



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

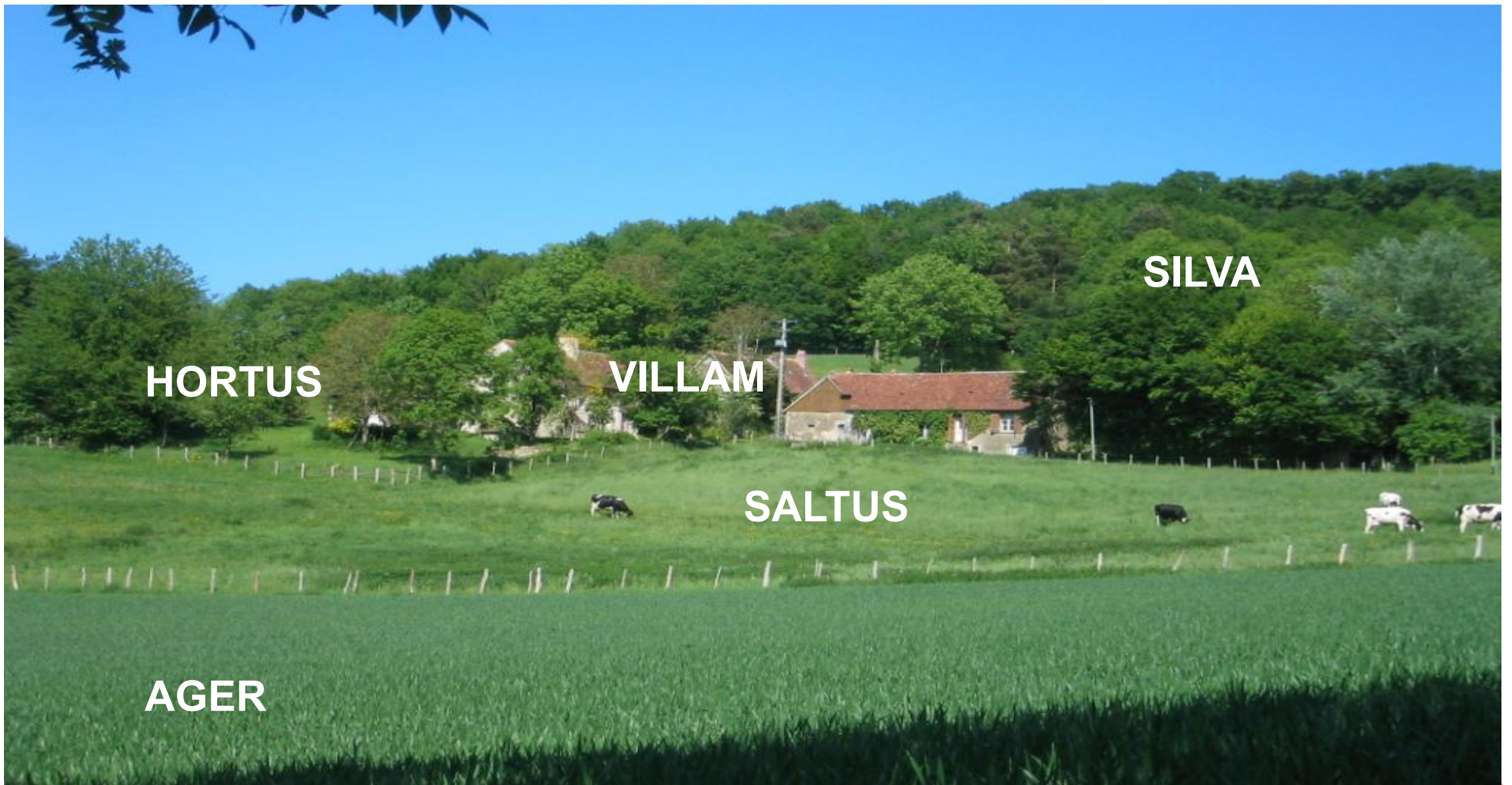
Pievesestina di Cesena (FC), 6 marzo 2026

Metodologie di Misura e significato degli Indici di Qualità

Luciano Cavani

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari







Fratelli Limbourg, "Les Très Riches Heures du Duc de Berry": il mese di marzo, inizio del XV secolo

