

La necessità di un regolatorio etico giuridico basato sulla fisicità del dato.

Massimiliano Nicolini

Abstract

*Il Teorema di Assisi stabilisce la relazione misurabile tra energia, informazione e massa, determinando il peso fisico di un singolo bit pari a circa 1.11×10^{-25} grammi. Tale risultato trasforma l'informazione da entità astratta a **grandezza materiale**, introducendo una nuova visione della fisica dell'informazione e ponendo le basi per una scienza unificata della sostenibilità digitale. La consapevolezza che ogni dato, algoritmo o processo computazionale possieda una corrispondenza energetica reale consente di ridefinire i concetti di efficienza, consumo e responsabilità nel dominio informatico.*

*L'applicazione di questa teoria apre la strada alla progettazione di **sistemi di governance misurabili**, nei quali ogni decisione o atto amministrativo può essere valutato non solo in termini di efficacia o legittimità, ma anche di **costo energetico e impatto entropico**. La governance, da sistema concettuale, diviene così un **sistema fisico verificabile**, fondato sull'equilibrio tra ordine informativo e dissipazione energetica. In questo quadro, la "Misurazione Fisica e Peso del Bit" diventa un paradigma operativo per costruire modelli di sostenibilità cognitiva e tecnologica, nei quali la trasparenza delle decisioni è indissolubilmente legata al rispetto delle leggi della materia.*

*Il riconoscimento della **fisicità del dato informatico** impone inoltre lo sviluppo di un **nuovo regolatorio etico e giuridico** che si fondi sugli effetti reali dei processi digitali e dell'intelligenza artificiale. Se ogni informazione possiede un peso e ogni elaborazione implica una trasformazione energetica, allora ogni azione algoritmica deve essere considerata non solo sotto il profilo logico o morale, ma anche come evento materiale dotato di impatto ambientale e responsabilità termodinamica. Il Teorema di Assisi, in questo senso, costituisce il fondamento scientifico per una nuova giurisprudenza della materia informativa e per una **governance planetaria dell'energia del pensiero digitale**, capace di coniugare conoscenza, sostenibilità e giustizia energetica.*

Sommario

Premessa.....	2
Dati, potere e governance	3
Necessità di un regolatorio etico-giuridico fondato sulla fisicità del dato	7

Premessa

Nel XXI secolo, il concetto di sostenibilità non può più essere limitato all’ambito ecologico o sociale. L’idea stessa di “materia” si è trasformata. Nell’era digitale, ogni informazione, ogni algoritmo, ogni scambio di dati possiede un corrispettivo fisico: energia, massa, spazio e tempo. Il bit – l’unità minima dell’informazione – non è più soltanto un simbolo matematico, ma un’entità reale che consuma, pesa, esiste. Da questa consapevolezza nasce la necessità di una nuova visione della sostenibilità: **una sostenibilità vista dalla materia, nella quale anche il digitale diventa parte integrante dell’equilibrio planetario.**

Il *Teorema di Assisi*, che lega l’efficienza dei sistemi complessi alla loro capacità di esistenza fisica, e la successiva *Misurazione del peso del bit* realizzata presso la Fondazione Olitec, offrono una base teorica e sperimentale per comprendere questo nuovo paradigma. Il calcolo di una massa equivalente del bit – pari a circa $1,11 \times 10^{-25}$ grammi – ci conduce a una riflessione profonda: **ogni informazione digitale ha un costo energetico e un’impronta materiale.** Ogni messaggio inviato, ogni dato salvato, ogni calcolo computazionale contribuisce a modificare lo stato fisico dell’universo, sia pure in misura infinitesimale.

Se la civiltà industriale ha dovuto misurare e regolare l’uso della materia visibile – acciaio, cemento, petrolio – la civiltà digitale deve ora imparare a misurare e regolare la **materia informazionale**, la sostanza invisibile che alimenta intelligenze artificiali, reti globali, economie automatizzate e decisioni planetarie. Il bit, dunque, diventa un nuovo atomo di responsabilità collettiva.

