

## MEGÚJULÓ ENERGIÁK AZ EU KÖZLEKEDÉSÉBEN RENEWABLE ENERGIES IN EU TRANSPORT

Kiss Livia Benita<sup>1</sup>, Poór Judit<sup>2</sup>, Pintér Ákos<sup>3</sup>, Hollósy Zsolt<sup>4</sup>

<sup>1</sup>tanszéki mérnök, <sup>2,4</sup>egyetemi docens, <sup>3</sup>adjunktus

<sup>1,2,3,4</sup>Szent István Egyetem, Georgikon Kar, Gazdasági, Társadalomtudományi és Vidékfejlesztési Tanszék

E-mail: kiss.livia.benita@szie.hu<sup>1</sup>, poor.judit@szie.hu<sup>3</sup>, pinter.akos@szie.hu<sup>3</sup>, hollosy.zsolt.istvan@szie.hu<sup>4</sup>

### Összefoglalás

A közlekedés az Európai Unió gazdaságának fontos ágazata, létfontosságú szerepet játszik a mai mobil társadalomban. A megújuló energiaforrásokból előállított energiának a közlekedésben belüli részarányára 10%-os célérték elérését tűzte ki 2020-ra. A közlekedésben felhasznált, megújuló energiaforrásokból előállított energia részaránya, míg 2004-ben csupán 1,5%-ot tett ki, az elmúlt három évben már látványosan közelítette a célértéket (2017-ben 7,5%, 2018-ban 8,3%, 2019-ben pedig 8,9%-ra nőtt). Az egyes tagországok ugyanakkor eltérő pozícióval bírnak. Svédországban kiugró az arány (30,3%), Finnországban is kimagasló (21,3%), Hollandia pedig 2019-re meghaladta az Unió célértékét megelőzve Ausztriát, mely 2018-ban még a harmadik helyen állt a rangsorban. Annak ellenére, hogy napjainkra elég sok tagország közelíti a 8-9%-os részarányt, több tagországban továbbra is viszonylag alacsony az érték: Cipruson az elmúlt évben 2,7%-ról 3,3%-ra nőtt), Görögországban és Litvániában viszont az elmúlt 3 évben 4,0-4,3% körül stagnált a részesedés. A 2020-ra kötelező célkitűzés miatt a folyékony bioüzemanyagok előállítása az EU-ban jelentősen megnőtt. A biodízel a legszélesebb körben előállított folyékony bioüzemanyag. A fosszilis tüzelőanyagokkal kevert folyékony bioüzemanyagok a legelterjedtebb megújuló energiaforrások a közlekedésben. Az EU-ban 2017-ben a legnagyobb etanol és biodízel-gyártó Németország, Franciaország és Lengyelország volt. A közlekedés a második legjelentősebb ágazat, amely hozzájárul a széndioxid-kibocsátás termeléséhez világszerte és a teljes energiafogyasztás több mint egyharmadáért felel. A csökkentési erőfeszítések ellenére az európai közúti közlekedés CO<sub>2</sub>-kibocsátása tovább nőtt. A közlekedés az energiafogyasztás egyik olyan ágazata, ahol a megújuló energiák jelenléte alacsonyabb és annak növekedését nehezen lehet elérni, különösen azokban az országokban, amelyek minden üzemanyagot úgy importálnak.

### Abstract

Transport is an important sector of the European Union's economy and plays a vital role in today's mobile society. It has set a target of 10% for the share of energy from renewable sources in transport by 2020. The share of energy from renewable sources used in transport increased from 1.5% in 2004 to 8.9% by 2019. However, each Member State has a different position. In Sweden (30.3%) and in Finland (21.3%) the rate is outstanding, nevertheless Netherlands exceeded the EU target by 2019, ahead of Austria, which was still in third place in 2018. Despite the fact that a few member states are now approaching the 8-9% share, in several member states the value is still relatively low: in Cyprus the share increased last year from 2.7% to 3.3%, while the value of Greece and Lithuania stagnated around 4.0-4.3% in the last 3 years. Due to the mandatory 2020 target, the production of liquid biofuels in the EU has increased significantly. Biodiesel is the most widely produced liquid biofuel. Liquid biofuels blended with fossil fuels are the most common renewable energy source in transport. In 2017, the largest ethanol and biodiesel producers in the EU were Germany, France and Poland. Transport is the second

largest sector, contributing to CO2 emissions worldwide and accounting for more than a third of total energy consumption. Despite reduction efforts, CO2 emissions from European road transport have continued to rise. Transport is one of the sectors of energy consumption where the presence of renewable energy is lower and its growth is difficult to achieve, especially in countries that import all fuels in this way.

**Kulcsszavak:** EU-27, megújuló energia-felhasználás és termelés, közlekedés

**JEL besorolás:** N74, Q20, O18

**LCC:** TD1-1066, HE1-9990, HD9502-9502.5

## **Bevezetés**

A megújuló energiafelhasználás és az energiahatékonyság növelése az egyre inkább fokozódó energiaigény biztosításában, valamint az éghajlatváltozás kezelésében kritikus pont (Csizmásné Tóth et al., 2016). Az elmúlt évtizedben jelentősen nőtt és növekszik a megújuló energiapolitikával rendelkező országok köre. A megújuló energiatermelést jellemző statisztikák köre is jelentősen bővült (Csizmásné Tóth et al., 2018). Az Európai Bizottság 2015 végén hozta nyilvánosságra az európai Energiaunióról szóló közleményét, majd egy évvel később közzétette a Tiszta energiát minden európainak intézkedéscsomagot. Az irányítási rendelet 2018. december 24-én lépett hatályba. A csomag többek között jogalkotási javaslatokat tartalmazott az EU közlekedéspolitikájával kapcsolatosan is (Európai Parlament és Tanács, 2018). A közlekedés az Európai Unió gazdaságának fontos ágazata és létfontosságú szerepet játszik a mai mobil társadalomban. A hatékony és jól működő személyszállítás és teherfuvarozási rendszer elengedhetetlen az Európai Unió vállalkozásai és lakossága számára. Az EU közlekedéspolitikájának célja a tiszta, biztonságos és hatékony közlekedés előmozdítása, amely hozzájárul az áruk belső piacának és a polgároknak az EU egész területén történő szabad mozgáshoz való jogának biztosításához (Eurostat, 2019a, Čeryová et al. 2020). A közlekedés és a mobilitás központi jelentőségű a fenntartható fejlődés szempontjából. A fenntartható közlekedés elősegítheti a gazdasági növekedést és javíthatja a megközelíthetőséget, elérhetőséget, hozzáférhetőséget. Az EU politikájának fő szempontjait az Egységes európai közlekedési térség útterve című Fehér Könyv határozza meg. Célja egy olyan fenntartható közlekedési rendszer létrehozása, amely továbbra is szolgálja a gazdaság és az állampolgárok igényeit, miközben megfelel a jövőbeli korlátoknak: az olajhiány, a növekvő torlódások, valamint a CO2 és szennyezőanyag-kibocsátás csökkentésének szükségessége a levegő minőségének javítása érdekében, különösen a városokban. 2050-re a közlekedésnek 60%-kal kell csökkentenie az üvegházhatású gázok kibocsátását 1990-hez képest és csökkentenie kell az importált olajtól való függőséget. A fejlemények és politikák nyomon követése, valamint a jövőbeli stratégiák tervezése érdekében az Európai Bizottság számos közlekedési statisztikát elemez (Eurostat, 2019a).