Il Suolo: un sistema multifunzionale

***/ Socio-economica**

- estrazione di acqua e altri materiali

***/ Tecnica-industriale**

- supporto fisico per le infrastrutture

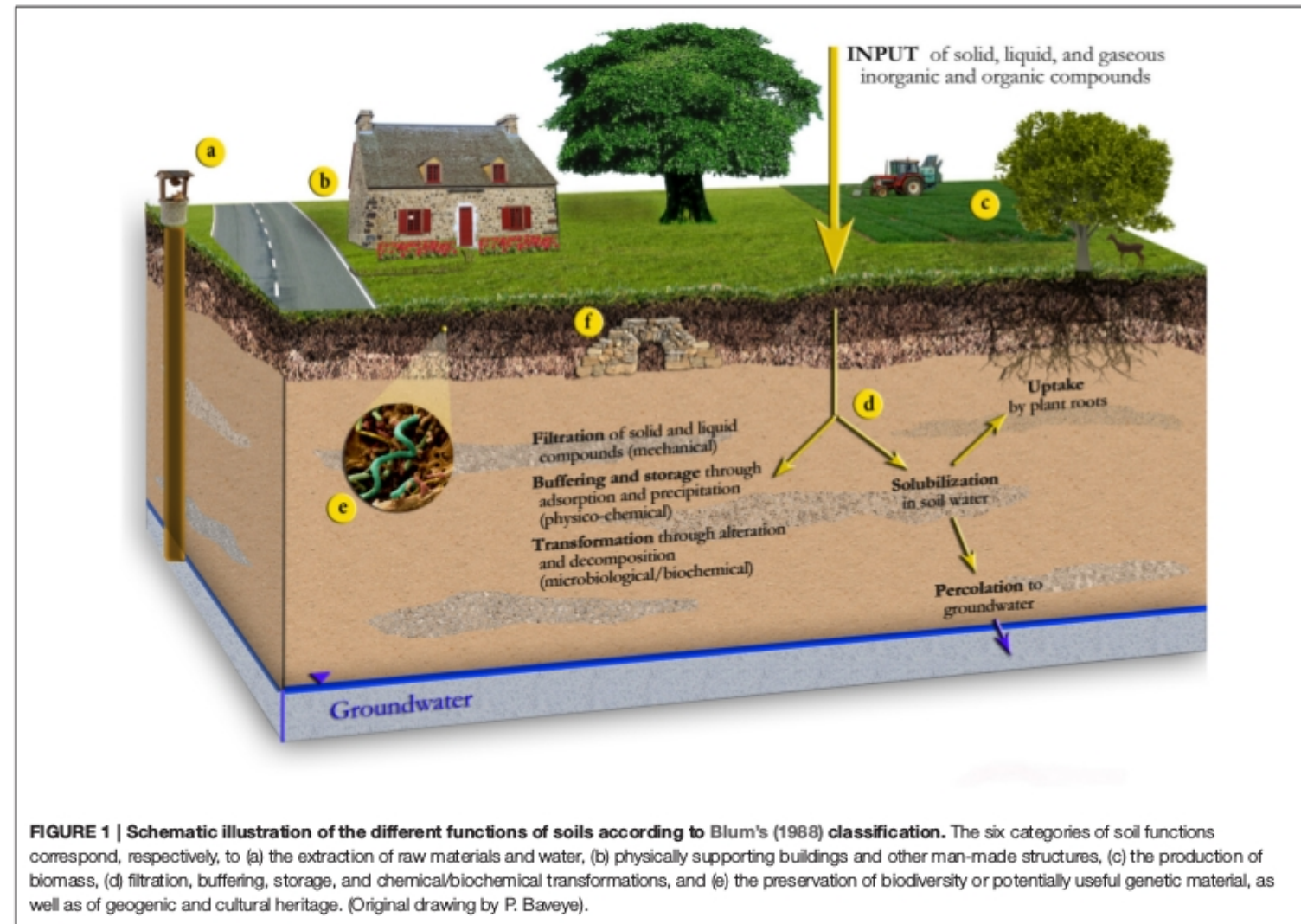
***/ Ecologica**

- produzione di biomassa
- ciclo degli elementi (C, N, P, ...)
- filtro, tampone, riserva e trasformazione
- biodiversità e habitat

***/ Culturale**

- eredità culturale e geologica

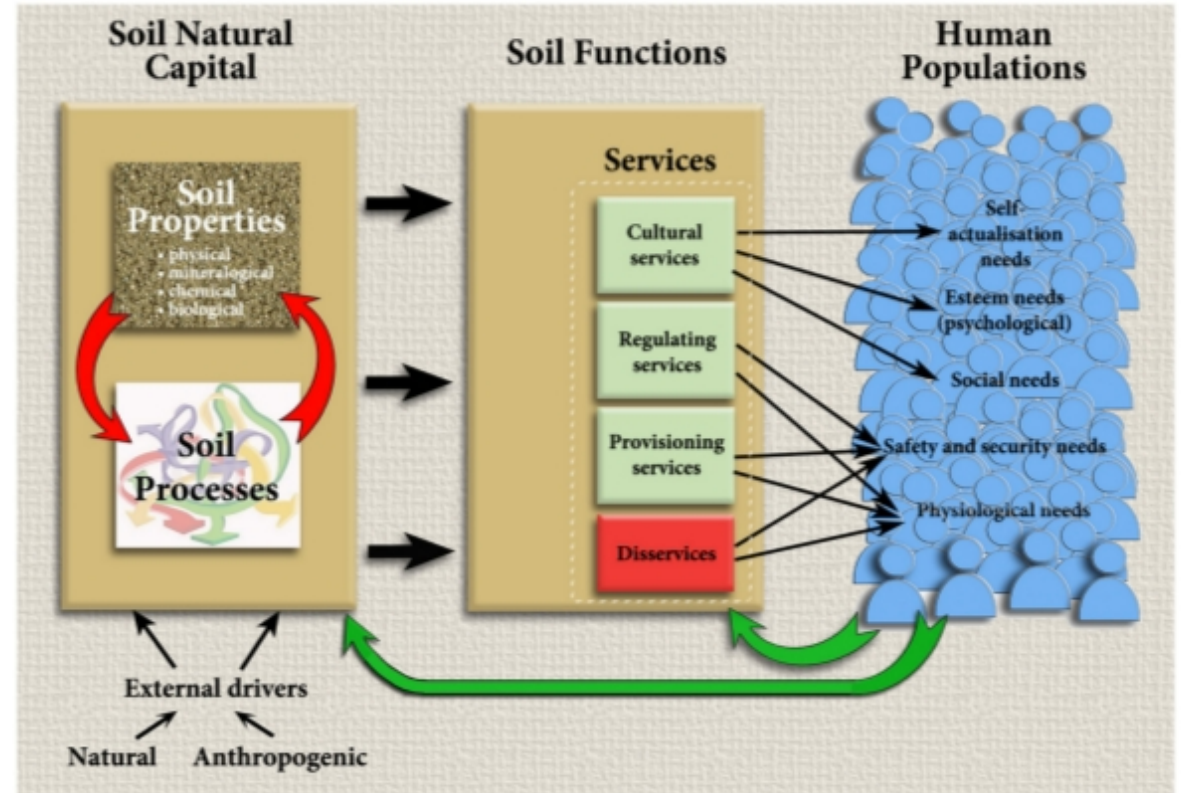
(Beveye, 2016)



(Beveye et al., 2016)

Il Suolo: un sistema multifunzionale

Il **suolo** può essere considerato come un **capitale naturale** che fornisce **servizi ecosistemici**.

