

Király Lilla* – Jandó Tamás**

A mesterséges intelligencia ökológiai lábnyoma: kihívások és fenntartható megoldások fogyasztóvédelmi és jogi szempontból

A Mesterséges Intelligencia (a továbbiakban: MI) gyors terjedése jelentős ökológiai lábnyomot hagy maga után, ami komoly környezeti kihívásokat eredményez. Jelen tanulmány az MI energia-, víz- és elektronikus hulladék (e-hulladék) fogyasztására összpontosít, bemutatva a technológia rejtett környezeti költségeit a felhasználók szemszögéből. Az adatközpontok, amelyek az MI-műveletek alapját képezik, hatalmas mennyiségű energiát és vizet igényelnek hűtésükhöz, hozzájárulva az üvegházhatású gáz kibocsátáshoz és a globális vízhiányhoz. A nagyméretű nyelvi modellek betanítása különösen energiaigényes, és az MI-specifikus hardverek gyors elavulása növeli az e-hulladék mennyiségét. Becslések szerint az adatközpontok energiafelhasználása jelentősen növekedni fog a következő években, ami további terhelést jelent a globális energiaellátásra és a környezetvédelemre. Az MI ökológiai lábnyomának csökkentése érdekében kulcsfontosságú az energiahatékony modellek fejlesztése, a megújuló energiaforrásokba való beruházás és a fenntartható e-hulladékkezelés. Az MI ugyanakkor lehetőséget is kínál a környezeti problémák megoldására, például az energiafelhasználás optimalizálásával vagy az éghajlat modellezésével. A felelős szabályozás és az átláthatóság elengedhetetlen a fenntartható MI jövőjének biztosításához.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia; ökológiai lábnyom; energiafogyasztás; EU AI Act; fogyasztóvédelem; fenntarthatóság, MI felhasználó

1. Bevezető

„A gép forog az alkotó pihen.”¹

A magyar drámairodalom egyik legismertebb mondata méltán jelképezheti az utóbbi évek egyik legnagyobb hatású technológiai vívmányát, a generatív Mesterséges Intelligenciát (a továbbiakban: MI). Az MI széles körű elterjedését a 2017-ben megjelent „Attention is all you need” című tanulmány alapozta meg, amelyben a szerzők bemutatták a Transformer-architektúrát.² Ez a megoldás megnyitotta az utat a ma használt nagy nyelvi modellek előtt. Az MI használata azonban jelentős erőforrás-felhasználással jár. Már 2019-ben megjelent az első átfogó amerikai tanulmány az MI környezetre gyakorolt hatásairól.³

Az MI „éhségét” két szegmensre oszthatjuk: az egyik a felhasznált adat (Big Data), a másik pedig az energia. Az adatok tárolása gigantikus központokban valósul meg, amelyek kiépítése és üzemeltetése elképesztő mennyiségű energiát és nyersanyagot emészt fel.⁴ Az MI-

* Király Lilla PhD, LL.M habilitált egyetemi docens, Károli Gáspár Református Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar Polgári Eljárásjogi Tanszék; egyéni ügyvéd; a KRE Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport vezetője.

** Jandó Tamás LL.M ügyvédjelölt; a KRE Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport alapító tagja.

¹ MADÁCH IMRE: *Az ember tragédiája*. Pest, 1861. Első Szín, 2. oldal

² ASHISH VASWANI – NOAM SHAZEER – NIKI PARMAR – JAKOB USZKOREIT – LLION JONES – AIDAN N. GOMEZ – ŁUKASZ KAISER – ILLIA POLOSUKHIN: *Attention Is All You Need*. arXiv:1706.03762, Submitted on 12 Jun 2017; <https://arxiv.org/html/1706.03762v7>

³ EMMA STRUBELL – ANANYA GANESH – ANDREW MCCALLUM: *Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*. <https://arxiv.org/pdf/1906.02243>

