

Éghajlatváltozás elleni küzdelem az iparban

Rácz László (sr)

KIVONAT

2016 az éghajlatváltozás elleni küzdelem kiemelkedő éve, a 2020 utáni időszak üvegházhatású gáz kibocsátást korlátozó 2015. decemberi Párizsi Egyezmény 2016. november 4-én életbe is lépett. A közlemény az ipari szektor ÜHG kibocsátásának általános jellemzése után az ENSz Éghajlat-változási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) által, az ipar által előidézett éghajlatváltozás enyhítésére azonosított hat opciót tekinti át. Ezek az energiahatékonyság és az emisszió-hatékonyság javítása, az anyaghatékonyság fokozása a termelésben és a tervezésben, az intenzívebb termékhasználat és a termékek iránti igények visszafogása. Az ipar az éghajlatváltozás szignifikáns közvetett forrása. Az ipar ugyanakkor fejlesztőként, és/vagy beruházóként (egyes területeken kiemelkedő) megoldásokat kínál az egész gazdaság számára az éghajlatváltozás elleni küzdelemben (pl. kogenerációs technológia, megújuló energiaforrások alkalmazása, CCS technológiák).

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, energiahatékonyság, emisszióhatékonyság, anyagtakarékosság, intenzív termékhasználat

ABSTRACT

Laszlo Racz (sr): Climate change mitigation in the industry

2016 is a remarkable year in climate change mitigation; the Paris Agreement limiting the greenhouse gas (GHG) emissions beyond 2020 has entered into force on 4 November, 2016. Following a general description of the industrial sector's GHG emissions, the article reviews the Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC's six climate change mitigation options in the industrial sector. These are energy efficiency and emissions efficiency improvements, material efficiency improvement in production and product design, more intensive use of products, and reducing overall demand for products and services. The industrial sector is a significant indirect source of climate change. At the same time it is a (in some areas outstanding) solution-provider for the whole economy, being a developer or investor of cogeneration technology, next energy sources and carbon capture and storage.

Keywords: climate change, energy efficiency, emissions efficiency, material efficiency, intensive use of products

BEVEZETÉS

Az ipari ökológia fontos, nemzetközi egyezményekből fakadó feladata a globális felmelegedést kiváltó üvegházhatású gázok (ÜHG-k) emberi

tevékenységre visszavezethető kibocsátásának egyre nagyobb arányú csökkentése.

Az ÜHG-k jelentős mértékben abszorbeálják a Föld felszínéről, az atmoszférából és a felhőkből érkező infravörös sugárzást, így csapdába ejtik a hőt a földfelület-troposzféra rendszerben, előidézve annak hőmérséklet növekedését; ezt *üvegházhatásnak* hívják. A Föld atmoszférájában az elsődleges *ÜHG-k* a vízgőz, a szén-dioxid, dinitrogén-oxid, a metán és az ózon. Emellett az emberi tevékenységre visszavezethető halogénezett szénhidrogén-, klór- és brómtartalmú gázok emissziója is üvegházhatást okoz; ezek kibocsátását a Montreáli Jegyzőkönyv korlátozza (IPCC 2016). Az ENSz 1992. évi éghajlatváltozási keretegyezményhez kapcsolódó 1999. évi Kyotói Jegyzőkönyv hat jelentendő ÜHG típust jelöl meg, ezek a szén-dioxid (CO₂), a dinitrogén-oxid (N₂O), a metán (CH₄), a kén-hexafluorid (SF₆), a hidrofluor-karbonok (HFC-k) és a perfluor-karbonok (PFC-k). A lista 2013-tól a nitrogén-trifluoriddal (NF₃) bővült. Ezen gázok globális felmelegedést kiváltó potenciálja függ sugárzási tulajdonságuktól, molekulasúlyuktól és az atmoszférában való tartózkodási idejüktől. Az egyedi gázok *globális felmelegedési potenciálját* (global warming potential – GWP) adott tömegű szén-dioxidéval összevetve, adott időszakra (a kyotói gázok esetében 100 évre) állapítják meg; néhány jelenleg használandó érték: szén-dioxid = 1, metán = 28, dinitrogén-oxid = 265, and kén-hexafluorid = 23 500 (Greenhouse Gas Protocol 2016). A szén-dioxid melletti ÜHG-k tömegét szén-dioxid egyenértékben (t CO_{2eq}) fejezhetik ki, amely az adott gáz tömegének és globális felmelegedési potenciáljának szorzata.

A 2015 decemberében tartott párizsi klímakonferencián (a Részesfelek 21. konferenciáján – COP21) 195 ország fogadta el a világ első jogilag kötelező érvényű globális klímaegyezményét. A Párizsi Egyezmény 2. cikke globális akciótervről ír a világot fenyegető veszélyes klímaváltozás elkerülésére: ezekkel az iparosítást megelőző időszakéhoz viszonyított globális felmelegedést jóval 2 °C alatt kell tartani és erőfeszítéseket kell tenni a felmelegedés 1,5 °C-ban történő korlátozására. A részletszabályokat 2020-ig kell kidolgozni és elfogadni. A 4(1) cikk célul tűzi ki a mielőbbi ÜHG emisszió csúcs elérése után a gyors csökkentést a legjobb hozzáférhető tudás felhasználásával és évszázadunk második felében a nettó ÜHG emisszió neutralitás elérését „a méltányosság alapján, és a fenntartható fejlődés és a szegénység felszámolására teendő intézkedések keretében. A nettó ÜHG emisszió neutralitás a források antropogén (emberi tevékenységre visszavezethető) ÜHG emissziójának és a nyelők általi ÜHG eltávolításának egyensúlyát jelenti. Nyelőként az ÜHG-k eltávolítására erdőket és szén-dioxid leválasztást és tárolást (carbon capture and storage – CCS) alkalmazhatnak. A Párizsi Egyezmény a 2020 utáni időszak ÜHG kibocsátását korlátozza, a résztvevők önkéntes vállalása formájában. Azután lép életbe, miután legalább 55, a teljes ÜHG-emisszió legalább 55%-át okozó csatlakozó részesfél letétbe helyezte elfogadási okmányait. Az USA és Kína korábbi bejelentése után 2016. szeptember végén az EU illetékes miniszterei, majd október elején India is ratifikálták a dokumentumot, így az 2016. november 4-én életbe lépett (UN FCCC 2016). Megemlítendő, hogy az USA álláspontja az éghajlatváltozás témájában változhat; a 2016. november 7-én megválasztott következő elnök, Donald Trump a választási kampány során kilátásába helyezte, hogy az USA, közel 13%-os részesedésével a világ második legnagyobb ÜHG-kibocsátója, „törölheti” a Párizsi Egyezményt. Az Egyezmény 28. cikke szerint a

kilépés legkorábban 2019. november 4-én kezdeményezhető írásban a Letéteményesnél (ENSz), és eltérő megállapodás hiányában a kilépő nyilatkozat kézhezvétele után egy évvel léphet hatályba. Az Egyezmény szövege nem tartalmaz olyan kitételt, miszerint az Egyezmény megszűnik, ha a kilépés(ek) következtében a maradó országok ÜHG-kibocsátásának részaránya az 55%-os életbelépési küszöb alá esik. Az Egyezmény további csatlakozókat egyébként 2017. április 21-ig fogad.

