleg nem a kipufogóinkból, hanem az erőmű kéményén távozik az adott szén-dioxid-mennyiség, összesen a világon naponta 110 millió tonna (!). Ennek értéke nap-mint nap ma is nő – sajnálatos módon – ahelyett, hogy akár már holnaptól ezt a természetkárosító kibocsátást nullára csökkentenénk.

Jelenleg a helyzet az, hogy a légkörben a széndioxid-koncentráció 410 ppm körül van, amelynek éves trend-átlagértéke drasztikusan és egyre gyorsuló ütemben (!) nő.

#### AZ ELEKTROMOBILITÁS FENNTARTHATÓSÁGI KRITÉRIUMA

Az elektromobilitás akkor és csak akkor lehet jövőbementő, fenntartható technológia, ha az elektromos gépek, mozgatók által elhasznált energia megtermelése megújuló technológiával kerül előállításra. [11]

Ennek a tételnek a fontosságát az is megmutatja, hogy szakemberek gyakran elfelejtik, hogy a teljes rendszert tekintve értékeljék a kibocsátást és ne reklámozzák például elektromos autóikat „zero emission”-szlogennel egyes neves gyártók.

[11] Szabó, I. (2015):  
„S.O.S.tainability”  
[www.sustainability.com](http://www.sustainability.com)

## AZ ELEKTROMOBILITÁS AZ ENERGETIKAI RENDSZER RÉSZÉ

Az energiatermelés és annak okos felhasználása az emberiség túlélése szempontjából alapvető problémakör. Sem az egyének, sem a társadalom egésze nem kíván lemondani azokról a technológiai vívmányokról, amelyek az ipari társadalom korai szakasza óta az emberek kényelmét szolgálják, a nagy volumenű termelést és kimagasló szolgáltatásokat biztosítják. Fontos azonban a korlátok ismerete, a pazarlás megelőzése, a fogyasztás önkorlátozása ésszerű, átgondolt módon. Minden bizonnyal NEM a fúziós reaktor fogja megoldani az emberiség fenntarthatósági problémáit, hanem a józan átgondoltság az energiatermelés, az -elosztás és a -fogyasztás terén.

Amikor energiáról beszélünk, elsősorban a megújuló energiára gondolunk, hiszen van belőle elég. És ez az egyetlen kategória, mely kielégíti a 10000 éves fenntarthatósági kritériumot. Megújuló energiaforrás a napenergia, a szél- és vízienergia, a biomassza. Azonban, ha jól átgondoljuk, elemezzük az energiatranszformációkat, ezek mind a nap energiájából származó emergiahordozók. A szelek és vizek mozgását a bioszféra fizikai és kémiai folyamatai irányítják, a napenergia átalakult formában jelenik meg az anyagok létébe és mozgásába ágyazottan. A biomassza a bioszféra ciklikus biomassza termelési és bomlási folyamata során keletkezik. A folyamathoz a napenergia biztosítja az élő masszában kötött energiát, amely massa fotoszintézis során, a levegőben található széndioxid felhasználásával kémiai reakcióval jön létre.

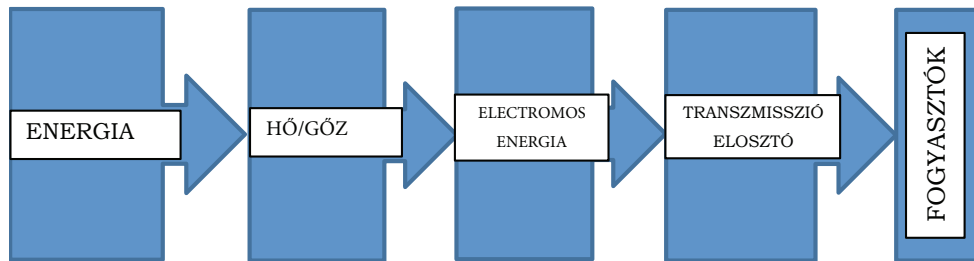
A fosszilis tüzelőanyagok is a nap energiáját kumulálják. Ezek újratermelése azonban évmilliók alatt történik, ezért tekintjük „nem-megújulónak”. Megújuló, de a megújulás ciklusa rettenetesen nagy időállandóval történik meg, a mi életünk viszonyait tekintve nem megújuló energiaforrásokat jelent.

Mindegyik megújuló energiaforrás termelési és felhasználási folyamata egy zárt rendszeren belüli átalakulási folyamat, vagyis ezek nem változtatják meg a bioszféra alrendszereket és a benne lévő folyamatok lényegét, csupán az energialekötések egyes helyeken lévő aktuális állapotait változtatják meg. Tehát ezek a körfolyamatok, energia-allokációk fenntarthatósági szempontból tökéletesek. Az egyes energiatermelési technológiákat fenntarthatósági szempontból értékeli a 2. ábra. (Következő oldal!)

Minden energetikai rendszer akkor tekinthető fenntarthatónak, ha az elektromos energia előállítása és felhasználása során nem történik környezetszennyezés. Az egész bioszférát zárt rendszernek tekintve a termelés és a felhasználás során az egész bioszféra energetikai egyenlege nem változik meg. Amennyiben kötött energiákat a zárt bioszférába engedünk, akkor annak összenergiája növeli a légkör energiaszintjét, amely hő, mozgási, elektrosztatikus, valamint elektromágneses energiaként jelenik meg a légkörben.

Mind a hőszennyezéssel, mind a szén-dioxid-koncentráció növelése következtében fellépő üvegházhatás miatt a légkör energetikai egyensúlya felborul, a légkörben jelenlévő energia megnő. Mindez a hőmérséklet emelkedését, a légtömegek mozgási energiájának (szélenergia) növekedését, az elektrosztatikus kisülések (villámok) gyakoriságának növekedését okozzák. Vagyis mindenképpen növekednek az extrém időjárási esetek és körülmények, a jelenségek intenzitása, változékonysága és kiszámíthatatlansága növekszik, a jelenségek előrejelzési bizonytalansága nő.

