

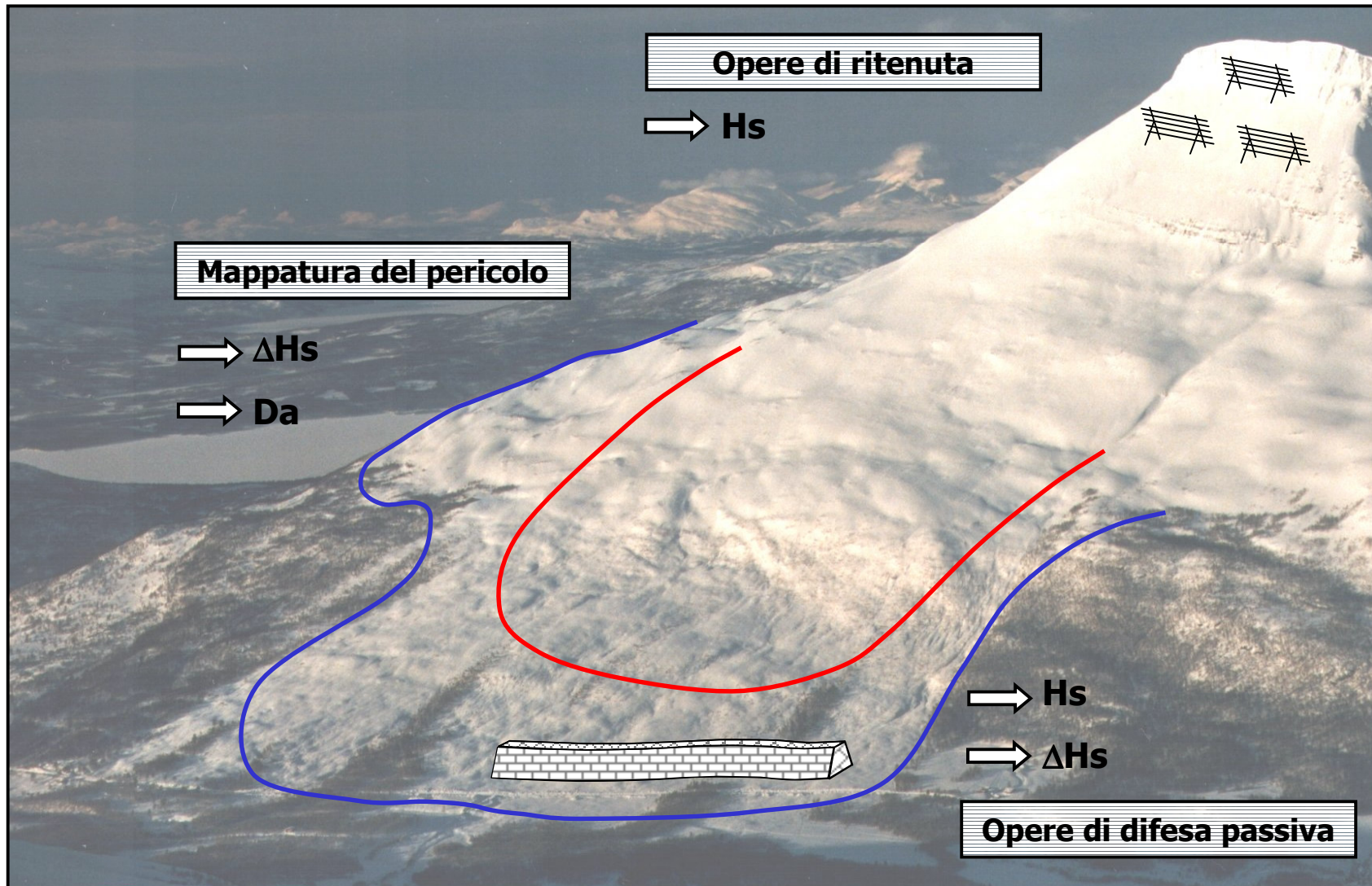


ELEMENTI DI STATISTICA

Analisi dei dati nivologici e valangologici



INTRODUZIONE AL PROBLEMA



... QUALI DATI ?