Az ENSz Környezetvédelmi Program (United Nations Environmental Programme – UNEP) 2016. évi 'eltérés-elemzése' szerint az eddigi emissziócsökkentési ígéretek ('szándékolt nemzetileg meghatározott hozzájárulások' – intended nationally determined contributions – INDC) teljesülésekor 3 °C körüli, vagyis jóval a Párizsi Egyezményben előirányzott érték feletti globális hőmérséklet-növekedés következne be 2100-ig. A beszámoló szerint 2030-ban 54–56 Gt CO₂eq ÜHG-kibocsátás várható, jelentősen felülmúlva a 2 °C-os felmelegedést előidéző 42 Gt-t (UNEP 2016).

Az ipari létesítmények ÜHG emissziója lehet közvetlen (ami a létesítményben keletkezik, pl. fosszilis energiahordozó tüzelése miatt) és közvetett (pl. az ipari létesítmény működéséhez szükséges külső energiatermelés következményeként). 2010-ben a világ globális ipari ÜHG emissziója 30% feletti részarányt képviselt a teljes ÜHG emisszióból, és 15 Gt CO₂eq nagyságú volt (ennek 52%-a az ázsiai térségből, 25%-a az OECD országokból származott). A teljes ipari ÜHG kibocsátás 35,3%-a a közvetlen energiafelhasználáshoz, 34,7%-a a villamos erőművek és hőtermelők által szállított (közvetett) energiafelhasználáshoz kapcsolódott, 17,3%-a az ipari folyamatokban keletkezett; a maradékot a nem CO₂ emisszió valamint a hulladék és a szennyvíz CO₂ emissziója alkotja. A teljes (közvetlen és közvetett) ipari ÜHG emisszióból a CO₂ 85.1%-t, a CH₄ 8.6%-t, a HFC 3.5%-t, az N₂O 2%-t, a PFC 0.5%-t és az SF₆ 0.4%-t képviselt (IPCC 2014).

A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) 2012-ben a világon az ipar teljes ÜHG kibocsátáscsökkentési potenciálját 5,5–7,5 Gt CO₂eq-re (37–50%-ra) becsülte 2050-re. Az IEA 50% körüli csökkentési lehetőséget látott a vas- és acéliparban, a cementgyártásban, a vegyiparban és a papírgyártásban, valamint 20% körüli mérséklési lehetőséget az alumíniumiparban. A fejlődő országok ÜHG kibocsátáscsökkentési potenciálja lényegesen magasabb a fejlett országokénál (IPCC 2014, az UNIDO 2011. évi anyaga alapján).

Az Európai Unió aktuális terve szerint 2050-re legalább 80%-kal csökkenti az ÜHG emisszióját az 1990-es kibocsátáshoz képest, 2030-ig 40%-os és 2040-ig 60%-os köztes csökkentési célokat kitűzve. Az energiatermelésben és elosztásban csaknem teljesen megszüntetnék az ÜHG-k kibocsátását 2050-re, így azok részaránya a teljes kibocsátásban az 1990 évi 26% körüli értékről 2050-re zéró közelébe esne. A szűkebb iparban az 1990–2050 időszakban az ÜHG-k emisszióját több mint 80%-kal fognák vissza, ezzel az ipar részaránya a teljes kibocsátásban az 1990 körüli 25%-ról 2050-re 20% körülire esne (EC 2016). A közleményben az ENSz Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) által, az ipar által előidézett éghajlatváltozás enyhítésére azonosított következő hat opciót tekintjük át: az energiahatékonyság javítása, az emisszió-hatékonyság javítása (pl. átállás kisebb karbontartalmú energiahordozóra, szén-dioxid leválasztás és tárolás) az anyaghatékonyság javítása a termelésben (pl. veszteségcsökkentés, a régi anyagok újrahasznosítása), az anyaghatékonyság javítása a terméktervezésben,

a termékek intenzívebb használata (és ezáltal az ipari termékek iránti igény erőteljes csökkentése), valamint a termékek és szolgáltatások iránti összes igény csökkentése (Fischedick, M et al. 2014). Az egyes intézkedési csomagokon (opciókon) belüli megoldásokat is az IPCC osztályozása alapján tárgyaljuk.

A gyakorlatban általában először a legegyszerűbb és legkönnyebben megvalósítható és leggazdaságosabb (a legkisebb ráfordítással nagy eredményt ígérő) megoldásokat alkalmazzák.

AZ ENERGIAHATÉKONYSÁG JAVÍTÁSA

Az energiahatékonyság javítását célzó akciók előmozdíthatók rendeleti úton (pl. teljesítmény standardokkal), az ipari szereplők önkéntes akcióival és megállapodásaival, gazdasági eszközökkel (pl. adókkal, támogatásokkal, a széndioxid kibocsátás korlátozásával és kereskedelmével), információs programokkal (pl. auditokkal) és kormányzati rendelkezésekkel (IPCC 2014).

Az ipari energiahatékonyság javítható a technológiai folyamatokból (termékekből, egyéb anyagáramokból) történő hő- és energiakinyeréssel, hő- és villamos energia párhuzamos termelésével (kogenerációval), hőszigeteléssel, korszerű folyamatszabályozással és optimalizálással, veszteségcsökkentéssel, továbbá a meglevő eljárások nyersanyaghozamának javításával, kisebb energiafogyasztású eljárások ipari alkalmazásával, a hulladékok mennyiségének csökkentésével, a megújuló energiaforrások használatával, és energiamegtakarítást lehetővé tevő termékek előállításával (NAE 2016).

Az Európai Unió energiahatékonysággal foglalkozó legjobb elérhető technika referencia-dokumentuma (best available techniques reference document – BAT BREF) berendezésszintű energiahatékonyság-javítási lehetőségekként említi az energiahatékonyság menedzsmentet (ideértve a felsővezetés elkötelezettségét, az összehasonlító elemzést – a benchmarking-ot, korrekciós intézkedések megtételét), a környezet folyamatos javítását, az energiatakarékosági lehetőségek feltárását, energiahatékonysági célok és mutatószámok meghatározását és teljesítésük figyelemmel kísérését, az energiahatékonyságot szem előtt tartó tervezést, a folyamatintegrálás bővítését, az energiahatékonysági kezdeményezések lendületének fenntartását, a szakmai háttér fenntartását, a folyamatok hatékony szabályozását, a karbantartást, a monitorozást és mérést, a hővisszanyerést, kogenerációt, elektromos energia ellátást, és a villanymotor-meghajtású alrendszereket (EC 2009).