2. ábra. Az elektromos energiarendszerek fenntarthatósági sémája.



| RENDSZER                                                                          | GHE<br>ÜVEGHÁZ<br>HATÁS   | HŐ-> ELEKTRO-<br>MOSENERGIA-<br>KONVERZIÓ             | ÁTVITELI<br>ÉS ELOSZTÓ<br>HÁLÓZAT                        | FOGYASZTÓ                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Gyors ciklusú<br>tüzelőanyagok (bio-<br>massza, biodízel,<br>tűzifa, papír, etc.) | CO <sub>2</sub> neutrális | nincs hőszennyezés<br>(az előállítás kör-<br>ciklusú) | nincs<br>hőszennyezés (az<br>előállítás kör-<br>ciklusú) | nincs<br>hőszennyezés<br>(az előállítás<br>körciklusú) |
| Naperőmű                                                                          | CO <sub>2</sub> neutrális | nincs hőszennyezés                                    | nincs<br>hőszennyezés                                    | nincs<br>hőszennyezés                                  |
| Geotermikus<br>hőerőmű                                                            | CO <sub>2</sub> neutrális | hőszennyezés                                          | hőszennyezés                                             | hőszennyezés                                           |
| Vízierőmű                                                                         | CO <sub>2</sub> neutrális | nincs hőszennyezés                                    | nincs<br>hőszennyezés                                    | nincs<br>hőszennyezés                                  |
| Szén-, olaj-, gázerőmű                                                            | CO <sub>2</sub> +GHE      | hőszennyezés                                          | hőszennyezés                                             | hőszennyezés                                           |
| Szélerőmű                                                                         | CO <sub>2</sub> neutrális | nincs hőszennyezés                                    | nincs<br>hőszennyezés                                    | nincs<br>hőszennyezés                                  |
| Atomerőmű                                                                         | CO <sub>2</sub> neutrális | hőszennyezés                                          | hőszennyezés                                             | hőszennyezés                                           |
| Termonukleáris erőmű                                                              | CO <sub>2</sub> neutrális | hőszennyezés                                          | hőszennyezés                                             | hőszennyezés                                           |

(Forrás: Saját szerkesztés)

Energiát tehát csak olyan technológiák mentén érdemes termelni, amelyek a légkör energiaszintjét nem emelik, semmilyen plusz kibocsátással nem rendelkeznek. Ezzel garantálható, hogy 104 év időtávlatban sem okoznak változást a bioszféra működésében. Azok a megújuló energiatermelő rendszerek, amelyek a fenti kritériumot teljesítik.

Az elektromobilitás fenntarthatósági kritériuma értelmében, ha megújuló energiatermeléssel előállított villamos energiát használó e-mobil járművet használunk, akkor a közlekedés teljes mértékben fenntartható üzemű.

#### A MEGÚJULÓ ENERGIATERMELÉS ÉS AZ ELEKTROMOBILITÁS SZINERGIÁJA

Mivel mindkét rendszer előnyökkel rendelkezik, ha összekapcsoljuk őket, érdemes megvizsgálni a megújuló energiatermelés és az elektromobilitás eszközeinek kombinációját és az így nyerhető előnyöket.

A villamos energia tárolása nem egyszerű, jelenleg akkumulátorokat, szuperkondenzátorokat és valamilyen fizikai, vagy kémiai energiaátalakítóval egybeintegrált eszközöket/rendszereket használunk a villamos energia tárolására. A 20. század villamosenergia-rendszerében a hálózati irányító (Magyarországon a MAVIR–MVM) gondoskodott arról, hogy a megtermelt vagy importált villamos energia és a fogyasztás minden időpillanatban egy egyensúlyi állapotot képezzen, vagyis pont annyi energiát termeltek az erőművek minden időpillanatban, amennyit a fogyasztók az adott pillanatban elfogyasztottak. Lehetőség a tárolásra nem volt, illetve maga a rendszer nem igényelte azt.

A megújuló energiaforrások tipikus jellemzője az, hogy időben változó a rendelkezésre álló megújuló villamos energia és viszonylag kiszámíthatatlan és ezért nem tervezhető az elérhetőségük. Ezért felmerül az az elméleti igény, hogy amennyiben szeretnénk 100% megújuló energiatermeléssel üzemeltetni a rendszerünket, akkor matematikai bizonyossággal energiátároló rendszereket szükséges integrálni egy ilyen hálózatba, ha folyamatosan az aktuális energiaigényt ki szeretnénk elégíteni.

Az e-mobil eszközök rendelkeznek energiátároló képességgel, vagyis pont azzal rendelkeznek, amire a megújuló energiatermelő energiaforrásoknak szüksége van.

Ahogy korábban megállapítottuk, az elektromobilitás fenntarthatósági kritériuma az, hogy megújuló energiaforrás táplálja az e-mobil járművet. Tehát az e-mobilnak szüksége van megújuló energiaforrásra.

Mindkét rendszer érdeke, hogy integrálódjon! Tegyük meg, és nézzük meg, hogyan működhet egy ilyen szinergikus rendszer?



## A SmartGrid-rendszer

A SmartGrid-rendszer a 21. század villamosenergia-rendszere, amely képes biztosítani azokat a megoldásokat, amelyekre égetően szüksége van a világnak ahhoz, hogy úrrá legyen a környezetromboláson és a környezetpusztulás okozta zavarokon. A SmartGrid az elektromos energiatermelő és -elosztó rendszer és a digitális technológia szinergikus felhasználásával létrejövő új alkalmazási koncepció, villamos energiatermelő, -elosztó és fogyasztókat magába foglaló, csúcstechnológiák sorát tartalmazó intelligens elemek együttműködő hálózata.

