



Università degli Studi di Ferrara

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra

Corso di Laurea Magistrale in Scienze

Geologiche, Georisorse e territorio

**Relazioni tra la tessitura dei terreni agricoli e la radioattività
naturale misurata tramite rilievi aerei di spettroscopia gamma
nella Valle del Mezzano (Ferrara)**

Relatrice:

Dott.ssa Virginia Strati

Laureando:

Filippo Semenza

Correlatrice:

Prof.ssa Costanza Bonadiman

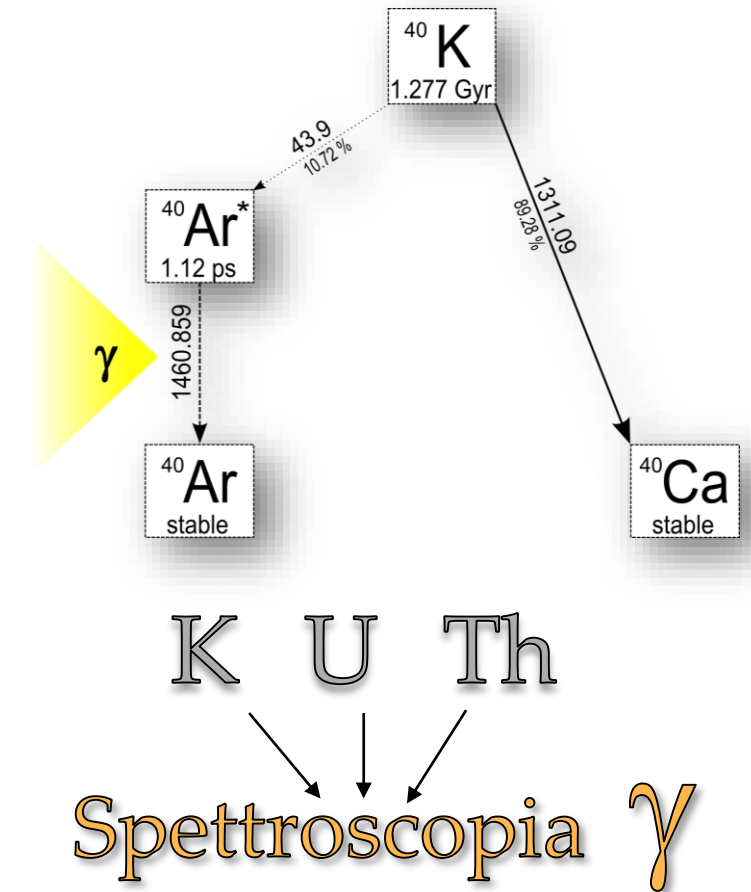
SOMMARIO

- **Radioelementi e tessitura**
- **Area di studio e rilievi di spettroscopia γ**
- **Mappe e dati della regione Emilia-Romagna**
- **Studio di correlazione tra radionuclidi – tessitura**
- **Analisi dei risultati**
- **Conclusioni e prospettive**



RADIOATTIVITÀ NATURALE

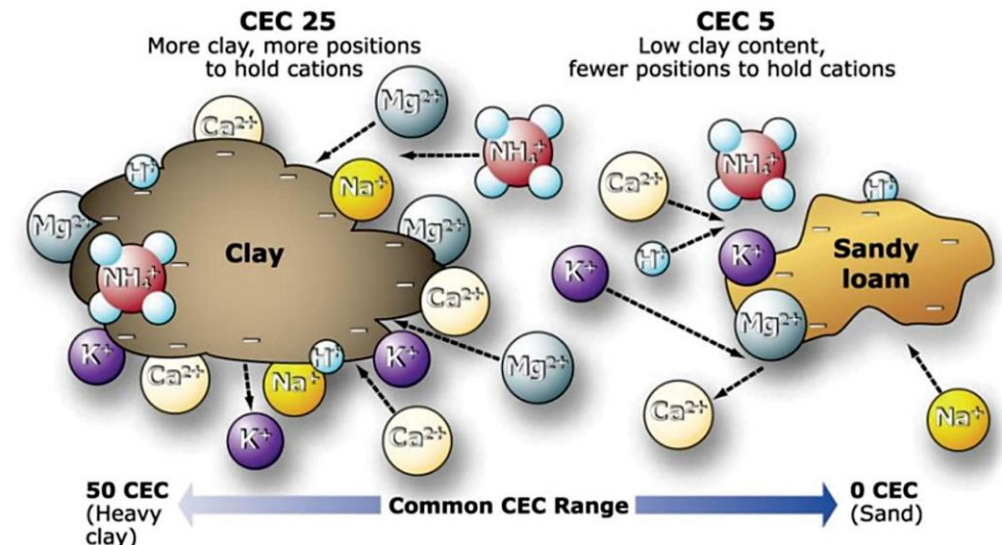
- **Radioattività:** fenomeno naturale che si verifica quando un nuclide instabile raggiunge spontaneamente una condizione di maggiore equilibrio, emettendo radiazione sottoforma di fotoni e/o altre particelle.
- **Radiazione naturale terrestre:** deriva dagli elementi radioattivi sintetizzati durante la formazione del sistema solare che possiedono vite medie abbastanza lunghe da giustificare la loro attuale esistenza.



Radioelemento	Abb. Isotopiche (%)	$t_{1/2}$ (yr)	Abb. nel suolo
K	$^{40}\text{K} = 0.01$	$1.3 \cdot 10^9$	0.04 – 2.9 %
U	$^{238}\text{U} = 99.3$; $^{235}\text{U} = 0.7$	$4.47 \cdot 10^9$	0.7 – 10.7 $\mu\text{g/g}$
Th	$^{232}\text{Th} = 100$	$1.39 \cdot 10^{10}$	2 – 12 $\mu\text{g/g}$

RADIOELEMENTI E TESSITURA

- Le particelle del terreno con dimensioni inferiori a $1\ \mu\text{m}$ sono in grado di comportarsi come **colloidi** e di **adsorbire** cationi.
- La somma dei cationi scambiabili nel suolo identifica la: **Capacità di Scambio Cationico (CEC)**.
- L'argilla e il limo hanno elevata superficie specifica ed elevata CEC.
- Pertanto, la frazione fine del suolo è responsabile dell'**adsorbimento** dei cationi, tra cui i **radioelementi naturali** ionizzati positivamente (K^+ , U^{4+} , U^{6+} , Th^{4+}), che quindi **sono legati alla tessitura**.
- Anche le strutture minerali della frazione fine ospitano i radionuclidi naturali.



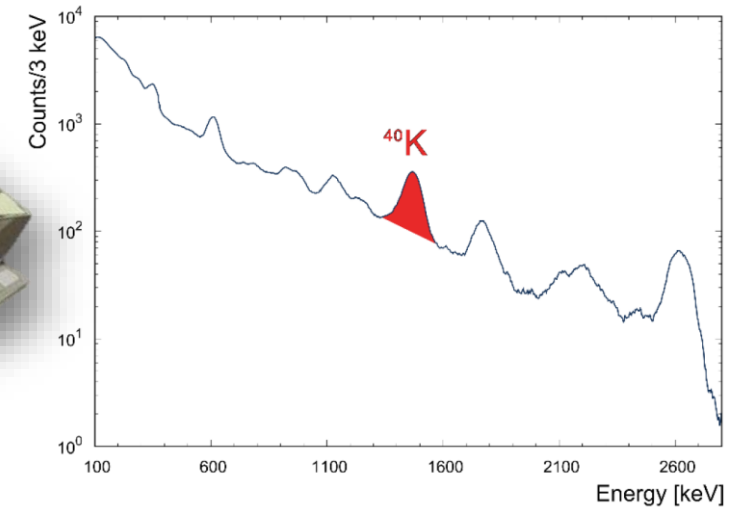
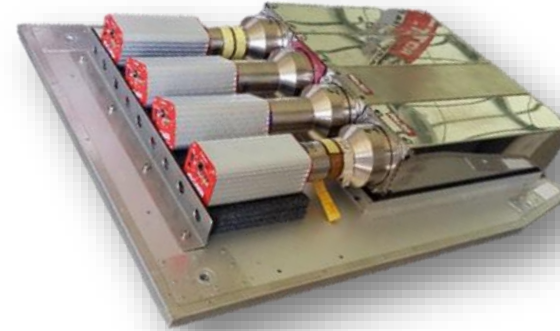
LA VALLE DEL MEZZANO (FE)

- L'area di studio è la **Valle del Mezzano**, una vasta area pianeggiante (18000 ha), prima paludosa e bonificata negli anni 60, quando è stata interamente dedicata ad **uso agricolo**.
- Si trova interamente sotto il livello del mare, con quote da -0.5 a -3.5 m.s.l.m.
- Fa parte di un bacino di sedimentazione quaternario di transizione tra ambiente continentale e marino.
- Sono presenti tracce geomorfologiche di ambiente deltizio, riportate alla luce dalla bonifica.