⁴ NICOLA JONES: How to stop data centres from gobbling up the world's electricity. *Nature, Springer Nature*, 2018.09.12., <https://www.nature.com/articles/d41586-018-06610-y>

technológia környezeti lábnyoma jelentős, és egyre inkább növekszik,⁵ sürgetőbbé vált tehát az igény a technológia átláthatóságára és szabályozására.⁶ Az Egyesült Államokban és az Európai Unióban párhuzamosan új szabályozási kezdeményezések irányulnak az MI rendszerek energia- és erőforrás-felhasználásának mérésére és csökkentésére. Jelen tanulmányunk célja annak bemutatása, hogy az MI technológia – mint a legújabb ipari forradalom – környezetvédelmi költségeit hogyan tudja a jogalkotó szabályozása kontroll alatt tartani, egyúttal vizsgálva a releváns fogyasztóvédelmi⁷ szempontokat is.

2. Az MI ökológiai lábnyomának összetevői

2.1. Energiafogyasztás és karbonlábnyom

Az MI-technológia működtetése rendkívül energiaigényes folyamat: elsősorban biztosítani kell a MI modellek betanításához szükséges hatalmas számítási kapacitást. A nagy nyelvi modellek hónapokig tartó tréning során kerülnek betanításra, amely folyamat alatt több ezer erre specializált hardver (GPU-k, TPU-k) működik párhuzamosan teljes kapacitással. Egy kutatás számításai szerint például a csupán 213 millió paraméteres NLP-modell (a GPT-2 modell nagyságrendje) tanítása több mint 626 000 font (kb. 284 tonna) szén-dioxidnak megfelelő kibocsátással járt, ami az átlagos amerikai személygépkocsi teljes élettartama alatti kibocsátásnak az ötszöröse.⁸ Mivel a karbonkibocsátás túlnyomórészt az elektromos áram felhasználásából ered, amikor az MI több ezer számítást végez annak eldöntésére, hogy mely szavakat használja a válaszban, ez a szám jól érzékelteti a szükséges energia mennyiségét is. A számítási igény exponenciálisan nő a modellek méretével. A nagyobb modellek fejlesztéséért folyó verseny ezért egyben az energiafogyasztás növekedését is jelenti.

Az MI-t működtető adatközpontok összesített energiafogyasztása már ma is a globális villamosenergia-fogyasztás számottevő hányadát teszi ki. A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) előrejelzése szerint 2026-ra az adatközpontok éves áramfogyasztása elérheti az 1000 TWh-t, ami nagyjából megegyezik Japán éves áramfogyasztásával.⁹ Az egyik legnagyobb felhőszolgáltató becslése alapján az Egyesült Államokban 2030-ra a teljes országos áramszükséglet 20 százalékát az adatközpontok fogják felemészteni, ennek túlnyomó részét

⁵ ERIC HITTINGER – PAULINA JARAMILLO: Internet of Things: Energy Boon or Bane? *Science*, 2019. (6468), 326–328. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aau8825>

⁶ Az európai Digitális Egységes Piac (DSM) működéséről és szabályozásáról lásd részletesen PATAKI GÁBOR ZSOLT: A digitalizáció hatásai az EU jogalkotására, különös tekintettel a Digitális Egységes Piac jövőjére. In: HOMICSKÓ ÁRPÁD OLIVÉR (szerk.): *A digitalizáció hatása az egyes jogterületeken*. Budapest, Károli Gáspár Református Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar Kiadó, 2020. (Acta Caroliensia Conventorium Scientiarium Iuridico-Politicarum 39.) 215–224. Lásd még az Európai Bizottság (2015) Európai digitális egységes piaci stratégia COM(2015)192 final, 2015.5.6. és az Európai Bizottság (2016) Unió e-kormányzati cselekvési terv 2016-2020 COM(2016)179 final 2016.4.19.

⁷ Európai Bizottság által kiadott „Új megállapodás a fogyasztói érdekekért” című bizottsági közlemény (COM/2018/183 final) és az Európai Parlament és a Tanács 2005/29/EK irányelve a belső piacon az üzleti vállalkozások fogyasztókkal szemben folytatott tisztességtelen kereskedelmi gyakorlatairól, valamint a 84/450/EGK tanácsi irányelv, a 97/7/EK, a 98/27/EK és a 2002/65/EK európai parlamenti és tanácsi irányelvek, valamint a 2006/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról HL L 149/22, 2005.6.11., valamint a tisztességtelen kereskedelmi gyakorlatokról Magyarországon a fogyasztókkal szembeni tisztességtelen kereskedelmi gyakorlat tilalmáról szóló 2008. évi XLVII. törvénnyel (Fttv.) valósult meg.

