



Intelligenza artificiale, tutela dell'ambiente e regolazione europea

Nicoletta Rangone*

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, ENVIRONMENTAL PROTECTION AND EUROPEAN REGULATION

ABSTRACT: Enthusiasm for AI applications that have enabled, among others, major advances in environmental protection have traditionally not been matched by adequate consideration of related environmental costs. The paper traces the European approach in this regard, dwelling on the EU AI Act (and beyond), to highlight its limits and opportunities in support of sustainable artificial intelligence.

KEYWORDS: Artificial intelligence; regulation; sustainability; energy; environment

ABSTRACT: L'entusiasmo per le applicazioni di IA che hanno consentito, tra l'altro, importantissimi progressi nella tutela dell'ambiente non è stata tradizionalmente affiancata da un'adeguata considerazione dei relativi costi ambientali. Lo scritto ripercorre l'approccio europeo al riguardo, soffermandosi su EU AI Act (e non solo), per evidenziarne limiti e opportunità a supporto di una intelligenza artificiale sostenibile.

PAROLE CHIAVE: Intelligenza artificiale; regolazione; sostenibilità; energia; ambiente

SOMMARIO: 1. Introduzione: la lenta presa di consapevolezza dell'impatto ambientale dell'intelligenza artificiale – 2. L'intelligenza artificiale è uno strumento o un ostacolo al raggiungimento della neutralità climatica? – 3. La tutela dell'ambiente nel regolamento europeo sull'intelligenza artificiale – 4. Le opportunità offerte dalla complessa architettura normativa destinata a completare il regolamento – 5. La sostenibilità ambientale dell'intelligenza artificiale oltre il regolamento europeo – 6. Considerazioni conclusive.

1. Introduzione: la lenta presa di consapevolezza dell'impatto ambientale dell'intelligenza artificiale

La trasformazione digitale e l'intelligenza artificiale (IA) si sono sviluppate in un'aura quasi generalizzata di accettazione ed entusiasmo da parte del grande pubblico e delle istituzioni nazionali e sovranazionali¹, nonostante i moniti di vari studiosi sulla limitata sostenibilità ambientale delle nuove tecnologie². Se infatti a partire dall'accordo di Kyoto del 2005 vi è una formale presa

* Professoressa di diritto amministrativo presso l'università LUMSA. n.rangone@lumsa.it. Contributo sottoposto a referaggio anonimo.

¹ B. BREVINI, *Creating the Technological Saviour: Discourses on AI in Europe and the Legitimation of Super Capitalism*, in P. VERDEGEM (a cura di), *AI for Everyone? Critical Perspectives*, 2021, 145 ss.

² Si vedano gli autori citati da F. LUCIVERO, *Big Data, Big Waste? A Reflection on the Environmental Sustainability of Big Data Initiatives*, in *Science and Engineering Ethics*, 26, 2020, 1013. Nel 2021 viene pubblicato il primo lavoro accademico che offre una definizione di «Sustainable AI», descritta come «a field of research that applies to the





di coscienza dei rischi legati al riscaldamento climatico e della necessità di agire, l'ICT – e più tardi l'IA – si accreditano come strumenti a sostegno della sostenibilità: supportano i contatori intelligenti che consentono un uso efficiente dell'energia, facilitano il ricorso alle fonti rinnovabili caratterizzate da una produzione non continua consentendo di predire la domanda, migliorano l'efficienza dei sistemi di trasporto, consentono di testare rapidamente l'evoluzione della biodiversità e sono un importante supporto all'individuazione dell'inquinamento delle acque, solo per fare qualche esempio³. Gli usi più disparati dell'IA, nel settore privato e pubblico, si sono così diffusi nel mondo sostanzialmente in assenza di regole, con qualche previsione non vincolante delineata da organizzazioni internazionali e a livello europeo⁴. Si tratta di indicazioni importanti (anche per supportare un cambiamento culturale), ma non risolutive, scontando i limiti connessi alle regolazioni «soft»⁵.

Nel 2021, le istituzioni europee si sono attivate per prime gettando le basi per una regolazione vincolante dell'IA volta a promuoverne utilizzi antropocentrici e affidabili⁶. Il processo decisionale europeo è stato lungo e travagliato, così che – prima della sua conclusione – varie altre normative hanno visto la luce nel mondo, sebbene con distinti approcci⁷. Il regolamento definitivamente approvato non ha

technology of AI (the hardware powering AI, the methods to train AI, and the actual processing of data by AI) and the application of AI while addressing issues of AI sustainability and/or sustainable development»; inoltre, «Sustainable AI deals not exclusively with the implementation or use of AI but ought to address the entire life cycle of AI, the sustainability of the: design, training, development, validation, re-tuning, implementation and use of AI» (A. VAN WYNSBERGHE, *Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI*, in *AI and Ethics*, 1, 2021, 214).

³ Ed ancora, la *Rainforest Connection*, startup senza scopo di lucro con sede a San Francisco, offre un servizio di protezione delle foreste pluviali utilizzando cellulari di seconda mano in modalità wireless ed alimentati a energia solare che, nascosti su alberi, segnalano rumori che segnalano potenziale disboscamento, estrazione mineraria o bracconaggio illegali; questo ed altri esempi in P. DAUVERGNE, *AI in the wild: sustainability in the age of artificial intelligence*, Cambridge Massachussetts, 2020, *Introduction: ingenious or madness?*, online version; si veda anche D. ROLNICK et al., *Tackling climate change with machine learning*, in *ACM Computing Surveys*, 55, 2, 2022.

⁴ Ad esempio, OECD, *Recommendation on AI*, 2019; the G7 Hiroshima Process, *International Guiding Principles for Organizations Developing Advanced AI systems*, 2023 (che ha portato all'adozione del codice di condotta «the Hiroshima Process International Code of Conduct for Organizations Developing Advanced AI Systems»); UNESCO, *Etica dell'IA. Modellare il futuro delle nostre società*, 2023; Nazioni Unite, Assemblea generale, *Seizing the opportunities of safe, secure, and trustworthy artificial intelligence systems for sustainable development*, 11 marzo 2024. A livello europeo si veda, ad esempio, la comunicazione della Commissione europea, *Bussola per il digitale 2030: il modello europeo per il decennio digitale* (COM(2021) 118 fin.) e le altre comunicazioni di cui alla nota 15. Si possono inoltre citare le due comunicazioni che hanno preceduto l'istituzione del Gruppo di esperti ad alto livello sull'intelligenza artificiale (*L'intelligenza artificiale per l'Europa*, COM(2018) 237 def. e *Piano coordinato sull'intelligenza artificiale*, COM(2018) 795 def.). Un codice di condotta europeo per Data Centres (EU DC CoC) è stato elaborato per la prima volta nel 2008 dal Joint Research Centre della Commissione, supportato dal 2020 da linee guida aggiornate annualmente, <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/communities/data-centres-code-conduct> (ultima consultazione 22/12/2024).

⁵ L. MUN, *The uselessness of AI ethics*, in *AI and Ethics*, 3, 2023, 869 ss.

⁶ COM(2021) 206 final.

⁷ Un punto di partenza per il confronto tra i tre modelli più discussi, USA, Cina e UE, è A. BRADFORD, *Digital Empires*, 2023. Negli Stati Uniti. l'*Executive Order* del 30 ottobre 2023 – *Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence* – è stato revocato dalla nuova amministrazione con *Executive Order* del 20 gennaio 2025. Il 13 agosto 2023, l'Autorità cinese competente ha adottato *Misure per la gestione dell'IA generativa*, *Repubblica popolare cinese* (trad. it) e già il 1° marzo 2022 le *Disposizioni sulla gestione delle raccomandazioni algoritmiche di servizi di informazione internet* (trad. it), con una strategia volta all'uso dell'IA come strumento di governance. In



tratto tutti i vantaggi dalla lunga gestazione, dal confronto con altri sistemi giuridici e dalla mappatura delle numerosissime applicazioni concrete⁸, giungendo a posizioni alquanto deludenti in ordine alla definizione di regole per la sostenibilità ambientale dell'IA⁹.

Lo scritto si interroga sulle radici di una diffusa disattenzione nei confronti degli impatti ambientali dell'IA di cui sono stati a lungo evidenziati i soli (numerosi) impatti positivi per il raggiungimento della neutralità climatica, ma non le ricadute negative (par. 2). Vengono poi analizzate le previsioni del regolamento europeo sulla sostenibilità ambientale dell'IA, evidenziandone sia i limiti (par. 3), che gli spazi affinché si possano valorizzare – in termini di sostenibilità ambientale – alcune delle componenti essenziali della complessa architettura normativa destinata a completare le previsioni del regolamento stesso (par. 4). L'analisi prosegue con un rapido sguardo alle indicazioni in termini di sostenibilità ambientale dell'IA che si possono ricavare da altre discipline europee (come l'*emission trading system*, la legge sul clima, l'efficienza energetica, la qualità delle acque); ne emerge un quadro disorganico che affronta solo una parte – seppure non secondaria – del problema, vale a dire i consumi dei centri di elaborazione dati situati nell'Unione europea (par. 5). A fronte dei limitati traguardi raggiunti a livello europeo, le conclusioni sottolineano il ruolo della ricerca, degli operatori economici e soprattutto dei legislatori nazionali a supporto di soluzioni per la sostenibilità dell'IA (par. 6).

2. L'IA è uno strumento o un ostacolo al raggiungimento della neutralità climatica?

«La trasformazione digitale e un'IA affidabile offrono grandi potenzialità in termini di riduzione dell'impatto umano sull'ambiente e di contributo a un uso efficiente ed efficace dell'energia e delle risorse

Canada, il *Bill C-27 2021* disciplina *Artificial Intelligence and Data Act* nella parte terza del *The Consumer Privacy Protection Act, the Personal Information and Data Protection Tribunal Act and the Artificial Intelligence and Data Act and to make consequential and related amendments to other Acts*; il Regno Unito ha pubblicato nel 2023 un policy paper (*A pro-innovation approach to AI regulation*), seguito nel 2025 da una roadmap (*AI Opportunities Action Plan*) e da un interessante “playbook” per il settore pubblico (*Artificial Intelligence Playbook for the UK Government*, 2025); è, inoltre, stato istituito un registro aperto al pubblico in cui sono caricate tutte le applicazioni di IA nel settore pubblico (*Algorithmic Transparency Recording Standard Hub*).