## **Anyag és módszertan**

E tanulmányban az Európai Unió 27 tagállamának közlekedési szektorában tekintjük át a megújuló energia-termelés és felhasználás aktuális kérdéseit különös tekintettel a közlekedésre. Bemutatjuk az elmúlt évek hazai és nemzetközi tendenciáit és a legfrissebb, 2019. évi statisztikákat. A kapcsolódó adatok részben az EUROSTAT adatbázisaiból, részben a European Automobile Manufacturers Association (ACEA) kiadványából származnak. Magyarország pozícióját a többi tagállam és térségünk országaihoz viszonyítva is vizsgáljuk.

## Eredmények

*Megújuló energiaforrások szerepe az EU közlekedésben*

A megújuló energiaforrásokból előállított energiának (beleértve a folyékony bioüzemanyagokat, a hidrogént, a biometánt, a „zöld” energiát stb.) a közlekedésen belüli részarányára vonatkozóan a 10%-os célérték elérését tűzte ki az EU 2020-ra. A közlekedésben használt megújuló energiaforrások jellemzően a folyékony bioüzemanyagok, a hidrogén és a biometán. 2018-hoz képest a megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése a közlekedésben a 27 tagállam közül 20-ban növekedett 2019-ben, négy tagállamban stabil maradt (0,1%pontnál nem nagyobb a változás) és három csökkent (0,3%pontnál nem nagyobb a visszaesés) (1. táblázat).

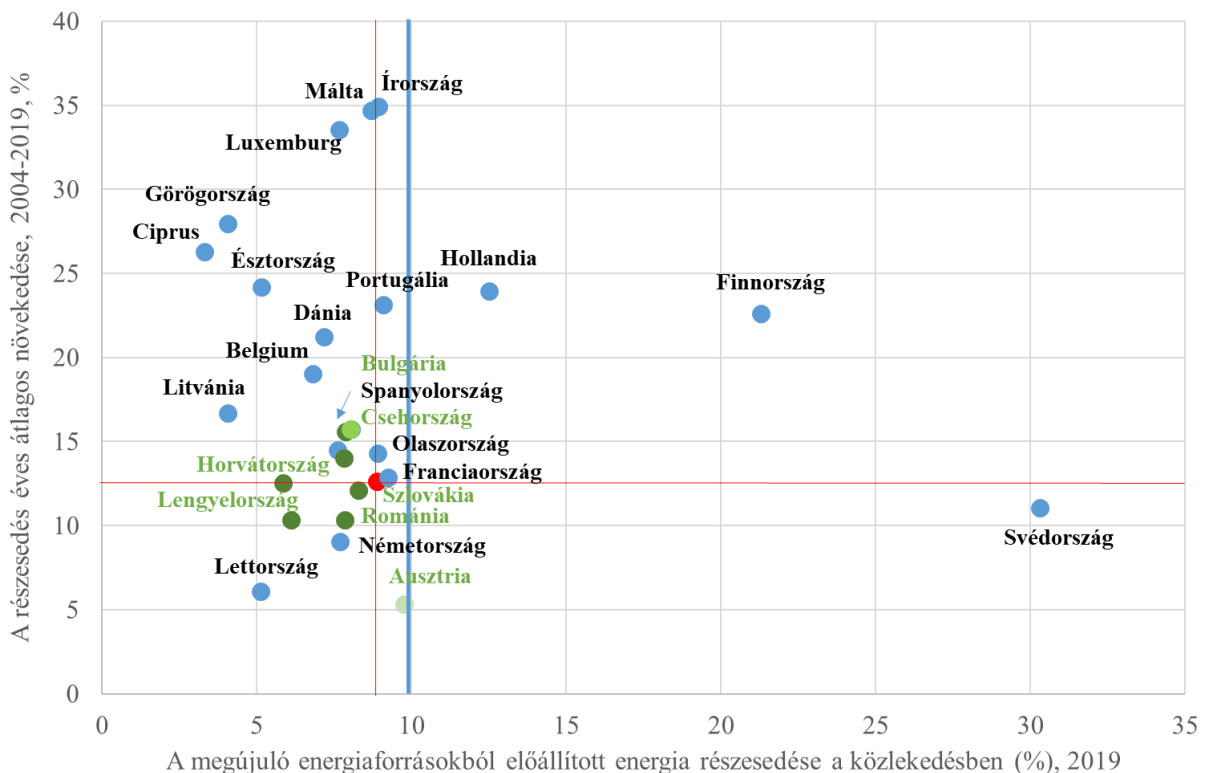
**1. táblázat: A megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése a közlekedésben, EU-27, 2004-2019 (%)**

