

E' possibile considerare tutte le componenti della
fertilità in un indice di qualità del suolo?

L'approccio di SPIN-FERT

Eligio Malusà e Maria Grazia Tommasini

*CREA – CENTRO PER LA VITICOLTURA ED ENOLOGIA
NATIONAL INSTITUTE OF HORTICULTURAL RESEARCH*

RiNOVA



Funded by
the European Union

La valutazione della qualità del suolo

La valutazione della qualità del suolo è centrale per un'agricoltura sostenibile, ma è complessa per:

- elevata variabilità spaziale
- interazioni tra proprietà fisico-chimiche
- dinamiche di lungo periodo

L'innovazione metodologica

- Sviluppo di un Indice di Qualità del Suolo basato su approccio data-driven di class modelling (DD-SIMCA).

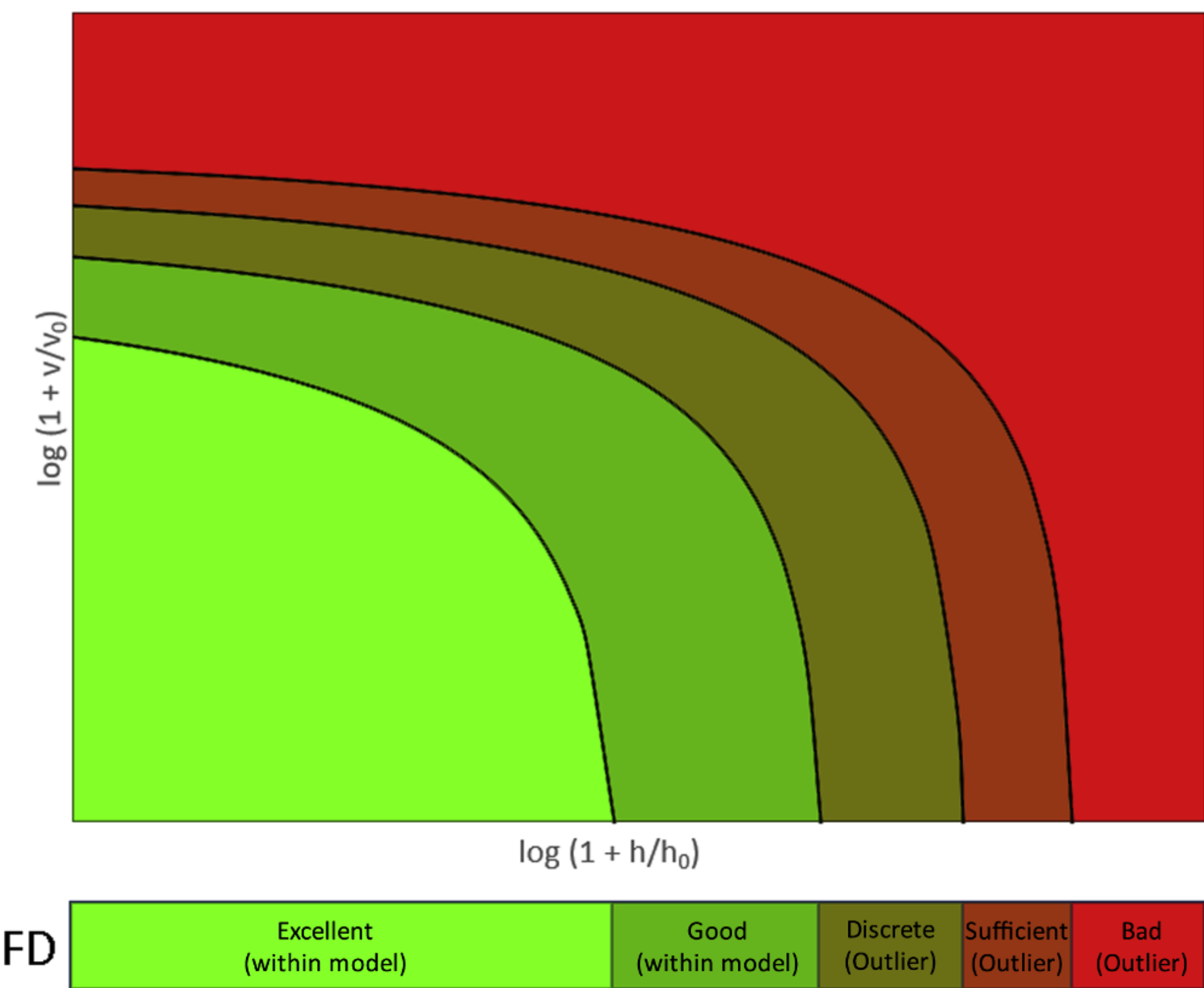
Il modello SIMCA

- Per sviluppare il modello di qualità del suolo sono stati creati tre diversi tipi di set di dati.
 - ✓ Set di dati basato su parametri fisico-chimici (11 variabili).
 - ✓ Set di dati basato su parametri biologici (2 variabili)
 - ✓ Set di dati basato su un sottogruppo di parametri fisico-chimici del suolo (quelli disponibili nel set di dati globale sui nematodi - 3 classi di tessitura, OM, pH, CEC) e due parametri biologici (8 variabili).
- L'approccio di modellizzazione ha applicato il metodo SIMCA (Soft Independent Models of Class Analogy), che restituisce un indicatore metrico che identifica una classe target.
- La classe target era la classe di eccellente qualità del suolo basata sugli intervalli delle variabili.