Az UNEP 2016 novemberében kiadott 'The Emissions Gap Report' összeállításában az energiahatékonyság javításának eszközeiként az energiamanagementet, az ISO 50001 és az energetikai teljesítmény monitorozását, az ipari berendezések energetikai teljesítményére vonatkozó szabványok alkalmazását, valamint az energetikai szolgáltatók szükségességét emeli ki (UNEP 2016).

Rendeletek

A rendeletek sorában megemlítjük az Európai Unió Integrált környezetszennyezés megelőzés és csökkentés (integrated pollution prevention and control – IED) tárgyú irányelvét, amely az üzemeltetőktől a legjobb elérhető technika (BAT) alkalmazását igényli. A legjobb elérhető technika "a tevékenységek és műveleti módszereik fejlődésének azon leghatékonyabb és

legelőrehaladottabb szintje, amely jelzi az egyes technikák gyakorlati alkalmazását arra, hogy alapját képezzék a kibocsátási határértékeknek és más, az engedélyben foglalt feltételeknek” (EP&C 2010). Az Európai Unió <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/> címen fellelhető legjobb elérhető technika (BAT) referencia-dokumentumai (BREF) leírják egy adott iparágra, vagy egy adott témára az alkalmazott technikákat és folyamatokat, a tényleges emisszió és fogyasztási szinteket, és az új fejlesztéseket. A tevékenységi engedélykérelmek benyújtásakor az üzemeltetőnek igazolnia kell, hogy berendezései teljesítenek bizonyos alapvető kötelezettségeket a szennyezés-megelőzésben vagy minimalizálásban. A BAT-következtetések képezik az engedély feltételeinek alapját. A kiadható környezetvédelmi engedély határidős feladatokat jelölhet ki az üzemeltető számára.

Önkéntes akciók

Az önkéntes akciók kormányok, szakmai egyesülések, vagy vállalati csoportosulások által indított jóhiszemű kezdeményezések. *Kormányzati akciók* példaként említhető az USA Környezetvédelmi Ügynöksége által 1992-ben meghirdetett, önkéntes részvételű 'Energy Star' program az épületek és létesítmények energiahatékonyságának javítására; e program ma már az autó-, cement-, üveg- és papírgyártásra is kiterjed. Az 'Energy Star' program energetikai teljesítménymutatókat (Energy performance indicators – EPIs) biztosít az ipari üzem energetikai teljesítményének összehasonlító vizsgálatához. E mutatók külső, iparág-specifikus összehasonlító eszközök, amelyekkel értékelik az adott üzem energetikai teljesítményét, összevetve azt az adott iparág USA-beli hasonló üzemeinek teljesítményével. A használt statisztikai modellek a tényleges (és nem a tervezett) üzemi adatok bázisán az 1–100 skálán egy energia teljesítmény értéket generálnak és a teljes üzemi szinten, egységnyi termeléshez felhasznált energia alapján értékelik az adott üzemet. A legalább 75-ös értéket kapott üzemek jogosultak az 'Energy Star' logo kérelmezésére, amennyiben az üzem környezetvédelmi szempontból is megfelelő és energiateljesítmény mutatóit egy szakmérnök igazolja (Energy Star 2016).

Szakmai egyesülések kiköthetik, hogy tagjaik kötelezzék el magukat az energiahatékonyság folyamatos javítására; például a Vegyipari Egyesülések Nemzetközi Tanácsa (International Council of Chemical Associations – ICCA) felelős termékgondozás kezdeményezése keretében. A 2015. évi párizsi klímacsúc előtt a világ szénhidrogén-termelésének közel egy ötödéért felelős tíz vezető olaj- és gáztársaság *csoportosulása* ígéretet tett az éghajlatváltozás elleni küzdelem segítésére a kisebb fajlagos szén-dioxid kibocsátású földgáz részarányának növelésével (az energiaszerkezetben), a földgáz (metán) rutin fáklyázásának megszüntetésével, és a szén-dioxid leválasztásba és tárolásba történő beruházásokkal (Phys.Org 2016).

Gazdasági eszközök

A gazdasági eszközök (diszkriminatív adók, támogatások és hivatalos dokumentumok) hosszú távon orientálhatják az ipari szereplőket, bevonhatják a vállalkozókat az éghajlatváltozás elleni küzdelembe, megakadályozhatják a befektetések áthelyezését megengedőbb klímapolitikát folytató országokba (Lagarde, Chr 2008).

Példaként említhető Barack Obama USA elnök 2016 februárjában – a 2017. évi USA költségvetési terv részeként – bemutatott új elképzelése a '21. század tiszta közlekedési rendszerének' ('21st Century Clean Transportation System') kiépítésére olyan közcélú befektetésekkel és a magánszektor támogatott innovációjával, amelyek forrása az olajtársaságok által fizetendő új különadó (10,25 USD/barrel) (White House 2016). Ebbe a kategóriába tartozik az Európai Unióban is bevezetett szén-dioxid emisszió-korlátozás és kereskedelem is (cap and trade, emissions trading scheme).

CO₂ emissziókereskedelem

A CO₂ emissziókereskedelem az energiahatékonyság javítását szolgáló gazdasági eszközök egyike. A Kiotói Jegyzőkönyv (1997) három innovatív 'rugalmassági mechanizmust' vezetett be az éghajlatváltozás elleni harc költségeinek csökkentésére:

- tiszta fejlesztés mechanizmus (clean development mechanism – CDM), amelynek keretében a 'fejlett országok' ÜHG-emisszió csökkentő projekteket valósítanak meg, vagy erdősítést / újraerdősítést végeznek a nem 'fejlett országokban', és ennek ellenértékéért 'igazolt kibocsátáscsökkentési egységeket' ('certified emission reductions' – CERs) kapnak. Ezzel a 'fejlett országok' segítik a fogadóországokat a fenntartható fejlődés felé vezető úton és egyben hozzájárulnak a Riói Keretegyezmény céljainak megvalósításához;
- együttes megvalósítás (joint implementation – JI), amelyben az egyik 'fejlett ország' ÜHG-emissziócsökkentési, vagy nyelőök általi eltávolítást fokozó projektet valósít meg egy másik 'fejlett ország' területén és ennek fejében kapott 'emissziócsökkentési egységeket' (emission reduction units – ERUs) hozzájárulnak a beruházó ország saját emissziócsökkentési feladatainak teljesítéséhez; és az
- emissziókereskedelem (emissions trading – ET), amely lehetővé teszi, hogy az egyik 'fejlett országbeli' kötelezett egy másik kötelezettől különböző kibocsátási jogosultságot adó egységeket (CER, ERU, vagy 'kibocsátható mennyiségi egység' – assigned amount unit, AAU) szerezzen be. Ezen egységek mindegyike 1 tonna CO₂ ekvivalens emissziónak felel meg (UNFCCC 2014).