Matematikailag egzakt analízis és bizonyítás nélkül is nyilvánvaló, hogy a jelenlegi villamos energiarendszerek képtelenek – az elektromos autók mozgatásához szükséges energiátöbblet-igénnyel együtt – a fogyasztókat ellátni. Így a hálózat és természetesen az energiatermelés megújuló irányú fejlesztése elkerülhetetlen feltétele az elektromos autózás megvalósulásának. Ezt eddig egyetlen országban sem vették teljeskörűen figyelembe a rendszerek tervezői és üzemeltetői. Így sajnos, azok az elektromos autózásban előrehaladt, magas fejlettségű országok – ahol már ma is jelentős e-mobil flotta működik – nem tervezetten, a közlekedő elektromobil eszközök számának növekedésével nem párhuzamosan fejlesztették a villamosenergia-termelő és -ellátó rendszereiket. Az ad-hoc fejlesztések, tűzoltások a szituáció-kezelés minőségét talán jobban leírják.

A jelenlegi műszakilag, erkölcsileg (és hamarosan jogilag is) tarthatatlan helyzetnek egy megoldása van, a közös társadalmi összefogás és az *államilag irányított rendszerfejlesztés*, és mindez a közjó maximális fókuszban tartása mellett. Már több korábbi publikációnkban jeleztük [11, 12], hogy kívánatos volna egy jelentős állami szerepvállalás az elektromos energiaellátó rendszerben történő fejlesztések kezelése és irányítása érdekében. Erre egy állami technológiai szakmai szervezet lenne a legalkalmasabb, nevezetesen a Magyar SmartGrid Technológiai Intézet, amely egyszerre töltene be energetikai technológiai tanácsadó, állami fejlesztési projektirányító, környezetvédelmi és talán még integráltan a jövő generációk jogainak érdekében fellépő szerepet.

[11] Szabó, I. (2015): „S.O.S.tainability.” [www.sustainability.com](http://www.sustainability.com)

[12] Szabó István (2014): Közép-Duna menti Smart-Grid. *ISD Dunaferr DMGK* LII. évfolyam 1. szám.

## A SMARTGRID-RENDSZER ELŐNYEI

A SmartGrid gazdasági, társadalmi és környezeti szempontból a következő előnyöket ígéri:

- Nagyobb hálózati megbízhatóság.
- Magasabb eszközhhasználtság.
- Elektromobilitás térnyerése.
- Rugalmas megújuló energiatermelés integráció.
- A hálózati rendszerek alacsonyabb működtetési költségei.
- Csökkenő energiaellátási költségek a felhasználók számára.
- Az új technológiai újítások és megoldások fejlesztéseket segítő támogatása.
- Energiatároló rendszerek fejlődése.
- Alacsonyabb üvegházhatású gázkibocsátás, egyéb szennyezés.

Az elektromobilitás, illetve az elektromosenergia-termelés és -elosztás fejlesztése kéz a kézben járnak. Nincs köztes út vagy „megúszható” beruházás, ezt a szakembereknek és döntéshozóknak mind az energia-termelés, mind a villamosenergia-rendszer egészének működtetése oldalán jól kell értelmeznie. Elsősorban a jövő generációk érdekeit szükséges szem előtt tartania.

A SmartGrid rendszerek kialakításakor a működő civil szakmai szervezetek véleményének, javaslatának és projekteredményeinek beépítése a szakmai anyagokba szintén kívánatos volna. Mindemellett a nemzeti energiastratégia, a Vízstratégia és a megújulóenergia-stratégia, a Klímastratégia, az innovációs stratégia és minden kapcsolódó dokumentum, rendelet, irányelv félévenkénti felülvizsgálata és szükség szerinti egységes szerkezetű időszaki módosítása is kívánatos volna, amelyet ez a fenti szakmai szervezet koordinálna.

Ugyanakkor gyakorlati tennivalók vonatkozásában is érdemes átfogó szemlélettel eljárni, ha például fejleszteni kell a villamosenergia-rendszert, elkerülhetetlen szembenézni a fejlesztés jövőbiztos megvalósítási követelményeivel is. Mi az elektromosenergia-rendszer fenntarthatósági kritérium-rendszere?

## A SMARTGRID-RENDSZER TECHNOLÓGIAI-FENNTARTHATÓSÁGI KRITÉRIUM-RENDSZERE

Egy SmartGrid-rendszerben mindenekelőtt

- Legyen szennyezés- és CO<sub>2</sub>-mentes a termelés.
- A beépített kapacitást az elektromobilitás térnyerésével és annak energiaigényével összhangban meg kell növelni.

- A hálózati energiaátviteli utak kapacitását egyfelől meg kell növelni, illetve alternatív utakkal – megfelelő gráf- és megbízhatóságelméleti háttérrel – redundánssá és így nagyobb kapacitásúvá szükséges bővíteni.
- A hosszú átviteli utakat célszerű az „elosztott paraméterű” energiatermelés alkalmazásával drasztikusan lecsökkenteni. Ott kell termelni az energiát, ahol az igény van. Ezt a logisztikai alapelvet a fenntartható energia rendszerekben is kell és kötelező alkalmazni!
- A fentiekben tárgyalt „elosztott paraméterű” termelés és átviteli-redundancia egyben komoly energia biztonságot is eredményeznek automatikusan.
- Meg kell oldani a „prosumer” típusú együttműködő rendszertagok összekapcsolását és rendszerintegrációját. Meg kell haladni azt a hagyományos szemléletet, hogy az energiatermelést csak „nagy centralizált energiatermelő gyárakban” lehet megvalósítani; Vannak fogyasztók, milliós nagyságrendben, akik képesek önmaguk és környezetük energiáját házilag, önmaguk megtermelni (PROSUMER = PROducer + conSUMER; angol szavak összetételéből képzett új szó). Ezen megoldások EU politikai és pályázati rendszer szinten támogatott megoldások.
- Szükséges beépíteni az elektromos ellátórendszerbe egy átfogó intelligenciát, amely képes hibajavításra, ellátja a rendszerirányítói feladatokat. Ez a mesterségesintelligencia-kutatások egy kiemelt alkalmazási területe lehet.
- Közös érdekek mentén képes felügyelni a teljes elektromosenergia-rendszer működését.
- Segít az energiaszegénység felszámolásában. Társadalmi innováció keretében a szolidaritásra adhat új modellt, gazdagnak és szegénynek lehet ugyanaz a jogosultsága egy adott limitált energiamennyiség garantált hozzáférésehez.