⁸ Joint research Center, European Commission, *Selected AI cases in the public sector*, 2021; <http://data.europa.eu/89h/7342ea15-fd4f-4184-9603-98bd87d8239a> (ultima consultazione 22/12/2024).

⁹ Questo nonostante già la proposta di Regolamento del 2021 menzionasse l'articolo 37 della Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea sul diritto ad un alto livello di tutela dell'ambiente e miglioramento della qualità dello stesso (COM(2021) 206 final, par. 3.5) e il *white paper* precedente alla proposta evidenziasse come «l'impatto ambientale dei sistemi di intelligenza artificiale deve essere adeguatamente considerato lungo tutto il loro ciclo di vita e in tutta la catena di fornitura, ad esempio per quanto riguarda l'utilizzo delle risorse per l'addestramento degli algoritmi e l'archiviazione dei dati» (COM(2020) 65 final, 2, traduzione propria).

naturali»¹⁰. Questa narrativa¹¹, certamente corretta, ma che racconta solo una parte della storia¹², viene fatta propria da organizzazioni internazionali (come l'OCSE)¹³, istituzioni internazionali (come le Nazioni Unite e il World Economic Forum¹⁴) e dall'Unione europea¹⁵. Nel frattempo, nonostante il clima favorevole, a partire dagli accordi di Parigi sul clima del 2015 circa, il settore digitale «cambia repentinamente atteggiamento» e strategia di comunicazione, «descrivendosi come molto green»¹⁶ e vari operatori digitali si (auto) dichiarano *carbon neutral*¹⁷.

¹⁰ Gruppo di esperti ad alto livello sull'intelligenza artificiale istituito dalla Commissione europea, *Orientamenti etici per una IA affidabile*, 2019, punto 123.

¹¹ C. BECKER parla al riguardo di un vero e proprio mito: «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 problems 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”» (*Insolvent. How to Reorient Computing for Just Sustainability*, 2023, 12-13).

¹² In base a un rapporto commissionato da Microsoft a PricewaterhouseCoopers, le applicazioni di IA in agricoltura, trasporto, energia e gestione dell'acqua «can accelerate the move to a low-carbon world with a reduction in worldwide greenhouse gas emissions by 0.9 – 2.4 gigatons of CO₂ e, equivalent to the 2030 annual emissions of Australia, Canada and Japan combined» (C. HERWEIJER, B. COMBES, J. GILLHAM, *How AI can enable a sustainable future*, 2019, 8).

¹³ OECD, *Measuring the environmental impacts of AI compute and applications: the AI footprint*, 2022.

¹⁴ In 2018, the World Economic Forum 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.).

¹⁵ «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» (Commissione europea, *Bussola per il digitale 2030: il modello europeo per il decennio digitale*, cit., 3). «Strumenti e applicazioni di IA, come i “gemelli digitali” della Terra, 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» (allegato alla comunicazione della Commissione europea, *Promuovere un approccio europeo all'intelligenza artificiale*, COM(2021) 205 final, 41). Lo sguardo resta ottimista anche se si ammette che anche le tecnologie digitali dovrebbero essere più sostenibili: «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» (comunicazione *Plasmare il futuro digitale dell'Europa*, COM(2020) 67 final, 12) e andrebbe valutato l'impatto ambientale delle diverse applicazioni di IA (Gruppo di esperti ad alto livello sull'intelligenza artificiale, *Orientamenti etici per una IA affidabile*, cit., 37).

¹⁶ Google dal 2017, Apple dal 2018, Netflix dal 2018, Meta dal 2020, Samsung dal 2020, Sky dal 2020, Microsoft dal 2025, Vodafone dal 2025 (G. SISSA, *Le emissioni segrete. L'impatto ambientale dell'universo digitale*, Il Mulino, 2024, 121).

¹⁷ Ciò significa che non rilasciano anidride carbonica nell'atmosfera o che questa viene compensata; si tratta di operazioni importanti, ma non risolutive (G. SISSA, *Le emissioni segrete. L'impatto ambientale dell'universo digitale*, cit., 121-123), sia per i limiti intrinseci al meccanismo delle compensazioni, sia perché non affrontano tutti i potenziali impatti ambientali (F. LUCIVERO, *Big Data, Big Waste? A Reflection on the Environmental Sustainability of Big Data Initiatives*, cit., 1017).



Questo approccio trova una sintesi nell'obiettivo della «twin transition» delineata a livello europeo, in base alla quale la transizione verde e quella digitale si dovrebbero rafforzare vicendevolmente¹⁸. Ed invero, numerose applicazioni di IA contribuiscono alla riduzione di emissioni di varia attività economiche, generando impatti positivi indiretti sull'ambiente. Vanno però calcolati anche altri impatti indiretti, che possono essere negativi (come gli «effetti di rimbalzo»)¹⁹ e sono di difficile valutazione²⁰. Al contempo, la stessa IA produce impatti diretti sull'ambiente (in termini di uso di energia, acqua, terre rare e produzione e-waste) che vanno identificati e misurati²¹.

Non esiste una metodologia consolidata per valutare tutti gli impatti dell'IA²². La conseguente incertezza che interessa le misurazioni disponibili è aggravata dal fatto che le imprese, a fronte di una crescente consapevolezza ambientale, sono sempre più gelose dei loro dati di consumo²³.

¹⁸ Joint Research Centre of the European Commission, *Towards a green & digital future. Key requirements for successful twin transitions in the European Union*, 2022, 79.

¹⁹ Rebound effects «occur when an efficiency-increasing measure leads to a rising demand in services or goods, so that the absolute energy-savings are smaller than the so-called “engineering savings” — the savings that would theoretically occur with constant demand [...]. For example, if the fuel economy of cars improves, people drive longer distances with their car, because the costs per kilometer decrease» (J.C.T. BIESER, *A review of assessments of the greenhouse gas footprint and abatement potential of information and communication technology*, in *Environmental Impact Assessment Review*, 99, 2023, 1). Ed ancora, «teleworkers may use their time saved on work commutes to drive to other places or they may spend the money saved in purchasing products with high environmental impact» (F. LUCIVERO, *Big Data, Big Waste? A Reflection on the Environmental Sustainability of Big Data Initiatives*, cit., 1015).

²⁰ Peralto non è chiaro fino a che punto spingere la relativa misurazione. Si pensi alle applicazioni che inviano a determinati consumatori annunci mirati inducendo all'acquisto continuo di prodotti di *fast fashion* non necessari, quando già nel 2018 l'industria della moda produceva complessivamente tra il 2 e 8 per cento delle emissioni globali di carbonio (UN Environmental program, *Putting the brakes on fast fashion*, 12 novembre 2028, <https://www.unep.org/news-and-stories/story/putting-brakes-fast-fashion> (ultima consultazione 22/12/2024)).

²¹ «Green and digital technologies still have to be further developed to reduce their environmental impacts. Technologies required for the green and digital transitions have their own environmental footprints. Wind turbines require steel and copper, Distributed Ledger technologies and Artificial Intelligence use substantial amounts of electricity, and RFID chips require resources and are difficult to recycle. There is also the issue of hazardous waste from some of the green digital technologies» (Joint Research Centre, *Towards a green & digital future. Key requirements for successful twin transitions in the European Union*, cit., 79). Questo studio ha portato alla definizione della Comunicazione della Commissione (*Relazione di previsione strategica 2022. Abbinamento tra transizione verde e transizione digitale nel nuovo contesto geopolitico*) che evidenzia, tra le altre cose, che «l'impiego diffuso di tecnologie digitali aumenterà il consumo di energia se non ne sarà migliorata l'efficienza energetica» e che «emergeranno ulteriori tensioni a causa dei rifiuti elettronici e dell'impronta ambientale delle tecnologie digitali» (COM(2022)289, 3).

²² OECD, *Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications*, OECD Digital Economy Papers, 15 novembre 2022; 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. Peralto, le misurazioni «do not give enough attention to environmental equity — the imperative that AI's environmental costs be equitably distributed across different regions and communities» (S. REN, A. WIEMAN, *The uneven distribution of AI's environmental impacts*, in *Harvard business review*, in *Harvard Business Review*, 15 luglio 2024, <https://hbr.org/2024/07/the-uneven-distribution-of-ais-environmental-impacts> (ultima consultazione 22/12/2024)).

²³ K. CRAWFORD, *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*, New Haven, 2021, 43; J.R. LARANJEIRA DE PEREIRA, *The EU AI Act and Environmental Protection: The Case for a Missed Opportunity*, 8 aprile 2024, <https://eu.boell.org/en/2024/04/08/eu-ai-act-missed-opportunity> (ultima consultazione 22/12/2024); C.

Seppure imprecise, le figure che si ricavano dagli studi più accreditati sono preoccupanti. I data center avrebbero un'impronta carbonica superiore a quella del trasporto aereo²⁴. Ed ancora, nel 2027 il consumo totale di energia connesso all'IA potrebbe essere pari a quello di paesi come i Paesi Bassi e l'Argentina²⁵. Si tratta di indicazioni tanto impressionanti quanto imprecise, utili per sensibilizzare l'opinione pubblica ed i regolatori. Ed invero, occorre differenziare tra il *training* di un modello e il suo sviluppo (che sono le fasi più energivore e in cui si consumano grandi quantità di acqua)²⁶ e gli usi finali (i quali presi singolarmente comportano limitati consumi, ma che diventano significativi se considerati nel complesso)²⁷.

