



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA
FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI
Corso di Laurea in Fisica

La distribuzione del fallout di ^{137}Cs in alcuni suoli delle Prealpi venete

Relatore:

Dott. Mantovani Fabio

Secondo relatore:

Dott. Xhixha Gerti

Laureanda:

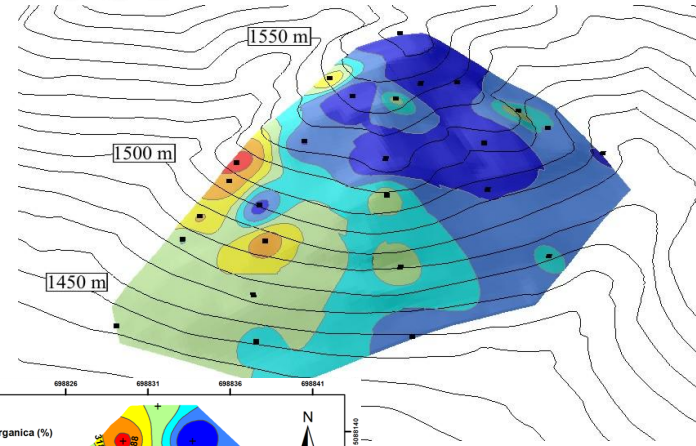
Clerici Aurora

Overview

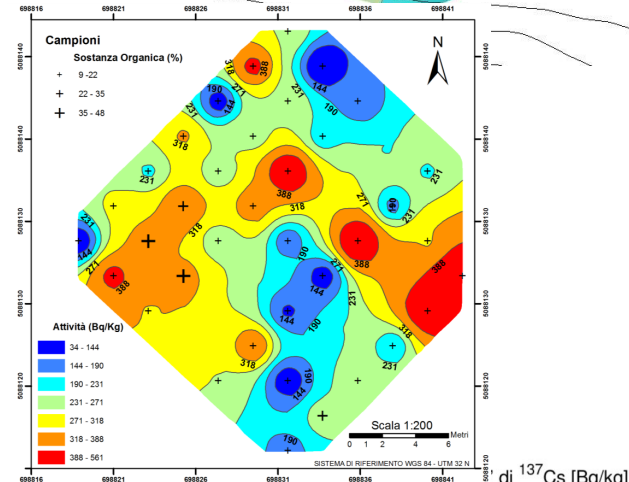
- ❖ Gli obiettivi della tesi
- ❖ Il ^{137}Cs (radionuclide antropogenico, oggetto di monitoraggio)
- ❖ Il fallout del ^{137}Cs
- ❖ Il sito e il campionamento
- ❖ Preparazione dei campioni e le misure
- ❖ FASE 1: analisi dei 26 bulks dell'area della montagna
- ❖ FASE 2: analisi dei 32 bulks dell'area del bosco
- ❖ FASE 3: analisi dei 5 cores dell'area del bosco
- ❖ Conclusioni e prospettive

Obiettivi della tesi

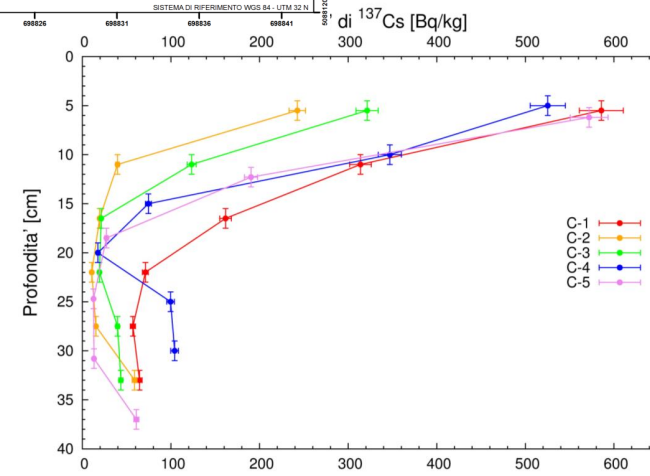
❖ **FASE 1: Studio della distribuzione superficiale del ^{137}Cs sui suoli dell'area della montagna ($\sim 0.2 \text{ km}^2$)**



❖ **FASE 2: Studio della distribuzione superficiale del ^{137}Cs sui suoli dell'area del bosco ($\sim 300 \text{ m}^2$)**



❖ **FASE 3: Studio della distribuzione verticale del ^{137}Cs nei suoli dell'area del bosco ($\sim 300 \text{ m}^2$)**



Il cesio e l'isotopo ^{137}Cs

Gruppo IA
Metalli alcalini

3 Li
11 Na
19 K
37 Rb
55 Cs
87 Fr

❖ Il cesio (dal latino caesius, che vuol dire “blu cielo”) fu scoperto nel 1860.

❖ Il cesio è l'elemento chimico con numero atomico 55 ed è un **metallo alcalino**. È l'elemento più **elettropositivo** di tutti e ha una grande affinità con l'ossigeno. Alla temperatura di 28°C è **liquido**.

❖ Il cesio ha 40 isotopi noti, di cui solo uno è stabile (^{133}Cs).

❖ Il cesio-137 ha un $t_{1/2} = 29.96 \pm 0.08$ anni*.