Ország	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 célérték
<b>EU-27</b>	1,5	2,0	2,7	3,4	4,1	4,9	5,5	4,1	5,8	6,1	6,6	6,8	7,2	7,5	8,3	8,9	10
<b>Belgium</b>	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	2,1	4,8	4,8	4,9	5,1	5,8	3,9	6,0	6,6	6,7	6,8	10
<b>Bulgária</b>	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	1,5	0,9	0,7	5,9	5,7	6,5	7,2	7,3	8,1	7,9	10
<b>Csehország</b>	1,1	1,0	1,0	0,9	2,7	4,2	5,2	1,3	6,3	6,5	7,0	6,5	6,5	6,6	6,6	7,8	10
<b>Dánia</b>	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	1,1	3,6	6,3	6,5	6,6	6,4	6,7	6,9	6,9	7,2	10
<b>Németország</b>	2,1	4,0	6,7	7,5	6,3	5,9	6,4	6,5	7,3	7,3	6,9	6,6	7,0	7,0	7,9	7,7	10
<b>Észtország</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	3,3	5,1	10
<b>Írország</b>	0,0	0,1	0,1	0,5	1,3	1,9	2,5	3,8	4,0	4,9	5,2	5,9	5,2	7,4	7,2	8,9	10
<b>Görögország</b>	0,1	0,1	0,7	1,3	1,1	1,1	1,9	0,6	0,9	1,0	1,3	1,1	1,6	4,0	4,1	4,0	10
<b>Spanyolország</b>	1,0	1,3	0,8	1,4	2,2	3,7	5,0	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	5,2	5,8	6,9	7,6	10
<b>Franciaország</b>	1,5	2,1	2,3	4,0	6,2	6,6	6,5	1,0	7,4	7,6	8,2	8,4	8,4	8,8	9,0	9,2	10
<b>Horvátország</b>	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,3	1,1	1,0	1,0	2,7	2,7	2,4	1,2	1,2	2,6	5,9	10
<b>Olaszország</b>	1,2	1,0	1,0	1,0	2,6	3,9	4,8	5,0	6,1	5,4	5,0	6,5	7,4	6,5	7,7	8,9	10
<b>Ciprus</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	2,0	2,0	0,0	0,0	1,1	2,7	2,5	2,7	2,6	2,7	3,3	10
<b>Lettország</b>	2,1	2,4	2,2	1,7	1,7	1,9	4,0	4,1	4,0	4,0	4,1	3,6	2,4	2,3	4,7	5,1	10
<b>Litvánia</b>	0,4	0,6	1,9	3,8	4,3	4,5	3,8	3,8	4,9	4,8	4,3	4,6	3,6	4,3	4,3	4,0	10
<b>Luxemburg</b>	0,1	0,1	0,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,4	2,8	4,1	5,6	6,7	6,0	6,5	6,6	7,7	10
<b>Magyarország</b>	0,9	0,9	1,1	1,5	5,1	5,8	6,2	6,2	6,0	6,3	7,0	7,2	7,8	7,7	7,7	8,0	10
<b>Málta</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,2	3,5	4,7	4,7	5,3	6,8	8,0	8,7	10
<b>Hollandia</b>	0,5	0,4	0,8	3,1	2,9	4,5	3,4	5,1	5,2	5,3	6,6	5,5	4,9	6,0	9,6	12,5	10
<b>Ausztria</b>	4,5	5,1	7,5	8,2	9,6	11,2	10,7	10,1	10,0	9,7	11,0	11,4	10,6	9,7	9,9	9,8	10
<b>Lengyelország</b>	1,4	1,6	1,7	1,7	4,1	5,3	6,6	6,9	6,5	6,7	6,3	5,7	4,0	4,2	5,7	6,1	10
<b>Portugália</b>	0,4	0,5	1,6	2,4	2,5	3,9	5,5	0,7	0,8	0,9	3,7	7,4	7,6	7,9	9,0	9,1	10
<b>Románia</b>	1,8	1,9	1,5	1,6	1,3	1,3	1,4	2,9	5,0	5,4	4,7	5,5	6,2	6,6	6,3	7,8	10
<b>Szlovénia</b>	0,9	0,8	1,1	1,5	1,8	2,3	3,1	2,5	3,3	3,8	2,9	2,2	1,6	2,6	5,5	8,0	10
<b>Szlovákia</b>	1,5	1,6	3,3	4,0	4,3	5,3	5,2	5,7	5,6	6,2	8,0	8,6	7,8	7,0	7,0	8,3	10
<b>Finnország</b>	1,0	0,9	1,0	1,0	2,9	4,6	4,4	1,0	1,1	10,7	24,5	24,8	8,9	18,8	17,7	21,3	10
<b>Svédország</b>	6,3	6,6	7,5	8,4	8,7	9,4	9,6	11,9	13,8	15,3	18,8	21,5	26,6	26,8	29,7	30,3	10

*Forrás: Eurostat (2020a) és Eurostat (2020b) alapján saját szerkesztés*

A közlekedésben felhasznált, megújuló energiaforrásokból előállított energia részaránya 2019-re a 2004-es 1,5%-ról és a 2018-as 8,3%-ról 8,9%-ra nőtt. Az EU-tagállamokban a megújuló energiaforrásokból előállított energia részaránya a közlekedés tüzelőanyag-fogyasztásán belül nagy eltéréseket jelez. Az északnyugati országokban, Svédországban kiugró az arány (30,3%), Finnországban is kimagasló (21,3%), Hollandia pedig 2019-re haladta meg az Unió célértékét, jelenleg harmadik a rangsorban. Az 1. ábrán nem csak a legfrissebb, 2019. évi statisztikák alapján látjuk az egyes országok pozícióját, hanem az elmúlt 15 éves, átlagos növekedését is azonosíthatjuk. Az ábrán az EU-27 statikus és dinamikus mutatója pirossal jelölt, Magyarország

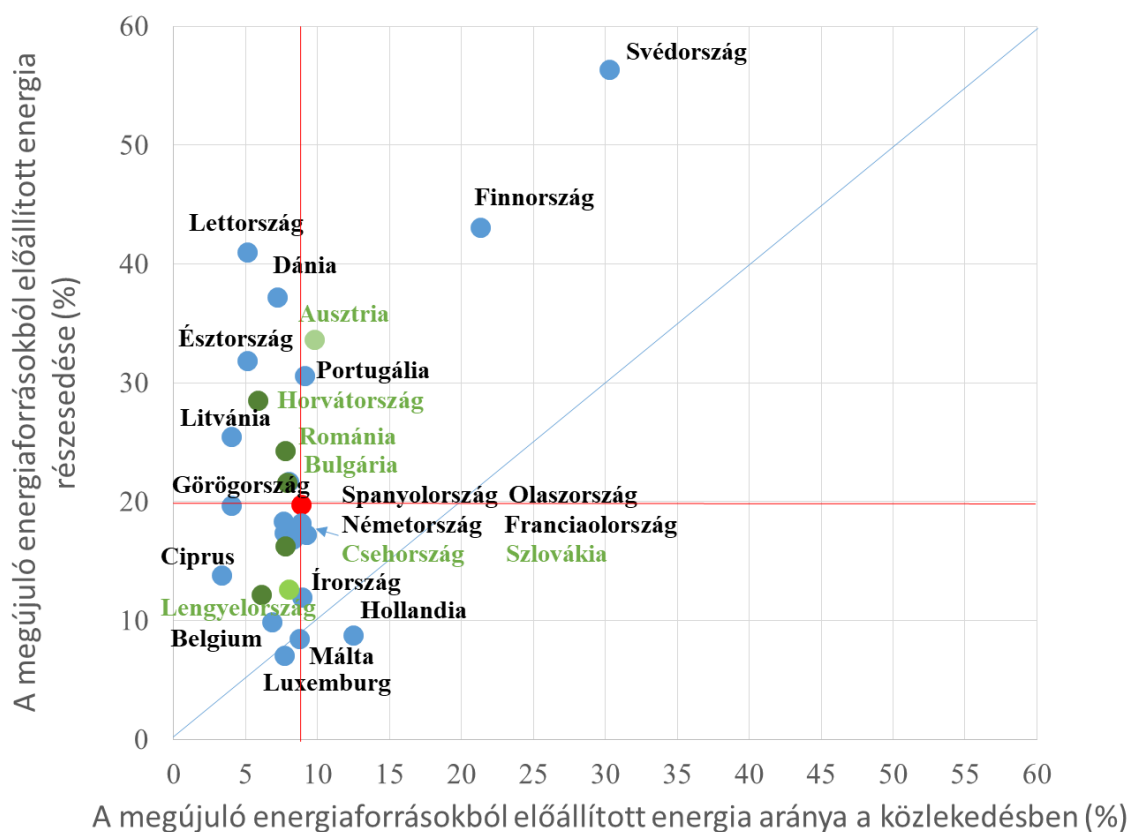
világos, a térségünk országai sötétzöld színnel jelöltek. A diagram azt mutatja, hogy a szomszédos országok hazánkkal közel azonos pozíciót mutatnak, mind a 2020. évi célérték közelítését, mind megközelítőleg az elmúlt évtizedek tendenciáit illetően. Érdekesség, hogy Szlovéniával teljesen egyező a hazai statikus és dinamikus mutató értéke. Ausztria aránya közelíti a célértéket (9,8%), ugyanakkor a többi országhoz képesti relatíve magas bázisidőszaki aránya kisebb ütemű emelkedést jelez a többi országhoz képest. Annak ellenére, hogy napjainkra elég sok tagország közelíti a 8-9%-os részarányt, több tagországban továbbra is viszonylag alacsony az érték: Cipruson az elmúlt évben 2,7%-ról 3,3%-ra nőtt), Görögországban és Litvániában viszont az elmúlt 3 évben 4,0-4,3% körül stagnált a részesedés. Egyes EU-tagállamokban ugyanakkor a megújuló energiaforrásokból előállított energia közlekedési célú felhasználása gyorsan elterjedt. Különösen így volt ez Írországban, Luxemburgban, Máltán, Hollandiában, Finnországban és Svédországban (Eurostat, 2020a).