DATI NIVOLOGICI

- **altezza della neve al suolo**
- precipitazioni nevose
- ventosità



DATI VALANGOLICI

- **distanze di arresto**
- caratteristiche del deposito
- condizioni al distacco (altezza, area)
- danni

REGOLA GENERALE

Quale che sia l'applicazione pratica, sarà sempre richiesta la stima di variabili nivologiche e/o valangologiche (*altezza di neve al suolo, distanza di arresto*) in funzione del **TEMPO DI RITORNO**

INFERENZA STATISTICA

In molte situazioni pratiche è richiesta inoltre l'effettuazione di **ANALISI REGRESSIVE**

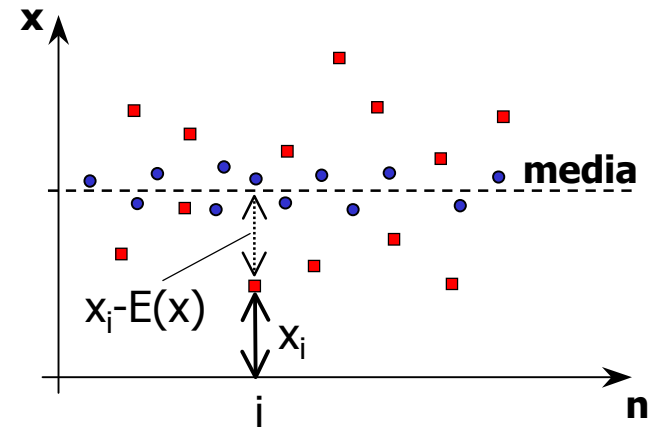
DEFINIZIONI (1)

Campione di dati: x_1, x_2, \dots, x_N



MEDIA

$$E(x) = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$



DEVIAZIONE STANDARD

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

DEFINIZIONI (2)