Az emissziókereskedelmi rendszert az Európai Unió 28 tagállamában, Norvégiában, Izlandon, Liechtensteinben, Svájcban, Új-Zélandon, Dél-Koreában, Kazahsztánban és Ausztráliában (karbonárazási rendszer) alkalmazzák. Emellett regionális szinten jelen van az USA-ban (Regionális Üvegházi Kezdeményezés - Regional Greenhouse Gas Initiative – RGGI) kilenc tagállamban és a kaliforniai korlátozási és kereskedelmi sémában (cap-and-trade scheme), Kanadában ([Quebec's cap-and-trade scheme](#)), és Japánban (Tokio és Saitama regionális rendszerei) (Carbon Market Data 2016; Parliament of Australia 2013).

Az Európai Unió emissziókereskedelmi rendszere 2005-ben indult. Az EU teljes ÜHG-emissziójának mintegy 45%-át érinti és korlátozza a CO₂ (pl. a villamos energia- és hőtermelésből, valamint a kőolajfinomítókából), az N₂O (a salétromsav, adipinsav, glioxál és glioxinsav termelésből), és a PFC (az alumínium termelésből) kibocsátást a nagyobb ipari üzemekben és repülőgép üzemeltetőknél a mostani 2013–2020 (harmadik) kibocsátási időszakban. Az EU emissziókereskedelmi sémája (emissions trading scheme - ETS) a korlátozás és

kereskedelem (cap-and-trade) elvét alkalmazza. A korlátozás (cap) során időben csökkenő mennyiségű eladható kibocsátási engedélyt (allowance-t, kvótát) osztanak ki az érintett vállalatoknak, létesítményeknek. Az érintetteknek súlyos büntetés fenyegetése mellett be kell szolgáltatniuk az előző évi tényleges kibocsátásuknak megfelelő mennyiségű kibocsátási engedélyt. A megmaradó engedélyek felhasználhatóak, vagy eladhatóak. A kellően nagy EU engedélyár (EU allowance - EUA; 1 EUA = 1 tonna CO₂eq) elősegítheti a kis szénkibocsátással járó technológiákba történő beruházásokat (EC 2015a).

Az EU ETS 2005. évi bevezetése után most a harmadik *kereskedési időszakban* (trading period) vagyunk. Az első kereskedési időszakban (2005–2007) az engedélyeket a becsült igények alapján osztották ki a tagállamokban, és az engedélybőség az engedélyek piaci árának letöréséhez vezetett. A második kereskedési periódusban (2008–2012) az Európai Bizottság 6,5%-kal csökkentette az engedélyek számát a 2005. évihez képest, de a gazdasági válság kibocsátáscsökkenéshez és az engedélyárak nem motiváló szintre történő csökkenéséhez vezetett. A mostani harmadik kereskedési időszakban (2013–2020) EU-szintű emissziókorlátozást (évi 1,74%-os csökkentést) és progresszívan növekvő számú engedély árverését vezették be (EC 2015a). Ezen változtatások sem eredményeztek jelentős engedélyár-növekedést. Az EU a következő, negyedik kereskedési időszakban (2021–2030) a kibocsátási engedélyek számát évente 2,2%-kal tervezi csökkenteni és emellett további szigorításokra is sor kerülhet (EC 2015a).

A várakozások szerint a kibocsátási engedélyek ára és a kis ÜHG-kibocsátású technológiákra történő áttérés iránti motiváció a kibocsátáscsökkentési célok szigorodásával növekedhet.

Bizonyos energaintenzív, az EU ETS hatálya alá tartozó iparágak úgy dönthetnek, hogy termelésüket az ETS által nem érintett másik országba viszik át (a jelenséget 'carbon leakage'-nek, szénátszivárgásnak, gyakorlatiasabban kibocsátás áthelyezésnek nevezik). A jelenség a globális emisszió növekedéséhez vezethet, elkerülésére a leginkább érintett EU iparágak 2009-től nagyobb részarányban kaphatnak ingyenes kibocsátási engedélyt (l. EC 2015b).

Az ingyenes kibocsátási engedélyt (EUA-t) termékspecifikus viszonyítási alapok (benchmarks) figyelembe vételével osztják ki, amelyek a leghatékonyabb EU-berendezések teljesítményén (termék, hő, tüzelőanyag és folyamatemisszió viszonyítási alapok) alapulnak. Csak az adott iparág leghatékonyabb berendezései kaphatnak a teljes igényüknek megfelelő mennyiségű ingyenes kibocsátási engedélyt.

Információs programok

Az információs programok az ÜHG emisszió csökkentését célzó kormányzati, vagy társasági szintű *képzési és tudatosság növelő akciókat* takarhatnak. Például, az USA Környezetvédelmi Ügynöksége (EPA) támogatja a fluortartalmú gázok véletlenszerű kibocsátásának csökkentését célzó programokat az alumínium, félvezető és magnézium iparokban (EPA 2016). Az Európai Unió 2012/27/EU Energiahatékonysági irányelvének 8. cikke szerint az EU-n belüli nagyvállalatok (a nem kis, vagy közepes cégek) kötelesek energetikai auditot végeztetni 2015. december 5-éig, majd ezután négyévente. A független és költséghatékony energetikai auditot minősített és/vagy akkreditált szakértőkkel, vagy saját hatáskörben a nemzeti törvénykezés hatálya alá tartozó független

hatóságok felügyelete mellett kell elvégezni. Az energia menedzsment rendszereket (pl. ISO 50001) megvalósító nagyvállalatok mentesülnek e kötelezettség alól.

Kormányzati rendelkezések

A kormányzati rendelkezések nemzetközi vagy regionális kötelezettségvállalásokból (pl. Kiotói Jegyzőkönyv, Párizsi Éghajlatváltozási Egyezmény, EU Energiahatékonysági irányelv) nemzetközi és országos kezdeményezésekből fakadhatnak. Például, a 2012/27/EU Energiahatékonysági *irányelv* kötelezi a tagországokat 2020-ig szóló nemzeti energiamegtakarítási célok kitűzésére és az azok elérését szolgáló kötelezettségi rendszerek alkalmazására. Az energiacelosztóknak és/vagy kiskereskedőknek 1,5%/év összesített energiafelhasználás-megtakarítást kell elérniük a végső energiafelhasználóknál a 2014–2020 időszakban, a 2010–2013 évek átlagához képest. A nemzeti kormányoknak meg kell határozniuk a megtakarítandó energia mennyiségét, a kötelezendő szállítókat és kiskereskedőket, az általuk elérendő megtakarításokat és a megtakarítási projekt típusokat a végső felhasználók és elosztók szektorai részére (EP&C 2012).