**1. ábra: A megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése a közlekedésben, EU-27 2019 (%) és a részesedés éves átlagos növekedése, EU-27, 2004-2019 (%)**

*Forrás: Eurostat (2020a) és Eurostat (2020b) alapján saját szerkesztés*

A 2. ábra a megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedését veti össze a kizárólag a közlekedést jellemző aránnyal a 2019. évi statisztikák alapján és szemlélteti az egyes országok pozícióját. Az ábrán az EU-27 indikátorai által meghatározott pozíció pirossal, Magyarország világos, a térségünk országai sötétzöld színnel jelöltek. A diagrammon jól látható, hogy például Hollandia, míg a harmadik helyen áll a megújuló energiaforrásokból előállított energia arányát tekintve a közlekedésben, addig a megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése a legalacsonyabbak között van Málta és Luxemburg mellett. Ugyanakkor a megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése szempontjából kimagasló Lettország és Észtország a megújuló energiaforrásokból előállított energia arányát nézve a közlekedésben az utolsók között szerepel az EU-tagállamok között.



**2. ábra: A megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése, EU-27, 2019 (%) és a megújuló energiaforrásokból előállított energia aránya a közlekedésben EU-27, 2019 (%)**

*Forrás: Eurostat (2020a) és Eurostat (2020b) alapján saját szerkesztés*

A megújuló villamosenergia 2004-ben a közúti közlekedésben 7,0 ktoe-t (kilotonnes of oil equivalent), a vasúti közlekedésben 888,7 ktoe-t és minden más közlekedési módban 191,9 ktoe-t tett ki. 2019-ben a megújuló villamosenergia a közúti közlekedésben már 92,4 ktoe-re, a vasúti 1647,6 ktoe-re és minden más közlekedési módban 308,8 ktoe-re növekedett (2. táblázat). A legjelentősebb növekedés tehát a közúti közlekedésben volt.

**2. táblázat: A megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése a közlekedésben, EU-28, 2004-2019 (ktoe, %)**

Közlekedés (ktoe)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Megújuló villamosenergia a közúti közlekedésben	7,0	6,9	7,0	6,8	6,7	7,4	8,5	11,1
Megújuló villamosenergia a vasúti közlekedésben	888,7	873,5	846,6	879,8	888,5	926,4	989,8	1 108,9
Megújuló villamosenergia minden más közlekedési módban	191,9	199,3	198,8	184,0	187,8	184,9	178,4	217,6
Előírásnak megfelelő bioüzemanyagok*	1 863,7	3 233,1	5 394,8	7 578,4	9 756,6	11 454,8	13 074,6	8 423,9
<i>Melléklet IX.</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>526,5</i>
<i>3(4)d első bekezdés</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>7 836,9</i>
<i>3(4)d harmadik bekezdés i. és ii. alpont</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>1,5</i>
<i>Egyéb megfelelő bioüzemanyagok</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>58,9</i>
Előírásnak nem megfelelő bioüzemanyagok	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5 326,2
Egyéb megújuló energiák	0,1	0,7	0,6	1,4	0,2	0,1	0,0	0,0
<b>Összesen</b>	<b>4 312,3</b>	<b>5 651,4</b>	<b>7 745,8</b>	<b>9 869,7</b>	<b>12 226,2</b>	<b>14 158,2</b>	<b>15 927,1</b>	<b>11 993,8</b>
<b>Közlekedésben használt üzemanyag összesen</b>	<b>308 240,6</b>	<b>308 696,3</b>	<b>314 377,4</b>	<b>318 917,1</b>	<b>313 717,7</b>	<b>305 681,0</b>	<b>304 954,7</b>	<b>303 009,6</b>
<b>Megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése a közlekedésben</b>	<b>1,40%</b>	<b>1,83%</b>	<b>2,46%</b>	<b>3,09%</b>	<b>3,90%</b>	<b>4,63%</b>	<b>5,22%</b>	<b>3,96%</b>
<i>* A 2004 és 2010 közötti időszakban az összes felhasznált bioüzemanyag tartozik ebbe a kategóriába; 2011-től csak azok, amelyek megfelelnek a 2009/28 / EK irányelv 17. és 18. cikkeinek.</i>								
Közlekedés (ktoe)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Megújuló villamosenergia a közúti közlekedésben	11,5	15,2	19,0	23,6	33,8	43,0	54,2	92,4
Megújuló villamosenergia a vasúti közlekedésben	1 127,7	1 225,5	1 287,5	1 384,5	1 511,5	1 578,1	1 614,6	1 647,6
Megújuló villamosenergia minden más közlekedési módban	213,4	226,3	241,4	277,8	290,5	298,3	301,1	308,8
Előírásnak megfelelő bioüzemanyagok*	11 036,7	11 182,3	12 238,4	12 839,9	13 577,2	14 760,2	16 617,3	17 754,9
<i>Melléklet IX.</i>	<i>1 260,2</i>	<i>1 444,6</i>	<i>1 696,5</i>	<i>2 715,0</i>	<i>3 276,4</i>	<i>3 019,0</i>	<i>4 013,3</i>	<i>5 377,5</i>
<i>3(4)d első bekezdés</i>	<i>9 651,8</i>	<i>9 484,2</i>	<i>10 076,6</i>	<i>9 791,0</i>	<i>9 805,2</i>	<i>10 289,5</i>	<i>11 069,5</i>	<i>11 480,9</i>
<i>3(4)d harmadik bekezdés i. és ii. alpont</i>	<i>0,9</i>	<i>0,8</i>	<i>0,7</i>	<i>1,1</i>	<i>1,2</i>	<i>1,3</i>	<i>1,3</i>	<i>0,0</i>
<i>Egyéb megfelelő bioüzemanyagok</i>	<i>123,7</i>	<i>252,6</i>	<i>464,6</i>	<i>322,8</i>	<i>494,5</i>	<i>1 450,4</i>	<i>1 533,3</i>	<i>896,5</i>
Előírásnak nem megfelelő bioüzemanyagok	3 358,0	1 901,1	1 952,0	1 129,9	181,2	109,1	100,6	147,9
Egyéb megújuló energiák	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	0,0
<b>Összesen</b>	<b>15 386,8</b>	<b>15 992,9</b>	<b>17 490,3</b>	<b>19 352,1</b>	<b>21 091,9</b>	<b>22 237,6</b>	<b>25 239,1</b>	<b>28 022,1</b>
<b>Közlekedésben használt üzemanyag összesen</b>	<b>293 958,9</b>	<b>290 318,7</b>	<b>294 281,6</b>	<b>299 629,1</b>	<b>306 208,4</b>	<b>311 725,0</b>	<b>312 665,1</b>	<b>315 021,1</b>
<b>Megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése a közlekedésben</b>	<b>4,23%</b>	<b>5,51%</b>	<b>5,94%</b>	<b>6,46%</b>	<b>6,89%</b>	<b>7,13%</b>	<b>8,07%</b>	<b>8,90%</b>

