LA REGOLAZIONE EUROPEA E NAZIONALE SULLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE: LIMITI E PROSPETTIVE*

di Gloria Marchetti**

Sommario. 1. Introduzione. Il progressivo sviluppo degli studi sull'impatto ambientale dell'IA. – 2. La tradizionale scarsa considerazione dell'Unione europea per la sostenibilità ambientale dell'IA. – 3. Le inadeguate misure volte a fronteggiare l'impatto ambientale nel regolamento europeo sull'IA. – 4. La crescente attenzione dell'Unione europea per l'efficienza energetica dei *data center*. – 5. La normativa nazionale sulla sostenibilità ambientale dell'IA e sull'efficienza energetica dei *data center*. – 6. I limiti di una normativa (europea e nazionale) sulla sostenibilità ambientale dell'IA incentrata prevalentemente sull'efficienza energetica dei *data center*. – 7. Considerazioni conclusive e prospettive future.

1. Introduzione. Il progressivo sviluppo degli studi sull'impatto ambientale dell'IA.

La diffusione dell'intelligenza artificiale (di seguito IA) e di modelli sempre più sofisticati ha spinto gli studiosi di diverse discipline, anche giuridiche, a riflettere sulle conseguenze negative derivanti dal suo utilizzo massiccio. Al riguardo, per lungo tempo, la dottrina giuspubblicistica italiana si è concentrata soprattutto sui rischi che riguardano la disinformazione, la violazione del diritto d'autore e della *privacy* degli utenti, la tutela dei principi e dei diritti costituzionali e i pericoli di discriminazioni derivanti dall'utilizzo degli algoritmi[1]. Solo recentemente, la dottrina giuspubblicistica ha iniziato a dedicare una

---

* *Sottoposto a referaggio.*

** Professoressa Associata di Diritto costituzionale e pubblico – Università di Milano.

[1] Tra i giuspubblicisti che si sono occupati di questi temi, si vedano: C. Casonato, *Costituzione e intelligenza artificiale: un'agenda per il prossimo futuro*, in *BioLaw Journal – Rivista di BioDiritto*, 2, 2019, 711-725; A. Simoncini, S. Suweis, *Il cambio di paradigma nell'intelligenza artificiale e il suo impatto sul diritto costituzionale*, in *Rivista di filosofia del diritto*, 1, 2019, 87-106; B. Caravita, *Principi costituzionali e intelligenza artificiale*, in U. Ruffolo (a cura di), *Intelligenza artificiale*, Milano, 2020, *passim*; C. Colapietro, A. Moretti, *L'Intelligenza Artificiale nel dettato costituzionale: opportunità, incertezze e tutela dei dati personali*, in *BioLaw Journal – Rivista di BioDiritto*, 3, 2020, 359-387; A. D'Aloia, (a cura di), *Intelligenza artificiale e diritto*, Milano, 2020, *passim*; T.E. Frosini, *Il costituzionalismo nella società tecnologica*, in *Diritto dell'informazione e dell'informatica*, 3, 2020, 465-484; Id., *L'orizzonte giuridico dell'intelligenza artificiale*, ivi, 1, 2022, 5-17; T. Groppi, *Alle frontiere dello Stato costituzionale: innovazione tecnologica e intelligenza artificiale*, in *Consulta online*, III, 2020, 675-683; E. Stradella, *Stereotipi e discriminazioni: dall'intelligenza umana all'intelligenza artificiale*, in *Liber amicorum per Pasquale Costanzo, Consulta Online*, 30 marzo 2020; P. Bilancia, *Le sfide informative della democrazia*, in *Diritto ed economia dei mezzi di comunicazione*, 3, 2021, 159 ss.; M. Fasan, *I principi costituzionali nella disciplina dell'Intelligenza Artificiale. Nuove prospettive interpretative*, in *DPCE Online*, 1, 2022, 181-199; Id., *Intelligenza artificiale e costituzionalismo contemporaneo*, Napoli, 2024; L. Rinaldi, *Intelligenza artificiale, diritti e doveri nella Costituzione italiana*, in *DPCE Online*, 1, 2022, 201-218; A. Papa, *Intelligenza Artificiale e decisioni pubbliche tra tecnica, politica e tutela dei diritti*, in *federalimi.it*, 22, 2022, 100 ss.; Id. (a cura di), *La regolazione dell'intelligenza*

particolare attenzione al crescente impatto negativo dell'IA sull'ambiente[2], anche a seguito di studi di esperti del settore che hanno vieppiù evidenziato i costi ambientali dell'IA[3]. Al riguardo, mentre gli studi scientifici più risalenti, in diversi ambiti disciplinari, sul rapporto tra ambiente e IA, hanno messo in luce soprattutto le potenzialità delle nuove tecnologie per la lotta alla crisi ambientale e climatica – tecnologie in grado di ridurre le emissioni di gas serra, il consumo di energia e di risorse; di migliorare l'efficienza e la pianificazione energetica, nonché la gestione dei rifiuti; di monitorare i cambiamenti climatici, la qualità dell'aria e dell'acqua, la deforestazione e l'erosione del suolo[4] – quelli più recenti[5] hanno iniziato a concentrarsi sugli impatti negativi dell'IA sull'ambiente, che sono sempre più

artificiale nei processi decisionali: opportunità, rischi, bilanciamento, Napoli, 2024, passim; F. Balaguer Callejon, *La costituzione dell'algoritmo*, Milano, 2023; M. D'Amico, *Linguaggio discriminatorio e garanzie costituzionali*, in *Rivista AIC*, 1, 2023, 198-254; E. Longo, A. Pin, *Oltre il costituzionalismo? Nuovi principi e regole costituzionali per l'era digitale*, in *Diritto pubblico comparato ed europeo*, 1, 2023, 103-116; A. Patroni Griffi (a cura di), *Bioetica, diritti e intelligenza artificiale*, Milano, 2023, *passim*; A. Simoncini, *Il linguaggio dell'Intelligenza Artificiale e la tutela costituzionale dei diritti*, *in Rivista AIC*, 2, 2023, 1-39; G. Contissa, F. Galli, *La governance della "disinformazione aumentata" tra Digital Services Act e AI Act*, in *federalismi.it*, 15, 2025, 125 ss.; O. Pollicino, *Costituzionalismo digitale, intelligenza artificiale e regolazione. Alla ricerca dell'equilibrio sostenibile tra innovazione e tutela dei diritti fondamentali*, in *Rivista dei dottori commercialisti*, 3, 2025, 417 ss.; Id., *Costituzionalismo digitale. Pensare la democrazia al tempo dell'IA*, Bologna, 2025.

[2] Si cfr., al riguardo: P. Hacker, *Sustainable AI Regulation*, in *Common Market Law Review*, 2024, 346 ss.; A. Pirozzoli, *Intelligenza artificiale, sviluppo sostenibile e ambiente*, in *Consulta online*, 1, 2024, 111 ss.; M. Tomasi, *Intelligenza Artificiale, sostenibilità e responsabilità intergenerazionali: nuove sfide per il costituzionalismo?*, in *Rivista AIC*, 4, 2024, 46 ss.; B. Marchetti, *I costi ambientali dell'IA*, in *BioLaw Journal – Rivista di Biodiritto*, 1, 2025, 525 ss.; N. Rangone, *Intelligenza artificiale, tutela dell'ambiente e regolazione europea*, *ivi*, 529 ss.; L. Parona, *La ponderazione dei costi ambientali nell'approvvigionamento di sistemi di intelligenza artificiale da parte delle amministrazioni pubbliche*, *ivi*, 549; L. De Gaetano, *Il principio* Do Not Significant Harm (DNSH) *e i costi ambientali dell'intelligenza artificiale*, ivi, 571 ss.; M. Merler, *I costi ambientali dell'intelligenza artificiale: il dibattito negli Stati Uniti*, *ivi*, 591 ss.

[3] Per uno studio recente sul tema, si vedano: J. Schön, L. Hoffmann, N. Becker, *Expert Assessment: The Systemic Environmental Risks of Artficial Intelligence*, in *Gesellschaft für Informatik*, Berlin, 2025, 1-76, in https://dl.gi.de/server/api/core/bitstreams/3daed86b-d50f-4301-b320-7c5e01bde158/content.

[4] Sull'argomento, si vedano: C.W. Chana, G.H. Huang, *Artificial intelligence for management and control of pollution minimization and mitigation processes*, in *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16, 2, 2003, 75-90; A.L. Stein, *Artificial Intelligence and Climate Change*, in *Yale Journal on regulation*, 37, 3, 2020, 890; R. Vinuesa, H. Azizpour, I. Leite et al., *The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals*, in *Nature Communications*, 11(1), 2020, 233, in https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y; M. Jain, A. Mishra, *AI Ensures Environmental Sustainability*, in *International Journal of Law Management & Humanities*, 5, 4, 2022, 521; L.H. Kaack, P.L. Donti, E. Strubell et al, *Aligning artificial intelligence with climate change mitigation*, in *Nature Climate Change*, 12(6), 2022, 518–527, in https://doi.org/10.1038/s41558-022-01377-7; D. Rolnick, P.L. Donti, L.H. Kaack et al., *Tackling climate change with machine learning*, in *ACM Computing Surveys*, 55, 2, 2022, 1-96, in https://doi.org/10.1145/3485128; C. Gohr, G. Rodríguez, S. Belomestnykh et al., *Artificial intelligence in sustainable development research*, in *Nat Sustain*, 8, 2025, 970-978, in https://doi.org/10.1038/s41893-025-01598-6; N. Stern, M. Romani, R. Pierfederici et al., *Green and intelligent: the role of AI in the climate transition*, in *npj Clim. Action,* 4, 56, 2025, in https://doi.org/10.1038/s44168-025-00252-3.