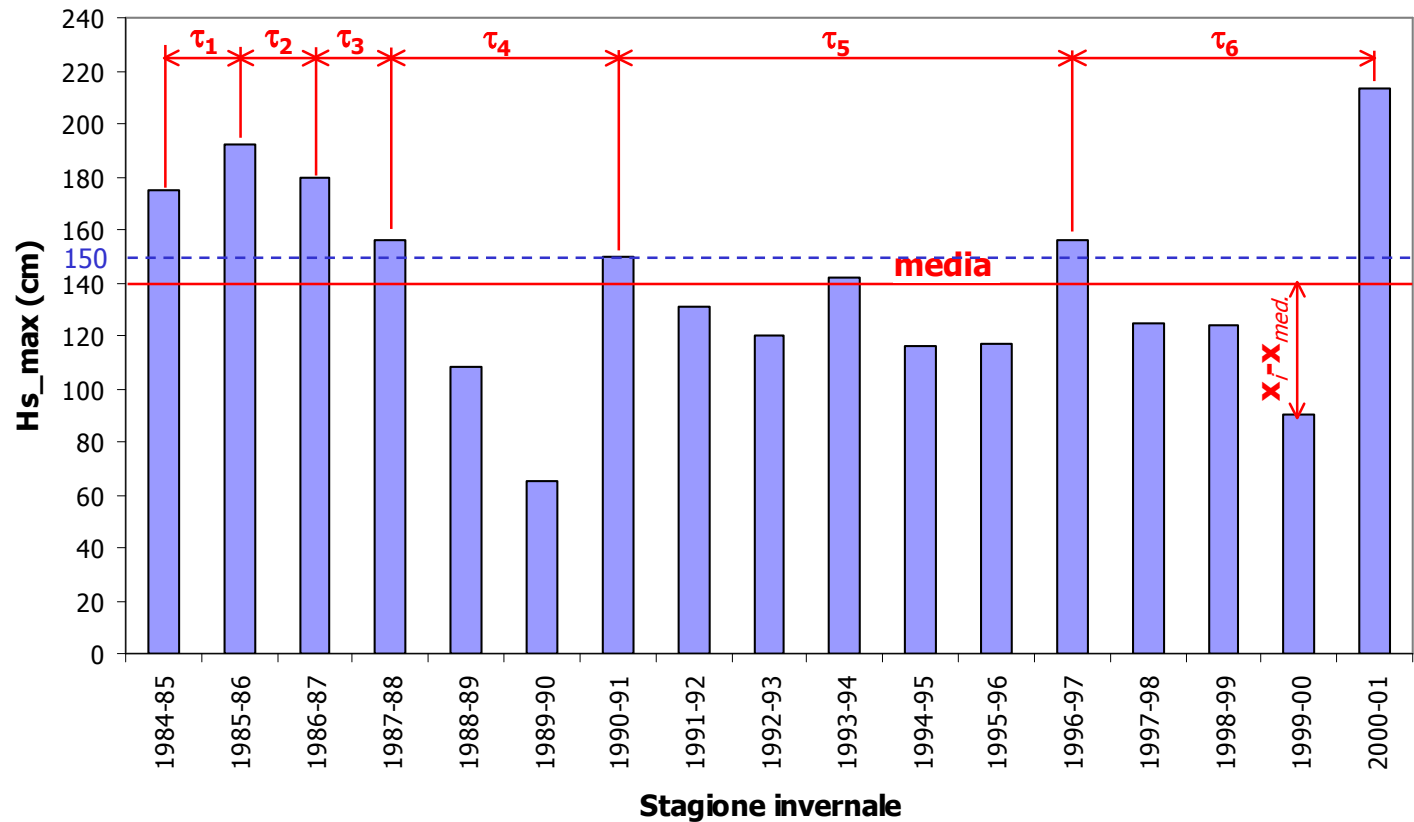
TEMPO DI RITORNO

Intervallo di tempo necessario, in media, affinché un dato evento si ripeta

$$T(\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{N}$$

DEFINIZIONI (3)

Tonale (1880 mslm)	
Stagione	Hs_max
1984-85	175
1985-86	192
1986-87	180
1987-88	156
1988-89	108
1989-90	65
1990-91	150
1991-92	131
1992-93	120
1993-94	142
1994-95	116
1995-96	117
1996-97	156
1997-98	125
1998-99	124
1999-00	90
2000-01	213
media	139
dev.st	38



Esempio:

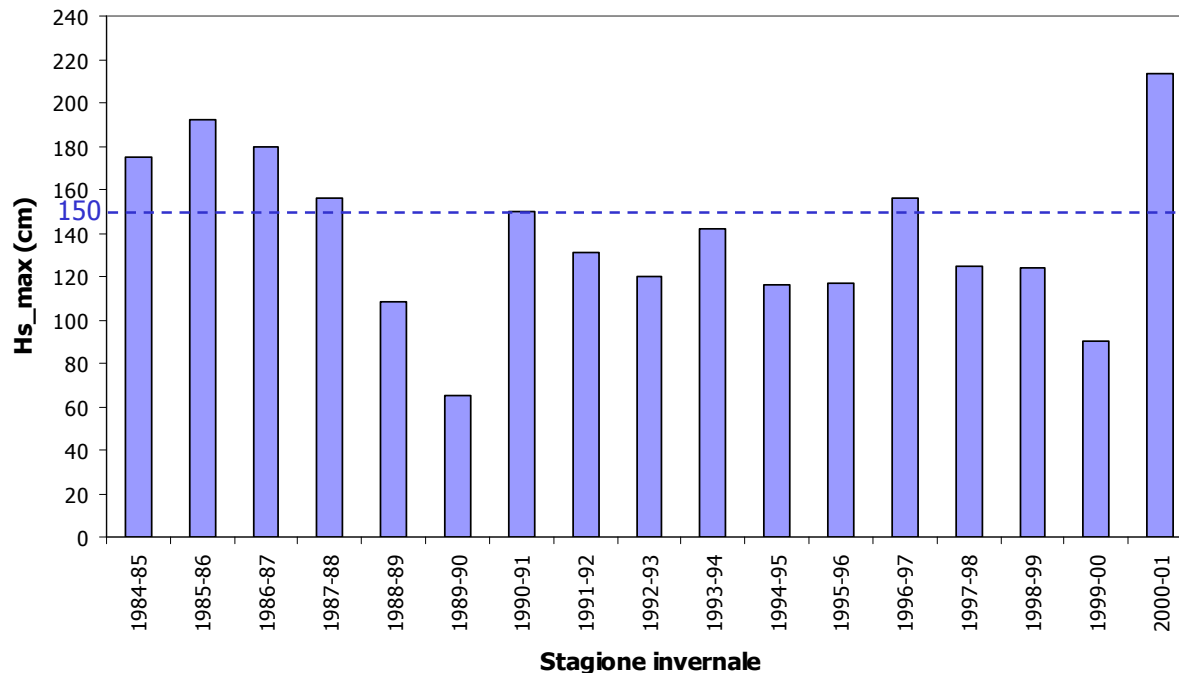
Hs	T
150	2.7

DEFINIZIONI (4)