*Forrás: Eurostat (2021) alapján saját szerkesztés*

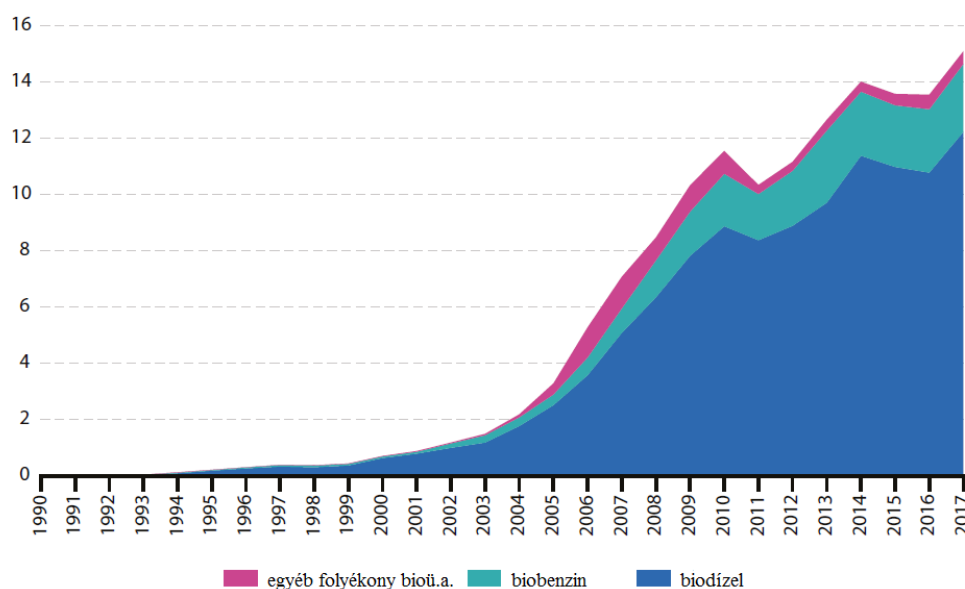
2004-ben a közlekedésben használt üzemanyag összesen 308240,6 ktoe volt, míg 2019-ben 315021,1 ktoe. 2004-ben ebből 4312,3 ktoe, 2019-ben pedig 28022,1 ktoe származott megújuló energiából.

**3. táblázat: Használt járművek részesedése üzemanyagtípus szerint az EU-ban, 2018 (%)**

	Benzin	Dízel	Hibrid elektromos	Akkumulátoros elektromos	Plug-in hibrid	LPG + földgáz	Egyéb + ismeretlen
<b>Személygépkocsik</b>	54,0	41,9	0,7	0,2	0,1	2,8	0,3
<b>Könnyű haszongépjárművek</b>	7,1	91,2	0,0	0,3		1,3	0,1
<b>Közepes és nehéz haszongépjárművek</b>	1,0	98,3	0,0	0,0		0,4	0,2
<b>Buszok</b>	0,8	95,4	0,3	0,3		2,7	0,4

*Forrás: ACEA (2019) alapján saját szerkesztés*

A 2020-ra kötelező célkitűzés miatt a folyékony bioüzemanyagok előállítása az EU-ban jelentősen megnőtt (3. táblázat, 3. ábra). A biodízel a legszélesebb körben előállított folyékony bioüzemanyag, amelyet a biobenzin és más folyékony bioüzemanyagok követnek. A fosszilis tüzelőanyagokkal kevert folyékony bioüzemanyagok a legelterjedtebb megújuló energiaforrások a közlekedésben (Eurostat, 2019b).



**3. ábra: Folyékony bioüzemanyagok elsődleges előállítása EU-28, 1990-2017, Mtoe**

*Forrás: Eurostat (2019b)*

A megújuló energiaforrások az EU-28 bruttó belföldi energiafogyasztásának 13,9%-át képviselték 2017-ben. A fa és az egyéb szilárd bioüzemanyagok továbbra is a legnagyobb mértékben járulnak hozzá a megújuló energiaforrások keverékéhez (Eurostat, 2019b). 2017-ben az EU-ban a legnagyobb etanol és biodízel-gyártó Németország, Franciaország és Lengyelország volt. A biodízeltermelés a 2003-2017-es években 719,32 millió literről 13323 millió literre nőtt (1852,2%-os növekedés). A 2014-2017-es években azonban a bioüzemanyag-termelés stagnálása 13673 millió literről 13323 millió literre változott (-2,56%). A piaci helyzet és a zöld energia iránti növekvő kereslet azt sugallja, hogy 2030-ra növekszik az etanol és a növényi olaj-észterek előállítása, ami hozzájárul az ágazat fejlődéséhez (Bórawski et al., 2019). A közlekedés a második legjelentősebb ágazat, amely hozzájárul a széndioxid-kibocsátás termeléséhez világszerte és a teljes energiafogyasztás több mint egyharmadért felel. Az éghajlatváltozás enyhítésének átfogó célja érdekében politikákat fogalmaznak meg, rendeleteket alkotnak és új infrastrukturális beruházásokat eszközölnék az alacsony széndioxid-kibocsátású gazdaság megteremtésére. Georgatzi et al. (2020) tanulmánya szerint az