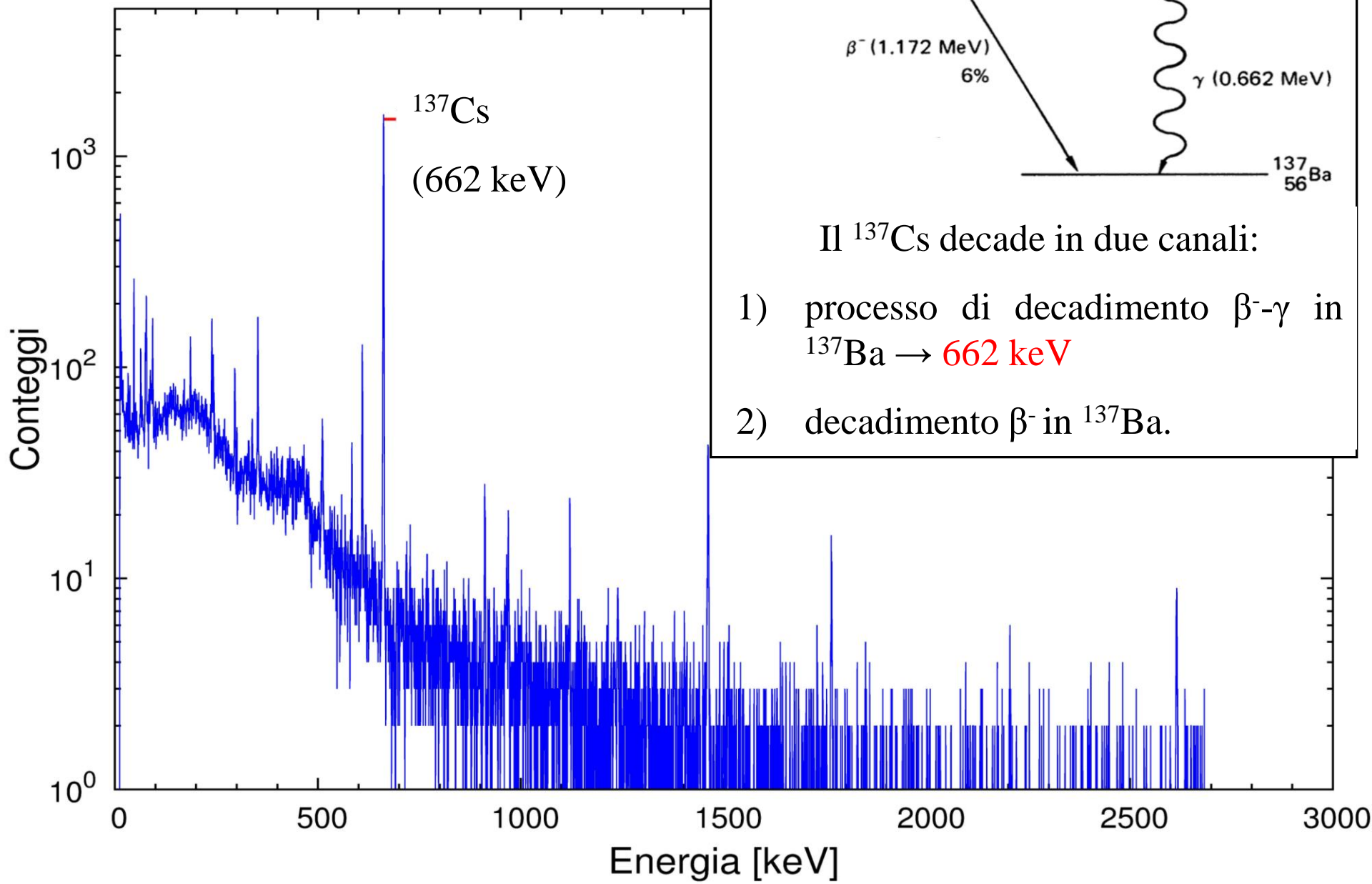


❖ **Fallout** di ^{137}Cs :

- 1) incidente di Chernobyl (1986);
- 2) test armi nucleari (1963).

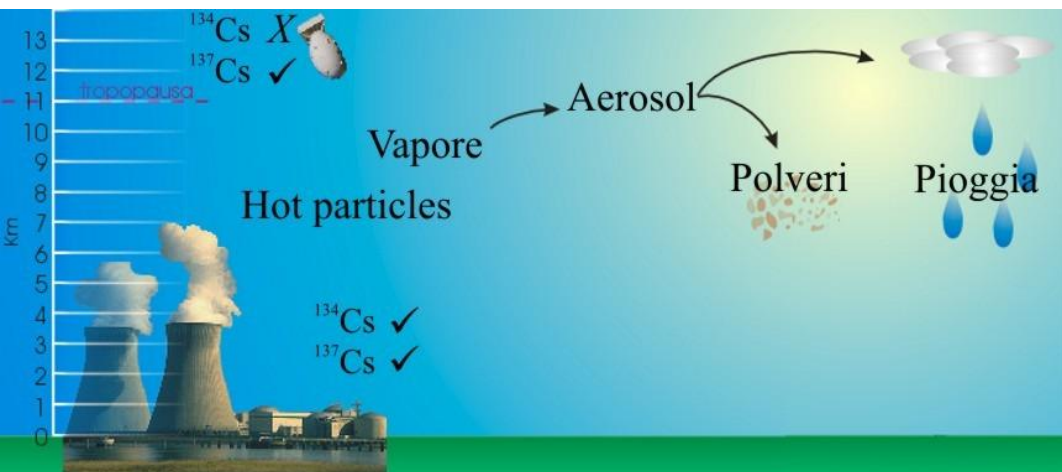
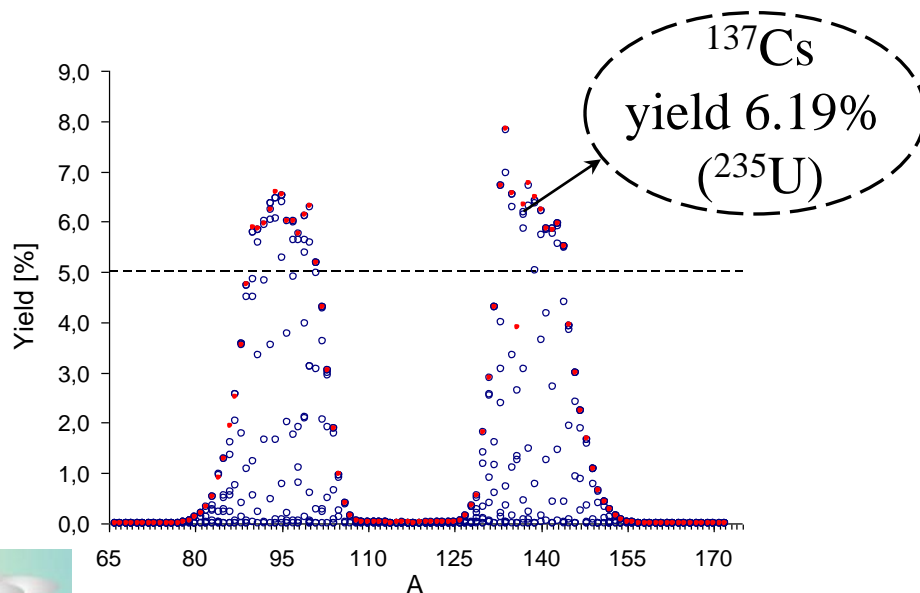
❖ A seguito dei fallout causati dai test di armi nucleari e dagli incidenti ai reattori nucleari sono stati avviati dei programmi di **monitoraggio** ambientale.