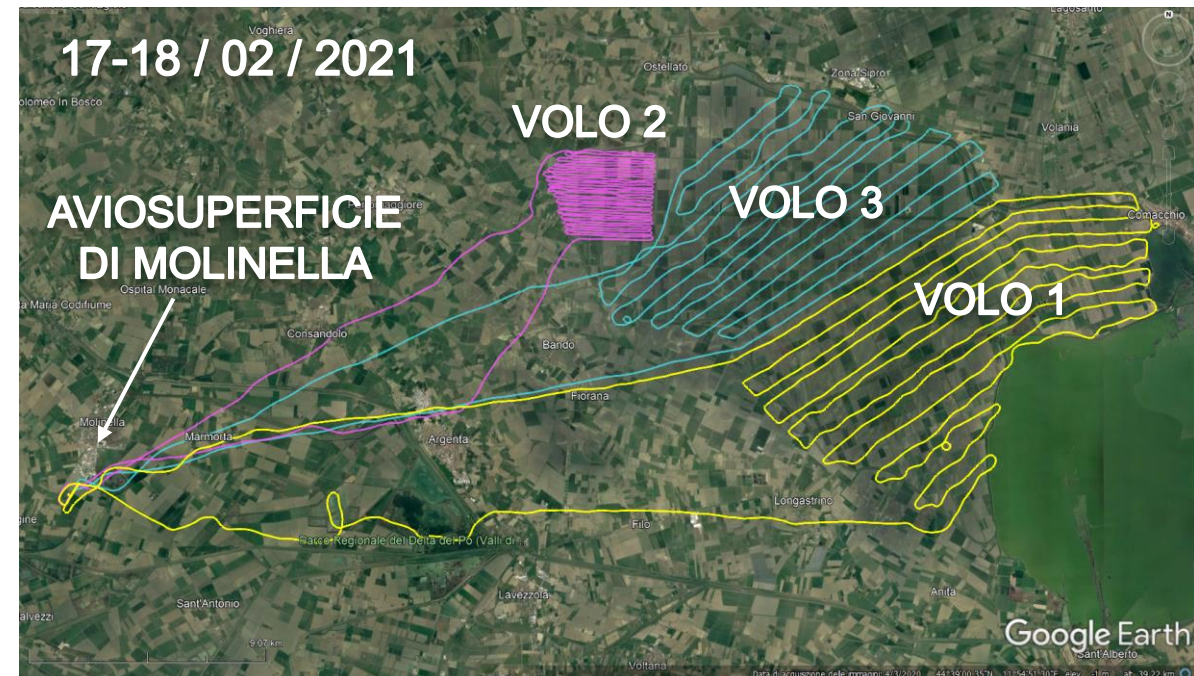


MISURE DI SPETTROSCOPIA γ AIRBORNE

- Le misure di spettroscopia γ airborne (**AGRS**) sono state effettuate tramite rilievi aerei con un velivolo chiamato **Radgyro**.
- 4 scintillatori Na(Tl) da 16 L.
- Gli **spettri** acquisiti durante il volo sono stati analizzati e sono state assegnate ad ogni punto **concentrazioni di K, U e Th**.
- Field of view: $r \sim 250$ m, $z \sim 30$ cm

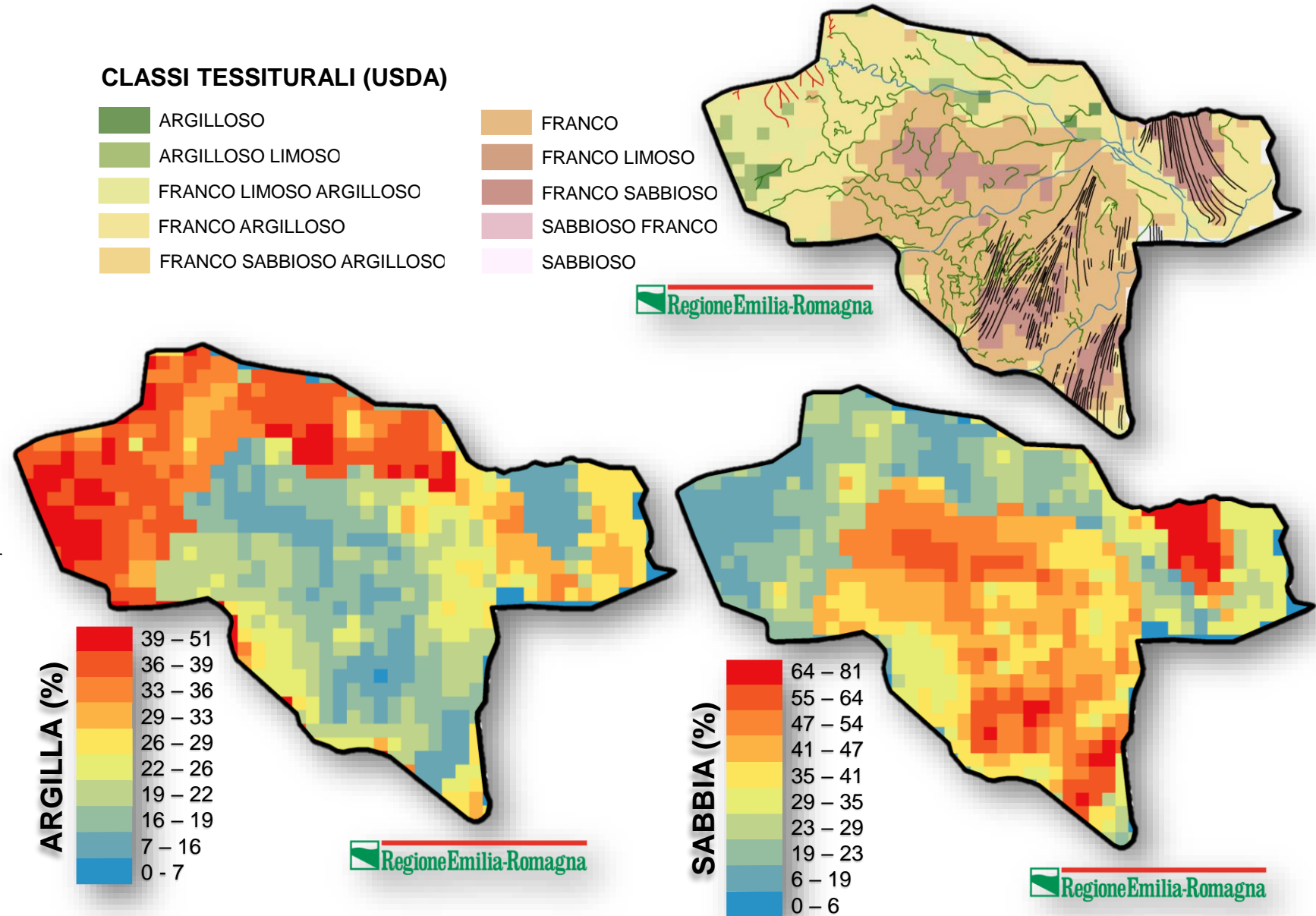


	Volo 1	Volo 2	Volo 3
Durata (h)	2.50	1.75	2.00
Spaziatura (m)	~ 500	~ 100	~ 500
Area (km ²)	12	84	103
Numero di spettri	547	442	500



DATI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

- Il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli dell'Emilia-Romagna ha pubblicato la carta della **tessitura** in scala 1:50000, ottenuta dall'interpolazione di punti di campionamento (273 nella Valle del Mezzano).
- I dati si riferiscono ai **primi 30 cm** di suolo.

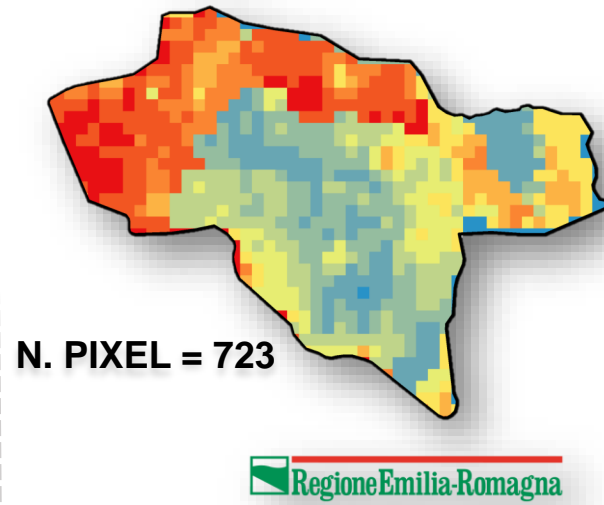
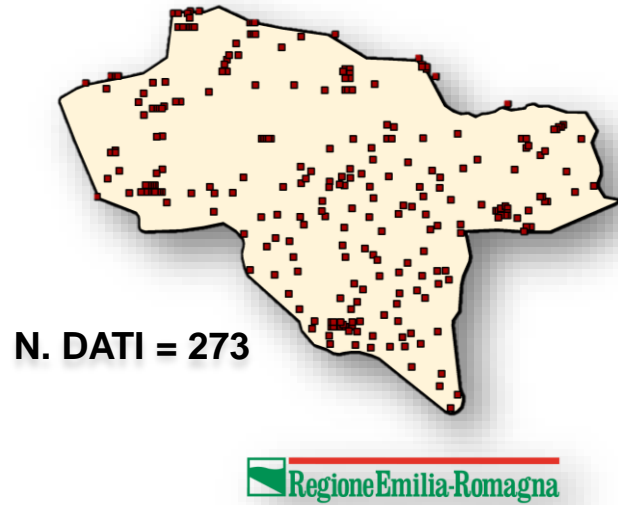