[5] Sui costi ambientali dell'IA, si vedano: K. Crawford, *Atlas of AI: Pover, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence*, New Haven – London, 2021 (trad. it.: *Né intelligente, né artificiale. Il lato oscuro dell'IA*, Bologna, 2024): Id., *Generative AI's environmental costs are soaring – and mostly secret*, in *Nature*, 626, 693, 2024, in https://www.nature.com/articles/d41586-024-00478-x; A-L. Ligozat, J. Lefevre, A. Bugeau, J. Combat, *Unraveling the Hidden Environmental Impacts of AI Solutions for Environmental Life Cycle Assessment of AI Solutions*, in *Sustainability*, 14(9), 2022, 5172, in https://doi.org/10.3390/su14095172; P.K. Lin, *The Cost of Teaching a Machine: Lighting the Way for a Climate-Aware Policy Framework That Addresses Artificial Intelligence's Carbon Footprint Problem*, in *Fordham Environmental Law Review*, 1, 2023, in https://ssrn.com/abstract=4066935; A. Zhuk, *Artificial intelligence impact on the environment: Hidden ecological costs and ethical-legal issues*, in *Journal of Digital Technologies and Law*, 1(4), 2023, 932-954, in https://doi.org/10.21202/jdtl.2023.40; P. Schütze, *The problem of sustainable AI: A critical assessment of an emerging phenomenon*, in *Weizenbaum Journal of the Digital Society*, 4(1), 2024, in https://doi.org/10.34669/WI.WJDS/4.1.4, P. Bakhtiarifard, P. Tözün, C. Igel, R. Selvan, *Climate and resource awareness is imperative to achieving sustainable AI (and preventing a global AI arms race),* in arXiv:2502.20016, 2025, in https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.20016.

evidenti e acclarati[6].
La costruzione di *hardware* per l'IA – come i *chip* specializzati, i *data center* e le unità di elaborazione grafica – richiede l'estrazione e l'uso di materie prime, terre rare e minerali – che comporta l'impoverimento delle falde acquifere, la contaminazione di acqua e suolo, la deforestazione e l'erosione del suolo – e un consumo elevato di energia, determinando importanti emissioni di carbonio. Peraltro, i principali Paesi in cui si producono semiconduttori – Taiwan, Corea del Sud e Giappone - fanno affidamento per oltre il 60% del loro *mix* energetico su fonti fossili. Oltretutto, i dispositivi *hardware* (interni, come CPU, RAM, schede madre e *hard disk*, ed esterni, come *monitor*, tastiere, *mouse* e stampanti) diventano rapidamente obsoleti, a causa del rapido avanzamento della tecnologia legata all'IA ma anche della loro obsolescenza programmata; ciò crea problemi di riciclaggio e smaltimento dei rifiuti elettronici (*e-waste*) che, se non sono gestiti correttamente, possono contaminare l'ambiente. In proposito, alcuni studi hanno evidenziato che la produzione di rifiuti elettronici è destinata a raddoppiare entro il 2030[7].
Inoltre, i sistemi di IA hanno bisogno di grandi *server* – strutture che supportano l'infrastruttura informatica per l'addestramento e l'esecuzione dei modelli di IA – che, per funzionare, richiedono un significativo consumo di energia e acqua[8]. Nello specifico, la maggior parte dei *server* utilizzata per il funzionamento dell'IA è conservata in *data center*, i quali consumano grandi quantità di energia elettrica anche per il loro raffreddamento; ciò contribuisce significativamente alle emissioni di carbonio, soprattutto se i *data center* sono alimentati da fonti non rinnovabili[9]. Al riguardo, emerge, da recenti stime, che i *data center* consumano attualmente tra 1 e il 2% dell'energia globale[10] e tale percentuale potrebbe salire al 3-4%[11] e aumentare del 160% entro il 2030[12], superando potenzialmente l'attuale consumo

[6] Si vedano, al riguardo, J. Zhao & B. Gómez Fariñas, Artificial intelligence and sustainable decisions, in *European Business Organization Law Review*, 24(1), 2023, 1-39, in https://doi.org/10.1007/s40804-022-00262-2.
[7] Si cfr. V. Forti, C.P. Baldé, R. Kuehr, G. Bel, *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*, Bonn/Geneva/Rotterdam: United Nations University (UNU) *et al.*, 2020.
[8] Sul consumo di energia e acqua dei *data center* e sulla produzione di rifiuti elettronici, si vedano: E. Strubell, A. Ganesh, A. McCallum, *Energy and policy considerations for deep learning in NLP*, *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, Firenze, 2019, 3645-3650, in *arXiv:1906.02243*, in https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.02243; F. Lucivero, *Big Data, Big Waste? A Reflection on the Environmental Sustainability of Big Data Initiatives*, in *Science and Engineering Ethics*, 26, 2020, 1013; D. Patterson, J. Gonzalez, Q. Le et al., *Carbon emissions and large neural network training,* in *arXiv:2104.10350*, in https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.10350; N. Bashir, P. Donti, J. Cu et al, *The Climate and Sustainability Implications of Generative AI*, MIT, Mar 27, 2024, in https://mit-genai.pubpub.org/pub/8ulgrckc; J. Coleman, *AI's Climate Impact Goes beyond Its Emissions. To understand how AI is contributing to climate change, look at the way it's being used*, 7 dicembre 2023, in *Scientific American*, in https://www.scientificamerican.com/article/ais-climate-impact-goes-beyond-its-emissions/; Q. Wang, Y. Li, R. Li, *Ecological footprints, carbon emissions, and energy transitions: the impact of artificial intelligence (AI)*, in *Humanities and social sciences communications*, 11, 2024, 4; P. Li, J. Yang, M.A. Islam, S. Ren, *Making AI less "thirsty". Uncovering and addressing the secret water footprint of AI models,* in *Communications of the ACM*, 68(7), 2025, 54–61, in https://doi.org/10.1145/3724499; D. Nutt, C. Chronicle, *"Roadmap" shows the environmental impact of AI data center boom*, November 10, 2025, in https://news.cornell.edu/stories/2025/11/roadmap-shows-environmental-impact-ai-data-center-boom.
[9] Si cfr. P. Dhar, *The carbon impact of artificial intelligence*, in *Nature Machine Intelligence*, 2, 2020, 423-425.
[10] Secondo i dati della International Energy Agency.
[11] Secondo altri studi, i *data center* utilizzati per l'IA potrebbero arriva a consumare addirittura il 4,5% della produzione globale di energia entro il 2030 (D. Nishball, D. Patel, J.E. Ontiveros, *AI Datacenter Energy Dilemma - Race for AI Datacenter Space*, 2024, in https://www.semianalysis.com/p/ai-datacenter-energy-di-lemma-race).
[12] Al riguardo, si veda la stima elaborata da Goldman Sachs, *AI is poised to drive 160% increase in data center power demand*, 14 maggio 2024, in https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand.

elettrico totale del Giappone[13]. Secondo le stesse stime, poi, i *data center* contribuiscono attualmente a circa l'1% delle emissioni globali di gas serra legate al consumo di energia e sono tra le fonti di emissioni in più rapida crescita[14]. Fino a poco tempo fa, gli esperti si sono concentrati sull'impatto ambientale del funzionamento dell'IA soprattutto in riferimento alla fase di addestramento che, richiedendo una grande potenza di calcolo per elaborare i dati e addestrare gli algoritmi, consuma una significativa quantità di energia. Tuttavia, rispetto ai modelli di IA più semplici, che consumano meno energia, l'IA generativa e i modelli linguistici di grandi dimensioni – cd. *large language models* (LLM) – richiedono un notevole consumo di energia, uguale o maggiore, anche nella fase di elaborazione delle risposte, non solo in quella di addestramento. Gli esperti, ad esempio, hanno stimato che una *query* su ChatGPT consuma circa cinque volte più elettricità di quella necessaria per una semplice ricerca sul *web*[15]. È evidente, quindi, che, a fronte della progressiva maggiore complessità delle applicazioni di IA e dell'intensità di dati elaborati, il consumo di energia è destinato ad aumentare ulteriormente, contribuendo ad incrementare le emissioni inquinanti. Ovviamente, nei Paesi che producono più energia con fonti rinnovabili o con il nucleare la quantità di anidride carbonica può essere molto minore di quella generata in Paesi più dipendenti dai combustibili fossili, come gli USA, dove, peraltro, si trova buona parte delle *startup* di IA. Al contempo, l'IA – soprattutto l'IA generativa e i modelli linguistici di grandi dimensioni – ha un impatto significativo sul consumo d'acqua: sono, infatti, necessarie grandi quantità d'acqua per il raffreddamento dei componenti elettrici dei *server*, ma anche per produrre l'energia necessaria al funzionamento dei modelli e per la produzione delle tecnologie di IA. Secondo alcune stime, entro il 2027 la formazione e l'utilizzo dell'IA potrebbe produrre un aumento del prelievo idrico compreso tra 4,2 e 6,6 miliardi di metri cubi all'anno, più o meno la metà di quanta ne consuma annualmente il Regno Unito[16].

In questo scenario, la preoccupazione è che lo sviluppo e la diffusione di nuovi modelli di IA e la crescente domanda dei servizi connessi, determinando un aumento delle emissioni nocive, possano compromettere l'effettivo perseguimento degli obiettivi contenuti nella strategia dell'*European Green Deal*[17] – che prende le mosse dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite – e del *Next Generation EU*, nonché dalla *European Climate Law*[18]*;* strategia che pone al centro dell'attenzione la tutela e il ripristino degli ecosistemi e della biodiversità e la riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra – di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990 – anche nell'ottica delle generazioni future. È infatti difficile, allo stato attuale, affermare che lo sviluppo di nuove tecnologie, già sperimentate da alcune *big tech*[19]*,* capaci di

[13] É quanto emerge dai dati riportati dall'articolo di L. Reitmeier, S. Lutz, *What direct risks does AI pose to the climate and environment?*, 12 September, 2025, in https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-direct-risks-does-ai-pose-to-the-climate-and-environment/.

[14] Entro il 2035, l'aumento del consumo energetico dei *data center* potrebbe comportare emissioni aggiuntive di CO2 equivalente (GtCO2e) pari a 0,4-1,6 gigatonnellate. Si vedano, in proposito, L. Reitmeier, S. Lutz, *What direct risks does AI pose to the climate and environment?*, cit.

[15] Il consumo energetico giornaliero mondiale di ChatGPT, afferma la rivista *Forbes*, è quasi equivalente a quello di 180.000 famiglie statunitensi, ciascuna delle quali utilizza circa ventinove kilowatt. Il consumo energetico a livello più ampio si traduce in un'impronta di carbonio: basti pensare che una persona, in un anno, produce circa 11.000 chilogrammi di CO2, mentre, secondo le stime di *Fortune,* ChatGPT ne produca ben 3.225.000.

[16] Si cfr., in proposito, la *Issus Note dell'UNEP* (Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente) del 21 settembre 2024 *«Artificial intelligence (AI) end-to-end: The environmental impact of the full AI life cycle needs to be comprehensively assesse»*.

[17] Presentato l'11 dicembre 2019 dalla Presidente della Commissione europea Ursula von der Leyen.

[18] Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 («European Climate Law»).

[19] Sul rapporto tra ambiente e nuove tecnologie, si veda B. Caravita, *Diritto pubblico dell'ambiente*, Bologna, 1990, sp. 23-24.

ridurre le emissioni e i consumi, da un lato, e il maggior ricorso a fonti rinnovabili, dall'altro, siano in grado di compensare la crescita dei consumi legata soprattutto alla diffusione dell'IA generativa e dei modelli linguistici di grandi dimensioni[20].