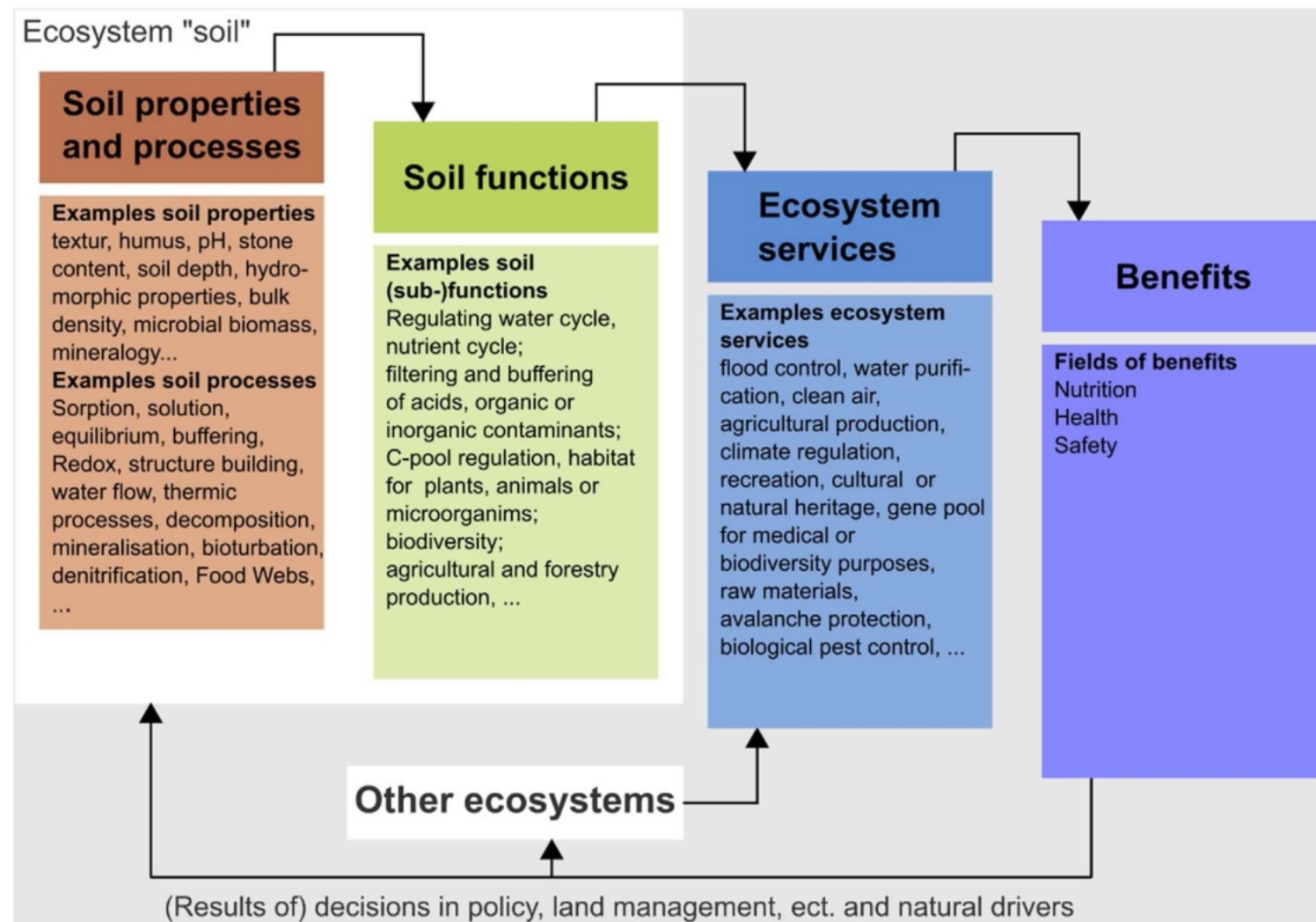


(Beveye et al., 2016)

Il Suolo: un sistema multifunzionale

Il **suolo** può essere considerato come un **capitale naturale** che fornisce **servizi ecosistemici**.

La **qualità del suolo** descrive le **proprietà** e i **processi** che lo rendono adatto a svolgere determinate **funzioni** a cui sono collegati determinati **servizi ecosistemici**.



(Greiner et al., 2017)