Il decadimento del ^{137}Cs



Produzione e moto del ^{137}Cs

- ❖ ^{137}Cs è un prodotto di **fissione nucleare**
- ❖ Nel reattore si formano uranati (Cs_2UO_4) e vapori (90% CsOH , 10% CsI) di cesio

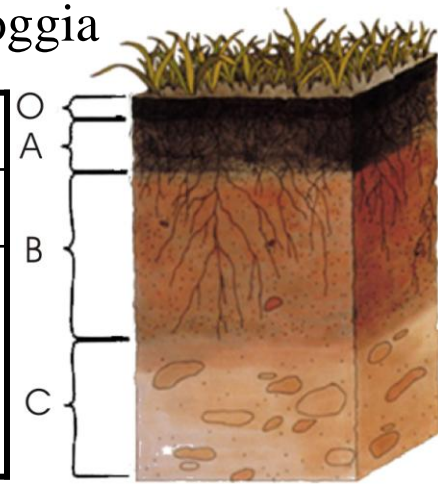


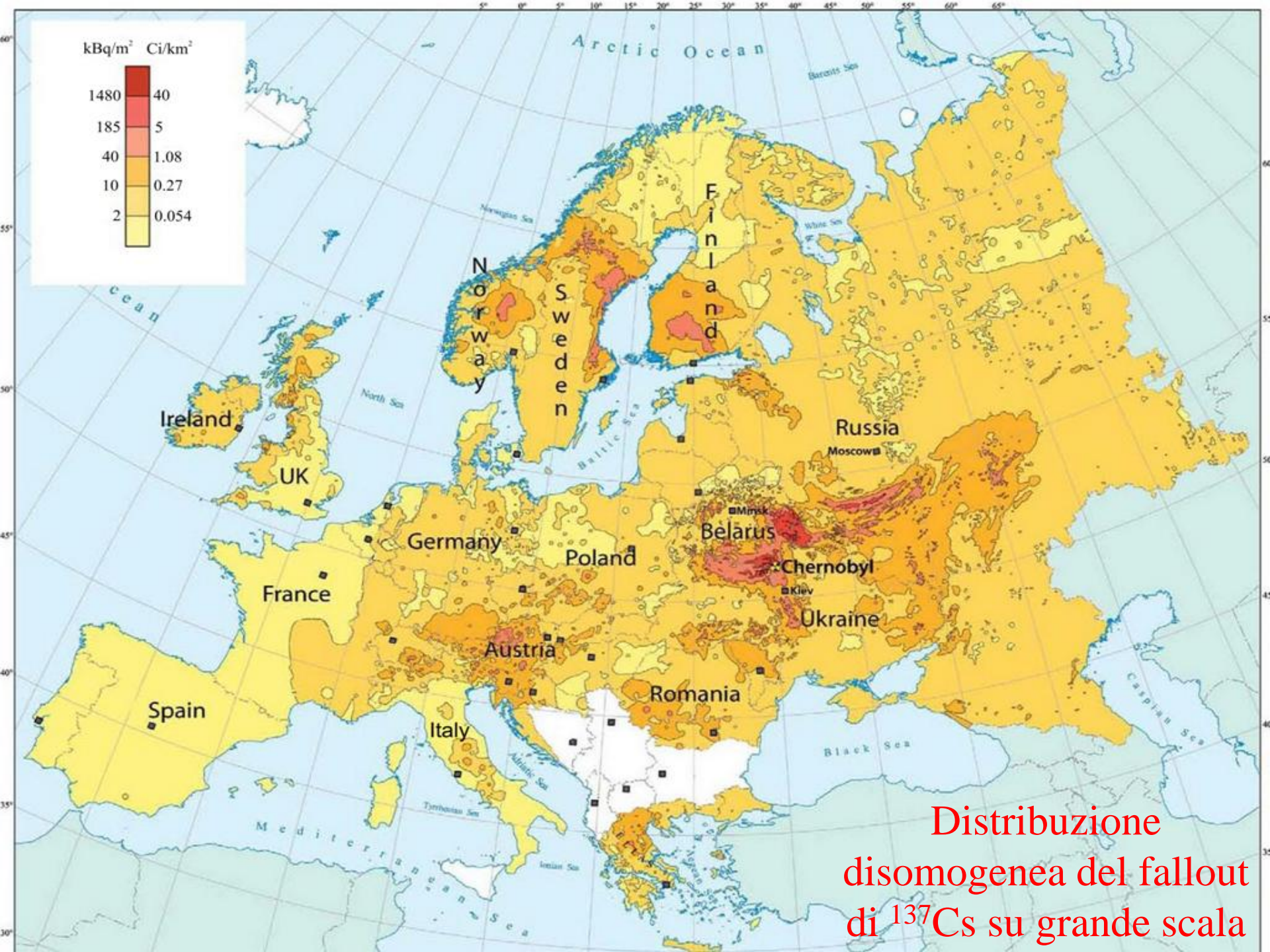
- ❖ Dispersione di **hot particles** (frammenti del combustibile)

- ❖ Formazione e dispersione di **aerosols** in atmosfera

- ❖ La **precipitazione** di ^{137}Cs avviene come polveri e pioggia

Strato	Caratteristiche	Contenuto	Denominazione
O	Residui piante	Organico	Orizzonte minerale
A	Ricco di humus	Organico/minerale	
B	Sostanza dilavate da A	Organico/minerale	
C	Sottosuolo	Minerale	





Distribuzione
disomogenea del fallout
di ^{137}Cs su grande scala

Lo studio del ^{137}Cs : il sito di campionamento

❖ Gallio (VI)