ANALISI DI CORRELAZIONE LINEARE

Misure

Mappe

Tessitura



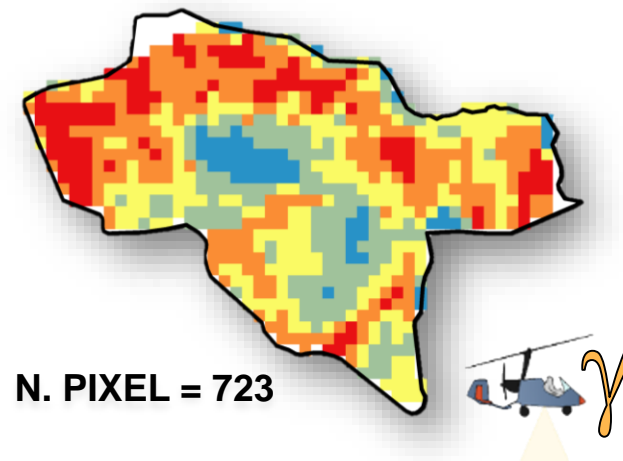
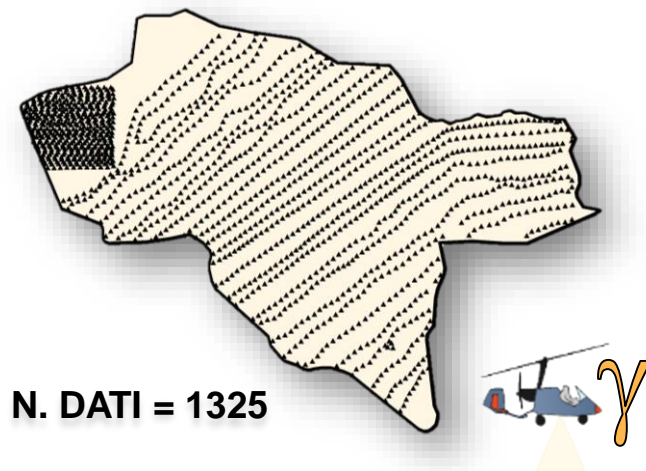
Analisi eseguite su due diverse tipologie di **dataset**:

- Misure a terra e AGRS.
- Valori dei pixel (l = 500 m) delle mappe di tessitura e radioattività.

Sono state considerate le relazioni:

- Argilla vs K
- Sabbia vs Th

Radioattività



Obiettivo delle regressioni lineari:
ottenere una retta che funga da **modello predittivo** delle classi granulometriche.

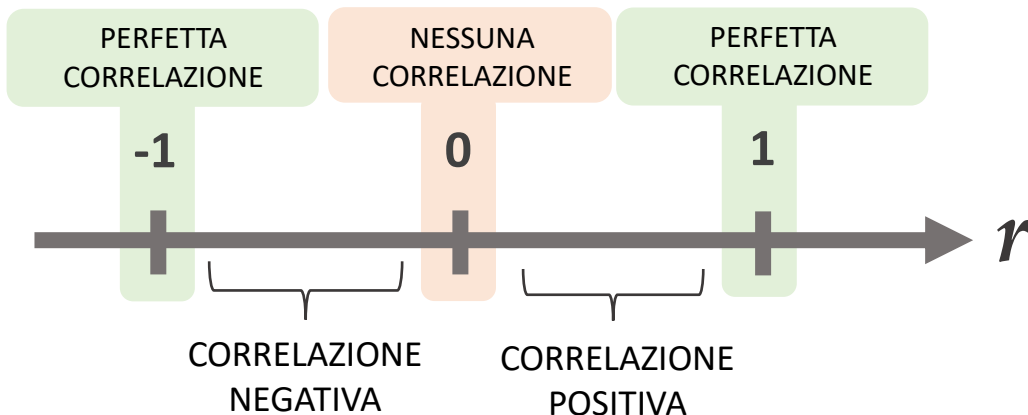
PARAMETRI STATISTICI UTILIZZATI

Coefficiente di correlazione lineare di Pearson (r)

Obiettivo: esprimere il grado di correlazione lineare fra due variabili.

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

COVARIANZA XY
DEV. STANDARD X
DEV. STANDARD Y



Coefficiente di determinazione (R^2)

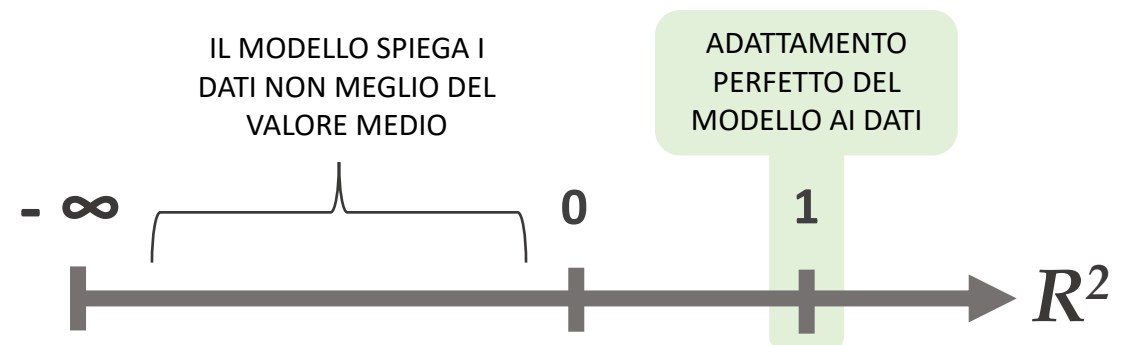
Obiettivo: fornire indicazioni riguardanti la bontà di adattamento di un modello statistico ai dati.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

y_i = DATI OSSERVATI

\bar{y} = MEDIA DEI DATI OSSERVATI

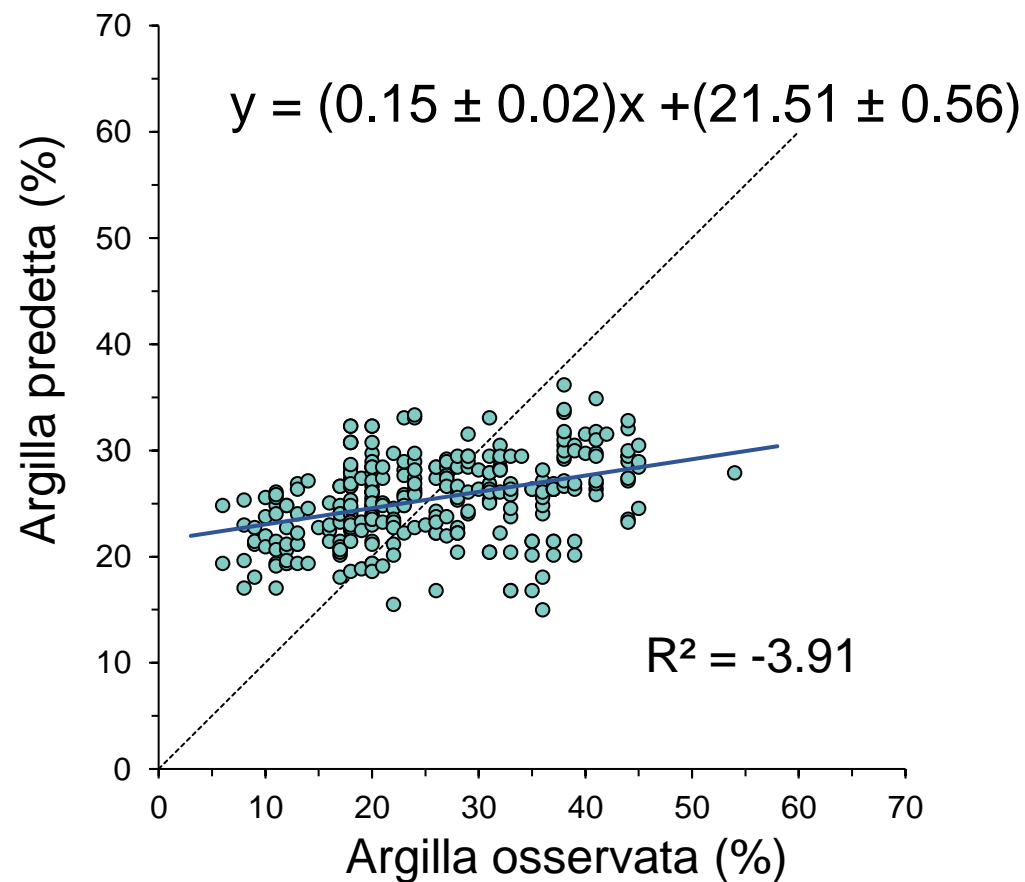
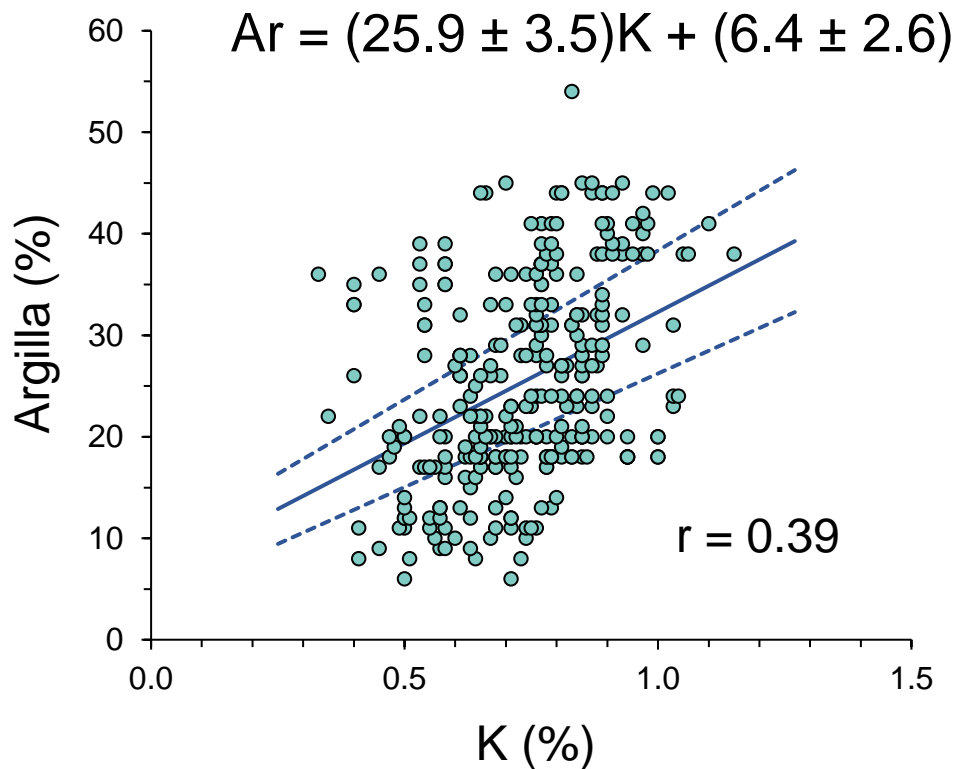
\hat{y}_i = DATI STIMATI DAL MODELLO