LEGAME TEMPO DI RITORNO - PROBABILITA'

$$T(\bar{x}) = \frac{1}{P_e(\bar{x})} = \frac{1}{1 - P(\bar{x})}$$



$$P_e(150) \approx \frac{7}{17} = 0,41$$

$$\Rightarrow T(150) = \frac{1}{0,41} = 2,4$$

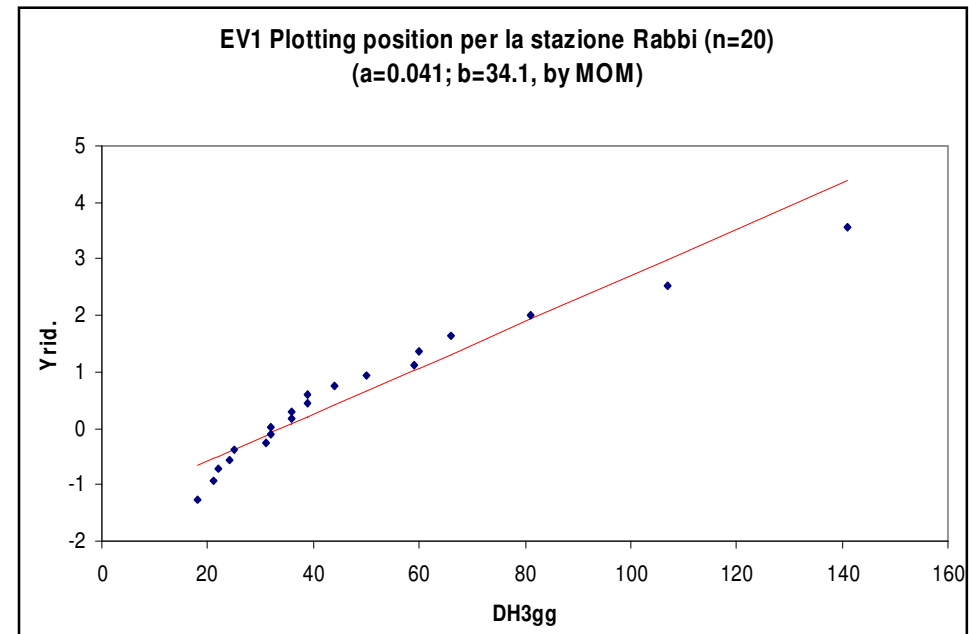
**UNITA' DI
MISURA DI T !**

T > N ?

DEFINIZIONI (5)

1. Test di adattamento del campione di dati ad una distribuzione di probabilità:

- test numerici (χ^2 , K-S)
- test grafici
(carte probabilistiche)



2. Determinazione dei parametri della curva di distribuzione

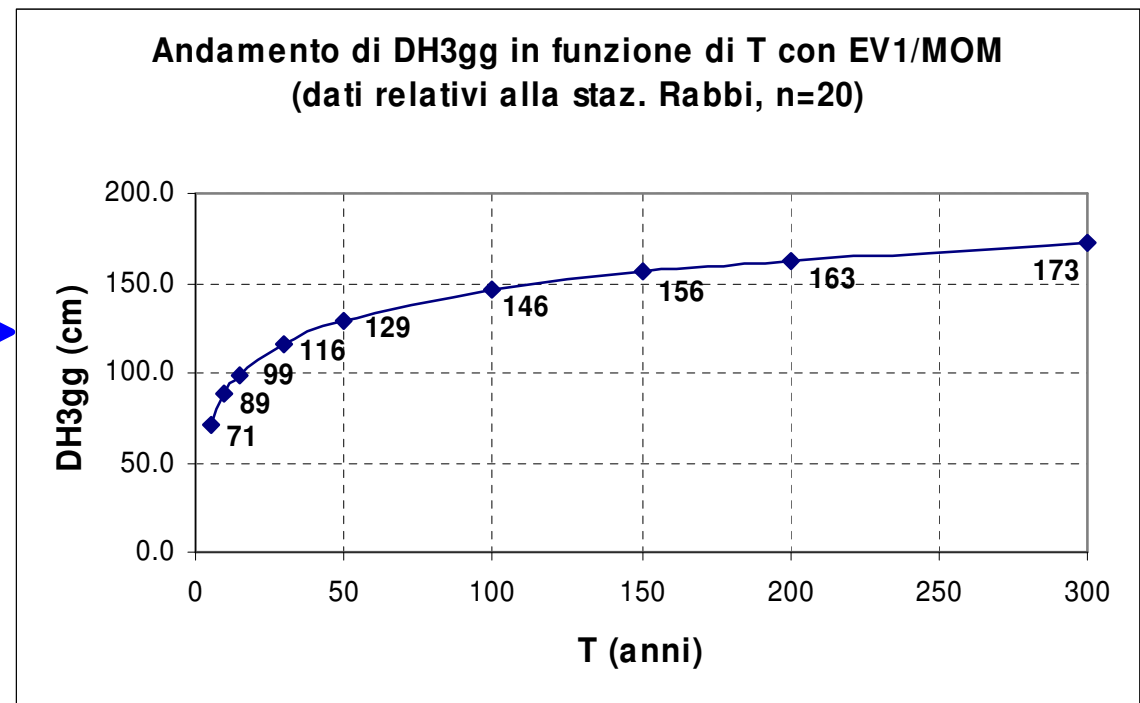
- metodo dei momenti (o PWM)
- metodo della massima verosimiglianza

$$P = P(X)$$

DEFINIZIONI (6)