A SmartGrid-rendszer egy alapvető paradigmaváltást jelent a jelenlegi energiatermelő rendszer topológiájában és működtetési filozófiájában, amelyet a jelenlegi rendszer „ráfejlesztésével” aligha lehet megvalósítani. A rendszer alapelveiben és az egyes rendszerelemeiben is gyökeres változást jelent, amely fejlesztés során kis lépésekkel a jelenlegi rendszer „felokosítása” nem lehetséges.

A SmartGrid-rendszerben megjelenő új technológiák, és funkciók összefoglaló tábláját a 3. ábra tartalmazza. Ezen elemek egy valós realizáció esetén szükséges alkotóelemek, amelyek a jelenlegi rendszerelemekhez képest novum értékű változtatásokat hordoznak.

3. ábra. Az új technológiák, és funkciók összefoglaló táblázata.

| Technológia, funkció                            | Tartalom, definíció, leírás                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| On-line folyamatos mérés-technika               | Intelligens mérőberendezések és a hozzájuk tartozó kommunikációs rendszer a hálózati operátor-központ és az egyes energiatermelők és fogyasztók között. A kvázi-online adatokat egy központi operáció dolgozza fel.                                                                          |
| Információ- és kommunikáció-technológia         | A rendszer egyes energiatermelői és fogyasztói a pillanatnyi termelés-fogyasztás egyenlegük adatait egy kellően biztonságos integrált informatikai-kommunikációs technológiai rendszer segítségével továbbítják a műveletközpontba.                                                          |
| Műveletközpont                                  | Véges számú mérési adatok kiértékelését és a teljes (vagy rész-) energia rendszer egyensúlyát konkrét operatív vezérlési parancsokkal biztosító „agy”.                                                                                                                                       |
| Energiatovábbító rendszer intelligens érzékelői | A hálózat-menedzsment részeként a rendszer „önjavító” képességeit inicializáló kiegészítő érzékelők, az „agy” számára szolgáltatott információkkal a rendszer funkcionalitását tartja fenn.                                                                                                  |
| Terhelés-kiegyenlítés                           | Távvezérelt terhelés- és termelés-szabályozás. Cél a mindenkor belső energiaegyenleg fenntartása.                                                                                                                                                                                            |
| Kiserőművek, lokális energia-termelő egységek   | Napelemez (kis)erőművek, mikroturbinák, szélkerekek, melyek korlátlan rendszerbe kapcsolását a rendszer alapfunkcióként képes biztosítani.                                                                                                                                                   |
| Új technológiájú energiatároló berendezések     | Akkumulátorok, lendkerekes energiatárolók, vízenergia-tárolók, hidrogén cellák                                                                                                                                                                                                               |
| Elektromobilitás eszközei                       | Elektromos járművek, melyek intelligens töltőrendszerrel rendelkeznek. A nagy számú töltőrendszer rendkívül finom terhelésszabályozást képes megvalósítani a lanyhán terhelte éjszakai időszakokban. A töltőrendszer speciális kommunikációs interfésszel kapcsolódik a műveletközpontozhoz. |

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Okos fogyasztási rendszerek                                             | Minden olyan energiakímélő fogyasztási és fogyasztói rendszer, amely beépített intelligenciával fogyasztáscsökkentést képez a teljes megfigyelési ciklust tekintve. Itt intelligens közvilágításra, épületfűtés rendszerekre, energiavisszanyerő rendszerekre lehet asszociálni. Ezek lehetnek privát, NGO és üzleti alkalmazások is. |
| Speciális technológiák, melyek jelentős energiamegtakarítást jelentenek | Szupravezető anyagok és távvezetékek, speciális légvezeték konstrukciók, veszteségmentes energiátároló technológiák                                                                                                                                                                                                                   |

(Forrás: Saját szerkesztés)

A vizionált energetikai rendszerről 2013 óta többször beszámoltunk, a rendszer és technológia szükségességét, aktualitását az elmúlt 5 év sem szűkítette, inkább markánsan felerősítette. A különbség annyiban jelentős, hogy időközben kiderült, hogy napról-napra, évről-évre melegebb a bolygónk és van egy COP21 megállapodásunk „jogerőre emelten”, valamint az EU 2020-ra szóló megújuló energiastratégia-ajánlások is jelentős kötelezettségeket rónak hazánkra a megújuló energiatermelés-részarány tekintetében a villamos energiarendszerünket érintően.

Az elektromosenergia-rendszer fejlesztése, bármilyen szintű elindítása és megvalósítása hazánkban azért is különösen előnyös és kívánatos volna, mert minden nemzeti stratégiával, trenddel és fejlesztési iránnyal – amely jelenleg támogatott programként megjelenik – összhangban van. Továbbá, ami egy világszinten is jelentős versenyelőny hazánkban, hogy ennyire egységes tulajdoni szerkezetű, hagyományos villamosenergia-rendszere nagyon kevés országnak van – és többnyire nem a fejlettebb országokban – a világon.

Mivel a helyzet „forrósodik”, egyre jobban nyilvánvaló lesz nemcsak e tanulmány szerzői, hanem reményeink szerint mindenki számára, hogy a problémamegoldás egyetlen módja a kemény, következetes munka, továbbá az elköteleződés a jövőbiztos technológiai és társadalmi innovációk megvalósítására. Mint amilyen az elektromobilitás, a közösségi innovációk és helyi logisztikai ellátórendszerek („prosumer” megoldás) vagy a SmartGrid-technológia. Természetesen ezek mellett több tízezer hasonló horderejű innovatív megoldásra is szüksége van a világnak a helyzet kezelésére.

Az elektromobilitás, az energetikai rendszer fejlesztések köré összpontosított K+F és innováció prioritásként kell szerepeljen az elkövetkező fejlesztési programok megvalósításában, mert ez a szó legpontosabb értelmében létkérdésünk. Hazai know-how és értékesíthető franchisetechnológia-export lehet az eredménye ezen államilag támogatott/irányított K+F+I projektek sikeres megvalósításának, nem utolsósorban ismét Zipernowsky, Bánki, Kandó és Verebely szintű világ színvonalú mérnöki teljesítményeket tehetnénk

le a köz és a világ javára az asztalra az energetika terén. Minden tudás és technológia elérhető a rendszerek felépítéséhez, a kérdés csak az, hogy mennyire gondoljuk feladatunknak ma a jövő generációk felé teljesítendő kötelezettségeinket.