Va poi evidenziato che non tutti gli usi delle applicazioni di IA sollevano le stesse preoccupazioni da un punto di vista di sostenibilità ambientale: si pensi a un sistema di IA per filtraggio di spam, alla profilazione da parte di piattaforme di streaming o e-commerce, alla produzione di filmati e ai large language models (che consentono – tra le altre cose – ad una chatbot di conversare). Anche a quest'ultimo riguardo è possibile riportare solo dati indicativi. È stato evidenziato che l'uso di IA generativa comporta un incremento sostanziale di consumo di elettricità²⁸ (una ricerca di testo attraverso Chat-GPT richiede dieci volte più energia rispetto ad una ricerca su Google)²⁹ e i consumi aumentano per la generazione di immagini³⁰ (tanto che la produzione di un'immagine consumerebbe l'equivalente di una ricarica di

SANDERSON, *Will rampant AI's 'insatiable' thirst for power leave green energy trailing in its wake?*, 3 novembre 2023 <https://www.rechargenews.com/energy-transition/will-rampant-ais-insatiable-thirst-for-power-leave-green-energy-trailing-in-its-wake-/2-1-1518956>, (ultima consultazione 22/12/2024).

²⁴ T. JACKSON, I.R. HODGKINSON, *What is "dark data" and how is it adding to all of our carbon footprints?*, Oct 5, 2022, The World Economic Forum post https://www.weforum.org/agenda/2022/10/dark-data-is-killing-the-planet-we-need-digital-decarbonisation/?utm_campaign=social_video_2022&utm_content=27617_dark_data&utm_medium=social_video&utm_source=linkedin&utm_term=1_1 (ultima consultazione 22/12/2024). Già nel 2018 «the carbon footprint of the world's computational infrastructure has matched that of the aviation industry» (K. CRAWFORD, *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*, cit., 42, nota 53).

²⁵ P. HACKER, *Sustainable AI Regulation*, in *Common Market Law Review*, 61, 2, 2024, 346-347.

²⁶ «For instance, the GHG emissions associated with developing certain large, cutting-edge models can be comparable to, e.g., the lifetime carbon emissions of a car, though such computationally intensive processes are performed rarely and by the fewest entities» (L.H. KAACK, P.L. DONTI, E. STRUBELL, G. KAMIYA, F. CREUTZIG, D. ROLNICK, *Aligning artificial intelligence with climate change mitigation*, in *Nat. Clim. Chang.*, 12, 2022, 518 ss., 4 versione preprint).

²⁷ «For instance, classifying toxic comments or the contents of images on social media requires little power each time a model is used, but may be used on the order of billions of times a day. Also larger models, such as Google's machine translation system, may process more than 100 billion words per day» (L.H. KAACK, P.L. DONTI, E. STRUBELL, G. KAMIYA, F. CREUTZIG, D. ROLNICK, *Aligning artificial intelligence with climate change mitigation*, cit., 4 versione preprint).

²⁸ «Research indicates that training a single model like ChatGPT consumes 1.287 gigawatt-hours of electricity, roughly equivalent to the annual electricity consumption of 120 American households» (Q. WANG, Y. LI, R. LI, *Ecological footprints, carbon emissions, and energy transitions: the impact of artificial intelligence (AI)*, cit., 2).

²⁹ Goldman Sachs, *AI is poised to drive 160% increase in data center power demand*, 14 maggio 2024 (<https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand>) (ultima consultazione 22/12/2024).

³⁰ «An image recognition AI may need to process millions of images (such as in the "ImageNet" database) to be trained to distinguish different types of images. This training process requires large amounts of computing power, which in turn requires large amounts of energy. One study finds that training a single AI model can produce



smartphone)³¹. Si tratta, in ampia misura, dell'energia che viene consumata dai centri di elaborazione dati in cui operano i server che ospitano l'IA o in cui viene fatto il training dei sistemi di IA³². Va però evidenziato che si tratta di stime indicative, non solo per la carenza di dati forniti dalle imprese, ma anche perché basate su metodi di misurazione non omogenei³³. Vi è poi da dire che l'incremento di usi efficienti e il ricorso alle fonti rinnovabili di energia potrebbe mitigare queste grandezze³⁴, non pare al momento in grado di far fronte alla crescita incessante di consumi³⁵ (legata anche alla diffusione del NLP³⁶, dell'IA generativa³⁷, dei supercomputer³⁸, della capacità degli sviluppatori di utilizzare più chips parallelamente³⁹, ecc.), tanto che alcuni operatori si stanno volgendo al nucleare⁴⁰.

greenhouse gas emissions comparable to the total lifetime emissions of one or several cars » (S.D. BAUM, A. OWE, *Artificial Intelligence Needs Environmental Ethics*, in *Ethics, Policy & Environment*, 26, 1, 2023, 140).

³¹ A.S. LUCCIONI, E. STRUBELL, *Power Hungry Processing: Watts Driving the Cost of AI Deployment?*, in *The 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT '24)*, June 2024, Rio de Janeiro, Brazil. ACM, New York, NY, USA.

³² A. DE VRIES, *The growing energy footprint of artificial intelligence*, in *Joule*, 7/2023 con riferimento ai consumi elettrici legati all'addestramento dei LLM. Inoltre, «like other digital services, Gen-AI services generate, in addition to their carbon footprint, a significant impact on mining and energy production. These impacts could be overlooked if focusing on carbon emissions, especially if we fail to include every equipment linked to the use of these services. User equipment, networks, and web servers, [are] all essential to the existence of Gen-AI-based services» (A. BERTHELOT, E. CARON, M. JAY, L. LEFÈVRE, *Estimating the environmental impact of Generative-AI services using an LCA-based methodology*, in *Procedia CIRP*, 122, 2024, 712).

³³ Si v. nota 108.

³⁴ E. MASANET, A. SHEHABI, N. LEI, S. SMITH, J. KOOMEY, *Recalibrating global center energy-use estimates*, in *Science*, 28 February 2020, 367, 6481, 984 ss.

³⁵ «For years, data centers displayed a remarkably stable appetite for power, even as their workloads mounted. Now, as the pace of efficiency gains in electricity use slows and the AI revolution gathers steam, Goldman Sachs Research estimates that data center power demand will grow 160% by 2030» (Goldman Sachs, *AI is poised to drive 160% increase in data center power demand*, cit.).

³⁶ E. STRUBELL, A. GANESH, A. MCCALLUM, *Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*, presentazione al 57° Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL), Firenze, Italia, luglio, 2019.

³⁷ «The growth of Gen-AI is driving increased electricity demand, which runs counter to the massive efficiency gains that are needed to achieve netzero greenhouse gas emissions by 2050 in energy-related sectors» (N. BASHIR, P. DONTI, J. CUFF, S. SROKA, M. ILIC, V. SZE, C. DELIMITROU, E. OLIVETTI, *The Climate and Sustainability Implications of Generative AI. An MIT Exploration of Generative AI*, 27 marzo 2024. <https://mit-genai.pubpub.org/pub/8ul-grckc/release/2> (ultima consultazione 22/12/2024).

³⁸ Già una ricerca del 2022 evidenziava che i primi 196 dei 500 supercomputer del mondo consumavano tre miliardi di chilowattora di energia all'anno, più o meno il consumo annuo di circa 277.777 famiglie statunitensi (A. Portelli, *Optimisation of lattice simulations energy efficiency*, 2022, in <https://zenodo.org/records/7057319> (ultima consultazione 22/12/2024).

³⁹ S.M. KHAN, A. MANN, *AI Chips: What They Are and Why They Matter*, Center for Security and Emerging Technology (CSET), April 2020, <https://cset.georgetown.edu/publication/ai-chips-what-they-are-and-why-they-matter>.

⁴⁰ Ad esempio, Google ha firmato il primo accordo per l'acquisto di energia nucleare da più reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) che saranno sviluppati da Kairos Power per alimentare i data center e uffici (<https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/google-kairos-power-nuclear-energy-agreement/>). Simili iniziative vengono anche da Microsoft (<https://eu.usatoday.com/story/money/energy/2024/09/20/three-mile-island-nuclear-plant-constellation-microsoft-deal/75307770007/>) e Amazon (<https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-nuclear-small-modular-reactor-net-carbon-zero>). Nella stessa direzione muove anche lo schema di disegno di legge delega in materia di energia nucleare sostenibile (approvato in Consiglio dei Ministri il 28 febbraio 2025), che motiva l'esigenza di integrare le fonti di produzione di elettricità menzionando, tra gli altri, una crescita della domanda riconducibile alla «grande richiesta di energia necessaria per

Vi è poi il consumo di acqua, utilizzata dai centri di elaborazione dati (per il raffreddamento e per la produzione di elettricità⁴¹), sia nell'ambito delle attività di *training*⁴², che per il *deploying* dell'IA⁴³. Anche a questo riguardo gli esempi, seppure imprecisi, aiutano a comprendere: per scrivere una e-mail di 100 parole, ChatGPT-4 consumerebbe circa mezzo litro d'acqua; cosicché se un decimo della forza lavoro italiana usasse ChatGPT per scrivere una e-mail di questa lunghezza alla settimana il consumo totale di acqua sarebbe superiore a 62 milioni di litri l'anno⁴⁴. L'acqua è inoltre utilizzata per la produzione di microchip e altre componenti fondamentali per il funzionamento di sistemi di IA. Tali consumi crescenti creano tensioni e conflitti con le comunità locali⁴⁵.

alimentare *data center* e sistemi di Intelligenza Artificiale (I.A.), che devono garantire la disponibilità dei servizi senza interruzioni» (così la relazione illustrativa).

⁴¹ «Generative AI systems need enormous amounts of fresh water to cool their processors and generate electricity. In West Des Moines, Iowa, a giant data-centre cluster serves OpenAI's most advanced model, GPT-4. A lawsuit by local residents revealed that in July 2022, the month before OpenAI finished training the model, the cluster used about 6% of the district's water. As Google and Microsoft prepared their Bard and Bing large language models, both had major spikes in water use — increases of 20% and 34%, respectively, in one year, according to the companies' environmental reports» (K. CRAWFORD, *Generative AI is guzzling water and energy*, in *Nature*, 626, 22 febbraio 2024, 693, <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00478-x>). Va peraltro considerato che «strategies that reduce CO2 emissions do not necessarily obtain a reduction of water consumption: indeed, the opposite may occur. This is the case for example for solar power: while this method of electricity production emits no CO2, it is most efficient in times of the day and seasons with high solar irradiation — which in turn are associated with high temperatures and thus higher quantity of water required to cool the data centers» (G. ZUCCON, H. SCELLS, S. ZHUANG, *Beyond CO2 emissions: The overlooked impact of water consumption of information retrieval models*, 2023, in *Proceedings of the 2023 ACM SIGIR International Conference on the Theory of Information Retrieval (ICTIR '23)*, 23 luglio 2023, Taipei, Taiwan, ACM, New York, NY, USA).