3. Caratterizzazione dei valori di distanza di arresto con fissate probabilità P , ovvero con assegnato tempo di ritorno T ($P=P(x) \gg T(x)=1/[1-P(x)]$)

$$DH3gg = f(T)$$



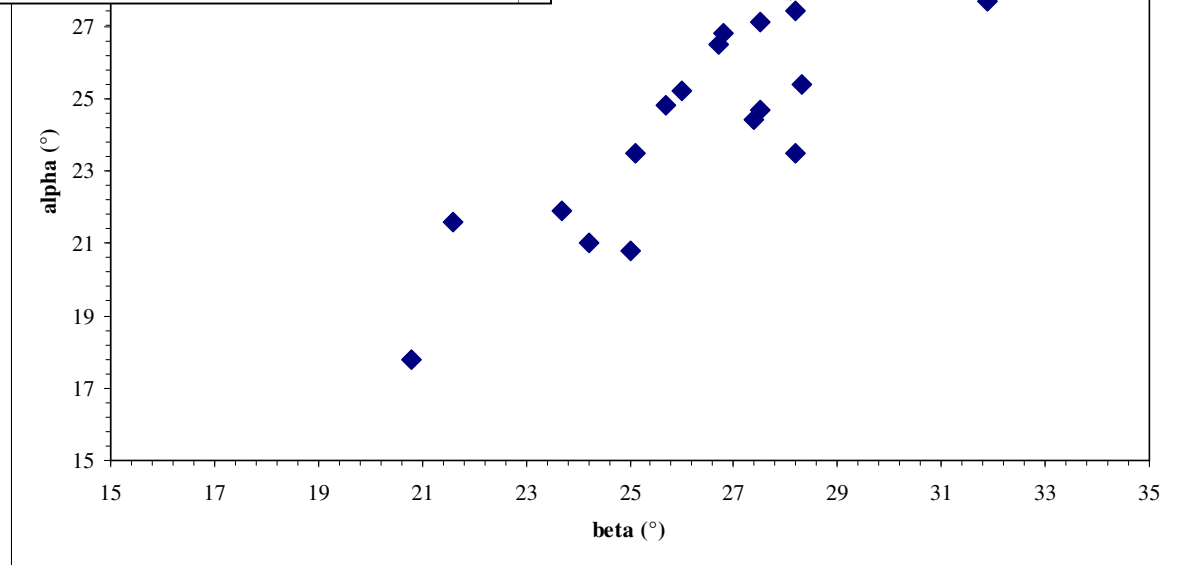
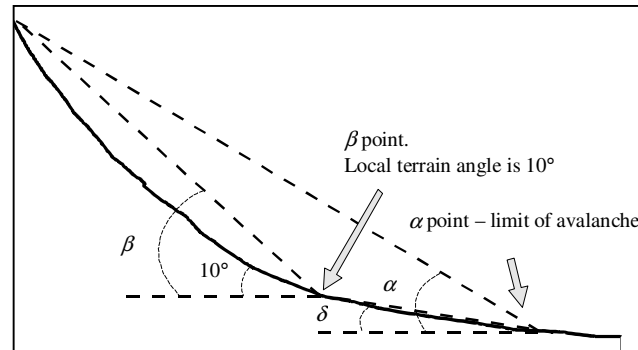
ANALISI REGRESSIVE

LE ANALISI REGRESSIVE SI EFFETTUANO QUANDO SI E' INTERESSATI A STABILIRE L'ESISTENZA DI RELAZIONI TRA VARIABILI (**CORRELAZIONI**) ED EVENTUALMENTE A DERIVARE **RELAZIONI PREDITTIVE** BASATE SULL'ESISTENZA DI TALE LEGAME

ANALISI REGRESSIVE

Campione di dati: valanghe estreme Islandesi

alpha	beta
21	24.2
21.6	21.6
17.8	20.8
26.5	26.7
28	28.1
27.4	28.2
26.8	26.8
27.7	31.9
24.4	27.4
23.5	28.2
24.8	25.7
27.1	27.5
25.4	28.3
20.8	25
24.7	27.5
23.5	25.1
21.9	23.7
28.5	32.7
28.5	28.9
25.2	26