⁸ KAREN HAO: Training a Single AI Model Can Emit as Much Carbon as Five Cars in Their Lifetimes. *MIT Technology Review*, 2019.06.06., <https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/>

⁹ DAVID BERREBY: As Use of A.I. Soars, So Does the Energy and Water It Requires. *Yale Environment 360*, 2024.02.06., <https://e360.yale.edu/features/artificial-intelligence-climate-energy-emissions#:~:text=,hours%2C%20roughly%20Japan%E2%80%99s%20total%20consumption>

pedig az MI-hez kapcsolódó számítási feladatok adják majd.¹⁰ Jelenleg egy 100 szavas e-mail, amelyet a GPT-4 MI chatbot generál – egyszeri használat esetében – 0,14 kilowattóra (kWh) áram felhasználásával jár, ami 14 LED izzó 1 órás működtetésével egyenértékű.¹¹

A felhasznált villamos energia karbon-intenzitása (a villamos-áramtermelés CO₂-kibocsátása) meghatározza, hogy az MI energiaigénye milyen közvetlen hatást gyakorol a klímára. Ha a technológiát fosszilis tüzelőanyagokkal működő erőművek látják el árammal, az MI közvetett CO₂-kibocsátása gigantikus lesz, míg a megújuló energiaforrások használata jelentősen mérsékelheti a kibocsátást. A jelenlegi trendek alapján az MI iránti robbanásszerű kereslet sok esetben meghaladja a rendelkezésre álló környezetbarát energiakínálatot, és ez nehezen bővíthető ilyen mértékben. Egy 2024-es jelentés rámutatott arra, hogy a Google 2030-ra nettó zéró CO₂ kibocsátás elérését tűzte ki céljául, ezzel szemben azonban 2019 és 2024 között 48 százalékkal növelte üvegházhatásúgáz-kibocsátását, nagyrészt az MI-alapú szolgáltatások energiaigénye miatt.¹² Amennyiben a techszektor nem fordul az energiahatékonyabb megoldások felé, az MI terjedése jelentősen hátráltathatja a zöld átállást.

2.2. Vízigény

Az energiaigény mellett a vízfogyasztás is jelentős környezeti terhelést jelent. A vízfogyasztás legfőbb oka az adatközpontokban működő hardverek hűtése. A több ezer nagy teljesítményű processzor folyamatos működése során hatalmas mennyiségű hő termelődik, amelyet el kell vezetni, különben a rendszerek túlmelegednek és leállnak. Ennek érdekében az adatközpontokat hűtőrendszerekkel szerelik fel. A szervertermekben keringetett víz hőt von el az eszközöktől, majd azokat hűtőtornyok segítségével lehűtik, miközben a víz egy része elpárolog. Ez a párolgás jelenti a tényleges vízfelhasználást, hiszen az elpárolgott vizet folyamatosan pótolni kell a friss édesvízből. Az adatközpontok így elképesztő mennyiségű vizet használnak fel. Egy közepes méretű adatközpont éves vízfogyasztása megközelítheti a 110 millió gallon (416 millió liter) vizet, ami kb. 1000 amerikai háztartás éves vízfogyasztásának felel meg.¹³

Ha a ChatGPT-nek feltesznek 25-50 kérdést, akkor függetlenül attól, hogy azok mennyire észszerűek, elfogy 519 milliliter (1/2 l) egy vizesüveg víz, csak egyszeri használat esetében. A legújabb GPT4-es rendszernek ennél is nagyobb a vízfogyasztása.¹⁴ A ChatGPT 3 betanításához 700 ezer liter vízre volt szükség, ami 100 font (kb. 45 kg) marhahús előállításának a vízigénye.¹⁵ A Meta az LLaMA-3 modelljének betanítására 22 millió liter vizet használt fel,