DATASET: MISURE → Argilla vs K

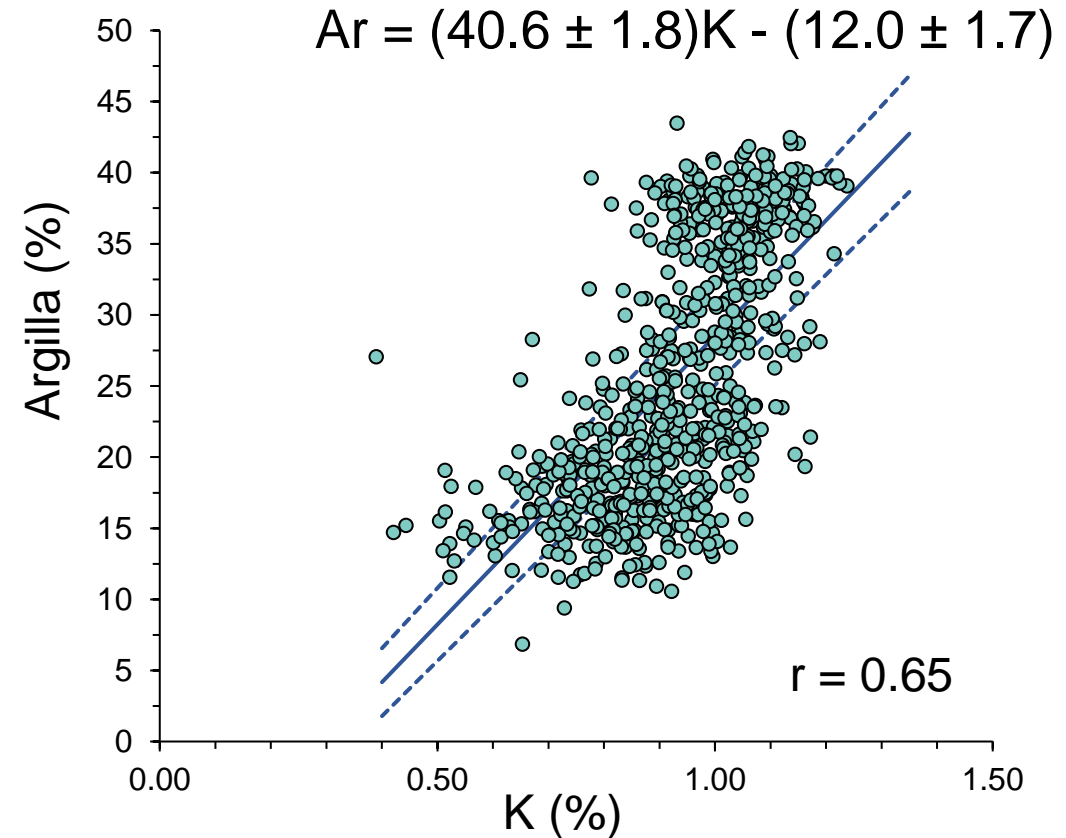
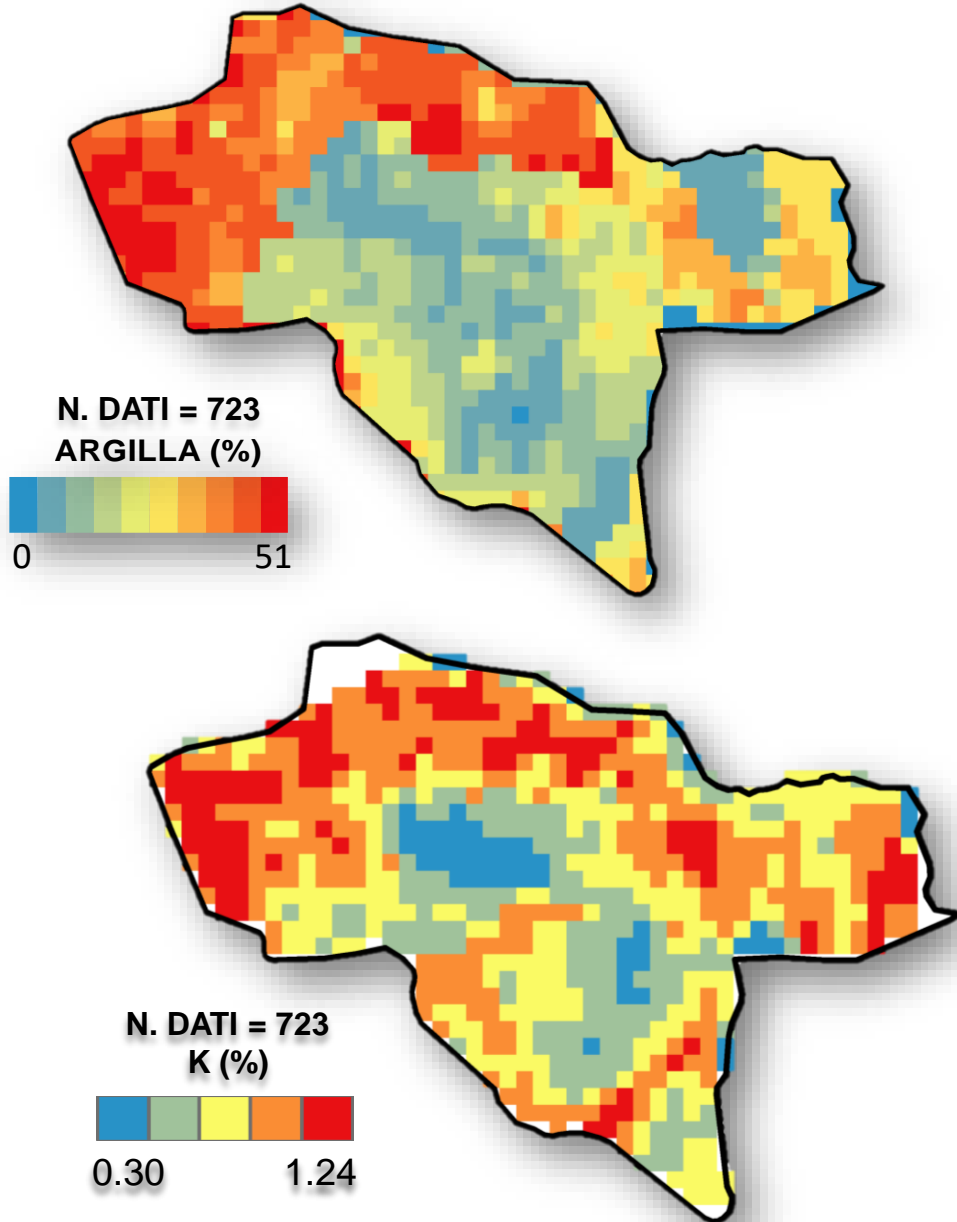
	Argilla (%)	K (%)
Minimo	6	0.24
Massimo	54	1.16
Media	25	0.76
Mediana	24	0.77
Dev. St.	9.9	0.16

- Per correlare fra loro le misure puntuali sono state prese in considerazione coppie di punti che si trovano a una distanza inferiore a 250 m.
- **Retta del modello** ottenuto → **argilla predetta**
- L'**argilla predetta** è stata confrontata con l'**argilla osservata** (test del modello).
- L'argilla predetta dal modello si discosta dall'argilla osservata sperimentalmente.



