

Geofisica

Scienze Geologiche

AA 2018-2019

Corso di LT, Dip. Di Fisica e Scienze della Terra,
Università di Ferrara.

Docente: Prof. Nasser Abu Zeid

Studio: studio 215, lab. 215, Il piano, Blocco B

E-mail: a.nasser@unife.it

Orario di ricevimento: disponibile sempre previa appuntamento

Lunedì: 16.00-17.00

Martedì: 12.00-13.00

metodi gravimetrici

parte 3

Variatione della g

1. forma della terra
2. superficie della Terra $\bar{\sigma}$ irregolare [quota media continentale = 500m]
Le depressioni oceaniche ≈ 2000 m
3. Effetto latitudine
4. Forza centrifuga
5. Effetto Maree = maree terrestri

$$\alpha = \frac{R_e - R_p}{R_e} = \frac{1}{298.25}$$

$$g_\phi = g_0(1 + A \sin^2 \phi + B \sin^2 2\phi)$$

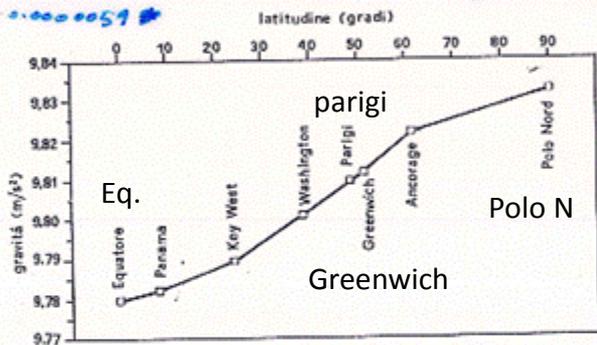
$$g_0 = 978.049 \text{ gal}$$

$$A = 0.0052884$$

$$B = -0.0000059$$

1930

International gravity formulae
costanti {
- schiacciamento
- velocità di rotazione



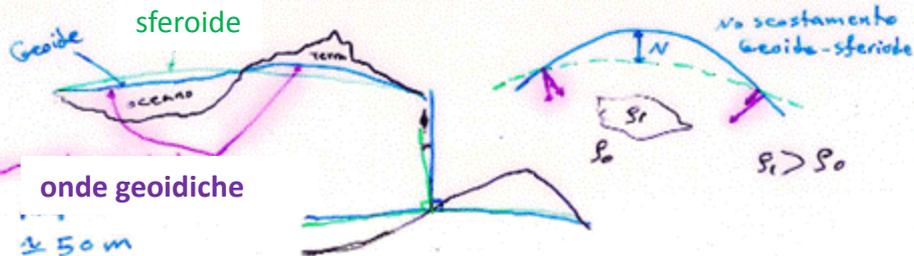
Variatione di g lungo il percorso equatore – polo nord

g_n : Geodetic reference System (1967)

$$g_\phi = 9.78031846(1 + 0.005278845 \sin^2 \phi + 0.000023462 \sin^4 \phi) \text{ m/s}^2$$

per passare da un sistema all'altro

$$g_\phi(67) - g_\phi(30) = (-172 + 136 \sin^2 \phi) \text{ } \mu\text{m/s}^2 \text{ (g.u.)}$$



Variatione di g

1. Forma della terra
2. Superficie irregolare della terra
3. Effetto latitudine
4. Forza centrifuga
5. Effetto maree e maree terrestri

Esercizio 2: calcolo valore della gravità normale o teorica

Il foglio excel

Tabella_6-1_calcolo_gn_IT.xlsx

1. Calcolare il valore della g_n in quattro punti distribuiti da sud a nord Italia,
2. Costruire un grafico binario tra posizione in km rispetto allo zero del punto più meridionale e valore di g_n ,
3. Calcolare il gradiente orizzontale lungo il profilo.

NB_1: scelta libera dei punti.

NB_2: le coordinate geografiche si possono ricavare da Google Earth o da carte topografiche