¹⁰ AI and Climate Change: A Growing Concern? *Tunley Environmental*, 2024.07.10., <https://www.tunley-environmental.com/en/insights/ai-and-climate-change#:~:text=Impact%20on%20Global%20Grids> (letöltve: 2025.10.10)

¹¹ PRANSHU VERMA – SHELLY TAN: A Bottle of Water Per Email: The Hidden Environmental Costs of Using AI Chatbots. *The Washington Post*, 2024.09.18., <https://www.washingtonpost.com/technology/2024/09/18/energy-ai-use-electricity-water-data-centers/>

¹² JOWI MORALES: Google Reveals 48% Increase in Greenhouse Gas Emissions from 2019, Largely Driven by Data Center Energy Demands. *Future US*, 2024.07.03., <https://www.tomshardware.com/tech-industry/google-reveals-48-increase-in-greenhouse-gas-emissions-from-2019-largely-driven-by-data-center-energy-demands>

¹³ MIGUEL YAÑEZ-BARNUEVO: Data Centers and Water Consumption. *Environmental and Energy Study Institute*, 2025.06.25., <https://www.eesi.org/articles/view/data-centers-and-water-consumption#:~:text=A%C2%A0medium,of%20water%20per%20day%20and>

¹⁴ LENGYEL MIKLÓS: Vízhiányt okozhat a mesterséges intelligencia. *HVG*, 2023.12.21., https://hvg.hu/zhvg/20231221_Vizhianyt_okozhat_a_mesterseges_intelligencia; VERMA – TAN: A Bottle of Water Per Email...

¹⁵ Elképesztő mennyiségű vízbe kerül, amikor ön begépel egy sort a mesterséges intelligenciának. *HVG*, 2023.09.12., https://hvg.hu/tudomany/20230912_microsoft_google_vizfogyasztas_mesterseges_intelligencia; VERMA – TAN: A Bottle of Water Per Email...

ez a vízköltség körülbelül 4439 font (kb. 2013 kg) rizs előállításához szükséges vízmennyiséggel egyenlő.¹⁶ A víz erőforrásként éppolyan véges és regionálisan szűkösen elérhető, mint az energia. Sőt, míg a villamos energiát számos módszerrel elő lehet állítani, addig a víz nélkülözhetetlen az élő szervezetek számára. A Föld vízkészletének csupán ~0,5 százaléka hozzáférhető édesvíz, és az egyre gyakoribb aszályok, vízhiányok időszakában hatalmas luxus ennek pazarlása.

2.3. További környezeti hatások

Amikor az MI ökológiai lábnyomáról beszélünk, az energia- és vízfogyasztás, illetve a karbonkibocsátás kézzelfogható, számszerűsíthető tényezők, azonban vannak olyan rejtett környezeti költségek is, amelyek az MI technológiák használatához kapcsolódnak. Ezek a látens hatások gyakran abból adódnak, hogy egyrészt a digitális szolgáltatások biztosításához a fizikai infrastruktúra építésére, fenntartására és cseréjére is szükség van, ami jelentősen terheli a környezetet, másrészt, hogy az új technológiák megváltoztatják a fogyasztói szokásokat és a gazdasági folyamatokat, sokszor nem várt következményeket eredményezve. Az MI technológiához szükséges alapanyagok bányászása, gyártása és telepítése jelentős anyag- és energiafelhasználással, valamint környezetszennyezéssel jár. A fenntarthatósági standardok kidolgozói éppen ezért javasolják, hogy az MI környezeti hatásait életciklus-szemléletben értékeljük, figyelembe véve a nyersanyagok kitermelésétől a gyártáson át az üzemeltetésen keresztül a hulladékkezelésig minden fázist.¹⁷

Az elhasznált hardverek, mint elektronikai hulladékok szintén részei a környezeti lábnyomnak. Az információs technológia terén, különösen a nagy teljesítményű eszközöknél nagyon rövid innovációs ciklusokkal találkozunk. Az eszközöket néhány évente lecserélik újabb generációkra, mert azok gyorsabbak és energiahatékonyabbak. Az e-hulladék a világ leggyorsabban növekvő hulladéktípusa, és az MI gyors fejlődése ezt tovább fokozza. A kiszolgált hardverek gyakran veszélyes anyagokat tartalmaznak (ólom, higany), melyek nem megfelelő kezelése talaj- és vízszennyezést okozhat,¹⁸ és a hulladéklerakókban, égetőkben okozott környezeti károk mellett az emberi egészségre is ártalmasak.

