



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

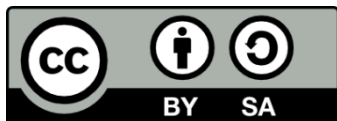
ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Εισαγωγή στο Πεδίο Βαρύτητας

Ενότητα 3: Συστήματα Υψών

Η.Ν. Τζιαβός - Γ.Σ. Βέργος
Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



ΑΠΘ/ΤΑΤΜ

**Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας
4^ο Εξάμηνο**

Εισαγωγή στο πεδίο βαρύτητας

Introduction to gravity field

Ακαδημαϊκή Χρονιά:

2014 – 2015

Πρόγραμμα:

Τετάρτη 9:00 – 13:00

Διδάσκοντες:

Η.Ν. Τζιαβός, Γ.Σ. Βέργος

<http://web.auth.gr/e-topo/>

<http://olimpia.topo.auth.gr/courses/>

Ιστοσελίδες ΔΕΠ

Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας

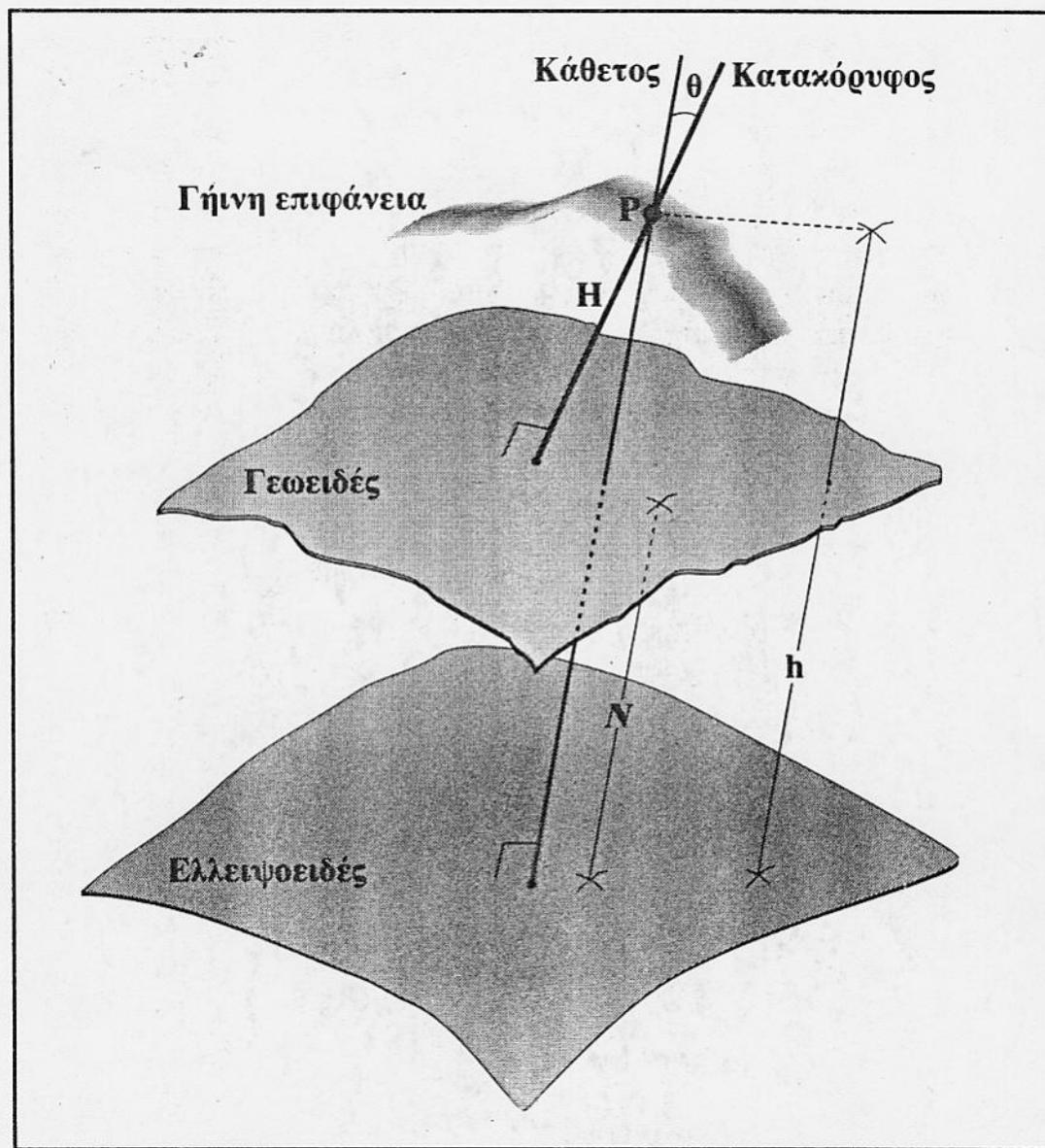
Η. Τζιαβός ή Γ. Βέργος

Μαθήματα - εργασίες

Συστήματα υψών

- Τα συστήματα υψών ιδιαίτερα σημαντικά για το πεδίο βαρύτητας
- Προσδιορίζονται είτε γεωμετρικά είτε δυναμικά

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΨΩΝ – ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