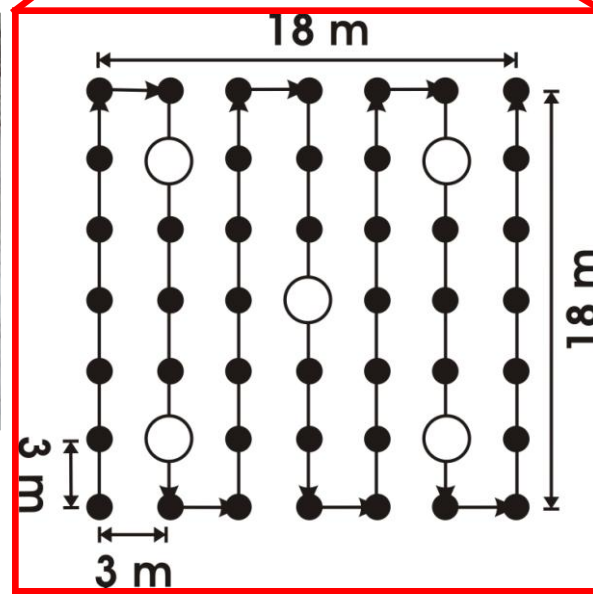
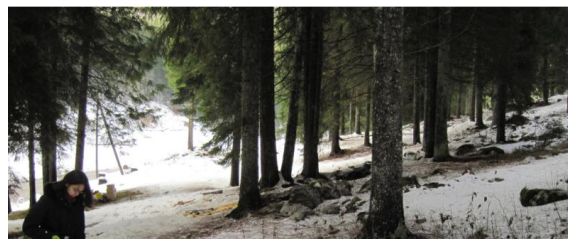
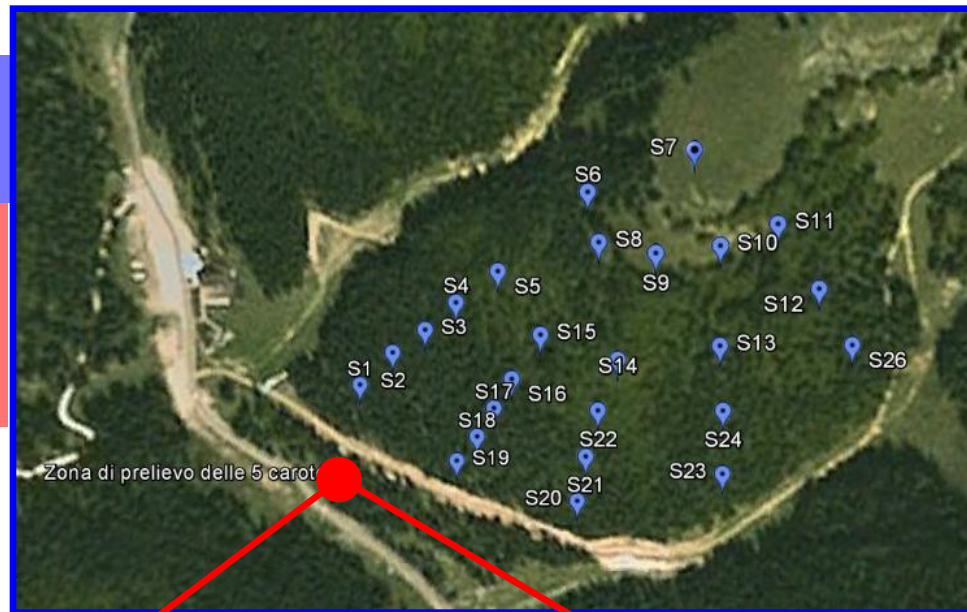
❖ Area della montagna (400 m x 400 m):

26 campioni (bulks)

❖ Area del bosco (18 m x 18 m):

32 campioni (bulks)

5 cores (30 campioni)



Preparazione e...

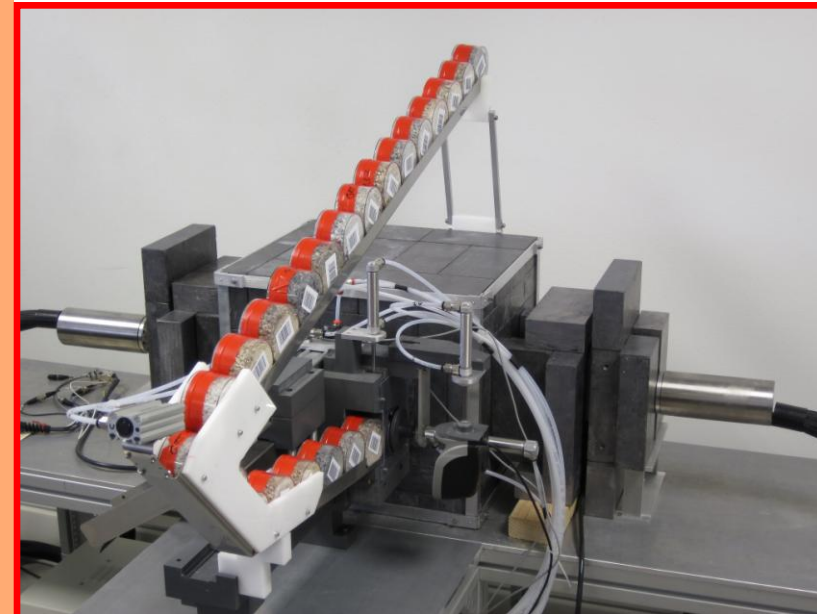
- ❖ Asciugatura in forno per 24h, $T \sim 110^{\circ}\text{C}$
- ❖ Pesatura (49g – 192g)
- ❖ H_2O (21% - 63%)
- ❖ pH (2-7)
- ❖ OM (9% - 62%)



...misure dei campioni

Il sistema MCA_Rad

- ❖ Due rivelatori HPGe (tipo n), eff. rel. dell'80%
- ❖ Risol. energetica: 1.9% a 1.33 MeV (^{60}Co)
- ❖ Temperatura di lavoro: -190°C
- ❖ Schermatura: Pb (10 cm), Cu (5 cm)
- ❖ Tempo di acquisizione: 1 ora
- ❖ Errore sistematico: $\pm 5\%$



FASE 1: studio della distribuzione superficiale di ^{137}Cs della montagna

I risultati dell'attività di ^{137}Cs mostrano:

- ❖ Min = 34 ± 2 Bq/kg
- ❖ Max = 460 ± 18 Bq/kg
- ❖ Media = 200 ± 108 Bq/kg
- ❖ Utilizzando ARCGIS ho ottenuto le mappe della distribuzione superficiale di ^{137}Cs con il metodo d'interpolazione dell'Inverso della Distanza Pesato (IDW):