Esercizio 2: calcolo valore della gravità normale o teorica

Il foglio excel

Tabella_6-1_calcolo_gn_IT.xlsx

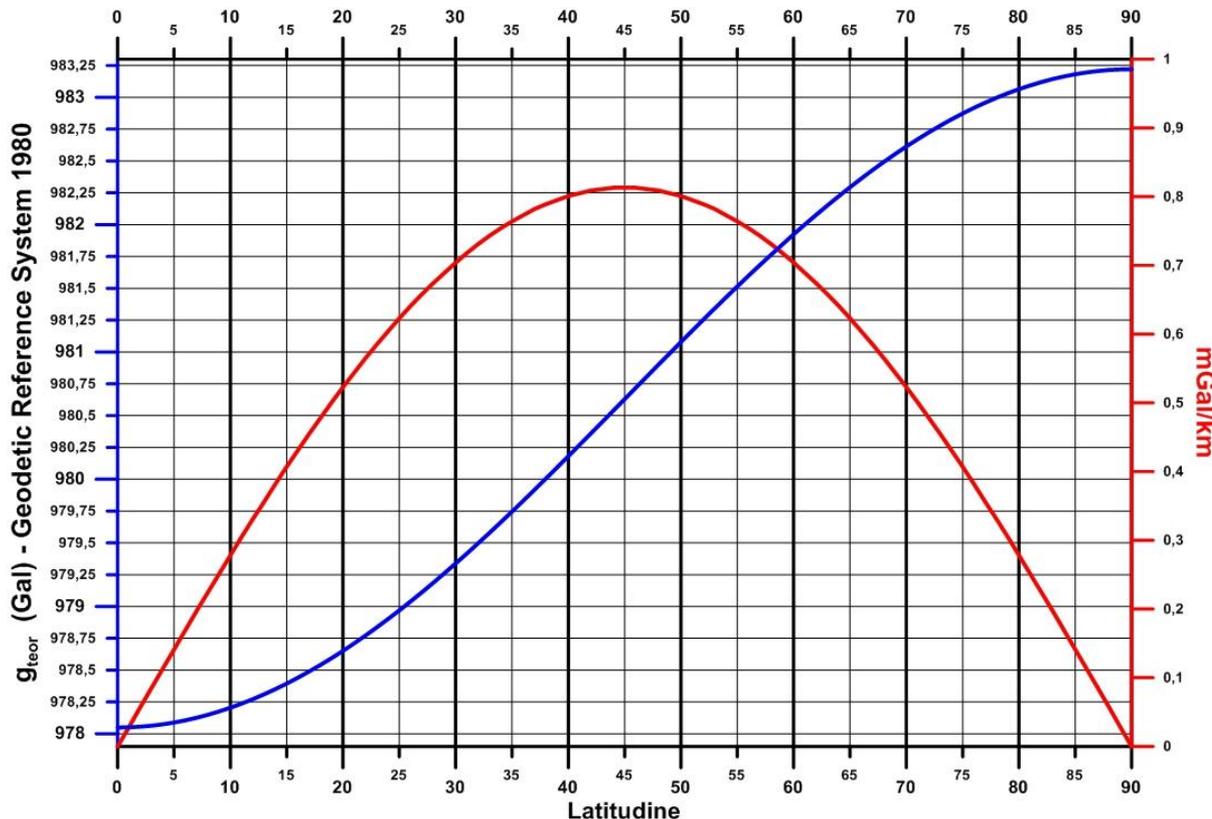
Esempio risolto

valori test				
Latitude:	50		gn (mGal):	981068.6
Latitudine:	51		gn (mGal):	981157.5
lunghezza 1° di latitudine (km):			111	
Variazione di g per 1 grado di latitudine (mGal):			88.90697086	
metri per mgal			1248.496028	
precisione richiesta della posizione del punto di misura (m) per un accuratezza di 0.1 mGal			124.8496028	
precisione richiesta della posizione del punto di misura (m) per un accuratezza di 0.5 mgal:			62.42480141	

L'accelerazione di gravità varia da punto a punto nello spazio e, nello stesso punto, varia nel tempo se avvengono delle variazioni nel sottosuolo del punto di misura.

Fattori che influenzano le variazioni **spaziali** dell'accelerazione di gravità:

Latitudine: poiché la Terra non è un corpo sferico, il suo raggio decresce dall'Equatore ai Poli (schiacciamento geometrico = $R_E - R_P / R_E$)- **differenza è di 21 km**, inoltre la Terra ruota attorno al proprio asse di rotazione e la forza centrifuga diminuisce dall'Equatore ai Poli: conseguentemente il valore dell'accelerazione di gravità aumenta dall'Equatore ai Poli in accordo con la seguente relazione:



Equazione valida per Superfici di limitata estensione <2km

$$\Delta g_{LAT} = 0.813 \sin(2\varphi)$$

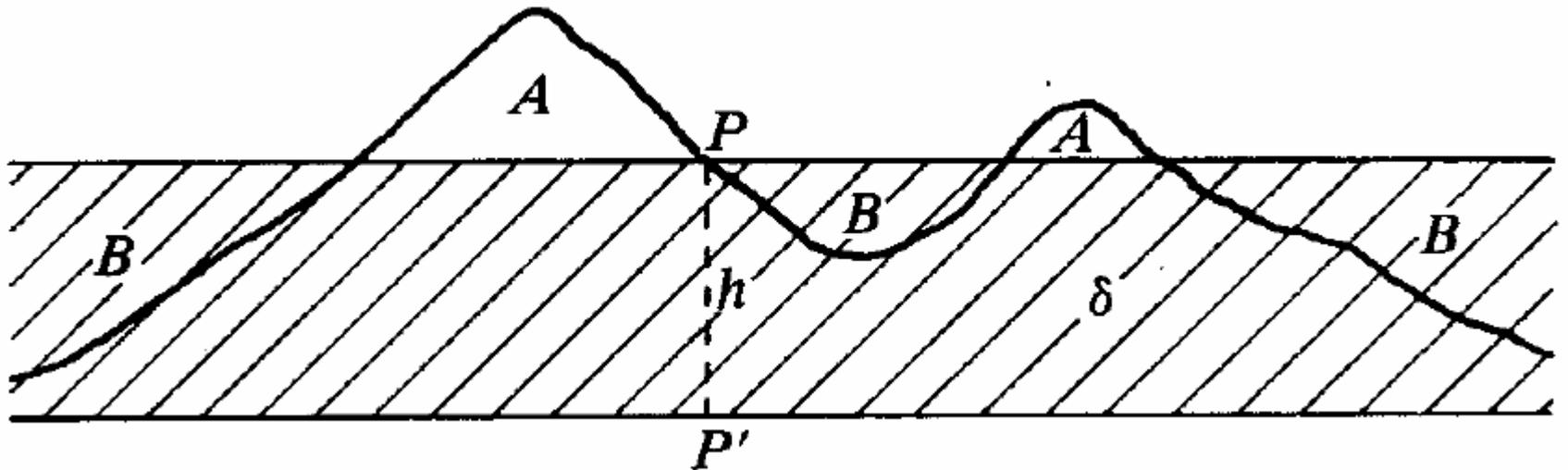
(mgal / km)