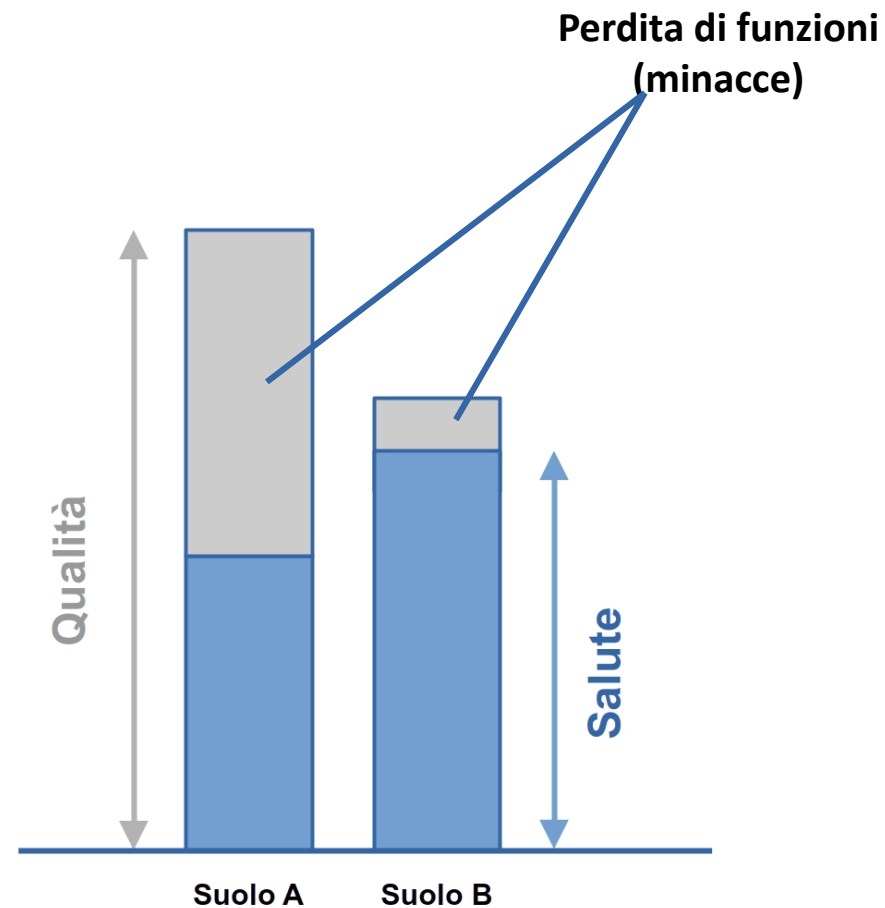
Il Suolo: un sistema multifunzionale

Il **suolo** può essere considerato come un **capitale naturale** che fornisce **servizi ecosistemici**.

La **qualità del suolo** descrive le **proprietà** e i **processi** che lo rendono adatto a svolgere determinate **funzioni** a cui sono collegati determinati **servizi ecosistemici**.

La **salute di un suolo** è una misura della sua “bontà”, della sua idoneità a “funzionare”.

(Janzen et al., 2021)

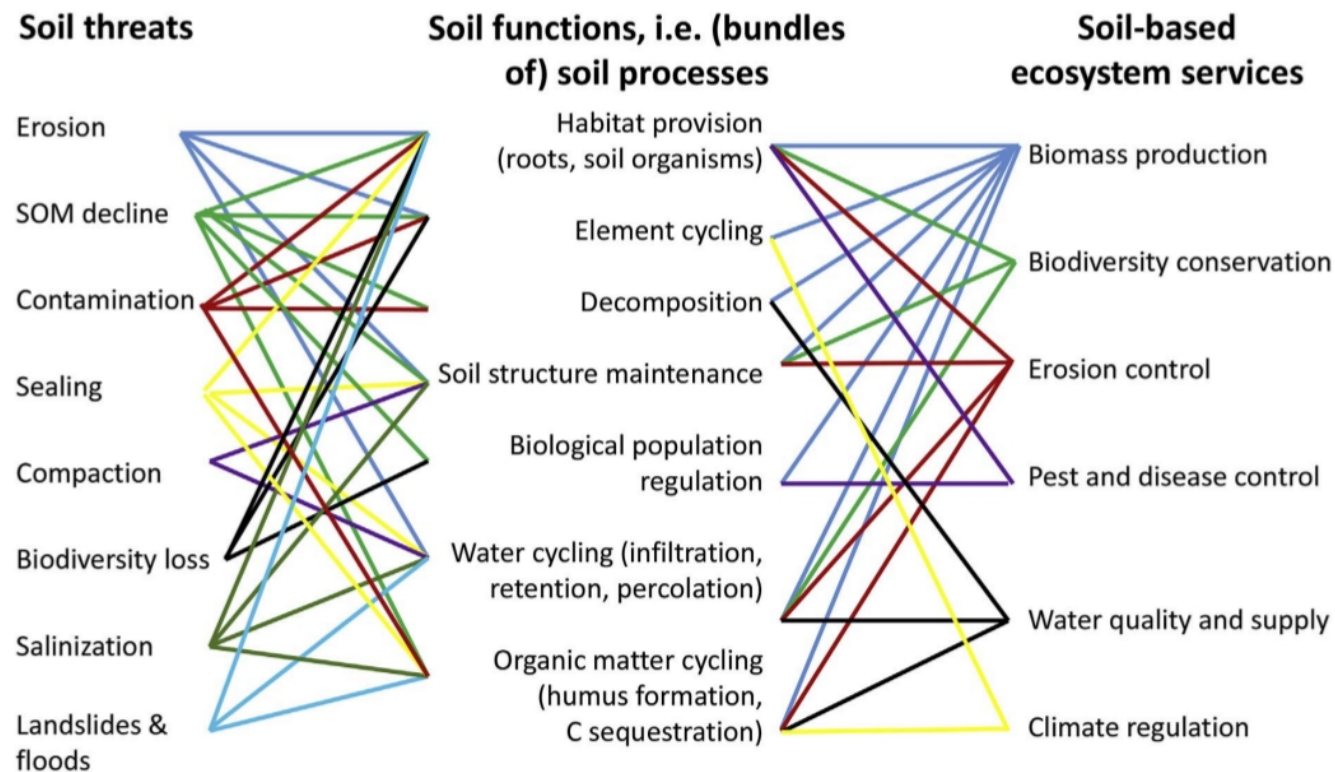


(INRAE, 2024)