⁴² «For example, training GPT-3 in Microsoft's state-of-the-art U.S. data centers can directly evaporate 700,000 liters of clean freshwater, but such information has been kept a secret. More critically, the global AI demand may be accountable for 4.2 – 6.6 billion cubic meters of water withdrawal in 2027, which is more than the total annual water withdrawal of 4 – 6 Denmark or half of the United Kingdom» (P. LI, J. YANG, M. A. ISLAM, S. REN, *Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models*, 2023 <https://arxiv.org/abs/2304.03271>).

⁴³ P. LI, J. YANG, M. A. ISLAM, S. REN, *Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models*, cit., 2.

⁴⁴ M. MARTORANA, G. NUTINI, *L'intelligenza artificiale e il suo impatto ambientale*, in *Altalex*, <https://www.altalex.com/documents/news/2024/10/18/intelligenza-artificiale-impatto-ambientale>, (ultima consultazione 22/12/2024); P. VERMA, S. TAN, *A bottle of water per email: the hidden environmental costs of using AI chatbots*, in *The Washington Post*, 22 settembre 2024 (ultima consultazione 22/12/2024).

⁴⁵ Si pensi alle proteste contro il progetto di costruzione di un centro di elaborazione dati in Uruguay (*'It's pillage': thirsty Uruguayans decry Google's plan to exploit water supply*, in *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/world/2023/jul/11/uruguay-drought-water-google-data-center>, (ultima consultazione 22/12/2024), che ha poi portato a una sospensione da parte del Tribunal Ambiental di Santiago del Chile in vista di una sua revisione che tenga conto di tali impatti (M. TOMASI, *Intelligenza artificiale, sostenibilità e responsabilità intergenerazionali: nuove sfide per il costituzionalismo?*, in *Rivista Associazione italiana dei costituzionalisti*, 4, 2024, 52, nota 26). «One of the biggest U.S. data centers belongs to the National Security Agency (NSA) in Bluffdale, Utah. Open since late 2013, the Intelligence Community Comprehensive National Cybersecurity Initiative Data Center is impossible to visit directly. [...] the city of Bluffdale had already made a multiyear deal with the NSA, in which the city would sell water at rates well below the average in return for the promise of economic growth the facility might bring to the region. [...] water that is used to cool servers is being taken away from communities and habitats that rely on it to live» (K. CRAWFORD, *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*, cit., 44-45).



A ciò si aggiunga l'uso di terre rare per batterie e cloud⁴⁶, all'origine di impatti economici e sociali, oltre che ambientali. Si pensi alle destabilizzazioni politiche, se non ai conflitti, per il controllo delle terre rare, così come alle malattie legate alla loro estrazione senza adeguata protezione⁴⁷.

Il regolamento n. 2024/1689, che stabilisce regole sull'IA armonizzate a livello europeo, supporta l'apertura della «scatola nera» in cui si racchiude l'impatto ambientale dei sistemi di IA⁴⁸? Ma soprattutto, il regolamento dà indicazioni per un cambiamento di rotta nella direzione di progettazione, allineamento e utilizzi sostenibili dell'IA?

3. La tutela dell'ambiente nel regolamento europeo sull'IA

Il percorso che ha portato all'adozione del regolamento europeo sull'IA nel giugno del 2024 è cominciato cinque anni fa e troverà applicazione dal 2 agosto 2026⁴⁹, con scadenze differenziate, che vanno sino alla metà del 2030 per i sistemi ad alto rischio usati dalle autorità pubbliche⁵⁰.

Quando ormai il processo decisionale era in fase di conclusione, la diffusione di *foundation models*, come ChatGPT, ha indotto il Parlamento europeo a rivedere la proposta, aggiungendo una serie di nuove regole, molte delle quali attente all'impatto ambientale dell'IA: da un accesso preferenziale alle sandboxes dei sistemi con impatto ambientale positivo, alla previsione di un obbligo per i fornitori di valutare l'impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita del sistema di IA ad alto rischio, alla richiesta ai fornitori di *foundation models* di aderire a standard per la riduzione dell'uso di energia e altre risorse⁵¹.

L'accordo politico raggiunto dai co-legislatori ha poi eliminato la maggior parte di queste previsioni. L'impostazione dell'AI Act resta «rights-driven»⁵², ma si limita a menzionare la protezione ambientale come un diritto fondamentale cui assicurare un'elevata protezione, senza però prevedere misure specifiche di carattere vincolante⁵³. Peraltro, l'articolato fa spesso riferimento alla protezione dei «diritti

⁴⁶ «Global computation and commerce rely on batteries. The term “artificial intelligence” may invoke ideas of algorithms, data, and cloud architectures, but none of that can function without the minerals and resources that build computing’s core components. Rechargeable lithiumion batteries are essential for mobile devices and laptops, in-home digital assistants, and data center backup power. They undergird the internet and every commerce platform that runs on it. [...] The cloud is the backbone of the artificial intelligence industry, and it’s made of rocks and lithium brine and crude oil» (K. CRAWFORD, *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*, cit., 30-31).

⁴⁷ K. CRAWFORD, *Atlas of AI: power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*, cit., 36-37.

⁴⁸ Il parallelo con le famose *black box* delineate da F. Pasquale (che nascondono il funzionamento degli algoritmi) si deve a B. BREVINI, *Black boxes, not green: Mythologizing artificial intelligence and omitting the environment*, in *Big Data & Society*, July-December, 2000, 2.

⁴⁹ Art. 113.

⁵⁰ Art. 111, comma 2.

⁵¹ COM(2021) 206 final. Per un commento si veda P. HACKER, *Sustainable AI Regulation*, in *Common Market Law Review*, 61, 2, 2024, 371-375.

⁵² A. BRADFORD, *Digital empires: the global battle to regulate technology*, 2023, 7-9.

⁵³ P. HACKER, *Sustainable AI Regulation*, cit., 374.

fondamentali» senza una declinazione esplicita del «diritto fondamentale a un livello elevato di protezione dell'ambiente»⁵⁴, così da vanificare l'efficacia degli strumenti introdotti quanto alla sostenibilità ambientale dell'IA. Significativo poi che la motivazione del regolamento delineata dai «considerando» evidenzia gli impatti positivi sull'ambiente⁵⁵, ma non quelli negativi⁵⁶. Peraltro, viene sancito che le autorità di vigilanza possano autorizzare l'immissione sul mercato o la messa in servizio di sistemi ad alto rischio per motivi eccezionali, tra cui la protezione dell'ambiente⁵⁷, ma non è previsto esplicitamente questo potere per limitare invece sistemi che abbiano un impatto negativo. L'unica tutela per l'ambiente è prevista ex post (e dunque per definizione poco effettiva in una materia come quella ambientale), là dove fornitori e *deployer* sono tenuti a segnalare qualsiasi incidente grave (che include nella definizione anche danni all'ambiente⁵⁸) alle autorità di vigilanza del mercato (che informano poi la Commissione)⁵⁹.

Di seguito sono delineati gli strumenti introdotti dal regolamento, sottolineandone i limiti anche in una possibile prospettiva di riforma.

a) *Valutazione di impatto sui diritti fondamentali*. Una valutazione *ex ante* dell'impatto sui diritti fondamentali è prevista per i soli sistemi di IA ad alto rischio e sono peraltro esclusi «i sistemi di IA destinati a essere utilizzati come componenti di sicurezza nella gestione e nel funzionamento delle infrastrutture

⁵⁴ Considerando 48. Si vedano anche i considerando 1 («promuovere la diffusione di un'intelligenza artificiale (IA) 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 («Carta»), compresi la democrazia, lo Stato di diritto e la protezione dell'ambiente, proteggere contro gli effetti nocivi dei sistemi di IA nell'Unione, nonché promuovere l'innovazione») e 27 («Con "benessere sociale e ambientale" si intende che 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. L'applicazione di tali principi dovrebbe essere tradotta, ove possibile, nella progettazione e nell'utilizzo di modelli di IA»).

⁵⁵ «L'uso dell'IA, garantendo un miglioramento delle previsioni, l'ottimizzazione delle operazioni e dell'assegnazione delle risorse e la personalizzazione delle soluzioni digitali disponibili per i singoli e le organizzazioni, può fornire vantaggi competitivi fondamentali alle imprese e condurre a *risultati vantaggiosi sul piano sociale e ambientale*, ad esempio in materia di assistenza sanitaria, agricoltura, sicurezza alimentare, istruzione e formazione, media, sport, cultura, gestione delle infrastrutture, energia, trasporti e logistica, servizi pubblici, sicurezza, giustizia, *efficienza dal punto di vista energetico e delle risorse, monitoraggio ambientale, conservazione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi, mitigazione dei cambiamenti climatici e adattamento ad essi*» (considerando 4, enfasi aggiunta).

⁵⁶ «L'IA presenta, accanto a molti utilizzi benefici, la possibilità di essere utilizzata impropriamente e di fornire strumenti nuovi e potenti per pratiche di manipolazione, sfruttamento e controllo sociale. Tali pratiche sono particolarmente dannose e abusive e dovrebbero essere vietate poiché sono contrarie ai valori dell'Unione relativi al rispetto della dignità umana, alla libertà, all'uguaglianza, alla democrazia e allo Stato di diritto e ai diritti fondamentali sanciti dalla Carta, compresi il diritto alla non discriminazione, alla protezione dei dati e alla vita privata e i diritti dei minori» (considerando 28). Come è stato giustamente osservato, «"AI for sustainability" e "sustainable AI" non sono evidentemente obiettivi in contrapposizione, ma non possono nemmeno dirsi pienamente sovrapponibili e, dall'impostazione [...] [del regolamento] emerge un chiaro criterio di prevalenza» (M. TOMASI, *Intelligenza artificiale, sostenibilità e responsabilità intergenerazionali: nuove sfide per il costituzionalismo?*, cit., 58).

⁵⁷ Art. 46.

⁵⁸ Art. 3, 49.