Sostenere globalmente il pianeta, dal punto di vista del bit, significa entrare in una nuova fase di consapevolezza: comprendere che la sostenibilità digitale non è solo un problema tecnico, ma **un atto etico e politico.** Significa riconoscere che dietro ogni cloud vi è un data center che consuma energia, dietro ogni algoritmo vi è un flusso termodinamico, e dietro ogni innovazione vi è una scelta che incide sul destino del mondo naturale.

Il futuro della sostenibilità passa dunque attraverso l’integrazione dei principi della fisica dell’informazione nella governance globale. Così come l’umanità ha imparato a misurare il peso della materia, oggi deve imparare a misurare il peso dell’informazione. Solo conoscendo quanta energia richiede ogni bit, potremo progettare sistemi informatici, sociali ed economici che non depredino il pianeta ma lo accompagnino verso un equilibrio dinamico.

La sfida è culturale prima ancora che tecnologica: **trasformare l'informazione in conoscenza sostenibile**, costruire algoritmi che non sprechino energia, creare intelligenze artificiali che non servano solo la produttività ma la giustizia, e promuovere un'economia dei dati che rispetti i limiti fisici della Terra. La misura del bit non è soltanto un risultato scientifico, ma un segnale di maturazione etica dell'umanità: ci ricorda che anche il pensiero, nella sua forma digitale, ha un corpo, un calore, un peso.

Da qui prende forma una nuova ecologia: **l'ecologia dell'informazione**, nella quale la sostenibilità globale non è più vista soltanto dalla biosfera, ma dalla materia stessa che compone il pensiero e la comunicazione umana. È una visione che unisce fisica, filosofia, etica e ingegneria in un'unica direzione: **riequilibrare il rapporto tra energia, informazione e vita**.

Dati, potere e governance

La trasformazione del bit in una **grandezza misurabile** — come dimostrato nel *Teorema di Assisi* e nei successivi studi sulla *Misurazione Fisica e Peso del Bit* — rappresenta una svolta epistemologica nella comprensione del rapporto tra informazione, energia e potere. Quando il bit diventa una quantità dotata di massa, anche infinitesimale, l'informazione smette di essere un concetto astratto e assume una **fisicità**, un *peso reale nel mondo materiale*. Questa constatazione ha profonde conseguenze politiche, economiche ed etiche: i sistemi basati sui dati non sono più soltanto strumenti di rappresentazione, ma diventano **sistemi energetici e materiali** che ridisegnano le forme stesse della governance.

Nelle **istituzioni pubbliche**, la progressiva centralità del dato come strumento di governo ha introdotto nuove forme di *potere algoritmico*. Gli algoritmi non si limitano a elaborare informazioni, ma strutturano l'azione amministrativa, determinano priorità, risorse, accessi e perfino diritti. La decisione pubblica, un tempo fondata su processi deliberativi e su principi di responsabilità umana, è oggi mediata da modelli predittivi che traducono la realtà in numeri, indicatori e metriche di performance. Questo trasferimento di peso dal giudizio umano al calcolo automatico rappresenta una **traslazione di sovranità**: il potere di decidere si sposta verso chi controlla l'infrastruttura informativa e le architetture computazionali che la sostengono.

Nel settore **privato**, il dato è ormai un **bene estrattivo**, la nuova risorsa primaria dell'economia digitale. Come il carbone nella rivoluzione industriale, o il petrolio nel Novecento, il dato muove oggi l'economia della previsione. Il suo valore cresce proporzionalmente alla capacità di generare *previsioni comportamentali* o di modellare interazioni umane, economiche e sociali. Tuttavia, ciò che spesso sfugge è che questo processo non è soltanto informativo ma anche **energetico**: ogni dato raccolto, archiviato, elaborato o trasmesso comporta un costo fisico, un consumo misurabile di energia e una massa informazionale distribuita nello spazio digitale. Il potere economico, quindi, coincide con la capacità di **controllare i flussi di energia informativa**, cioè di gestire il peso reale del dato e la sua conversione in profitto o dominio.