❖ Area della montagna (400 m x 400 m):
26 campioni (bulks)

$$u(\vec{r}) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i(\vec{r}) u_i(\vec{r}_i)}{\sum_{j=1}^n \lambda_j(\vec{r})}$$

$$\lambda_i = \frac{1}{d(u, u_i)^\beta}$$

λ_i = peso

u_i = punto da stimare

u = punto di un campione

β = potenza (2)

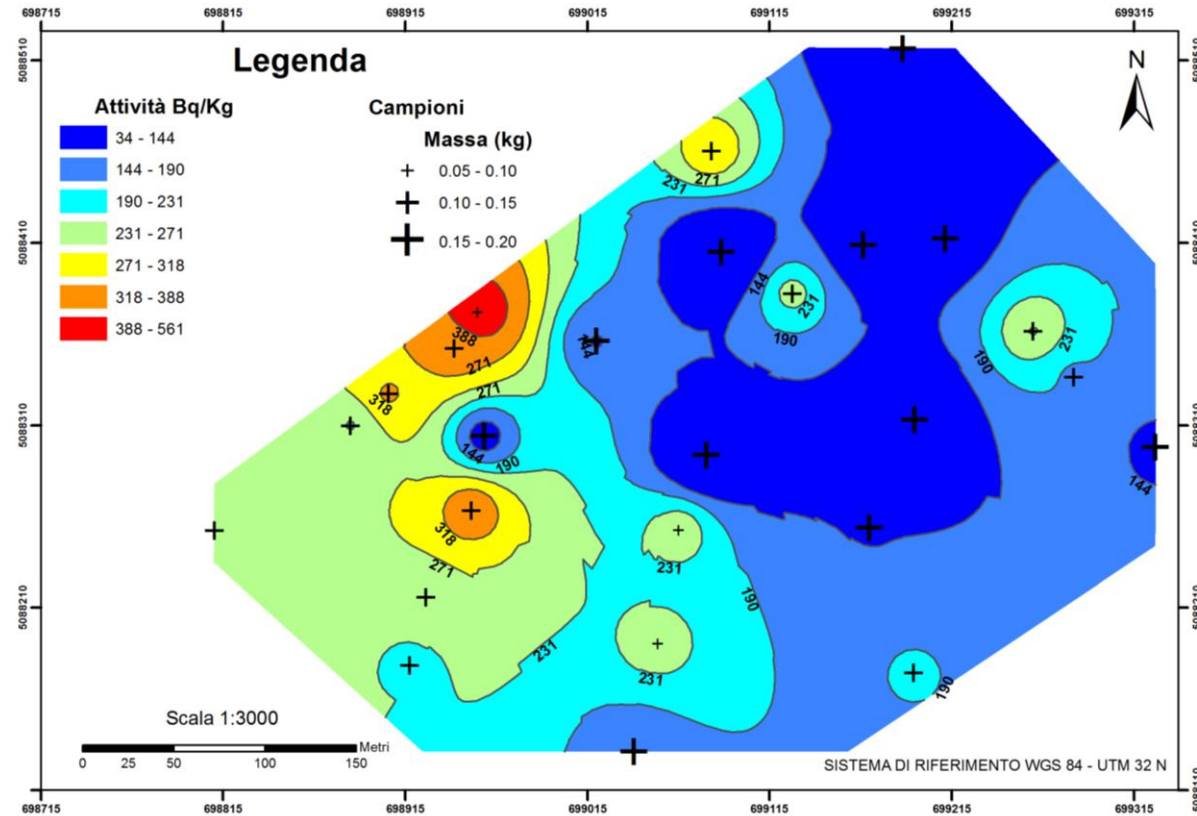
FASE 1: mappa della distribuzione superficiale di ^{137}Cs della montagna

❖ Min = 34 ± 2 Bq/kg

❖ Max = 460 ± 18 Bq/kg

❖ Media = 200 ± 108 Bq/kg

Classe	Bq/kg	m ² (%)
1	34-144	18
2	144-190	27
3	190-231	20
4	231-271	17
5	271-318	14
6	318-388	4
7	388-561	1



❖ Si nota un accumulo sul versante ovest

❖ Possibili cause della disomogeneità:

- fallout non omogeneo

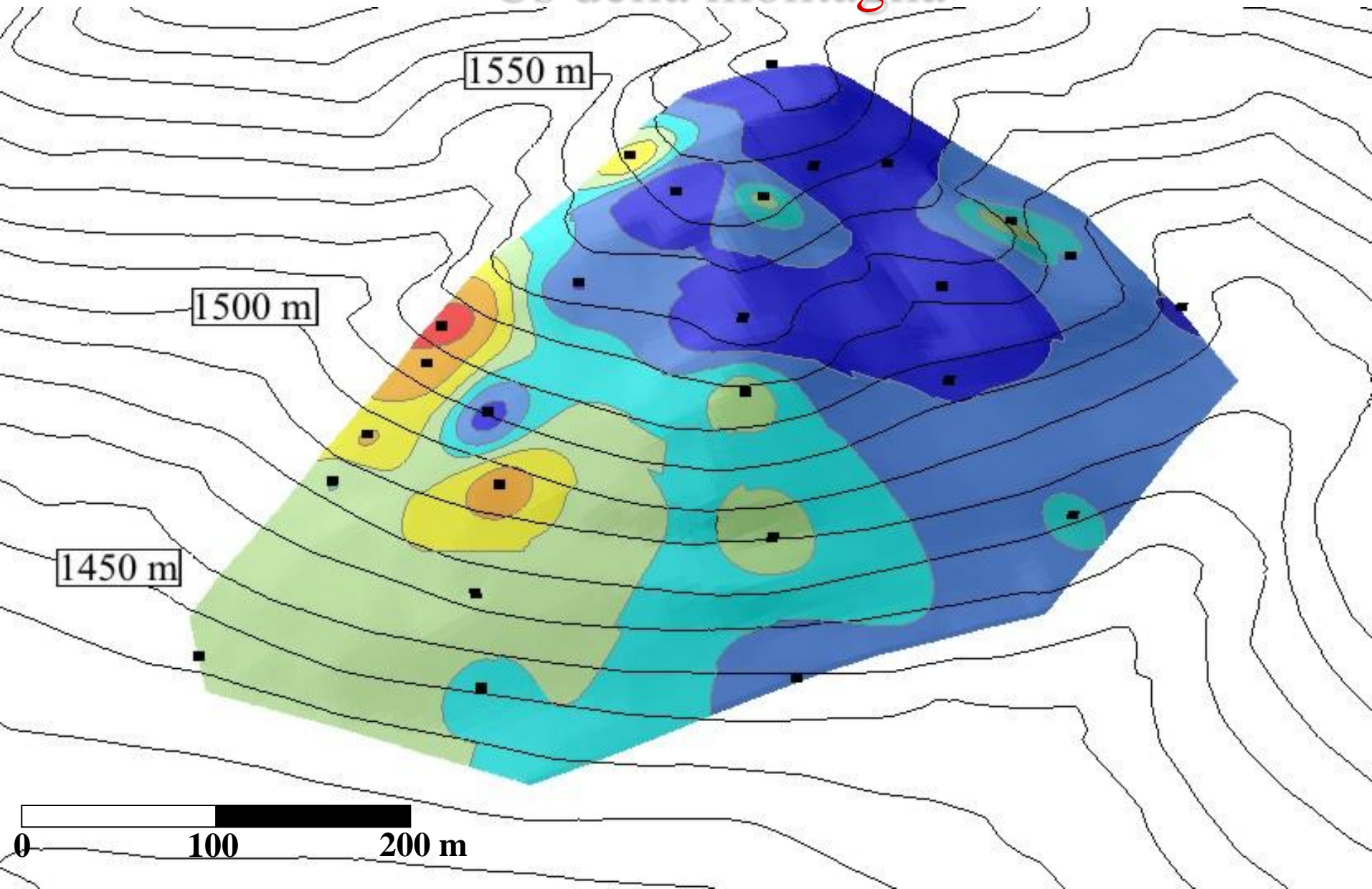
- diversa natura dei suoli e della vegetazione