⁵⁹ Art. 73.



digitali critiche, del traffico stradale o nella fornitura di acqua, gas, riscaldamento o elettricità”⁶⁰. Tra i limiti dello strumento vi è la mancanza di una previsione specifica che imponga di considerare le ricadute sull'ambiente (seppure questa valutazione dovrebbe essere effettuata in quanto il diritto ad una elevata protezione dell'ambiente rientra tra i diritti fondamentali sanciti dalla Carta europea)⁶¹. Inoltre, la consultazione – che pure costituisce un elemento caratterizzante le analisi preventive di impatto, che si tratti di regole o di infrastrutture – è solo eventuale e non vengono espressamente elencate le associazioni ambientali tra i soggetti interessati⁶².

b) Trasparenza dei consumi. Altra occasione persa quanto alla sostenibilità ambientale dell'IA è costituita dalla regolazione della trasparenza dei consumi dei modelli di IA per finalità generali (general-purpose AI, ad es. ChatGPT) che, come visto nel paragrafo precedente, sono tra i più impattanti sull'ambiente. In base all'art. 53, comma 1, «i fornitori di modelli di IA per finalità generali: redigono e mantengono aggiornata la documentazione tecnica del modello, compresi il processo di addestramento e prova e i risultati della sua valutazione, che contiene almeno le informazioni» su «il consumo energetico noto o stimato del modello»⁶³. In base all'art. 53, comma 4, il rispetto di questi e altri obblighi di trasparenza può essere dimostrato dai fornitori di modelli di IA per finalità generali aderendo a codici di buone pratiche fino a quanto non sarà pubblicata una norma armonizzata (di questi due strumenti si dirà al par. 4). Tale previsione, seppure opportuna, appare alquanto riduttiva: in primo luogo, si riferisce solo ai modelli per finalità generali; in secondo luogo, non include consumi diversi dall'energia, come quelli di acqua, terre rare, così come la produzione di e-waste; infine, tale mappatura non è più richiesta dopo la fase di training, una volta messo sul mercato il sistema di IA. In sintesi, il regolamento avrebbe potuto imporre obblighi di trasparenza agli sviluppatori e ai deployers di tutti i sistemi di IA (sia ad altro rischio, che a rischio limitato), estesi all'uso di energia, acqua e terre rare nell'intero ciclo di vita, dal training all'utilizzo finale (anche a fronte dell'opacità dei dati di consumo degli operatori menzionata nel paragrafo precedente). La diffusione di questi dati, secondo i criteri evidenziati nel regolamento (vale a dire «in maniera chiara e distinguibile»⁶⁴) sarebbe di fondamentale

⁶⁰ Art. 27, comma 1, che rinvia all'allegato III, lett. b.

⁶¹ «However, there is still the possibility that the fundamental right to the high quality of the environment pursuant to Art. 37 CFR will be interpreted in accordance with the 'integration principle' of Art. 7–10 and 12–13 of the Lisbon Treaty on that which is (socially, economically and financially) sustainable. This means that the range and number of interests to be accommodated in the impact assessment process may decrease the relevance that the green safeguards should have in such assessment» (U. PAGALLO, *On twelve shades of green: assessing the levels of environmental protection in the Artificial Intelligence Act*, in *Minds and Machines*, 35, 10, 2025, 10-11). Vi è poi da considerare che, se l'impatto ambientale non viene adeguatamente considerato in sede di analisi preventiva, presumibilmente non lo sarà neppure in quella successiva, che peraltro è solo eventuale se si considera che quest'ultima «dovrebbe essere aggiornata quando il *deployer* ritiene che uno qualsiasi dei fattori pertinenti sia cambiato» (considerando 96).

⁶² «Se del caso, per raccogliere le informazioni pertinenti necessarie a effettuare la valutazione d'impatto, i deployer di sistemi di IA ad alto rischio, in particolare quando i sistemi di IA sono utilizzati nel settore pubblico, potrebbero coinvolgere i portatori di interessi pertinenti, compresi i rappresentanti di gruppi di persone che potrebbero essere interessati dal sistema di IA, gli esperti indipendenti e le organizzazioni della società civile nello svolgimento di tali valutazioni d'impatto e nella progettazione delle misure da adottare al concretizzarsi dei rischi» (considerando 96, enfasi aggiunta).

⁶³ Allegato XI, sezione 1, punto 2, lett. e.

⁶⁴ Art. 50, comma 5.

importanza per consentire il controllo umano, che il regolamento impone proprio al fine di limitare le ricadute negative sui diritti fondamentali (dunque anche sull'ambiente) dei sistemi ad alto rischio⁶⁵.

c) *Valutazione e gestione dei rischi*. Nell'ambito del sistema di gestione dei rischi imposto per i sistemi di IA ad alto rischio (consistente in «un processo iterativo continuo pianificato ed eseguito nel corso dell'intero ciclo di vita») ⁶⁶ manca un esplicito riferimento all'ambiente (i rischi essendo quelli che un sistema «può porre per la salute, la sicurezza e i diritti fondamentali») ⁶⁷. Inoltre, la valutazione del rischio per l'ambiente dovrebbe essere effettuata anche dai fornitori di sistemi non ad alto rischio, dal momento che l'impatto ambientale non è legato al livello di rischio sulla salute o altri diritti fondamentali⁶⁸. Infine, tale valutazione e gestione dei rischi dovrebbe riguardare non solo casi d'uso specifici, ma anche i rischi per l'ambiente nella fase del *training*⁶⁹.

4. Le opportunità offerte dalla complessa architettura normativa destinata a completare il regolamento

Il regolamento ha una struttura complessa, che non si esaurisce con le numerose previsioni che compongono i ben 113 articoli e XIII allegati. La complessa architettura normativa definita dal regolamento è destinata ad essere completata attraverso una serie di atti delegati della Commissione, dalla normazione tecnica di Comitato europeo di normazione – CEN e Comitato europeo di normazione elettronica – CENELEC, dall'autoregolazione degli operatori attraverso codici di condotta.

A fronte degli evidenziati limiti delle previsioni del regolamento, esistono spazi di intervento per una più chiaro orientamento dell'IA verso la sostenibilità ambientale aperti da questi ulteriori interventi? La Commissione, oltre ad essere chiamata ad adottare una serie di orientamenti per supportare l'attuazione del regolamento⁷⁰, dispone di due strumenti per aggiornare il regolamento senza ricorrere al

⁶⁵ In base all'art. 14, «la sorveglianza umana mira a prevenire o ridurre al minimo i rischi per la salute, la sicurezza o i diritti fondamentali che possono emergere quando un sistema di IA ad alto rischio è utilizzato conformemente alla sua finalità prevista o in condizioni di uso improprio ragionevolmente prevedibile, in particolare qualora tali rischi persistano nonostante l'applicazione di altri requisiti di cui alla presente sezione».

⁶⁶ «Esso comprende le fasi seguenti: identificazione e analisi dei rischi noti e ragionevolmente prevedibili che il sistema di IA ad alto rischio può porre per la salute, la sicurezza e i diritti fondamentali quando il sistema di IA ad alto rischio è utilizzato conformemente alla sua finalità prevista» (art. 9, comma 2).

⁶⁷ Art. 9, comma 2, lett. a.

⁶⁸ P. HACKER, *Sustainable AI Regulation*, cit., 378.

⁶⁹ «Assessment and management should generally relate to specific use cases, addressing sustainability risks at the level of the model itself seems reasonable indeed: it is here that most resources for equipment and training are used, for example, for building a foundation model like GPT-4. In addition, any sustainability gains achieved early on in the model development may have a large impact that propagates down the AI value chain to all applications built on that specific (foundation) model» (P. HACKER, *Sustainable AI Regulation*, cit., 373).

⁷⁰ Orientamenti sono elaborati dalla Commissione con riferimento alle ipotesi previste dall'art. 96, comma 1, tra cui la regolazione dei sistemi ad alto rischio e la responsabilità dei fornitori di sistemi di IA ad alto rischio; l'attuazione pratica della classificazione dei sistemi di IA ad alto rischio, compresa la definizione di un elenco esaustivo di esempi pratici di casi d'uso di sistemi di IA ad alto rischio e non ad alto rischio (art. 6, comma 5; ad esempio, il 4 febbraio 2025 la Commissione ha approvato le linee guida i sistemi di IA a rischio inaccettabile C(2025) 884 final); gli «elementi del sistema di gestione della qualità che possono essere rispettati in modo semplificato tenendo conto delle esigenze delle microimprese, senza incidere sul livello di protezione o sulla necessità di conformità ai requisiti per quanto riguarda i sistemi di IA ad alto rischio» (art. 63, comma 1). Orientamenti vengono,

processo legislativo ordinario, ovvero gli atti di esecuzione che conferiscono validità generale ai codici di buone pratiche (quanto agli obblighi dei fornitori di modelli di IA per finalità generali)⁷¹ e gli atti delegati⁷².

i) Codice di buone pratiche GPAI. Il regolamento prevede l'adozione di un codice di buone pratiche riferito agli obblighi imposti ai fornitori di modelli di IA con finalità generali (art. 53, comma 1) e agli obblighi per i fornitori di modelli di IA per finalità generali con rischio sistemico (art. 55, comma 1 e art. 56, comma 2, lett. d). Il codice è formulato da esperti indipendenti selezionati tramite call e oggetto di consultazione pubblica; il processo decisionale, che può essere considerato un esempio di co-legislazione, è coordinato dall'Ufficio europeo per l'IA (istituito come "parte della struttura amministrativa della direzione generale delle Reti di comunicazione, dei contenuti e delle tecnologie" della Commissione europea)⁷³ e vi partecipano anche rappresentanti degli Stati membri attraverso il Comitato per l'IA. Per quel che qui rileva, la terza bozza in discussione⁷⁴ prevede, tra gli obblighi di trasparenza da rendere alle autorità nazionali competenti e all'Ufficio europeo per l'IA (ma non ai fornitori di sistemi di IA che intendono integrare il modello di IA per finalità generali nei loro sistemi di IA) informazioni quanto all'energia utilizzata per il training ed elenca il rischio per l'ambiente tra i rischi sistemici.

ii) Atti delegati. In un'ottica di sostenibilità ambientale dell'IA, gli atti delegati potrebbero essere utilizzati per modificare l'attuale previsione in base alla quale la Commissione considera il solo «consumo energetico stimato per l'addestramento» per la designazione di sistemi a finalità generale come ad alto rischio (di cui all'allegato XIII). Inoltre, con atto delegato potrebbero essere modificati gli obblighi di trasparenza di cui all'XI previsti per i modelli di IA per finalità generali, estendendola ai consumi di acqua, terre rare e alla produzione di *e-waste* ed imponendo la mappatura a tutto il ciclo di vita del sistema. Quanto ai sistemi ad alto rischio, con atto delegato potrebbero essere integrati i contenuti della documentazione tecnica volta a dimostrare che il sistema è conforme ai requisiti previsti dal regolamento⁷⁵ includendo nell'allegato IV anche i consumi di diversa natura⁷⁶. Anche immaginando che

inoltre, adottati per facilitare il rispetto degli obblighi di comunicazione degli incidenti gravi alle autorità nazionali di vigilanza del mercato che gravano sui fornitori di sistemi di IA ad alto rischio (art. 73).