A 2015 évi Párizsi Klimacsúcs előestéjén Nemzetközi Zéróemissziójú Járműszövetség (International Zero-Emission Vehicle Alliance (ZEV Alliance)) alakult nemzeti (Németország, Hollandia, Norvégia, Egyesült Királyság) és tagállami (az USA és Kanada 9 tagállamának) kormányzatok együttműködéseként. A ZEV Alliance bejelentette, hogy nagy erőfeszítéseket tesznek arra, hogy a területükön eladott valamennyi személygépjármű mielőbb, de legkésőbb 2050-ig zéró-emissziójú legyen (Scribd 2015).

Egyes országok önállóan léphetnek a karbonmentes gazdaságra való áttérés gyorsításának útjára. Németország például 2020-ig legalább 40%-kal, 2050-ig pedig 80–95%-kal kívánja csökkenteni ÜHG emisszióját az 1990-es szinthez képest; ezzel párhuzamosan az elsődleges energiafelhasználást 2020-ig 20%-kal és 2050-ig 50%-kal csökkentik a 2008. évihez viszonyítva (BMUB 2014).

A *vas- és acéliparban* az energiahatékonyság javítható a termékekből és a hulladékokból történő hő- és energiavisszanyeréssel, jobb fűtőanyag szállítással (pl. porított szén injekciójával), jobb kemence tervezéssel és folyamatirányítással, új technológiák (pl. koks szász kvencselés, energiahasznosító turbina) használatával. A nem vas (aluminium és más) fémiparban, ahol a közvetett ÜHG-emisszió dominál a nagy villamosenergia igény miatt (pl. az aluminium iparban a teljes ÜHG kibocsátás 80%-át teszi ki), az energiahatékonyság új technológiák (pl. többpólusú elektrolízis cellák, inert anódok, karbotermikus reakciók) alkalmazásával javítható (IPCC 2014).

A teljes ÜHG kibocsátás 7%-áért felelős *vegyiparban* (ICCA 2013) az ÜHG emisszió csökkenthető hőszigeteléssel, megújuló energia (szél, biogáz) hasznosításával, kapcsolt hő- és villamos energia termeléssel, gőztermeléses hulladékégetéssel, a hulladékenergia visszanyerésével (Fishedick, M et al. 2014). Az Európai Vegyipari Tanács (Conseil Européen des Federations de l'Industrie Chimique – CEFIC) technológia-specifikus legjobb gyakorlatot publikált több mint 20 iparágra (főleg kis- és középvállalatok számára) a Vegyipari Ágazati Platform az Energiahatékonysági Kiválóságért (Sectoral Platform in Chemicals for Energy Efficiency Excellence (SPiCE³)) kezdeményezés keretében (CEFIC 2015). Az ilyen közvetlen akciók mellett a Nemzetközi

Vegyipari Tanácsok Szövetsége (International Chemical Councils Associations – ICCA) 2012 decemberében technológiai útitervet indított az épületek energiahatékonyságának növelésére. Az útiterv öt olyan vegyipari vonatkozású építőipari technológiára összpontosít, amelyek energiafelhasználás és ÜHG-kibocsátás megtakarításokat eredményezhetnek: szigetelés, csővezetékek és csőszigetelés, légszigetelés (a levegőszivárgás gátlása), visszaverő tetőbevonatok és festékek, és ablakok. Az ICCA becslése szerint ezen megoldások kis karbon tartalmú tüzelőanyag melletti alkalmazása az energiafelhasználást 41%-kal, az ÜHG-emissziót 70% körüli értékkel csökkentheti 2050-re (AChC 2012).

AZ EMISSZIÓHATÉKONYSÁG JAVÍTÁSA

Az ÜHG emisszió az emisszióhatékonyság javításával is csökkenthető, amit kisebb karbon tartalmú energiahordozókra történő átállással, a folyamatparaméterek módosításával, a folyamatgázok kisebb globális felmelegedési potenciálú gázokkal történő felváltásával és szén-dioxid leválasztással és tárolással érhetnek el.

Kisebb karbon tartalmú energiahordozók tüzelése

A kisebb karbon tartalmú energiahordozók tüzelése kisebb közvetlen CO₂ kibocsátást eredményezhet ugyanannyi energia kinyerése mellett. Általában, az energiahordozókat az alapanyagok végtermékekké történő átalakítására használják, de bizonyos ágazatokban az energiahordozók alapanyagok is lehetnek, továbbá a gyártási folyamatok egyes melléktermékei energiahordozóként is felhasználhatók. A természetben előforduló energiaforrások között a legkisebb alapértelmezett emissziós hatékonysággal a földgáz (56.1 kg CO₂/GJ), a legnagyobbal a lignit rendelkezik (101 kg CO₂/GJ) (IPCC 2006). Ezért a földgáz megkönnyítheti az átmenetet a jövő karbonmentes gazdasága felé. A fosszilis energiahordozók cseréje megújuló nem fosszilisokra (szél-, nap-, geotermális, aerotermális, hidrotermális és óceán energia, vízienergia, biomassza, deponálási gáz, szennyvittisztítói gáz és biogáz az EU 2009/28/EC, a megújuló energiahordozókról szóló irányelvnek 2. cikke szerint) és a nukleáris energia használata az ÜHG-kibocsátás csökkenéséhez vezethet. A megújuló villamos energiatermelésre történő használatát gyakran kormányzati intézkedésekkel (pl. árkedvezményel, elsőbbségi hálózati hozzáférés biztosításával) is ösztönzik.

Ma még rendkívüli hírek számít, ha egy város, vagy ország megújuló energia felhasználása (időlegesen is) meghaladja a fosszilisokét (l. pl. RF100 & Sierra Club 2016; Guardian 2016). A Bloomberg 2016. június közepén publikált elemzése szerint 2016 és 2040 között 7 800 milliárd dollárt ruháznak majd be a megújuló energiába (fotovoltaikus napenergia-hasznosítás: 3 400, szélenergia hasznosítás: 3 100 és vízienergia 910), az ezekből termelt villamos energia költsége 40–60%-kal csökkenhet, alulmúlva a fosszilisokból történő áramtermelés költségét is. A fosszilis energiatermelésbe ebben az időszakban 'csak' 2 100 milliárd dollár befektetés várható (Giannakopoulou, E & Henbest, S 2016).

A megújulókból nyert villamos energia kedvezményes átvételének kiszivárogtatott megszűnése (mint például az EU-ban a szél- és naperőművek elsőbbségi hálózati hozzáféréseinek 2020. utáni esetleges megszüntetése, l.

<https://www.theguardian.com/environment/2016/nov/01/renewables-could-lose-european-power-grid-priority-documents-reveal>) lassíthatja a megújulókat terjesztését és az ÜHG-k kibocsátásának csökkenését.