Errore: ~ 0.01 mgal/10 m
Può essere superiore quando L'area da investigare è molto vasta

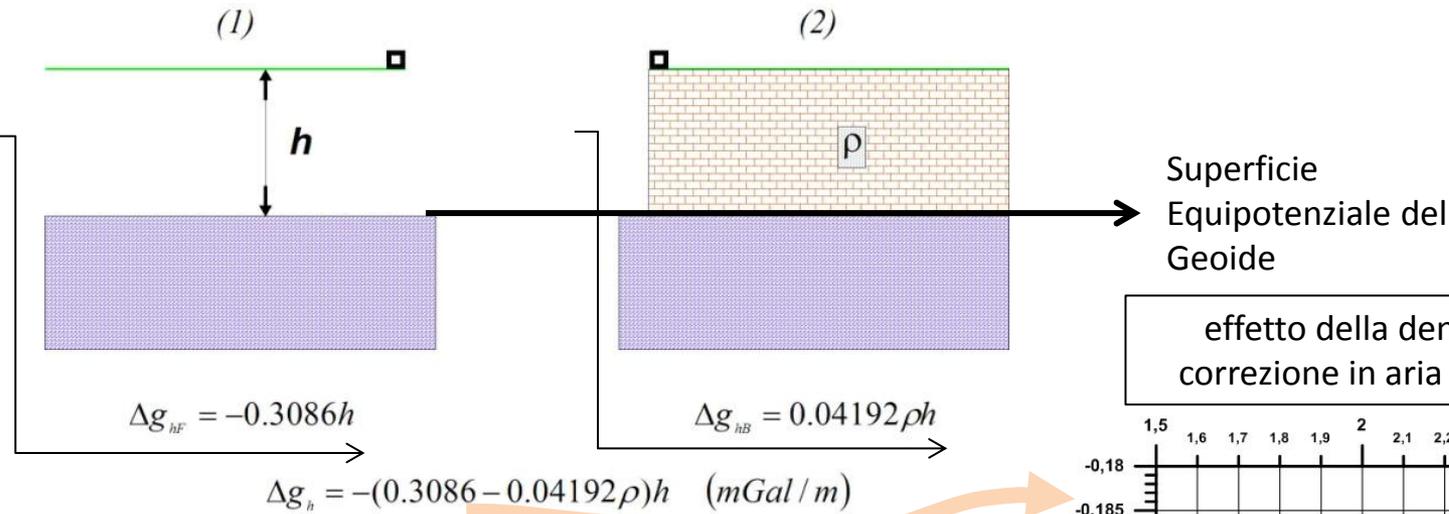
correzioni: piastra e topografica:

Necessarie per:

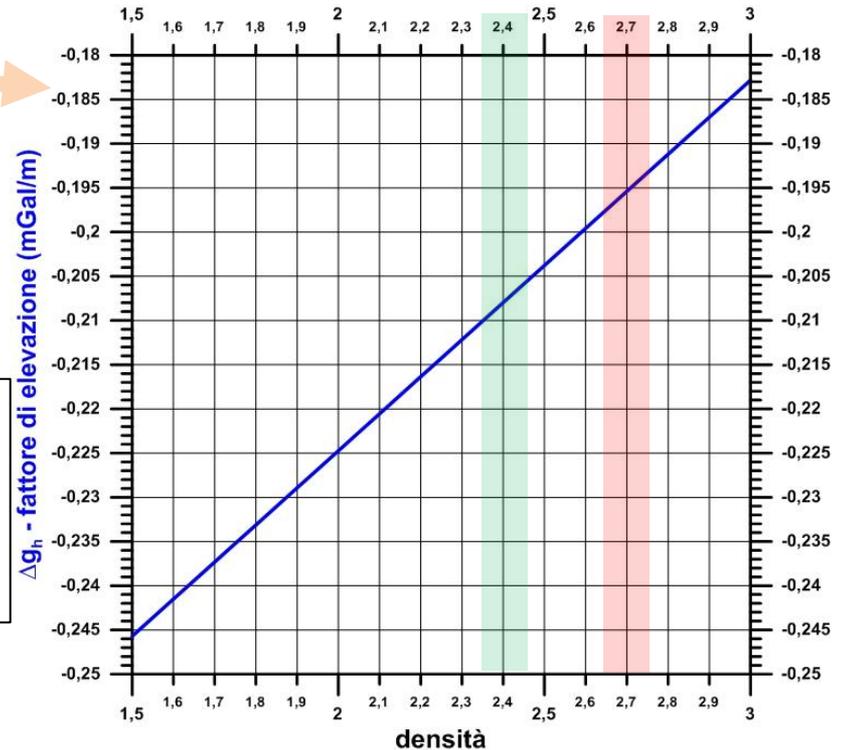
- compensare effetti dovuti a come viene calcolata la correzione per la piastra dove masse (A) non vengono considerate nel calcolo della C.Piastra mentre altre (B) vengono calcolate erroneamente.