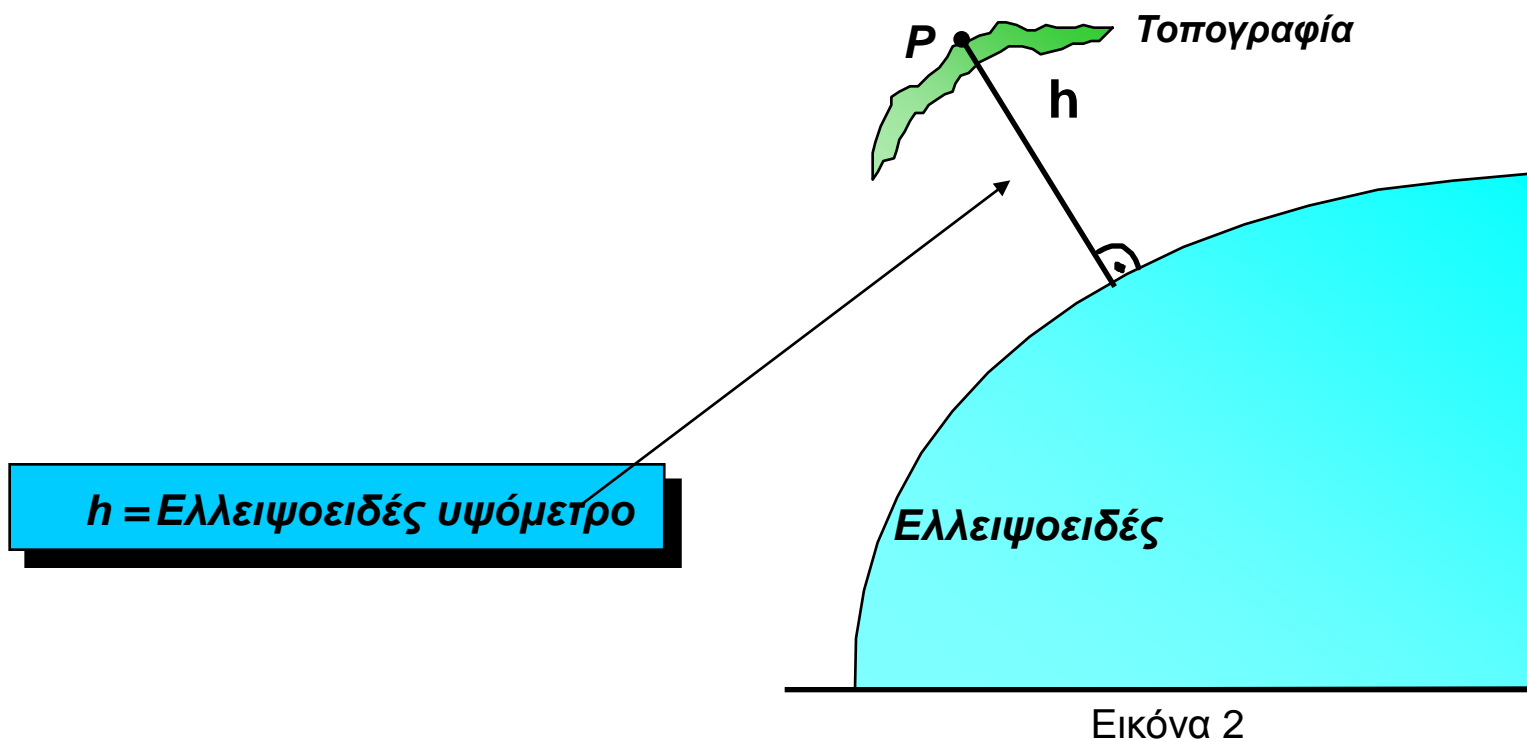


$$h = H + N$$

Εικόνα 1

Υψομετρία

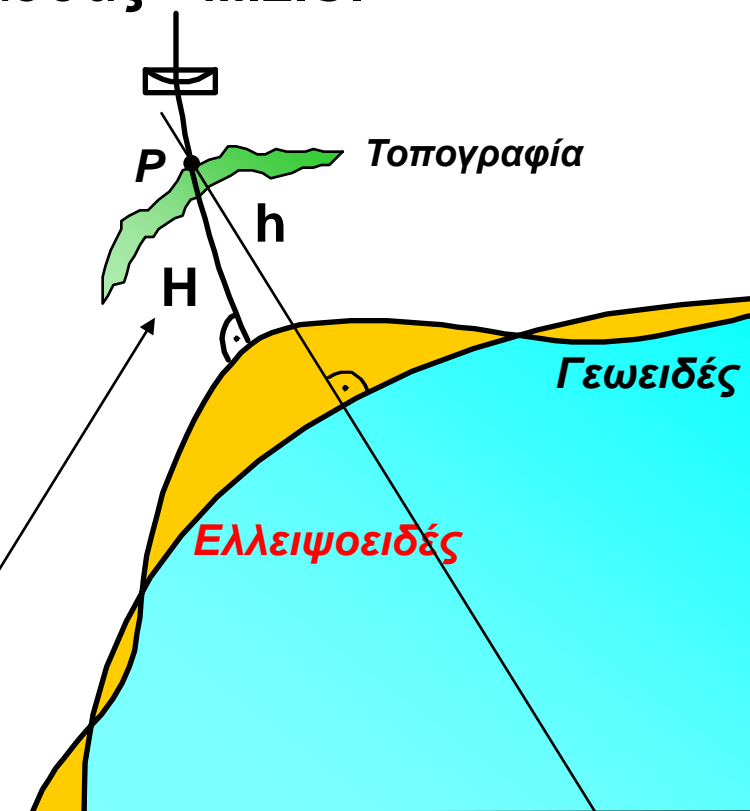
- h προσδιορίζονται με GPS



Υψομετρία

- Το γεωειδές είναι ισοδυναμική επιφάνεια που συμπίπτει με Μέση Στάθμη Θάλασσας – Μ.Σ.Θ.
- Οι διακυμάνσεις του γεωειδούς οφείλονται σε επιδράσεις της τοπογραφίας, γεωλογίας κ.λπ.
- Τα ορθομετρικά υψόμετρα αναφέρονται τυπικά σε ένα Datum που συμπίπτει με τη Μέση Στάθμη της Θάλασσας
- Μ.Σ.Θ. \equiv Γεωειδές

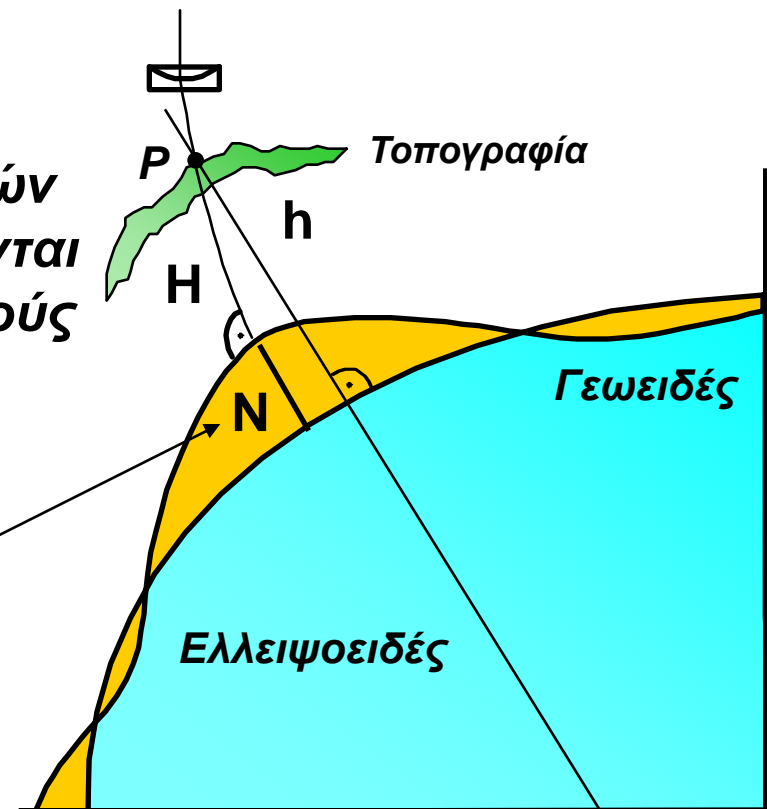
H = υψόμετρο από γεωειδές
(~ορθομετρικό υψόμετρο)



Εικόνα 3

Υψομετρία

- Η διαφορά ανάμεσα σε γεωειδές και ελλειψοειδές ονομάζεται διακύμανση του γεωειδούς (υψόμετρο γεωειδούς)
- Για τον υπολογισμό ορθομετρικών υψομέτρων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα υψόμετρα του γεωειδούς