3. Jogi és szabályozási keretek

3.1. Az MI Rendelet¹⁹

A jelentős környezeti hatások szabályozási válaszokat sürgetnek. Az Európai Unió elsőként reagált átfogó jogszabállyal: az MI Rendelettel. Az MI Rendelet igyekszik jogi keretek közé szorítani a technológia fejlesztését, illetve a használatát. Az MI Rendelet preambuluma kimondja, hogy kifejezett célja a „környezeti védelem biztosítása az innováció ösztönzése

¹⁶ VERMA – TAN: A Bottle of Water Per Email...

¹⁷ BERREBY: As Use of A.I. Soars, So Does the Energy and Water It Requires.

¹⁸ MATTHIAS C. RILLING – MARLENE ÅGERSTRAND – MOHAN BI – KENNETH A. GOULD – ULI SAUERLAND: Risks and Benefits of Large Language Models for the Environment. *Environmental Science & Technology*, 2023. (9), 3464–3466. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c01106>

¹⁹ AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2024. június 13-i (EU) 2024/1689 RENDELETE a mesterséges intelligenciára vonatkozó harmonizált szabályok megállapításáról, valamint a 300/2008/EK, a 167/2013/EU, a 168/2013/EU, az (EU) 2018/858, az (EU) 2018/1139 és az (EU) 2019/2144 rendelet, továbbá a 2014/90/EU, az (EU) 2016/797 és az (EU) 2020/1828 irányelv módosításáról (a mesterséges intelligenciáról szóló rendelet) HL L 2024/1689, 2024. július 12. (a továbbiakban: MI Rendelet).

mellett”.²⁰ Az MI Rendelet egyik legfontosabb innovációja az, hogy az általános célú nagy nyelvi modellek esetén kötelező energiafelhasználási adatokat szolgáltatni. Erre vonatkozóan előírja, hogy a GPAI modellek²¹ fejlesztőinek a technikai dokumentációkban részletesen fel kell tüntetniük a modell számítási kapacitását és energiafogyasztását,²² amennyiben nem ismert a pontos adat, úgy becsült számítások alapján. Az MI Rendelet bevezette a „rendszerszintű kockázat” kategóriát, amelybe az energiafogyasztás mennyisége is beleszámít.²³ Az MI Rendelet „rendszerszintű kockázat” kategóriát alkalmaz a legnagyobb, 10^{25} műveletnél több számítást igénylő nyelvi modellekre. Ezekre szigorúbb átláthatósági követelmények vonatkoznak, beleértve az energiafogyasztási adatok közzétételét is.²⁴ A szabályozás kötelezi az Európai Bizottságot, hogy dolgozzon ki új műszaki normákat a modellek erőforrás-hatékonyságára.²⁵ Ezek a standardok többek között az energiahatékonyságra, a nyersanyag-használatra és az ökológiai lábnyom csökkentésére terjednek ki. Az első ilyen jelentést 2028-ban kell közzétenni.²⁶

3.2. Fogyasztóvédelem és zöld átállás

A fogyasztóvédelmi jog mára elképzelhetetlen fenntarthatósági szempontok nélkül. Uniós szinten példa erre az „Empowering Consumers” 2024/825/EU irányelv,²⁷ amely tiltja a megtévesztő környezeti állításokat tartalmazó hirdetéseket.²⁸ Az irányelv előírja, hogy a fogyasztóknak egyértelmű, releváns információkat kell szolgáltatni a termékek környezetvédelmi vonatkozásairól.

Az új Ecodesign for Sustainable Products Regulation keretében 2024 őszétől az EU minden termékre „Digitális termékútlevelet” (a továbbiakban: DPP) vezet be, amely a gyártás, felhasznált anyagok, környezeti hatás és újrahasznosítás szempontjából teljes körű információkat tartalmaz.²⁹ A DPP révén a fogyasztók hozzáférhetnek egy termék teljes életciklusára vonatkozó adatbázishoz, így jobban összehasonlíthatják a fenntarthatóbb alternatívákat.