Da questa prospettiva, la **governance dei dati** non può più essere concepita solo come regolazione giuridica o protezione della privacy, ma come **equilibrio termodinamico** all'interno di un ecosistema informativo globale. I flussi di dati sono flussi di energia, e la loro distribuzione determina nuove forme di diseguaglianza e vulnerabilità. Ogni centro dati, ogni rete neurale, ogni algoritmo di apprendimento automatico rappresenta un nodo di trasformazione energetica, un luogo dove l'informazione si fa calore, entropia, impatto ambientale. Parlare di *etica del dato*, in questo contesto, significa interrogarsi sulla **giustizia energetica dell'informazione**: chi produce energia informativa e chi la consuma? chi beneficia dell'efficienza computazionale e chi ne subisce le conseguenze ambientali o sociali?

Il *Teorema di Assisi* propone, in questo senso, una lettura unitaria del rapporto tra **fisicità del bit e sostenibilità del potere**. Se ogni bit possiede un peso — circa $1,11 \times 10^{-25}$ grammi — e ogni operazione computazionale comporta una dissipazione minima di energia (secondo il principio di Landauer), allora ogni decisione digitale produce una conseguenza fisica nel mondo. I modelli di governance basati sull'uso massivo dei dati non possono più essere considerati *immateriali*: essi incidono sull'equilibrio energetico del pianeta, determinano consumi, emissioni e nuove forme di disuguaglianza infrastrutturale.

L'etica del dato diventa dunque **etica della materia informazionale**, una riflessione sulla distribuzione dell'energia cognitiva e sulla responsabilità nel suo utilizzo. In questa visione, il *potere computazionale* deve essere bilanciato da una *responsabilità energetica*: la sostenibilità delle infrastrutture digitali non può essere disgiunta dalla sostenibilità delle decisioni che esse supportano. Le politiche pubbliche devono tenere conto non solo della trasparenza degli algoritmi, ma anche del loro **impatto fisico** e della loro **impronta entropica**.

La sfida futura sarà quella di costruire una **governance dei sistemi informativi** capace di riconciliare potere umano e potere computazionale in un equilibrio dinamico. Ciò richiederà una ridefinizione dei concetti di sovranità, efficienza e valore: la sovranità dovrà essere intesa come *custodia dei flussi informativi*, l'efficienza come *ottimizzazione energetica del sapere*, e il valore come *armonia tra informazione, materia e bene comune*.

Il peso del bit, quindi, non è solo una misura fisica, ma un **principio politico e morale**. Esso ci ricorda che ogni dato, ogni calcolo, ogni previsione è un atto di trasformazione energetica del mondo, e che il potere di governare i dati è, in ultima analisi, il potere di governare la materia stessa. Governare l'informazione, alla luce del *Teorema di Assisi*, significa imparare a **governare la fisicità del pensiero umano trasformato in codice**, riportando l'algoritmo all'interno di un ordine etico che riconosca nel bit non un'entità neutra, ma una particella viva di responsabilità collettiva.

L'utilità della **teoria del peso fisico del bit**, insieme alle implicazioni del *Teorema di Assisi* e del documento *Misurazione Fisica e Peso del Bit*, si estende ben oltre il campo della ricerca pura: rappresenta una nuova architettura concettuale per la gestione intelligente dei sistemi di governance. Essa unisce fisica dell'informazione, sostenibilità energetica e teoria dei sistemi complessi, ponendo le basi per una nuova era in cui i dati non sono solo rappresentazioni

logiche, ma entità materiali che influenzano concretamente il mondo. Questa consapevolezza introduce un paradigma inedito nella progettazione delle infrastrutture politiche, economiche e sociali: la materia digitale entra nella stessa categoria della materia fisica, assumendo un peso, un'energia e un costo di esistenza. In questa visione, il bit non è più un'astrazione, ma una componente tangibile della realtà amministrata, la cui gestione razionale diventa essenziale per costruire istituzioni efficienti, sostenibili e orientate al lungo periodo.