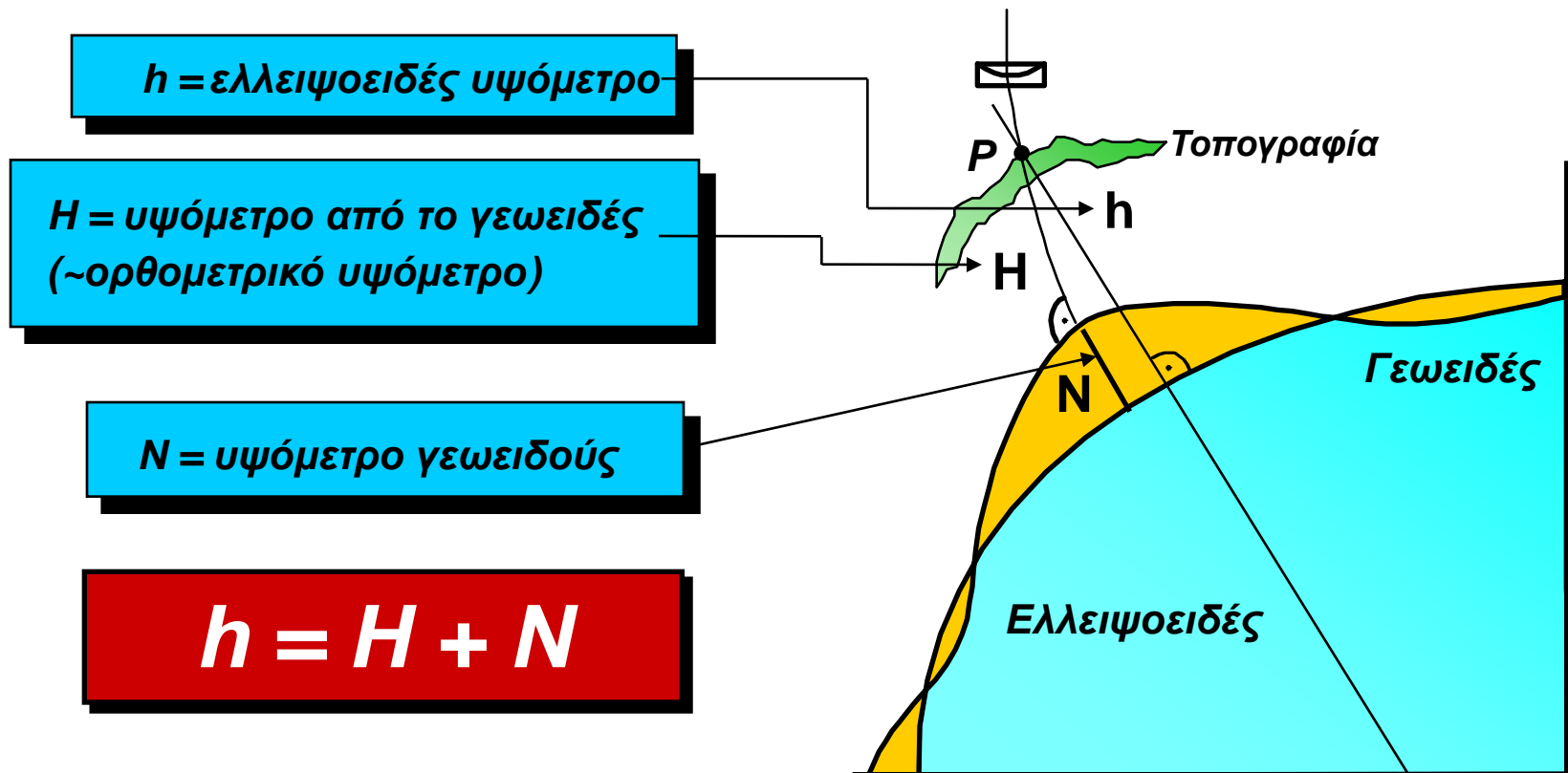


$N =$ υψόμετρο γεωειδούς

Εικόνα 4

Υψομετρία

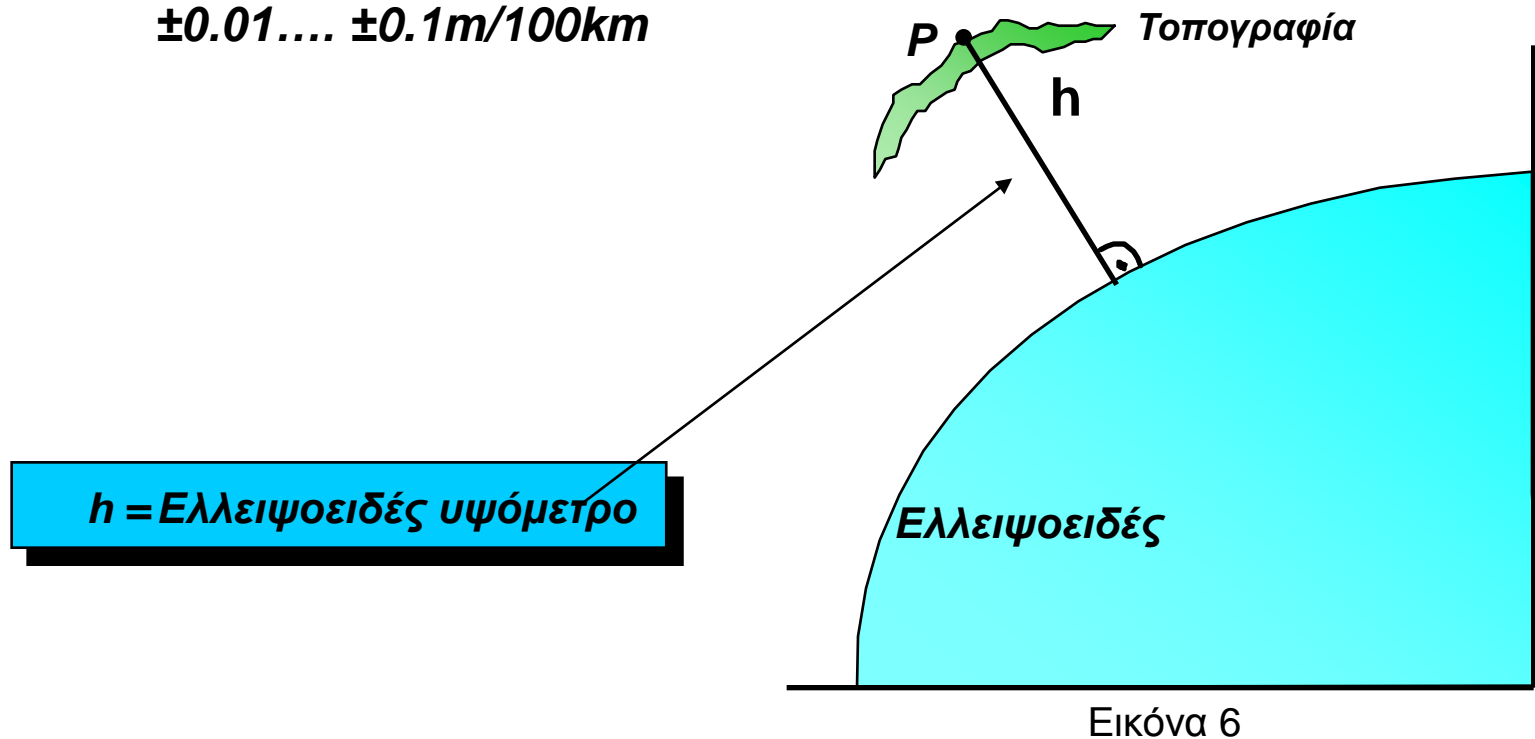
- Το υψόμετρο του γεωειδούς μπορεί να είναι θετικό ή αρνητικό



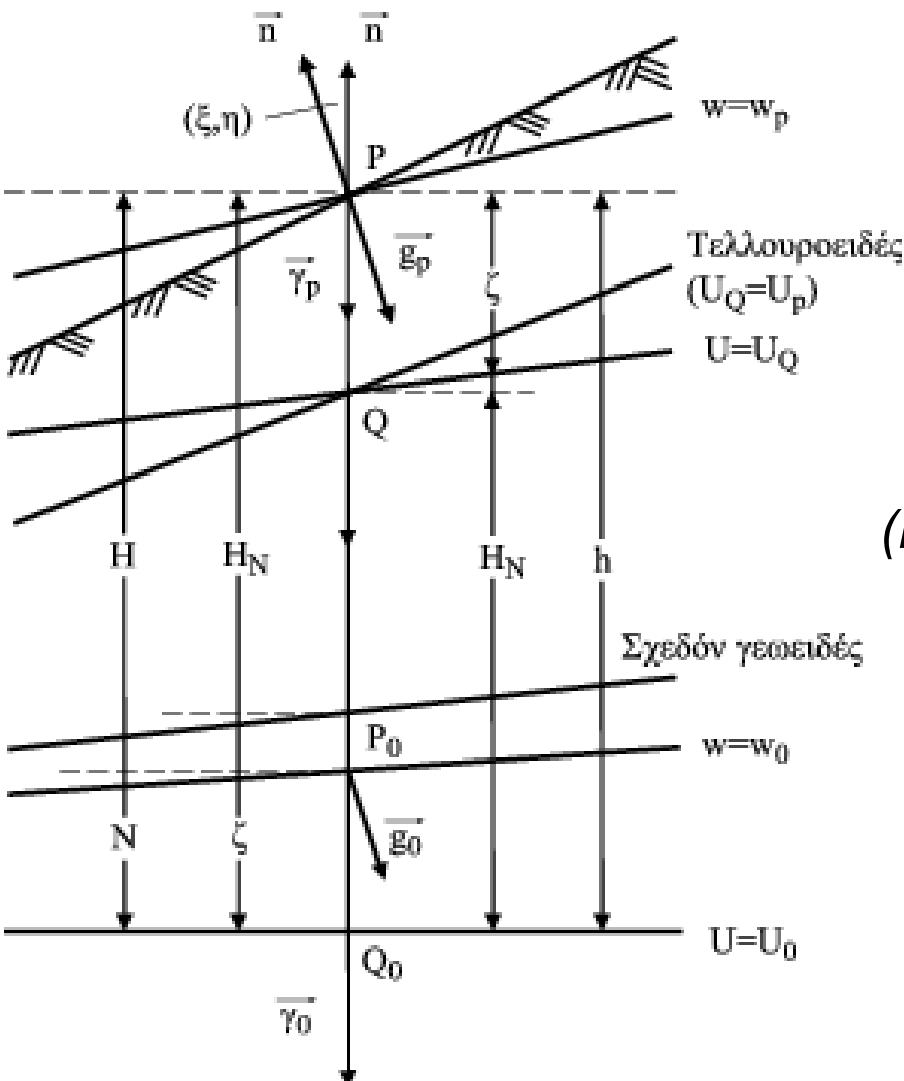
Εικόνα 5

ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΗ ή ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ

- Προσδιορίζονται γεωμετρικά – ανεξάρτητα από το πεδίο βαρύτητας
- h προσδιορίζονται με δορυφορικές μεθόδους – GPS
- Ακρίβειες 1m απόλυτα υψόμετρα
 $\pm 0.01 \dots \pm 0.1 \text{m}/100 \text{km}$