Va ricordato, poi, che vi sono due elementi che rendono particolarmente difficile valutare l'impatto ambientale dell'IA. Per un verso, non esistono metodi standardizzati di misurazione dei costi ambientali: vi sono diversi studi che hanno stimato l'impatto ambientale delle diverse fasi del ciclo di vita dell'IA ma mancano dati completi e adeguatamente supportati da evidenze scientifiche. Ciò ha portato, peraltro, alla proliferazione di dati e statistiche basate su stime e previsioni non sempre attendibili. Per altro verso, le *big tech* tendono a non fornire i dati esatti e completi circa il consumo di energia e acqua[21]. Difatti, gli studi più recenti, hanno evidenziato le problematiche legate alla diffusione di dati incompleti che non permettono di valutare gli effetti nocivi dell'IA sull'ambiente. In proposito, appare significativo che Google, nel 2025, abbia pubblicato, per la prima volta, un *report* che riporta i dati sul consumo energetico dei suoi modelli Gemini. Secondo le stime dell'azienda, un *prompt* testuale «medio» consuma 0,24 wattora, emette 0,03 grammi di CO_2 e utilizza 0,26 millilitri di acqua per il raffreddamento dei *data center*[22]. Tuttavia, pur trattandosi del *report* più trasparente finora fornito da una *big tech*, in relazione ad un prodotto di IA, e quindi senz'altro da apprezzare, esso presenta, comunque, dei limiti: sono stati resi noti solo i dati dei *prompt* testuali e non quelli relativi a immagini, audio e video, che, secondo diversi studi, richiedono molta più energia; non è stato rivelato il volume totale delle *query* giornaliere, dato che permette di stimare l'impatto complessivo sui consumi[23]. Il *report*, da questo punto di vista, si inserisce in una narrazione, da parte delle *big tech*, che tende a minimizzare gli effetti negativi dell'IA sull'ambiente e a fornire, al riguardo, dati rassicuranti. Narrativa che, però, non trova riscontro nei più recenti studi scientifici che, come si è visto, hanno messo in luce i costi ambientali che comporta l'intero ciclo di vita dell'IA[24]. Studi che, peraltro, hanno indotto le istituzioni pubbliche, nazionali[25] e sovranazionali, ad avviare un dibattito e produrre

---

[20] Al riguardo, N. Rangone, *Intelligenza artificiale, tutela dell'ambiente e regolazione europea*, cit., 535, evidenzia che, per questa ragione, «alcuni operatori si stanno volgendo al nucleare».

[21] Si cfr. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications. The AI footprint*, in *OECD Digital Economy Papers*, 341, 2022, in https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/11/measuring-the-environmental-impacts-of-artificial-intelligence-compute-and-applications_3dddded5/7babf571-en.pdf, in cui si evidenzia come la misurazione dell'impatto ambientale dall'IA sia ostacolato sia dalla carenza di dati disponibili sia dalla mancanza di *standard* ed indicatori oggettivi, che consentano di confrontare il costo ambientale dei diversi sistemi di IA.

[22] Si cfr. C. Elsworth, Keguo Huang, D. Patterson et al., *Measuring the environmental impact of delivering AI at Google Scale*, in https://services.google.com/fh/files/misc/measuring_the_environmental_impact_of_delivering_ai_at_google_scale.pdf

[23] In tal senso, si veda C. Crownhart, *Per la prima volta, Google ha pubblicato i dati sul consumo energetico di un prompt di IA*, 21/08/2025, in https://www.technologyreview.it/per-la-prima-volta-google-ha-pubblicato-i-dati-sul-consumo-energetico-di-un-prompt-di-ia/

[24] In tempi recenti anche la letteratura italiana si è occupata del tema: F. Calisai, *Intelligenza artificiale e ambiente*, in *Giustizia Civile*, 4, 2021, 895; M. D'Agostino Panebianco, A. Capoluongo, *Artificial Intelligence: la sostenibilità ambientale, sociale, economica*, Milano, 2024, sp. 140 ss.; G. SISSA, *Le emissioni segrete. L'impatto ambientale dell'universo digitale*, Bologna, 2024.

[25] Nella relazione illustrativa del disegno di legge delega in materia di energia nucleare sostenibile n. 2669, presentato alla Camera il 17 ottobre 2025 (in corso di esame da parte delle Commissioni riunite VIII Ambiente, X Attività produttive in sede Referente l'1 dicembre 2025) vengono evidenziate le difficoltà a far fronte all'aumento della domanda di energia con la sola energia elettrica e fornita dalle fonti rinnovabili; aumento determinato anche «dalla grande richiesta di energia necessaria per alimentare i centri di elaborazione dati e i sistemi di intelligenza artificiale, che devono garantire la disponibilità dei servizi senza interruzioni».

dichiarazioni sulla necessità di impiegare fonti rinnovabili per alimentare i *data center* e di rendere maggiormente efficiente il funzionamento dei sistemi di IA. Ciò ha portato il legislatore, europeo e nazionale, a adottare una regolamentazione che – come si esaminerà, più nel dettaglio, di seguito – si focalizza soprattutto sull'efficienza energetica dei *data center* e ha spinto alcune aziende del settore a adottare pratiche più sostenibili, implementando l'uso di energia rinnovabile, ricorrendo al nucleare[26] e ottimizzando i consumi. Nella prospettiva di ricorrere a sistemi di IA che consumano meno energia, peraltro, si inserisce la recente *startup* cinese *DeepSeek* che ha sviluppato un suo modello di IA R1; modello di IA *open source* che, ottimizzando i processi di calcolo, sarebbe in grado di ridurre i consumi energetici[27].
Il tema del rapporto IA e ambiente può essere quindi affrontato da due diverse prospettive: quella ottimistica, che considera l'AI in grado di contribuire agli obiettivi di sostenibilità ambientale[28] e quella, più realistica, che valuta i costi ambientali delle nuove tecnologie[29]. Quest'ultima prospettiva è quella che sarà adottata in questo scritto. In particolare, si cercherà di capire se il legislatore, europeo e nazionale, abbia sufficientemente considerato la sostenibilità ambientale dell'IA nelle più recenti iniziative e normative, soffermandosi, innanzitutto, sui contenuti del EU IA Act[30]. Saranno altresì oggetto di esame gli atti normativi, europei e nazionali, e le iniziative che mirano, più nello specifico, a perseguire una maggiore efficienza energetica dei *data center*.

2. La tradizionale scarsa considerazione dell'Unione europea per la sostenibilità ambientale dell'IA. Rispetto al tema del rapporto tra IA e ambiente, l'Unione europea (di seguito UE), in linea con la tradizionale narrazione[31] che è emersa – come si è sopra visto –

[26] Significative, in tal senso sono le iniziative di intraprese da Google e Microsoft per l'acquisto di energia nucleare al fine di soddisfare il fabbisogno energetico dei data center (cfr. https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/google-kairos-power-nuclear-energy-agreement/ e https://eu.usatoday.com/story/money/energy/2024/09/20/three-mile-island-nuclear-plant-constellation-microsoft-deal/75307770007/).

[27] In tal senso, si veda l'editoriale, *Cosa sappiamo dei consumi energetici di* DeepSeek*, l'IA cinese?*, in Rinnovabili, 29 gennaio 2025, in https://www.rinnovabili.it/mercato/ai/consumi-energetici-deepseek-cosa-sappiamo/. Nutre, invece, dubbi, sull'efficienza, anche energetica di *DeepSeek*, J. O'Donnell, DeepSeek *potrebbe non essere una buona notizia per l'energia dopo tutto*, in *MIT Technology Review*, 31/01/2025, in https://www.technologyreview.it/deepseek-potrebbe-non-essere-una-buona-notizia-per-lenergia-dopo-tutto/.

[28] Sul principio-obiettivo dello sviluppo sostenibile, si vedano B. Caravita, L. Cassetti, *La comunità internazionale*, in B. Caravita, L. Cassetti, A. Morrone (a cura di), *Diritto dell'ambiente*, Milano, 2016, p. 77 ss.

[29] Prospettive illustrate da A. Van Wynsberghe, *Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI*, in *AI and Ethics*, 1, 2021, 214; L. Floridi, *Etica dell'intelligenza artificiale. Sviluppi, opportunità, sfide*, Milano, 2022, 297 ss.; C.L. Read, *The benefits and environmental risks of artificial intelligence*, in *International Journal of Risk and Contingency Management*, 13(1), 2025, 1-18, in https://doi.org/10.4018/IJRCM.370968.

[30] Al riguardo, si è anche parlato di *Green AI*, ovvero modelli di IA che considerano la sostenibilità ambientale lungo l'intero ciclo di vita del sistema di IA: R. Schwartz, J. Dodge, N.A. Smith, O. Etzioni, *Green A*I, in *Communications of the ACM*, 63, n. 12, 2020, 54 ss., in https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3381831; E. Barbierato, A. Gatti, *Toward green AI: A methodological survey of the scientific literature*, in IEEE Access, 11, 2023, in https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3360705; V. Bolón-Canedo, L. Morán-Fernández, B. Cancela, A. Alonso-Betanzos, *A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable future*, in *Neurocomputing*, 599, 2024, in https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128096

[31] Al riguardo, C. Becker (Insolvent. How to Reorient Computing for Just Sustainability, 2023, 12-13), sottolinea come tale narrazione abbia creato un vero e proprio mito della tecnica in grado di risolvere i problemi del nostro mondo: «The myth of solvency tells an optimistic story of technology as the savior solving problems for our world. In this story, the central activity of technology design is problem solving, and computer science is a problem-solving discipline. To design is to collaboratively solve objective prob-lems using value- neutral technology through a series of rational decisions. The story is headed to a happy ending. Unintended side effects are lamentable collateral damage, but they are exceeded by the benefit— it is "worth it"».

da numerosi studi scientifici e da contributi delle organizzazioni internazionali e dei fora globali (come, ad esempio, le Nazioni Unite, l'OCSE e il World Economic Forum[32])[33] ha per lo più sottolineato l'utilità dell'IA per perseguire gli obiettivi di neutralità climatica e riduzione del consumo di risorse. In particolare, la Commissione, pur evidenziando la necessità di considerate l'impatto ambientale dell'IA[34], ha principalmente ribadito, in più occasioni, il ruolo determinante di quest'ultima nella lotta al cambiamento climatico e nella tutela dell'ambiente[35]. Similarmente, il Consiglio ha soprattutto evidenziato l'importante contributo dell'IA per raggiungere gli obiettivi fissati dal *Green Deal*, limitandosi solo a richiamare la necessità di perseguire una sua sostenibilità ambientale[36].

É in questo contesto che si inserisce il Regolamento europeo sull'Intelligenza Artificiale (il cd. AI Act)[37] che stabilisce regole armonizzate per lo sviluppo, l'introduzione nel mercato dell'UE e l'utilizzo di prodotti e servizi di IA, con particolare attenzione alla gestione dei rischi per la salute, la sicurezza e i diritti fondamentali, nonché per la tutela dell'ambiente. É quindi interessante capire se, con tale normativa, l'UE abbia dedicato più attenzione, rispetto al passato, all'impatto ambientale dell'IA, attraverso regole che possano portare ad una sua maggiore sostenibilità.