Quota: l'accelerazione di gravità in "aria libera" (1) diminuisce, al crescere della quota h , ma aumenta per la presenza di una "piastra" (2), di spessore h la piastra). La quota può essere > 0.0 come < 0.0



effetto della densità sul valore della correzione in aria libera e per la piastra



Correzione in aria libera va

- aggiunta alla $g_{\text{osservata}}$ se $(h > 0)$
- Sottratta quando $h < 0$

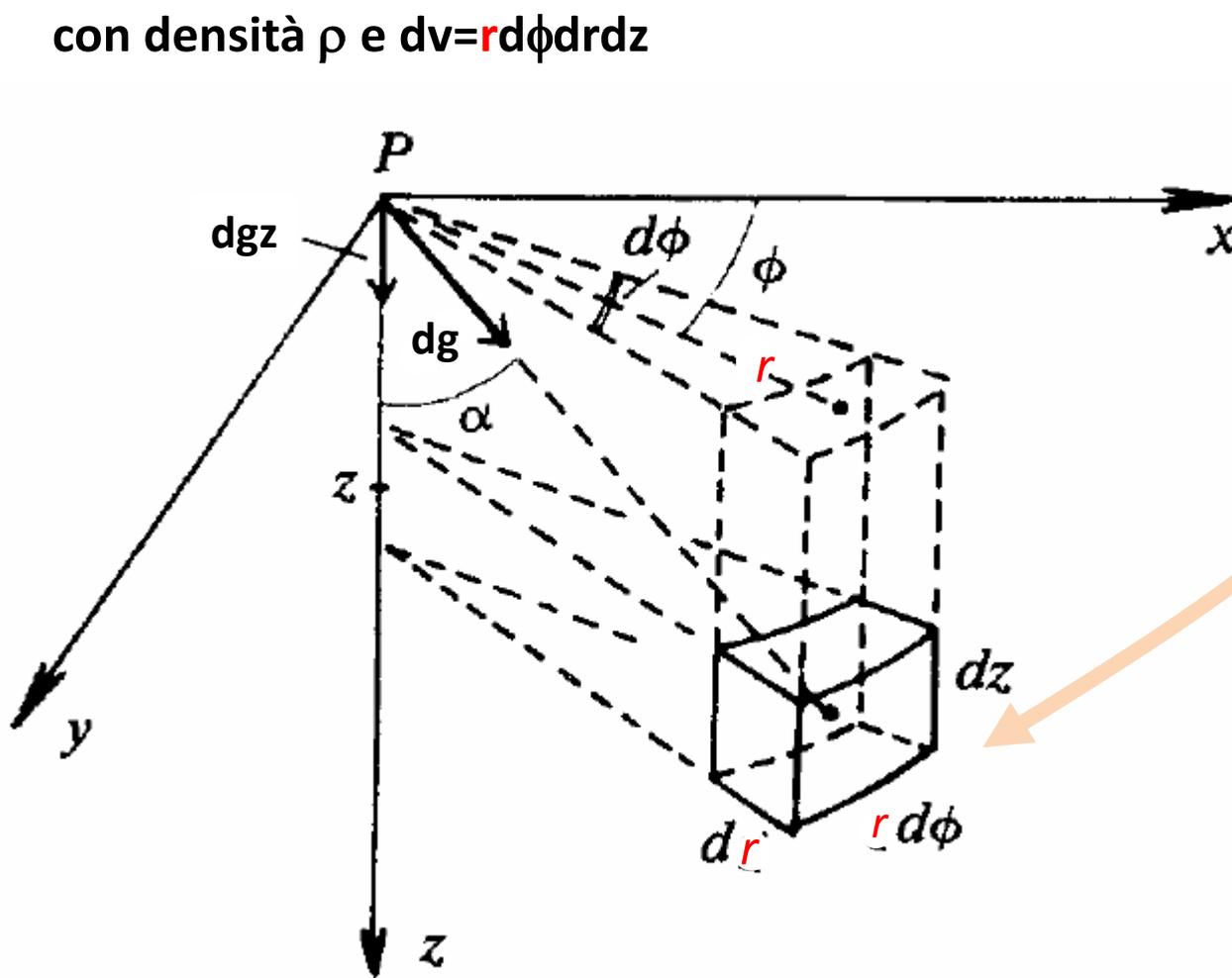
Correzione di Bouguer o per la piastra

- Va sottratta alla $g_{\text{osservata}}$ se $(h > 0)$
- Aggiunta quando $h < 0$

Un errore in h di **5 cm** produce un errore in g pari a **0.01 mgal**

Concetto: effetto gravimetrico della piastra (calcolato nel punto «P» stazione)

Consideriamo, in un sistema di coordinate cilindriche, l'effetto dell'attrazione g_n nel punto $P(0,0,0)$ dovuta ad un elemento di massa (dm) con densità ρ e $dv=r d\phi dr dz$



$$\rho = M / V,$$
$$M = \rho * V$$

Concetto: effetto gravimetrico della piastra (calcolato nel punto «P» stazione)