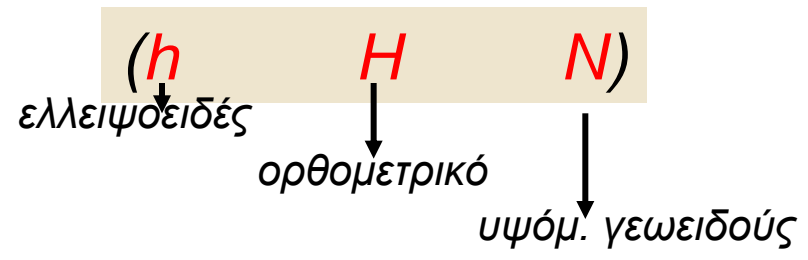


ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΨΩΝ

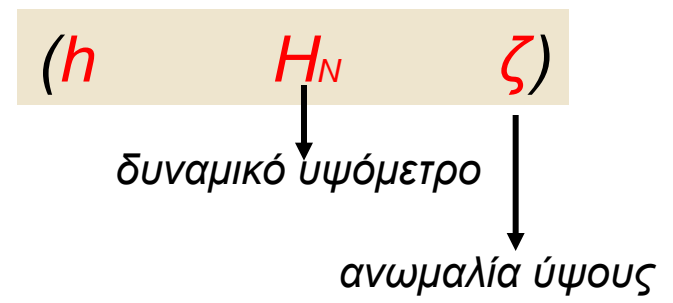


Εικόνα 7

(Γη Γεωειδές ΕΕΠ)



(Γη Σχεδόν - Γεωειδές Τελουροειδές)

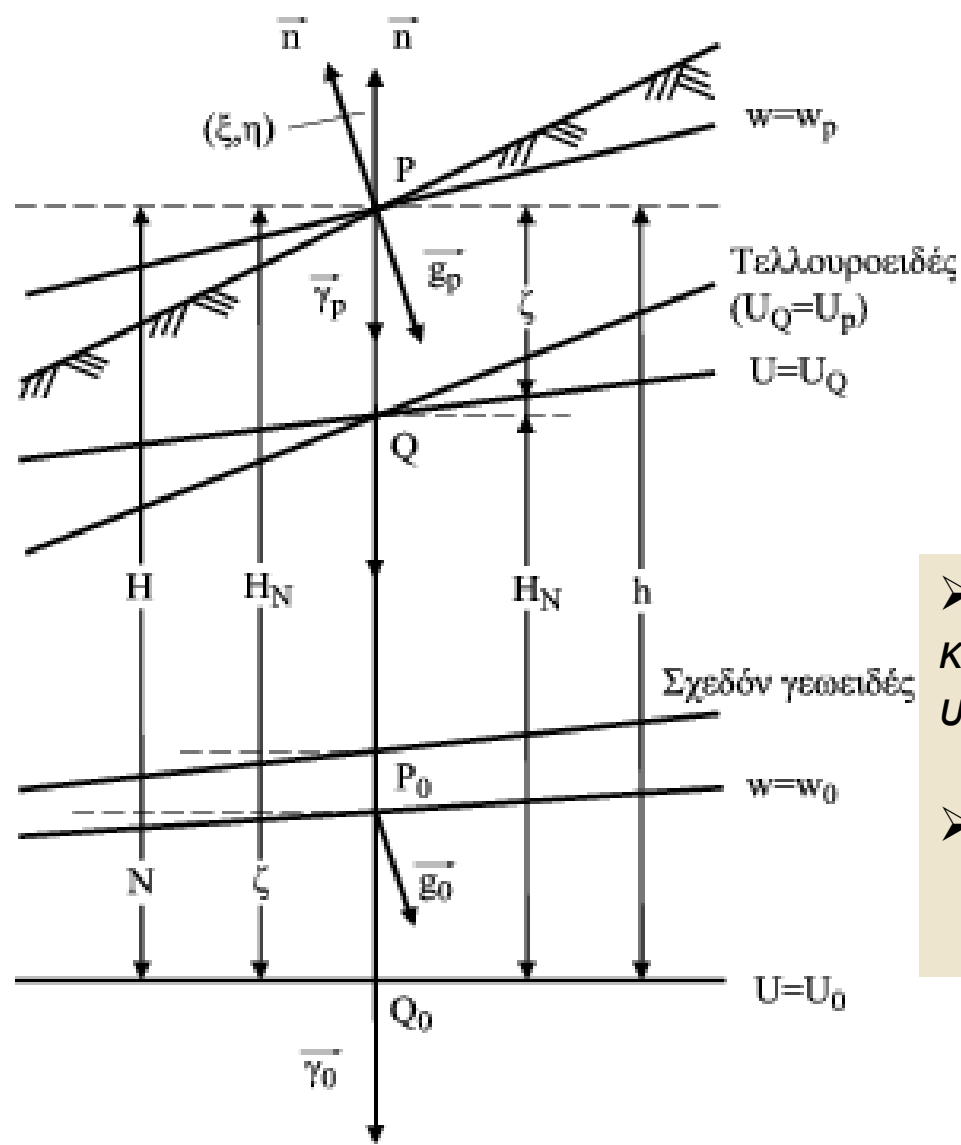


$$h = H + N$$

$$h = H_N + \zeta$$

$$H - H_N = \zeta - N \quad \zeta \equiv N \quad \text{θάλασσα}$$

ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ & ΕΛΛΙΠΣΟΕΙΔΗ ΥΨΟΜΕΤΡΑ



Εικόνα 8

βαρύτητα και γεωμετρικά μεγέθη

$$h = \frac{U_0 - U_P}{\bar{\gamma}}$$

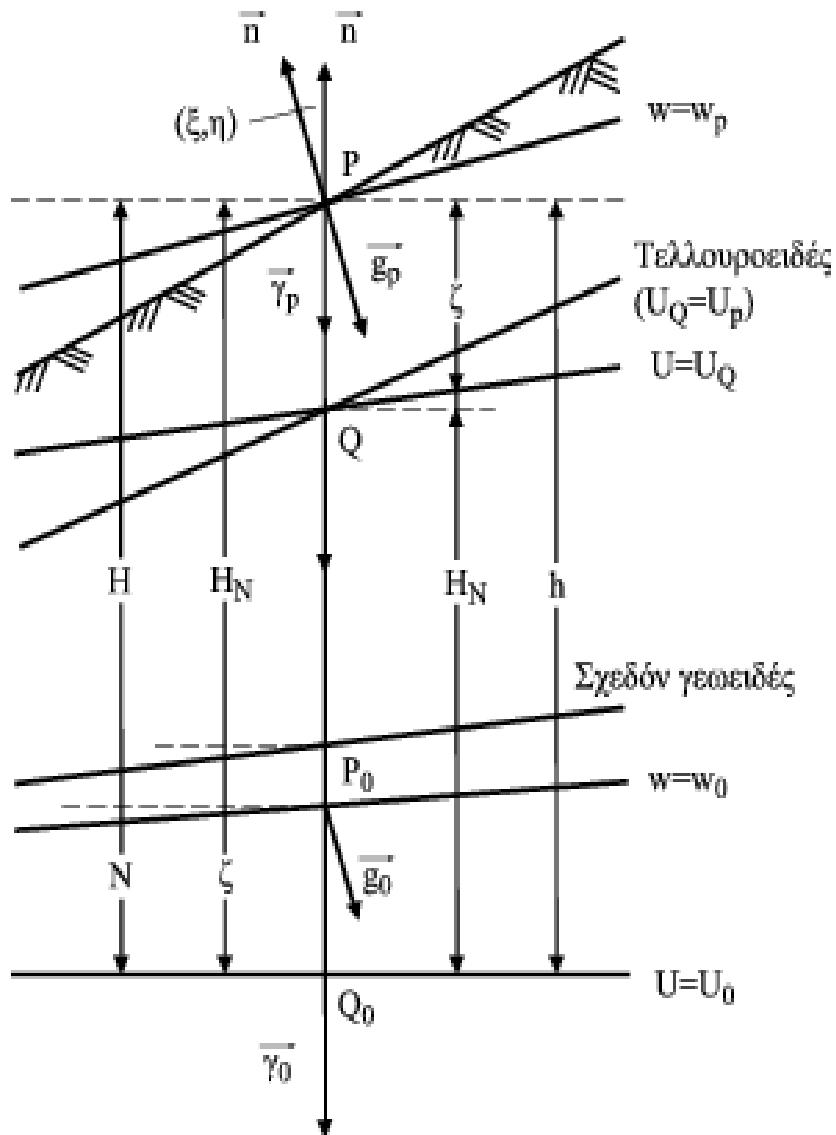
$$\bar{\gamma} = \frac{1}{\gamma_0} \int_0^P \gamma dh$$

$\bar{\gamma}$ { Μέση τιμή της κανονικής βαρύτητας
Ανάμεσα στο σημείο P και το ΕΕΠ

➤ Ανάμεσα στις επιφάνειες $h = \text{σταθερό}$ και τις ισοδυναμικές του πεδίου βαρύτητας υπάρχουν αποκλίσεις της τάξης των $\pm 30m$