[32] Il World Economic Forum, nel 2018, ha elencato le numerose applicazioni dell'IA per la sostenibilità ambientale, definite «a game changer for the Earth» (*Harnessing Artificial Intelligence for the Earth*, documento redatto in collaborazione con PricewaterhouseCoopers e Stanford Woods Institute for Environment, 12 ss.).

[33] Si cfr. OECD, *Measuring the environmental impacts of AI compute and applications: the AI footprint*, cit.

[34] Si cfr., ad esempio: la comunicazione Promuovere un approccio europeo all'intelligenza artificiale (COM (2021) 205 final, 43) in cui si riconosce la significativa impronta ambientale dell'IA e si rileva la necessità di adottare delle misure volte ad evitare che i suoi costi ambientali superino i vantaggi che può apportare alla transizione verde; la comunicazione Plasmare il futuro digitale dell'Europa, COM (2020) 67 final, 12, in cui si evidenzia che «i centri di dati e le telecomunicazioni dovranno migliorare la loro efficienza energetica, ricorrere alla valorizzazione energetica dei rifiuti e utilizzare più fonti di energia rinnovabili. Possono e devono conseguire la neutralità climatica entro il 2030».

[35] Si cfr., ad esempio: il Libro bianco sull'intelligenza artificiale, adottato nel 2020, in cui è stato affermato che «data la crescente importanza dell'IA, l'impatto ambientale dei sistemi di IA deve essere debitamente preso in considerazione durante il loro intero ciclo di vita e lungo l'intera catena di approvvigionamento, ad esempio per quanto riguarda l'uso di risorse per l'addestramento degli algoritmi e la conservazione dei dati» (Cfr. Comunicazione della Commissione, Libro bianco sull'intelligenza artificiale – Un approccio europeo all'eccellenza e alla fiducia, COM(2020) 65 final, 2-3); la comunicazione della Commissione europea, Bussola per il digitale 2030: il modello europeo per il decennio digitale (COM(2021) 118 fin.), in cui si sottolinea che «Le tecnologie digitali possono essere estremamente utili per il conseguimento degli obiettivi del *Green Deal* europeo. L'adozione di soluzioni digitali e l'uso dei dati contribuiranno alla transizione verso un'economia a impatto climatico zero, circolare e più resiliente (…) contribuendo in tal modo al raggiungimento dell'obiettivo proposto dall'Europa di ridurre le emissioni di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 e di proteggere meglio l'ambiente»; l'allegato alla comunicazione della Commissione europea, Promuovere un approccio europeo all'intelligenza artificiale, COM (2021) 205 final, 41, che evidenzia che «Strumenti e applicazioni di IA (…) saranno indispensabili affinché l'UE consegua i propri obiettivi in termini di neutralità climatica, riduzione del consumo complessivo di risorse, maggiore efficienza e maggiore sostenibilità in linea con l'Agenda 2030 e gli obiettivi di sviluppo sostenibile (OSS) delle Nazioni Unite».

[36] Si cfr., al riguardo, Council of the European Union, Council conclusions on Digitalization for the Benefit of the Environment, 17 December 2020 (in particolare, i punti 23, 26, 31 e 32).

[37] Regolamento (UE) 2024/1689 del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 giugno 2024 che stabilisce regole armonizzate sull'intelligenza artificiale e modifica i regolamenti (CE) n. 300/2008, (UE) n. 167/2013, (UE) n. 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 e (UE) 2019/2144 e le direttive 2014/90/UE, (UE) 2016/797 e (UE) 2020/1828 (regolamento sull'intelligenza artificiale). Per un'analisi, in generale, dei contenuti del regolamento, si vedano, tra i tanti: C.N. Pehlivan, N. Forgó, P. Valcke (Eds.), *The EU Artificial Intelligence (AI) Act: A Commentary*, Alphen aan den Rijn, 2024; F. Pizzetti, S. Calzolaio, A. Iannuzzi, E. Longo, M. Orofino, *La regolazione europea dell'intelligenza artificiale nella società digitale*, Torino, 2025; O. Pollicino, F. Donati, G. Finocchiaro, F. Paolucci, *La disciplina dell'Intelligenza Artificiale*, Milano, 2025.

3. Le inadeguate misure volte a fronteggiare l'impatto ambientale nel regolamento europeo sull'IA. Si ritiene opportuno, dunque, compiere una valutazione dell'adeguatezza degli strumenti previsti dall'*AI Act* che possano portare ad una progettazione, un addestramento, un'elaborazione dei modelli di IA, nonché ad un loro utilizzo, maggiormente sostenibili dal punto di vista ambientale.

Al riguardo, va innanzitutto rilevato che l'accordo raggiunto sul testo del regolamento ha portato ad un progressivo indebolimento proprio della disciplina relativa agli strumenti finalizzati a ridurre l'impatto ambientale dell'IA. Il perseguimento di quest'ultimo obiettivo, nella prima bozza, proposta dalla Commissione nel 2021, doveva avvenire attraverso codici di condotta volontari[38]. Successivamente, il Parlamento europeo ha rivisto la proposta, introducendo nuove disposizioni in merito all'impatto ambientale dell'IA[39]. Già nella parte dei Considerando veniva richiamata l'importanza di considerare il «*fundamental right to a high level of environmental protection*»[40] e l'esigenza di introdurre meccanismi utili a «*apprehend the impact of AI systems on the environment*»[41]. Inoltre, nella versione del Parlamento, veniva introdotto il principio generale, poi confermato nel testo definitivo, del «benessere sociale e ambientale», nel rispetto del quale «i sistemi di IA sono sviluppati e utilizzati in modo sostenibile e rispettoso dell'ambiente e in modo da apportare benefici a tutti gli esseri umani, monitorando e valutando gli impatti a lungo termine sull'individuo, sulla società e sulla democrazia»[42]. Nella stessa versione si specificava, poi, che i sistemi di IA ad alto rischio dovessero avere capacità di registrazione, al fine di poter monitorare il consumo energetico e misurare o calcolare l'uso delle risorse e che i fornitori dovessero valutare l'impatto ambientale lungo l'intero ciclo di vita del sistema (quindi dalla progettazione e sviluppo, fino all'implementazione e all'utilizzo)[43]. Si imponeva altresì ai fornitori di modelli fondamentali di aderire – in tutto il ciclo di vita del modello – a *standard* per ridurre l'uso di energia e risorse, migliorare l'efficienza energetica e consentire la misurazione e la registrazione dell'impatto ambientale[44]. Ancora, il testo del Parlamento stabiliva che le valutazioni dell'impatto sui diritti fondamentali per i sistemi di IA ad alto rischio dovessero includere una misurazione dei prevedibili impatti negativi sull'ambiente derivanti dall'uso del sistema[45].

Tuttavia, nonostante la consapevolezza del Parlamento dell'esigenza di considerare l'impatto ambientale dell'IA, il testo finale del regolamento, a seguito dell'accordo raggiunto al termine del trilogo istituzionale nel dicembre 2023, poi formalmente approvato nel maggio del 2024, è stato profondamente modificato, eliminando la maggior parte delle disposizioni sopra menzionate, nonostante il richiamo all'esigenza di assicurare un'elevata tutela dell'ambiente[46].

---

[38] Art. 69.2. «The Commission and the Board shall encourage and facilitate the drawing up of codes of conduct intended to foster the voluntary application to AI systems of requirements related for example to environmental sustainability, accessibility for persons with a disability, stakeholders participation in the design and development of the AI systems and diversity of development teams on the basis of clear objectives and key performance indicators to measure the achievement of those objectives».

[39] Per un confronto tra il testo proposto dalla Commissione e gli emendamenti apportati dal Parlamento si veda il link https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0236_EN.html.

[40] Recital 28°.

[41] Recital 46.

[42] Art. 4a, lett. f) della versione approvata dal Parlamento europeo: « "social and environmental well-being" means that AI systems shall be developed and used in a sustainable and environmentally friendly manner as well as in a way to benefit all human beings, while monitoring and assessing the long-term impacts on the individual, society and democracy».

[43] Art. 12, par. 2, lett. a).

[44] Art. 28, par. 2, lett. d).

[45] Art. 29a, lett. g).

[46] In particolare, il Considerando n. 1, ripreso dall'art. 1, secondo il quale «Lo scopo del presente regolamento è migliorare il funzionamento del mercato interno istituendo un quadro giuridico uniforme in particolare per

In generale, l'AI Act sottolinea la necessità di garantire un elevato livello di protezione dei diritti fondamentali, tra cui la democrazia, lo Stato di diritto e la tutela dell'ambiente[47], che sono tra gli obiettivi del nuovo regolamento, promuovendo un'IA affidabile nell'UE. A tal fine, il regolamento, in diversi punti, sia nei considerando[48] che nelle norme[49], fa riferimento alla necessità che l'implementazione delle nuove tecnologie rispetti l'ambiente.
Al considerando 27 viene messa in luce la necessità che i sistemi di IA siano sviluppati e utilizzati, tra l'altro, «in modo sostenibile e rispettoso dell'ambiente […]». Il considerando 48, invece, sottolinea che nella valutazione circa la gravità di un ipotetico danno causato da un sistema di IA debba essere considerato anche il «diritto fondamentale a un livello elevato di protezione dell'ambiente». Il considerando 142 incoraggia gli Stati a «sostenere e promuovere la ricerca e lo sviluppo di soluzioni di IA a sostegno di risultati vantaggiosi dal punto di vista sociale e ambientale […] e a conseguire obiettivi in materia di ambiente». Il considerando 155 puntualizza che i fornitori di sistemi di IA ad alto rischio «dovrebbero […] essere tenuti […] a predisporre un sistema per segnalare alle autorità competenti eventuali incidenti gravi», compresi i «gravi danni […] all'ambiente».
Nello specifico, tuttavia, il regolamento non prevede misure di carattere vincolante e strumenti efficaci al fine di perseguire lo scopo di rendere sostenibile, dal punto di vista ambientale, l'IA[50].
L'art. 40 prevede che la Commissione debba richiedere agli organismi di *standardizzazione* di fornire risultati «sui processi di *reporting* e documentazione per migliorare le prestazioni delle risorse dei sistemi di intelligenza artificiale». Questi dovrebbero includere *standard* per la riduzione del consumo di energia e di «altre risorse» dei sistemi di IA ad alto rischio durante il loro ciclo di vita, includendo quindi l'addestramento e l'implementazione del sistema, e per lo sviluppo efficiente dal punto di vista energetico di modelli di IA ad uso generale. Si tratta di una disposizione che, se correttamente implementata, potrebbe portare ad una riduzione del fabbisogno di risorse ma presenta alcune criticità[51]. Innanzitutto, vi sono i rischi legati alla decisione di affidare a organismi competenti il compito di elaborare *standard* ambientali: per un verso, l'approvazione di tali *standard*, da parte di tali organismi, potrebbe richiedere tempi lunghi e, per altro verso, vi potrebbero essere condizionamenti di soggetti che hanno interessi

quanto riguarda lo sviluppo, l'immissione sul mercato, la messa in servizio e l'uso di sistemi di intelligenza artificiale (sistemi di IA) nell'Unione, in conformità dei valori dell'Unione, (…) garantendo nel contempo un livello elevato di protezione della salute, della sicurezza e dei diritti fondamentali sanciti dalla Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea (…), compresi la democrazia, lo Stato di diritto e la protezione dell'ambiente» e i Considerando n. 2 e n. 8 dell'AI Act.