infrastrukturális beruházások nem befolyásolják a közlekedési ágazat CO<sub>2</sub>-kibocsátását. A környezetvédelmi politikák szigorúságának és az éghajlatváltozást mérséklő technológiáknak ugyanakkor pozitív eredményei vannak a CO<sub>2</sub>-kibocsátás tekintetében. Erős, kétirányú ok-okozati összefüggés van a környezetvédelmi politika szigorúságának indexe és a közlekedési ágazat tevékenységének CO<sub>2</sub>-kibocsátása között. A csökkentési erőfeszítések ellenére az európai közúti közlekedés CO<sub>2</sub>-kibocsátása tovább nőtt. A fokozott villamosenergia-felhasználás ígéretes dekarbonizációs lehetőséget kínál, mind az elektromos járművek üzemanyagaként, mind pedig a szintetikus üzemanyagokat előállító, ún. power-to-x rendszerek működtetésekor. A közúti szállítási és a villamosenergia-ágazat fokozódó összekapcsolódásának gazdasági következményeinek megértése érdekében az európai villamosenergia és közúti szállítási ágazatok számára kidolgoztak egy integrált, több ágazatot átfogó, részletes egyensúlyi beruházási és disztribúciós modellt. Az előbbieket egy energiaátalakítási modul kapcsolja össze az elszámolás érdekében, például az elektromos járművek és a power-to-x rendszerek villamosenergia-fogyasztásának és rugalmasságának növelésére. A modellt arra használják, hogy elemezzék az ágazatspecifikus szén-dioxid-csökkentési célok hatásait a járművekre, a villamos energiára és a power-to-x technológiára, valamint a power-to-x üzemanyagok kereskedelmére az európai országokban 2020-tól 2050-ig. Az eredmények azt mutatják, hogy 2050-re az európai közúti szállítási ágazatban a villamosenergia részesedése eléri a 37%-ot, míg a power-to-x üzemanyagok tüzelőanyag-részesedése eléri a 27%-ot, ami további 1200 TWh villamosenergia-igényt teremt Európában (Helgeson – Peter, 2020). Az akkumulátoros és az üzemanyagcellás elektromos járműveket olyan elektromobilitási lehetőségként azonosították, amelyek elősegíthetik az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentését a közlekedési ágazatban. Ugyanakkor mindkét lehetőség hatással lesz a jövőbeli energiarendszerre is, amelyet a különféle kereslet integrációja és az időszakos energiatermelés fokozása jellemez. A modellt egy esettanulmányban alkalmazzák a német autópályákon lévő személygépkocsikra. Az eredmények azt mutatják, hogy az állomások párhuzamos felépítése mindkét technológia számára nem növeli az összköltségeket, ezen kívül a technológiai kombináció a rendszer szempontjából is optimális megoldás a hidrogén szinergetikus felhasználása miatt, ezért az akkumulátoros és az üzemanyagcellás elektromos járműveknek közösen kell hozzájárulniuk a jövőbeli energiarendszer szén-dioxid-mentesítéséhez (Michalski et al., 2019). Noha a közúti járműparkok elektrifikálására különféle lehetőségek vannak, a légi szállítás és a távolsági áru fuvarozás nagyobb kihívást jelent a globális ellátási láncok széttöredezettsége miatt is. Az eredmények azt mutatják, hogy a teljes svéd szén-dioxid-lábnyom (84 millió tonna) 14%-a (12 millió tonnát) a globális ellátási láncban zajló szállítási tevékenységekből származott. E kibocsátások nagy részét a fogyasztott termékek és szolgáltatások – például az építőipar, a háztartási gépek és a gépjárművek – szállítási láncai okozták (8,5 Mton) (Hu et al., 2019). A globális szállítási tevékenység fenntarthatatlan növekedése megterheli a bolygó erőforrásait és ökoszisztémáit, ezért elő kell mozdítani a technológiai fejlesztéseket, a szabályozási eszközöket és a társadalmi változásokat annak érdekében, hogy csökkenjen a mobilitási igény energiafelhasználásra és környezetre gyakorolt hatása. Például a dán integrált energia- és közlekedési rendszer esetében a szén-dioxid-adó továbbra is a legnagyobb hatást gyakorolja a közlekedési ágazat szén-dioxid-kibocsátásának csökkentésére. Hangsúlyozzák a technológiai és a politikai megoldások sürgősségét a tengeri és repülési ágazatban is (Venturini et al., 2019). Korberg et al., (2020) az EnergyPLAN energiarendszer eszközével elemezte a biogáz és a biogázból származó üzemanyagok szerepét a Dánia 100%-ban megújuló energiaforrásaiban. Az értékelt üzemanyagok a biogáz, a biometán és az elektrometán. Először egy alapforgatókönyvet készítettek biogáz nélkül, majd ezután a biogáz, a biometán és az elektrometán helyettesíti a száraz biomasszából származó tüzelőanyagokat az energiarendszer különböző ágazataiban. Az eredmények azt mutatták, hogy a biogáz és a biometán akár 16%-



kal csökkentheti a száraz biomassza-felhasználást, ha energetikai, hő- vagy ipari ágazatban használják fel. Ha a biogáz-nyersanyag energiafelhasználás céljából ingyenes, ez jelentősen csökkenti az energiarendszer költségeit, de amikor az energiaágazat fizet a biogáz-alapanyagért, akkor a pozitív hatás alacsonyabb. Az utóbbi esetben a biogáz és a biometán továbbra is csökkenti az energiarendszer energiafelhasználásának költségeit a hőtermelésben vagy az iparban. A szállításhoz használt folyékony bioelektromos üzemanyagok biometánnal történő helyettesítése enyhén csökkenti a költségeket, jóval magasabb költségek vannak az elektrometán használatkor. Az energia, a hő, az ipar és részben a szállítás területén az elektrometán gazdasági szempontból nem megvalósítható. A biogázt közvetlenül vagy biometán formájában kell felhasználni. Ez korlátozott erőforrás, amely a mezőgazdasági ágazat szerkezetétől függ, de kiegészítheti más megújuló energiaforrásokat. Írország jelentős potenciális erőforrással rendelkezik a földgáz szén-dioxid-mentesítéséhez azzal, hogy zöld gázt állít elő a közlekedés számára. Az anaerob emésztés legfontosabb erőforrásai az élelmiszer-hulladékok, a gazdálkodásból származó iszap és a fűszilázs. A biometánnak a közlekedési célú üzemanyagok esetében 32,9 g CO<sub>2</sub>-ekvivalens/MJ értékűnek kell lennie ahhoz, hogy a megújuló energiaforrásokról szóló új irányelv szerint fenntarthatónak tekinthető legyen. A füves biometán a közlekedésben 76%-os kibocsátás megtakarítást érhet el, teljesítve a 65%-os kibocsátás csökkentési kritériumot. Ezek a kritériumok a megújuló gáztermelést a közlekedés, mint a végfelhasználás felé tolják, ami kihatással lesz az ipar fejlődésére Írországban (Long – Murphy, 2019). A közlekedés az energiafogyasztás egyik olyan ágazata, ahol a megújuló energiák jelenléte alacsonyabb és annak növekedését nehezen lehet elérni, különösen azokban az országokban, amelyek minden üzemanyagot úgy importálnak. Ilyen ország Portugália is. Portugáliában a fenntarthatóbb közlekedési ágazat felé tett előrelépéshez megalkotott rövid távú forgatókönyvek célja azoknak a feltételeknek a bemutatása, amelyek lehetővé teszik az ország számára, hogy teljesítse a közlekedésben az Európai Unió által kitűzött 10%-os megújuló részesedést. A középtávú forgatókönyvek kiemelik a kibocsátás csökkentés és az energiafüggetlenség szempontjából bekövetkező következményeket, amelyek az elektromos járművek és a szintetikus és fosszilis földgáz, mint folyékony tüzelőanyag alternatíváinak használatából származnak. Az eredmények azt mutatják, hogy az elektromos járművek jelentősen csökkentik a teljes energiafogyasztást és az üvegházhatású gázok kibocsátását, míg a szintetikus földgáz népszerűsítése hozzájárulhat a helyi erőforrások kihasználásához (Lorenzi – Baptista, 2018). A fosszilis tüzelőanyagoktól való folyamatos függőség és a közlekedési ágazat növekvő energiafelhasználása az életképes közlekedési bioüzemanyagok kutatásának fokozását eredményezte az éghajlatváltozás enyhítése és az energiabiztonság javítása érdekében. A bioüzemanyagoknak csak kis része van a közlekedési ágazat energiaellátásában és az üzemanyag-ellátás bonyolult a rendelkezésre álló földterülettel és az élelmezésbiztonsággal kapcsolatos kérdések miatt. Javasolt egy adatközpontú megközelítési rendszer, amely a vizualizációs analíziseket a technológiai paradigmaelmélettel ötvözi a közlekedési bioüzemanyagok kulcsterületeinek és trendjeinek feltárására. Az elemzések és a gyakorlati eredmények alapján felfedték az elektromos energia trendjeit, jelezve, hogy paradigmaváltás történt a bioüzemanyag paradigmáról a bioelektromos energia paradigmára. Mindez hozzájárulhat az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, fenntartható szállítási jövőhöz (Li et al., 2018). A finn közlekedési ágazat a második legnagyobb üvegházhatást okozó gázokat kibocsátó ágazat Finnországban. A finnországi közlekedési ágazatban a bioüzemanyagok népszerűsítésére irányuló nagyszabású beruházások és kormányzati kötelezettségvállalások ellenére kevés tudomásunk van ezen alternatív közlekedési üzemanyagok nyilvános elfogadásáról. Felmérések elemzése azt mutatták, hogy a válaszadók 50%-a úgy gondolja, a bioüzemanyag-termelés közvetlen hatással van az élelmiszerárakra és nem vásárolna élelmiszernövényekből származó bioüzemanyagokat. Csak 60%-uk hajlandó váltani a bioüzemanyagokra. A bioüzemanyagokkal kapcsolatos információk hiánya azonban