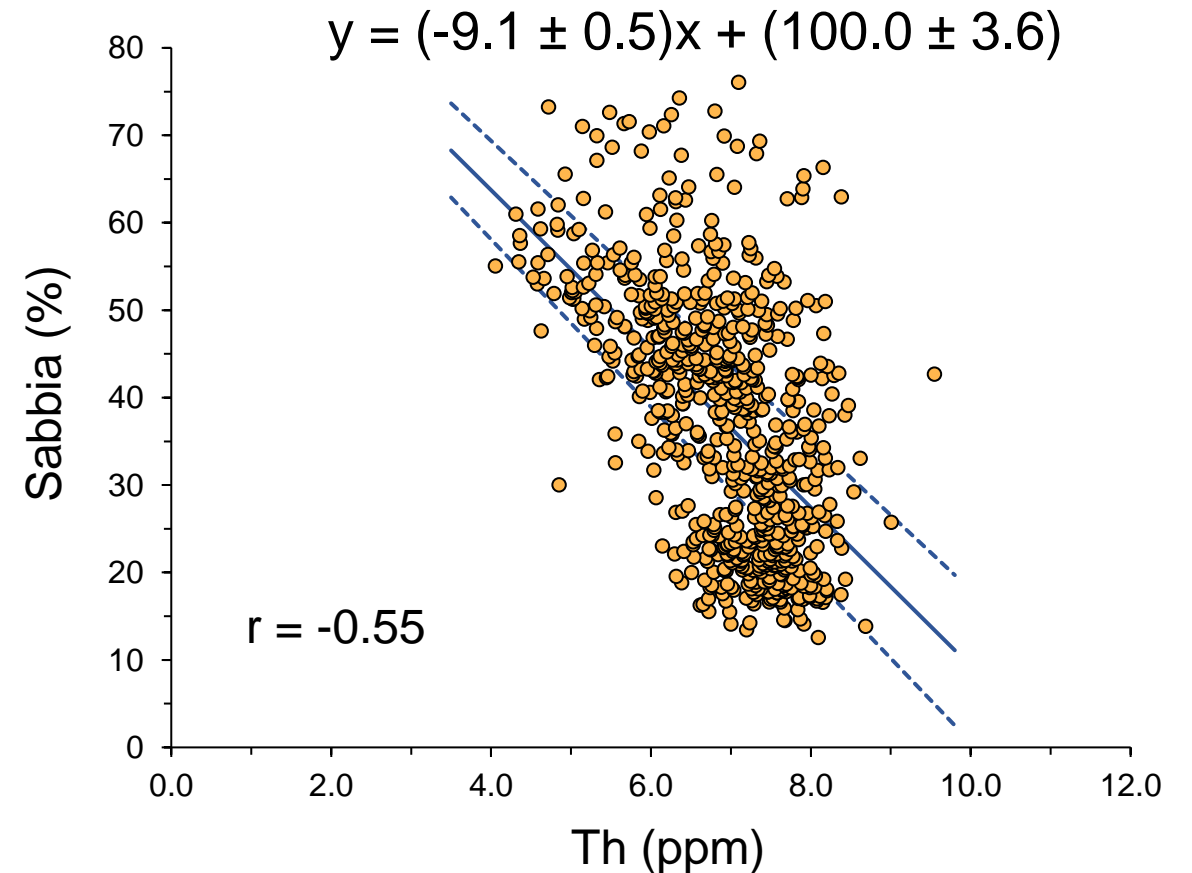
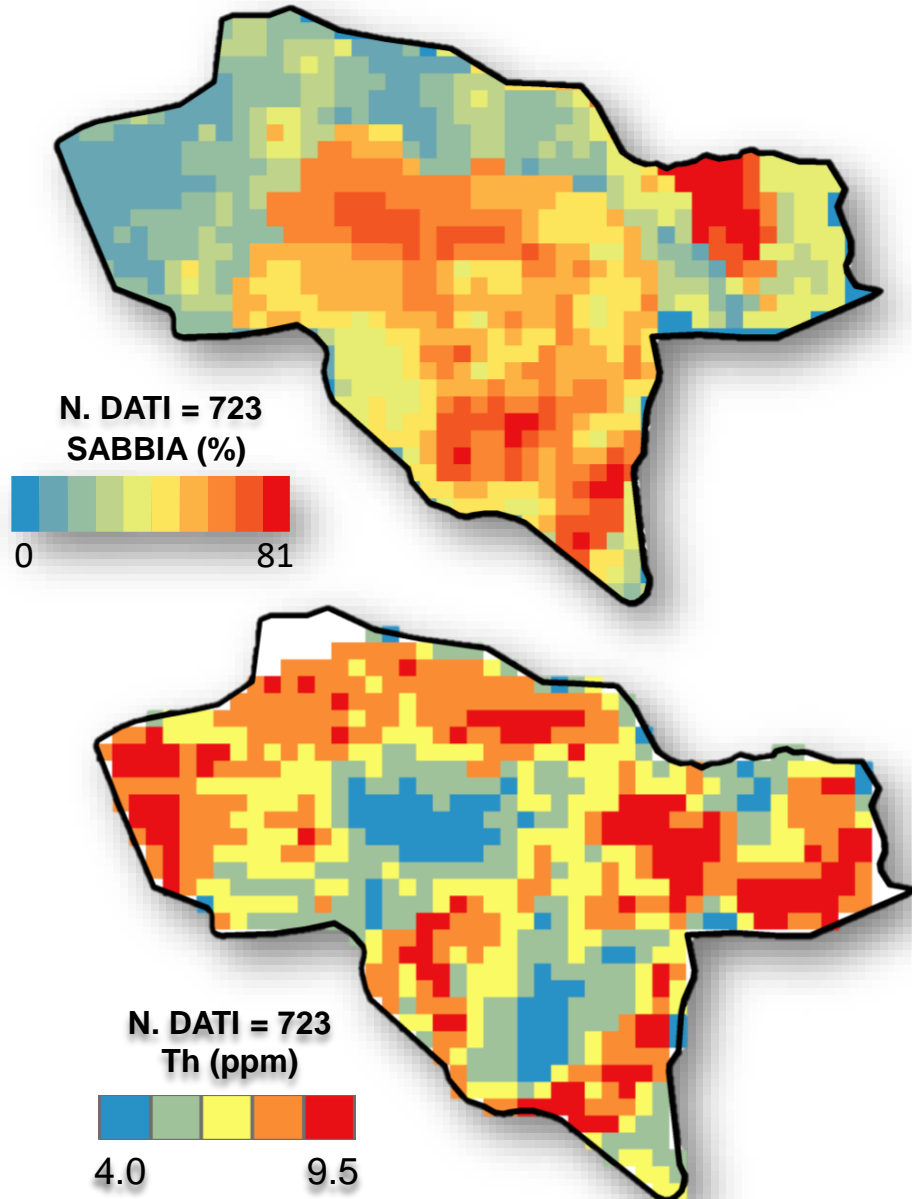
K (MAPPE) VS ARGILLA (MAPPE)

- I valori dei pixel della mappa dell'argilla sono stati correlati con quelli dei pixel della mappa del K.
- Utilizzando i valori dei pixel delle mappe si ottiene un coefficiente di correlazione r più alto.

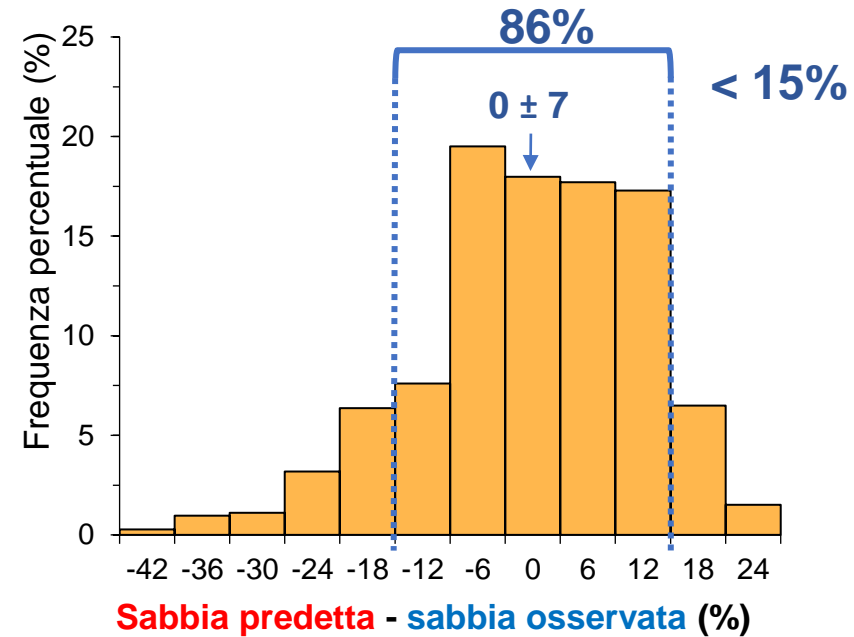
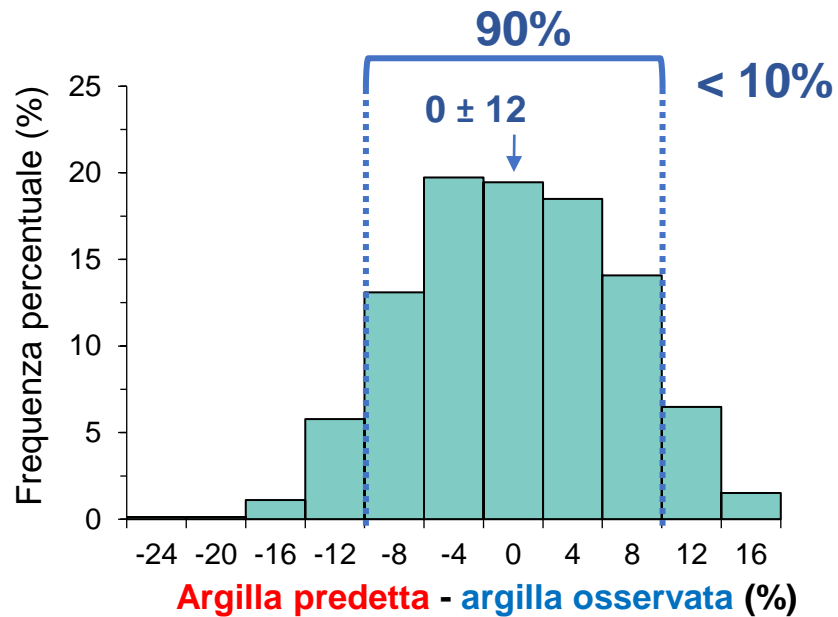