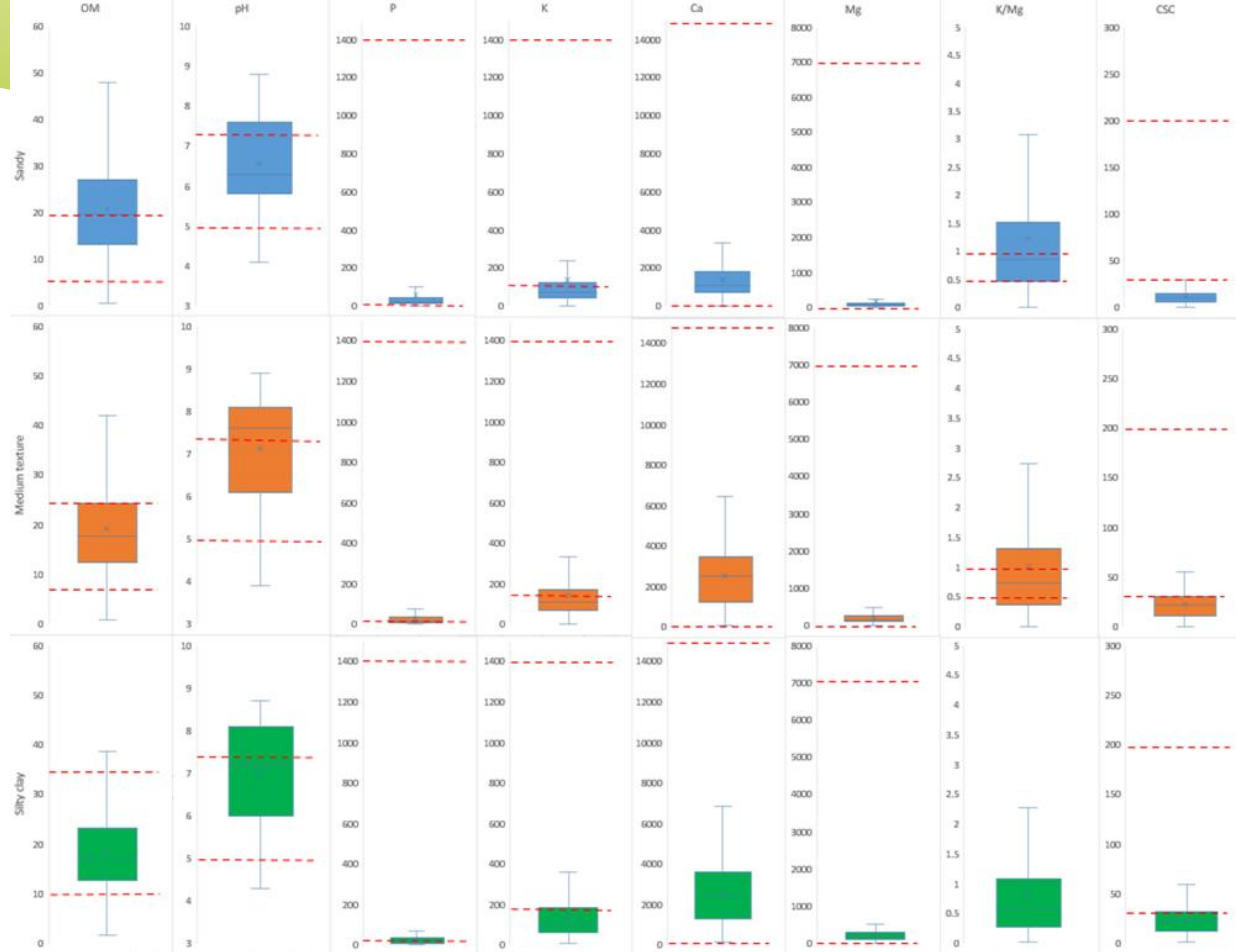
Valori soglia dei parametri chimici in funzione della tessitura

classe di tessitura		SO (g/kg)	pH	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	K/Mg	CSC	PPN/nematodi totali (%)	Nematodi totali (N)
Sabbioso	Min	6	5	5	120	3	1	0.5	30	15	500
	Max	20	7.2	1400	1400	15000	7000	1	200	30	1000
Medio impasto	Min	8	5	5	150	3	1	0.5	30	15	500
	Max	25	7.2	1400	1400	15000	7000	1	200	30	1000
Argilloso-limoso	Min	10	5	5	180	3	1	0.5	30	15	500
	Max	35	7.2	1400	1400	15000	7000	1	200	30	1000

I dati usati per i modelli ed il metodo di classificazione



Parametri	Modello Qualità Chimico Fisica del Suolo	Modello Fertilità Qualificata del Suolo
Numero variabili	10	8
N. Campioni in dataset artificiale	6000	6000
N. Campioni in dataset reale	7557	2094
% varianza spiegata	97.6	99.9