- effetto dell'erosione

❖ 80% < 271 Bq/kg

❖ Solo 1% rappresenta il max

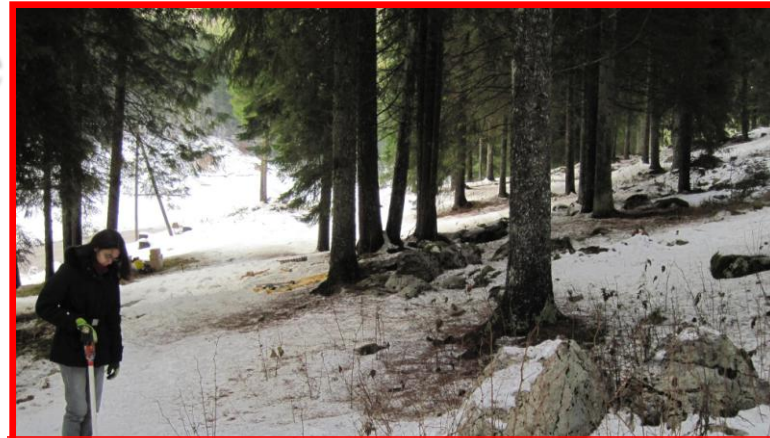
FASE 1: mappa 3D della distribuzione superficiale di ^{137}Cs della montagna



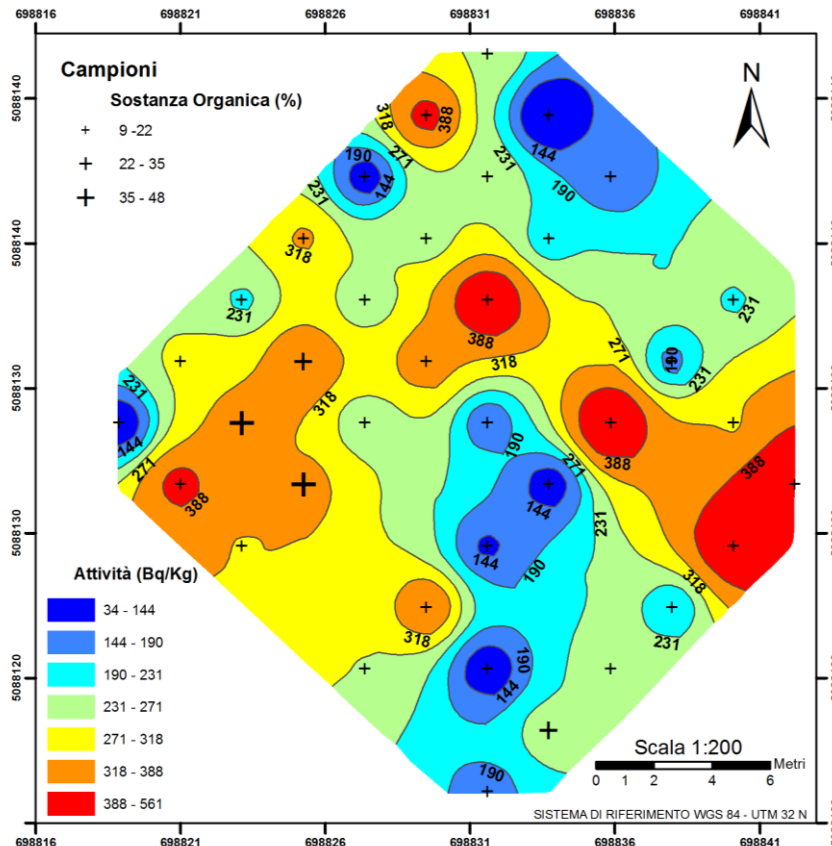
FASE 2: studio della distribuzione superficiale di ^{137}Cs del bosco

I risultati dell'attività di ^{137}Cs mostrano:

- ❖ Min = 50 ± 2 Bq/kg
- ❖ Max = 434 ± 16 Bq/kg
- ❖ Media = 218 ± 99 Bq/kg



❖ Area del bosco (18 m x 18 m):
32 campioni (bulks)



Classe	Bq/kg	m ² (%)
1	34-144	2
2	144-190	9
3	190-231	15
4	231-271	27
5	271-318	24
6	318-388	17
7	388-561	6