Th (MAPPE) VS SABBIA (MAPPE)

- I valori dei pixel della mappa della sabbia sono stati correlati con quelli dei pixel della mappa del Th.
- Utilizzando i valori dei pixel delle mappe si ottiene un coefficiente di correlazione r più alto.

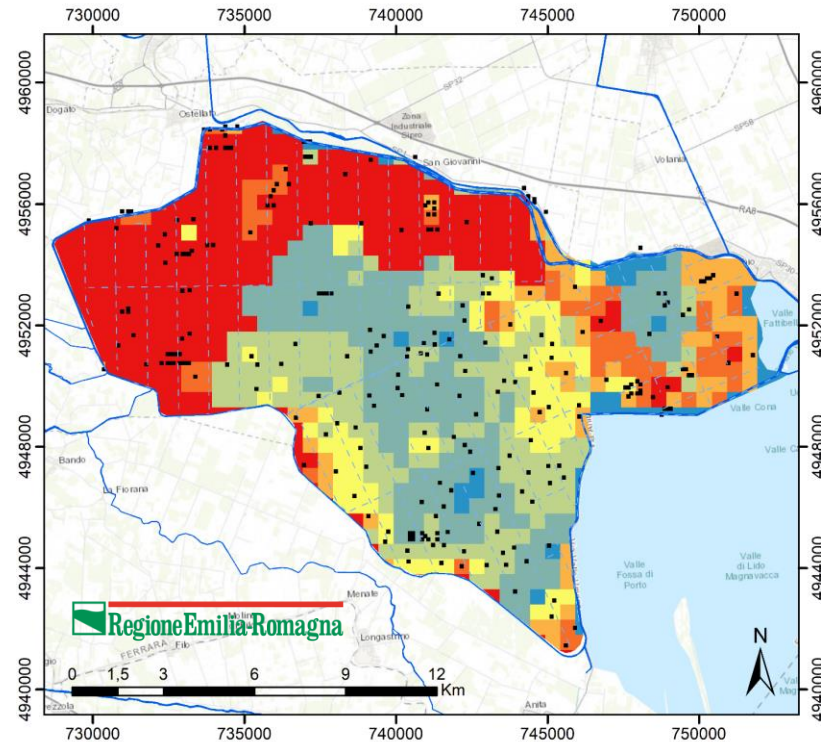


DISCREPANZA TRA OSSERVAZIONI E PREDIZIONI



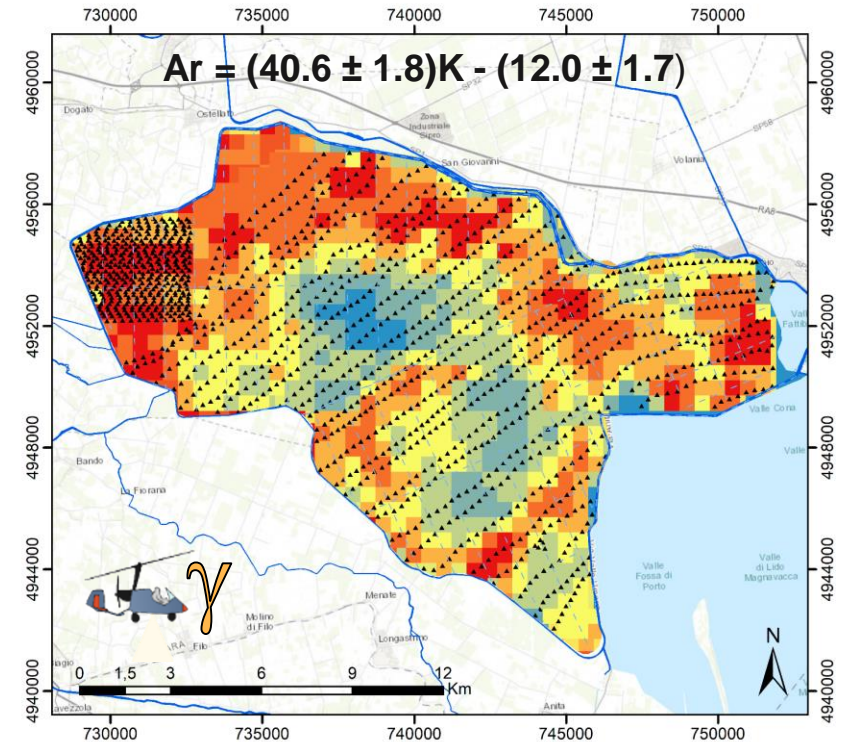
- L'istogramma della frequenza percentuale della differenza tra **argilla o sabbia predetta** **utilizzando le equazioni di correlazione lineare** e **argilla o sabbia osservata con misure a terra**, permette di evidenziare discrepanze tra i modelli.
- Il valor medio è zero (non ci sono errori sistematici).
- Nel 90% dei casi la differenza fra **argilla osservata** e **argilla predetta** è minore del 10%.
- Nell'86% dei casi la differenza fra **sabbia osservata** e **sabbia predetta** è minore del 15%.

ARGILLA OSSERVATA VS ARGILLA PREDETTA



--- CANALI
— CORPI IDRICI
■ MISURE TESSITURA
▲ MISURE AGRS

ARGILLA (%)



- C'è corrispondenza fra le macrostrutture, ma alcune sottostrutture differiscono. Questo può essere dovuto alla presenza di minerali argillosi a diversi valori di CEC.
- Punti di forza della carta derivata dall'abbondanza di K:
 - La densità dei punti di misura (seppure siano misure indirette).
 - I campionamenti a terra richiedono molto più tempo e manpower delle misure AGRS.
 - Il contenuto di K può essere un valore aggiunto in campo agricolo.

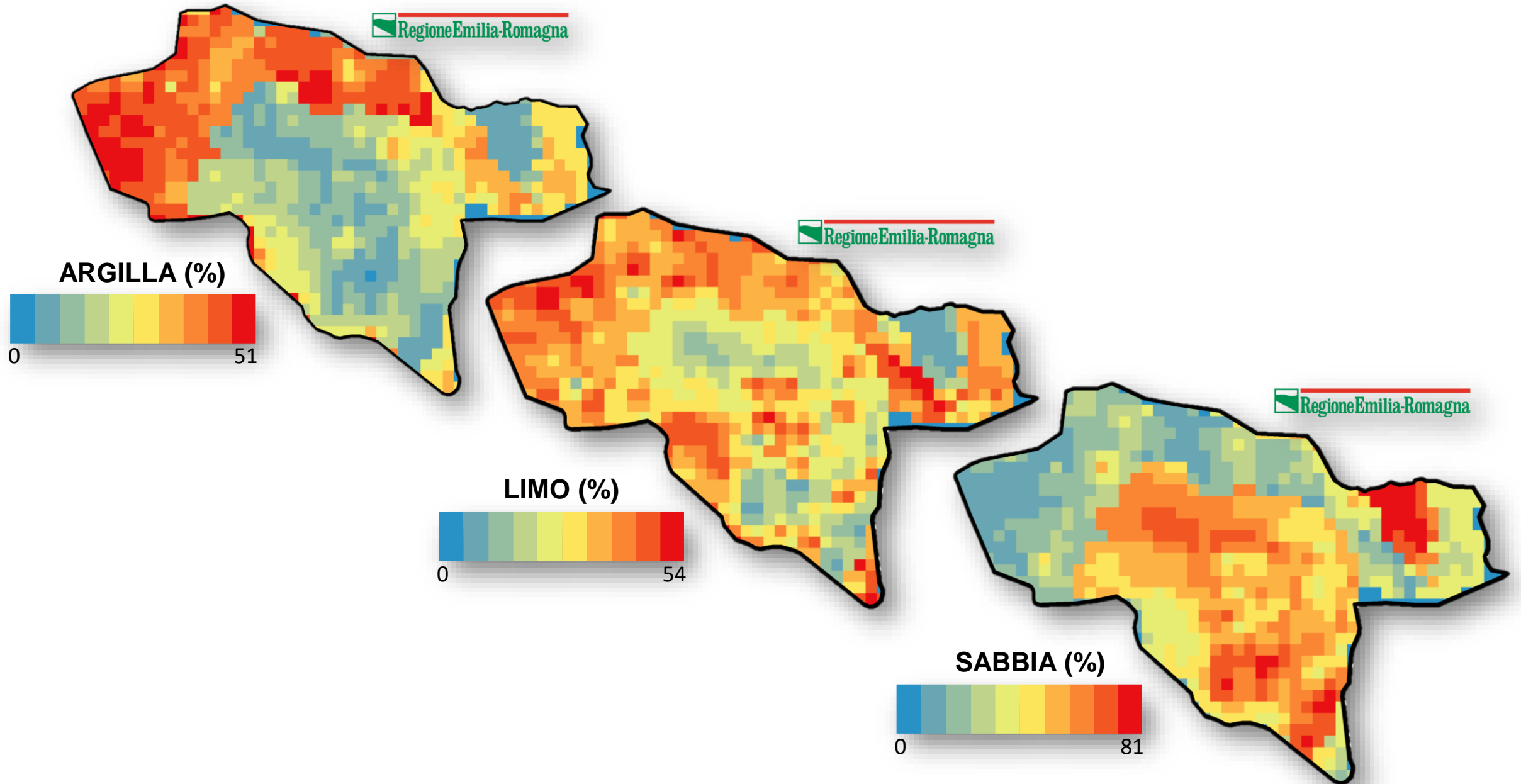
CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