[47] Si cfr. M. Almada, N. Petit, *The EU AI act: a medley of product safety and fundamental rights?*, European University Institute, Robert Schuman Centre Working Paper, 59, 2023, pp. 7-27

[48] Si cfr. i considerando nn. 1, 2, 4, 8, 27, 48, 130, 142, 155, 176.

[49] Si cfr. gli artt. nn. 1, 3, 46 e 59.

[50] Al riguardo, si veda P. Hacker, *Sustainable AI Regulation*, in *Common Market Law Review*, 61, 2, 2024, 371 ss. Si vedano, inoltre: N. Rangone, *Intelligenza artificiale, tutela dell'ambiente e regolazione europea*, cit.; J.R. Larnjeira De Pereira, *The Eu AI Act and environmental protection: the case for a missed opportunity*, in *Henirch Böll Stiftung*, 8 aprile 2024, in https://eu.boell.org/en/2024/04/08/eu-ai-act-missed-opportunity; B. Marchetti, *La regolazione europea del mercato dell'intelligenza artificiale*, in *Rivista della regolazione dei mercati*, n. 1, 2024, 8, dove l'ambiente nell'ambito dell'AI Act è definito come un «grande assente»; M. Tomasi, *Intelligenza artificiale, sostenibilità e responsabilità intergenerazionali*, cit., 53 ss., dove si osserva come l'AI Act intenda favorire una «AI for sustainability» anziché una «sustainability of AI».

[51] Sui limiti del ricorso a *standard* per regolamentare, si cfr.: A. Tartaro, *Regulating by standards: current progress and main challenges in the standardisation of Artificial Intelligence in support of the AI Act*, in *European Journal of Privacy Law and Technology*, 1, 2023, 147-174. Parla delle «standard setting organizations» come di «veri "legislatori"» G. Resta, *Cosa c'è di "europeo" nella proposta di Regolamento UE sull'intelligenza artificiale*, in *Diritto dell'Informazione e dell'Informatica*, 2, 2022, 341.

di mercato, maggiormente attenti a realizzare profitto anziché a garantire la sostenibilità ambientale; ciò renderebbe difficile l'implementazione di soluzioni implicanti un minore impatto ambientale ma che, al contempo, determinerebbe un aumento dei costi. Inoltre, l'adesione agli *standard* è da considerare volontaria nonostante vi sia una presunzione di conformità ai sensi dell'*AI Act*[52]. Si tratta, quindi, di una misura inadeguata a fronteggiare il problema dell'impatto ambientale dell'IA.

L'Allegato XI stabilisce che i fornitori di sistemi di IA a finalità generale (GPAI) – categoria che comprende i sistemi generativi come ChatGPT – debbano fornire informazioni sul consumo energetico noto o stimato legato alla fase di addestramento del sistema[53]. Anche questa previsione sembra essere scarsamente efficace per diverse ragioni. In primo luogo, la previsione riguarda solo i sistemi GPAI che, pur consumando grandi quantità di energia, non sono i soli a determinare consumi. In secondo luogo, si considera solo il consumo di energia, trascurando il consumo di altre risorse che, come si è visto, ha un significativo impatto sull'ambiente. In terzo luogo, si richiede solo la documentazione relativa alla fase di addestramento del modello, non prevedendo un monitoraggio nelle altre fasi che pure, come si è altrettanto visto, hanno un impatto negativo sull'ambiente.

L'art. 95, infine, prevede che i codici di condotta (il cui impatto e la cui efficacia saranno valutati dalla Commissione entro il 2028[54]) debbano includere misure per valutare e minimizzare l'impatto ambientale dei sistemi di IA, «anche per quanto riguarda la programmazione efficiente sotto il profilo energetico e le tecniche per la progettazione, l'addestramento e l'uso efficiente dell'IA». Anche lo strumento del codice, comunque, non sembra essere efficace in quanto è basato sul meccanismo della volontarietà. Del resto, l'esperienza ha dimostrato la scarsa efficacia dei codici su base volontaria[55]. Basti ricordare, in proposito, il Codice di buone pratiche sulla disinformazione dell'UE, adottato nel 2018 per contrastare la disinformazione – poi «rafforzato» nel 2022 e, dal febbraio 2025, integrato nel *Digital Services Act* (DSA) – che non ha prodotto gli effetti sperati e ha spinto la dottrina ad auspicare un intervento regolatorio vincolante[56].

Le misure previste dal regolamento al fine di far fronte alla sostenibilità ambientale dell'IA – consistenti nelle richieste di standardizzazione, nei codici di condotta e nella divulgazione di informazioni – possono essere considerate un primo, forse anche significativo, passo avanti compiuto dall'UE nella direzione di una presa di coscienza della necessità di intervenire a limitare l'impatto ambientale dell'IA. Tuttavia, le misure adottate, come si è evidenziato, sembrano scarsamente efficaci.

Si potrebbe obiettare, che lo scopo principale dell'*AI Act* è migliorare il funzionamento del mercato interno istituendo un quadro giuridico uniforme in relazione ai sistemi di IA. Ma il perseguimento di tale scopo deve avvenire «in conformità dei valori dell'Unione, promuovere la diffusione di un'intelligenza artificiale […] antropocentrica e affidabile, garantendo nel contempo un livello elevato di protezione della salute, della sicurezza e dei diritti fondamentali sanciti dalla Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea […], compresi la democrazia, lo Stato di diritto e la protezione dell'ambiente […]»[57]. L'*AI Act*, dunque, pone

[52] Art. 40, par. 1.
[53] Sezione 1.2, lett. e).
[54] Art. 112, par. 7.
[55] Si cfr., sul tema, S. Webley, A. Werner, *Corporate codes of ethics: necessary but not sufficient*, in *Business Ethics: A European Review*, 17, 4, 2008, 405-415.
[56] Sia consentito richiamare, in proposito, G. Marchetti, *Le* fake news *e il rafforzamento degli strumenti per contrastarne la diffusione*, in G. Avanzini, G. Matucci, L. Musselli (a cura di), *Informazione e media nell'era digitale*, 2ª ed., Milano, 2023, sp. 466-484.
[57] Considerando n. 1.

come obiettivo anche quello di garantire che i sistemi di IA utilizzati nell'UE siano sicuri, trasparenti, tracciabili, non discriminatori e rispettosi dell'ambiente. Il limite della normativa, tuttavia, consiste nel prevedere, per lo più, misure di carattere volontario, non vincolante per gli operatori. La normativa, infatti, impone, come si è visto, pochi obblighi ai fornitori di modelli di IA generativa in relazione al consumo energetico; obblighi che riguardano principalmente la registrazione del consumo energetico e la segnalazione di eventuali danni diretti o indiretti all'ambiente alle autorità di mercato. Inoltre, la normativa si limita a imporre una maggiore trasparenza e un obbligo di rendicontazione ma non contiene un invito esplicito a limitare le emissioni.

***4. La crescente attenzione dell'Unione europea per l'efficienza energetica dei* data center.** L'AI Act non esaurisce, ovviamente, la normativa finalizzata alla sostenibilità ambientale dell'IA. Tanto è vero che, negli ultimi anni, si è assistito a una rapida evoluzione della regolamentazione europea in relazione, più nello specifico, ai *data center* e al loro consumo energetico. È quindi opportuno, ai fini del presente scritto, soffermarsi ad esaminare i principali atti normativi, oltre alle diverse azioni e iniziative, che mirano a rendere i *data center* e le infrastrutture IT maggiormente sostenibili.

Il Regolamento n. 2019/424 stabilisce i requisiti di efficienza energetica per i *server* aziendali e i prodotti di archiviazione dati *online*, normalmente utilizzati nei *data center*[58]. Al fine di ridurre il consumo energetico e l'impatto ambientale dei *data center* e delle infrastrutture IT nonché promuovere l'economia circolare, sono previsti: determinati requisiti minimi di efficienza energetica; consumi massimi in stato di inattività; l'obbligo di fornire informazioni sulla temperatura di esercizio; il rispetto dei requisiti dell'economia circolare per l'estrazione di componenti e materie prime «critiche».

La Direttiva n. 2010/75, relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento), prevede l'obbligo di un'autorizzazione integrata ambientale per dotare i *data center* di un generatore di emergenza con potenza superiore a 50 MW[59]. Si tratta, dunque, di una normativa in grado di produrre un significativo impatto sulla progettazione, realizzazione e gestione dei generatori di emergenza nei *data center «hyperscale»*, con potenze elevate, essendo soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) che, come è noto, rappresenta uno strumento strategico ai fini della prevenzione e riduzione dell'inquinamento.

Successivamente, al fine di perseguire gli obiettivi dell'*European Green Deal*, è stato approvato il Regolamento n. 2020/852 relativo alla Tassonomia[60] che definisce i criteri per individuare le attività economiche sostenibili dal punto di vista ambientale. In questo quadro normativo, la Commissione ha poi adottato l'Atto Delegato UE sulla Tassonomia Climatica[61] che definisce i criteri per la classificazione delle attività relative ai *data center* ai fini della mitigazione dei cambiamenti climatici, sulla base anche del Codice di Condotta Europeo per l'Efficienza Energetica nei *Data Center*[62], strumento operativo volontario che guida gli operatori e proprietari di *data center*, attraverso le *Practice Guidelines* 2025, nell'adozione di *best practice* di progettazione e gestione per ridurre il consumo energetico e promuovere la sostenibilità.

---

[58] Commission Regulation (EU) 2019/424 of 15 March 2019 laying down ecodesign requirements for servers and data storage products pursuant to Directive 2009/125/EC and amending Commission Regulation (EU) N. 617/2013.

[59] Art. 28, Direttiva n. 2010/75/UE.

[60] Relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del Regolamento (UE) n. 2019/2088.

[61] Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2139 of 4 June 2021 supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council.

[62] European Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres of 21 March 2025.