## Összefoglalás

Jelenleg az igazán komfortos elektromos autók még mindig hibrid rendszerekkel üzemelnek. Szélesebb K+F verseny alakult ki az akkumulátor-technológiák fejlesztésében. Ami várható, hogy mind kapacitásban, mind élettartamában, mind árban kereskedelmi megoldásokkal 3–5 éven belül totális áttörés fog lejátszani az elektromos autózás terén. Ami igazán érdekes lesz – amennyiben ez a fogyasztókat érintő mennyiségi és árkorlát megszűnik –, hogy az autók elektromos verziói közel-karbantartásmentes és nagyon olcsó közlekedési eszközökké válnak, amelyek akár hang-, vagy gesztusvezérléssel, automatikusan visznek bennünket az úticélunkhoz.

Ez a nagyon közeli jövő, amely már nem sci-fi, és ez a változás hihetetlen gyorsasággal fog ránk törni és győzni. Mai tudatunkkal a 2030-ban megvalósuló 100%-ban elektromos alapú közlekedés futurizmusnak tűnik, pedig ez valóban így fog megtörténni.

Az alkalmazott kutatási irányokban olyan résztechnológiákat és új alkalmazásokat kell keresni, követni, ahol van esély új látványos, jól kommunikálható, publikálható és üzletileg is értékesíthető eredmények elérésére.

Érdemes az oktatásba a lehető legtöbb szinten és témában tematizálni a tananyagot mind az innováció, mind a jövőbiztos technológiák és kutatások irányába. Egy átgondolt oktatási alaptantervben egymásra épülő tudásszinteken a felnövekvő generációk szemléletben és jövőorientációban korszerű oktatást kaphatnak, amely önmagában fél siker, hiszen egy adott kritikus tömeg elérése után a társadalom képes lesz önmagát erősítő folyamatokon keresztül végrehajtani a szükséges változtatásokat, mind a technológiák, mind pedig a társadalmi szerveződések tekintetében.

## MEGVALÓSÍTHATÓ PROJEKTJAVASLATOK

Ígéretes projektjavaslatok a teljesség igénye nélkül, az Elektromobilitás-SmartGrid témakörhöz kapcsolódóan, technológiai innováció területeken:

- Gyorstöltő-fejlesztés.
- Közösségi közlekedési koncepciók mintaprojekt.
- Elektromoskomphajó-fejlesztés.



- Elektromos vízturbina V2G állóhajó-fejlesztés.
- Elektromos „dongó motor” kit-kerékpárok általános e-mobillá fejlesztésére.
- Kiber-fizikai rendszerek kutatása, modellezése.

Konkrét projektek és javaslatok a teljesség igénye nélkül, az elektromobilitás-SmartGrid témakörhöz kapcsolódóan, szervezeti innováció területeken:

- Társadalomtudományi kutatások a jövő generációkat előtérbe helyező társadalmi modellek fejlesztése érdekében.
- Közösségi mintaprojektek vizsgálata (Prosumer-konceptió, megosztott közösségi közlekedési modellek fejlesztése).
- Háttérintézmény: Magyar SmartGrid Technológiai Kutató Intézet. Feladata az e-mobilitáshoz kapcsolódó és a villamosenergetikai-rendszerek fejlesztéséhez köthető kutatások irányítása, a fejlesztések menedzselése és a technológiák szakmai felügyelete, állami stratégiaalkotás és -harmonizáció *hazai és világ* szinten.
- Oktatási-szemléletváltási mintaprojektek az egyes közoktatási szinteken. Az új társadalmi „embertípus” definiálása.



## „Adjatok egy bokor gyereket...”

### *Interjú Winkler Mártával, a Kincskereső Iskola alapítójával, Dienes Zoltánról*

**Összefoglalás:** Dienes Zoltán Pál (1916–2014) világhírű világjáró matematikus- pedagógus, a matematikatanítás varázslója. Alapelve az volt, hogy már az általános iskola folyamán megtaníthatók a matematikai struktúrák alap-elemei játékok formájában.

Magyarországon és a világ számos országában az ő kezdeményezésére új témák és új módszerek bevezetése zajlott, Ausztráliától Kanadáig gyerekek millióinak adatott meg az a lehetőség, hogy az ő játékos módszerének a segítségével fedezhessék fel a matematika szépségeit.

Dienes többször megfordult Magyarországon és tartott különböző tevékenységeket tanulóknak, így népszerűsítve az új matematikai módszereit. Így ismerte meg Winkler Mártát is, aki később elsőként alapította meg az első magyar alternatív iskolát Kincskereső Iskola néven és aktívan részt vett az általános iskolai matematikatanítás megújításáért való küzdelemben.

Dienes valahányszor hazalátogatott, Márta néni iskolájában tanított. Erről kérdeztük interjúnkban Winkler Mártát, aki nemcsak jó szakmai, hanem baráti kapcsolatot is ápolt Dienes Zoltánnal.

**Kulcsszavak:** Matematikaoktatás, New Math, Dienes Zoltán Pál, matematikai struktúra, alternatív iskola.

**Abstract:** Zoltán Pál Dienes (1916–2014) was a world-wide famous traveller mathematician-pedagogue, the wizard of mathematics teaching. His principle was that the basic elements of mathematical structures can be taught at primary school through games.

In Hungary and in numerous countries around the world, new topics and new methods have been introduced on his initiative. From Australia to Canada, millions of children have been given the opportunity to discover the beauty of mathematics with the help of his playful method.

\* Partiumi Keresztény Egyetem Nagyvárad, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar  
Email: edit.debrenti@gmail.com

Dienes has turned to Hungary several times and has held various activities for pupils to promote his new mathematical methods. This is how he met Márta Winkler, who later set up the first Hungarian alternative school under the name Kincskereső School (Treasure Hunter School), and became actively involved in the struggle to renew mathematics teaching at primary school.