- È stato confermato che la **frazione fine** dei terreni è responsabile dell'**adsorbimento** di **radioelementi**, poiché ha elevata superficie specifica ed elevata CEC. Contiene inoltre minerali caratterizzati dalla presenza di radioelementi nel reticolo cristallino.
- Nelle aree dove si dispone di informazioni tessiturali è possibile, mediante la correlazione tra tessitura e misure di radioattività, formulare **modelli predittivi** della tessitura o di singole frazioni granulometriche.
- Il modello K-Argilla prodotto è stato in grado di ricalcare le principali **macro-strutture** della distribuzione della frazione argillosa.
- È possibile approssciare le discordanze tra modelli cartografici attraverso un **campionamento mirato** nelle zone di minor accordo tra contenuti di argilla.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

CARTE DI ARGILLA, LIMO E SABBIA



TEST DI UN MODELLO DI LETTERATURA

J. Plant Nutr. Soil Sci. 2012, 175, 651–660

DOI: 10.1002/jpln.201100408

Characterization of some Middle European soil textures by gamma-spectrometry

Hauke Petersen^{1*}, Tina Wunderlich¹, Said Attia al Hagrey¹, and Wolfgang Rabbel¹

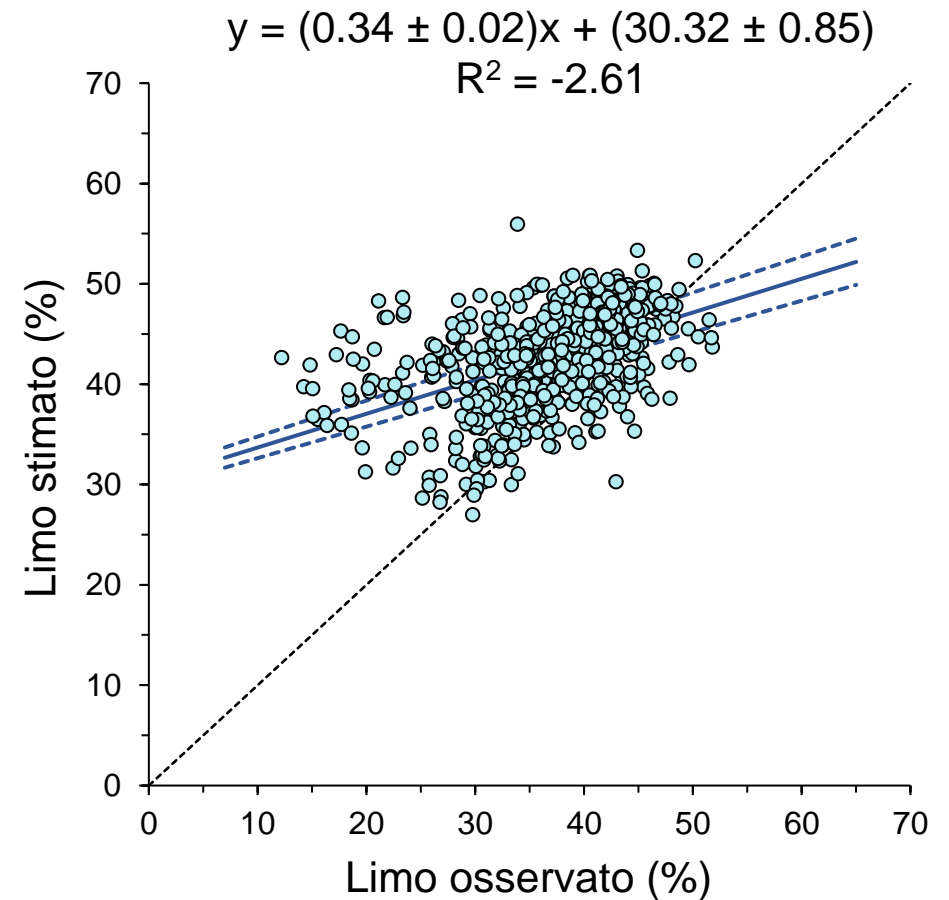
¹ Department of Geophysics, Institute of Geosciences, University of Kiel, Otto-Hahn-Platz 1, 24118 Kiel, Germany

Questo studio presenta il modello:

$$\text{Limo} = 5.94 + 6.02 K + 4.53 \text{ Th}$$

Ottenuto da un'analisi di regressione lineare multipla.

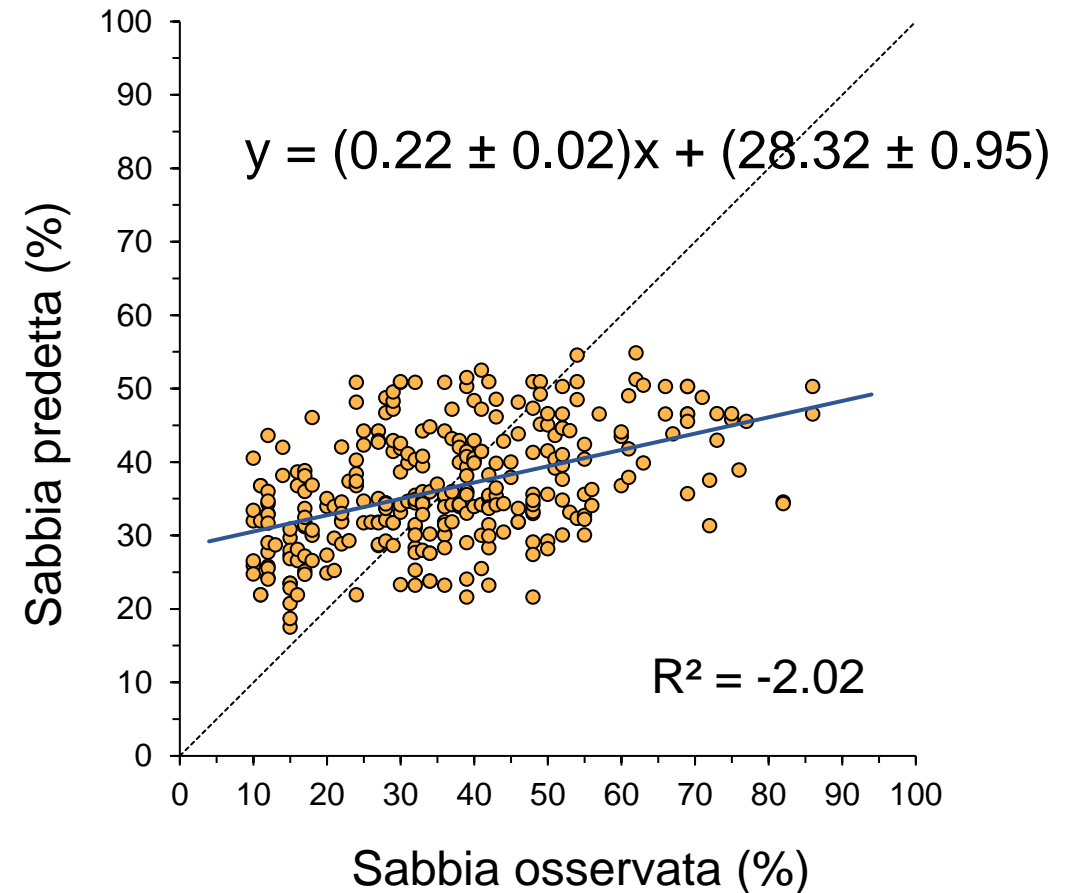
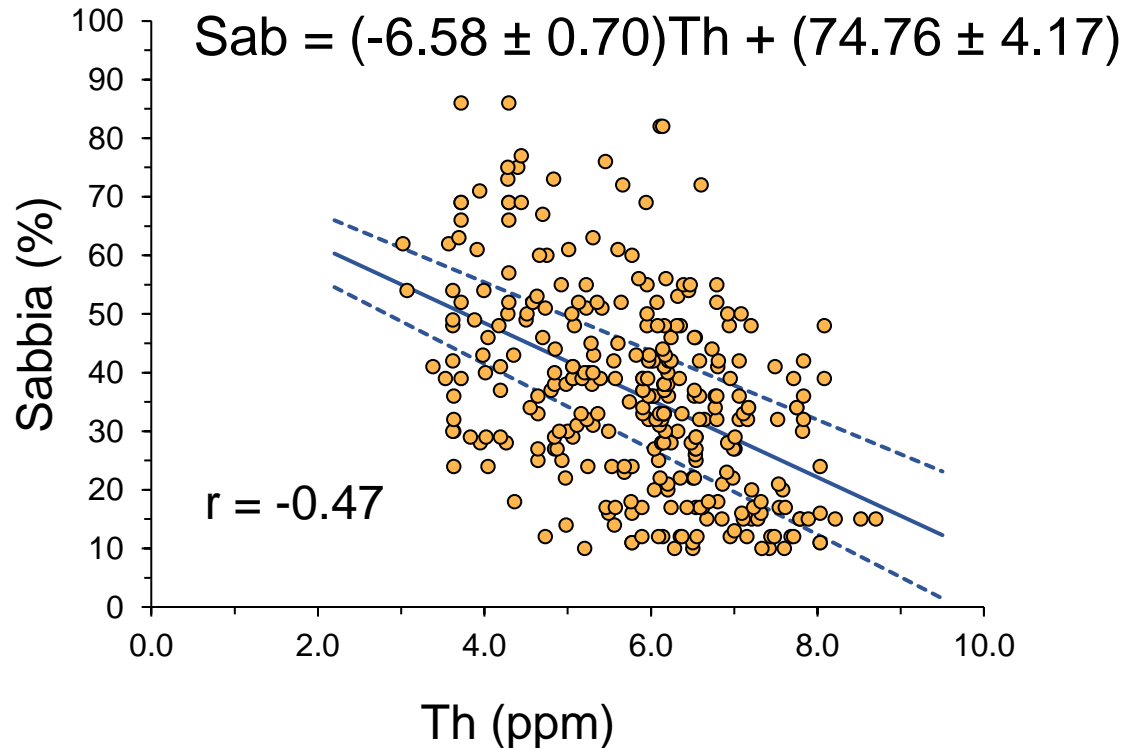
Questo modello è stato testato con i dati delle mappe di K e Th di questa Tesi.