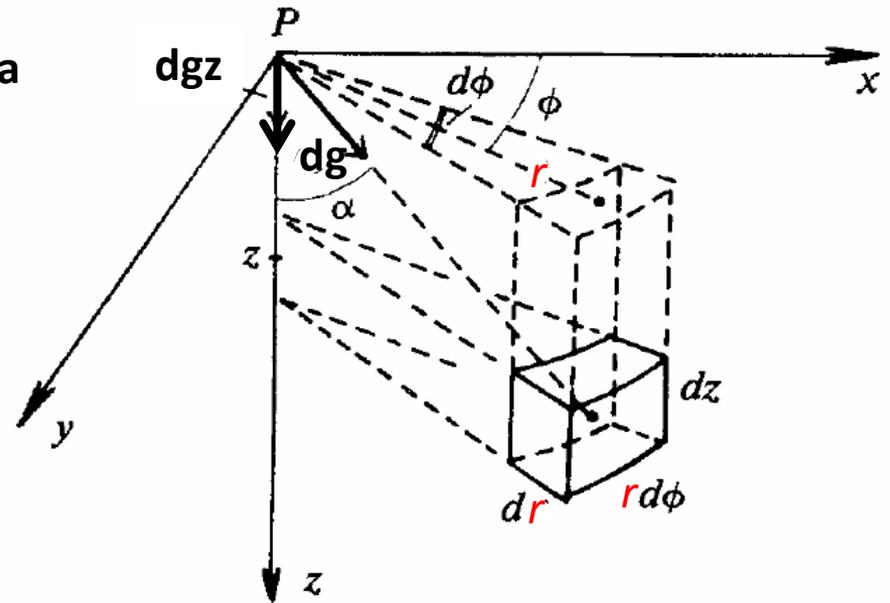
Consideriamo, in un sistema di coordinate cilindriche, l'effetto dell'attrazione g_n nel punto $P(0,0,0)$ dovuta ad un elemento di massa (dm) con densità ρ e $dv=r d\phi dr dz$

L'attrazione newtoniana esercitata da questa massa dm sull'unità di massa in $P(0,0,0)$ è quindi:

$$dg = G \frac{dm}{r^2} = G \frac{\rho dV}{r^2} = G\rho \frac{(r dr d\phi dz)}{(r^2 + z^2)}$$

la cui componente verticale vale

$$dg_z = G\rho \frac{(r dr d\phi dz)}{(r^2 + z^2)} \times \cos(\alpha)$$



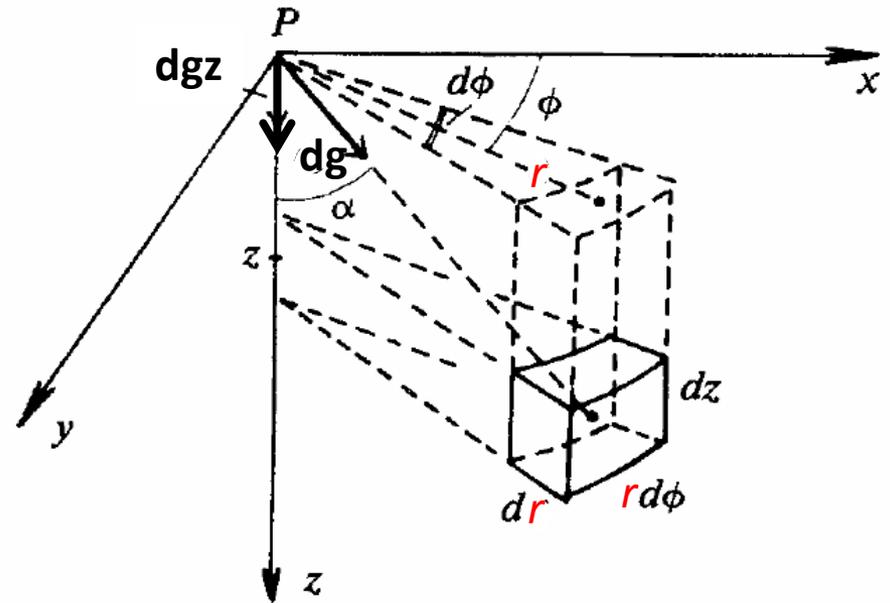
Il contributo di tutta la massa dal punto P all'infinito è dato dall'integrale:

Concetto: effetto gravimetrico della piastra (calcolato nel punto «P» stazione)

1  2  3

$$\begin{aligned}g_z &= G\rho \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^h z dz \int_0^\infty \frac{r dr}{(r^2 + z^2)^{3/2}} \\&= 2\pi G\rho \int_0^h z dz \int_0^\infty \frac{r dr}{(r^2 + z^2)^{3/2}} \\&= 2\pi G\rho \int_0^h z \left[-\frac{1}{\sqrt{(r^2 + z^2)}} \right]_0^\infty dz \\&= 2\pi G\rho \int_0^h z \frac{1}{z} dz\end{aligned}$$