Folyamatparaméterek monitorozása és kontrollja

A folyamatparaméterek monitorozása és kontrollja jelentős emisszióhatékonyság javuláshoz vezethet. A tüzelőberendezések (pl. csökemencék) füstgáz-összetételének (oxigén, szén-monoxid, metán, vízgőz) például lézeres spektroszkópiás valós idejű figyelése lehetővé teszi a tüzelőanyag-levegő arány folyamatos módosítását, így a metán emisszió minimalizálását és a fűtőanyag fogyasztás csökkentését. A kis NO_x kibocsátású égőkben mérséklük a láng csúcshőmérsékletet és az oxigénbeszívást gőz beinjektálásával és füstgáz recirkulációval korlátozzák. Az alumínium gyártásában az alumínium koncentráció esésének megakadályozása az anód szénjéből és a kriolitban levő fluorból keletkező PFC emisszióját csökkentheti. Az ammóniagyártásban nagy hőmérsékletű NO_2 bontást alkalmazhatnak (IPCC 2014).

A folyamatgázok cseréje kisebb globális felmelegedési potenciállal rendelkező gázokra

A folyamatgázok kisebb globális felmelegedési potenciállal rendelkező gázokra történő cseréje jelentős eredménnyel járhat. A fluortartalmú gázokat a legpotensebb és legtovább létező antropogén (emberi tevékenységre visszavezethető) ÜHG-nek tekintik. A fluorozott szénhidrogéneket (HFC) főként hűtőközegként, aeroszol meghajtógázként és tűzgátlóként használják, az 1989. évi Montreáli Jegyzőkönyv szerint kivonandó ózonréteg károsító anyagok (CFC és HCFC) az EU-ban 2015-ig elvárt teljes körű helyettesítésére. A perfluoroszénhidrogének (PFC) az alumínium és a félvezetők gyártásakor keletkeznek. A kén-hexafluoridot (SF_6) a magnézium feldolgozásban és a félvezetőgyártásban használják (Greenhouse Gas Protocol 2016).

A szivárgásokból eredő (fugitív) HFC emisszió csökkenthető a HFC-t használó hűtőgépek rutinszerű karbantartásával és helyénvaló ártalmatlanításával, a HFC ammóniával, vagy (megfelelően kiválasztott lobbanáspontú és toxicitású) szénhidrogén gázokkal történő helyettesítésével és alternatív hűtési technológiák (pl. geotermális energia) használatával. A HFC-23 emissziók termikusan oxidálhatóak kisebb globális felmelegedési potenciállal rendelkező termékekké. A habokban és a habfúvatáshoz használt HFC-k más, kisebb globális felmelegedési potenciálú fúvató közegekkel helyettesíthetőek. A HFC töltetű tűzoltó készülékeket vízpermetes vagy inert gázos rendszerűre kell cserélni. Az elektromos átviteli vagy elosztó berendezésekből származó SF_6 emisszió csökkenthető a berendezések megfelelő ártalmatlanításával, nagyobb szerkezeti integráltságú berendezések beépítésével, kisebb globális felmelegedési potenciálú alternatív szigetelő gázok valamint szivárgás-érzékelő rendszerek használatával. A magnéziumtermeléshez kapcsolódó SF_6 emissziók csökkenthetőek az SF_6 kisebb globális felmelegedési potenciálú gázokkal történő helyettesítésével, az SF_6 -felhasználás hatékonyságának növelésével és alternatív termelési rendszerek alkalmazásával. A félvezető iparban a fluortartalmú gázok leválaszthatóak, termikusan vagy katalitikusan lebonthatóak, vagy helyettesíthetőek más, kisebb globális felmelegedési potenciálú gázokkal (C2ES 2016).

2016. október 15-én, hétéves tárgyalássorozat után, több mint 170 ország részvételével létrejött a Montreáli Jegyzőkönyv módosítása, a jogilag kötelező érvényű *Kigali (Ruanda, Afrika) Egyezmény*, amely szerint a résztvevő országok a HFC gázok ütemezett kivonásával 0,5 °C potenciális globális hőmérséklet-növekedést előznek meg 2050-ig. A fejlett országok (és ezen belül az EU-tagországok is) a HFC-felhasználást 10%-kal csökkentik 2019-ig a 2011-2013-as szinthez képest és 85%-kal 2036-ig. A fejlődő országok egy csoportja (incl. Kína és az afrikai országok) 2024-ben kezdik az átállást; 10%-os csökkentést kell elérniük 2029-re a 2020-2022-es szinthez képest és 80%-ot 2045-re. Egy harmadik országcsoport tagjai (incl. India, Pakisztán, Irán, Irak és az öbölmenti arab országok) 2028-ban kezdik a folyamatot: 10%-os csökkenést kell elérniük 2032-re a 2024-2026-os szinthez képest és 87%-ot 2047-re (New York Times 2016).

Szén-dioxid leválasztás és tárolás

A szén-dioxid leválasztás és tárolás (carbon capture and storage – CCS) kiemelkedő fontosságú lehet a jövő éghajlat-változás elleni küzdelemben, hiszen a 2015. évi Párizsi Egyezmény 4. cikke szerint nettó ÜHG semlegességet (vagyis az ÜHG kibocsátás és a nyelők általi eltávolítás egyensúlyát) kell elérni az évszázad második felében. A nyelők általi eltávolítás az ÜHG emisszió erdők és szén-dioxid leválasztás és tárolás útján történő csökkentését jelenti.

2015-ben 15 körüli nagykapacitású CCS létesítmény működött a világon (pl. Kanadában, az USA-ban, Szaúdi Arábiában) 28 millió tonna CO₂ éves kapacitással. 2016-17-re további 7 nagykapacitású egység belépését jelezték (Kanadában, az USA-ban, Abu Dhabiban és Ausztráliában) és másik 11 létesítése előrehaladott tervezési fázisban van. Ezek évi összesen 80 millió tonna CO₂ befogadására képesek, ami töredéke a szükséges kapacitásnak (Global CCS Institute 2015). Az USA-ban adókedvezménnyel próbálják előmozdítani a CCS technológiákba történő befektetéseket (OGJ 2016).

Az Európai Bizottság CCS Projekt Hálózatot működtet korai nagyszabású demonstrációs projektek támogatására. A londoni Imperial College-nél működő Sustainable Gas Institute (SGI) közelmúltbeli tanulmányában a teljes, globálisan rendelkezésre álló földalatti CO₂ tároló kapacitást 10 450–33 153 milliárd tonnára, a világ számára három évszázadra elegendőnek becsülte. Ráadásul a tanulmány szerint a mostani 85–90%-os szén-dioxid leválasztási arány 95–99%-ra történő emelésével több fosszilis energiahordozó lenne eltűzelhető anélkül, hogy a 2 °C-os éghajlatváltozási scenárió korlátjait átlépnék. Bár a közeljövőben a CCS költségei az alkalmazását korlátozzák, “2050 után a CO₂ leválasztás és tárolás költségei valószínűleg szignifikánsan kisebbek lesznek, mint a CO₂ emissziócsökkentés alternatív útjainak marginális költségei”. Az IPCC Ötödik Értékelő Jelentéséhez használt modellekben az emisszió csökkentés átlagos marginális költségeként 473–1 100 USD/t CO₂ ekvivalenssel számoltak 2050-re. A CCS becsült költsége a szállítással együtt 155–160 USD/t (OGJ 2016; Sustainable Gas Institute 2016). Az IEA szerint a CCS a 2050-re megkívánt teljes CO₂ kibocsátás-csökkentés 1/6-ához járul hozzá (IEA 2016).