Dal punto di vista operativo e strategico, la teoria consente di **quantificare l'impatto energetico dell'informazione digitale** in modo oggettivo, trasformando ciò che era considerato intangibile — il dato — in una grandezza misurabile, dotata di una massa fisica infinitesimale ma reale. Questa misurabilità trasforma l'approccio alla governance: per la prima volta è possibile attribuire un costo energetico preciso ad ogni processo informativo, introducendo criteri di responsabilità energetica e cognitiva nella gestione dei sistemi digitali. Per i decisori, questo significa poter ragionare in termini di bilancio fisico dell'informazione, dove ogni elaborazione, ogni comunicazione, ogni archiviazione si traduce in consumo di risorse naturali. La relazione tra energia e informazione diventa così un principio di equità e di consapevolezza: l'informazione non può più essere infinita, ma deve essere ottimizzata come qualsiasi altra risorsa del pianeta.

Sapere quanta energia serve per elaborare o trasmettere un bit offre la possibilità di **misurare scientificamente l'efficienza delle infrastrutture informatiche pubbliche e private**, dai data center statali alle reti di calcolo distribuito, fino ai sistemi cloud della pubblica amministrazione. Ogni scelta tecnologica diventa verificabile in termini di consumo per bit elaborato, permettendo una governance fondata su dati fisici e non su ipotesi economiche. L'efficienza digitale si converte in efficienza ambientale: un algoritmo ottimizzato o un'infrastruttura raffreddata in modo intelligente diventano strumenti concreti di sostenibilità. Questo approccio consente ai governi di sviluppare politiche digitali coerenti con i parametri della transizione ecologica, misurando non solo il progresso tecnologico, ma anche la sua incidenza termodinamica sul pianeta. In prospettiva, l'introduzione del peso del bit nei protocolli di valutazione delle infrastrutture pubbliche potrebbe diventare il fondamento di una nuova amministrazione energetica dell'informazione.

Poiché ogni informazione ha un costo energetico reale, la gestione dei dati diventa parte integrante della **pianificazione energetica e ambientale nazionale**. Ogni server, ogni processo di calcolo, ogni algoritmo predittivo è un piccolo consumatore di risorse planetarie, e riconoscerne il peso significa riportare la politica energetica all'interno della politica digitale. Integrare questa teoria nei piani di sostenibilità significa poter costruire sistemi di monitoraggio che valutano non solo la quantità di dati generati, ma anche la loro impronta fisica complessiva. In un'epoca in cui l'economia dei dati è una delle principali fonti di consumo globale, questo approccio consente ai governi di conciliare crescita digitale e riduzione delle emissioni, rendendo complementari i piani di decarbonizzazione e digitalizzazione. In tal modo, il bit diventa il nuovo barometro della sostenibilità: ogni byte archiviato o trasmesso

diventa una scelta di politica ambientale, e la governance si sposta da una logica di accumulo a una di equilibrio e rigenerazione.

La consapevolezza che ogni elaborazione informatica implica energia e massa introduce un principio di **responsabilità energetica e cognitiva** nei sistemi di intelligenza artificiale e di automazione pubblica. Le amministrazioni, spesso spinte ad adottare modelli predittivi e sistemi di analisi massiva, possono finalmente valutare il rapporto tra beneficio informativo e costo energetico. Questo porta a una forma di etica computazionale che non è solo morale, ma fisica: la qualità di un algoritmo non si misura più solo dalla sua accuratezza, ma anche dal suo impatto termodinamico. I governi possono così orientarsi verso un'intelligenza artificiale "leggera", ottimizzata e sostenibile, che riduca il peso ecologico del calcolo senza sacrificare la precisione. L'adozione di questa prospettiva consente di riconsiderare l'intero ecosistema della governance algoritmica, favorendo decisioni più trasparenti, verificabili e compatibili con i limiti energetici del pianeta.