➤ Για αποστάσεις **10km – 100km**
αποκλίσεις **$\pm 1m - 0.1m$**

ΥΨΟΜΕΤΡΑ & ΠΕΔΙΟ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ I



γεωμετρική χωροστάθμηση – ακρίβειες
 $\pm 0.05\text{m}/100\text{km}$ ----- $0.5\text{m}/1000\text{km}$

βαρύτητα και γεωμετρικά μεγέθη

$$dW = -g \, dn$$

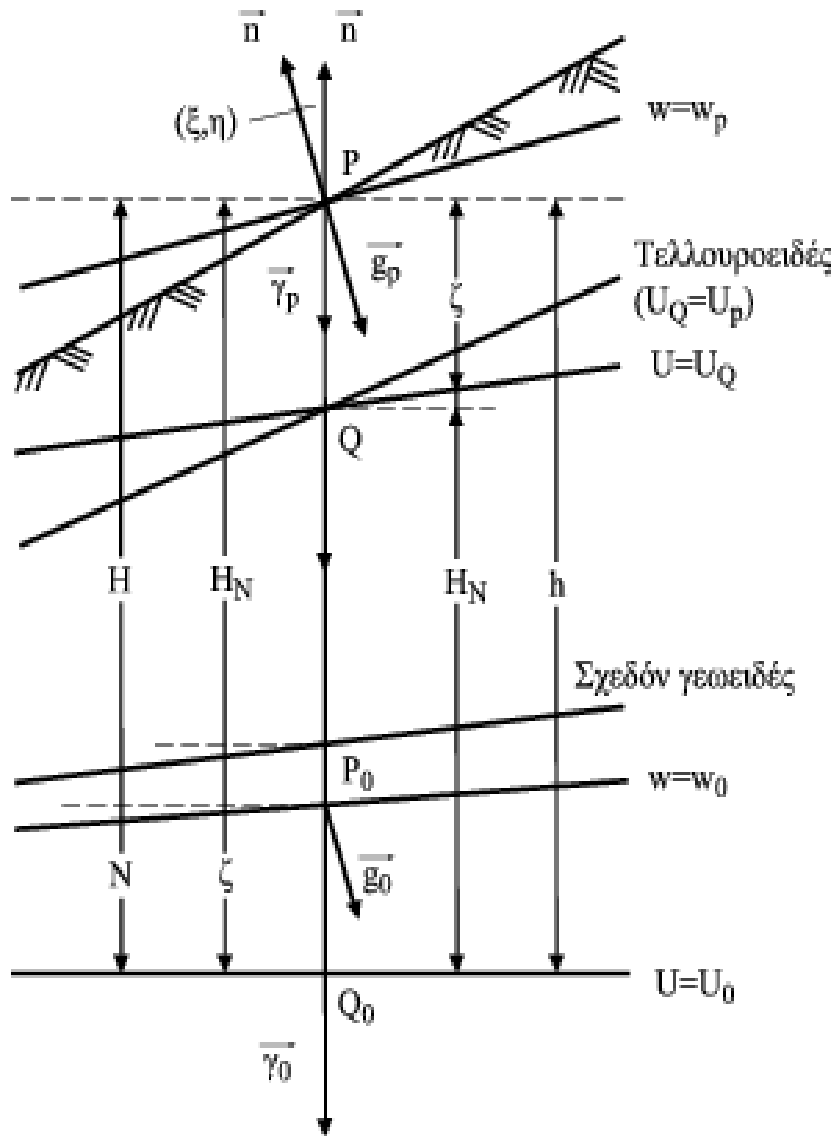
γεωδυναμικός αριθμός

$$C = W_0 - W_P = \int_0^P g \, dn$$

ΥΨΟΜΕΤΡΑ & ΠΕΔΙΟ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ II

Ορθομετρικό υψόμετρο H ($W = W_0$)

$$h = H + N$$

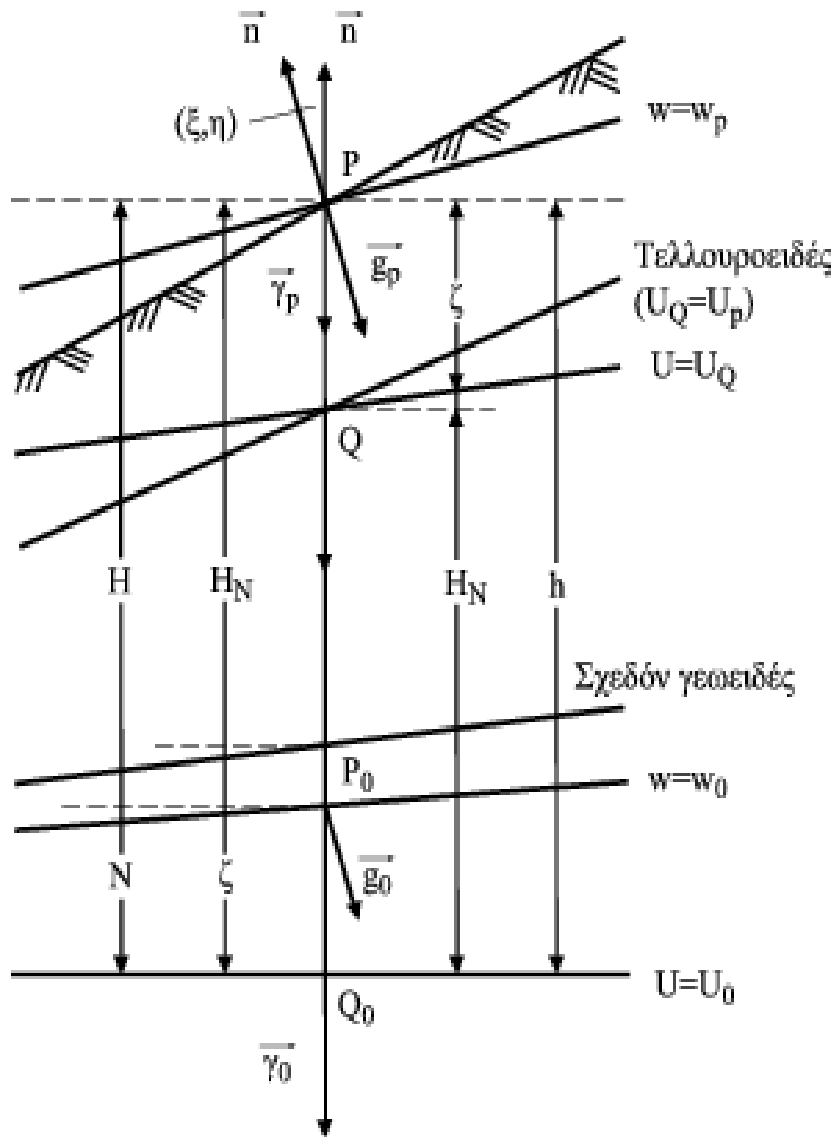


$$H = \frac{W_0 - W_P}{\bar{g}}$$

$$N = \frac{W_0 - U_{P_0}}{\gamma_0}$$

$$\bar{g} = \frac{1}{H} \int_0^P \gamma dh$$

ΥΨΟΜΕΤΡΑ & ΠΕΔΙΟ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ III



Κανονικό πεδίο βαρύτητας (μοντέλο/ΕΕΠ)