Misurare la Qualità del Suolo

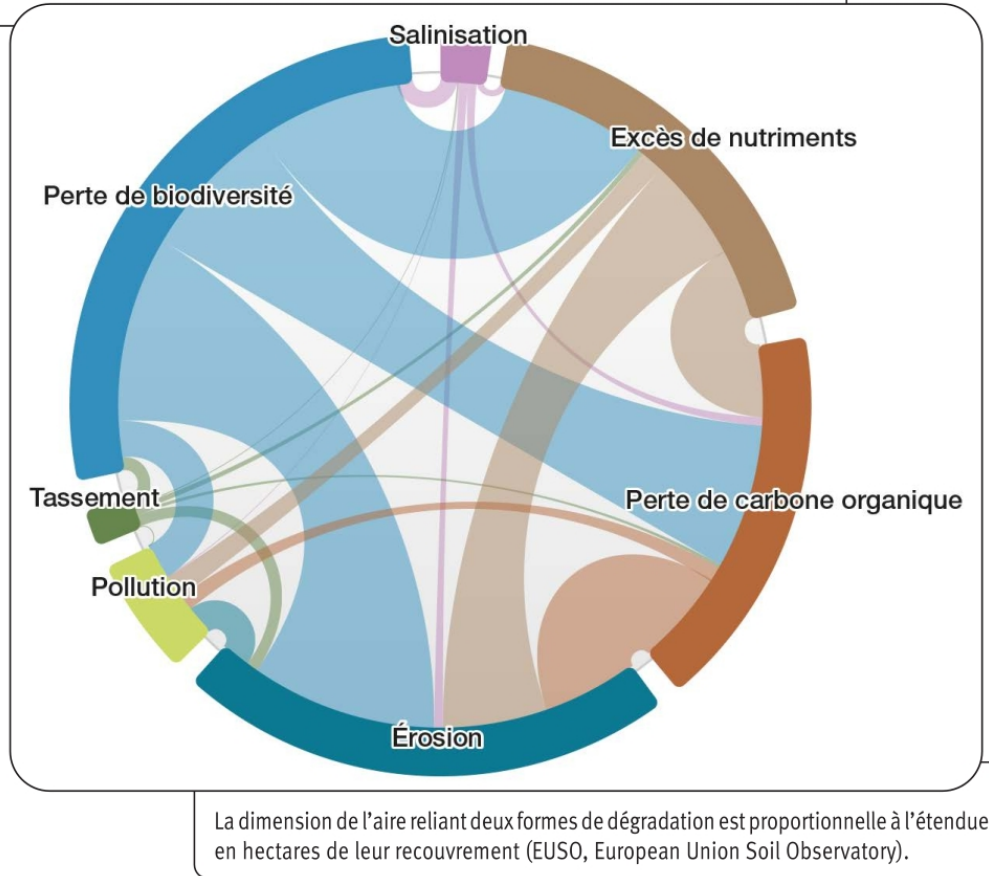
Il modo più concreto di osservare le funzioni del suolo è considerare le **minacce** (o **limiti dell'ecosistema**) che ne riducono i servizi ecosistemici.



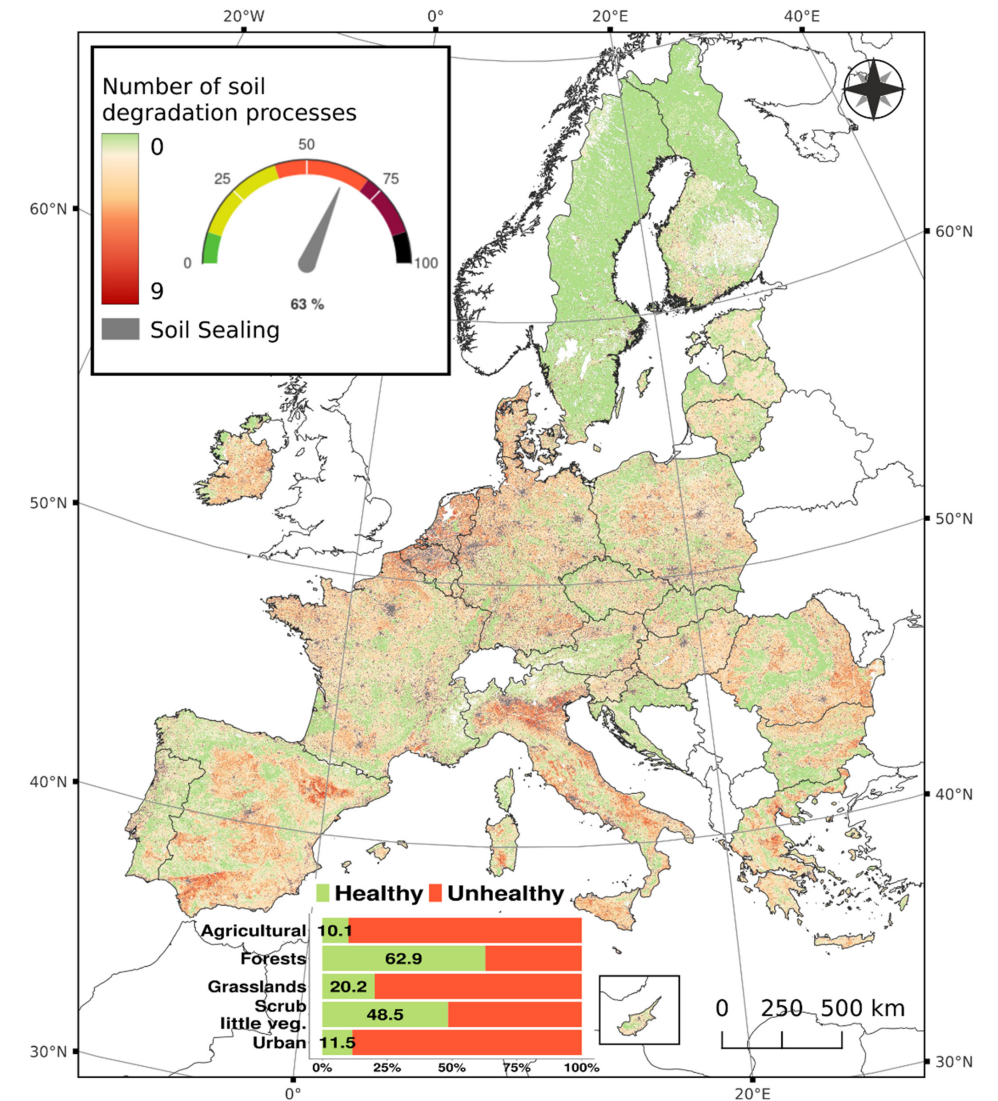
(Brussard et al., 2012)

Misurare la Qualità del Suolo

Figure 1.3. Les dégradations des sols de l'UE et leurs recouvrements.



