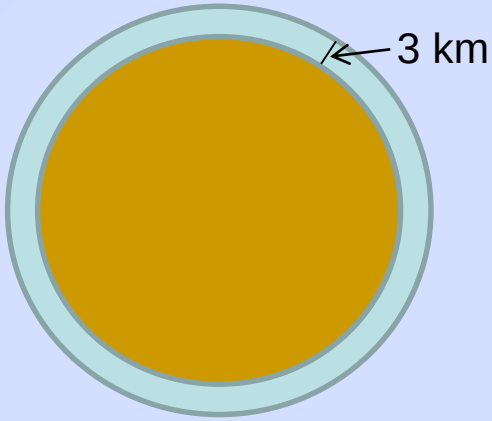
GESTIONE AGRONOMICA DELLE RISORSE IDRICHE

Studio del ruolo dell'acqua nell'ambito del sistema suolo-pianta-atmosfera quale strumento per accrescere e stabilizzare le rese delle specie coltivate, attraverso un uso sostenibile dell'acqua.

L'ACQUA SULLA TERRA

Volume d'acqua sulla terra	1.240.000.000 km^3
Acque marine (97%)	1.204.000.000 km^3
Acque dolci (3%)	36.000.000 km^3
Ghiacciai e poli (2%)	23.000.000 km^3
Falde acquifere (1%)	12.000.000 km^3
Acque superficiali (0,02%)	230.000 km^3
Atmosfera (0,0001%)	13.000 km^3



L'ACQUA NELL'ATMOSFERA

Tutte le funzioni vitali della pianta dipendono dalla disponibilità idrica

- ✓ *Respirazione*
- ✓ *Fotosintesi*
- ✓ *Accrescimento (Espansione e moltiplicazione cellulare)*
- ✓ *Assorbimento radicale*
- ✓ *Traslocazione degli elementi nutritivi*
- ✓ *Trasformazione degli elementi nutritivi*
- ✓ *Traslocazione degli elaborati*
- ✓ *Azione idrolitica*

Acqua ⟹ *Fattore di produzione che determina il maggior incremento di resa*

IRRIGAZIONE: arma a doppio taglio

Corsa all'incremento delle rese

vasti programmi di captazione e immagazzinamento

Eccessivo sfruttamento delle risorse idriche

Tendenza ad usare

Acque sempre più costose

Acque di qualità scadente

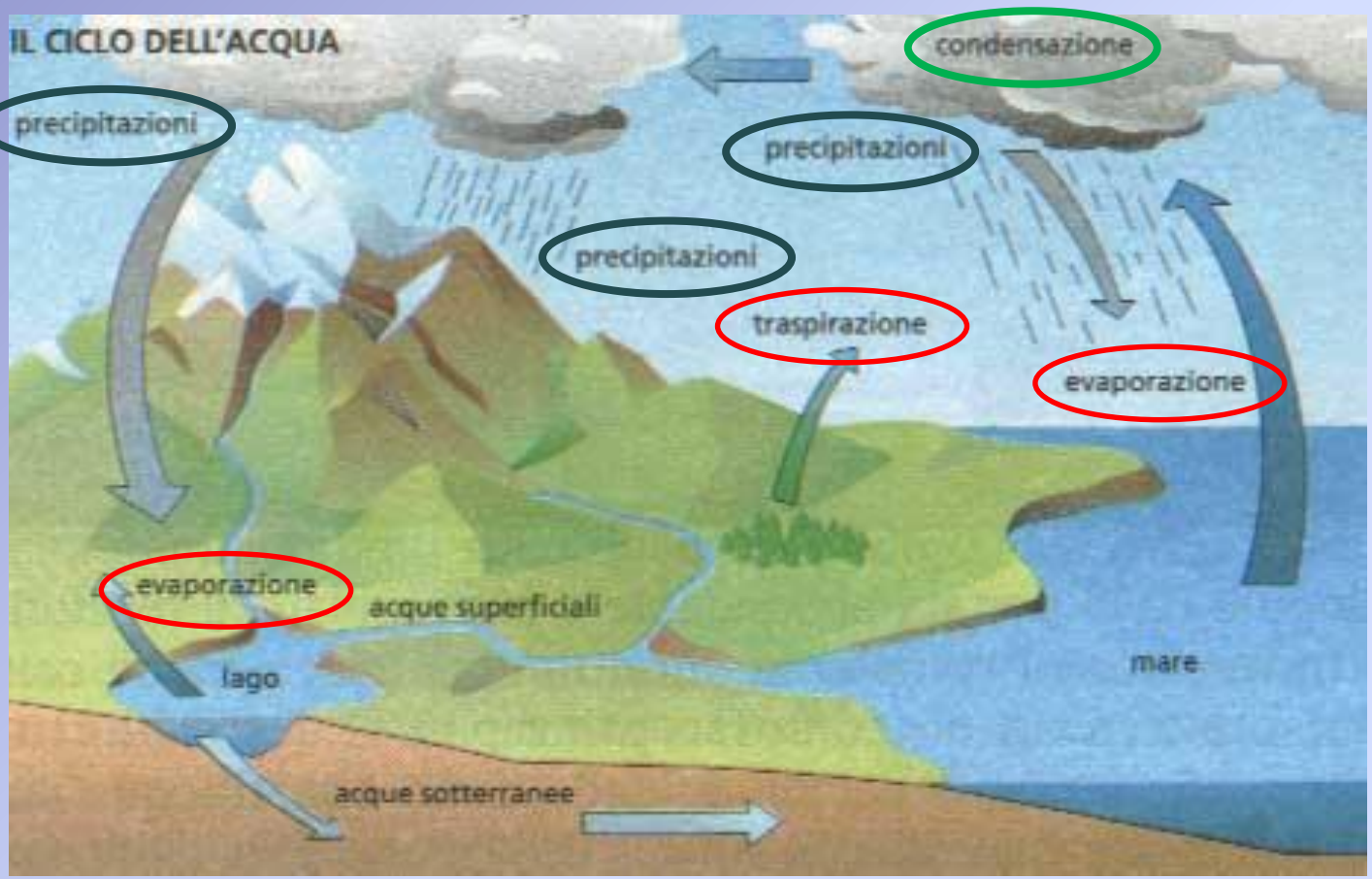
Uso di acque marginali

Riduzione di resa

Isterilimento del suolo

Isterilimento di circa 2 milioni di ha l'anno di terreno per salinizzazione e sodicizzazione

L'ACQUA NELL'ATMOSFERA



Il ciclo idrologico si origina grazie alle transizioni di fase dell'acqua

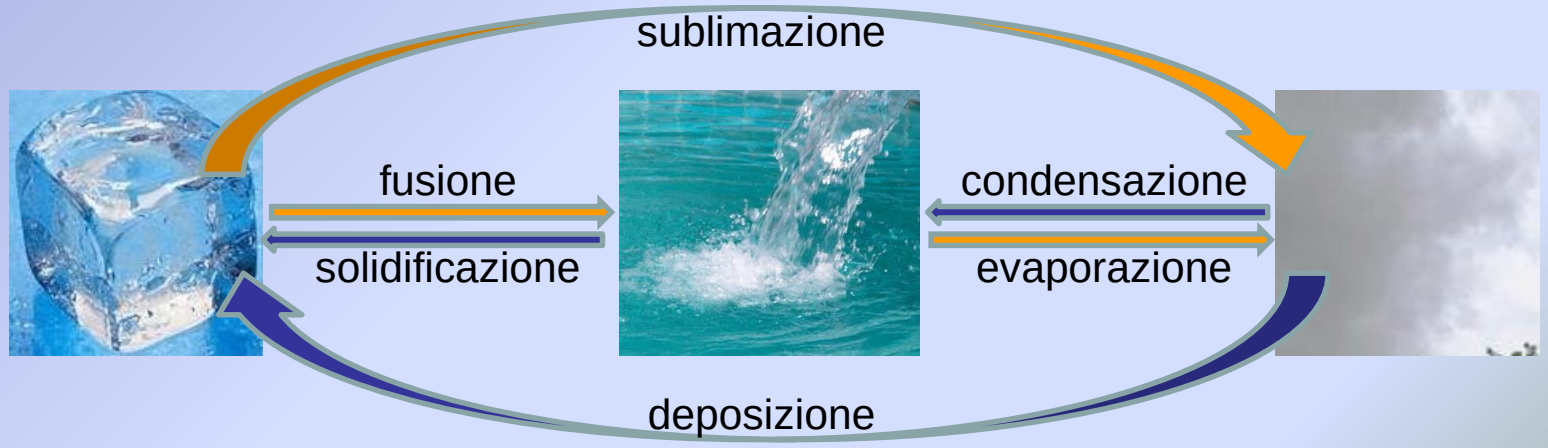
Ciascun passaggio di fase assorbe o libera energia ⟶ calore latente