A leválasztott szén-dioxid felhasználható a szénhidrogén (pl. kőolaj, gáz) kinyerés fokozására is. Tíz körüli ilyen, antropogén (emberi tevékenységre visszavezethető) CO₂-t használó kereskedelmi méretű fokozott olajkitermelési (EOR) projektről van tudomásunk (az USA-ban, Kanadában, Szaúdi Arábiában

és Braziliában) és tizenöt másik létesítését jelentették be (MIT 2016). Az INA olajcég Európában igen figyelemreméltó 'Ivanic és Žutica CO₂ visszasajtolási projektjében' a horvátországi kitermelés során kapott nagy (23–26%) CO₂-tartalmú földgázból leválasztott CO₂-t visszasajtolja kútjaiba, ezzel a nemzeti (horvát) éves CO₂ kibocsátást több mint egy százalékkal csökkenti (Novak Mavar, K 2016).

A korábbi feltevések szerint a kőzetekbe visszasajtolt szén-dioxid néhány száz, ezer év elteltével kötődik meg karbonát ásványok formájában. Mostani kutatások nyomán arról számoltak be, hogy Izlandon, 400–800 m mélységben, bazaltos láván és hialoklasztiton a besajtolt szén-dioxid több mint 95%-ának mineralizációja kevesebb mint 2 év alatt végbement, és a keletkezett karbonát ásványok stabilak (Matter, JM et al. 2016).

ANYAGHATÉKONYSÁG-JAVÍTÁS A TERMELÉSBEN

A meglevő termékek gyártásának hatékonysága javítható a veszteségek csökkentésével és a régi anyagok újrafelhasználásával. Hozzávetőlegesen az összes papír 20%-a, az összes acél 25%-a és az összes alumínium 41%-a kiselejteződik és újrafelhasználásra kerül a feldolgozási folyamatok során. Ezek a *veszteségek* folyamat-innovációkkal és új tervezési megközelítések alkalmazásával csökkentendők. Az alumíniumiparban például a háló alakú öntési technika javítandó és a kivágási és sajtolási folyamatok innovációra szorulnak. A *régi anyagok újrafelhasználása* is csökkenti az ÜHG emissziót. A szerkezeti acélok például leküzdhetetlen műszaki akadályok nélkül újrafelhasználhatók az építésben (IPCC 2014, p. 757.).

A TERMÉKEK INTENZÍVEBB HASZNÁLATA

A fogyasztható ipari termékek egy része semmiféle szolgáltatást sem nyújtva hulladékká válik. A legtöbb esetben ugyanazon szolgáltatási szint kevesebb termékkel is elérhető az együttműködéses fogyasztás (collaborative consumption) és a *megosztásalapú gazdaság* keretében (l. a közgazdasági Nobel-díjas Elinor Ostrom elméletének megvalósulását pl. a gépjármű-, kerékpár- és lakásmegosztásban). Az *ipari termékek hosszabb használata* csökkentheti a termékcserre iránti igényt. Az új termékek beszerzésének elhalasztása a már megvásárolt termékek intenzívebb használatával, vagyis a 'fenntartható fogyasztás' csökkentheti a közvetlen és bizonyos esetekben a közvetett ÜHG emissziót. Például a vas- és acéltermékek iránti igény csökkenthető a biztonsági előírások szigorú betartásával (vagyis a túlzások elkerülésével) és az épületcerék ritkításával. A műtrágyák hatékonyabb hasznosítása a mezőgazdaságban csökkentheti a vegyipar ÜHG-emisszióját (IPCC 2014, p. 757.).

A TERMÉKIGÉNYEK CSÖKKENTÉSE

Bizonyos korlátok mellett (pl. a fejlett országokban) a fogyasztáscsökkentés ártalmatlan lehet, de hozzájárulhat az ipari emissziók csökkentéséhez (IPCC 2014, p. 757.).

ZÁRSZÓ

Az ipari szektor az éghajlatváltozás tekintetében kettős szerepben van: problémaforrás és problémamegoldó. Az ipar a globális felmelegedés szignifikáns közvetett forrása. Az ipar ugyanakkor fejlesztőként, és/vagy beruházóként (egyes területeken kiemelkedő) megoldásokat kínál az egész gazdaság számára az éghajlatváltozás elleni küzdelemben (pl. kogenerációs technológia, megújuló energiaforrások alkalmazása, CCS technológiák).

FELHASZNÁLT IRODALOM

- AChC 2012, *ICCA Highlights Energy Efficiency Solutions Made Possible by Chemistry at COP-18*, megtekintve 2016. július 25, <<https://www.americanchemistry.com/Media/PressReleasesTranscripts/AC-C-news-releases/ICCA-Highlights-Energy-Efficiency-Solutions-Made-Possible-by-Chemistry-at-COP-18.html>>.
- BMUB 2014, *Climate Protection in Figures – Facts, Trends and Incentives for German Climate Policy*, megtekintve 2016. július 18, <http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_2014_broschuere_en_bf.pdf>.
- Carbon Market Data 2016, *World Carbon Market Database*, megtekintve 2016. május 12, <https://www.carbonmarketdata.com/en/products/world-ets-database/presentation>.
- C2ES 2016, *High Global Warming Potential Gas Abatement*, megtekintve 2016. augusztus 9, <http://www.c2es.org/technology/factsheet/high-global-warming-potential-gas-abatement%20>.
- CEFIC 2015, *SPiCE³ Sectorial Platform in Chemicals for Energy Efficiency Excellence, Final Report*, megtekintve 2016. július 25, <http://www.cefic.org/Documents/PolicyCentre/SPiCE3-Sectorial-Platform-for-Energy-Efficiency-Excellence-Report.pdf>.
- EC 2009, *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency*, megtekintve 2016. július 15, <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE_Adopted_02-2009.pdf>.
- EC 2015a, *The EU Emissions Trading System (EU ETS)*, European Commission, Brussels, megtekintve 2015. szeptember 20, <http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm; http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm>.
- EC 2015b, *Carbon leakage*, European Commissions, Brussels, megtekintve 2015. szeptember 20, http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/leakage/index_en.htm.
- EC 2016, *European Commission, Climate Action: 2050 low-carbon economy*, Brussels, megtekintve 2016. július 4, <http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050/index_ehttps://mailn.htm>.
- Energy Star 2016, *Energy Performance Indicators for plants*, megtekintve 2016. július 16, <https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/industrial-plants/measure-track-and-benchmark/energy-star-energy?s=mega>).