La Direttiva n. 2023/1791[63], sull'efficienza energetica (EED), impone ai centri di elaborazione dati caratterizzati da una determinata potenza tecnologica e situati in uno Stato membro un obbligo di monitorare e rendere pubbliche informazioni sugli usi e sugli obiettivi di riduzione del consumo di energia, da definire a livello nazionale. In particolare, dal 15 maggio 2026, i titolari e i gestori dei *data center* sono tenuti a pubblicare, attraverso un'apposita banca dati europea, le informazioni che riguardano «la prestazione del centro dati nell'ultimo anno civile completo secondo gli indicatori chiave di prestazione relativi, tra l'altro, al consumo di energia, all'utilizzo della potenza, ai valori di impostazione della temperatura e all'uso di calore di scarto, acqua ed energia rinnovabile». La misurazione delle prestazioni energetiche deve avvenire utilizzando gli indicatori armonizzati fissati dal Regolamento delegato n. 2024/1364 della Commissione[64] che sottolinea che le informazioni da rendere pubbliche dovrebbero essere finalizzate a realizzare «una pianificazione e un processo decisionale trasparenti e fondati su evidenze concrete da parte degli Stati membri e della Commissione, e per valutare determinati elementi fondamentali della sostenibilità di un centro dati, per esempio l'efficienza nell'uso dell'energia, la quantità di energia proveniente da fonti rinnovabili, il riutilizzo del calore di scarto prodotto, l'efficacia del raffreddamento e l'uso dell'acqua»[65].

Il Regolamento n. 2024/1781, noto come Regolamento *Ecodesign*, che definisce un quadro di requisiti di progettazione ecocompatibile per la maggior parte dei prodotti immessi sul mercato europeo, introduce, per i *server enterprise*, ossia ad alte prestazioni, e per i sistemi di archiviazione *online,* criteri tecnici specifici, con l'obiettivo di migliorarne l'efficienza energetica. Al riguardo, va ricordato che la Commissione europea, il 16 aprile 2025, ha pubblicato il primo piano di lavoro (2025-2030) previsto dal Regolamento in materia di *ecodesign*.

Vi sono poi regolamentazioni che sono finalizzate ad indirizzare le scelte degli operatori in relazione all'uso delle tecnologie e alla gestione del fine vita degli accumulatori. Significativo, ad esempio, è il Regolamento n. 2023/1542[66] che, nel quadro della transizione europea verso un'economia circolare, introduce requisiti piuttosto rigorosi per la progettazione, la produzione e il riciclaggio delle batterie, al fine di promuovere la sostenibilità e ridurre il loro impatto ambientale.

Al contempo, l'UE ha portato avanti iniziative finalizzate a rendere maggiormente efficienti, dal punto di vista energetico, i *data center*, attraverso diversi atti non normativi, azioni e programmi di finanziamento. La Commissione ha stabilito, e successivamente aggiornato, i criteri di *Green Public Procurement* dedicati ai *data center*, alle *server room* e ai *servizi cloud*[67], al fine di guidare le amministrazioni pubbliche ad acquistare apparecchiature e servizi per i *data center* in linea con gli obiettivi energetici e climatici, di riduzione dell'impatto ambientale e di contenimento dei costi di ciclo di vita. La Commissione ha, per altro verso, previsto

[63] Direttiva sull'Efficienza Energetica (EED - Direttiva UE 2023/1791) che prevede che gli Stati membri valutino soluzioni di efficienza energetica «nelle decisioni strategiche e di pianificazione e in quelle relative ai grandi investimenti di valore superiore a 100.000.000 EUR ciascuna» in tutti i settori che «incidano sul consumo di energia e sull'efficienza energetica» (come le «tecnologie dell'informazione e della comunicazione») (art. 3).
[64] Regolamento n. 2024/1364 della Commissione sulla prima fase dell'istituzione di un sistema comune di classificazione dell'UE per i *data center*.
[65] Si cfr. Regolamento n. 2024/1364, considerando 11.
[66] Regulation (EU) 2023/1542 of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC.
[67] Bruxelles, 11.3.2020 SWD(2020) 55 final Documento di lavoro dei servizi della Commissione, Criteri dell'UE in materia di appalti pubblici verdi per i *data center*, le sale server e i servizi cloud. Si cfr., altresì, il Development of the EU green public procurement (GPP) criteria for data centres, server rooms and cloud services report of 8 June 2020.

finanziamenti finalizzati a perseguire l'obiettivo di una maggiore efficienza energetica dei *data center,* sostenendo progetti *green* attraverso programmi come Orizzonte Europa, Europa digitale, Horizon Europe, Meccanismo per collegare l'Europa 2, InvestEU e il dispositivo per la ripresa e la resilienza. In merito ai finanziamenti, poi, non va trascurato che l'*European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU)* – creata, nel 2018, poi rivista nel 2021[68], con l'obiettivo di sviluppare un'infrastruttura di supercalcolo a livello europeo e di sostenere e supportare le applicazioni dell'IA – sostiene le relative attività di ricerca e innovazione, incentrate anche sulla sostenibilità. In particolare, l'*EuroHPC JU*, dotata di un *budget* di circa 7 miliardi di euro per il periodo 2021–2027, dedica una particolare attenzione ai progetti volti a realizzare la sostenibilità energetica delle infrastrutture di calcolo, al fine di garantire prestazioni elevate, riducendo, comunque, l'impatto ambientale.

Va segnalato, inoltre, che la Commissione ha, finora, valutato in maniera costante l'efficienza energetica e la sostenibilità dei *data center*, attraverso lo schema di *reporting* previsto dalla Direttiva EED. L'impegno della Commissione su questo fronte, peraltro, è dimostrato dal fatto che essa ha elaborato, nel 2025, due rapporti tecnici che contengono una valutazione delle misure per promuovere le prestazioni energetiche e la sostenibilità dei *data center* nell'UE, nonché dei dati rendicontati[69].

Più recentemente, poi, la Commissione ha annunciato la proposta dell'*EU Cloud and AI Development Act (CADA)*[70], prevista nel programma di lavoro 2026, volta a rafforzare la *leadership* europea nel settore delle infrastrutture *cloud* e dell'IA, superare la frammentazione del mercato, ridurre la dipendenza dai fornitori extra-UE; con ciò promuovendo l'innovazione, risorse di calcolo ad alte prestazioni, un mercato interno competitivo e un sistema europeo di AI generativa e *cloud* maggiormente sicuri. In questo quadro, la proposta prevede una semplificazione delle procedure di autorizzazione per i *data center* e altre misure di sostegno finanziario per gli stessi, a condizione che siano altamente sostenibili (che rispondano ai requisiti di efficienza energetica, idrica e circolarità), con l'obiettivo di aumentarne la capacità.

La Commissione ha altresì reso noto che, nel primo trimestre 2026, proporrà un Pacchetto sull'Efficienza Energetica dei *Data Center*[71], insieme ad una *Roadmap* Strategica sulla Digitalizzazione e l'IA[72], il cui obiettivo è rendere i *data center* a zero emissioni di carbonio entro il 2030.

Il nuovo Pacchetto di misure introdurrà requisiti ambientali maggiormente stringenti per i *data center* più vecchi, al fine di evitare che le infrastrutture obsolete, progettate quando le tecnologie a disposizione erano diverse da quelle attuali, continuino a operare con *standard* energetici meno rigorosi rispetto a quelle nuove, generando un divario che incide sull'impatto ambientale.

Sempre al fine di rendere sostenibile la domanda di energia elettrica dei *data center*, inoltre, tra le misure contemplate dalla *Roadmap* strategica della Commissione, è prevista l'adozione di un nuovo Regolamento che imporrà agli operatori l'obbligo di riportare in modo trasparente

---

[68] Regolamento (UE) 2021/1173 del Consiglio e modificata nel luglio 2024 mediante il Regolamento (UE) 2024/1732 del Consiglio e il Regolamento (UE) 2026/150 del Consiglio.

[69] Si cfr. Assessment of the energy performance and sustainability of data centres in EU (July 2025) e Assessment of next steps to promote the energy performance and sustainability of data centres in EU, including the establishment of an EU-wide rating scheme (October 2025).

[70] Disponibile in: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14628-AI-Continent-new-cloud-and-AI-development-act_en.

[71] Si cfr. il link: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive/energy-performance-data-centres_en.

[72] Disponibile in: https://energy.ec.europa.eu/news/strategic-roadmap-digitalisation-and-ai-energy-sector-consultations-opened-2025-08-06_en

le informazioni sul consumo di energia e acqua delle nuove infrastrutture digitali, nonché sulla quota di utilizzo di fonti rinnovabili.
Si tratta di proposte che si inseriscono nel più ampio quadro delle iniziative europee volte a rafforzare la digitalizzazione, in un quadro di sostenibilità e sovranità tecnologica.

***5. La normativa nazionale sulla sostenibilità ambientale dell'IA e sull'efficienza energetica dei* data center.** La normativa europea volta a mitigare l'impatto ambientale dell'IA ha trovato solo una parziale attuazione nella normativa nazionale.
Per un verso, l'Italia, con la l. n. 132/2025 sull'Intelligenza Artificiale, si è adeguata alle previsioni dell'*AI Act* europeo, volto, come si è visto, a promuovere lo sviluppo, l'utilizzo e la governance dei sistemi di IA in modo corretto, trasparente e responsabile, in una dimensione antropocentrica, nel rispetto dei principi costituzionali e dei diritti fondamentali. La legge ribadisce, pertanto, che l'uso dell'intelligenza artificiale deve sempre rispettare i valori fondamentali di dignità umana, non discriminazione, sicurezza, inclusione e trasparenza. Più nello specifico, poi, la legge si fonda su princìpi di uso antropocentrico, trasparente e sicuro dell'IA, con particolare attenzione a innovazione, cybersicurezza, accessibilità e tutela della riservatezza. Principi che guidano ogni applicazione dell'AI nei settori del lavoro, della sanità, della giustizia e della pubblica amministrazione e che impongono garanzie di tracciabilità, di trasparenza delle decisioni automatizzate, di responsabilità dell'essere umano e di una sua centralità nelle decisioni finali. Tuttavia, per quanto qui più interessa, va segnalato che la normativa nazionale non prevede nulla in merito all'uso responsabile dell'IA, al fine di una maggiore sostenibilità ambientale. Al riguardo, stupisce che la legge, finalizzata a garantire la vigilanza sui rischi economici e sociali e sull'impatto sui diritti fondamentali dell'intelligenza artificiale[73], non consideri, invece, i rischi ambientali. Anche tale legge, pertanto, si inserisce in quella generale tendenza a trascurare l'impatto ambientale dell'IA. Anche se si tratta di una legge delega che non prevede regole di dettaglio, affidando al Governo il compito di adottare una serie di decreti attuativi, quest'ultimo non è stato delegato a adottare norme specifiche sulla sostenibilità ambientale dell'IA. Tendenza, quella di trascurare l'impatto ambientale dell'IA, che si riscontra anche nella Strategia Italiana per l'Intelligenza Artificiale (2024-2026)[74]; essa mette in luce le potenzialità dell'IA per perseguire finalità ambientali – definendo l'IA una «preziosa alleata nel miglioramento […] della gestione sostenibile delle risorse, ottimizzando l'utilizzo di energia e materie prime» – ma non considera adeguatamente la sostenibilità ambientale dell'IA e, soprattutto, non prevede, a tal fine, nuove risorse o un rafforzamento degli stanziamenti già esistenti.
Per altro verso, il nostro ordinamento si è solo parzialmente adeguato alle normative europee che riguardano, più specificatamente, l'efficienza energetica dei *data center*.
L'Italia ha dato attuazione della Direttiva n. 2010/75/UE, relativa alle emissioni industriali, con il d. lgs. n. 46/2014[75]. La Direttiva n. 2023/1791 (*Energy Efficiency Directive*) è stata, invece, parzialmente recepita, nella parte in cui stabilisce obblighi di trasparenza energetica per i *data center* con determinata potenza[76], con l'art. 16, d. l. n. 131/2024: secondo tale normativa gli operatori devono pubblicare annualmente informazioni sulla potenza installata, sul traffico

