

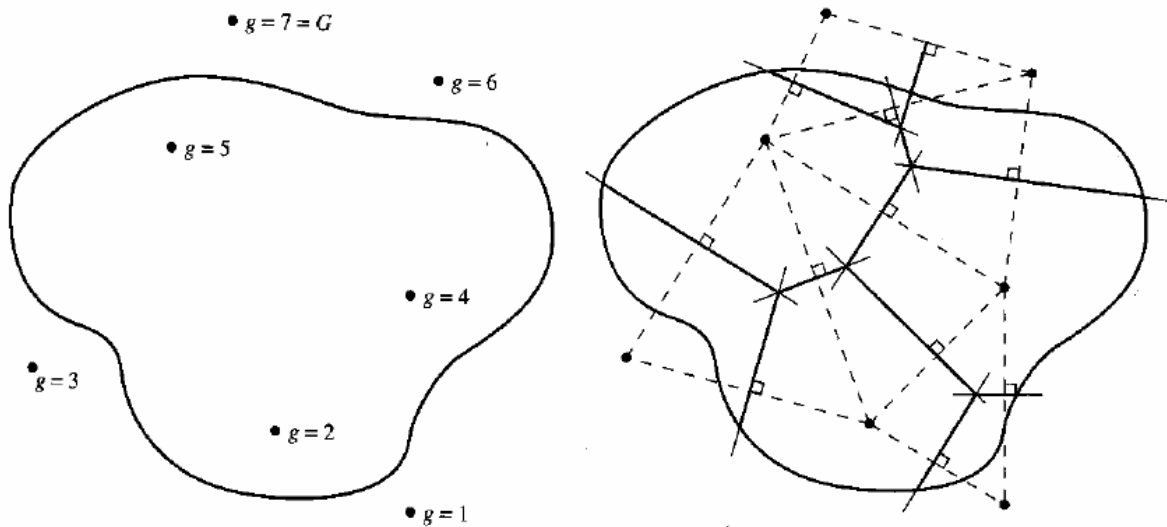
Università della Calabria

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

CORSO DI IDROLOGIA

Ing. Daniela Biondi



SCHEDA DIDATTICA N°5

ISOIETE E TOPOIETI

A.A. 2011-12

Calcolo della precipitazione media areale

Tipicamente le stime delle altezze di pioggia sono disponibili in maniera puntuale all'interno di una certa area o di un bacino di interesse. Per avere una stima della media areale della precipitazione (es. calcolo del bilancio idrologico per il bacino), si dovrebbe calcolare:

$$P = \frac{1}{A} \iint_A p(x, y) dx dy$$

dove A è l'area del bacino, e $p(x, y)$ sono le misure di pioggia nei punti di coordinate (x, y) e P è la stima areale.

Esistono diversi metodi per stimare la precipitazione media areale:

- (1) Media aritmetica (pesata)
- (2) Metodo delle isoiete
- (3) Metodo dei topoieti
- (4) Spline
- (5) Kriging

Ci occuperemo in particolare dei primi 3 metodi.

Media aritmetica

La stima più semplice della precipitazione media areale può essere effettuata facendo la media aritmetica delle precipitazioni osservate nelle stazioni considerate:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i$$

dove n è il numero totale di stazioni e p_i è la precipitazione misurata nella stazione i -esima. La media aritmetica pesata consiste nell'associare alla misura di ciascuna stazione un peso w . Il calcolo della media areale P risulta, quindi:

$$P = \sum_{i=1}^n p_i w_i$$

I pesi devono essere tali da soddisfare la seguente relazione:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Nel calcolo della media aritmetica tutte le stazioni hanno lo stesso peso pari a $w_i = 1 / n$.

ISOIETE

Il metodo delle **isoiete**, o linee ad uguale altezza di precipitazione, consiste nella interpolazione lineare tra le altezze di pioggia registrate nelle varie stazioni e che si riferiscono di solito ad un fissato intervallo temporale (es. 1 giorno, 1 anno).

Le isoiete possono essere costruite anche con riferimento a valori caratteristici di precipitazione come ad esempio le piogge cadute complessivamente nel corso di un singolo evento oppure il valore medio delle precipitazioni cadute in un assegnato intervallo temporale (es. 1 anno) oppure il valore massimo della pioggia caduta in un assegnato intervallo temporale (es. 1 ora, 1 giorno) e ad altri casi simili.