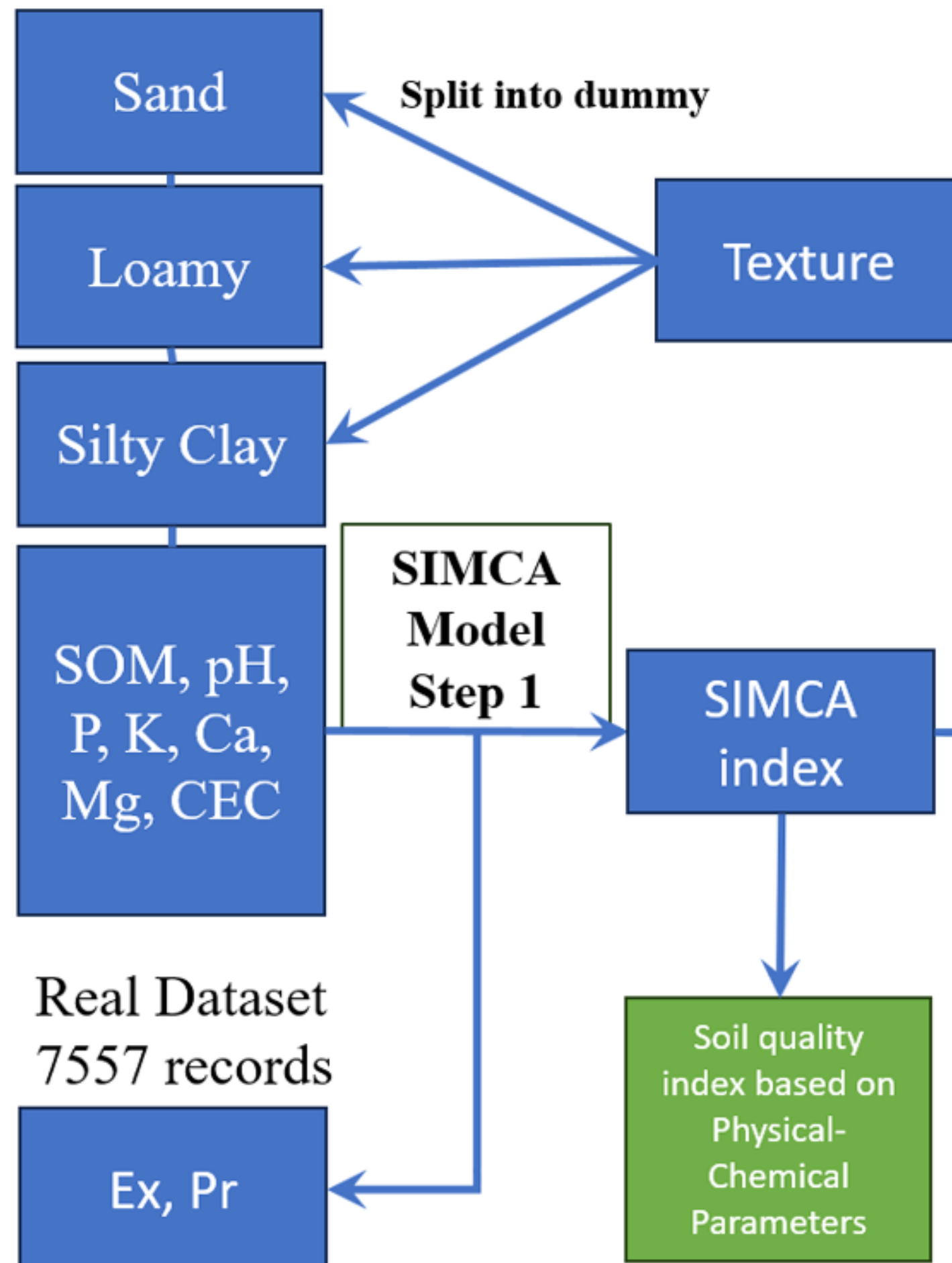


**Distribuzione dei
valori del dataset
reale in relazione
agli intervalli
definiti per le 3
classi di tessitura**

I tre modelli valutati per lo sviluppo dell'indice

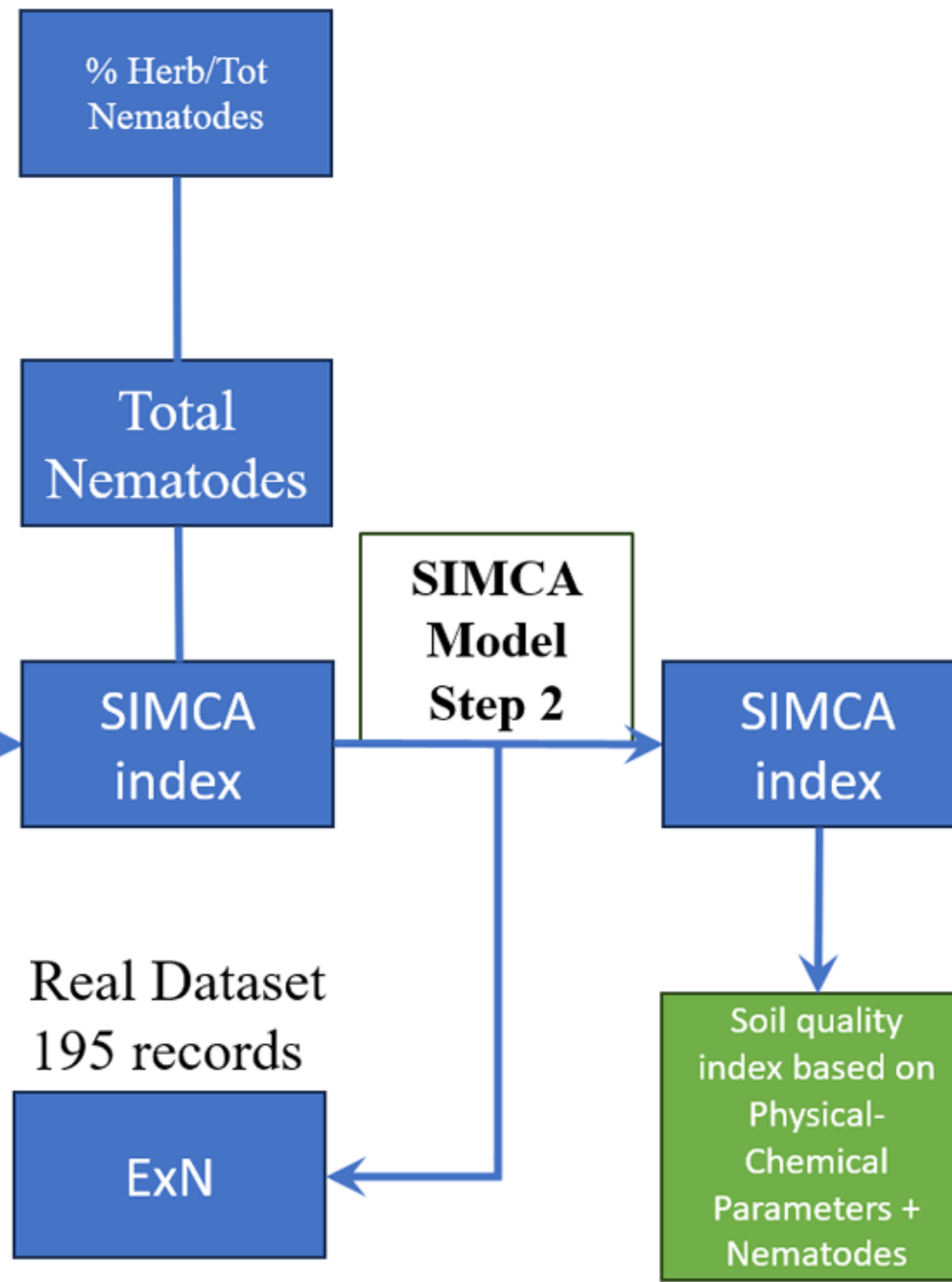
Model Soil Chemical Physical Quality

Physical-Chemical Parameters
Dataset APCP (10 Variables)
Artificial dataset: 6000 records



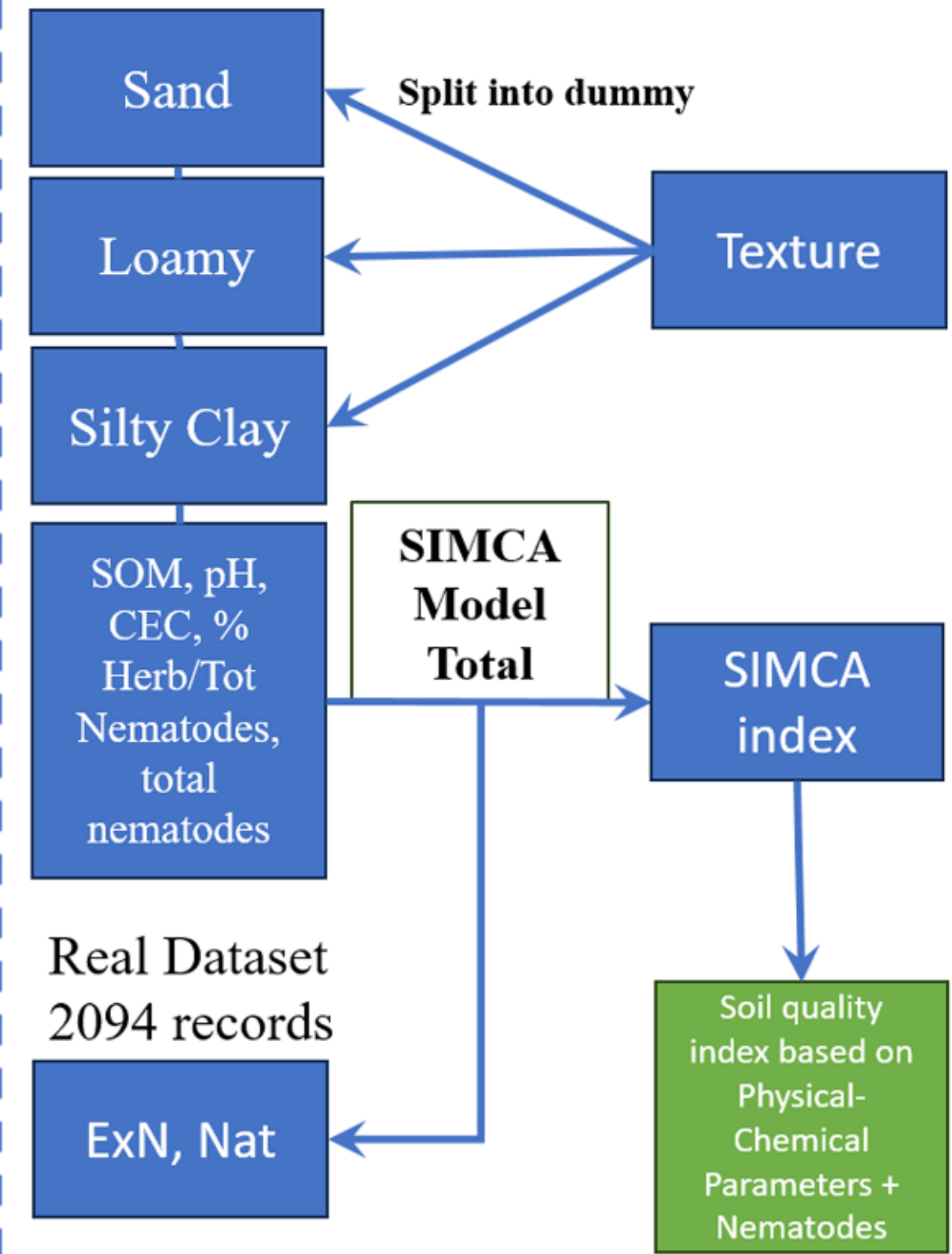
Model General soil fertility

Nematodes variables + Step 1 output
Dataset BP+Step1 output (3 Variables)
Artificial dataset: 3000 records