⁷¹ Art. 56, comma 6.

⁷² Art. 97-98. Atti delegati possono essere adottati per modificare: il giudizio di non significatività del rischio di cui all'art. 6; per modificare l'elenco dei sistemi ad alto rischio di cui all'allegato III (art. 7); l'allegato IV, che attiene alla documentazione tecnica per i sistemi ad alto rischio (art. 11); gli allegati VI (Procedura di valutazione della conformità basata sul controllo interno) e VII (Conformità basata su una valutazione del sistema di gestione della qualità e su una valutazione della documentazione tecnica) (art. 43, commi 5 e 6); l'allegato V relativo alla dichiarazione europea di conformità per i sistemi ad alto rischio (art. 47, comma 5); le soglie o integrare i parametri di riferimento per la definizione dei sistemi a finalità generale come ad alto rischio (art. 51, comma 3); l'allegato XIII che definisce i criteri per la designazione di sistemi a finalità generale come ad altro rischio (art. 52, comma 5); la documentazione tecnica relativa ai sistemi con finalità generali ad altro rischio (art. 53, commi 5 e 6).

⁷³ Art. 1, decisione della Commissione C/2024/1459 del 24 gennaio 2024, che istituisce l'Ufficio europeo per l'intelligenza artificiale.

⁷⁴ Il 14 novembre 2024 è stata pubblicata la prima bozza del codice di buone pratiche e discussa il 28 novembre con mille stakeholders. Il 19 dicembre 2024 è stata pubblicata la seconda bozza e un sondaggio è stato lanciato contemporaneamente per raccogliere il feedback dei partecipanti. La versione finale è prevista per maggio 2025.

⁷⁵ Art. 11.

⁷⁶ Al momento, tra le varie informazioni previste, l'allegato IV si limita ad indicare «i prevedibili risultati indesiderati e fonti di rischio per la salute, la sicurezza e i diritti fondamentali».

gli atti delegati si muovano in questa direzione con riferimento ai sistemi a finalità generale e ad alto rischio, con questo strumento non si potrebbe intervenire sugli altri sistemi di IA, né sulla valutazione di impatto.

iii) *Norme tecniche*. Le previsioni del regolamento sono destinate ad essere completate attraverso norme tecniche definite dal CEN e dal CENELEC su richiesta della Commissione. La conformità a queste norme standardizzate consente di presumere il rispetto degli articolati vincoli previsti dal regolamento per i sistemi ad alto rischio⁷⁷ e per i *general purpose models*⁷⁸ (art. 40)⁷⁹. Cosicché questi standard, seppure ad adesione volontaria, ma (è bene sottolineare) fruibili solo a pagamento, potrebbero risultare di fatto vincolanti⁸⁰. Si tratta di una tecnica legislativa consolidata a livello europeo, ma controverta sotto il profilo dell'effettività del meccanismo⁸¹ e della stessa della rappresentanza democratica⁸²; ciò è ancor più vero se si considera il ruolo delegato alla standardizzazione nell'ambito del regolamento europeo sull'IA, in quanto «even “technical” safety standards entail value-laden choices about, for example, thresholds of acceptable risk, taken under uncertainty»⁸³. Dunque, gli organismi di normazione, mai citati espressamente dal regolamento, sono chiamati a svolgere un'attività particolarmente delicata quanto alla tutela dei diritti fondamentali – compreso l'ambiente – e non è chiaro quanto peso potranno avere le associazioni ambientali in tale processo (che pure sono espressamente menzionate quantomeno dal considerando 121). Per quanto qui rileva, è da evidenziare che il processo di normazione tecnica è avviato dalla Commissione, che «presenta senza indebito ritardo richieste di normazione riguardanti [...] prodotti relativi a processi di comunicazione e documentazione intesi a migliorare le prestazioni dei sistemi di IA in termini di risorse, come la *riduzione del consumo di energia e di altre risorse del sistema di IA ad alto rischio durante il suo ciclo di vita, e allo sviluppo efficiente*

⁷⁷ Artt. da 9 a 15.

⁷⁸ Artt. 53-55.

⁷⁹ Alternativamente la *compliance* può essere attestata con l'adesione a Codici di buone pratiche.

⁸⁰ «Standardisation is arguably where the real rule-making in the Draft AI Act will occur» (M. VEALE, F. ZUIDERVEEN BORGESIU, *Demystifying the Draft EU Artificial Intelligence Act – Analysing the good, the bad, and the unclear elements of the proposed approach*, in *Computer Law Review International*, 4, 2021, 104-105).

⁸¹ «Several studies have found that products that have been self certified by producers are considerably more likely to fail to meet the certified standard. [...] What is more, even third-party certification under the EU's New Approach has shown itself to be weak and ineffective, as evidenced by the failure of the EU's Medical Device regime which prevailed before its more recent reform. This was vividly illustrated by the PIP breast implants scandal. [...] Particularly troubling is the New Approach's reliance on testing the quality of internal document keeping and management systems, rather than an inspection and evaluation of the service or product itself» (N.A. SMUHA, K. YEUNG, *The European Union's AI Act*, in N.A. SMUHA, a cura di, *The Cambridge Handbook of the Law, Ethics and Policy of Artificial Intelligence*, 2025, 253-254).

⁸² «The contents of AI Act standards supposed to deal with fundamental rights will remain invisible to individuals that are supposed to benefit from their protection. The outcome is that the legal foundations of the digital age remain outside the reach of individuals who have limited means to access and understand the contents of standards. As the European court acknowledges, such an outcome is anathema to the very idea of rule of law» (M. ALMADA, N. PETIT, *The EU AI Act: between the rock of product safety and the hard place of fundamental rights*, in *Common Market Law Review*, 62, 2025, 118).

⁸³ M. VEALE, F. ZUIDERVEEN BORGESIU, *Demystifying the Draft EU Artificial Intelligence Act – Analysing the good, the bad, and the unclear elements of the proposed approach*, cit., 105. Si veda anche N.A. SMUHA, K. YEUNG, *The European Union's AI Act*, cit., 255.

sotto il profilo energetico dei modelli di IA per finalità generali» (art. 40, comma 2)⁸⁴. Il limite di tale previsione sta nel menzionare espressamente il solo consumo di energia, riferendosi genericamente alle altre risorse⁸⁵. Cosicché, se la richiesta della Commissione non risultasse sufficientemente dettagliata, le norme tecniche potrebbero limitarsi a disciplinare il solo consumo energetico⁸⁶; risulta, infatti, difficile immaginare che gli organismi tecnici (cui partecipano «rappresentanti degli organismi di normazione nazionali – a loro volta composti da soggetti che volontariamente partecipano al processo, generalmente esperti provenienti dalle imprese del settore industriale soggetto a regolazione»)⁸⁷ supportino un approccio diverso e più sensibile alla tutela dell'ambiente e che le associazioni ambientali abbiano un reale peso nel processo decisionale (dato il tecnicismo degli argomenti trattati)⁸⁸.

iv) *Codici di condotta*. Il regolamento dedica ampio rilievo ai codici di condotta come strumento per la sostenibilità ambientale di tutti i sistemi di IA. In particolare, l'ufficio per l'IA e gli Stati membri sono chiamati ad incoraggiare l'applicazione volontaria delle regole previste per i sistemi ad alto rischio anche ai sistemi non ad alto rischio⁸⁹. Questi codici dovrebbero supportare

«l'applicazione volontaria, anche da parte dei *deployer*, di requisiti specifici a tutti i sistemi di IA, sulla base di obiettivi chiari e indicatori chiave di prestazione volti a misurare il conseguimento di tali obiettivi, compresi elementi quali, a titolo puramente esemplificativo: [...] la valutazione e la riduzione al minimo dell'impatto dei sistemi di IA sulla sostenibilità ambientale, anche per quanto riguarda la programmazione efficiente sotto il profilo energetico e le tecniche per la progettazione, l'addestramento e l'uso efficienti dell'IA⁹⁰».

Oltre all'esplicito riferimento ai soli profili del consumo di energia, l'affidamento della sostenibilità ambientale alla scelta volontaria degli operatori sconta – all'evidenza – i limiti del modello di *delegated*

⁸⁴ Enfasi aggiunta.

⁸⁵ L'esclusivo riferimento al consumo di energia si rinviene quanto alla disciplina della revisione periodica della normazione tecnica; la Commissione è infatti chiamata a valutare l'adeguatezza dei prodotti della normazione quanto allo «sviluppo efficiente sotto il profilo energetico di modelli di IA per finalità generali e [...] la necessità di ulteriori misure o azioni, comprese misure o azioni vincolanti» (art. 112, comma 6, enfasi aggiunta).

⁸⁶ La richiesta inviata dalla Commissione il 22 maggio 2023 non fa alcun riferimento all'ambiente, alla sostenibilità ambientale o all'uso di energia (C(2023)3215 – Standardisation request M/593, Commission implementing decision del 22 maggio 2023 «standardisation request to the European Committee for Standardisation and the European Committee for Electrotechnical Standardisation in support of Union policy on artificial intelligence»), mentre – nel momento in cui si scrive – non sembra essere stata ancora presentata la domanda con riferimento ai GPAI.