Per tracciare le isoiete si uniscono a due a due con dei segmenti, sulla carta topografica adoperata come base, le stazioni pluviometriche tra loro vicine. Quindi, assumendo per ipotesi che la variazione di altezza di pioggia tra due stazioni vicine sia lineare, si individuano su questi segmenti i punti in cui l'altezza di pioggia, registrata in un preciso intervallo di tempo, assume i valori per i quali si vogliono tracciare le isoiete (es: 10 mm, 100 mm, 1000 mm). Si ottengono così delle famiglie di punti caratterizzate ciascuna da un dato valore di pioggia che si uniscono tracciando le linee isoiete.

A partire dalle isoiete è possibile calcolare il solido di pioggia, cioè il solido che ha come base la proiezione orizzontale dell'area in esame e come altezza quella della pioggia caduta in ogni punto nell'intervallo di tempo.

Il volume del solido di pioggia si calcola con il seguente procedimento: ad ognuna delle zone comprese tra due isoiete contigue si attribuisce come afflusso meteorico (volume) il prodotto della sua area per la media aritmetica delle altezze di pioggia corrispondenti alle due isoiete che la delimitano; l'afflusso totale (volume) del bacino considerato si calcola come somma degli afflussi delle diverse zone in cui è suddiviso dalle isoiete. Per ottenere il valore dell'altezza di pioggia media basta dividere per la superficie del bacino.

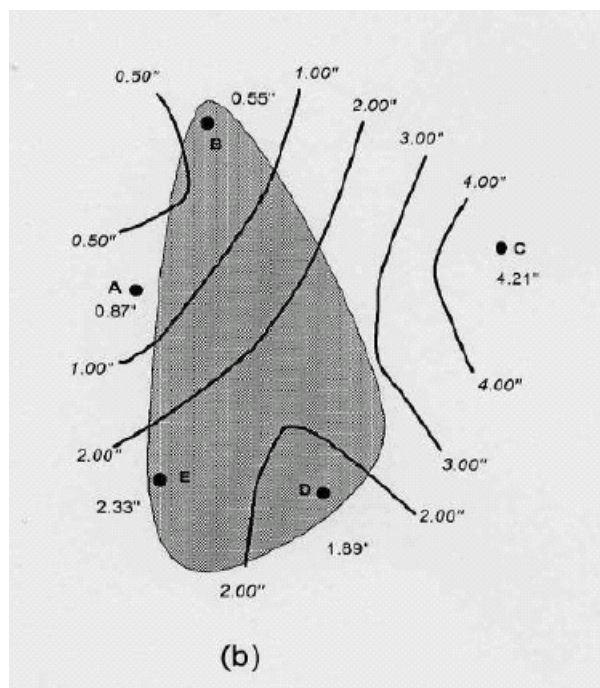


Fig. 1 – Costruzione delle isoiete.

TOPOIETI

Il metodo dei poligoni di Thiessen (o dei topoieti) è un metodo grafico per la determinazione delle piogge medie su un'area ben definita, come può essere quella di un bacino idrografico. L'area di interesse è divisa in n aree di influenza, una per ogni stazione di misura. Il metodo consiste nell'unire con segmenti tutte le stazioni tra loro contigue situate all'interno del bacino o nelle sue immediate vicinanze, così da ottenere un reticolo a maglie triangolari, e nel tracciare quindi le perpendicolari ai segmenti nel punto medio. Le perpendicolari individuano dei poligoni irregolari, ciascuno dei quali contiene una stazione di misura situata in prossimità del centro. E' da notare che l'individuazione dei poligoni non è univoca, perché la costruzione del reticolo a maglie triangolari si può effettuare in diversi modi: come regola si fa in modo che i triangoli abbiano il minor perimetro. Una volta tracciati i topoieti si attribuisce ad ogni stazione come area di influenza quella compresa all'interno del poligono in cui la stazione ricade. In ciascuna di queste aree si assume che l'altezza di pioggia sia costante e pari a quella della stazione ricadente all'interno del relativo topoieto. In generale l'area di interesse copre, anche solo parzialmente, l'area di influenza di più topoieti.