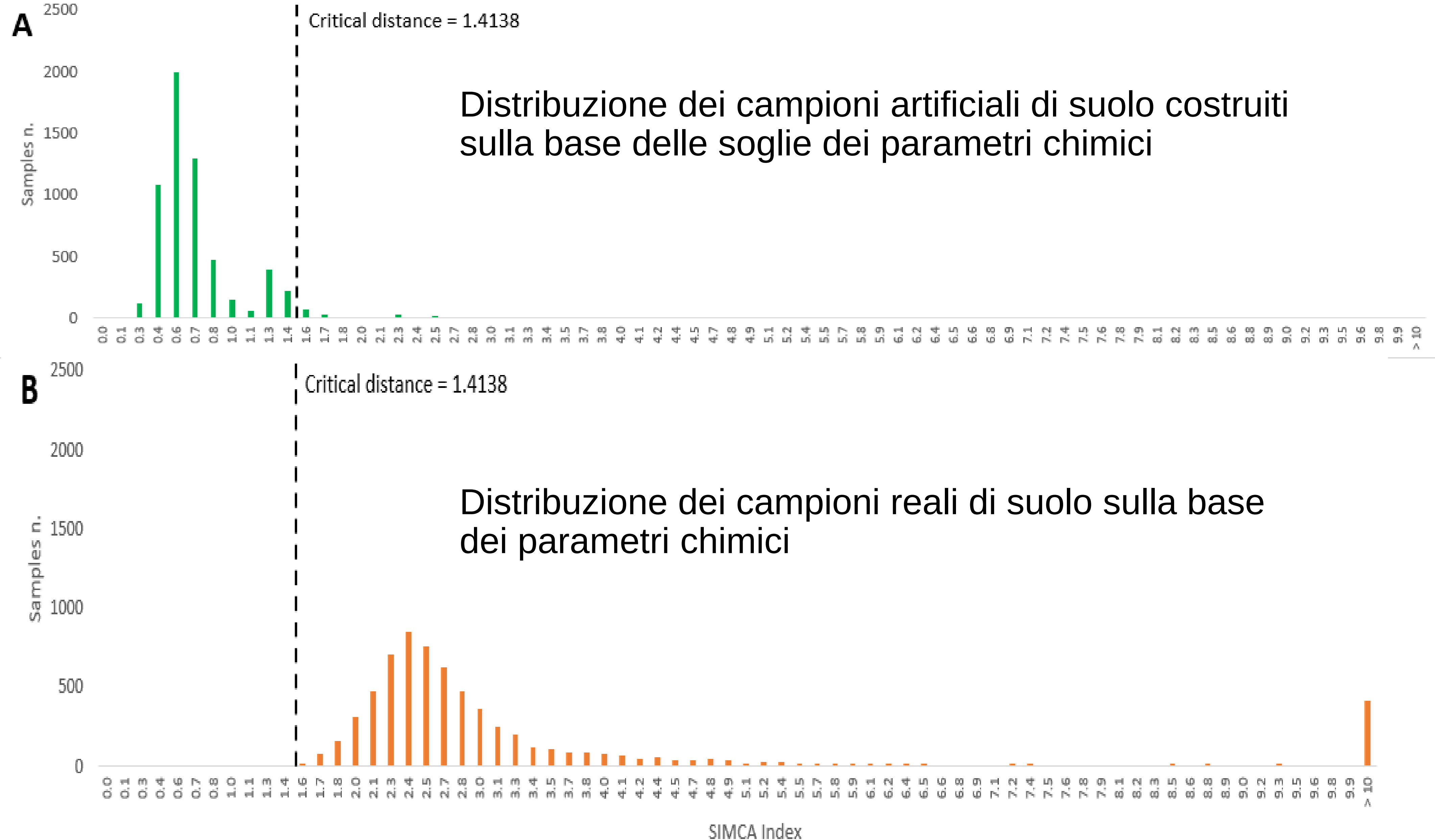


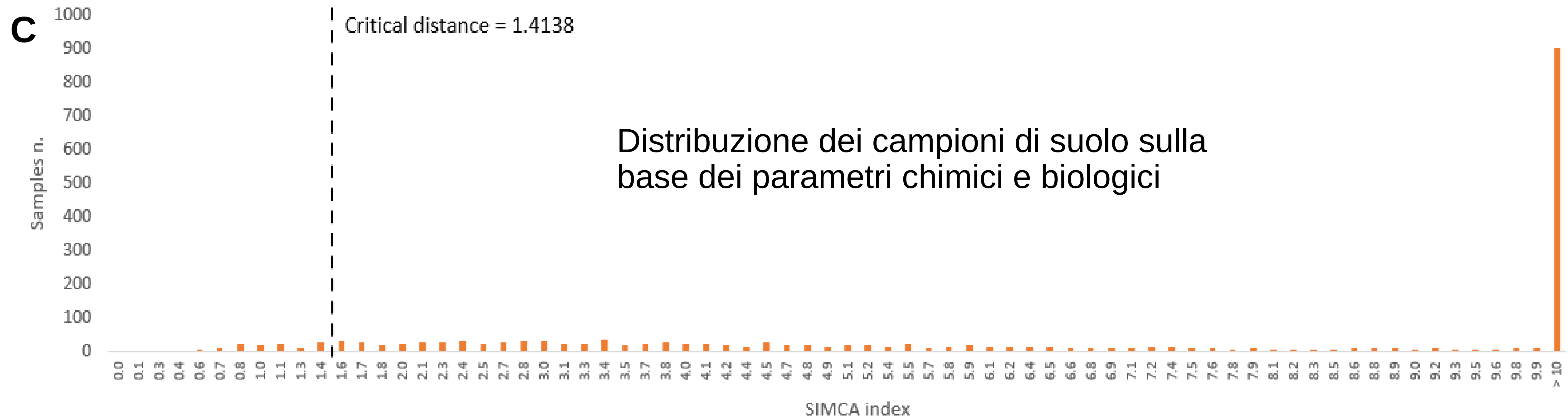
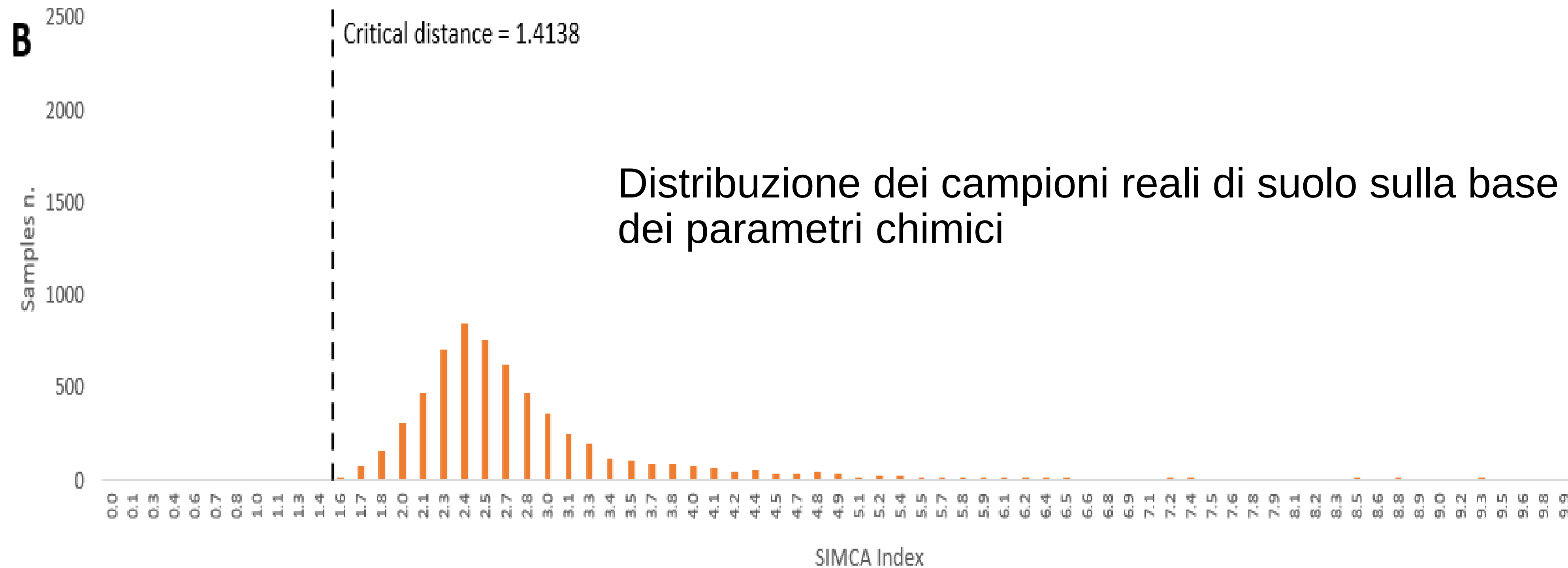
Model Qualified soil fertility

Physical-Chemical Parameters
Dataset PCBP (8 Variables)
Artificial dataset: 6000 records

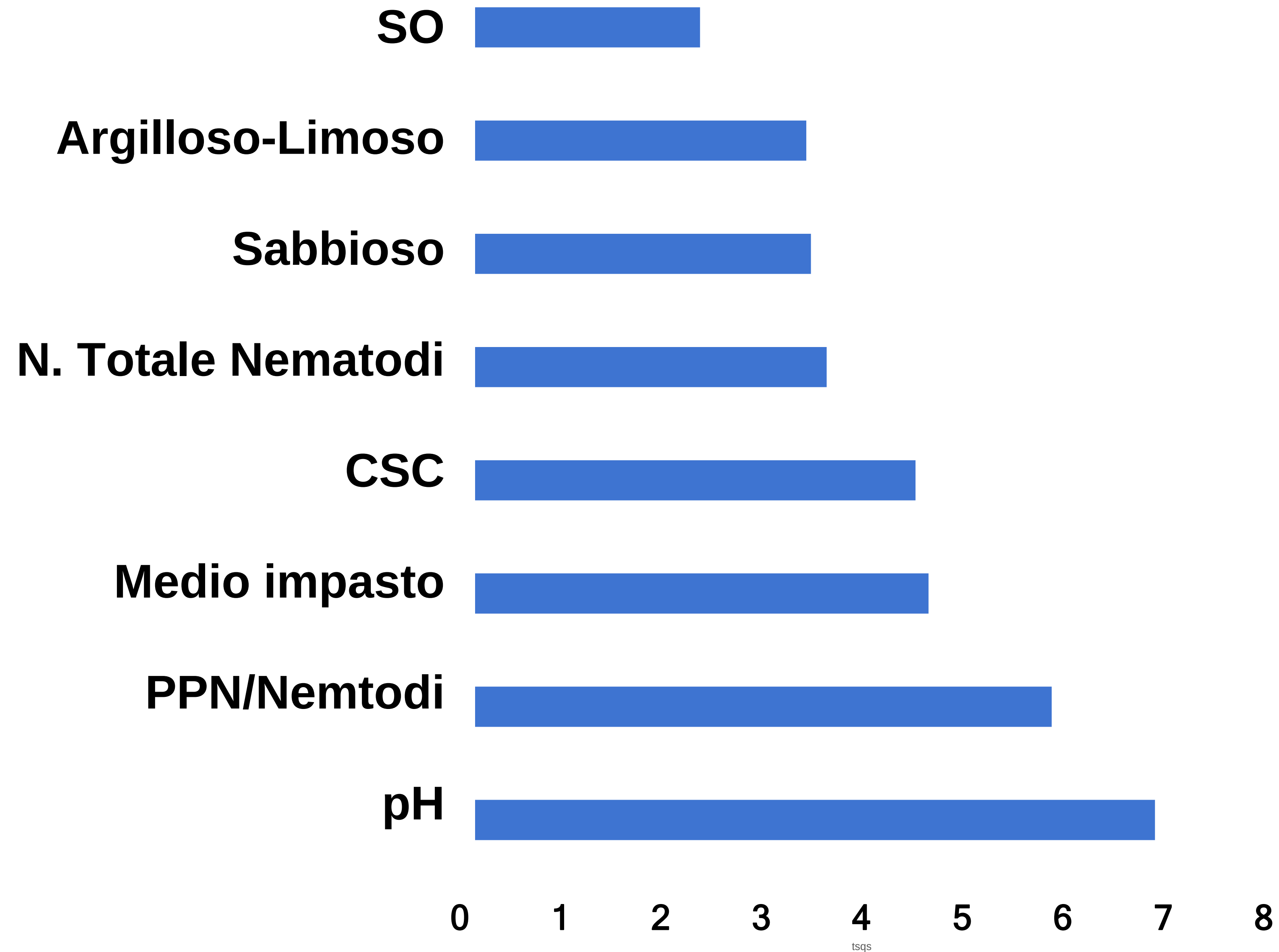


La classificazione dei campioni di suolo dei due indici





Influenza delle variabili nella costruzione del modello



L'interfaccia del modello

Soil Quality Index

Physical Chemical parameters (Log Translated SIMCA Distances)

Year: 2022 Sample name: VOLVERA



Texture

Clay: 13.35 % Sand: 41.25 % Loam: 45.4 %

Chemical parameters

pH: 5.9 SOM: 14.80 g/Kg P: 79.84 ppm K: 246.25 ppm

Mg: 128.75 ppm Ca: 698.75 ppm K/Mg: 1.91 CSC: 7.00

Field Sample location



Lo sviluppo del modello in corso

- Integrazione di dati relativi al microbioma del suolo
 - ✓ Variabili quantitative (componenti delle popolazioni microbiche)
 - ✓ Variabili qualitative (parametri della biodiversità funzionale)
 - ✓ Integrazione del modello con un approccio AI
- Collaborazione con piattaforme a livello Europeo e mondiale....