$$= 2\pi G\rho h$$

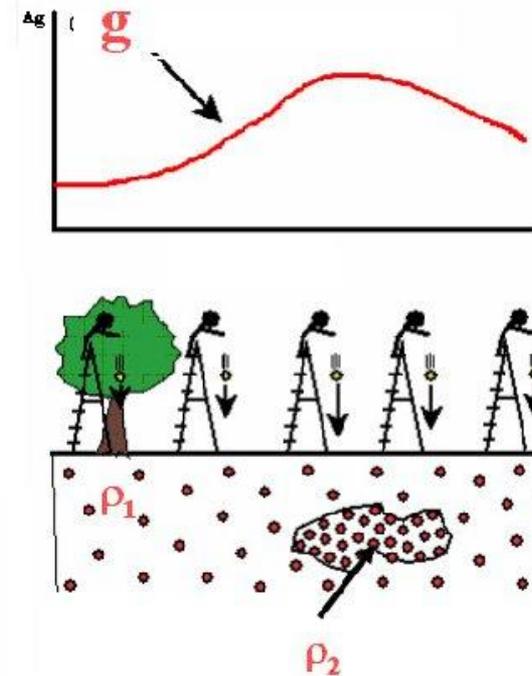
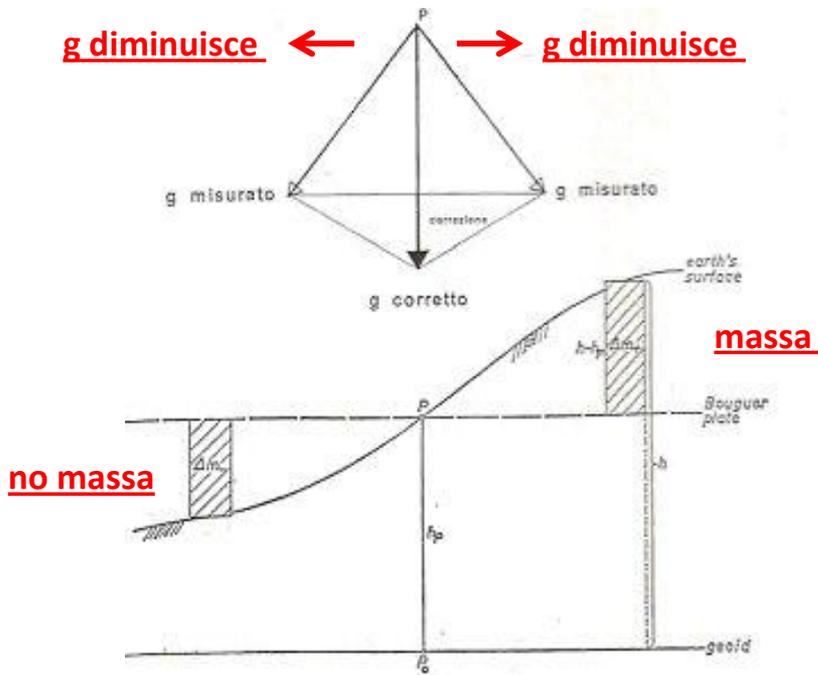


La C. per la piastra dipende:

(1) dalla quota sopra/sotto il geoido e (2) dalla densità

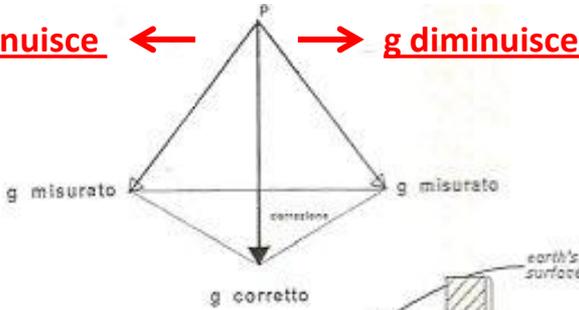
Effetti topografici: la presenza di irregolarità topografiche (montagne, valli, ma anche edifici) riduce il valore dell'accelerazione di gravità

Densità: variazioni laterali di densità determinano un aumento del valore dell'accelerazione di gravità **nel caso di $\rho_2 > \rho_1$** , una diminuzione nel caso in cui $\rho_2 < \rho_1$

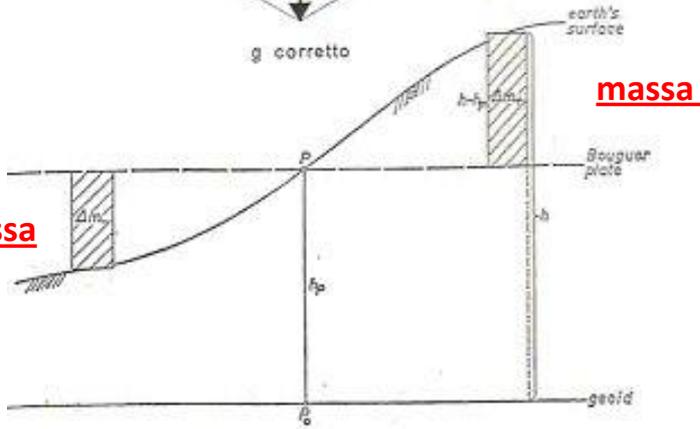


Effetti topografici: la presenza di irregolarità topografiche (montagne, valli, ma anche edifici) riduce il valore dell'accelerazione di gravità