Whenever Dienes came home, he taught at Aunt Márta's school. In the interview we asked Márta Winkler about it, who not only had a good professional, but also friendly relations with Zoltán Dienes.

**Keywords:** Mathematics teaching, New Maths, Zoltán Pál Dienes, mathematics structures, alternative school.

**Winkler Márta** már a hatvanas években másképp képzelte el az iskolát, mint az akkori oktatásirányítók, szakfelügyelők és pedagógusok többsége. Vekerdy Tamás írja róla: „1962-ben a tanítóképző főiskoláról kikerülve a gyerekek közé lépett, szemügyre merete venni a helyzetet és be merete ismerni magának, hogy valami újfajta megközelítésre van szükség, ha a tanító valóban hatékonyan akar munkálkodni a gondjaira bízott gyerekek között.” Elsőként alapította meg azt az iskolát, amiről álmódott, a Kincskereső Iskola az *első magyar alternatív iskola*.

Ebben az iskolában Winkler Márta a rábízott gyermekek teljes világát próbálta emberibbé tenni, személyközpontú iskolát hozva létre, ahol a gyermek van a középpontban, és nem a tananyag. Még főiskolás korában megismerte Varga Tamást és aktívan részt vett az általános iskolai matematikatanítás megújításáért való küzdelemben, a komplex matematikatanítási kísérletben, megismerve Dienes Zoltánt is, és vele együtt vallotta, hogy a gyerekek játékosan, valódi problémák megoldása során, tapasztalati úton juthatnak el az absztrakt gondolkodás magasabb szintjeire.

Winkler Márta az utolsó élő szemtanúk egyike, aki sokszor látta Dienest tanítani, látta, tapasztalta módszerét, beengedte osztályába tanítani, vagy szerzett neki „egy bokor gyereket“, akiket Dienes taníthatt. Ő maga így vall erről:

„Az iskolák felkeresésének idején Dienes Zoltánra is rábukkantam egy IX. kerületi iskolában. Ő szintén az új szemléletű matematikatanításra mutatott sok remek mintát. Varga Tamás nem érte meg az iskola megnyitását, Dienes Zoltán pedig éppen aznap érkezett meg külföldről és boldogan vállalta az első szavakat az 1988. augusztus 31-i évnyitón.”

Márta néni Szatmárnémetiben mutatta be az „Örömmel nevelni” című legújabb könyvét, itt lehetett találkozni vele, ízelítőt kapni máig kitartó lelkesedéséből és elhivatottságából.

Az alábbi beszélgetés során Dienes Zoltánról kérdeztem Márta nénit, akire születésének 100. évfordulóján emlékeztünk.

D. E. – Milyen gyakran látogatott Dienes Zoltán Magyarországra?

W. M. – Ezt nagyon tudom. Édesanyja itt élt Budán, és őhöz járt minden nagy ünnepen. Húsvétkor biztos, karácsonykor legtöbbször, ha az időjárás engedte, és én az édesanyjához közel laktam. Dienes Zoltánt úgy ismertem meg, hogy a matematikatanároknak vándorgyűlésük volt Budapesten, aztán több helyütt az országban és oda jött ő is, és azon alkalommal én is tartottam órát ott a matematikatanároknak. Akkor már olyan terem volt, amelyben ipari tv lehetett és azon keresztül látták az órát. Két tanárnak az óratervét kellett letanítanom: egy német tanárét és a Varga Tamásét. És akkor találkoztam vele először.

D. E. – Akkor látta önt először, ahogy tartotta az órát?

W. M. – Igen, de többször jött az iskolámba. Többször látott, először még a Móricz Zsigmond körtérre jött, ott volt először. Majd a Kincskeresőbe is. Ő nyitotta meg az iskolát.

-Itthon milyen volt a fogadtatása?

W. M. – Ó, nagyon szerettük. Nagyon. Csodáltuk, a fejfájásig! Követtük, mert hihetetlen, hogy mit öntött magából és az ember hirtelen meg sem értette. Az első emlékem, hogy egy órát tartott – én magam kerültem el oda – egy IX. kerületi iskolában, kiskamaszoknak. Ugye egy bokor gyerek a tábla előtt, nagy viták, semmit nem értettünk belőle. Egyszer csak elájultunk, mert a mértani sorok kialakultak ott a szemünk láttára.

D. E. – Ő tartotta az órát?

W. M. – Igen, ő tartotta az órát. Igen, Dienes Zoltán. Ez volt az első találkozásunk, ahogy gyerekek között volt.

D. E. – Voltak nyílt órák, amelyeket ő tartott? És amelyeken a kollégák is bent ültek?

W. M. – Igen. Hogyne. Meg ez a vándorgyűlés adta a lehetőséget.

D. E. – Ez mikor volt pontosan, melyik évben?

W. M. – A nyolcvanas években.

D. E. – Az is véletlen volt, hogy éppen a Kincskereső megnyitásakor pont itthon volt?

W. M. – Az is olyan különleges isteni szerencse volt. Rengeteg dolgom volt. Tudja, utolsó pillantban kaptam meg az épületet. A megnyitás napján, 1988. augusztus 31-én délelőtt ültem ott és egy vázlatot írtam ott a délután 5-kor kezdődő iskolanyitásra. A megnyitó szövegét írtam éppen és csöngettek hozzám. Hát kinézek és Dienes Zoltán.

D. E. – Akkor sokszor tetszett vele is találkozni?

W. M. – Az édesanyjával sokkal többet. De hát boldog voltam, hogy leültem a lábához és mesélt, mesélt... mert borzasztóan művelt ember volt, fantasztikus könyvei voltak.... „Mondom, Zoltán, akkor tudja, hogy milyen nap van ma? Ma iskolát nyitok. De nincs Varga Tamás, valakinek meg kellene nyitni az iskolát.”