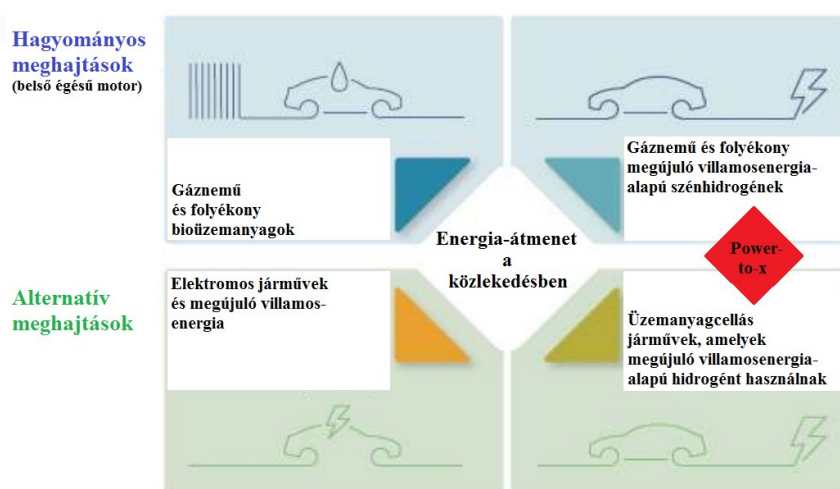
megakadályozza őket abban, hogy azt a közlekedésben használják. A gépjármű-tulajdonosok ideális üzemanyagnak a hidrogént (20%), villamos energiát (60%) és a hibridet (20%) tartják (Moula et al., 2017).

### Következtetések

A közlekedés az Európai Unió gazdaságának fontos ágazata és létfontosságú szerepet játszik a mai mobil társadalomban. A megújuló energiaforrásokból előállított energiának a közlekedésen belüli részarányára vonatkozóan a 10%-os célérték elérését tűzte ki az EU 2020-ra. A közlekedésben felhasznált, megújuló energiaforrásokból előállított energia részaránya 2019-re a 2004-es 1,5%-ról és a 2018-as 8,3%-ról 8,9%-ra nőtt. Svédországban (30,3%) és Finnországban (21,3%) kiugró az arány, Hollandiában is kimagasló (12,5%). Ausztria aránya közelíti a célértéket (9,8%), ugyanakkor sok tagországban továbbra is viszonylag alacsony: Horvátországban (5,9%), Észtországban (5,1%), Görögországban (4,0%) és Cipruson (3,3%) továbbra is 4% alatti.

A megújuló energiaforrások alkalmazása a közlekedésben speciális, ennek is köszönhető, hogy míg Hollandia a harmadik helyen áll a megújuló energiaforrásokból előállított energia arányát tekintve a közlekedésben, addig a megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése a legalacsonyabbak között van Málta és Luxemburg mellett. Ugyanakkor a megújuló energiaforrásokból előállított energia részesedése szempontjából kimagasló Lettország és Észtország a megújuló energiaforrásokból előállított energia arányát nézve a közlekedésben az utolsók között szerepel az EU-tagállamok között.

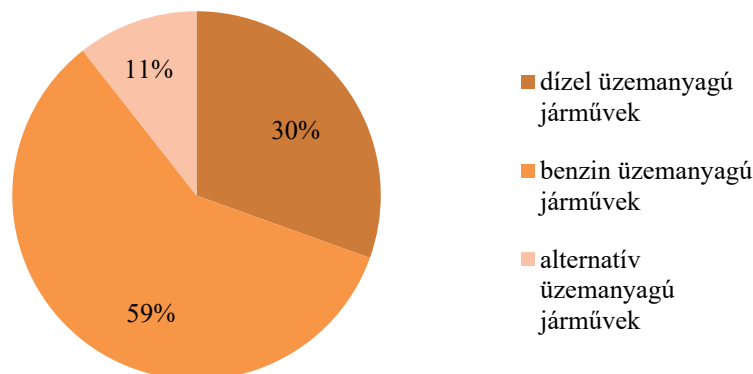
A 2020-ra kötelező célkitűzés miatt a folyékony bioüzemanyagok előállítása az EU-ban jelentősen megnőtt. A biodízel a legszélesebb körben előállított folyékony bioüzemanyag. A fosszilis tüzelőanyagokkal kevert folyékony bioüzemanyagok a legelterjedtebb megújuló energiaforrások a közlekedésben. 2017-ben az EU-ban a legnagyobb etanol és biodízel-gyártó Németország, Franciaország és Lengyelország volt. Noha a közúti járműparkok elektrifikálására különféle lehetőségek vannak (4. ábra), a légi szállítás és a távolsági áru fuvarozás nagyobb kihívást jelent a globális ellátási láncok széttöredezettsége miatt is. A közlekedés az energiafogyasztás egyik olyan ágazata, ahol a megújuló energiák jelenléte alacsonyabb és annak növekedését nehezen lehet elérni, különösen azokban az országokban, amelyek minden üzemanyagot úgy importálnak.



4. ábra: Megújuló energiaellátási lehetőségek a közlekedésben

Forrás: Holchfeld (2016) alapján saját szerkesztés

2019-ben összességében az EU-ban nyilvántartásba vett új személygépkocsi több mint fele benzinüzemű volt (58,9%, szemben a 2018-as 56,6%-kal). A dízelüzemű járművek aránya 30,5% volt, 5%pontos piaci részesedést veszítve 2018-hoz képest. Az alternatív üzemanyaggal rendelkező járművek száma folyamatosan nőtt, 2019-ben elérte a 10,6%-ot (5. ábra).