SoilHive

Un'infrastruttura digitale collaborativa dedicata alla gestione dei dati sul suolo, progettata per garantire accesso strutturato, condivisione sicura e interoperabilità tra fonti eterogenee.

La piattaforma è finalizzata a:

- migliorare la reperibilità, la comparabilità e il riutilizzo dei dati sul suolo;
- armonizzare dataset provenienti da contesti istituzionali, scientifici e privati;
- supportare analisi quantitative, modellistica e strumenti decisionali basati su evidenze scientifiche.

SoilHive si rivolge a:

- Comunità scientifica, per analisi robuste, replicabili e scalabili;
- Decisori pubblici, per l'elaborazione di politiche informate;
- Operatori del settore agricolo e consulenti tecnici, per lo sviluppo di servizi e soluzioni data-driven.

SoilHive: a global soil data platform

A digital platform that fosters collaboration in the Food and Agriculture sector and accelerate the growth of open soil data for sustainable impact.

[Go to the map](#)

[Watch demo](#)

 **Soil data**

 **Filters**



418.636 points

Total number of data points



1279

Total number of raster layers



0-200 cm

Soil depth explored



1918-2025

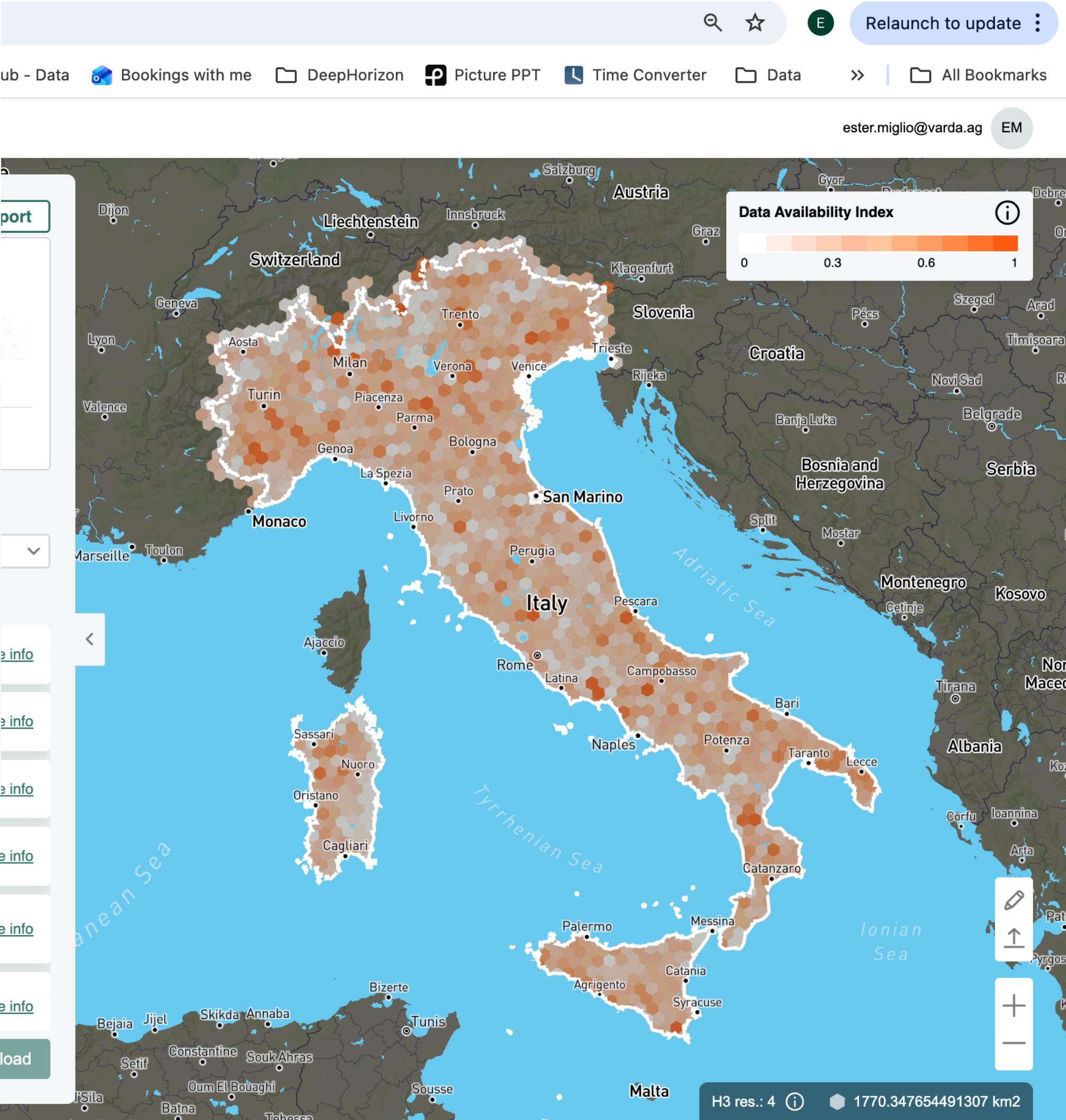
Temporal coverage

☐ GSOCmap [More info](#)

☒ LUCAS 2015 [More info](#)

☒ LUCAS 2009 [More info](#)

[Ask for data in this location](#) [Download](#)



Da indice validato a strumento scalabile

Un indice, per quanto robusto, resta statico se non è integrato in un'infrastruttura dati dinamica

Integrazione in SoilHive

L'infrastruttura consente:

- Accesso a dataset armonizzati e in continua espansione
- Validazione su diversi contesti pedo-climatici
- Ri-calibrazione periodica del modello
- Aggiornamento continuo con nuovi dati