ANALISI REGRESSIVE

COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE

$$\rho_{\alpha} = \frac{\text{cov}(\alpha; \beta)}{\sigma_{\alpha} \cdot \sigma_{\beta}}$$

$$\text{cov}(\alpha; \beta) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\alpha_i - \mu_{\alpha}) \cdot (\beta_i - \mu_{\beta})$$

ANALISI REGRESSIVE

	alpha	beta
DEV.ST	2.965	2.917
MEDIA	24.755	26.715
COV	6.946175	

COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE

$$\rho_{\alpha} = 0,80$$

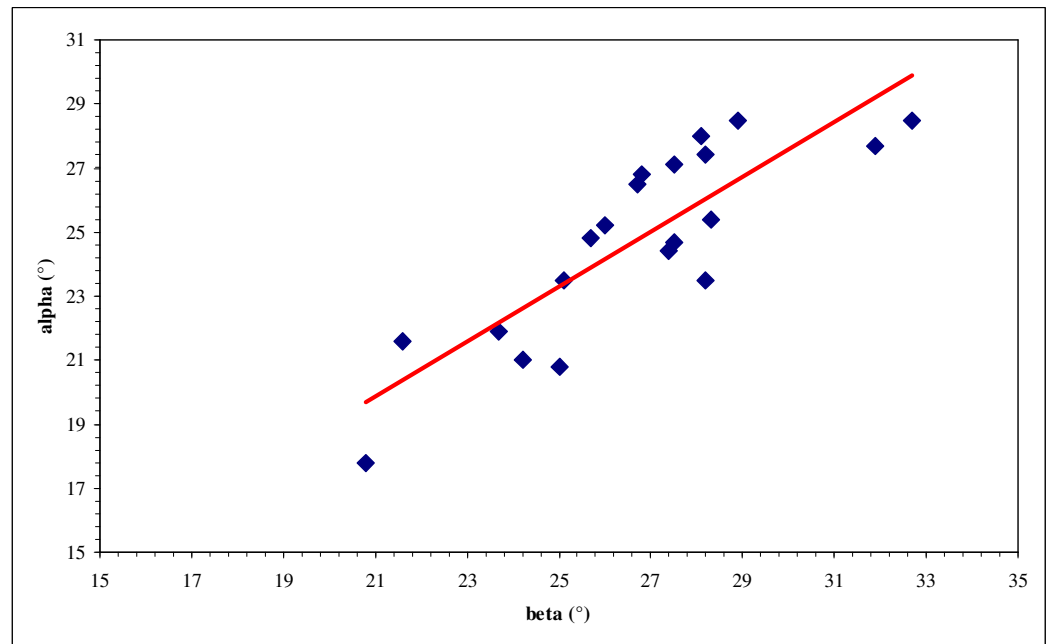
ANALISI REGRESSIVE

REGRESSIONE LINEARE

$$\alpha = k_0 + k_1 \cdot \beta$$

$$k_0 = \mu_\alpha - k_1 \cdot \mu_\beta$$

$$k_1 = \rho_\alpha \cdot \left(\frac{\sigma_\alpha}{\sigma_\beta} \right)$$



$$\alpha = 2,95 + 0,82 \cdot \beta$$

ANALISI INFERENZIALI (1)

PROBLEMA

Dimensionamento ponti da neve

Tempo di ritorno: tipicamente $T=100$ anni

Quota di progetto: $z=2500$ m s.l.m.

$$H_s(T=100; z=2500)=?$$

Ipotesi di lavoro 1

Stazione ubicata in zona di distacco, con serie storica centennale

$$H_s(T=100; z=2500) \approx H_s(\max)$$

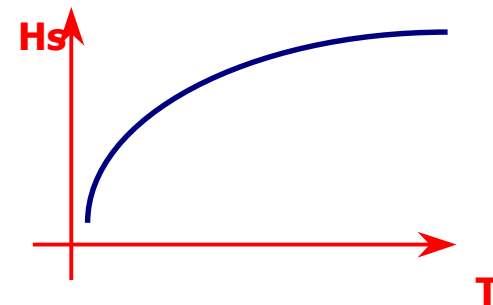
ANALISI INFERENZIALI (2)