<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/>



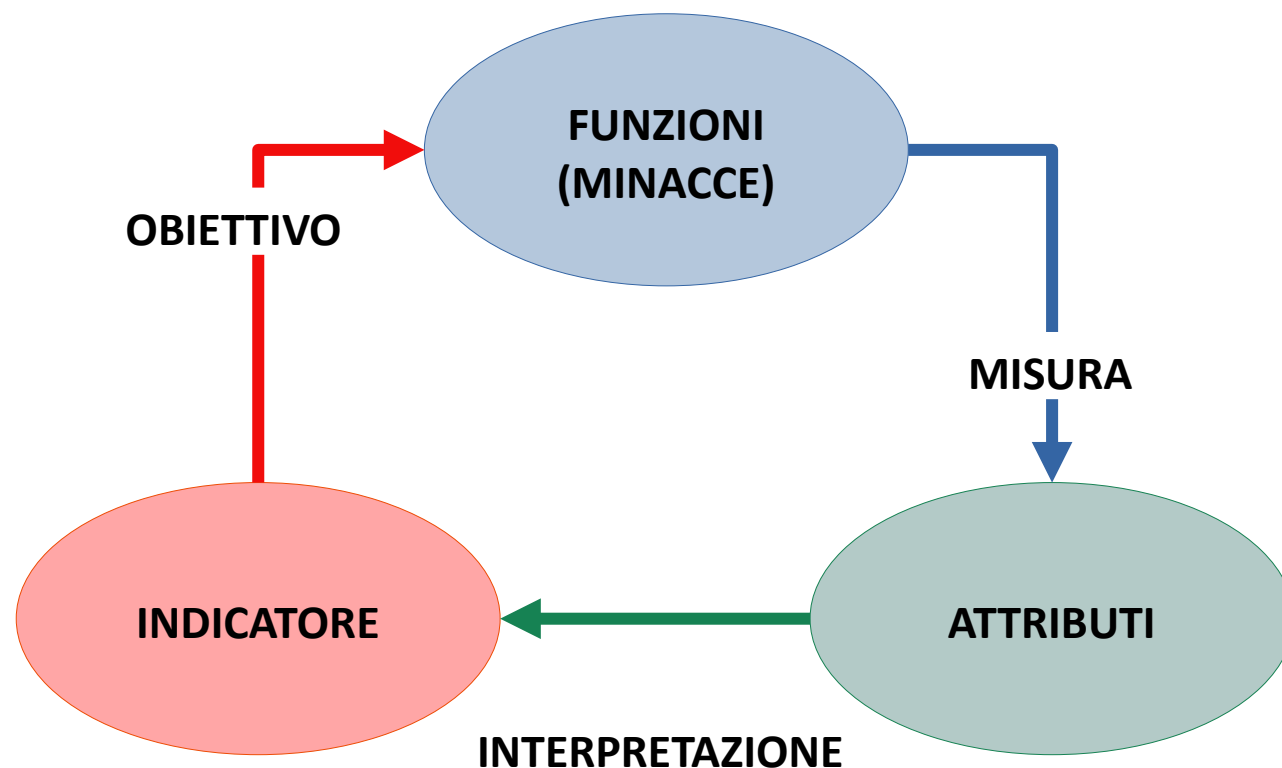
(Panagos et al., 2024)



Misurare la Qualità del Suolo

In pratica, la **qualità del suolo** si misura fissando come obiettivo una o più **minacce** o **funzioni** e quindi misurando dei **parametri** che sono collegati a caratteristiche o processi del suolo.

Il processo di interpretazione dei valori misurati ci ritorna una grandezza che chiamiamo **INDICATORE** di qualità del suolo.



Misurare la Qualità del Suolo

La qualità del suolo si misura attraverso grandezze, dette **INDICATORI** che misurano una funzione o una minaccia alla qualità del suolo.

MINACCE										INDICATORI	FUNZIONI																
Loss of biodiversity	Loss of soil organic carbon	Soil contamination	Excess nutrient content in soil	S Acidification	Reduced water retention capacity	Subsoil compaction	Topsoil compaction	Salinisation	Erosion	Indicators		Indicator evaluation content	Standardised valuation method	Operational maturity level	Used in economic evaluations				Supporting soil organisms	Supporting vegetation	Storing carbon	Regulating contaminants	Providing nutrients to the biocenosis	Regulating water quantity	Regulating water quality	Maintaining soil structure	
											Indicators common to both approaches																
										Depth		⇄		●	x												
										Erosion rate		⇄															
										Particle-size distribution - Texture			x	●	x												
										Bulk density			x	●													
										Rock fragment content				●													
										Structural stability				●													
										Electrical conductivity			x	●													
										Saturated hydraulic conductivity				●	x												
										Air capacity																	
										Available Water Content (AWC)		⇄		●	x												
										Water Holding Capacity (WHC)		⇄															
										pH (water)			x	●	x												
										Cation exchange capacity (CEC)				●	x												
										Total N content			x	●	x												
										Available P content			x	●	x												
										Available K content			x	●													
										Total TMM* content				●													
										Extractable TMM content				●													
										Organic pollutants content (PAH*)			x	●													
										Organic pollutants content (PCB*, dioxins/furans)			x	●													
										Organic pollutants content (pesticides and metabolites)			x	●													
										Organic carbon content			x	●													
										Organic carbon/Clay ratio				●													
										Carbon stock (over 30 cm)				●	x												
										Carbon stock (over 1 m)		⇄		●													
										Carbon fractions				●													
										Oxidizable carbon fraction				●													
										C/N ratio				●													
										Humus type and composition (including C/N)				●													
*										Molecular microbial biomass			x	●													
*										Microbial biomass			x	●													
*										Soil basal respiration			x	●													
										N and C potential mineralisation rate				●													
*										Phospholipid fatty acids (PLFA)																	
*										Soil bacterial diversity				●													
										Soil fungal diversity				●													
										Fungi/bacteria ratio				●													
										Enchytraeids abundance				●													
*										Earthworms abundance				●	x												
*										Taxonomic composition/functional diversity of earthworms				●													
*										Nematodes abundance				●													
*										Nematode diversity				●													
*										Microarthropods abundance				●													
*										Taxonomic composition/functional diversity of microarthropods				●													
*										Enzymatic activity			x	●													
*										Abundance of ants																	
*										Diversity of ants																	