FASI DELL'ACQUA

Solido Liquido Gassoso

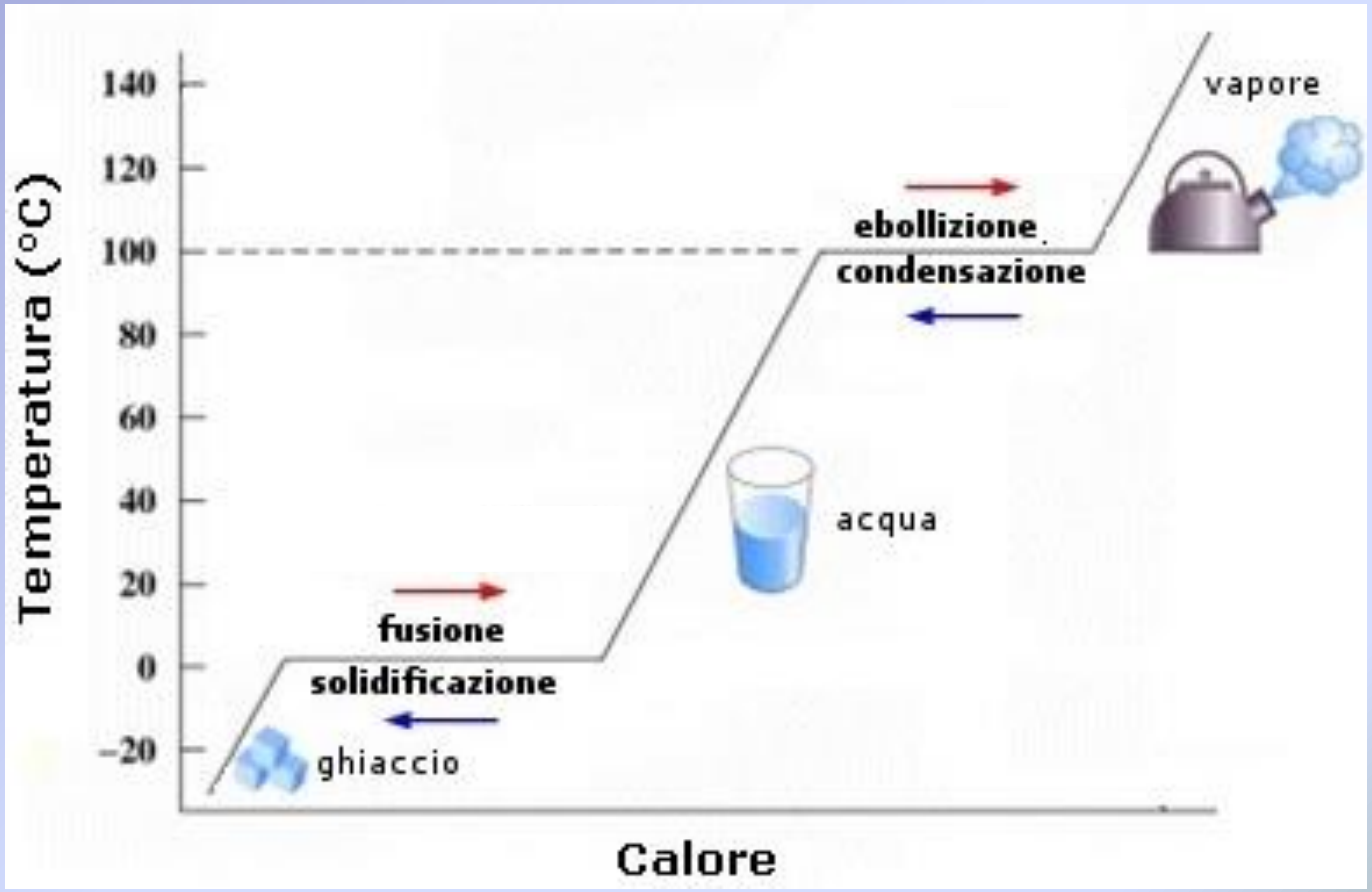
TRANSIZIONI DI FASE

Fase iniziale	Fase finale	Passaggio
Solida	Liquida	Fusione
Liquida	Solida	Solidificazione
Liquida	Vapore	Vaporizzazione
Vapore	Liquida	Condensazione
Solida	Vapore	Sublimazione
Vapore	Solida	Deposizione o Brinamento

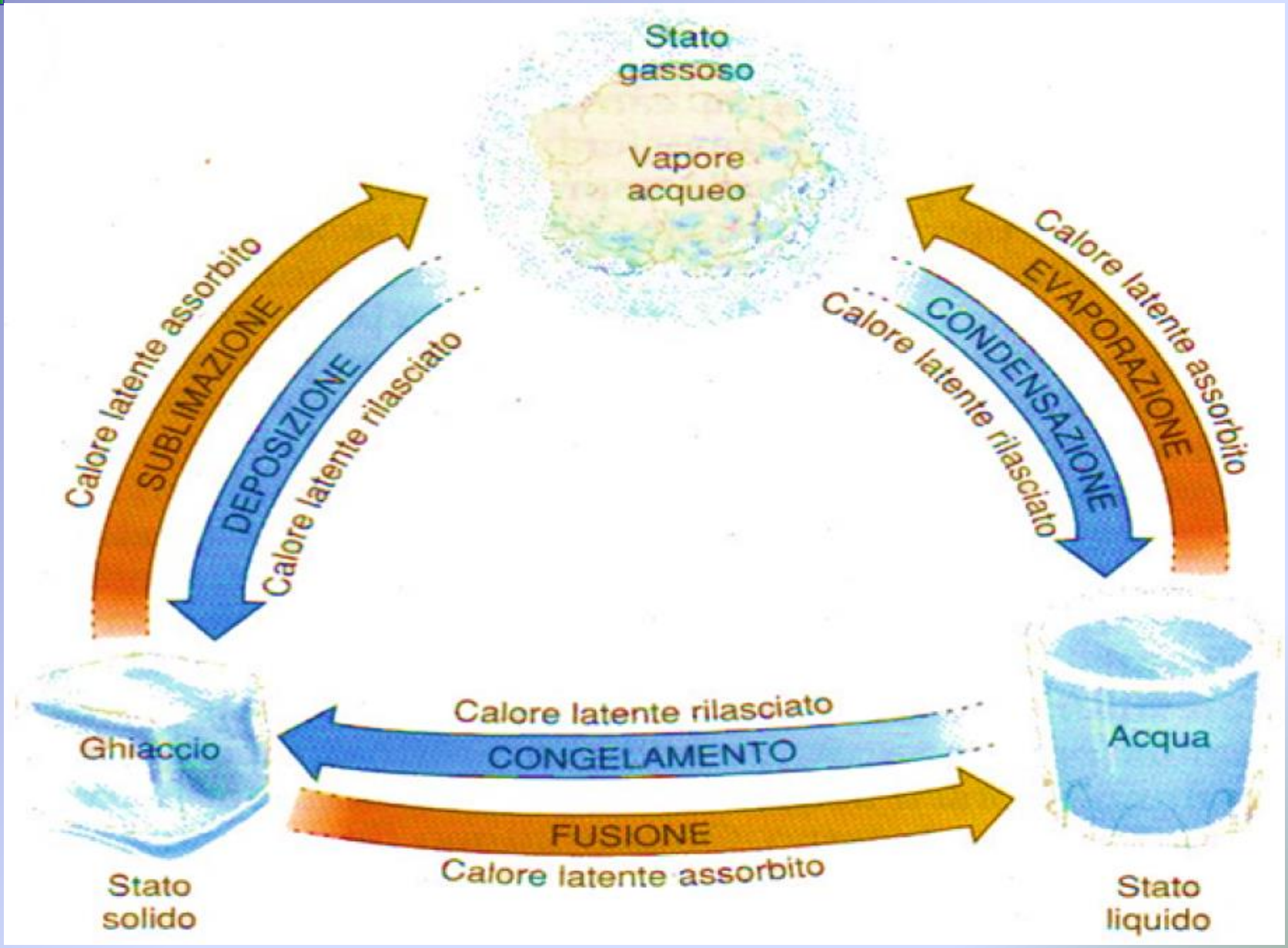


CALORE LATENTE

Energia assorbita o rilasciata dall’unità di massa di una sostanza per la transizione da una fase all'altra. Durante il processo di trasformazione la temperatura del sistema rimane costante.



CALORE LATENTE



ENERGIA NECESSARIA NELLE TRANSIZIONI DI FASE

Evaporazione
assorbe energia
riduzione della temperatura dell'aria

2,45 MJ kg^{-1} di acqua
586 cal g^{-1} di acqua

Condensazione
libera energia
aumento della temperatura dell'aria

Fusione
assorbe energia
riduzione della temperatura dell'aria

0,334 MJ kg^{-1} di acqua
79 cal g^{-1} di acqua

Solidificazione
libera energia
aumento della temperatura dell'aria

VAPOR D'ACQUA

Umidità assoluta (A.H.)

Peso, espresso in grammi, di vapore contenuto nell'unità di volume d'aria (g m^{-3})

Contenuto massimo di vapor d'acqua m^{-3} al variare della temperatura		
a 30 °C u.a. max o saturazione	→	*30,4 g m^{-3}*
a 10 °C " " "	→	*9,4 g m^{-3}*
a -10 °C " " "	→	*2,2 g m^{-3}*

Umidità relativa (R.H.)