Mire D. Z.: „Hát itt vagyok én!” És ő nyitotta meg. Tünetényszerű volt akkor. Amiért bújtam előle, az az, hogy úgy hívott: a szent. És ezt ott délután a szülőknek is elmondta sürgősen. Ha boldog ember volt, nagyon nagyon örült neki.

W. M.– Különlegesen kedves volt és az volt nekem a nehéz, hogy ha megjelent az édesanyjánál ezeken az ünnepeken, húsvét ugye, iskolaszünet, gyerek sehol. „Márta, egy bokor gyereket nekem, egy bokor gyereket ...” Én futkároztam össze, könyörögve a szülőknek, hogy adjanak gyereket. Hogy csinálhasson órát nekik. És fantasztikus miket csinált. Az iskolában is... Vándorgyűlésen mentünk vidékre, ott is tartott órát és néztem az óráit.

D. E.– Mit tetszett tanulni tőle, a módszeréből?

W. M.– A gyerekszeretetet mindenképpen. Azt, hogy a gondolkodást fejleszteni mindenáron, amivel csak lehet. Ehhez neki hihetetlenül sok játéka volt.

D. E.– 1969-ben Varga Tamás lejegyezte egy óráját, abban a geometriai transzformációkkal foglalkozott. Elemi osztályokba mit vitt?

W. M.– A Dienes-kockakészletet ismeritek? Hogy azzal miket művelt! Számrendszerek és annak minden része. Örület, amíg az ember mindent össze szedeget. Én nagyon szerettem a készletét. Meg is csináltattam... Megcsináltattam az egész iskolám számára. Egy egész nyarat tettem rá, hogy Dienes-készletem legyen meg színes rúdkészletem.

D. E.– El lehetett lesni valamit tőle?

W. M.– Igen, de azért szomorú vagyok, mert igen keveset. Sokkal többet kellett volna. Ahogy ő rávezette a gyerekeket....Amilyen úton járt, az egészen különleges. Oda akkora agy kellett, mint neki volt. Ahogy ő rávezette a gyerekeket, egészen fantasztikus volt.

D. E.– És ő is kíváncsi volt másra? Ő is tanult Márta nénitől? Kölcsönös volt a kapcsolat?

W. M.– Azt gondolom. Bár amikor ő megjelent, odaadtuk neki az osztályokat sorban, egy-egy gyerekbokrót, akkor ő megszűnt ám. Akkor már csak a gyerek van. Igen...De ez a kedvessége, ahogy megjelenik és akkor én egy pillanat alatt mondom neki azt, hogy nyitom az iskolát és ....azonnal...

D. E.– Milyen ember volt?

W. M.– Egy hihetetlenül udvarias, figyelmes, kedves. Nagyon vigyázott magára. Nem lehetett megkínálni akármivel, mert az agyát féltette és ezt átoltotta a Vargákra is.

D. E.– Miért tetszik többes számban emlegetni a Vargákat?

W. M.– Mert egy sorozat a Varga. Varga Tamásék heten voltak testvérek. Három férfi mindenképpen. Tamás volt a matematikus. Varga Balázs az irodalomtörténész, hát hallatlan fej volt ő is. A Varga Domokos az író.

D. E.– Aki a „Kölyökkostólgatót” írta?

W. M.– Igen.

D. E.– Kivel tartott még kapcsolatot itthon Magyarországon?



W. M.– Hát a Vargákkal mindenképpen. Azt hiszem többekkel. Mert Tamás sokszor ment ki hozzá. Klein Sándorral, a pszichológussal, ő is sokszor ment ki hozzá.

D. E.– Azt olvastam az életrajzában, hogy felkereste szerzetes középiskolai matematikatanárát, Ferenczi Zoltánt is valamilyen Isten háta mögötti faluban, majd később egy papi otthonban Székesfehérváron is, megköszönve mindannyiszor neki azt, amit a pályafutása érdekében tett, mert állítása szerint az ő lelkes tanítása nélkül valószínűleg sohasem lett volna matematikus. Akkor ő ott elmondta neki, hogy ő pedig az egyetemen Dienes apjának előadásait hallgatta, és ezek az órák keltették fel benne azt a szándékot, hogy komolyan foglalkozzék matematikával. Így egy olyan eseménysort fedezett fel, amely összekapcsolta matematikai érdeklődését az apjáéval, egy olyan láncot, amely sokkal korábban kezdődött, mint gondolta volna.

W. M.– Igen? Erről nem tudtam...

D. E.– Az életrajzában olvastam.

W. M.– Végeredményben Varga Tamásnak is és őneki is ugyanazok voltak a céljai, hogy a gyerek a matematikának minden területét megismerje. Ugye régen mi volt, a négy művelet, azt kellett rettentően kapásból tudni. És ezek a logikai részek, a logikai gondolkodásnak a nagy segítői, ezek kimaradtak. Nekik pont ez volt a céljuk, hogy a logikai gondolkodást, a matematikai gondolkodást pallérozni, ahogy csak lehet.

D. E.– Azt olvastam, Varga Tamás leírta 1969-ben, hogy négy napig itthon volt, akkor abból négy napot tanított, szombaton és vasárnap is.

W. M.– Amikor már nem tudtunk neki gyereket szerezni...Gimnáziumokban is könyörögtünk, az általános iskolákban, felsőben is, de alsóban is.

D. E.– Ha hazajött, ő jelentkezett?

W. M.– Azonnal, és gyerekeket kellett keresni. Váratlanul...Ezen mentek a viták...Mindig.

**Dienes Zoltán Pál** (Budapest, 1916. szeptember 11. – Wolfville, Kanada, 2014. január 11.) a 20. század egyik legnagyobb pedagógus egyénisége, aki megkísérelte a lehetetlent, a gyerekek többsége számára megközelíthetetlenül idegennek tűnő matematika tanulását játékos, örömteli, alkotó tevékenységgé változtatni. Középiskoláit Budapesten, Párizsban és Darlingtonban (Anglia) végezte, ahol 1934-ben érettségizett is. A londoni University College-ben hallgatott elméleti és alkalmazott matematikát. 1939-ben doktorált a londoni egyetemen (University of London), értekezésének címe: *„Constructivist Foundation of Mathematics According to Borel and Brouwer”*.