- EPA 2016, 'Sources of Greenhouse Gas Emissions – Industry Sector Emissions', megtekintve 2016. július 15, <https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/sources/industry.html>.
- EP&C 2010, *Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)*, megtekintve 2016. július 15, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>.
- EP&C 2012, *Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC*, megtekintve 2016. július 18, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:en:PDF9>.
- Fischedick, M & Roy, J & Abdel-Aziz, A & Acquaye, A & Allwood, JM & Ceron, J-P & Geng, Y & Kheshgi, H & Lanza, A & Perczyk, D & Price, L & Santalla, E & Sheinbaum, C & Tanaka, K 2014, *Industry*, In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O & Pichs-Madruga, R & Sokona, Y & Farahani, E & Kadner, S & Seyboth, K & Adler, A & Baum, I & Brunner, S & Eickemeier, P & Kriemann, B & Savolainen, J & Schlömer, S & von Stechow, C & Zwickel, T & Minx, JC (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge (UK) and New York (USA), megtekintve 2016. július 12, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter10.pdf>.
- Giannakopoulou, E & Henbest, S 2016, Bloomberg New Energy Finance, *New Energy Outlook 2016*, megtekintve 2016. augusztus 9, <https://www.bnef.com/dataview/new-energy-outlook-2016/index.html#section-0>).
- Global CCS Institute 2015, *The Global Status of CCS 2015 – Summary Report*, megtekintve 2016. augusztus 9, <https://hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/196843/global-status-ccs-2015-summary.pdf>.
- Greenhouse Gas Protocol 2016, *Global Warming Potential Values*, megtekintve 2016. július 3, <[http://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20\(Feb%2016%202016\).pdf](http://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20(Feb%2016%202016).pdf)>.
- Guardian 2016, *Renewables made up half of net electricity capacity added last year*, megtekintve 2016. október 26, <https://www.theguardian.com/environment/2016/oct/25/renewables-made-up-half-of-net-electricity-capacity-added-last-year>).
- ICCA 2013, *Chemical industry contributions to energy efficiency and mitigating climate change – ICCA Technology Roadmaps on Energy and Climate Change*, megtekintve 2016. július 25, <https://www.nikkakyo.org/sites/default/files/SummaryofTechnologyRoadmaps.pdf>, p. 4.
- IEA 2016, *Carbon capture and storage*, megtekintve 2016. május 29, <http://www.iea.org/topics/ccs/>.
- IPCC 2006, *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Chapter 2: Stationary Combustion*, megtekintve 2016. augusztus 9, <http://www.ipcc->

- nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf, p. 2.18.
- IPCC 2014, *Mitigation of climate change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, [Edenhofer, O & Pichs-Madruga, R & Sokona, Y & Farahani, E & Kadner, S & Seyboth, K & Adler, A & Baum, I & Brunner, S & Eickemeier, P & Kriemann, B & Savolainen, J & Schlömer, S & von Stechow, C & Zwickel, T & Minx, JC (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge (UK) and New York (USA), meglekintve 2016. július 5, <
<https://books.google.hu/books?id=JAFEBgAAQBAJ&pg=PT783&lpg=PT783&dq=mitigation+of+industrial+ghg+emissions&source=bl&ots=dyEEvA-bY1&sig=n8MA7U17Ert-686EXUZhJSqRvEc&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwivq4f0ppbMAhWNKCwKHe3YAqI4ChDoAQiMAE#v=onepage&q=mitigation%20of%20industrial%20ghg%20emissions&f=false>>.
- IPCC 2016, *Working Group I: The Scientific Basis, Appendix I – Glossary*, Editor: Baede, APM, meglekintve 2016. július 3, <
<https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/518.htm>>.
- Lagarde, Chr 2008, 'Economic instruments in the fight against climate change', *OECD Observer*, no. 267, meglekintve 2016. július 18, <
http://www.oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/2603/Economic_instruments_in_the_fight_against_climate_change.html>.
- Matter, JM et al. 2016, 'Rapid carbon mineralization for permanent disposal of anthropogenic carbon dioxide emissions', *Science*, vol. 312, issue 6291, pp. 1312–1314., viewed 10 June, 2016,
<http://science.sciencemag.org/content/352/6291/1312>).
- MIT 2016, *Carbon Capture and Sequestration Technologies*, meglekintve 2016. május 29, <
https://sequestration.mit.edu/tools/projects/index_eor.html>.
- NAE 2016, *Energy efficiency*, meglekintve 2016. július 15,
<https://www.nae.edu/Publications/Bridge/EnergyEfficiency14874/ImprovingEnergyEfficiencyintheChemicalIndustry.as>.
- New York Times 2016, *Nations, Fighting Powerful Refrigerant That Warms Planet, Reach Landmark Deal*, meglekintve 2016. október 15,
<http://www.nytimes.com/2016/10/15/world/africa/kigali-deal-hfc-air-conditioners.html>.
- Novak Mavar, K 2016, 'EOR CO₂ project Croatia, environmental aspects', *MOL Group Professional Journal*, issue 2, p. 28.
- OGJ 2016, *Senators introduce bill to extend CCS tax credit*, viewed 15 July, 2016,
<http://www.ogj.com/articles/2016/07/senators-introduce-bill-to-extend-ccs-tax-credit.html>.
- Parliament of Australia 2013, *Emissions trading schemes around the world*, meglekintve 2016. május 12,
http://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/pubs/BN/2012-2013/EmissionsTradingSchemes.
- Phys.Org 2016, *Ten big energy firms vow to fight climate change*, meglekintve 2016. július 16,
<http://phys.org/news/2015-10-ten-big-energy-firms-vow.html>).
- RF100 & Sierra Club 2016; *Cities are ready for 100% clean energy: 10 case studies*, meglekintve 2016. szeptember 20,

<https://www.sierraclub.org/sites/www.sierraclub.org/files/blog/RF100-Case-Studies-Cities-Report.pdf>.

Scribd 2015, *International ZEV Alliance Announcement*, megtekintve 2016. július 18, <<https://www.scribd.com/doc/292065952/ZEV-Alliance-COP21-Announcement-3-Dec-2015>>.

Sustainable Gas Institute 2016, *Press Release: Carbon capture and storage (CCS) key to unlocking unburnable carbon*, megtekintve 2016. május 25, <http://www.sustainablegasinstitute.org/press-release-carbon-capture-and-storage-ccs-key-to-unlocking-unburnable-carbon/>.

UNEP 2016, *The Emissions Gap Report 2016*, United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, megtekintve 2016. november 15, <http://uneplive.unep.org/theme/index/13#egr>.

UNFCCC 2014, *Kyoto Mechanisms*, viewed 15 May, 2016, <http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/2998.php>.

UN FCCC 2016, *21st session of Conference of the Parties, Annex, Paris Agreement*, megtekintve 2016. október 15, http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php.

White House 2016, *'Fact Sheet: President Obama's 21st Century Clean Transportation System'*, megtekintve 2016. május 29, <<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/02/04/fact-sheet-president-obamas-21st-century-clean-transportation-system>>.