Rapporto % tra il contenuto di vapore dell'atmosfera e la quantità massima che potrebbe contenere ad una determinata temperatura

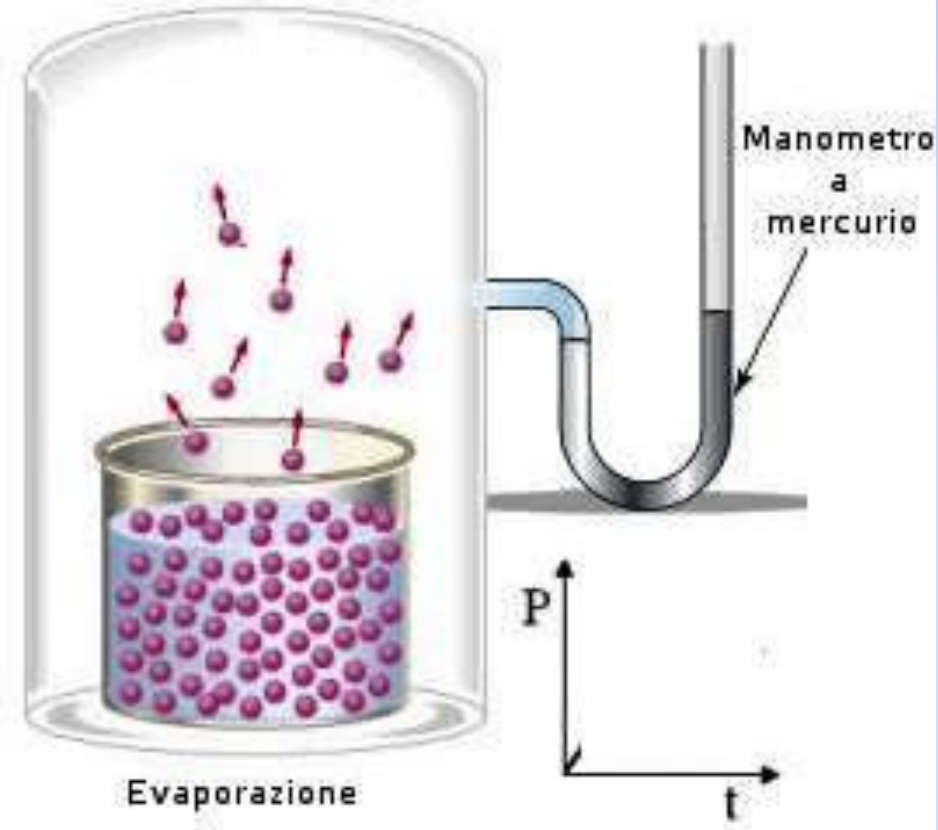
Es.

Temperatura = *30 °C*

Umidità reale = *24 g m^{-3}*

$$\frac{24 \text{ g m}^{-3}}{30{,}4 \text{ g m}^{-3}} \times 100 = 79\%$$

VAPOR D'ACQUA



UMIDITA' ATMOSFERICA

Il vapor d'acqua contribuisce alla pressione atmosferica con una pressione parziale che raggiunge, per ciascuna temperatura, un valore massimo

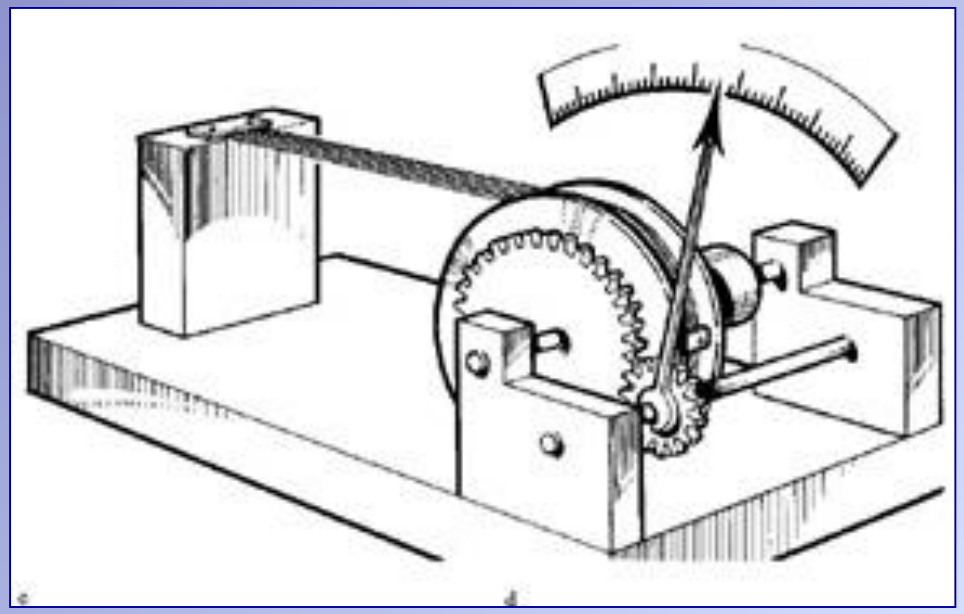
***pressione o tensione di saturazione* (e_a)**

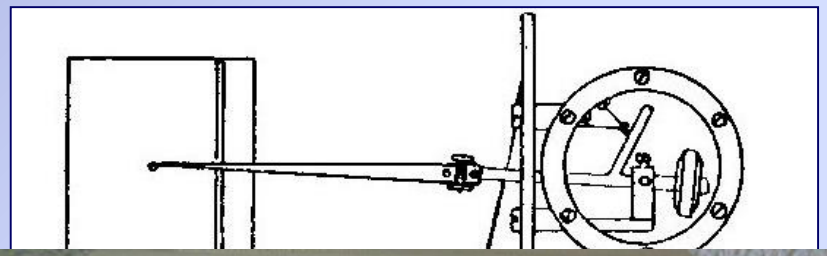
Temperatura (°C)	peso del vapore ($g\ m^{-3}$)	Tensione del vapore a saturazione(kPa)
-15	1,40	0,17
-10	2,16	0,26
-5	3,26	0,40
0	4,85	0,61
5	6,81	0,87
10	9,42	1,23
15	12,80	1,69
20	17,30	2,33
25	23,00	3,16
30	30,40	4,24

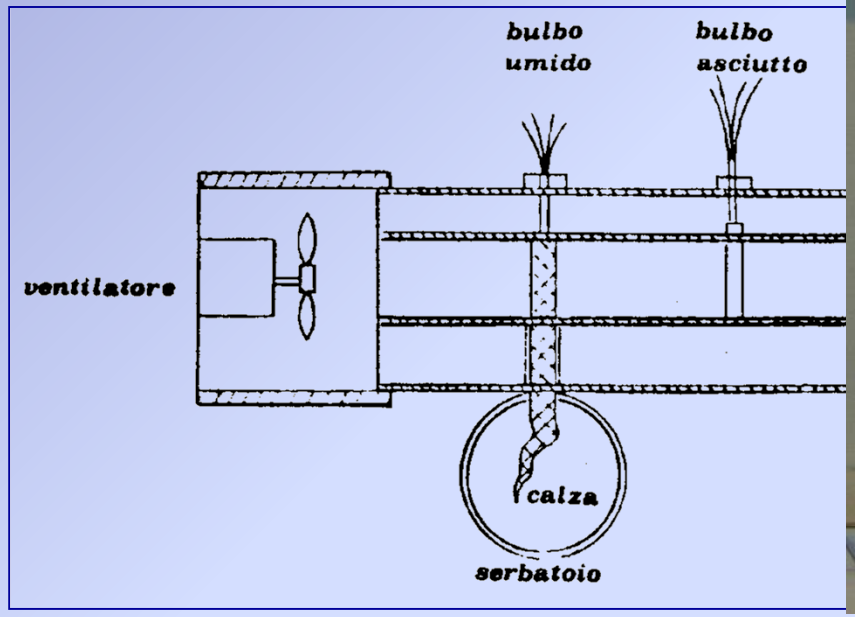
***pressione o tensione effettiva* (e_d)**

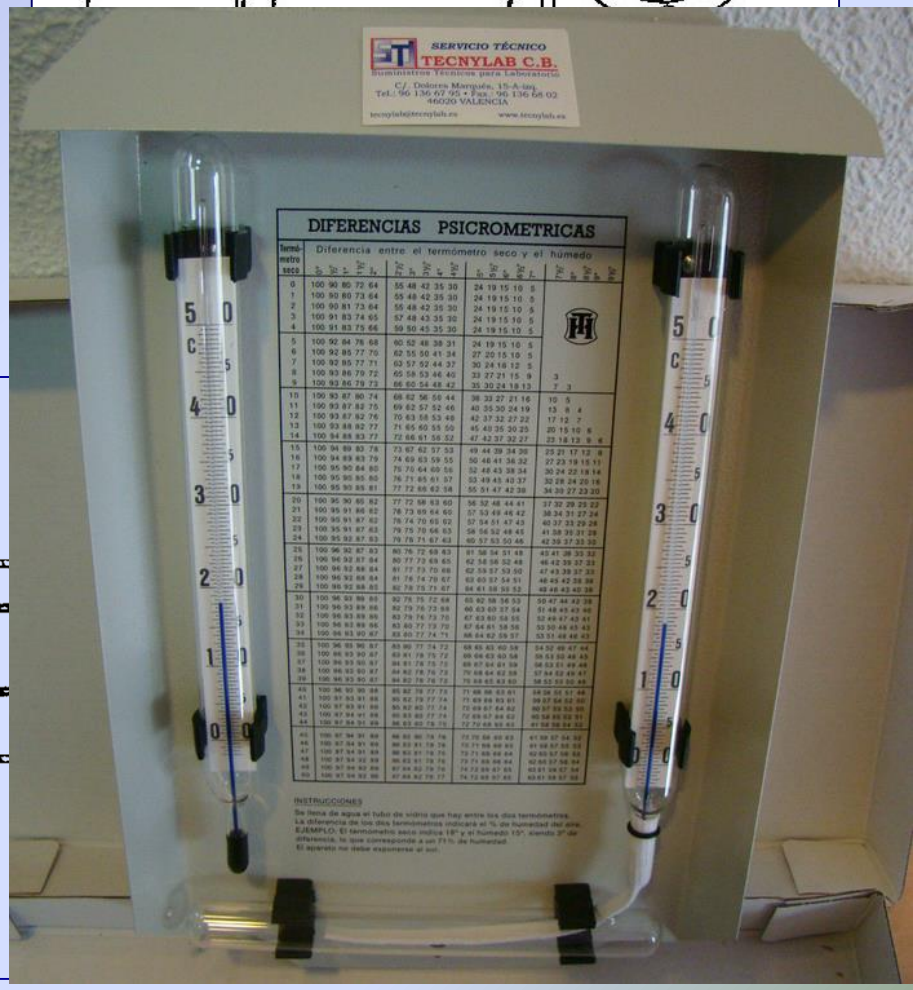
$$Ur = (e_d/e_a) \times 100$$

Strumenti per la misura dell'umidità atmosferica









Relazione tra pressione di vapore e temperatura

Pressione di vapore (kPa °C^{-1}) da dati di temperatura dei termometri a bulbo asciutto e bagnato dello psicrometro ventilato