Misurare la Qualità del Suolo

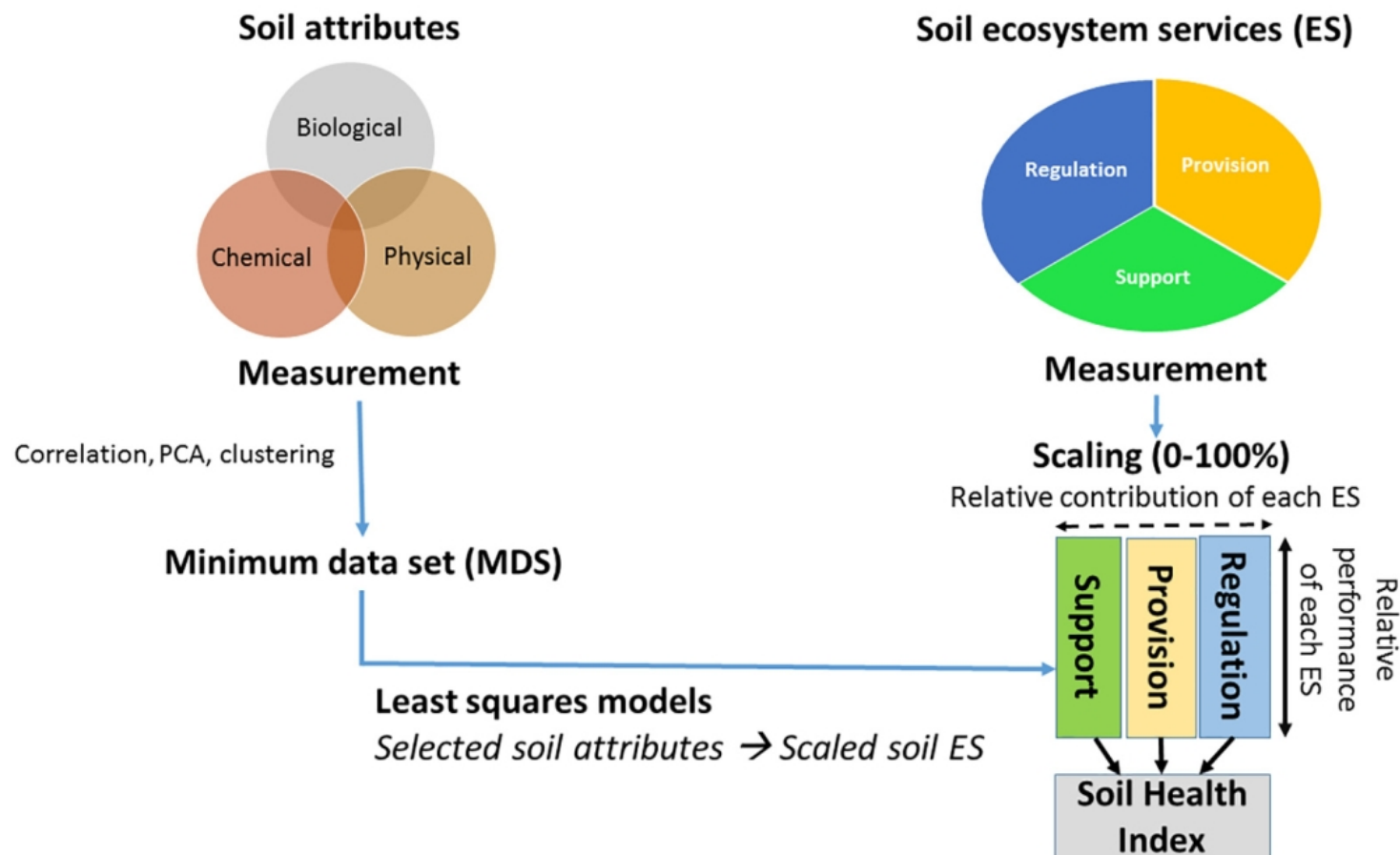
Il **valore misurato** o **calcolato** di un **indicatore** è significativo solo in relazione al **quadro di riferimento interpretativo**:

- **valori esistenti o di riferimento** → Lightfarm
- **valori soglia o ottimali** → Norme, siti naturali



Misurare la Qualità del Suolo

L'insieme degli indicatori selezionati può essere espressa in modo sintetico ottenendo un **INDICE di qualità/salute del suolo (SQI o SHI)**.