⁸⁷ A. VOLPATO, *Il ruolo delle norme armonizzare nell'attuazione del regolamento sull'intelligenza artificiale*, cit., 4-5.

⁸⁸ «Considerate le condizioni del mercato di sistemi IA, nel quale le competenze tecniche sono estremamente concentrate poiché nelle mani di poche persone tendenzialmente alle dipendenze di un ristretto numero di imprese big tech le cui risorse finanziarie sono incomparabili a quelle delle associazioni rappresentative della società civile, gli ostacoli pratici all'effettiva partecipazione da parte dei portatori d'interesse si annunciano ancor più insormontabili nel processo di normazione relativo all'AIA di quanto non siano già in altri settori» (A. VOLPATO, *Il ruolo delle norme armonizzare nell'attuazione del regolamento sull'intelligenza artificiale*, in *Quaderni AISDUE*, 2, 2024, 11). Sul punto anche L.A. BYGRAVE, R. SCHMIDT, *Regulating Non-High-Risk AI Systems under the EU's Artificial Intelligence Act, with Special Focus on the Role of Soft Law*, in *University of Oslo Faculty of Law Legal Studies Research Paper Series*, 10, 2024, 12.

⁸⁹ Art. 95, comma 1, e considerando 165.

⁹⁰ Art. 95, comma 2, enfasi aggiunta.

*self-regulation*⁹¹. Molto opportunamente, dunque, la Commissione è chiamata ad una rivalutazione periodica dell'adeguatezza, anche in termini di «sostenibilità ambientale», della scelta di privilegiare un approccio non vincolante⁹². Dunque, fino al 2028 la sostenibilità ambientale dell'IA è affidata all'autoregolazione potrebbe limitarsi a contenere i soli consumi energetici.

5. La sostenibilità ambientale dell'IA oltre il regolamento europeo

Il regolamento europeo sull'IA si inserisce in un contesto di articolate e differenziate discipline tese a contrastare gli impatti delle attività antropiche sull'ambiente. Si possono trarre indicazioni in termini di sostenibilità ambientale dei sistemi di IA da queste previsioni?

Come già evidenziato, l'IA costituisce uno strumento per il raggiungimento dell'«obiettivo vincolante della neutralità climatica nell'Unione entro il 2050»⁹³. Tale obiettivo «investe tutte le attività che emettono gas ad effetto serra», senza esclusioni; sono dunque potenzialmente ricomprese anche le emissioni di gas ad effetto serra di sistemi di IA e dei centri di elaborazione dati che ne effettuano il training e supportano i relativi server. Tuttavia, queste emissioni non sono al momento «mappate» dalle autorità nazionali, che si limitano a monitorare le emissioni derivanti dalle attività comprese nell'Emission trading system (come le raffinerie di petrolio, gli impianti di produzione di acciaio, impianti per la fabbricazione del vetro con grandi capacità di fusione)⁹⁴.

⁹¹ «Voluntary commitments are, however, hardly enough to mitigate climate change contributions in a key and burgeoning sector of technological and economic development, as the history of failed voluntary commitments to rein in climate change quite clearly shows» (P. HACKER, *Sustainable AI Regulation*, cit., 371). Si pensi alla limitata effettività, in termini di limitazione dei contenuti pregiudizievoli, dell'*European code of practice on disinformation*; peraltro, nel 2023 X (già Twitter) ha abbandonato lo *Strengthened Code of Practice on Disinformation* del 2022. «The self-regulatory approach of Art. 95 does not seem to provide the best legal way to address such environmental issues as the assessment of the power requirements and carbon footprint of AI, use of minerals and fossil fuels, water consumption, or global warming potential, namely, the impact on climate change» (U. PAGALLO, *On twelve shades of green: assessing the levels of environmental protection in the Artificial Intelligence Act*, cit., 10).

⁹² In base all'art. 112, comma 7, «entro il 2 agosto 2028 e successivamente ogni tre anni la Commissione valuta l'impatto e l'efficacia dei codici di condotta volontari per la promozione dell'applicazione dei requisiti di cui al capo III, sezione 2, per i sistemi di IA diversi dai sistemi di IA ad alto rischio ed eventualmente di altri requisiti supplementari per i sistemi di IA diversi dai sistemi di IA ad alto rischio, anche per quanto riguarda la sostenibilità ambientale» (enfasi aggiunta).

⁹³ Art. 1, Regolamento 2021/1119/UE del 30 giugno 2021, c.d. *Legge sul clima*.

⁹⁴ Direttiva 2003/87/CE, che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra, non impone tetti alle emissioni di gas ad effetto serra da parte da IA o più in generale ICT (l'allegato I comprende attività produttive tradizionali, come le raffinerie, la produzione di metalli, compreso il trasporto aereo).



I centri elaborazione dati⁹⁵ caratterizzati da una determinata potenza tecnologica e situati in uno Stato membro ⁹⁶ sono però interessati dalla direttiva n. 2023/1791 sull'efficienza energetica⁹⁷, che impone un obbligo di informazione sugli usi e obiettivi di riduzione del consumo di energia, da declinare a livello nazionale⁹⁸. Tra le informazioni minime che i titolari e i gestori sono tenuti a monitorare e pubblicare attraverso un'apposita banca dati europea rientrano «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*»⁹⁹. Queste informazioni consentirebbero una programmazione delle aperture e la definizione delle condizioni da porre in sede di autorizzazione alla realizzazione¹⁰⁰. Inoltre, in base all'art. 28 della direttiva n. 2010/75/UE (relativa alle emissioni industriali, nota anche come IPPC– *Integrated Pollution Prevention and Control*), occorre un'autorizzazione integrata ambientale per dotare il data center di un generatore di emergenza con potenza superiore a 50 MW¹⁰¹. Varie indicazioni a supporto della sostenibilità dei data center sono poi delineate a livello nazionale e regionale, ad esempio con riferimento alla localizzazione (che dovrebbe privilegiare l'uso di siti dismessi o *brownfields* e la vicinanza a fonti rinnovabili), alla scelta delle tecnologie a minore impatto ambientale

⁹⁵ «Per centro dati si intende una struttura o un gruppo di strutture utilizzate per ospitare, collegare e gestire i sistemi informatici/server e le relative apparecchiature per l'archiviazione, l'elaborazione e/o la distribuzione di dati e per le attività correlate» (allegato A, punto 2.6.3.1.16, Regolamento 2024/264 del 17 gennaio 2024).

⁹⁶ In base all'art. 12, «entro il 15 maggio 2024 e successivamente con cadenza annuale, gli Stati membri impongono ai titolari e ai gestori di centri dati sul loro territorio con una domanda di potenza di tecnologia dell'informazione (IT) installata pari ad almeno 500 kW di rendere pubbliche le informazioni di cui all'allegato VII».

⁹⁷ Art. 3, Direttiva 2023/1791/UE 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 100.000.000EUR ciascuna» in tutti i settori che «incidano sul consumo di energia e sull'efficienza energetica» (come le «tecnologie dell'informazione e della comunicazione»).

⁹⁸ *Ivi*, art. 4. Una disciplina specifica per garantire una progettazione eco-compatibile e l'efficienza energetica è delineta dal Regolamento 2019/424/UE con riferimento ai server.

⁹⁹ Allegato VII, lett. c, enfasi aggiunta. In base all'art. 3 del Regolamento 2024/1364/UE; sulla prima fase dell'istituzione di un sistema comune di classificazione dell'Unione per i centri dati, queste informazioni sono trasmesse ad un'apposita banca dati europea e rese pubbliche a livello aggregato di Stato membro e di Unione (Allegato IV); gli indicatori di sostenibilità dei centri dati attengono a: efficacia dell'uso della potenza, efficacia dell'uso dell'acqua, fattore di riutilizzo dell'energia, fattore di energia rinnovabile (Allegato III).

¹⁰⁰ Regolamento 2024/1364/UE, considerando 11: «Le informazioni e gli indicatori chiave di prestazione dovrebbero essere usati come base per 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».

¹⁰¹ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, [Decreto Direttoriale del 2 agosto 2024, n. 257](#), *Linee guida per le procedure di valutazione ambientale dei data center*: «I Data Center necessitano di una connessione alla rete elettrica per i relativi consumi e di gruppi elettrogeni di emergenza atti a sopprimere interruzione di energia elettrica, che sono tra gli aspetti di impatto ambientale di maggior rilevanza, e che si assommano a quelli relativi al consumo di suolo e alla perdita dei relativi servizi ecosistemici e di habitat, ai prelievi idrici, al rumore e agli altri rischi connessi alle attività di cantiere e degli impianti».



(considerando l'intero ciclo di vita dell'infrastruttura, dalla fase di costruzione alla dismissione), all'autoproduzione di energia da fonti rinnovabili e al recupero dell'acqua¹⁰².

Il consumo di acqua da parte dei data center è interessato dalle previsioni della direttiva n. 2000/60¹⁰³. Pur non introducendo limiti alla quantità di acqua utilizzata, la direttiva considera infatti la quantità tra i fattori da prendere in considerazione per garantire una buona qualità idrica e impone conseguentemente agli Stati membri di monitorare il livello dei bacini idrografici; alla luce di tali previsioni, il consumo di acqua andrebbe preso in considerazione in sede di autorizzazione di singolo progetto, come la realizzazione di un centro di elaborazione dati sul territorio di uno Stato membro¹⁰⁴.

Dunque, le discipline europee volte a preservare la qualità dell'ambiente o prevenire/ridurre l'inquinamento mal si conciliano con l'obiettivo di tracciare e contenere l'impatto ambientale legato ai diversi sistemi di IA (dal *training* all'utilizzo), mentre possono risultare di supporto all'apposizione di condizioni per l'autorizzazione alla realizzazione di centri di elaborazione dati nel territorio europeo (che vanno dalle fonti di energia cui fare ricorso, alle tecnologie per minimizzare l'uso di acqua, alle condizioni volte ad impedire il deterioramento dello stato dei corpi idrici interessati)¹⁰⁵.

6. Considerazioni conclusive

Come evidenziato da K. Crawford, per affrontare gli impatti ambientali dell'IA è necessario un approccio multiforme che includa i ricercatori, le imprese e i legislatori¹⁰⁶.