Temperatura del bulbo asciutto (°C)	Depressione del bulbo bagnato (°C) (Alt 0 – 1000 m)											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
40	7,38	6,49	5,68	4,92	4,22	3,58	2,98	2,43	1,92	1,44	1,01	0,6
38	6,63	5,81	5,05	4,36	3,71	3,11	2,56	2,05	1,58	1,14	0,73	
36	5,94	5,19	4,49	3,84	3,25	2,69	2,18	1,71	1,27	0,86	0,49	
34	5,32	4,62	3,98	3,38	2,83	2,32	1,84	1,40	1,00	0,62		
32	4,75	4,11	3,51	2,96	2,45	1,98	1,54	1,13	0,75	0,40		
30	4,24	3,65	3,09	2,58	2,11	1,67	1,26	0,88	0,53			
28	3,78	3,23	2,72	2,24	1,80	1,40	1,02	0,67	0,34			
26	3,36	2,85	2,38	1,94	1,53	1,15	0,80	0,47	0,16			
24	2,98	2,51	2,07	1,66	1,28	0,93	0,60	0,29				
22	2,64	2,20	1,80	1,42	1,06	0,74	0,43	0,14				
20	2,34	1,93	1,55	1,20	0,87	0,56	0,27					
18	2,06	1,68	1,33	1,00	0,69	0,41	0,14					
16	1,82	1,46	1,14	0,83	0,54	0,27						
14	1,60	1,27	0,96	0,67	0,40	0,15						
12	1,40	1,09	0,81	0,53	0,28							
10	1,23	0,94	0,67	0,41	0,17							
8	1,07	0,80	0,55	0,31	0,08							
6	0,93	0,68	0,44	0,21								
4	0,81	0,57	0,34	0,16								
2	0,71	0,48	0,28	0,08								
0	0,61	0,40	0,20									

$$e_a = 0{,}6108 \cdot 10^{[\,(7{,}5\,T)\,/\,(T + 237{,}3)\,]}$$

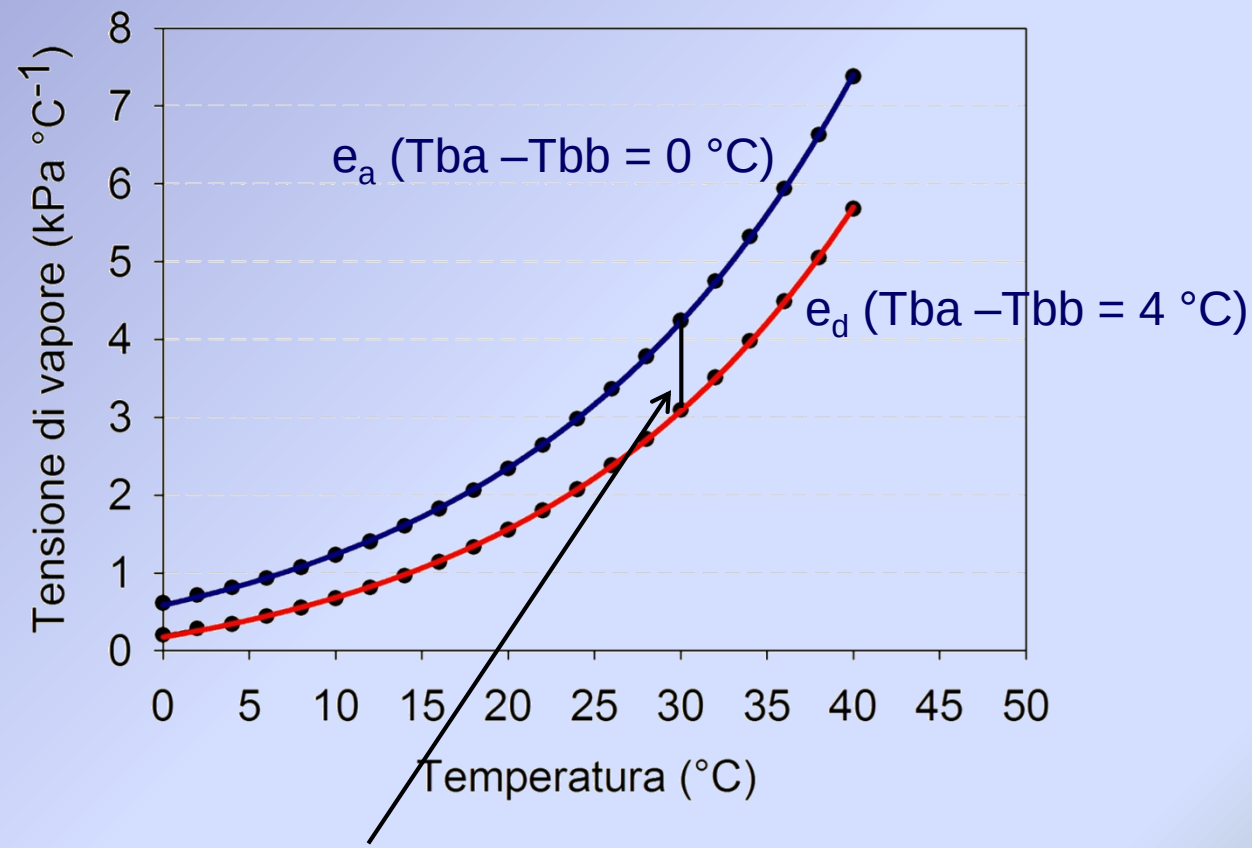
$$e_a = 0{,}6108 \cdot e\,[\,(17{,}27\,T)\,/\,(T + 237{,}3)\,]$$

Excel =0,6108*EXP((17,27*30)/(30+237,3))

Deficit di pressione di vapore (VPD)

Conoscendo l'umidità relativa dell'aria (RH %) con una semplice proporzione si può risalire alla pressione di vapore effettiva (e_d)

$$e_d : RH = e_a : 100 \qquad e_d = e_a \cdot RH / 100$$



(e_a - e_d) prende il nome di **deficit di pressione di vapore** (VPD) (kPa). Incrementi di questo deficit determinano incrementi di evapotraspirazione