Matematikatanárként dolgozott a dartingtoni Highgate Schoolban, Southampton, Sheffield és Manchester egyetemén, majd 1950-től állandó állást kapott Leicesterben. Itt pszichológiai tanulmányokat is folytatott; később kifejlesztette matematikatanulási elméletét, kidolgozta híres taneszközeit, könyveket írt. 1960-ban kiadott könyve, az *„Építsük fel a matematikát”* korszakos jelentőségű.

1961-ben az ausztráliai Adelaide-ben kezdett tanítani. Együtt dolgozott egy ideig Jerome Brunerrel a Harvardon, és Jean Piaget-vel Genfben. Megalapította az International Study Group for Mathematics

Learning nevű szervezetet, és a nemzetközi *Journal of Structural Learning* című folyóiratot.

1966-ban a kanadai Sherbrooke Egyetemén kinevezték egy új matematikaoktatási kutatóközpont, a „Centre de Recherche en Psychomathématiques” igazgatójává. 1978-ig itt dolgozott, kutatót, miközben a világot járva tanítási kísérleti munkákat indított el szinte minden kontinensen. 1978 és 1980 között több helyen is dolgozott Olaszországban, ahol olasz nyelvű elemi iskolai tantervet állított össze.

Az 1980-as évek közepétől kezdve Exeter egyetemén tiszteletbeli kutatótanárként tartott előadásokat és bemutatókat, miközben a devoni iskolákban is dolgozott. A számítógépek megjelenése után számos oktatási programot írt. Nyugdíjba vonulása után Kanadában élt, részidőben az Arcadia Egyetem tanítóképző karán oktatott.

Karrierjét a matematikaoktatás nemzetközi fejlesztésének szentelte, szerte a világon. Széles körben publikált a matematikatanulás lélektanáról, szakcikkeket, oktatási anyagokat, 30-nál több könyvet. Tanárok százaival és gyermekek ezreivel dolgozott személyesen minden kontinensen, megértést terjesztve, lelkesedést keltve. Szinte az egész világot bejárta és terjesztette módszereit a játékról mint a matematika-oktatás hatékony eszközéről. Angliában, Kanadában, Franciaországban, Németországban, Olaszországban, Ausztráliában, Új Guineában, az USA-ban, Chilében, Brazíliában, Spanyolországban, Görögországban és Argentínában is megfordult. Igazi világpolgár. (Mindenhon Zednek szólították.) S mivel a gyerekek mindenütt egy nyelvet beszélnek (s ő elsősorban erre volt kíváncsi) mindenhol megtalálta a helyét. Több ország elemi iskolai tantervét összeállította. Matematikaoktatásának alapelve volt, hogy manipulációs eszközökkel, játékokkal, táncsal, történetekkel sokkal korábban el lehet kezdeni „komoly matematikát” tanulni, mint azt korábban gondolták, „adatok egy matematikai struktúrát, és csinálunk belőle egy játékot” – mondta.

Szinte megszállottan hirdette, hogy a (12 év alatti) gyermekek gondolkodásmódja alapvetően konstruktív, az elemző gondolkodás gyakorlatilag 12 éves kor után jelenik meg, ezért nagyon fontosnak tartotta, hogy a konstrukció előzze meg az elemzést.

Rengeteg játékos taneszközt fejlesztett ki. A Dienes-játékok egyik sajátossága az, hogy felnőtteket és gyerekeket egyaránt motivál és gondolkodásra serkent.

Valahányszor a gyermekekkel találkozott, mindig saját környezetükbe, annak jellemző fizikai-szellemi adottságaiba illesztette a feladatot és az együttműködést. Vallotta, hogy a matematika tanítása és tanulása nem lehet öncélú, absztrakt feladat, hanem elsődleges célja a személyiség komplex fejlesztése. Az egyéni és versengő feladatmegoldások helyébe az együttműködő játékot és csoportos megoldásokat helyezte.

Valódi reneszánsz ember volt, szerette a zenét, a képzőművészetet és a természetet. Folyékonyan beszélt magyarul, angolul, franciául, németül, olaszul, de számos más nyelven megértette magát. Szeretett énekelni, gyakran kijárt a természetbe, a túrázás, a sífutás és az úszás kedvelt tevékenységei közé tartozott. Mélyen vallásos volt és különböző egyházi feladatokat is vállalt.

Magyarul megjelent könyvei: *Építsük fel a matematikát* (SHL, 1999, 2015), *Játék az életem – egy matematikus mágus visszaemlékezései* (EDGE 2000, 2001, 2014) és *Agykalandok – Dienes professzor játéakai* (EDGE 2000, 2016).

Felhasznált szakirodalom:

Debrenti Edith: 100 éve született Dienes Zoltán Pál, *Matlap*. XX. Évfolyam, 2016. Szeptember, Pp. 241–243.

Dienes Zoltán Pál (2014): *Játék az életem – egy matematikus mágus visszaemlékezései*. Budapest: EDGE 2000. P. 55.

Dienes Zoltán Pál (2015): *Építsük fel a matematikát*. Budapest: EDGE 2000.

Dienes Zoltán Pál (2016): *Agykalandok- Dienes professzor játéakai*. Budapest: EDGE 2000.

Klein Sándor (2012): *Tanulni jó – Egy pszichológus a pedagógiáról*. Budapest: EDGE 2000. Pp. 363–492.

Winkler Márta (2015): *Iskolapélda – Kinek kaloda, kinek fészek*. Budapest: EDGE 2000.

Winkler Márta (2016): *Örömmre nevelni*. Szombathely: Savaria University Press.

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Dienes\\_Zoltán\\_Pál](https://hu.wikipedia.org/wiki/Dienes_Zoltán_Pál)

<http://www.zoltandienes.com>

[http://winklermarta.com/oldal/fogocska-utca-6\)](http://winklermarta.com/oldal/fogocska-utca-6)

# *Galéria*

Budai Barnabás fotói



