¹⁰² Così le citate *Linee guida per le procedure di valutazione ambientale dei data center* del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, ma anche la delibera 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*.

¹⁰³ In base al considerando 19, «il controllo della quantità è un elemento secondario fra quelli che consentono di garantire una buona qualità idrica e pertanto si dovrebbero istituire altresì misure riguardanti l'aspetto quantitativo ad integrazione di quelle che mirano a garantire una buona qualità». Per proteggere specificamente la quantità di acqua disponibile può essere utilizzata l'analisi economica dell'uso dell'acqua che ogni Stato membro deve fare per distretto idrografico ogni quattro anni (art. 5, comma 1), così come il monitoraggio del volume delle acque superficiali e sotterranee al fine di «definire una visione coerente e globale dello stato delle acque all'interno di ciascun distretto idrografico» (art. 8, comma 1).

¹⁰⁴ Inoltre, la quantità d'acqua è un elemento importante dello stato ecologico delle acque superficiali, come fiumi e laghi, e delle acque sotterranee e gli Stati membri devono «impedire il deterioramento dello stato di tutti i corpi idrici superficiali» (art. 4, paragrafo 1, lettera a), «even if the overall status of the water element does not change. This means that quantity degradation can be assessed and prosecuted separately even if decreasing quantity is "offset" overall by enhanced water quality parameters» (P. HACKER, *Sustainable AI Regulation*, cit., 356).

¹⁰⁵ Seppure gran parte delle grandi infrastrutture tecnologiche che gestiscono i processi di conservazione ed elaborazione dei dati si trovino fuori dall'Europa (principalmente negli USA), «23 aziende hanno annunciato l'apertura di 83 nuovi Data Center in Italia nel prossimo triennio, la cui messa in funzione potrebbe portare fino a 15 miliardi di euro di investimenti totali nel Paese» (Rapporto Ambrosetti, *Il ruolo e gli impatti dell'intelligenza artificiale nella PA italiana*, 2024, 84; <https://www.ambrosetti.eu/innotech-hub/intelligenza-artificiale-pa-italiana/> (ultima consultazione 22/12/2024)).

¹⁰⁶ K. CRAWFORD, *Generative AI is guzzling water and energy*, cit., 693.



Il ruolo della ricerca per la definizione e lo sviluppo di sistemi efficienti e sostenibili da un punto di vista ambientale è senza dubbio cruciale, come evidenziato dallo stesso regolamento europeo¹⁰⁷. Peraltro, subito dopo la pubblicazione del regolamento, la Commissione europea (forse conscia dei limiti dell'EU AI Act) ha pubblicato un bando di gara per misurare e promuovere l'IA efficiente sotto il profilo energetico e a basse emissioni nell'UE¹⁰⁸. La definizione di una metodologia di misurazione omogenea è, infatti, un passaggio imprescindibile nel perseguimento della sostenibilità ambientale dell'IA¹⁰⁹. Ed invero, misurazioni che producano dati comparabili potrebbero supportare meccanismi di incentivo "reputazionale" tra gli operatori¹¹⁰, così che gli operatori potrebbero essere indotti a rendere trasparenti i dati di consumo, trasparenza che a sua volta aiuterebbe gli utenti ad acquisire consapevolezza sulle ricadute delle rispettive abitudini di uso dell'IA e alle pubbliche amministrazioni di effettuare decisioni di sviluppo interno o acquisto sul mercato coerenti con l'esigenza di contribuire al raggiungimento della neutralità climatica.

I legislatori, dal canto loro, "should offer both carrots and sticks"¹¹¹. Sicuramente il regolamento europeo non ha fatto ricorso al bastone. Mancano infatti previsioni vincolanti a tutela dell'ambiente e quelle non vincolanti potrebbero risultare non decisive a supporto della sostenibilità ambientale per diverse ragioni: la standardizzazione rischia di concentrarsi sui consumi di energia, non comprendendo altri consumi e applicazioni; i codici di condotta (che pure mirano a prevedere indicatori chiave per

¹⁰⁷ «Gli Stati membri sono incoraggiati 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» (considerando 142).

¹⁰⁸ DG Connect EC-CNECT/2024/OP/0066, in <https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/funding/artificial-intelligence-act-call-tenders-measure-and-foster-energy-efficient-and-low-emission> (ultima consultazione 22/12/2024). Non mancano esperienze operative meritorie, ad esempio il Progetto *Intacture* (frutto di una sinergia tra l'Università di Trento e un raggruppamento di imprese selezionate con gara) che prevede la realizzazione del primo data center in Europa all'interno di una miniera attiva nei pressi di Trento, collocazione che consentirà un importante risparmio energetico e di suolo.

¹⁰⁹ Tra i metodi più utilizzati per quantificare il consumo di energia dell'IA generativa, alcuni si basano sulla presunzione dell'energia usata dai server alla luce dei consumi di quelli più diffusi (ad esempio, NVIDIA deteneva il 95% del mercato nel 2023, A. DE VRIES, *The growing energy footprint of artificial intelligence*, cit.); altri metodi fanno riferimento alla domanda di energia collegata a una determinata richiesta (ad esempio, generare un'immagine o un testo) misurata attraverso un apposito software Python (Code Carbon) che consente al computer dell'utente di accedere alle specifiche tecniche dei chip che eseguono il modello nel centro dati e fornisce una stima di quanta energia è stata consumata (S. CHEN, *AI's energy problem*, in *Nature*, 639, 6 marzo 2025, 23). Si tratta di stime estremamente approssimative in quanto, ad esempio, non tengono conto del training, presumono l'uso di un determinato server (NVIDIA) che è in realtà diffuso solo tra i players più grandi, non tengono conto del fatto che è difficile isolare l'energia usata dai data center per la sola IA generativa.

¹¹⁰ Un'applicazione interessante è costituita dall'applicazione AI Energy Score (<https://huggingface.co/AIEnergy-Score>) sviluppata da S. LUCCIONI, B. GAMAZAYCHIKOV, E. STRUBELL, S. HOOKER, Y. JERNITE, M. MITCHELL, C.J. WU, che consente agli sviluppatori di modelli proprietari chiusi e agli utilizzatori di modelli aperti di misurare l'efficienza energetica di sistemi di IA su diversi compiti; il sistema produce un ranking in funzione dell'energia (Wh) consumata dalla scheda video (GPU, vale a dire una componente hardware) e attribuisce da una a cinque stelle verdi (ad esempio, <https://huggingface.co/spaces/AIEnergyScore/Leaderboard>). La potenziale efficacia del messaggio (anche tenendo conto delle risultanze delle scienze comportamentali) sconta però l'imprecisione delle misurazioni che ne sono alla base, che non prendono in considerazione il training e assumono l'uso di INDIVIA Python e un consumo standardizzato di questa scheda video.

¹¹¹ «At the outset, they could set benchmarks for energy and water use, incentivize the adoption of renewable energy and mandate comprehensive environmental reporting and impact assessments» (K. CRAWFORD, *Generative AI is guzzling water and energy*, cit., 693).



valutare e minimizzare l'impatto dei sistemi IA sulla sostenibilità ambientale) scontano la loro natura non vincolante e tendono a concentrarsi anch'essi sui consumi di energia; mancano regole che impongano la trasparenza di tutti i consumi (non solo quelli di energia) e non sono considerate applicazioni diverse da quelle ad alto rischio e dai modelli a finalità generale. Ciononostante, è certamente possibile che la Commissione sfrutti tutti gli spazi a disposizione per guidare adeguatamente gli organismi di normazione verso la sostenibilità ambientale e che gli operatori economici si volgano a una più attenta considerazione di tutti gli impatti ambientali delle applicazioni di IA.

È in ogni caso auspicabile che, in attesa di revisioni che potrebbero essere introdotte attraverso gli atti delegati (comunque non risolutive non estendendosi alla valutazione di impatto e ai consumi dei sistemi non ad altro rischio)¹¹² o in esito alla valutazione *ex post* del regolamento nel 2028¹¹³, gli Stati membri facciano un passo deciso verso la sostenibilità ambientale dell'IA rispetto a quanto faticosamente raggiunto a livello europeo¹¹⁴.

¹¹² Si consideri poi che l'adozione di atti delegati è sottoposta a una procedura particolarmente complessa: «Prima dell'adozione dell'atto delegato la Commissione consulta gli esperti designati da ciascuno Stato membro nel rispetto dei principi stabiliti nell'accordo interistituzionale "Legiferare meglio" del 13 aprile 2016. Non appena adotta un atto delegato, la Commissione ne dà contestualmente notifica al Parlamento europeo e al Consiglio. Qualsiasi atto delegato [...] entra in vigore solo se né il Parlamento europeo né il Consiglio hanno sollevato obiezioni entro il termine di tre mesi dalla data in cui esso è stato loro notificato o se, prima della scadenza di tale termine, sia il Parlamento europeo che il Consiglio hanno informato la Commissione che non intendono sollevare obiezioni. Tale termine è prorogato di tre mesi su iniziativa del Parlamento europeo o del Consiglio» (art. 97, commi 4, 5, 6).

¹¹³ Art. 112.

¹¹⁴ Al momento il disegno di legge n. 1146, approvato in Senato il 20 marzo 2025, menziona solo incidentalmente il rispetto dei diritti fondamentali e la sostenibilità tra i principi che devono informare «la ricerca, la sperimentazione, lo sviluppo, l'adozione, l'applicazione e l'utilizzo di sistemi e di modelli di intelligenza artificiale» (art. 3). Nel gennaio 2025, AGID ha posto in consultazione una bozza di linee guida per l'adozione, l'acquisto, lo sviluppo di sistemi di IA nelle pubbliche amministrazioni (previste dal D.P.C.M. 12 gennaio 2024, "Piano triennale per l'informatica nella pubblica amministrazione 2024-2026"); la proposta si limita a richiedere che le previsioni del Codice Etico di IA che le amministrazioni dovrebbero adottare «si fondano sui valori etici condivisi a livello globale, quali [...] l'attenzione all'ambiente e agli ecosistemi» (art. 5) e che «l'Ente valuta e riduce al minimo l'impatto dei Sistemi di Intelligenza Artificiale sulla sostenibilità ambientale» (art. 9).