Diagramma psicrometrico

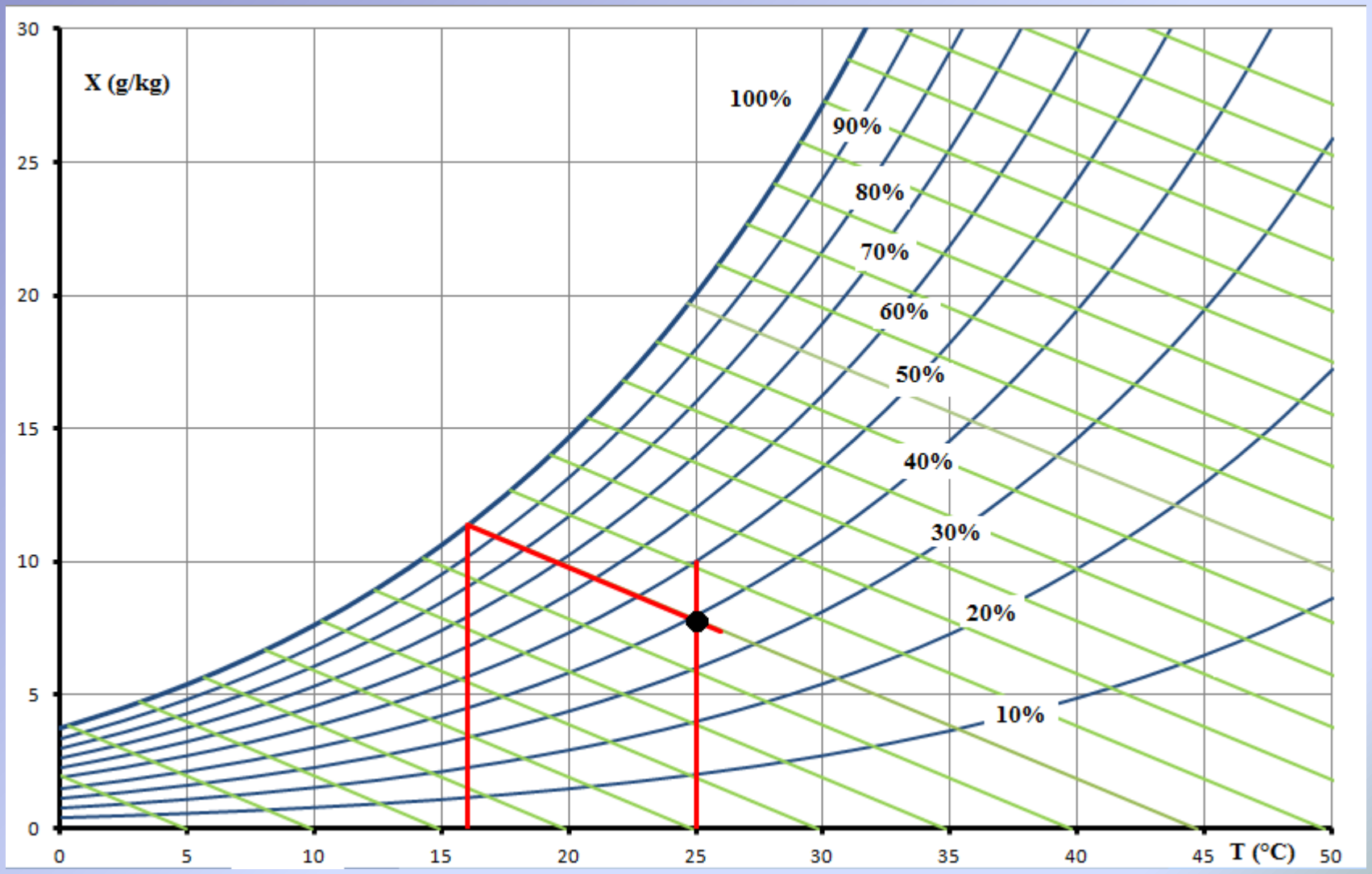
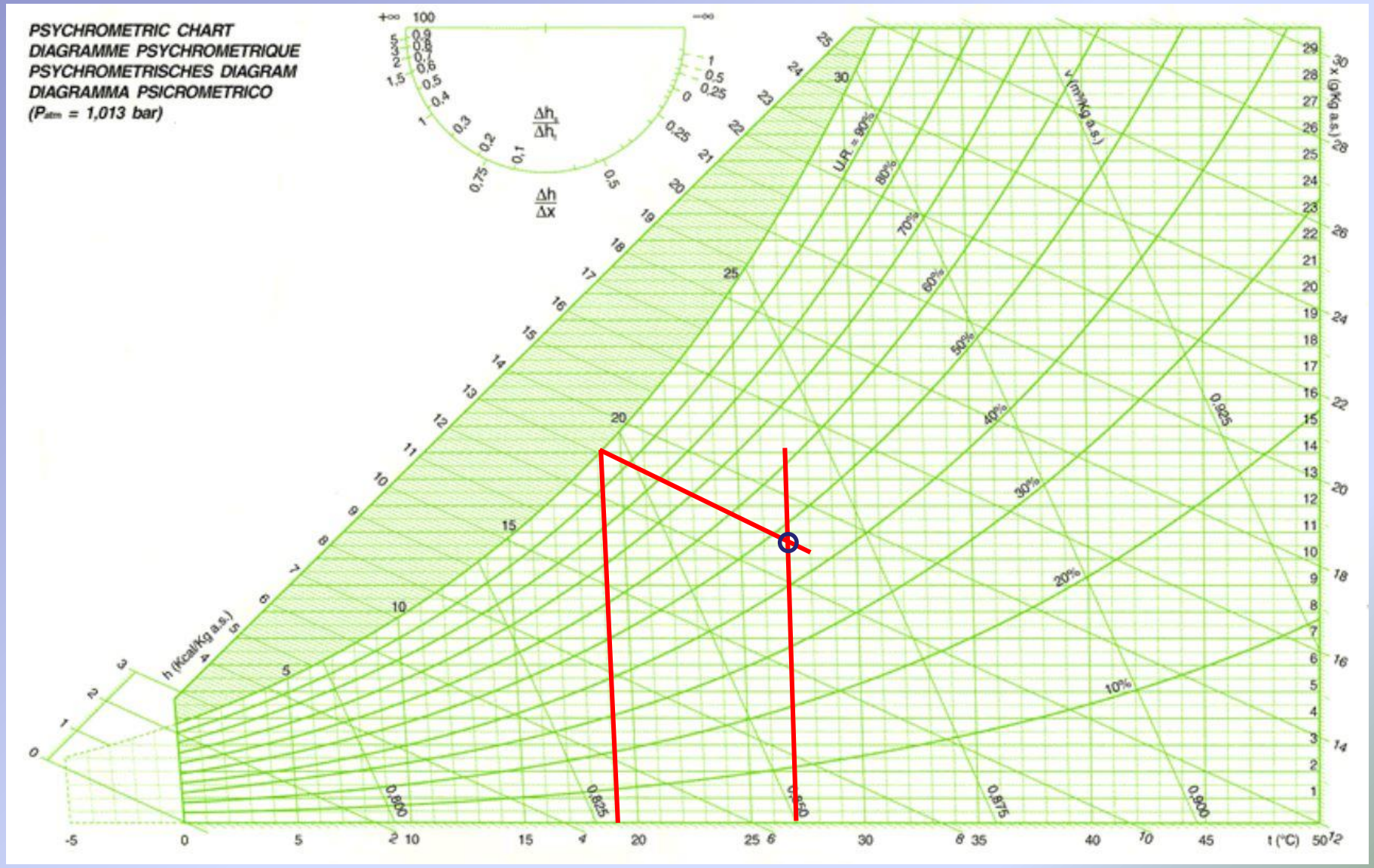


Diagramma psicrometrico



Evaporazione

Passaggio di stato dell'acqua da liquido a gassoso

Avviene da

Superfici liquide libere

Terreno umido

Superfici di vegetali umide

Masse di vegetazione ⇔ Traspirazione (punto di vista fisiologico)

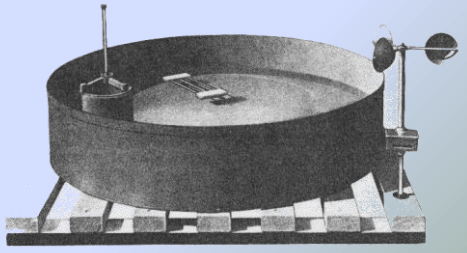
Evaporazione (punto di vista fisico)

Dipende da

presenza di energia

deficit di pressione di vapore

Evaporimetri — *strumenti utilizzati per la determinazione dell'evaporazione da una superficie libera di acqua*



Condensazione e precipitazioni

Condensazione	Passaggio di stato dell'acqua da gassoso a liquido
Pioggia	Precipitazione di acqua liquida sotto forma di gocce

Abbassamento termico ⟷ Umidità atmosferica

condensazione

a livello del suolo

Rugiada

Brina

nell'atmosfera

Nebbia

Nuvole

Pioggia

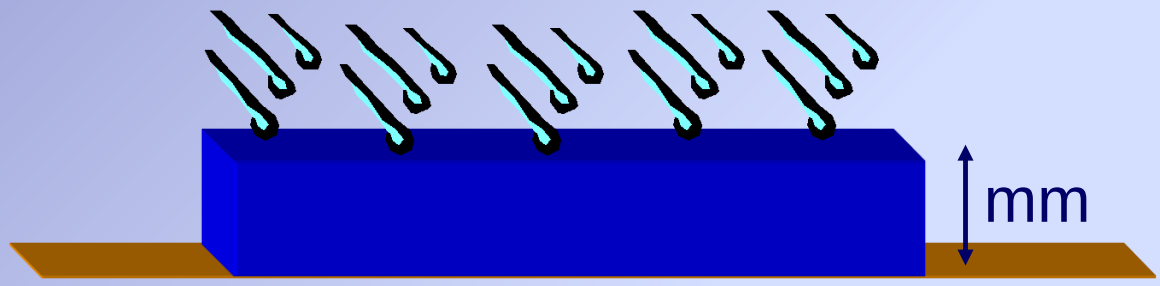
pioggia

Quantità Frequenza Distribuzione Intensità

PIOGGIA

Quantità

(mm di pioggia caduti in un determinato intervallo)