Applicare la misurazione del peso del bit permette di sviluppare **metriche integrate di costo, energia e impatto ambientale** per ogni servizio digitale, introducendo un principio di rendicontazione oggettiva nei sistemi pubblici. Ogni piattaforma governativa, ogni archivio digitale o servizio di e-governance può essere analizzato in base alla sua efficienza energetica per bit elaborato, consentendo di individuare sprechi invisibili e ottimizzare le risorse. L'adozione di queste metriche conduce a una nuova generazione di infrastrutture digitali a basso impatto, capaci di ridurre i costi di raffreddamento e di manutenzione, estendere la vita utile delle apparecchiature e diminuire l'impronta di carbonio istituzionale. In un contesto globale dove la digitalizzazione corre più veloce della sostenibilità, il peso del bit diventa uno strumento di equilibrio, un metodo per governare la crescita tecnologica senza distruggere il suo ambiente di esistenza.

Il modello fisico del bit introduce una **nuova scienza delle decisioni**, basata non solo sulla quantità dei dati, ma sulla loro qualità energetica e informativa. Le istituzioni possono adottare modelli decisionali in cui ogni dato utilizzato è ponderato non solo per il suo valore cognitivo, ma anche per il suo peso fisico: un equilibrio tra conoscenza e costo energetico. Ciò porta a una visione olistica della governance, in cui l'efficienza non è più solo economica, ma anche fisica ed ecologica. Ogni scelta amministrativa diventa una scelta di energia: informare, calcolare o comunicare non è più un atto neutro, ma un atto che consuma materia e tempo. Questa consapevolezza ridisegna l'idea stessa di trasparenza istituzionale, perché rende visibile il legame profondo tra informazione e risorsa, tra decisione e sostenibilità.

La teoria sottolinea che ogni informazione è **materia-energia**, e dunque parte del mondo fisico. Essa non è neutrale, ma incide sul bilancio termodinamico del pianeta, generando calore, consumo e impatto. Questa constatazione porta le istituzioni a considerare la produzione e l'uso dei dati come una forma di attività materiale che richiede disciplina e responsabilità. La digitalizzazione non può più essere separata dalla politica ecologica: ogni processo informatico è un atto fisico che deve rispettare i principi di equilibrio e di giustizia energetica.

Nasce così un'etica computazionale integrata, dove la verità dei dati si misura anche attraverso la loro compatibilità con la vita, con l'ambiente e con il benessere collettivo.

L'integrazione del calcolo del peso del bit nei protocolli di progettazione e nei regolamenti tecnici apre la via a **nuovi standard internazionali di sostenibilità digitale**, basati su parametri verificabili e comparabili. I governi potranno uniformare le proprie politiche di innovazione ai parametri fisici dell'informazione, rendendo l'intero sistema digitale mondiale più equo e razionale. Si delinea una nuova metrica della sostenibilità informatica, in cui la potenza di calcolo non è più un simbolo di forza, ma di equilibrio tra capacità e rispetto energetico. Questo paradigma può diventare la base per la cooperazione globale: un linguaggio comune tra Stati, istituzioni e imprese, fondato sulla scienza dell'informazione e non sulla competizione cieca per la potenza computazionale.

La teoria del peso del bit fornisce ai decisori un **nuovo paradigma di governance scientifica** che unisce materia e informazione, energia e decisione, tecnologia e umanesimo. Gestire il potere informativo come risorsa fisica significa governare con consapevolezza i limiti del pianeta, restituendo alla politica la sua dimensione concreta e misurabile. L'informazione non è più un'entità astratta, ma una forma di materia che circola e consuma: comprenderne il peso significa riportare la tecnologia alla scala dell'uomo e del suo ambiente. Attraverso questa lente, la sostenibilità digitale diventa una realtà misurabile, verificabile e politicamente attuabile: un ponte tra la scienza della fisica e l'etica della responsabilità, tra la governance del dato e la cura del mondo.