Magyarországon a nemzeti fogyasztóvédelmi jog is követi az európai trendet. A hazai szabályozás³⁰ értelmében a forgalmazott termékeknek biztonságosnak kell lenniük, és nem lehet valótlan környezeti előnyökkel hirdetni őket. A fogyasztók kiterjed a környezetvédelmi információkra is.³¹

²⁰ MI Rendelet (13) preambulumbekzdés.

²¹ Általános célú mesterséges intelligencia modell.

²² MI Rendelet 53. cikk (1) bekezdés *d*) pont.

²³ MI Rendelet 51. cikk (2) bekezdés.

²⁴ MI Rendelet 51. cikk (1)–(2) bekezdés.

²⁵ MI Rendelet 41. cikk (1) bekezdés.

²⁶ MI Rendelet 112. cikk.

²⁷ Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2024/825 irányelve (2024. február 28.) a fogyasztók védelméről. HL L 2024/825, 2024.3.6. (a továbbiakban: Fogyasztóvédelmi irányelv).

²⁸ Fogyasztóvédelmi irányelv (2) preambulumbekzdése.

²⁹ Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2024/1781 rendelete (2024. június 13.) a termékek környezetbarát tervezéséről. HL L 2024/1781, 2024.7.19.

³⁰ 1997. évi CLV. törvény a fogyasztóvédelemről.

³¹ A vállalkozások és a fogyasztók közötti ügyletekben az MI-t alkalmazó eszközök felhasználására vonatkozó fogyasztóvédelmi szabályokról lásd részletesen MISKOLCZI BODNÁR PÉTER: A fogyasztók tájékoztatása és a digitalizáció. In: HOMICSKÓ ÁRPÁD OLIVÉR (szerk.): *A digitalizáció hatása az egyes jogterületeken*. Budapest, Károli Gáspár Református Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar Kiadó, 2020. (Acta Caroliensia Conventorum Scientiarum Iuridico-Politicarum 39.) 201–211.

4. Lehetséges megoldások és fenntarthatósági törekvések (energiahatékonyság és modelloptimalizálás)

A jogi megoldások kidolgozása csak a kezdeti lépése az ökológiai lábnyom csökkentésének. A valódi eredményeket a technológiai innováció jelentheti: a kvantumalgoritmusok egyes kísérletekben elképesztő energiahatékonyságot mutattak.³² Ez abból adódik, hogy az ilyen eszközök lényegesen kevesebb paramétert használnak, ezért az ilyen technológiák integrálása radikálisan csökkentheti az energiaköltségeket. A „Green AI” koncepció az MI-technológiák környezeti fenntarthatóságára összpontosít,³³ célja az ökológiai lábnyom csökkentése az MI-modellek és algoritmusok optimalizálásával. A kutatók olyan megoldásokat keresnek, mint a reverzibilis számítógép elve, a fényalapú és neuromorfikus chippek, amelyek jelentősen javíthatják az energiahatékonyságot.³⁴ További fontos lépés a megújuló energiaforrások használata³⁵ az adatközpontokban, a hulladék hő újrahasznosítása, valamint a modellek hatékonyabb betanítási módszereinek fejlesztése.³⁶

5. Következtetések (összefoglalás)

„A Pew Kutatóközpont adatai szerint az amerikaiak nagyjából negyede használta a ChatGPT-t, a chatbot 2022-es megjelenése óta – és minden egyes lekérdezésnek ára van. A chatbotok óriási mennyiségű energiát használnak a felhasználói kérdések megválaszolásához, és már pusztán a chatbot szervereinek hűvösen tartása az adatközpontokban is megterheli a környezetet. Bár a pontos terhelést szinte lehetetlen számszerűsíteni, a The Washington Post együtt dolgozott a Kaliforniai Egyetem (Riverside) kutatóival, hogy láthatóvá tegyék, mennyi vizet és energiát fogyaszt az OpenAI 2023 márciusában kiadott ChatGPT-4 nyelvi modellje egy (átlagos) 100 szavas e-mail megírásához, ami kiterjedt a vízfelhasználásra, az áramfogyasztásra, a betanítási költségekre és a kitűzött klímacélokra (CO₂ kibocsátás).³⁷ A számszerűsített adatokat a tanulmány releváns része tartalmazza.