❖ 80% < 318 Bq/kg

❖ 6% rappresenta il max

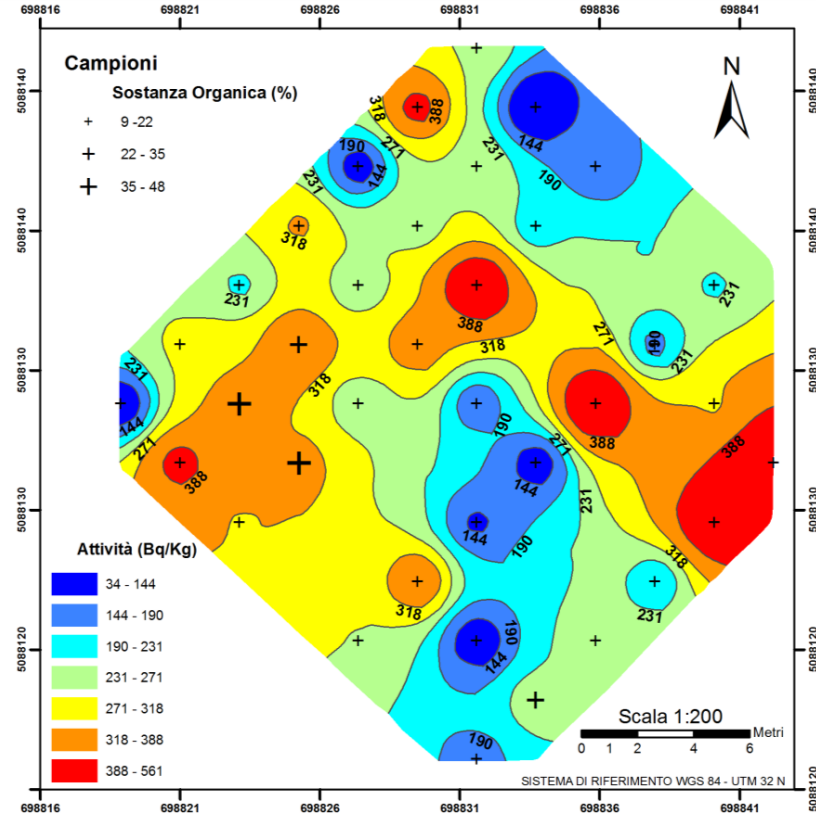
Mappa
realizzata
con il
metodo
IDW.

FASE 2: canopy effect

❖ Su un'area di $\sim 300 \text{ m}^2$ osserviamo una distribuzione molto **disomogenea**:

$$\color{red}{\blacklozenge} \text{ } ^{137}\text{Cs}_{\text{MAX}} = 434 \pm 16 \text{ Bq/kg}$$

$$\color{blue}{\blacklozenge} \text{ } ^{137}\text{Cs}_{\text{MIN}} = 50 \pm 2 \text{ Bq/kg}$$



❖ È noto dalla letteratura che l'”effetto tettoia” è più evidente nelle foreste di conifere rispetto a quelle a foglia larga*.

❖ Non possiamo verificare la copertura dovuta agli alberi poiché alcuni alberi sono stati tagliati e molti alberi sono cresciuti.



* Fujiyoshi et al. 2004.

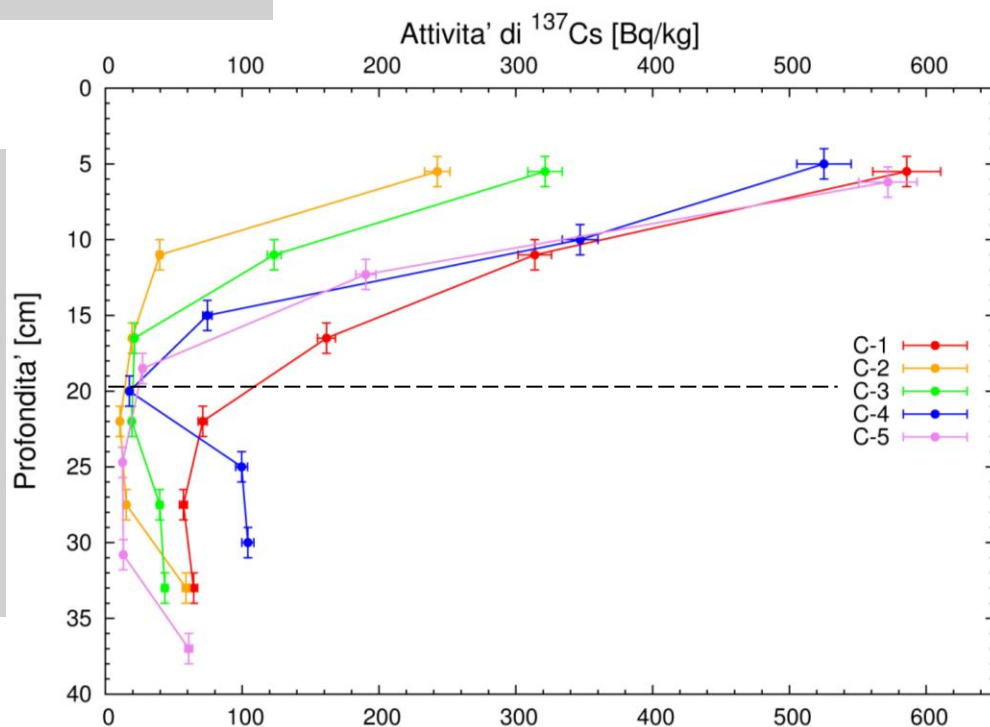
FASE 3: studio dei profili verticali dell'attività di ^{137}Cs

- ❖ Ho campionato 5 cores (profondità max 30-37 cm)
- ❖ Ogni core è suddiviso in 6 strati, ~ 5 cm ciascuno
- ❖ Si osserva che l'attività di ^{137}Cs decresce esponenzialmente fino a ~ 20 cm per tutti i cores
- ❖ Dopo i 20 cm si osserva un innalzamento dell'attività...