Ipotesi di lavoro 2

Stazione ubicata in zona di distacco, con serie storica ventennale



**INFERENZA
STATISTICA**



Utilizzo di **MEDIA** e **DEVIAZIONE STANDARD**





$$H_s(T) = E(H_s) + k(T) \cdot s(H_s)$$

k(T): "frequency factor", dipende del tempo di ritorno e dal tipo di distribuzione usata per adattare i dati campione

ANALISI INFERENZIALI (3)

REGOLE GENERALI

-  NEL CASO DI ANALISI STATISTICHE DI SERIE DI DATI "PUNTUALI" (PROVENIENTI DA UNA SOLA STAZIONE, TIPICAMENTE $N < 50$) UTILIZZARE CURVE DI DISTRIBUZIONE DI PROBABILITA' A DUE PARAMETRI (*Gumbel, Lognormale, ecc.*)
-  L'ERRORE DI STIMA è PROPORZIONALE AL RAPPORTO T/N , LE STIME POSSONO ESSERE RITENUTE ACCURATE SOLO PER $T/N < 1$

ANALISI INFERENZIALI (4)

$$H_s(T) = E(H_s) + k(T) \cdot s(H_s)$$

$$H_s(T; \text{Tonale}) = 139 + k(T) \cdot 38$$

Distribuzione di **GUMBEL**: $K(T) = -(0,45 + 0,78 \ln(-\ln(1 - 1/T)))$

P	0.5	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99
T	2	5	10	20	50	100
k(Gumb)	-0.1478	0.9187	1.6248	2.302	3.1787	3.8356
Hs(Tonale)	133	173	200	225	258	283

ERRORI DI STIMA !

ANALISI INFERENZIALI (5)

Ipotesi di lavoro 3

Stazione ubicata ad una quota inferiore alla quota di distacco,
con serie storica ventennale

$$E(H_s) + k(T) \cdot s(H_s) = H_s(T; 1880)$$

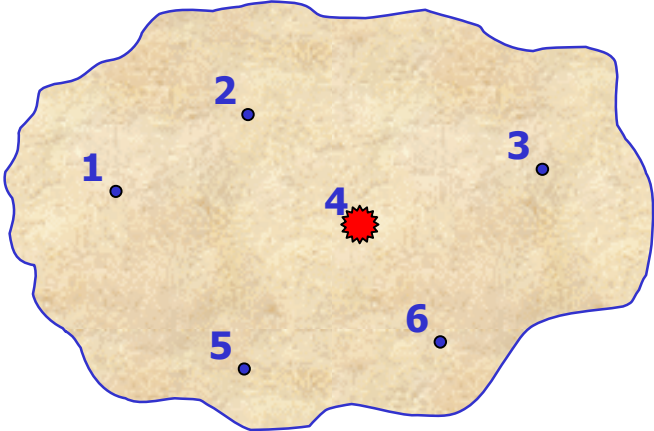


REGIONALIZZAZIONE

Tecnica statistica che consente estrapolazioni a siti non strumentati
(correzione errori, riempimento buchi, ... , aumento accuratezza
risultati)

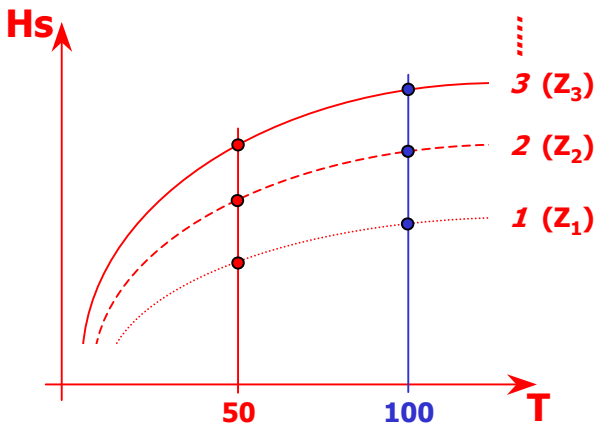
REGIONALIZZAZIONE

A

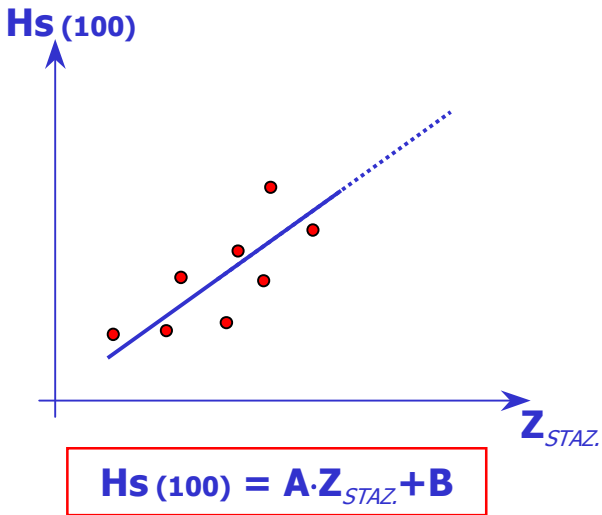


- : stazione i (quota Z_i)
- (red starburst) : sito valanghivo (quota \check{Z})