³² Lásd részletesen SZUCHY RÓBERT: A villamosenergia-tárolás szabályozási kérdései. In: HOMICSKÓ ÁRPÁD OLIVÉR (szerk.): *Modern technológiák a jog egyes részterületein*. Budapest, Károli Gáspár Református Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar Kiadó, 2021. (Acta Caroliensia Conventorum Scientiarum Iuridico-Politicarum 36.) 255–277.; SZUCHY RÓBERT: Az új technológiák hatása az energiajogra. In: HOMICSKÓ ÁRPÁD OLIVÉR (szerk.): *Technológiai kihívások az egyes jogterületeken*. Budapest, Károli Gáspár Református Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar Kiadó, 2018. (Acta Caroliensia Conventorum Scientiarum Iuridico-Politicarum 25.) 203–215.

³³ ROY SCHWARTZ – JESSE DODGE – NOAH A. SMITH – OREN ETZIONI: Green AI. *Communications of the ACM*, 2020. (12), 54–63. DOI: <https://doi.org/10.1145/3381831>

³⁴ ROBERTO VERDECCHIA – JUNE SALLOU – LUÍS CRUZ: A Systematic Review on Green AI. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 2023. (4), e1507. 1–26. DOI: <https://doi.org/10.1002/widm.1507>

³⁵ Az EU célja, hogy világelső legyen a megújuló energiaforrásokból származó energiatermelésben, erről lásd részletesen SZUCHY RÓBERT: Okos mobilitás és a közösségi gazdálkodás jogi keretei. In: HOMICSKÓ ÁRPÁD OLIVÉR (szerk.): *Modern technológiák a jog egyes részterületein*. Budapest, Károli Gáspár Református Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar Kiadó, 2020. (Acta Caroliensia Conventorum Scientiarum Iuridico-Politicarum 39.) 225–238.; Európai Parlament állásfoglalása (2016. szeptember 13) „Útban az energiapiac újratervezése felé” [P8_TA (2016) 0333].

³⁶ LYNN H. KAACK – PRIYA L. DONTI – EMMA STRUBELL – GEORGE KAMIYA – FELIX CREUTZIG – DAVID ROLNICK: Aligning Artificial Intelligence With climate Change Mitigation. *Hal Open Science*, HAL Id: hal-03368037. 2021. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.07609>

³⁷ A nagy technológiai cégek számos ígéretet tettek adatközpontjaik zöldebbé tételére, de ezeket a klímaígéreteket gyakran nem tartják be. A Google például legutóbbi környezeti jelentésében közölte, hogy CO₂ kibocsátása 48 százalékkal nőtt, főként az MI-nek és az adatközpontoknak köszönhetően. Ráadásul a felhasznált víznek mindössze 18 százalékát pótolta, ami messze elmarad a 2030-ra kitűzött 120 százalékos céltól. Lásd VERMA – TAN: A Bottle of Water Per Email...

Az MI ökológiai lábnyoma komoly kihívást jelent a fenntartható fejlődés szempontjából. Az energiafogyasztás, vízigény és e-hulladék és a nyersanyag-kitermelés jelentős környezeti terhelést okoz. Az EU MI Rendelet fontos lépés a szabályozás irányába, de további konkrét intézkedésekre van szükség. A fogyasztóvédelmi előírások, a DPP bevezetése és a greenwashing elleni fellépés pozitív irányba mutat. A technológiai fejlesztések, különösen a kvantumalgoritmusok és a „Green AI” koncepció reményt adnak a jövőbeli energiahatékonyság javítására. A fenntartható MI jövőjének biztosításához elengedhetetlen a felelős szabályozás, az átláthatóság növelése és a társadalmi tudatosság erősítése, csak ezzel biztosítható, hogy az MI előnyei ne járjanak elfogadhatatlan környezeti károkkal a Föld nevű bolygóra nézve.