[73] Art. 1, c. 1, l. 132/2025.
[74] Accessibile all'indirizzo https://www.agid.gov.it/sites/agid/fi-les/2024-07/Strategia_italiana_per_l_Intelligenza_artificiale_2024-2026.pdf.
[75] Che ha modificato il d. lgs. 152/2006 -Testo Unico Ambientale.
[76] L'Italia, infatti, non ha ancora completato il recepimento della Direttiva (UE) 2023/1791: nonostante la scadenza per il recepimento fosse fissata per l'11 ottobre 2025, al momento in cui si scrive, è rinvenibile solo uno schema di decreto legislativo in rete.

dati, sui consumi e sulle *performance,* in conformità agli indicatori europei.
Il *Green Public Procurement* è stato invece recepito nel nostro ordinamento attraverso il Piano d'Azione Nazionale per il GPP (PAN GPP), uno strumento che definisce gli obiettivi, le strategie e le misure per favorire gli acquisti pubblici *green*. In questo quadro, il PAN GPP stabilisce l'obbligo di applicare Criteri Ambientali Minimi (CAM) in numerosi settori, tra cui l'IT (*Information Technology*) ed ha l'obiettivo, nello specifico, di orientare la spesa pubblica verso l'efficienza energetica e il risparmio nell'uso delle risorse, in particolare la riduzione delle emissioni di CO2, la riduzione dell'uso di sostanze pericolose e della produzione di rifiuti. Tuttavia, attualmente i CAM in Italia riguardano principalmente l'*hardware* e i dispositivi elettronici, ma non coprono specificamente i servizi IT, i *data center* o il *cloud computing* come previsto, invece, a livello europeo.

Recentemente, poi, nel contesto di un adeguamento del nostro ordinamento alle strategie europee per le infrastrutture digitali e l'efficienza energetica, la Camera, il 24 febbraio 2026, ha approvato il testo unificato del progetto di legge – (A.C. 1928) e trasmesso al Senato (S. 1821) – in cui si delega al Governo la disciplina dell'organizzazione, realizzazione, sviluppo e potenziamento dei centri di elaborazione dati, con «la finalità di sostenere la crescita del sistema produttivo digitale e lo sviluppo tecnologico del Paese, favorendo gli investimenti pubblici e privati volti all'innovazione tecnologica nel settore dei centri di elaborazione dati»[77].
Nello specifico, per quanto qui più interessa, la legge delega mira a perseguire precisi obiettivi, tra i quali: velocizzare le procedure autorizzatorie per la realizzazione, ristrutturazione ampliamento di *data center* sostenibili, accordando priorità a progetti relativi alle aree industriali dismesse o in dismissione, a progetti di riutilizzo e riqualificazione dei siti di produzione energetica dismessi o in dismissione o che prevedano l'utilizzo di fonti di energia pulita, la sperimentazione di sistemi innovativi di teleriscaldamento e di raffreddamento e la riduzione del consumo di acqua; favorire il pieno utilizzo dei centri di elaborazione dati già esistenti, con priorità per quelli che dimostrano un'efficienza ambientale adeguata. La proposta, inoltre, prevede l'assimilazione dei progetti di nuovi *data center* a opere di pubblica utilità, indifferibili e urgenti, in quanto funzionali allo sviluppo socio-economico nazionale; ciò comporta l'adozione di un procedimento semplificato per la valutazione di impatto ambientale (VIA) e l'autorizzazione integrata ambientale (AIA) per la realizzazione di tali progetti. Si valutano, pertanto, positivamente, nell'ottica di realizzare una maggiore sostenibilità dei *data center*, le previsioni della proposta di legge che considerano l'efficienza energetica e l'uso di energie rinnovabili come presupposti prioritari ai fini di autorizzare progetti di nuovi centri di elaborazione dati e dei progetti di ristrutturazione o ampliamento di centri esistenti. La proposta appare, invece, criticabile in riferimento alla mancata previsione di agevolazioni, anche attraverso incentivi finanziari, finalizzate alla realizzazione di nuovi centri di elaborazione dati che assicurino la continuità e la stabilità della fornitura energetica, in chiave circolare e di bassa emissione. Previsione, quest'ultima, che era invece contenuta in una prima versione del testo di proposta e che è stata successivamente eliminata[78]. In assenza di incentivi, però, vi è il rischio che le previsioni non perseguano efficacemente gli obiettivi prefissati.

6. I limiti di una normativa (europea e nazionale) sulla sostenibilità ambientale dell'IA incentrata prevalentemente sull'efficienza energetica dei data center.

Dall'esame finora condotto emerge che il legislatore, europeo e nazionale, si è focalizzato soprattutto sull'efficienza energetica dei *data center*, trascurando, invece, il tema più generale

[77] Art. 1 del p.d.l.
[78] Con le modifiche apportate in IX Commissione Trasporti.

dell'impatto ambientale dell'A.
Si è già osservato, al riguardo, che la normativa europea sull'efficienza energetica dei *data center* è stata vieppiù sviluppata ed è in rapida evoluzione, prevedendo programmi di sostegno e finanziamento a tal fine, mentre l'AI Act non contiene una disciplina puntale e completa, vincolante, finalizzata ad indirizzare l'AI verso una maggiore sostenibilità ambientale.
Similarmente, la normativa nazionale volta a limitare i consumi dell'IA – anche di attuazione alla normativa europea – e gli altri atti che perseguono tale obiettivo, hanno ad oggetto, principalmente, l'efficienza energetica dei *data center*. In questo quadro, si inseriscono, infatti, le disposizioni relative alla localizzazione dei *data center* (che dovrebbe privilegiare l'uso di siti dismessi o aree industriali dismesse e la vicinanza a fonti rinnovabili), alla scelta delle tecnologie a minore impatto ambientale, all'autoproduzione di energia da fonti rinnovabili e al recupero dell'acqua[79]. Si inserisce in questo contesto anche il sopracitato progetto di legge, approvato recentemente alla Camera, per la disciplina dell'organizzazione, realizzazione, sviluppo e potenziamento dei centri di elaborazione dati.
Certamente, la normativa (europea e nazionale) volta ad aumentare l'efficienza energetica dei *data center* è da apprezzare e in grado di contribuire in maniera significativa a ridurre i consumi energetici. Tuttavia, tale normativa è frutto di un approccio che si può definire parziale, non integrato e strategico, alla problematica della sostenibilità ambientale dell'IA.
Innanzitutto, ci si concentra solamente sull'efficienza energetica dei *data center* ma si trascurano i consumi di altre risorse naturali, che pure, come si è visto, producono un impatto ambientale.
Inoltre, non si valutano adeguatamente i consumi di tutte le applicazioni e dei modelli di IA: i *data center* sono considerati come se fossero parti distinte dai sistemi di IA e gli unici responsabili dell'aumento dei consumi energetici, quando, invece, è l'IA – non solo i *data center* - che produce tale aumento. È vero che i *data center*, soprattutto quelli di nuova generazione, consumano molta energia e che i consumi sono destinati ad aumentare, ma è altrettanto vero che le applicazioni e i modelli di IA determinano una grande domanda energetica. Appare emblematico, al riguardo, che la citata *Roadmap* Strategica sulla Digitalizzazione e l'IA, che a breve dovrebbe essere adottata dalla Commissione europea, a dispetto del titolo, nel testo fa espressamente riferimento solo all'efficienza energetica dei *data center* e non all'IA[80]. In quest'ottica, però, si rischia di trascurare l'esigenza di implementare modelli di IA più efficienti.
Oltre a ciò, non si chiarisce come si intende affrontare l'aumento della domanda di calcolo generata dall'IA. Per un verso, la normativa esaminata non prevede incentivi per spingere gli operatori a adottare modelli di IA più efficienti, in grado di generare risparmi anche maggiori rispetto a quelli che derivano dall'efficientamento delle infrastrutture. Per altro verso, le iniziative intraprese, a livello europeo e nazionale, sembrano trascurare che l'IA può anche contribuire alla sostenibilità ambientale grazie alla sua capacità di ottimizzare processi, monitorare risorse e sviluppare soluzioni innovative. Nonostante la normativa richiamata consideri l'IA come una risorsa per migliorare, tra l'altro, l'efficienza energetica, non sono previsti adeguati strumenti, anche finanziari, per spingere gli operatori a adottare tecnologie più sostenibili.

7. Considerazioni conclusive e prospettive future. Sulla base delle considerazioni finora

[79] Si cfr., al riguardo, le Linee guida per le procedure di valutazione ambientale dei *data center* del Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, e, al livello regionale, la delibera della Giunta Regione Lombardia del 24 giugno 2024, n. XII/2629, Linee guida per la realizzazione in Lombardia delle infrastrutture fisiche in cui vengono localizzate apparecchiature e servizi di gestione delle risorse informatiche – *Data center*.
[80] Si cfr. la *Action 2* della *Roadmap* europea.

Issn 2421-0528

svolte, si può dunque affermare che, nonostante gli importanti passi compiuti dal legislatore, europeo e nazionale, nella direzione di garantire una maggiore sostenibilità dell'IA, è necessario un rafforzamento del suo impegno su questo fronte.

In primo luogo, il legislatore dovrebbe implementare la regolamentazione relativa all'impatto ambientale dell'IA. Al tal fine, dovrebbe innanzitutto essere sviluppata l'attuale normativa dell'UE sull'IA, rendendo più stringenti gli obblighi per i gestori di modelli di IA generativa, in relazione al consumo di energia e di risorse. Ed invero, nel novembre 2024, la Commissione europea ha annunciato l'intenzione di emanare norme specifiche finalizzate a ridurre l'impatto ambientale dei sistemi di IA attraverso un atto delegato che si inserisce nel contesto più ampio dell'AI Act[81]. L'obiettivo è monitorare e limitare l'energia consumata dalle nuove tecnologie, in particolare dai modelli di linguaggio di grandi dimensioni (LLM) che producono un elevato consumo energetico. L'atto delegato dovrebbe specificare: i metodi di valutazione dell'impatto ambientale, ossia come misurare e quantificare l'impatto ambientale dei sistemi di IA; i requisiti di sostenibilità, fissando *standard* e obiettivi per la progettazione e l'implementazione di sistemi di IA più sostenibili dal punto di vista energetico e delle risorse; le misure di mitigazione volte a ridurre l'impatto ambientale dell'IA, come l'ottimizzazione dei modelli, l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile e la gestione dei rifiuti elettronici. Tuttavia, nonostante sia da considerare positiva la volontà della Commissione di rafforzare la sostenibilità ambientale dell'IA, va sottolineato che la sfida principale, che la stessa sarà chiamata ad affrontare, consiste nella difficoltà, in mancanza di dati reali sul consumo dei *data center*, a misurare l'impatto energetico in modo standardizzato secondo criteri tecnici e giuridici, al fine di sviluppare *benchmark* e metodi *standard* e comparabili per il monitoraggio dei consumi dell'IA e per la progettazione e implementazione di sistemi più sostenibili dal punto di vista energetico e delle risorse. Al riguardo, appare significativo che la Commissione abbia iniziato a esaminare l'energia utilizzata dai grandi modelli di IA, ai fini di calcolare un parametro di riferimento utile per l'adozione di una normativa relativa al loro impatto ambientale, anche se ciò comporterà un allungamento dei tempi di adozione del citato atto delegato.