#### 5. ábra: Eu-ban nyilvántartásba vett új személygépkocsik üzemanyagtípus szerint, 2019

Forrás: FuelsEurope (2020) alapján saját szerkesztés

A közlekedés a második legjelentősebb ágazat, amely hozzájárul a széndioxid-kibocsátás termeléséhez világszerte és a teljes energiafogyasztás több mint egyharmadáért felel. A csökkentési erőfeszítések – mint láthattuk, hogy az alternatív üzemanyagú járművek száma folyamatosan növekszik – ellenére az európai közúti közlekedés CO<sub>2</sub>-kibocsátása tovább nőtt.

#### Köszönetnyilvánítás

Publikációnk elkészítésével kapcsolatban köszönettel tartozunk az EFOP-3.6.1-16-2016-00015 projekt anyagi támogatásáért.

#### Irodalomjegyzék

1. ACEA (2019): ACEA Report Vehicles in use – Europe 2019. European Automobile Manufacturers' Association. Letöltés ideje: 2020.04.20. Letöltés helye: [https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA\\_Report\\_Vehicles\\_in\\_use-Europe\\_2019.pdf](https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Report_Vehicles_in_use-Europe_2019.pdf)
2. Bórawski, P. et al. (2019): Development of renewable energy sources market and biofuels in The European Union. *Journal of Cleaner Production*, Volume 228, 10 August 2019, pp. 467-484.
3. Čeryová, D. -- Bullová, T. -- Turčeková, N. -- Aamičková, I. -- Moravčíková, D. -- Bielik, P. (2020): Assessment of the Renewable Energy Sector Performance Using Selected Indicators in European Union Countries. In *Resources*. 9, 102 (2020), s. 2020. ISSN 2079-9276.
4. Čeryová, D. -- Bullová T. -- Adamičková, I. -- Turčeková, N. -- Bielik, P. (2020): Potential of investments into renewable energy sources. In: *Problems and Perspectives in Management*. 18, 2 (2020), s. 57--63. ISSN 1727-7051.
5. Csizmásné Tóth J. et al. (2016): A megújuló energiafelhasználás nemzetközi és magyar vonatkozásai – politikák, vállalatok, tendenciák. LVIII. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia Tanulmánykötet, pp. 58-68.

6. Csizmásné Tóth J. et al. (2018): Magyarország és a környező Európai Unió tagországok megújuló energiafelhasználása. *Economica New* Vol 9, No 1, pp. 23-29.
7. Európai Parlament és Tanács (2018): Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/1999. rendelete az energiaunió és az éghajlat-politika irányításáról, valamint a 663/2009/EK és a 715/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet, a 94/22/EK, a 98/70/EK, a 2009/31/EK a 2009/73/EK, a 2010/31/EU, a 2012/27/EU és a 2013/30/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv, a 2009/119/EK és az (EU) 2015/652 tanácsi irányelv módosításáról, továbbá az 525/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről. Letöltés ideje: 2020.04.02. Letöltés helye: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1999>
8. Eurostat (2019a): Transport statistics introduced. Letöltés ideje: 2020.03.20. Letöltés helye: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Transport\\_statistics\\_introduced](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Transport_statistics_introduced)
9. Eurostat (2019b): Energy, transport and environment statistics, 2019 edition. Letöltés ideje: 2020.04.15. Letöltés helye: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/10165279/KS-DK-19-001-EN-N.pdf/76651a29-b817-eed4-f9f2-92bf692e1ed9> ISBN 978-92-76-10971-6 ISSN 2363-2372 doi:10.2785/660147
10. Eurostat (2020a): Energy, transport and environment statistics, 2020 edition. Letöltés ideje: 2021.01.12. Letöltés helye: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11478276/KS-DK-20-001-EN-N.pdf/06ddaf8d-1745-76b5-838e-013524781340?t=1605526083000> ISBN 978-92-76-20736-8 ISSN 2363-2372 doi: 10.2785/522192
11. Eurostat (2020b): Renewable energy statistics 2019. Letöltés ideje: 2021.01.14. Letöltés helye: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable\\_energy\\_statistics&oldid=447221](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics&oldid=447221)
12. Eurostat (2021): Shares 2019 summary results. SHort Assessment of Renewable Energy Sources. Letöltés ideje: 2021.01.14. Letöltés helye: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>
13. FuelsEurope (2020): Statistical Report 2020. Letöltés ideje: 2020.01.14. Letöltés helye: [https://www.fuelseurope.eu/wp-content/uploads/SR\\_FuelsEurope-2020.pdf](https://www.fuelseurope.eu/wp-content/uploads/SR_FuelsEurope-2020.pdf)
14. Georgatzi, V. V. et al. (2020): Examining the determinants of CO2 emissions caused by the transport sector: Empirical evidence from 12 European countries. *Economic Analysis and Policy*, Volume 65, March 2020, pp. 11-20. DOI: 10.1016/j.eap.2019.11.003
15. Helgeson, B., – Peter, J. (2020): The role of electricity in decarbonizing European road transport – Development and assessment of an integrated multi-sectoral model. *Applied Energy*, Volume 262, 15 March 2020, 114365. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114365>
16. Hochfeld, C. (2016): Post-Fossil Carbon Neutral Transport: Options by Transport Segments. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Regional Cooperation on Renewable Energy and Energy Efficiency, Brainstorming Workshop REN21/UNIDO. Paris, Letöltés ideje: 2020.04.13. Letöltés helye: [sadc-energy.sardc.net/attachments/article/273/Post-Fossil-Carbon-Neutral-transport-Christian-Hochfeld.pdf](https://sadc-energy.sardc.net/attachments/article/273/Post-Fossil-Carbon-Neutral-transport-Christian-Hochfeld.pdf)
17. Hu, J. et al. (2019): Global transport emissions in the Swedish carbon footprint. *Journal of Cleaner Production*, Volume 226, 20 July 2019, pp. 210-220. doi:10.1016/j.jclepro.2019.03.263/

18. Korberg, A. D. et al. (2020): The role of biogas and biogas-derived fuels in a 100% renewable energy system in Denmark. *Energy*, Volume 199, 15 May 2020, 117426. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117426>
19. Li, M. et al. (2018): Transport biofuels technological paradigm based conversion approaches towards a bio-electric energy framework. *Energy Conversion and Management*, Volume 172, 15 September 2018, pp. 554-566. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.07.049>
20. Long, A., – Murphy, J.D. (2019): Can green gas certificates allow for the accurate quantification of the energy supply and sustainability of biomethane from a range of sources for renewable heat and or transport? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 115, November 2019, 109347. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109347
21. Lorenzi, G., – Baptista, P. (2018): Promotion of renewable energy sources in the Portuguese transport sector: A scenario analysis. *Journal of Cleaner Production*, Volume 186, 10 June 2018, pp. 918-932. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.057
22. Michalski, J. et al. (2019): The role of renewable fuel supply in the transport sector in a future decarbonized energy system. *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 44, Issue 25, 17 May 2019, pp. 12554-12565. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2018.10.110
23. Moula, Md. M. E. et al. (2017): Public acceptance of biofuels in the transport sector in Finland. *International Journal of Sustainable Built Environment*, Volume 6, Issue 2, December 2017, pp. 434-441. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.07.008>
24. Venturini, G. et al. (2019): Impact and effectiveness of transport policy measures for a renewable-based energy system. *Energy Policy*, Volume 133, October 2019, 110900. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110900>