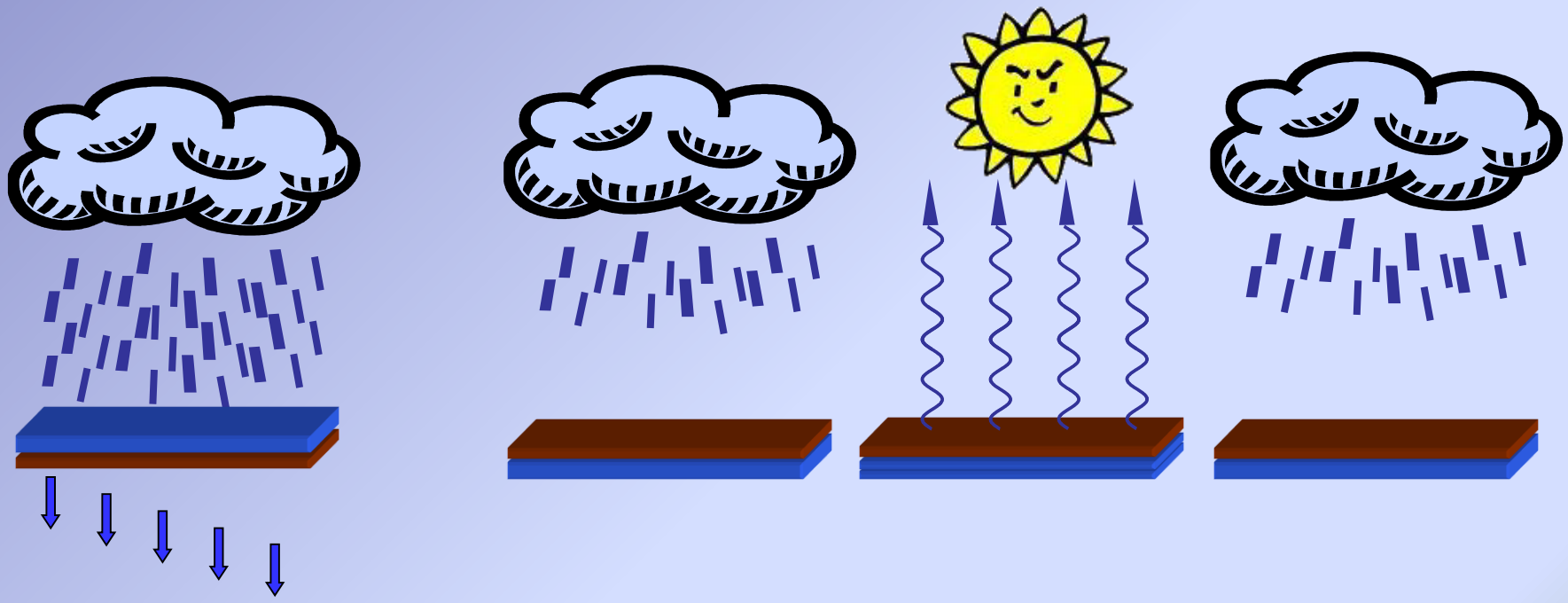
1 mm 10 $m^3 ha^{-1}$ 1l m^{-2}

Tavoliere pugliese	*400 mm annui*
Alpi Apuane	*3000 mm annui*

PIOGGIA

Frequenza

(numero di giorni di pioggia verificatisi in un determinato intervallo **n**)

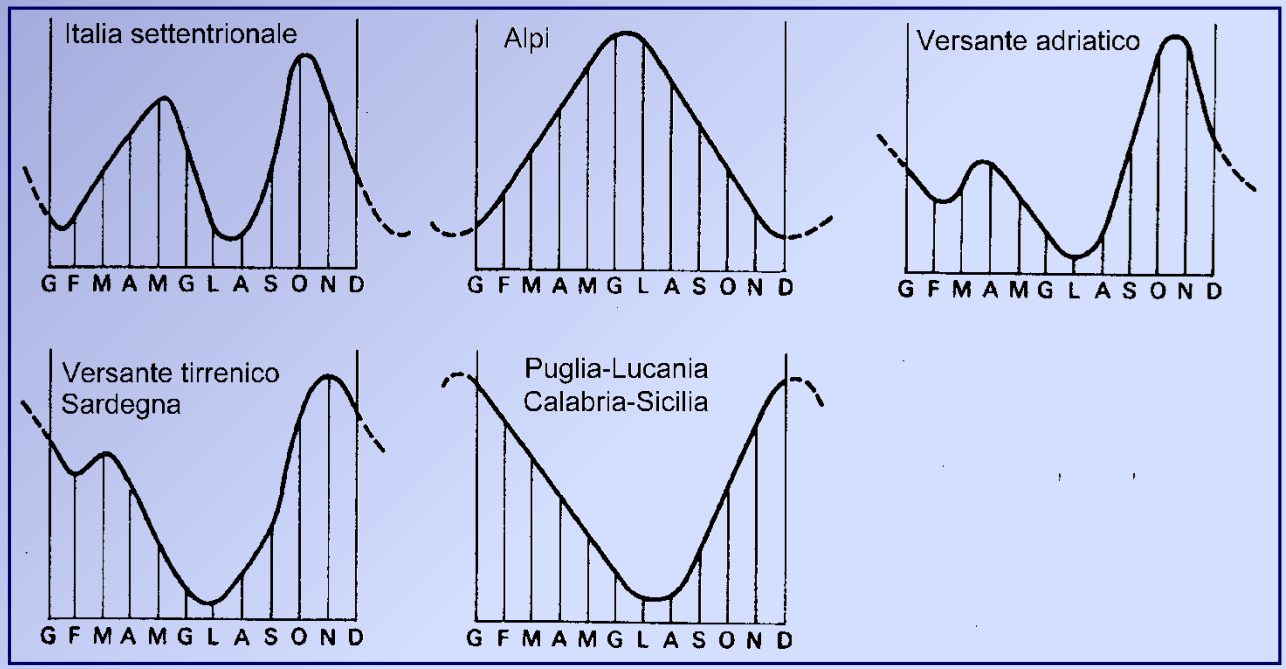


Località	Quantità di pioggia (mm)	Frequenza (n)
Parigi	*574*	*200*
Reggio Calabria	*596*	*72*

PIOGGIA

Distribuzione

(ripartizione della quantità di pioggia in un determinato intervallo - % sul totale)

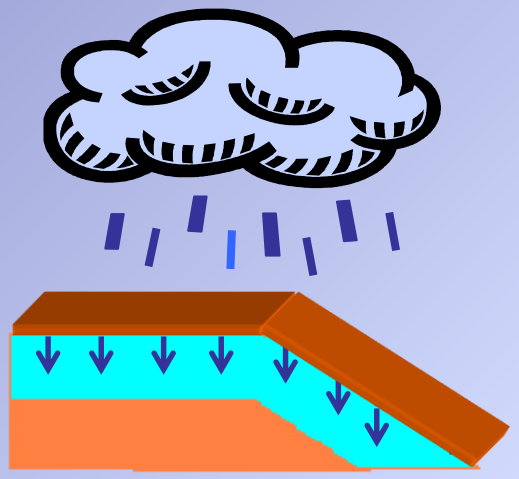


Località \ Stagione	**Inverno**	**Primavera**	**Etate**	**Autunno**
Parigi	*111*	*137*	*171*	*155*
Reggio Calabria	*252*	*114*	*33*	*197*

PIOGGIA

Intensità

(quantità di pioggia caduta nell'unità di tempo $mm\ h^{-1}$)



Relazione tra intensità di pioggia e velocità di infiltrazione dell'acqua nel terreno

Precipitazioni

Classificazione della pioggia in funzione della sua intensità

Pioviggine	*< 0,25*	*mm h^{-1}*
Pioggia leggera	*1*	*“*
Pioggia moderata	*4*	*“*
Pioggia forte	*15*	*“*
Pioggia violenta	*40*	*“*
Nubifragio	*> 100*	*“*

Distribuzione di frequenza della quantità di pioggia

Per caratterizzare una zona da un punto di vista delle probabilità di pioggia (importante al fine di bilanci idrici preventivi)

Formula di Hazen

$$Fa = \frac{100 \times (2n - 1)}{2 \times N}$$

Fa = probabilità di superare un determinato valore di pioggia in un intervallo di tempo (decade, mese, anno, ecc.)