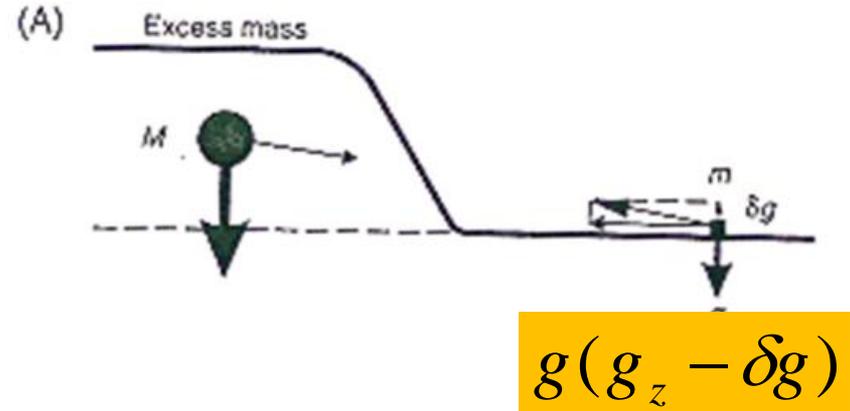
g diminuisce ← → g diminuisce



no massa

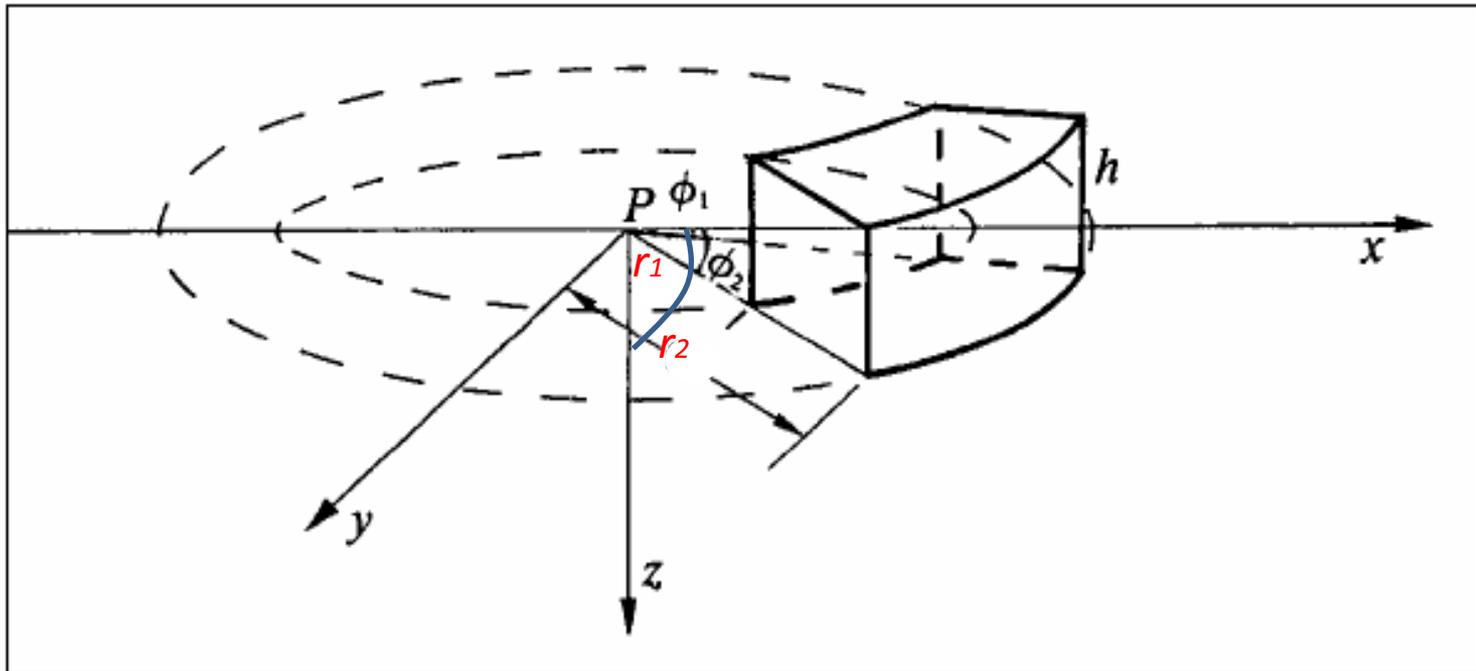


Effetti topografici: in relazione alla posizione dello strumento «Gravimetro» rispetto alla topografia delle masse presenti sopra il geode.



Concetto topografia (Metodo Hammer):

$$dg_z = G\rho \frac{(rdrd\phi dz)}{(r^2 + z^2)} X \cos(\alpha)$$



Concetto topografia (Metodo Hammer):

$$g_z = G\rho \int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi \int_{r_1}^{r_2} r dr \int_0^h \frac{z dz}{(r^2 + z^2)^{3/2}}$$
$$= G\rho(\phi_2 - \phi_1) \int_{r_1}^{r_2} r \left[-\frac{1}{\sqrt{(r^2 + z^2)}} \right]_0^h dr$$