DATASET: MISURE → Th vs Sab

	Sabbia (%)	Th (pppm)
Minimo	10	2.0
Massimo	86	9.3
Media	36	6.1
Mediana	36	6.2
Dev. standard	16.8	1.2

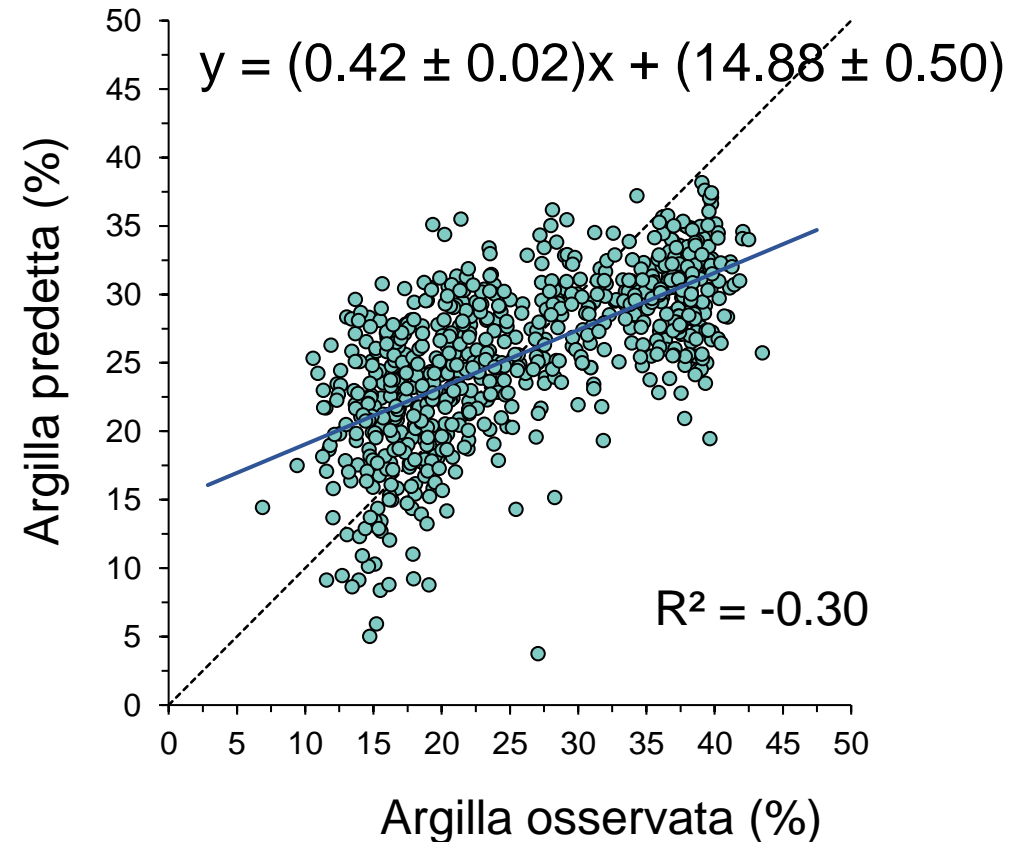
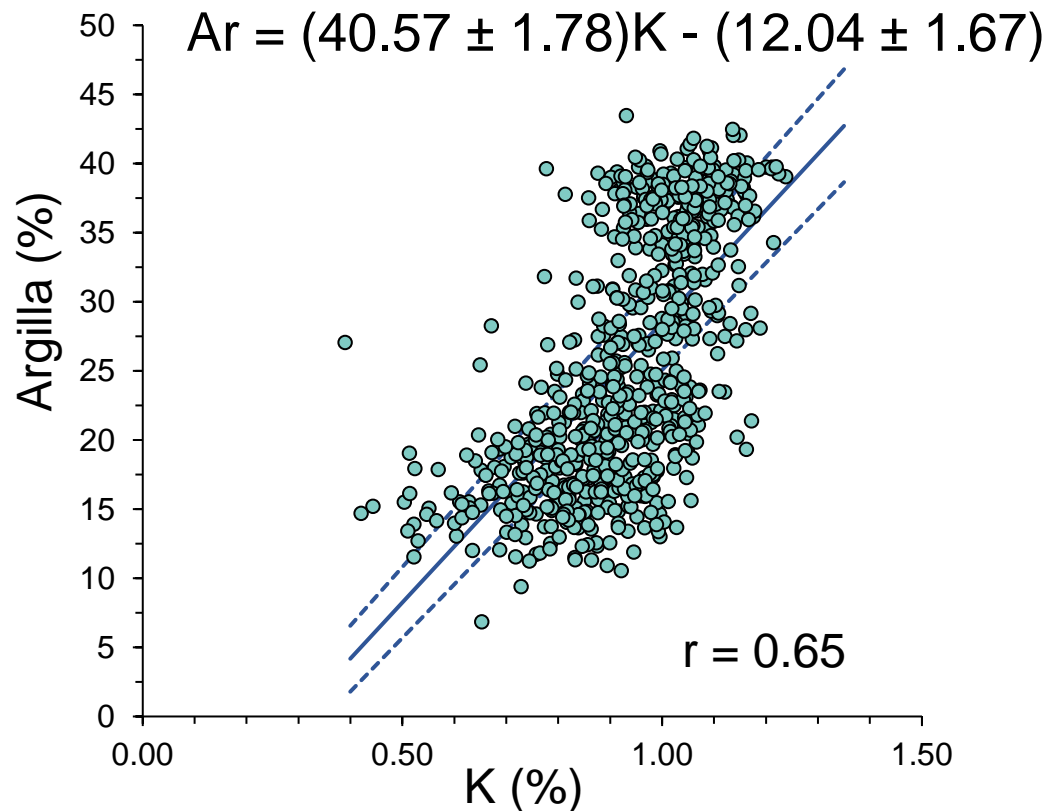
- A partire dall'equazione della **retta del modello** ottenuto è stata ricavata la sabbia predetta, ed è stata confrontata con il contenuto osservato per testare il modello prodotto.



DATASET: MAPPE → K vs Ar

	Argilla (%)	K (%)
Minimo	7	0.39
Massimo	43	1.24
Media	26	0.93
Mediana	23	0.94
Dev. standard	9.0	0.14

- A partire dall'equazione della **retta del modello** ottenuto è stata ricavata l'argilla predetta, ed è stata confrontata con il contenuto osservato per testare il modello prodotto.



DATASET: MAPPE → Th vs Sab

	Sabbia (%)	Th (ppm)
Minimo	13	4.0
Massimo	76	9.5
Media	37	6.9
Mediana	38	7.0
Dev. standard	14.3	0.9

- A partire dall'equazione della **retta del modello** ottenuto è stata ricavata la sabbia predetta, ed è stata confrontata con il contenuto osservato per testare il modello prodotto.