n = n° d'ordine per valori decrescenti

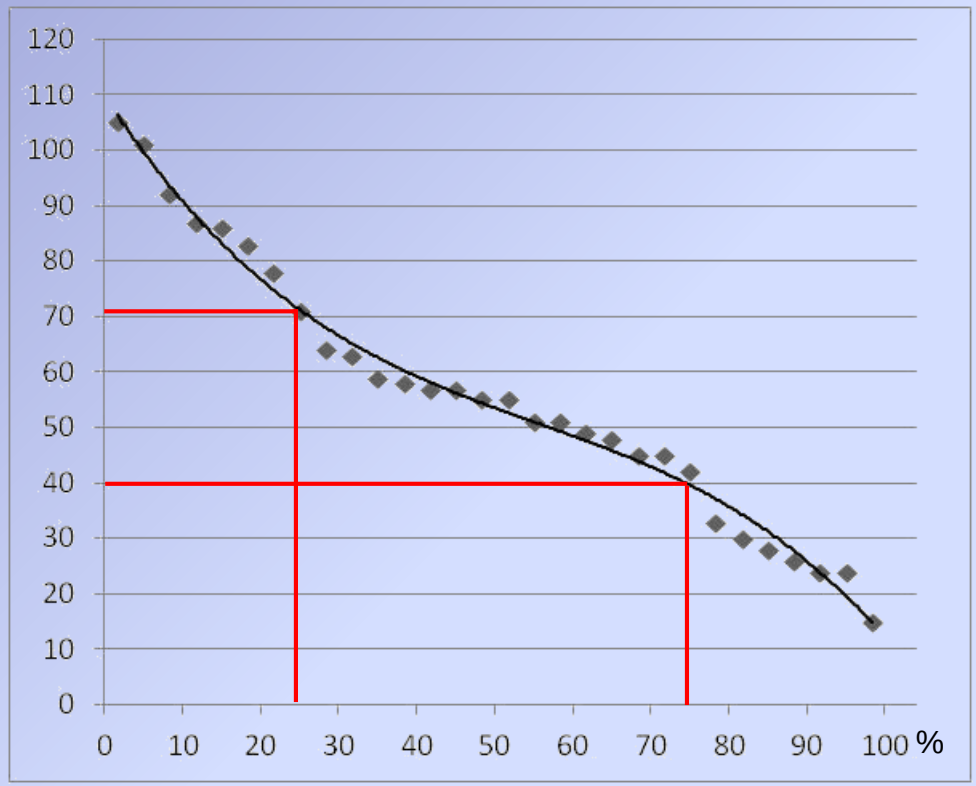
N = n° valori

ESEMPIO DI CALCOLO DELLA PROBABILITA' DI PIOGGIA CON LA FORMULA DI HAZEN

N = 30

ANNO	mm	n	mm	Probabilità (%) di superare il valore	mm	Probabilità (%) di non superare il valore
1981	63	1	105	1,67	105	98,33
1982	42	2	101	5,00	101	95,00
1983	26	3	92	8,33	92	91,67
1984	87	4	87	11,67	87	88,33
1985	101	5	86	15,00	86	85,00
1986	24	6	83	18,33	83	81,67
1987	51	7	78	21,67	78	78,33
1988	83	8	71	25,00	71	75,00
1989	24	9	64	28,33	64	71,67
1990	30	10	63	31,67	63	68,33
1991	15	11	59	35,00	59	65,00
1992	64	12	58	38,33	58	61,67
1993	86	13	57	41,67	57	58,33
1994	33	14	57	45,00	57	55,00
1995	57	15	55	48,33	55	51,67
1996	49	16	55	51,67	55	48,33
1997	71	17	51	55,00	51	45,00
1998	48	18	51	58,33	51	41,67
1999	55	19	49	61,67	49	38,33
2000	58	20	48	65,00	48	35,00
2001	92	21	45	68,33	45	31,67
2002	45	22	45	71,67	45	28,33
2003	57	23	42	75,00	42	25,00
2004	59	24	33	78,33	33	21,67
2005	105	25	30	81,67	30	18,33
2006	28	26	28	85,00	28	15,00
2007	45	27	26	88,33	26	11,67
2008	51	28	24	91,67	24	8,33
2009	55	29	24	95,00	24	5,00
2010	78	30	15	98,33	15	1,67

ESEMPIO DI CALCOLO DELLA PROBABILITA' DI PIOGGIA CON LA FORMULA DI HAZEN



CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA IN FUNZIONE DI TEMPERATURA, PERIODO SECCO E PIOVOSITA'

Widstal – De Cillis	*arido*	*P < 250 mm anno^{-1}*
	semi-arido	*P = 250-500 mm anno^{-1}*
	sub-umido	*P = 500-750 mm anno^{-1}*
	umido	*P > 750 mm anno^{-1}*

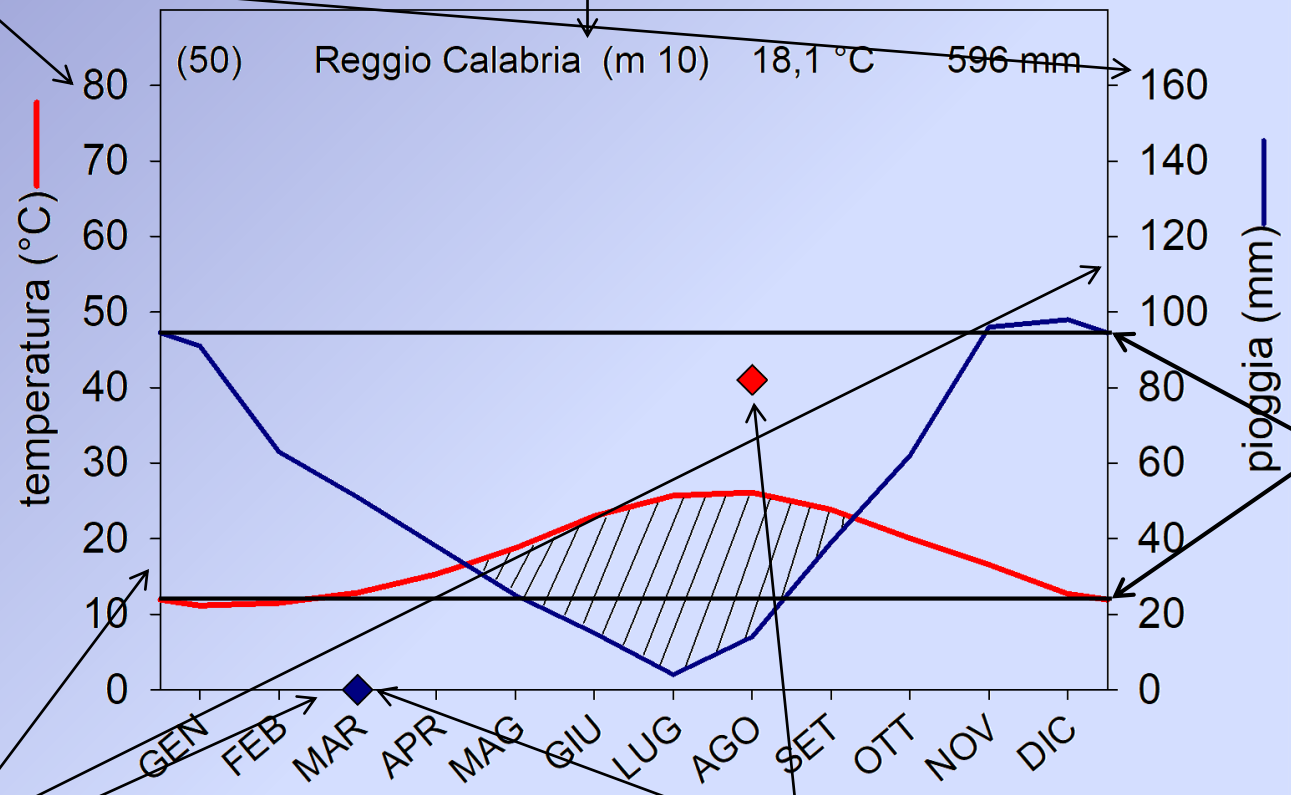
FAO	*sub-umido*	*P = 600 mm anno^{-1}*
	semi-arido superiore	*P = 600-500 mm anno^{-1}*
	semi-arido inferioriore	*P = 500-400 mm anno^{-1}*
	arido superiore	*P = 400-300 mm anno^{-1}*
	arido medio	*P = 300-200 mm anno^{-1}*
	arido inferiore	*P = 200-100 mm anno^{-1}*
	iper-arido	*P < 100 mm anno^{-1}*

DURATA DEL PERIODO SECCO	*caldo-desertico*	*12 mesi*
	caldo sub-desertico	*9 – 11 mesi*
	mediterraneo	*1 – 8 mesi*
	xeromediterraneo	*7 – 8 mesi*
	termomediterraneo	*5 – 6 mesi*
	mesomediterraneo	*3 – 4 mesi*
	submediterraneo	*1 – 2 mesi*

Diagramma Ombrotermico di Bagnouls e Gaussen

Temperatura in scala doppia rispetto alla pioggia

Indicazioni da fornire

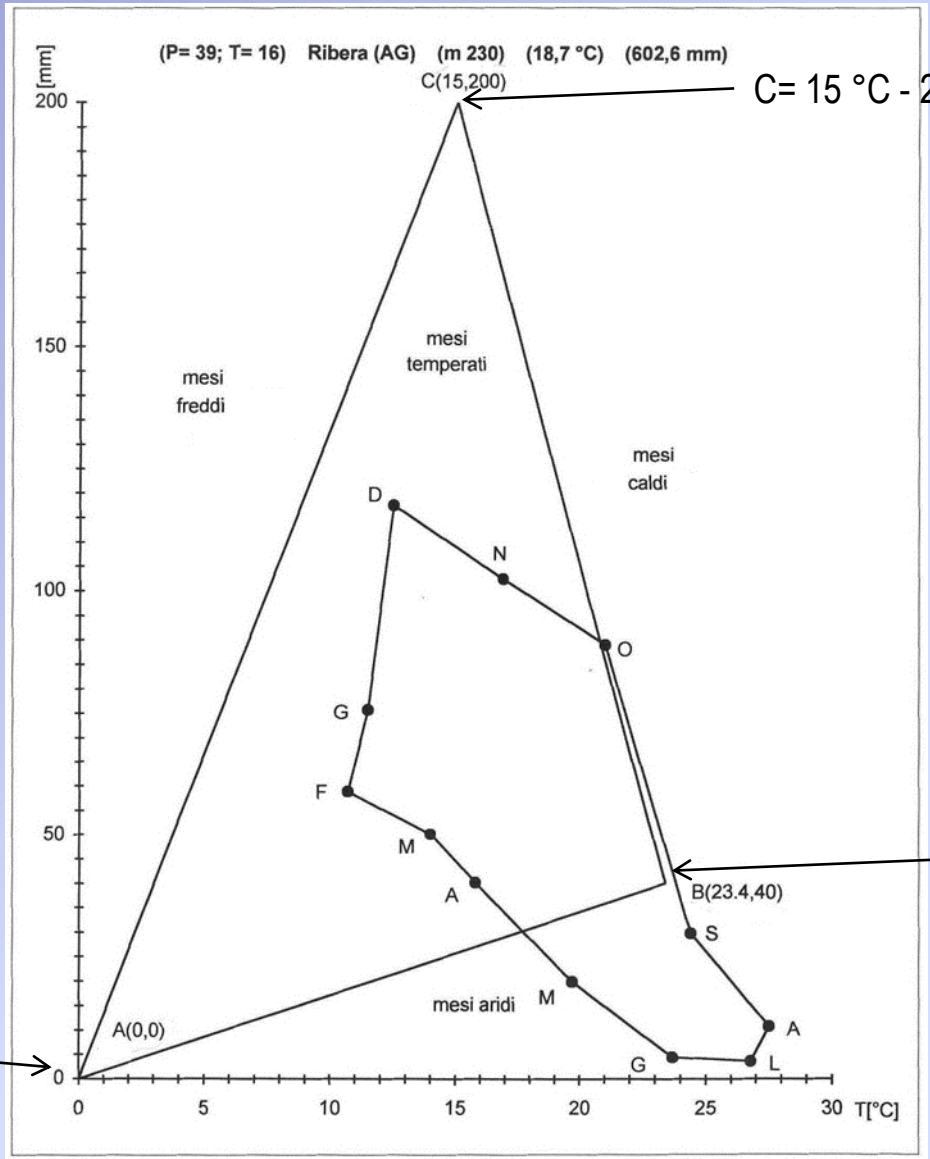


Inizio e fine con la media dei due mesi estremi

Uguali dimensioni dell'ntervallo delle temperature (0 – 10 °C), della pioggia e dei mesi