Visualizzazione dell'indice

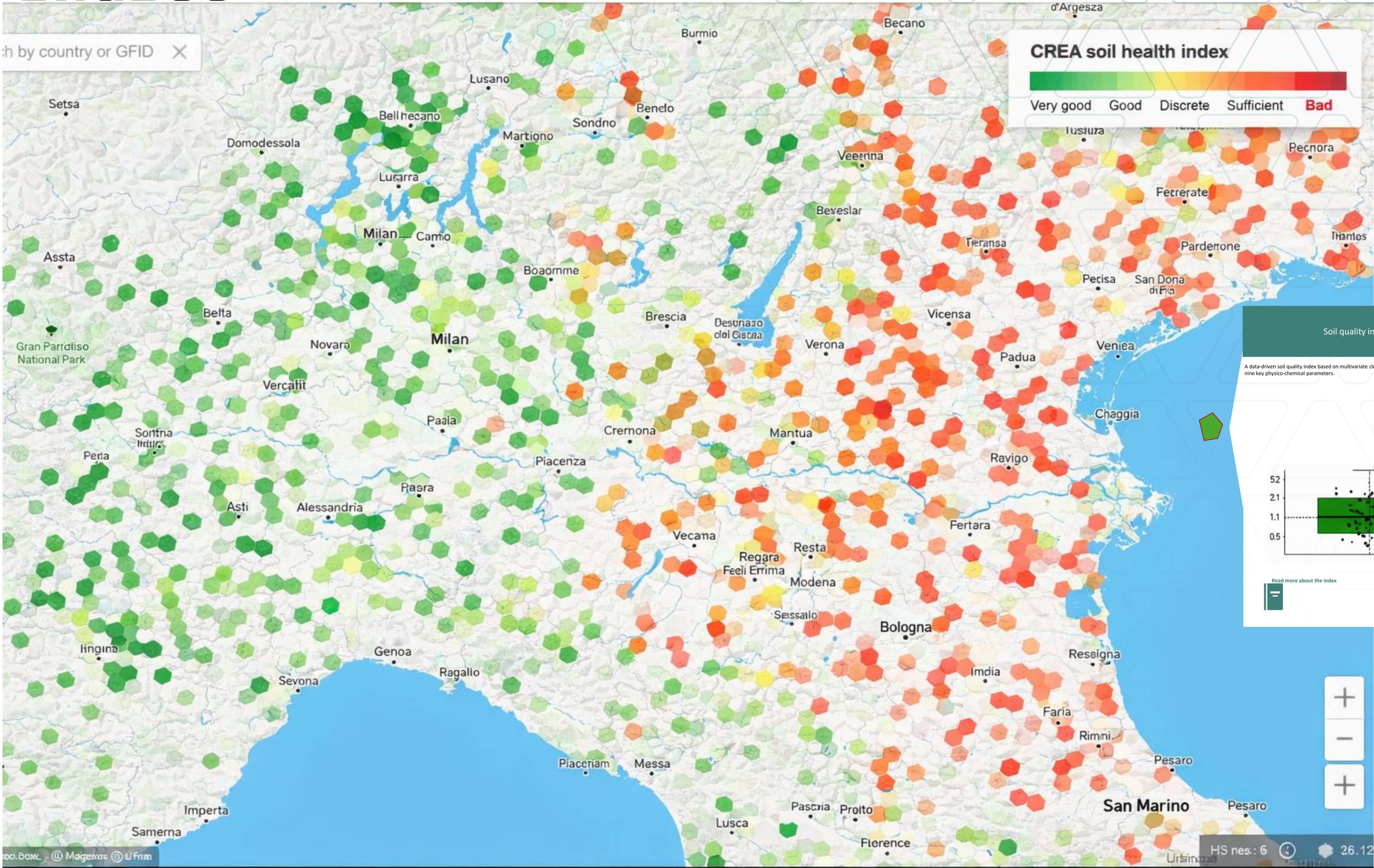
L'indice viene calcolato su **griglia esagonale H3**, con risoluzione modulabile e definita con le Regioni in funzione degli obiettivi e della densità dei dati disponibili.

La rappresentazione avviene tramite **scala cromatica standardizzata** (verde → rosso), per consentire una lettura immediata e comparabile tra territori.

Perché è rilevante:

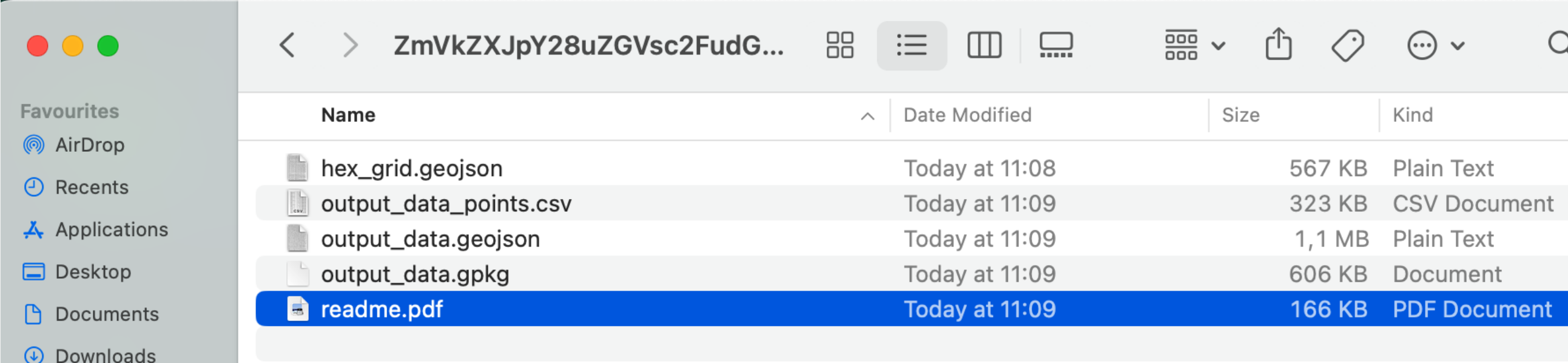
- **Lettura sintetica del territorio:** un indicatore unico che integra più parametri fisico-chimici.
- **Comparabilità spaziale** a diverse risoluzioni