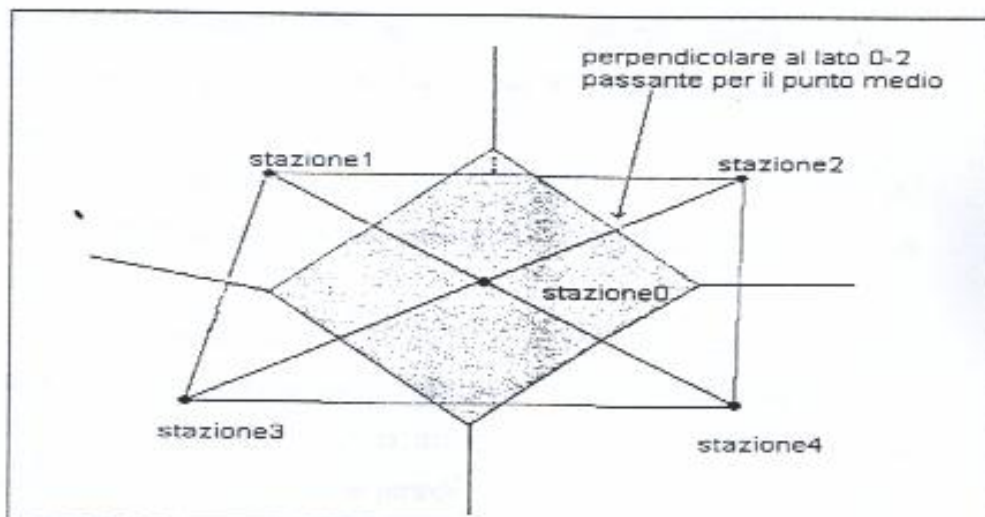


Fig. 2 – Costruzione del poligono di Thiessen (evidenziato in grigio) relativo alla stazione 0

Utilizzando le piogge registrate nelle stazioni ricadenti all'interno del bacino e nelle stazioni esterne il cui topoiето copre una parte della superficie del bacino, la pioggia areale si stima calcolando la media ponderale degli n valori di pioggia osservati, h_i . Il peso a_i di ciascuna stazione è pari al rapporto $\frac{areatopoiето(A_i)}{areabacino(A_{tot})}$, essendo $\sum_{i=1}^n A_i = A_{tot}$.

$$h_m = \sum_{i=1}^n a_i h_i = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_{Tot}} h_i$$

Il fatto che la rete dei poligoni risulta legata alla posizione delle stazioni può, però, rappresentare un limite nel caso in cui una o più stazioni della rete non abbiano funzionato, il che capita spesso quando si considera un periodo di osservazione molto lungo. Una applicazione rigorosa del metodo dei topiети porterebbe alla riconfigurazione dei poligoni nel periodo privo di dati secondo una nuova maglia triangolare ottenuta escludendo le stazioni prive di dati. Tale operazione, però, è molto onerosa poiché si basa su un procedimento grafico.

Si può ovviare utilizzando un'unica configurazione di topiети ottenuta considerando tutte le stazioni. Nel periodo in cui manca il dato di una o più stazioni il coefficiente di peso di tali stazioni viene ripartito tra tutte le altre. Ricordando che la somma dei pesi relativi alle stazioni che ricadono all'interno di una certa area deve essere pari ad 1, per correggere i

pesi relativi alle stazioni presenti basta moltiplicare ciascun peso a_i per il rapporto $\frac{1}{1 - \sum_{j=1}^k \alpha_j}$

avendo indicato con $\sum_{j=1}^k a_j$ la somma dei pesi relativi alle stazioni mancanti. Si ottiene così

il nuovo peso a'_i che è pari a:

$$a'_i = a_i \frac{1}{1 - \sum_{j=1}^k a_j}$$

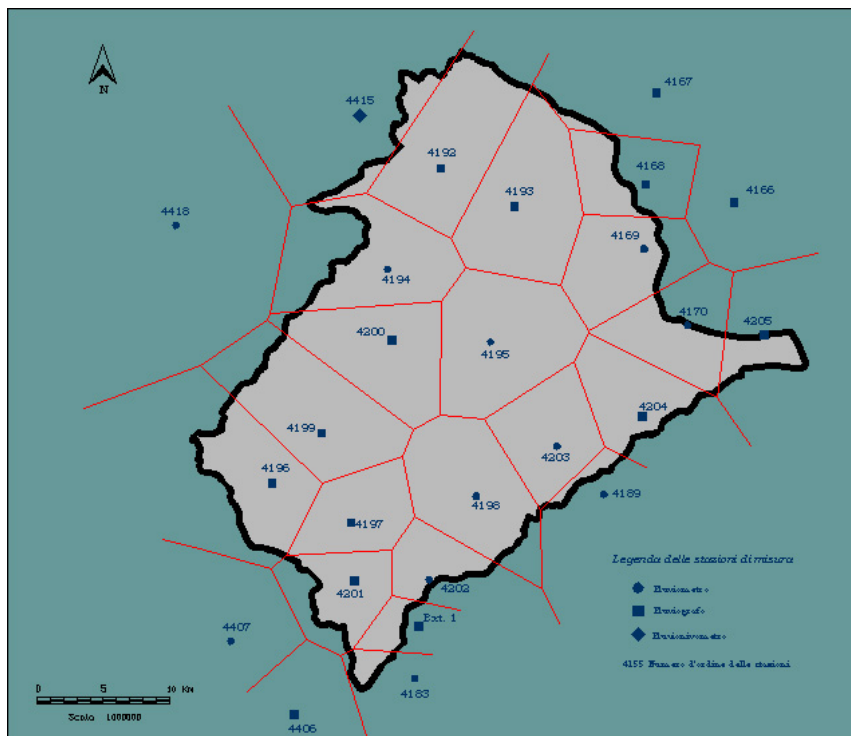
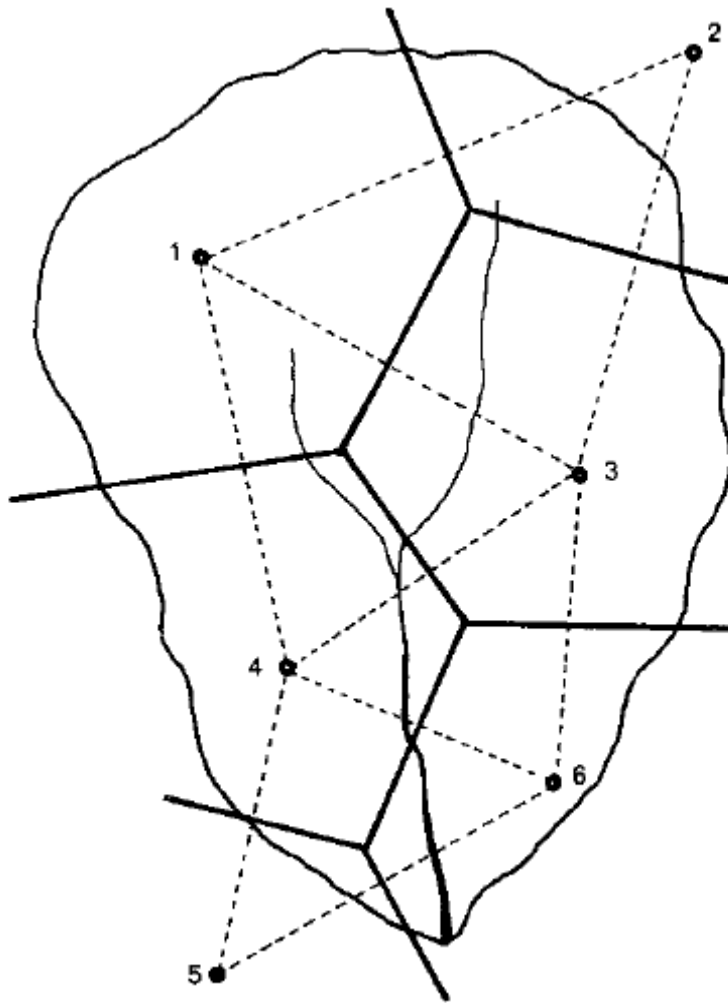


Fig. 3 – Topiети individuati per il bacino del fiume Coscile

Esempio



Stazione	Altezza di pioggia h_i [mm]	Peso del topoieto a_i	Altezza di pioggia pesata ($h_i a_i$) [mm]
1	16	0.30	4.8
2	15	0.08	1.2
3	14	0.28	3.9
4	12	0.21	2.5
5	10	0.01	0.1
6	5	0.12	0.6
totale	$72/6 = 12$ mm	1.00	13.1 mm

*La media aritmetica indica una pioggia di 12 mm sul bacino, mentre con il metodo dei topoieti fornisce una stima di 13.1 mm.