Indicazione dei valori assoluti della temperatura massima e minima nel periodo considerato (50 anni)

Climogramma di Péguy



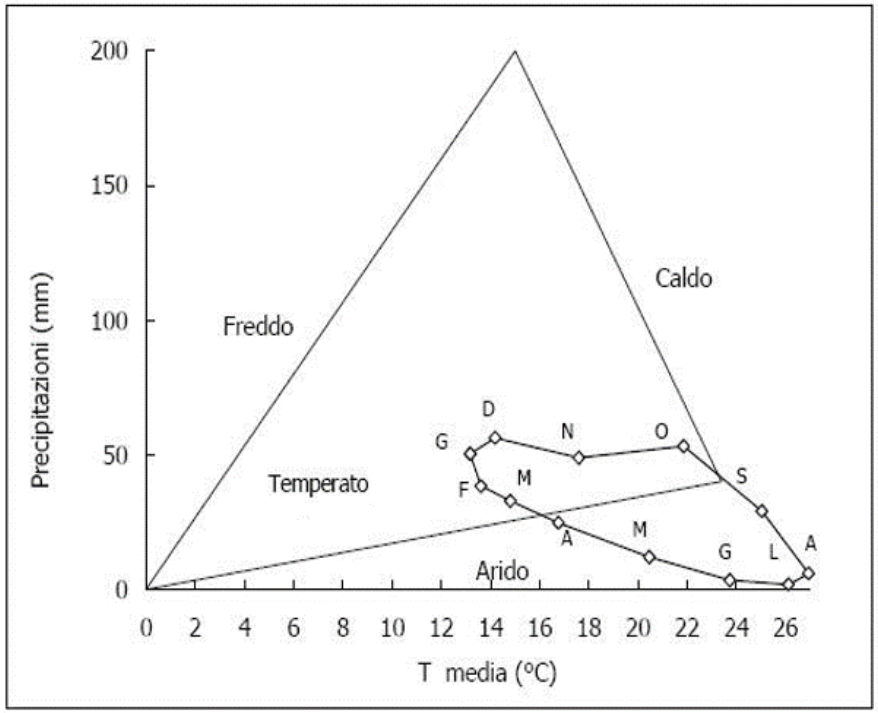
C= 15 °C - 200 mm

B = 23,4 °C - 40 mm

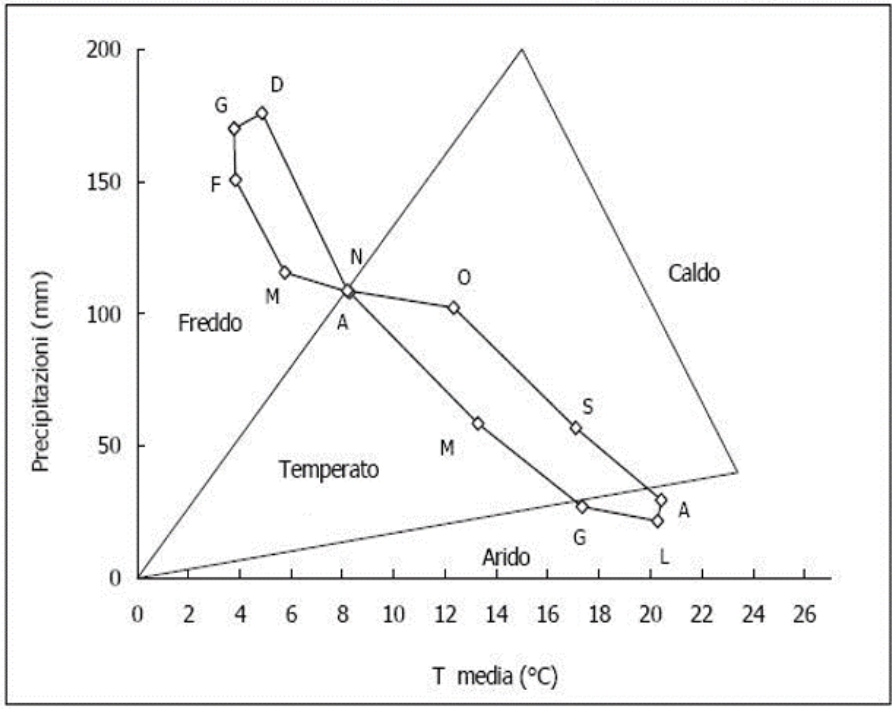
A = 0 °C - 0 mm

Fig. 10: *Climogramma di Péguy (stazione di Ribera – AG). Anni 1954-1996.*

Climogramma di Péguy



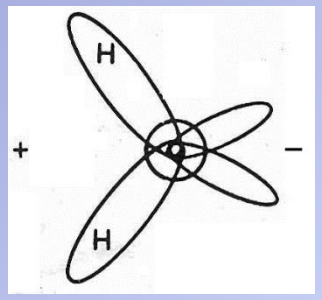
Climogramma di Peguy per la stazione di Gela (m 45 s.l.m)



Climogramma di Peguy per la staz. di Floresta (m 1250 s.l.m)

PROPRIETA' DELL'ACQUA

molecola asimmetrica dipolo



il lato positivo è attratto da cariche negative

carattere bipolare dell'acqua

il lato negativo è attratto da cariche positive

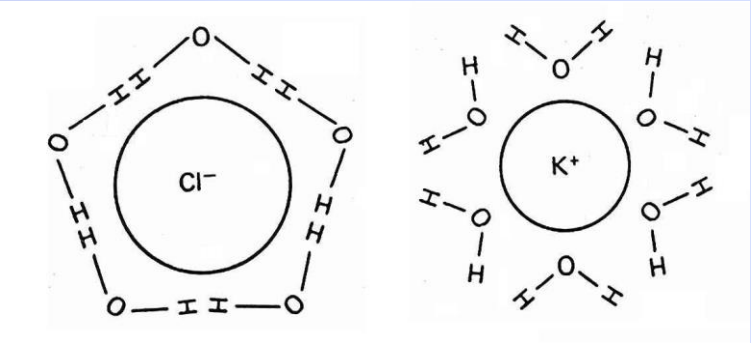
↓

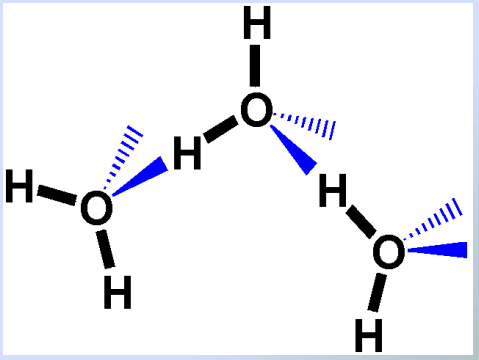
forte interazione

con cationi e anioni

con sostanze solide e altre molecole

con altre molecole d'acqua **COESIONE**





PROPRIETA' DELL'ACQUA

acqua H_2O p.m. 18

punto di ebollizione *100 °C*

calore latente di vaporizzazione *2,45 MJ kg^{-1} 586 cal g^{-1} di acqua*

confronto con altri composti dell'idrogeno con peso molecolare simile

ammoniaca NH_3 p.m. 17

punto di ebollizione *-33 °C*

calore latente di vaporizzazione *1,36 MJ kg^{-1} 324 cal g^{-1} di acqua*

idrogeno solforato H_2S p.m. 34

punto di ebollizione *-62 °C*

calore latente di vaporizzazione *0,55 MJ kg^{-1} 132 cal g^{-1} di acqua*

vantaggio dell'elevato calore latente di vaporizzazione ⟶ *effetto di raffreddamento*

PROPRIETA' DELL'ACQUA

elevato calore specifico *0,0042 MJ kg^{-1} °C^{-1} 1 cal g^{-1} °C^{-1}*

vantaggio *lievi incrementi di temperatura anche assorbendo notevoli quantità di calore*

determina grande stabilità termica nei tessuti dei vegetali

elevata tensione superficiale *adesione e capillarità*

vantaggio *capacità di penetrare e circolare tra le cellule e negli interstizi dei tessuti vegetali*

(peli radicali e cellule del mesofillo)

elevata azione solvente e idrolizzante dovuta alla bipolarità

vantaggio *solubilizza gli elementi nutritivi rendendoli disponibili per le piante*

reagente in tutti i processi metabolici nella pianta

PRINCIPALI FUNZIONI DELL'ACQUA NELLA PIANTA

GRAZIE ALLE PROPRIETÀ ELENCATE IN PRECEDENZA

- ✓ *È reagente nella sintesi fotosintetica e in tutti i processi idrolitici*
- ✓ *Regola la moltiplicazione e l'espansione cellulare*
- ✓ *È solvente delle sostanze nutritive del terreno permettendone l'assorbimento*
- ✓ *È veicolo degli elementi nutritivi e dei prodotti metabolici sintetizzati all'interno delle piante*

✓ *TRASPIRAZIONE* *Azione termoregolatrice*