Visualizzazione dell'indice



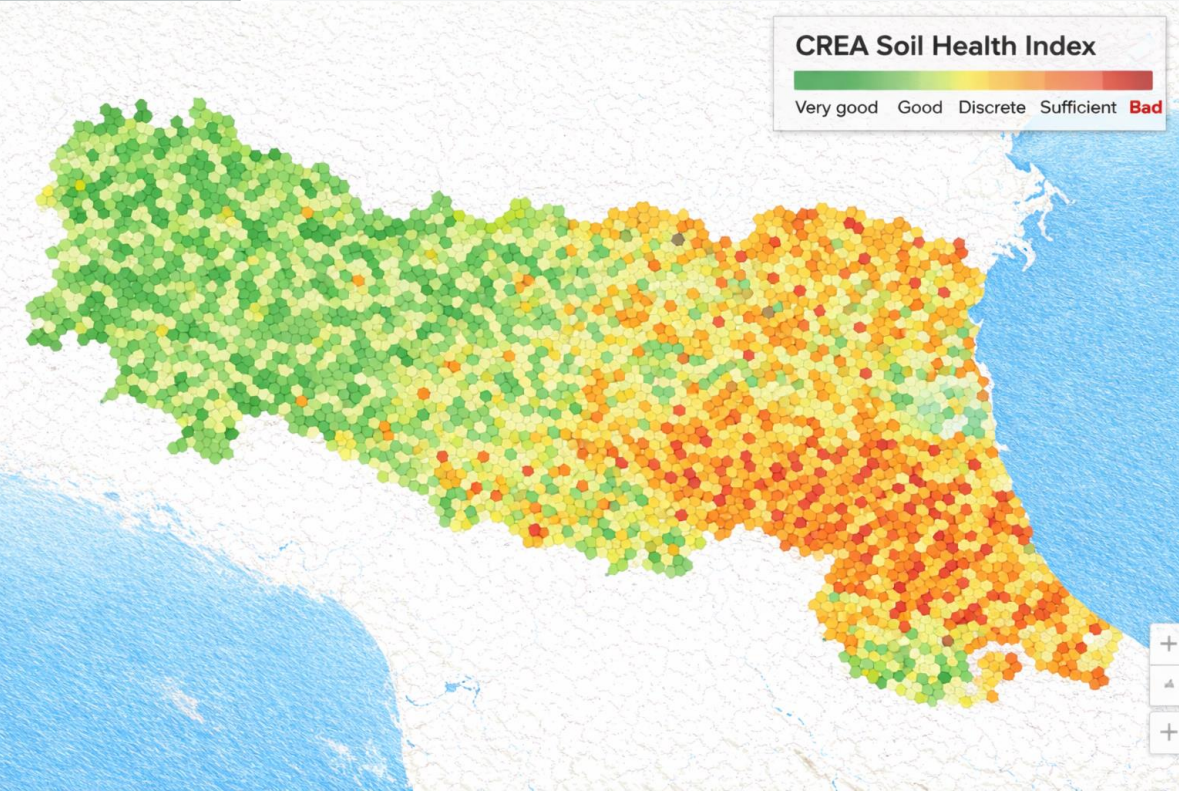
Cosa offre la piattaforma

- **Dati grezzi armonizzati** per l’area di interesse, scaricabili in formato tabulare o geospaziale, completi di metadati.
- **Layer dell’Indice di Qualità del Suolo**, visualizzabile e interrogabile in mappa
- **Riferimento metodologico**, tramite documento SPINFERT o pubblicazione scientifica.



CREA Soil Health Index

Very good Good Discrete Sufficient Bad



A preliminary model for determining a soil quality index including biological data implemented through a QR code application

Simone Figorilli ^a, Loredana Canfora ^b, Andrea Manfredini ^b, Simona Violino ^a, Lavinia Moscovini ^a, Federico Pallottino ^a, Francesca Antonucci ^a, Corrado Costa ^{a,*}, Ewa M. Furmanczyk ^{c,d}, Wioletta Popińska ^c, Antonio Gerardo Pepe ^b, Eligio Malusà ^{c,d,*}

^a Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA) - Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Via della Pascolare 16, 00015 Monterotondo (Rome), Italy

^b Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA) - Centro di ricerca per l'agricoltura e l'ambiente, Via della Navicella 2, 00184 Rome, Italy

^c The National Institute of Horticultural Research, 96-100 Skierniewice, Poland

^d Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA) - Centro di ricerca Viticoltura ed Enologia, 14100 Asti, Italy

ARTICLE INFO

Keywords:
digital soil
DSS
QR-code
DD-SIMCA
Soil quality index

ABSTRACT

Soil plays a central role in delivering several ecosystem services. However, its complex nature, the spatial variability and the timescale of soil processes make it challenging to quantify shifts in soil quality as a result of agronomical practices. A comprehensive indicator that includes parameters from different categories of soil properties, allowing an easy interpretation of soil quality by farmers and land managers, is thus needed. In this context, a class-modelling approach based on the Data-Driven Soft Independent Model of Class Analogy (DD-SIMCA) was tested to develop a soil quality index based on physical, chemical and biological parameters. Three models were built on a dataset composed by physical, chemical and biological soil parameters, which was created basing on ranges of values common to agricultural soils. The algorithm was thus applied to a real dataset obtained from about 9800 soil samples. The models showed very high performance (sensitivity = 1), allowing to classify the samples into quality groups. The model output was incorporated into a coloured QR-code, which allowed to express the quality of a soil sample with a colorimetric scale based on a soil quality index. A preliminary version of the tool is available for further testing and validation through a web platform (<https://a-gritechlab.crea.gov.it/model/ddsimcasoil/ddsimcasoil.html>).

Introduction

Soil is related to several cornerstones for the sustainable development of the society. It is a natural resource that provides essential services to humans and the environment. Soil is related to several cornerstones for the sustainable development of the society. It is a natural resource that provides essential services to humans and the environment. Soil is related to several cornerstones for the sustainable development of the society. It is a natural resource that provides essential services to humans and the environment.

quantify changes in soil quality because of agronomical practices. Consequently, the definition of a global soil quality indicator is intrinsically difficult and thus has been frequently represented by proxies

Private Data Hub

Archiviare e condividere in modo sicuro i dati sul suolo con organizzazioni selezionate.


SoilHive
A Varda soil platform

Log in

Private Data Hub

Store your data and share it privately

A secure and easy-to-use platform for privately sharing soil data for a set period

Login to submit a project request

Introducing Private Data Hub!




For whom

If you are one of this type of companies, you are definitely interested


Universities


Research centers


NGO's


Soil Labs

Main features

Store soil data

Invite members to your project

Share data privately

Reuse SoilHive data and use our filters and features


SoilHive
A Varda soil platform

alessandra.scordino@varda.ag AL

Project name

Kenya hackathon

Back to my projects


Datasets
1 polygonal and 1 raster files added


Whitelist
8 users added to the project

General info Datasets Non soil data Whitelist

Search by name

New dataset

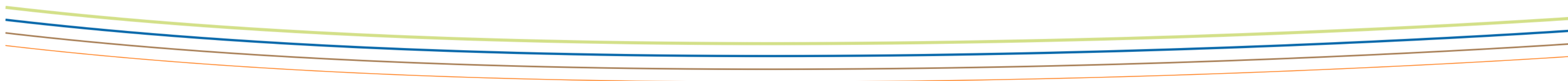
Dataset name	Uploaded by	Visibility	Status	
DownForce Technologies Limited - Soil Organic Carbon Stock in percentages for selected areas of Kenya	- 13/03/2025	Private	Ingested	 
Yara Kenya Data Challenge	- 14/03/2025	Private	Ingested	 

After uploading all the files and versions, please edit the dataset and click on the checkbox "This dataset is ready for ingestion". This will enable our data team to analyze it and ingest it in the platform.

Le organizzazioni possono conferire i propri dati a SoilHive per consentire la scalabilità e il miglioramento continuo dell'indice, mantenendo il pieno controllo sulla governance del dato e senza rendere accessibili a terzi i dati grezzi.

CONCLUSIONI

- Lo sviluppo di un indice di qualità del suolo basato su dati che coprono tutte le componenti della fertilità del suolo (chimica, fisica e biologica) può permettere di valutare al meglio lo stato di salute del suolo
- L'indice potrebbe essere impiegato sia per scopi agronomici, ma anche quale indicatore utile per il monitoraggio della qualità del suolo previsto dalla nuova Direttiva (UE) 2025/2360.
- L'utilizzo di AI può permettere l'integrazione di vari altri parametri di facile determinazione a livello aziendale (ad esempio lo slacking index), e quindi fornire una valutazione olistica della qualità del suolo



SPIN-FERT:

Pratiche, strumenti e prodotti innovativi per
aumentare la fertilità del suolo e sostituire la torba
nelle colture orticole



<https://spinfert.eu>



@SpinFertEU



@spinfert.eu



<https://www.youtube.com/@SPIN-FERTEU>



Project funded by the European Union Horizon Europe programme
under the grant agreement 101157265

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Funded by
the European Union

Project funded by the European Union Horizon Europe programme
under the grant agreement 101157265

<https://spinfert.eu>