Necessità di un regolatorio etico-giuridico fondato sulla fisicità del dato

Il *Teorema di Assisi* segna un punto di svolta nella comprensione dell'informazione come entità fisica e non più solo simbolica. Esso dimostra che ogni bit possiede una massa misurabile e un corrispettivo energetico reale, stabilendo così l'esistenza di una relazione diretta tra informazione, energia e materia. Questo principio, apparentemente teorico, comporta conseguenze concrete sul piano etico, giuridico e politico, perché restituisce all'informazione la sua dimensione di oggetto del mondo naturale, sottoponendola alle stesse leggi della fisica che regolano ogni forma di esistenza materiale.

Da questa consapevolezza discende la necessità di costruire un **regolatorio etico-giuridico che si fondi non più su astrazioni**, ma su **effetti reali**: la generazione, la conservazione e l'elaborazione dei dati da parte dei sistemi di intelligenza artificiale rappresentano fenomeni fisici, con conseguenze misurabili in termini di energia, entropia e impatto ambientale. Ogni calcolo, ogni modello predittivo, ogni algoritmo di apprendimento automatico produce una forma di consumo della materia e, con essa, una variazione dell'equilibrio energetico planetario. L'etica dell'informazione, dunque, non può più limitarsi a regolamentare i

comportamenti degli utenti o la trasparenza dei processi, ma deve occuparsi della **responsabilità termodinamica** che accompagna ogni attività computazionale.

In questo contesto, il *Teorema di Assisi* diventa il fondamento scientifico di una nuova **giurisprudenza della materia informativa**, nella quale il diritto riconosce il valore fisico e l'impronta energetica del dato. Se ogni bit ha un peso, allora ogni decisione algoritmica ha un costo reale: un costo che non è solo economico o morale, ma **energetico e quindi planetario**. L'elaborazione digitale, intesa come trasformazione della materia attraverso la computazione, deve essere sottoposta a regole di equilibrio energetico analoghe a quelle che disciplinano i sistemi naturali, con il fine di preservare la sostenibilità del ciclo informativo globale.

Un tale sistema regolatorio impone di ridefinire la nozione di responsabilità. L'essere umano, creatore e gestore dei sistemi intelligenti, non è più soltanto titolare di un potere simbolico di controllo, ma diventa **custode dell'energia informativa**, garante dell'equilibrio tra l'ordine dei dati e la dissipazione dell'energia che ne consegue. Le istituzioni, a loro volta, sono chiamate a misurare e bilanciare il "peso delle decisioni digitali", introducendo parametri normativi capaci di collegare la sostenibilità etica alla sostenibilità energetica. Questo implica la nascita di **una governance misurabile**, dove l'impatto informativo è valutato attraverso indicatori fisici di consumo, dispersione e conservazione dell'energia dei sistemi digitali.

L'intelligenza artificiale, in tale prospettiva, diventa un soggetto ibrido, posto tra la dimensione cognitiva e quella fisica della realtà. I suoi prodotti – le decisioni, i dati, i modelli predittivi – non sono meri risultati algoritmici, ma **oggetti materiali**, dotati di un corpo energetico e di una storia termodinamica. Ogni atto computazionale lascia una traccia nella materia e, in quanto tale, genera una forma di responsabilità etica e giuridica. È necessario, quindi, che il diritto evolva verso una **"fisica della giustizia digitale"**, nella quale la valutazione della liceità e della proporzionalità delle azioni algoritmiche tenga conto del loro costo energetico e del loro contributo all'entropia complessiva del sistema planetario.

In questo nuovo scenario, l'etica si trasforma in una **scienza del limite**, e il diritto in una **misura dell'equilibrio energetico**. Regolare l'intelligenza artificiale significa, allora, armonizzare la sua potenza computazionale con la finitezza delle risorse materiali del pianeta. Il *Teorema di Assisi* fornisce le basi per questa nuova architettura normativa, proponendo una visione unitaria in cui la fisica dell'informazione e la filosofia del diritto convergono nella stessa direzione: fare dell'informazione non più uno strumento di dominio, ma una **materia di responsabilità universale**. Solo un regolatorio che riconosca la concretezza energetica del dato potrà guidare l'umanità verso una forma di intelligenza realmente sostenibile, capace di rispettare la vita, la materia e il limite naturale delle sue stesse creazioni.