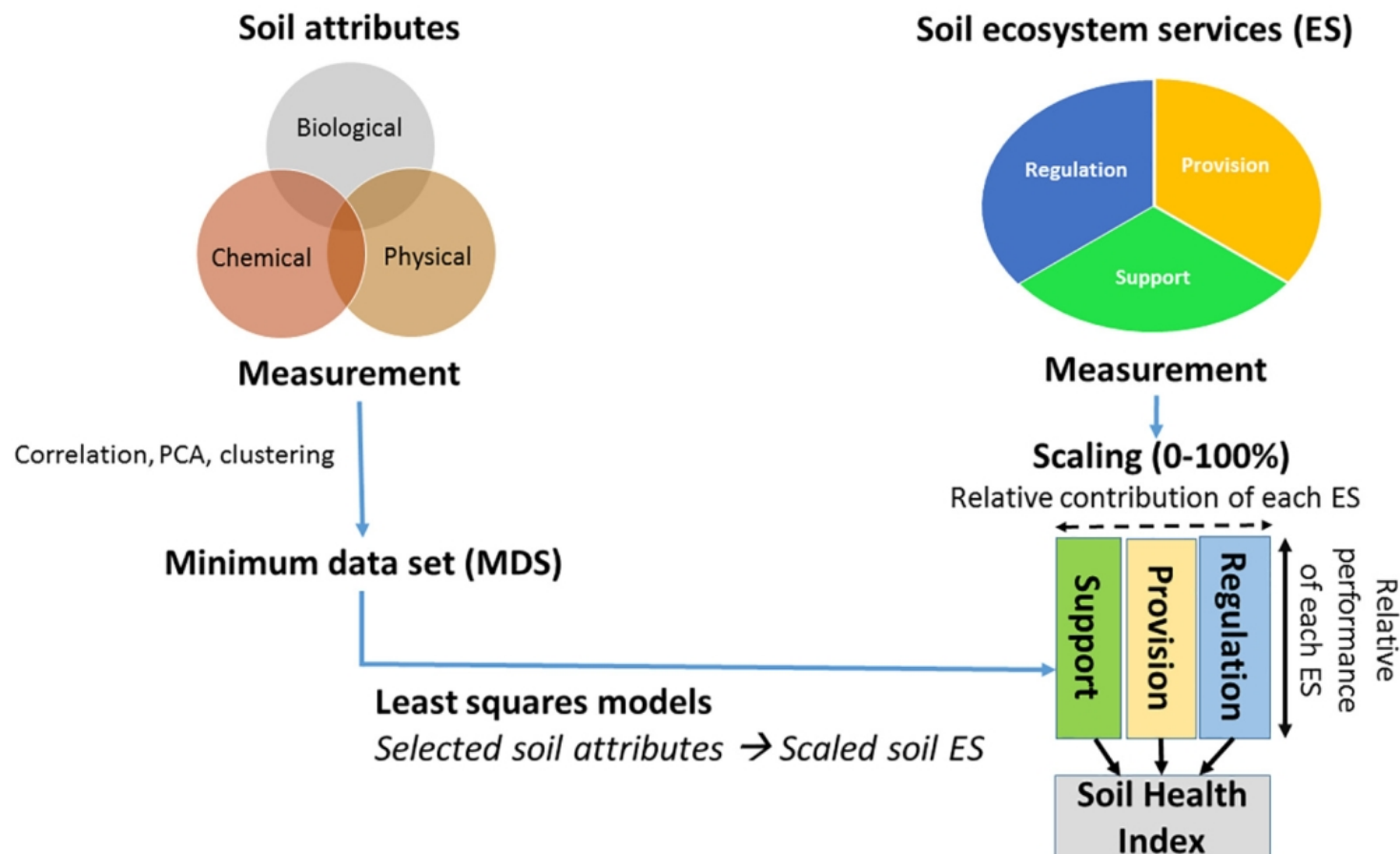
(Rinot et al., 2019)



Misurare la Qualità del Suolo

L'SQI è un **indice multiparametrico** di validità generale dipende da:

- capacità di rappresentare la **variabilità spaziale e temporale** di caratteristiche e dei processi del suolo
- utilizzo di **metodi standardizzati** di campionamento e di analisi
- limiti del modello nella **selezione** degli indicatori, negli algoritmi e nelle assunzioni utilizzati per la **valutazione**



(Rinot et al., 2019)



LA QUALITÀ DEI SUOLI: IL RUOLO DEI FERTILIZZANTI A BASE ORGANICA, DALLA TEORIA AL CAMPO



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

BIBLIOGRAFIA

- Baveye PC, Baveye J and Gowdy J (2016) Soil “Ecosystem” Services and Natural Capital: Critical Appraisal of Research on Uncertain Ground. Front. Environ. Sci. 4:41. <http://doi.10.3389/fenvs.2016.00041>
- Brussaard L “Ecosystem Services Provided by the Soil Biota” in Diana H. Wall, and others (eds), Soil Ecology and Ecosystem Services (Oxford, 2012; online edn, Oxford Academic, 17 Dec. 2013), <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199575923.003.0005>
- EEA. 2024. The state of soils in Europe – Fully evidenced, spatially organised assessment of the pressures driving soil degradation, Arias-Navarro, C.(editor), Baritz, R.(editor) and Jones, A.(editor), Publications Office of the European Union, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/7007291>
- Fan Y, Zhang C, Hu W, Saifullah Khan K, Zhao Y, Huang B (2025). Development of soil quality assessment framework: A comprehensive review of indicators, functions, and approaches. Ecological Indicators 172 113272 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113272>
- Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A, Papritz A (2017) Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services Land Use Policy 69 224–237 <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.025>
- Panagos P, Borrelli P, Jones A and Robinson DA (2024) A 1 billion euro mission: A Soil Deal for Europe. European Journal of Soil Science, 75(1), e13466. <https://doi.org/10.1111/ejss.13466>
- Cousin I, Desrousseaux M, Leenhardt S. Soil Quality: towards an indicator system for public policy. Summary of the INRAE study report. INRAE. 2024, 10 p. <https://hal.inrae.fr/hal-04798285v1>
- Rinot O, Levy GJ, Steinberger Y, Tal Svoray T, Eshel G (2019). Soil health assessment: A critical review of current methodologies and a proposed new approach. Science of the Total Environment 648 1484–1491 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.259>
- Xia Y, Wander M (2022). Evaluation of indirect and direct scoring methods to relate biochemical soil quality indicators to ecosystem services. Soil Sci. Soc. Am. J. 86:678–702. DOI: [10.1002/saj2.2037](https://doi.org/10.1002/saj2.2037)



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Luciano Cavani

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari

luciano.cavani@unibo.it

<https://www.unibo.it/sitoweb/luciano.cavani>

www.unibo.it