B



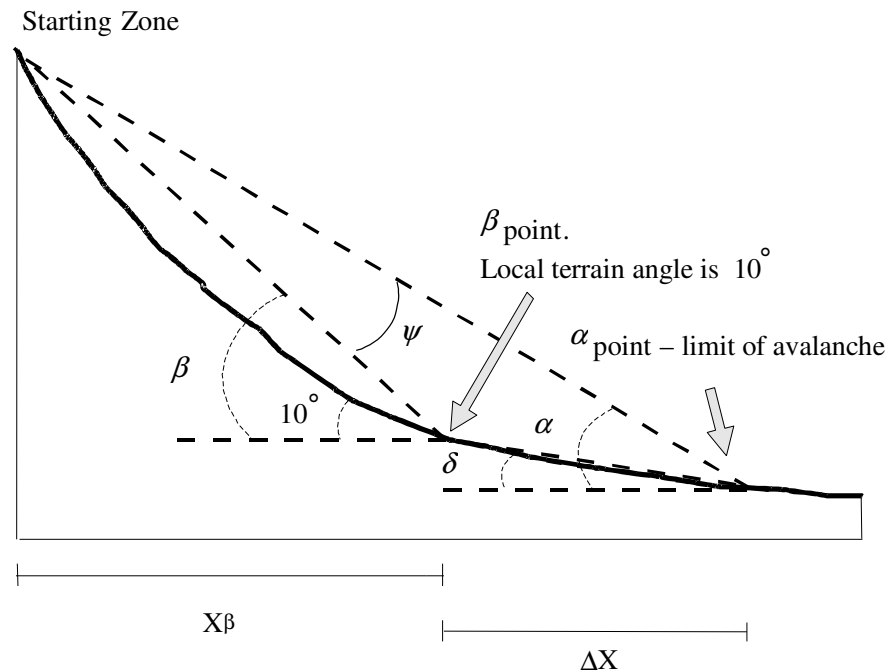
C



MODELLI STATISTICI PER CALCOLO VALANGHE

I METODI CLASSICI

- Modelli statistico-topografici: **analisi regressive**
- Modello del Rapporto di arresto: **analisi inferenziali**

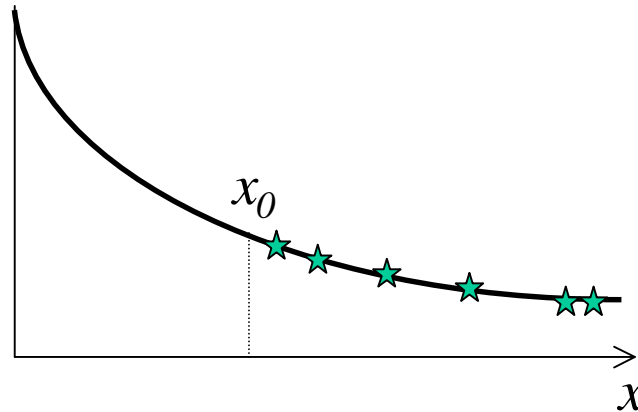


MODELLI STATISTICI PER CALCOLO VALANGHE

LA NUOVA IDEA

- Applicare il *metodo delle eccedenze* ai dati storici di **distanza di arresto**

Vantaggi: - derivazione del legame tra frequenza e distanza di arresto delle valanghe [$Da=Da(T)$]



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Statistica idrologica (introduttivo)

- Maione, U. e Moisello, U. 1993. *Elementi di statistica per l'idrologia.* La Goliardica Pavese Edizioni, Pavia.
- Fowler, J. & Cohen, L. 1993. *Statistica per ornitologi e naturalisti.* Franco Muzzio Editore, Padova.

Statistica idrologica (avanzato)

- Cunnane, C. 1989. *Statistical Distribution for Flood Frequency Analysis.* WMO-Operational Hydrology Report, No. 33.
- Kite, G.W. 1988. *Frequency and Risk analysis in Hydrology,* Littleton, CO, Water Resources Publications, No. 224.