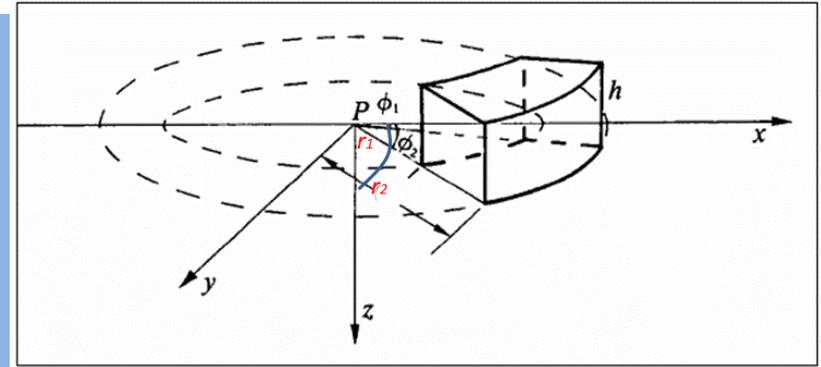
$$= G\rho(\phi_2 - \phi_1) \int_{r_1}^{r_2} r \left[-\frac{1}{\sqrt{(r^2 + z^2)}} \right]_0^h dr$$

$$= G\rho(\phi_2 - \phi_1) \int_{r_1}^{r_2} r \left[-\frac{1}{\sqrt{(r^2 + z^2)}} + \frac{1}{r} \right] dr$$

$$= G\rho(\phi_2 - \phi_1) \int_{r_1}^{r_2} \left[1 - \frac{r}{\sqrt{(r^2 + z^2)}} \right] dr$$

$$= G\rho(\phi_2 - \phi_1) \left[r - \sqrt{(r^2 + z^2)} \right]_{r_1}^{r_2}$$

$$= G\rho(\phi_2 - \phi_1) \left\{ (r_2 - r_1) + \sqrt{(r_1^2 + h^2)} - \sqrt{(r_2^2 + h^2)} \right\}$$



formula di Messerschmidt



Abaco per la correzione topografica con il metodo di Hammer:

La correzione deve essere effettuata per correggere l'effetto non completamente corretto della correzione di Bouguer.

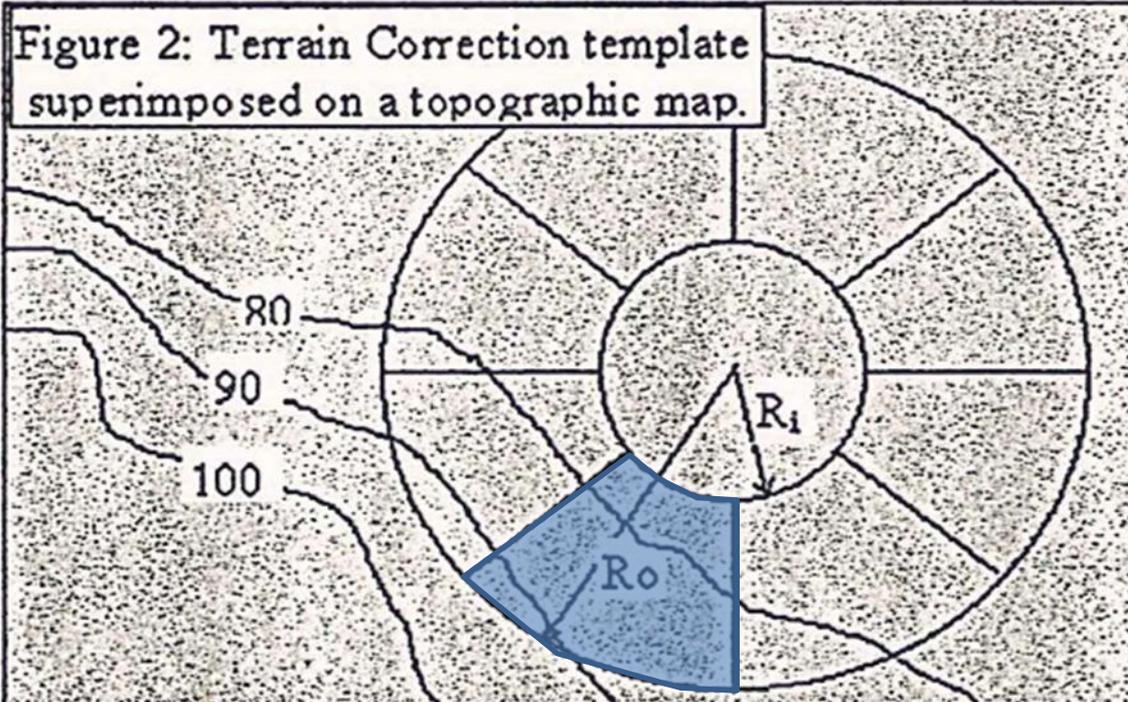
R_0 : raggio esterno

R_i : raggio interno

Z (o h): differenza di quota

Tra il punto stazione e la media del settore considerato

Figure 2: Terrain Correction template superimposed on a topographic map.



The correction for a ring is:
$$g_{ring} = 2\pi G\rho \left[R_o - R_i + \left\{ R_i^2 + z^2 \right\}^{1/2} - \left\{ R_o^2 + z^2 \right\}^{1/2} \right]$$

and each ring is divided into n number of sectors:
$$g_{ring} = \sum_{i=1}^n \frac{g_{ring}}{i}$$

Correzione di Eötvös (EC) in mgal per knot

La gravità teorica (o normale) non tiene conto della variazione di **g** quando si fanno misure gravimetriche **in mare o in volo!** Il valore di **g** varia sia in direzione E (diminuisce) sia in quella W (aumenta).

Ammonta a ~ 0.1 mgal per knot in EW.

$$EC = [75.03V \sin \alpha \cos \phi + 0.04154V^2] 10^{-3}$$

V: velocità navigazione (knot = 1.852 km/ora)

α : direzione di navigazione

ϕ : latitudine

stima della densità

metodi gravimetrici
parte 4