In secondo luogo, il legislatore dovrebbe cambiare l'approccio al tema del rapporto tra ambiente e IA, incentrato finora, come si è visto, soprattutto sull'efficienza energetica dei *data center*; approccio che, invece, dovrebbe essere maggiormente olistico, integrato e strategico. Andrebbe quindi adottata una regolamentazione che, nell'ottica di una prospettiva più ampia di quella che considera prevalentemente l'efficientamento dei *data center*, preveda, ad esempio: incentivi finanziari per la ricerca e lo sviluppo, al fine di potenziare gli studi relativi ad applicazioni di IA maggiormente sostenibili; obblighi di trasparenza, per gli operatori del settore, relativamente a tutti i consumi, non solo di quelli energetici; procedure standardizzate per misurare l'impatto ambientale dell'IA; incentivi per incoraggiare gli operatori ad utilizzare energie rinnovabili nei *data center* e applicare soluzioni tecniche in grado di ridurre l'impatto ambientale. Soluzioni di diverso tipo che, secondo gli studi di esperti, comporterebbero una rilevante riduzione dei consumi, senza, però, avere una perdita significativa di efficacia. Si tratta di soluzioni che consistono, ad esempio: nel mettere a punto sistemi di raffreddamento più efficienti, riciclando l'acqua o posizionando i *data center* in luoghi più freddi; nel rivedere il funzionamento degli algoritmi e dei modelli di IA che risultano troppo energivori; nell'adottare algoritmi di ottimizzazione più efficienti, algoritmi di ricerca più veloci e algoritmi di apprendimento che necessitano di un minor numero di interazioni per ottenere, comunque, risultati simili; nello sviluppare e ottimizzare gli *input*

[81] Si veda al link: https://it.euronews.com/next/2024/11/28/commissione-europea-regolamentare-limpatto-ambientale-dellintelligenza-artificiale.

Issn 2421-0528

(*prompt*) forniti ai modelli di IA generativa per ottenere risposte più coerenti, precise e accurate, anche al fine di risparmiare energia; nell'utilizzare, nella fase di addestramento di un modello AI, tecniche basate sui dati anziché sugli algoritmi e, in particolare, su pochi dati accuratamente selezionati (i cd. «*elite samples*»); nel ricorso a *data set* più affidabili, al fine di ridurre gli errori, e *data set* chiusi («*closed itemsets*») che riducono notevolmente il numero di *pattern* utilizzati, garantendo migliori risultati con un minore consumo di energia. È quindi necessaria una regolamentazione volta ad una maggiore «efficienza algoritmica» (e non solo infrastrutturale), attraverso incentivi allo sviluppo di *prompt* più efficaci e di *data set* più semplici ed attendibili.

In terzo luogo, il legislatore non dovrebbe perdere di vista il tema centrale del rapporto tra ambiente e IA che riguarda la crescita dei consumi di energia e risorse, dovute alla diffusione e al massiccio utilizzo dell'IA, e l'aumento della domanda di potenza di calcolo che essa genera. A fronte della diffusione dei modelli di IA generativa che richiede una grande capacità computazionale non è sufficiente solo una regolamentazione che mira a rendere più efficienti, dal punto di vista energetico, le infrastrutture, ma è necessario affrontare il tema dell'aumento della domanda digitale in un contesto più ampio, che consideri i risparmi, il ricorso a fonti di energia rinnovabili e la sostenibilità, che può essere realizzata, peraltro, anche attraverso l'IA stessa.

Va rilevato, comunque, che la sola regolamentazione – seppure imprescindibile - non basta a risolvere le problematiche finora richiamate, in quanto è necessaria un'azione sinergica che coinvolga le istituzioni, gli esperti (tecnici, studiosi e ricercatori), gli operatori di settore e i consumatori.

È importante che il legislatore e il decisore pubblico adottino le loro decisioni basandosi su evidenze scientifiche, collaborando con esperti in grado di proporre le soluzioni tecniche più adatte a migliorare l'efficienza energetica algoritmica e dei *data center*.

È poi fondamentale che gli operatori del settore si impegnino, concretamente, a adottare e sviluppare tecnologie più sostenibili e ridurre i consumi dei *data center*. E ciò, soprattutto, in assenza di una normativa che impone obblighi stringenti e limiti cogenti per gli operatori. Questi ultimi, inoltre, dovrebbero collaborare con esperti in grado di proporre soluzioni per ridurre i consumi delle tecnologie senza avere un impatto significativo dal punto di vista economico e dell'efficienza. Gli operatori, infatti, difficilmente sono disposti a compiere scelte relative ai risparmi energetici se ciò implica cospicui investimenti e una perdita di guadagni e di efficienza dei modelli di IA.

Non va trascurato, infine, il ruolo degli utenti; essi possono influenzare le *big-tech* attraverso le loro scelte, preferendo servizi offerti da aziende che dimostrano un maggiore impegno verso la sostenibilità o limitando l'uso non necessario di strumenti di IA. Al riguardo, sarebbe utile prevedere campagne di informazione, rivolte ai consumatori, riguardo l'impatto ambientale dell'IA, allo scopo di spingerli a compiere azioni maggiormente virtuose e a utilizzare con moderazione i sistemi di IA generativa. Altrettanto utile sarebbe la previsione di certificazioni di sostenibilità, che potrebbero aiutare gli utenti a scegliere i servizi offerti da aziende più rispettose dell'ambiente. Inoltre, è importate che gli utenti sappiano utilizzare *prompt* ben strutturati, per porre domande specifiche ed evitare quelle inutili, e costringerli, al contempo, ad un utilizzo più responsabile dell'IA e – se necessario – ad una formazione sul «*prompting*», essenziale per capire come strutturare *prompt* chiari, dettagliati e contestualizzati.

In definitiva, quindi, occorre accrescere la sensibilità sociale e la responsabilità collettiva – delle istituzioni, degli operatori e dei consumatori – verso il tema della sostenibilità ambientale dell'IA, oltre a prevedere una regolamentazione più puntuale ed efficace.

Solo attraverso un impegno condiviso dei diversi attori sopra richiamati, infatti, si potrà trovare un equilibrio tra transizione digitale ed ecologica, tra sviluppo di modelli di IA più

sofisticati e sostenibilità ambientale, non solo energetica, in una prospettiva che non si limiti ad una regolamentazione tecnica.

Abstract. Il saggio analizza le problematiche legate all'impatto ambientale dell'intelligenza artificiale (IA). Dopo un richiamo agli studi scientifici che hanno, di recente, messo in luce il significativo impatto ambientale dell'IA, si sottolinea l'importanza di adottare un'adeguata regolamentazione che preveda strumenti efficaci, volti a rendere maggiormente sostenibile l'IA. Si esamina, pertanto, la normativa, europea e nazionale, volta a rendere più sostenibile, dal punto di vista ambientale, l'IA. Per un verso, si compie una valutazione degli strumenti previsti dall'*AI Act* al fine di rendere maggiormente sostenibile l'IA, mettendone in luce i limiti. Al riguardo, si esamina altresì la l. n. 132/2025, sull'intelligenza artificiale, che adegua l'ordinamento nazionale all'*AI Act*, sottolineando l'assenza di previsioni finalizzate a realizzare una maggiore sostenibilità ambientale. Per altro verso, si analizza la regolamentazione (europea e nazionale) – che è stata vieppiù sviluppata in anni recenti – volta, più nello specifico – ma sempre finalizzata a rendere più sostenibile l'IA – a perseguire una maggiore efficienza energetica dei *data center*. Nello specifico, si mettono in luce i limiti di una regolamentazione che si è focalizzata soprattutto sull'efficienza energetica dei *data center*, trascurando, invece, il tema più generale dell'impatto ambientale dell'IA. Si rileva, pertanto, la necessità di un nuovo approccio, da parte del legislatore europeo e nazionale, al tema del rapporto tra ambiente e IA; approccio che dovrebbe essere maggiormente olistico, integrato e strategico. Infine, si evidenziata, altresì, la necessità di un'azione sinergica, che coinvolga le istituzioni, gli esperti, gli operatori di settore e i consumatori, al fine di realizzare un'effettiva sostenibilità ambientale, non solo energetica, dell'IA, in una prospettiva che vada oltre una regolamentazione tecnica.

Abstract. The essay analyzes the issues related to the environmental impact of artificial intelligence (AI). After reviewing scientific studies that have recently highlighted AI's significant environmental impact, the paper emphasizes the importance of adopting appropriate regulation that includes effective tools to make AI more sustainable. It therefore examines European and national legislation aimed at making AI more environmentally sustainable. On the one hand, the tools provided by the *AI Act* to make AI more sustainable are evaluated, highlighting their limitations. In this regard, Law No. 132/2025 on Artificial Intelligence, which aligns the national legislation with the *AI Act*, is also examined, and the lack of provisions aimed at achieving greater environmental sustainability is underlined. On the other hand, the regulation (European and national) specifically aimed at achieving greater energy efficiency in data centers, which has been increasingly developed in recent years with the goal of making AI more sustainable, is analyzed. Specifically, the limitations of a regulation that has focused primarily on the energy efficiency of data centers, overlooking the overarching issue of AI's environmental impact, are highlighted. Therefore, the need for European and national legislators to adopt a new approach concerning the relationship between the environment and AI is emphasized; such approach should be more holistic, integrated and strategic. Finally, the need for synergistic action, involving institutions, experts, industry operators and consumers, is also highlighted, in order to achieve effective overall environmental sustainability of AI, rather than just energy sustainability, in a perspective that goes beyond technical regulation.

Parole chiave. Impatto ambientale dell'IA – AI Act – L. n. 132/2025 sull'intelligenza artificiale – Efficienza energetica dei *data center* – Azione sinergica delle istituzioni, degli operatori e dei consumatori.

Key words. Impact of AI – AI Act – Law No. 132/2025 on artificial intelligence – Data center energy efficiency – Synergistic action of institutions, operators and consumers.