Possibile cause dell'innalzamento:

- contaminazione
- contributo dei test nucleari
- variazione nella composizione del suolo
- attività nutritiva delle radici

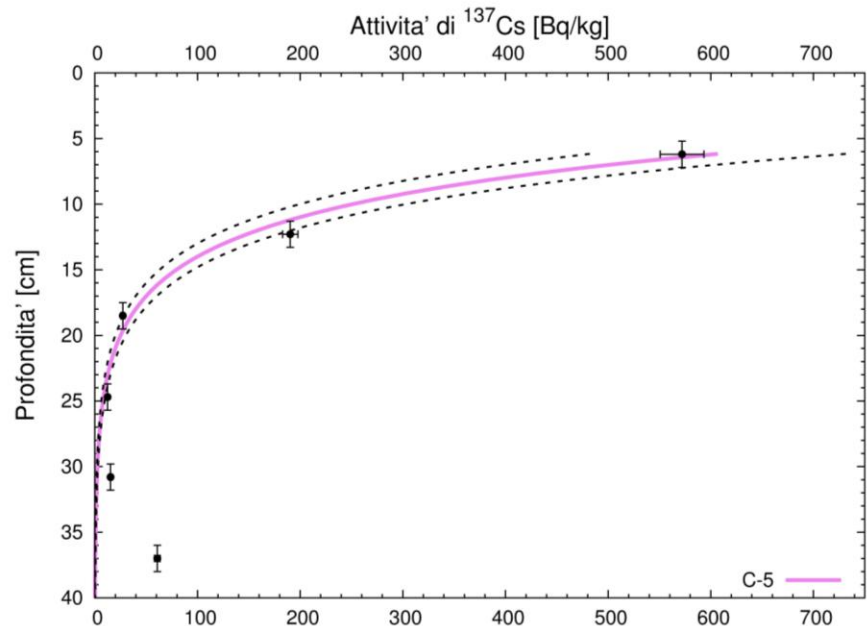
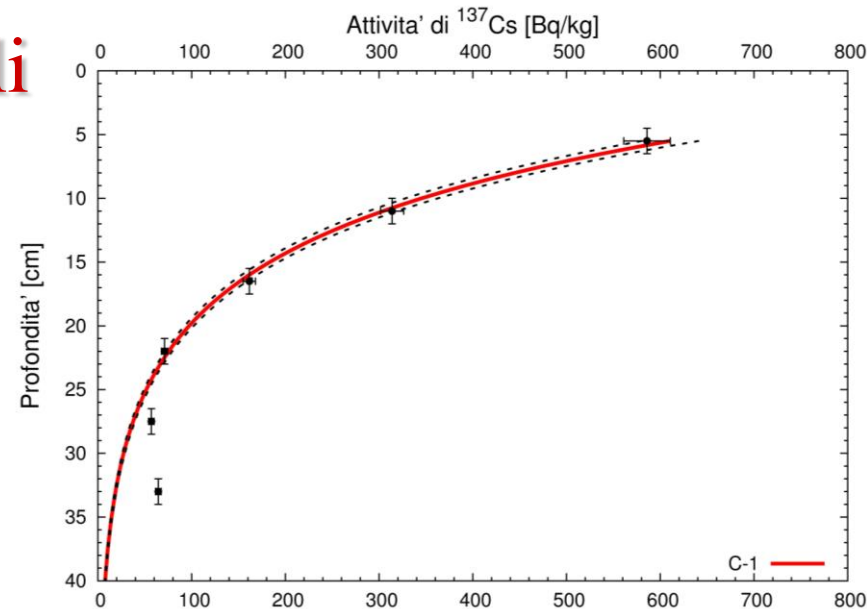


FASE 3: la modellazione esponenziale dei profili verticali di ^{137}Cs

$$C(x) = C(0)e^{-\alpha x}$$

- $C(x)$ = attività di ^{137}Cs (Bq/kg) alla profondità x (cm)
- $C(0)$ = attività di ^{137}Cs (Bq/kg) alla superficie
- α = coeff. dipende da caratt. fisico-chimiche del suolo e dal tempo di deposizione (cm^{-1})

Core	$C(0)$ (Bq/kg)	α (cm^{-1})
C1	512	0.10
C2	189	0.23
C3	307	0.20
C4	573	0.20
C5	587	0.22



Conclusioni

- ❖ Tutti gli obiettivi della mia tesi sono stati raggiunti:
 - ✓ Studio della distribuzione superficiale di ^{137}Cs sulla montagna ($\sim 0.2 \text{ km}^2$)
 - ✓ Studio della distribuzione superficiale di ^{137}Cs sul suolo del bosco ($\sim 300 \text{ m}^2$)
 - ✓ Studio della distribuzione verticale di ^{137}Cs nel suolo del bosco ($\sim 300 \text{ m}^2$)
- ❖ La distribuzione superficiale di ^{137}Cs nella zona della montagna è caratterizzata da una notevole variabilità (da 34 a 460 Bq/kg).
- ❖ Una distribuzione analoga è stata osservata per la zona del bosco (da 50 e 434 Bq/kg): in questo caso la variabilità può essere spiegata con il canopy effect.
- ❖ Sono state realizzate le mappe delle distribuzioni superficiali di ^{137}Cs con il metodo IDW.
- ❖ È stata studiata la distribuzione verticale di ^{137}Cs nei 5 cores, la quale è caratterizzata da una decrescita esponenziale fino a circa 20 cm seguita da un innalzamento di attività.
- ❖ Dalla modellazione esponenziale dei profili sono state distinte due classi di suolo aventi caratteristiche fisico-chimiche diverse.

Prospettive per il futuro

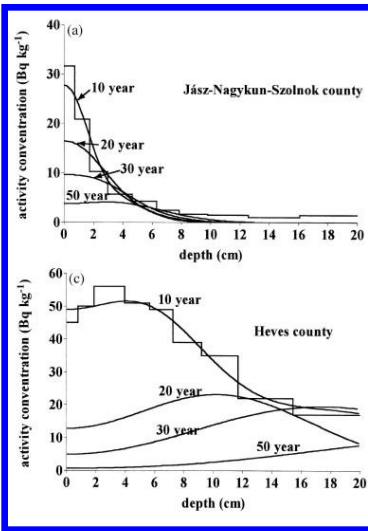
❖ Caratterizzazione dei suoli attraverso diffrattometria a raggi X.



❖ Estensione dei profili dei cores a profondità > 40 cm con una risoluzione maggiore.



❖ Modellazione dei profili con modelli di diffusione-convezione.



❖ Studio dell'attività biologica (nella rizosfera) sull'effetto di accumulo di ¹³⁷Cs.



Backslides

L'attività di ^{137}Cs e il contenuto di materiale organico dei suoli