↕
Πραγματικό πεδίο βαρύτητας

$$U_0 = W_0$$

Τελλουροειδές

$$U_Q = W_P$$

Κανονικό ύψος H_N , ανωμαλία ύψους ζ ,
σχεδόν γεωειδές

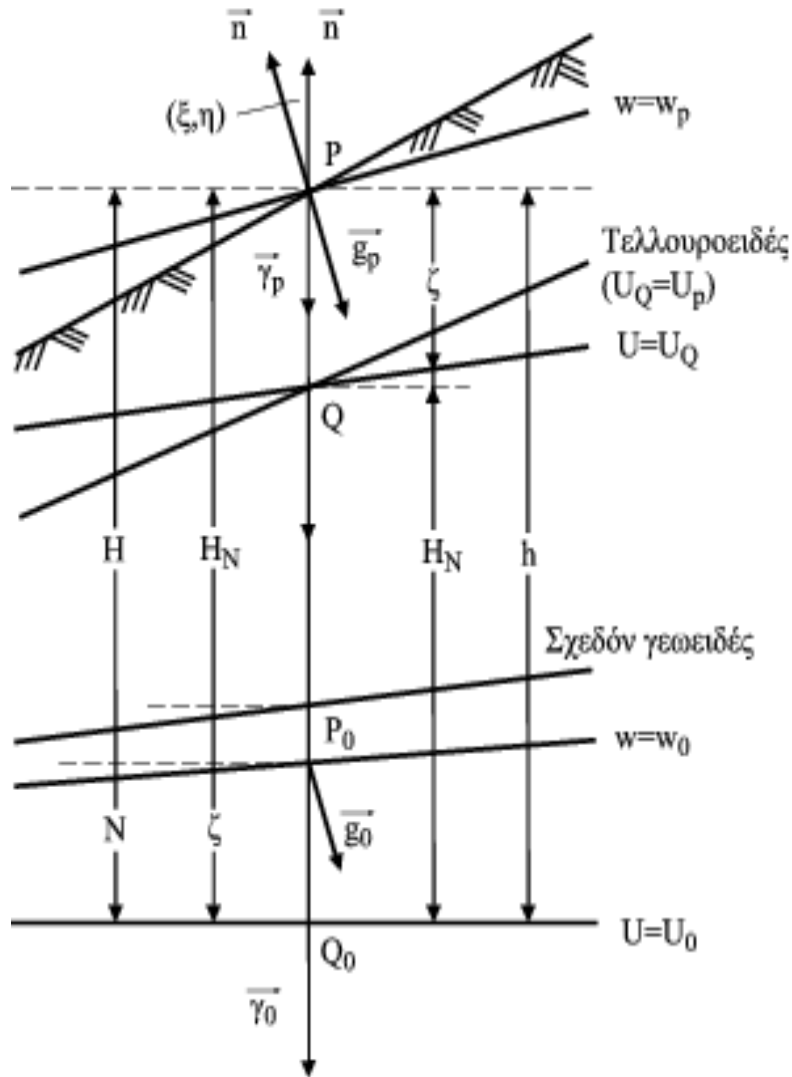
$$h = H_N + \zeta$$

$$H_N = \frac{W_0 - W_P}{\bar{\gamma}}$$

$$\zeta = \frac{W_P - U_P}{\gamma_Q}$$

ΥΨΟΜΕΤΡΑ & ΠΕΔΙΟ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ IV

Κανονικό πεδίο βαρύτητας (μοντέλο/ΕΕΠ)



σύνδεση \leftrightarrow αναλογίες

Πραγματικό πεδίο βαρύτητας

$$h = H + N$$

$$h = H_N + \zeta$$

$$H = \frac{W_0 - W_P}{\bar{g}}$$

$$N = \frac{W_0 - U_{P_0}}{\gamma_0}$$

$$H_N = \frac{W_0 - W_P}{\bar{\gamma}}$$

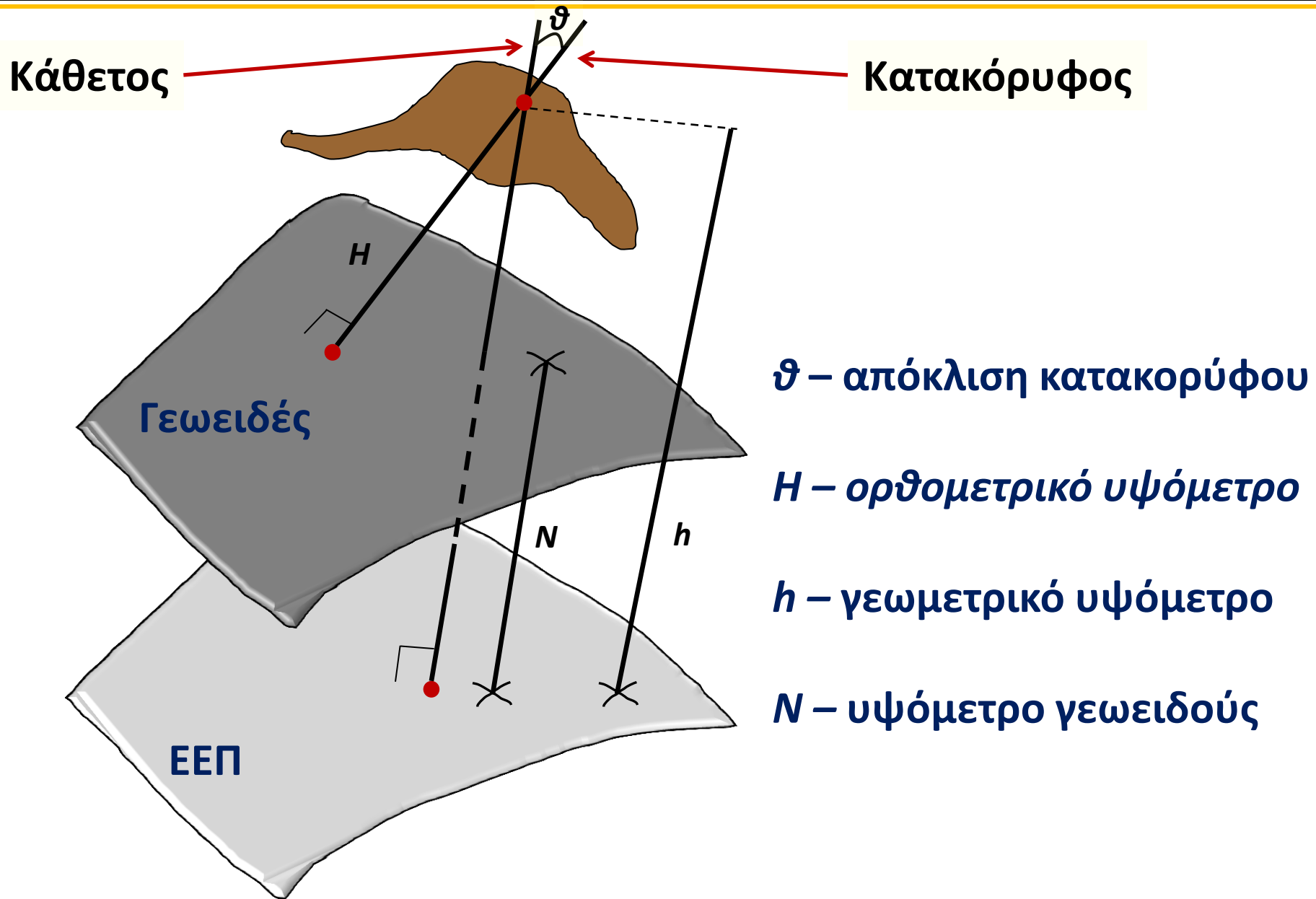
$$\zeta = \frac{W_P - U_P}{\gamma_Q}$$

$$H - H_N = \zeta - N$$

$$\zeta \equiv N \quad \text{θάλασσα}$$

$$N - \zeta = H_N - H = \frac{\bar{g} - \bar{\gamma}}{\bar{g}} H_N$$

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ – ΚΑΘΕΤΟΣ & ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ



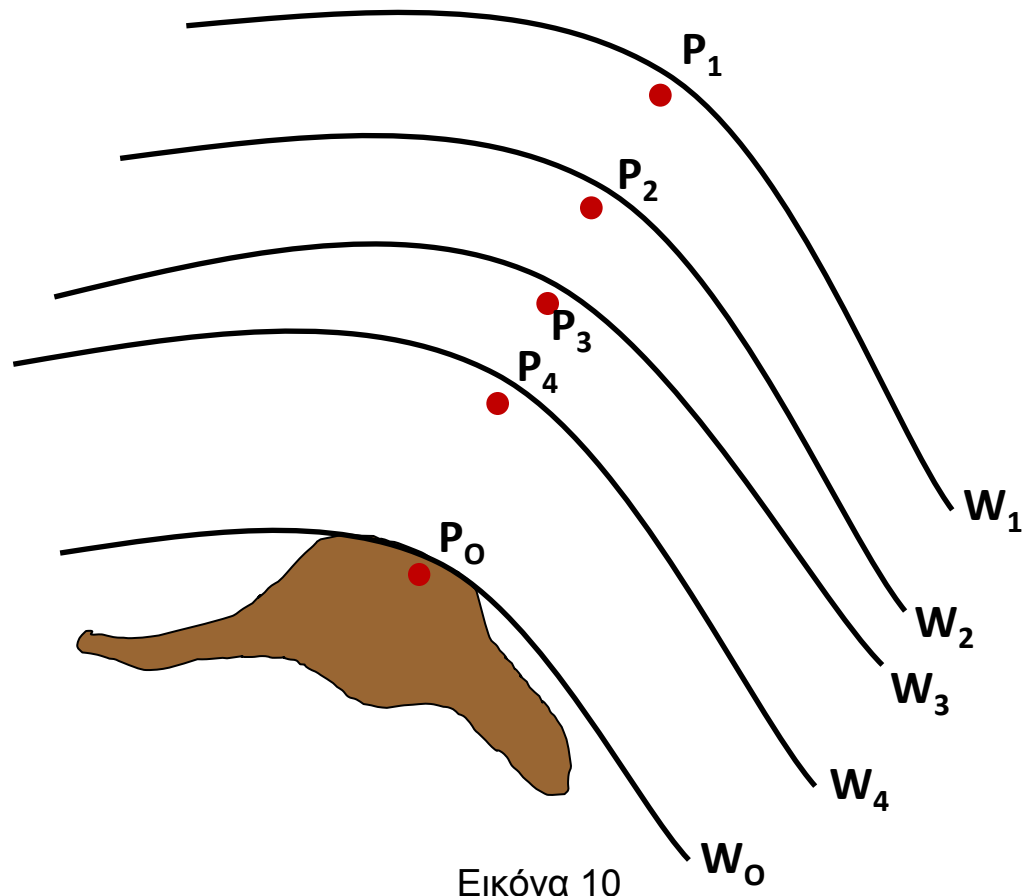
Εικόνα 9

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

$$W(x, y, z) = \text{σταθερό}$$

$$W_1 \neq W_2 \neq W_3 \neq W_4$$

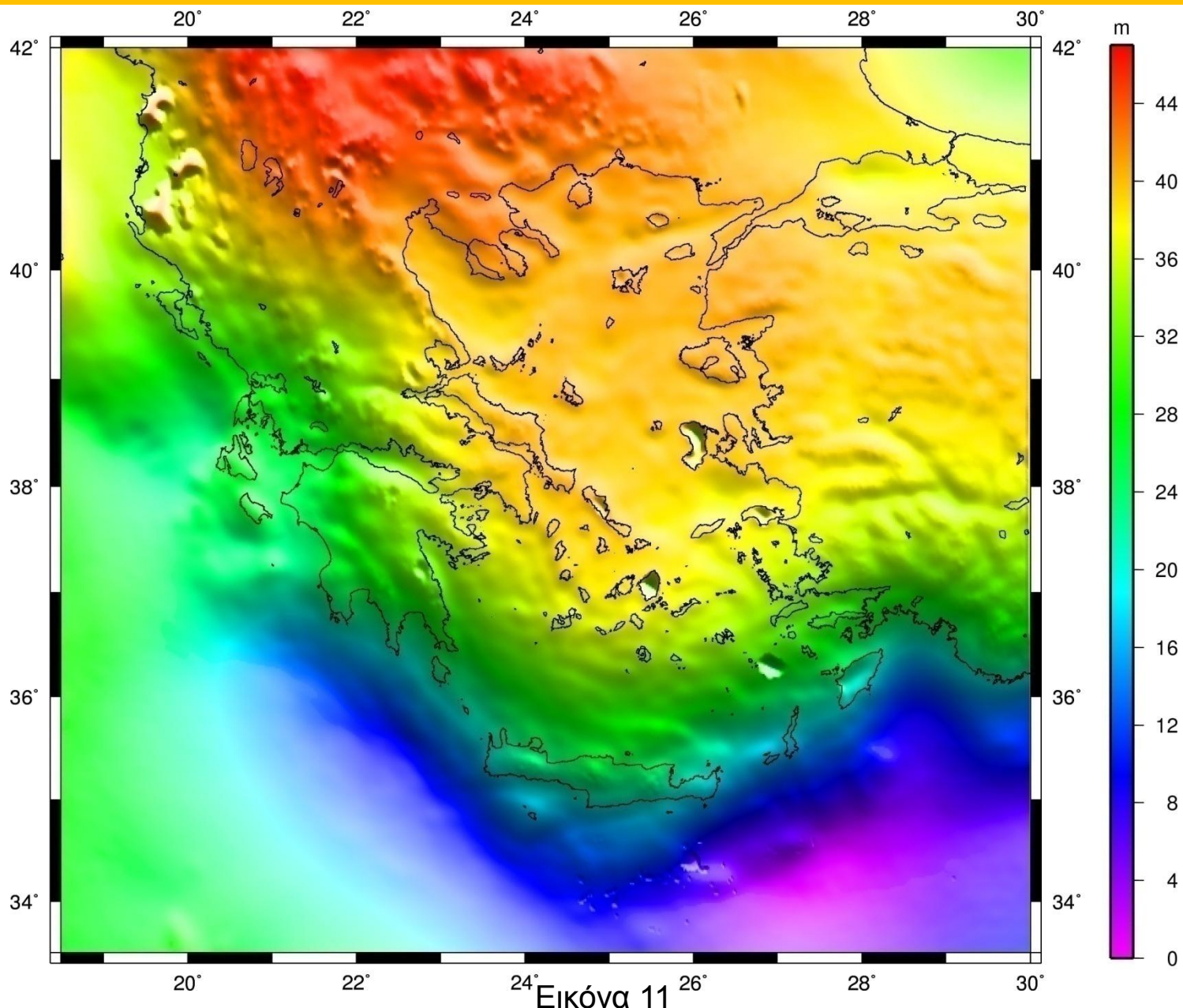
Οι ισοδυναμικές επιφάνειες δεν είναι παράλληλες αλλά τέμνονται!!!!



Εικόνα 10

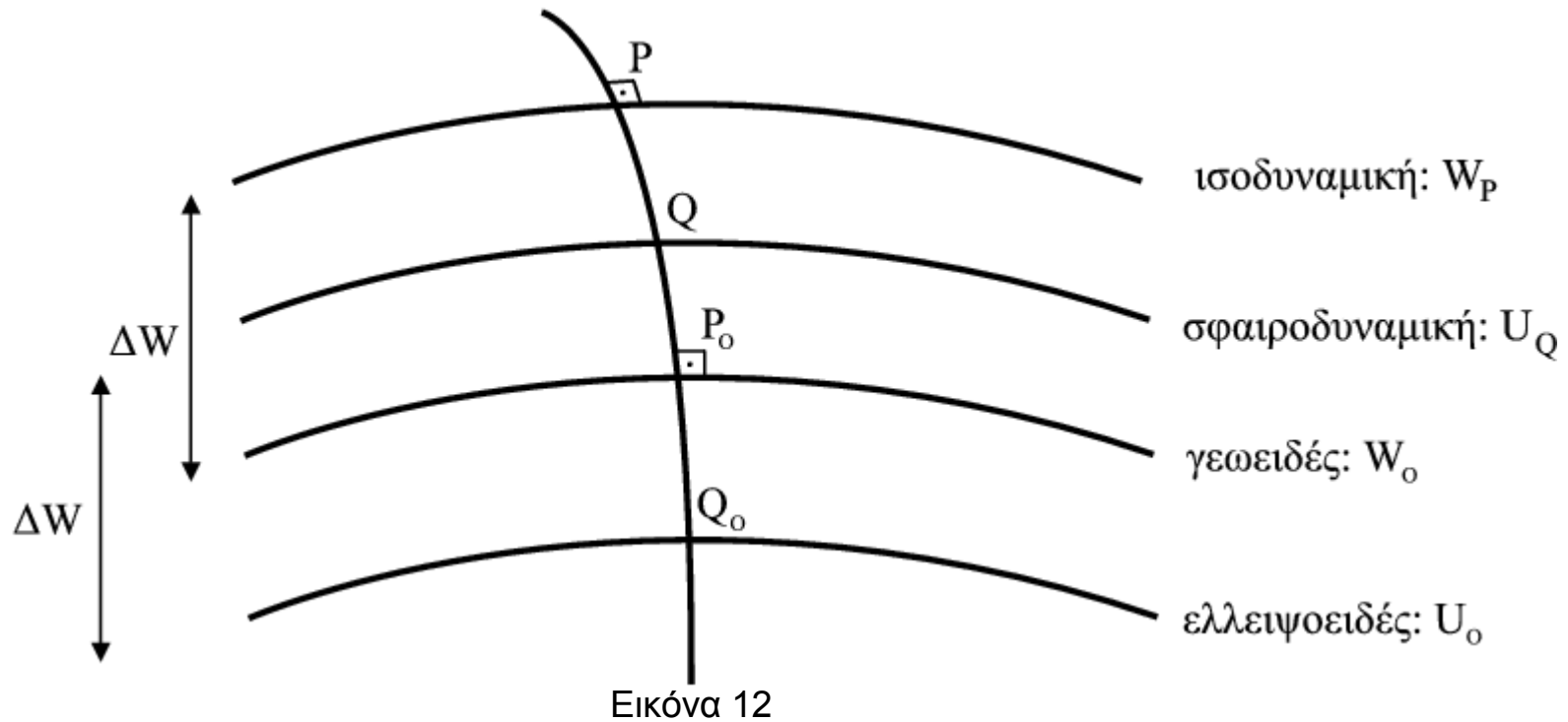
Η ισοδυναμική επιφάνεια του γήινου πεδίου βαρύτητας που προσεγγιστικά ταυτίζεται με τη μέση στάθμη των θαλασσών σε παγκόσμια κλίμακα αποτελεί το μαθηματικό μοντέλο της Γης και ονομάζεται **ΓΕΩΕΙΔΕΣ** $\rightarrow (W=W_0)$

ΤΟ ΓΕΩΕΙΔΕΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ



Εικόνα 11

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΦΑΙΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ



$$W_P = W_0 + \Delta W$$

$$U_Q = U_0 + \Delta W$$



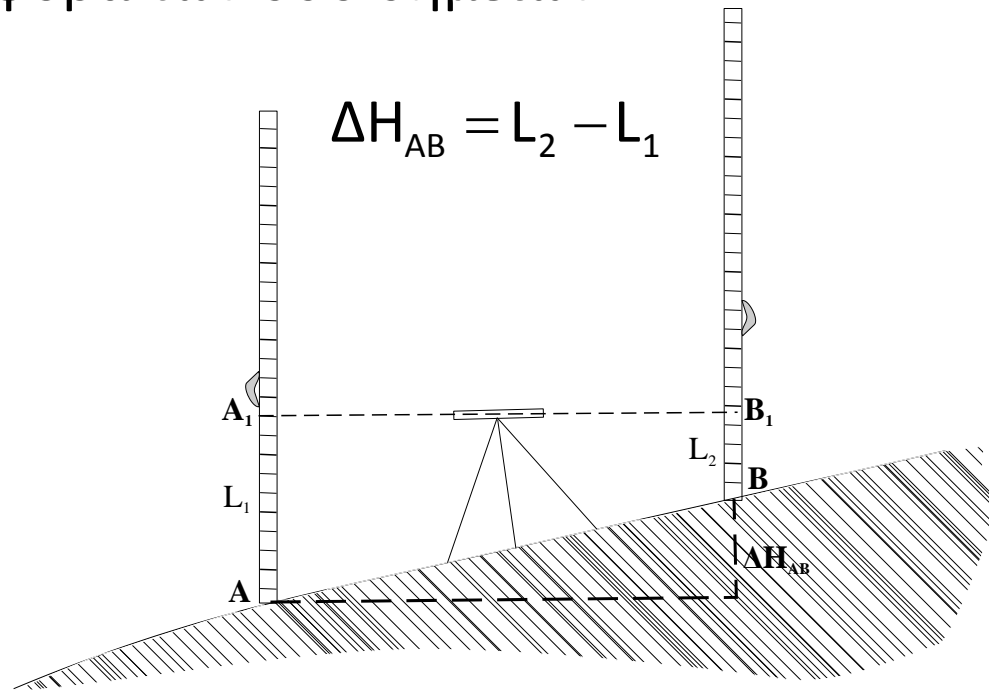
σφαιροδυναμική επιφάνεια

$$V = W + \Phi = \frac{km}{r} \left[1 - \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r} \right)^n \bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda \bar{P}_{nm} \cos \theta \right]$$

ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ

○ Η αρχή της γεωμετρικής χωροστάθμησης βασίζεται στον προσδιορισμό της υψομετρικής διαφοράς ανάμεσα στο σημεία A και B με τη χρήση σταδίων

○ Λαμβάνοντας τις αναγνώσεις της οπισθοσκόπευσης προς το A (L_1) και της εμπροσθοσκόπευσης προς το B (L_2) στις δύο σταδίες, και δεδομένου ότι η απόσταση A_1B_1 είναι οριζόντια, υπολογίζεται η υψομετρική διαφορά των δύο σημείων



Εικόνα 13

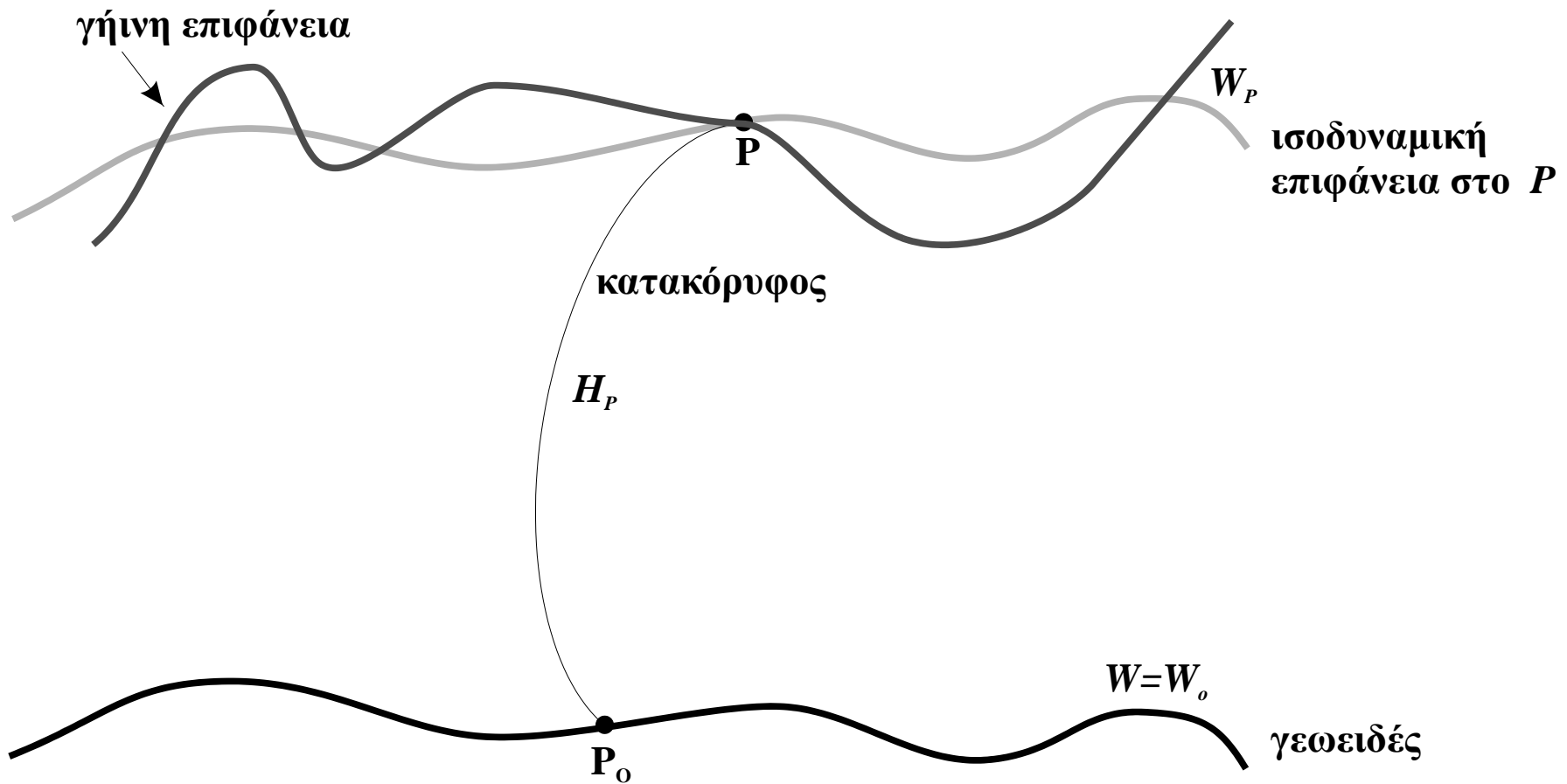
ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ

- Αν μετρήσουμε την υψομετρική διαφορά κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής, τότε τα σημεία αρχής και τέλους συμπίπτουν, τότε η τελική υψομετρική διαφορά, δεν θα είναι μηδέν (αντίθετα με ότι θα αναμέναμε, ακόμη και στην περίπτωση που οι παρατηρήσεις είναι απαλλαγμένες από σφάλματα)
- Αυτό οφείλεται στο ότι οι χωροσταθμικές υψομετρικές διαφορές που μετρώνται κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου δεν είναι ίσες με τη (γεωμετρική) διαφορά των υψομέτρων των σημείων A και B
- Επομένως ο όρος δh που μετράται με τη γεωμετρική χωροστάθμηση δεν είναι ίσος με την υψομετρική διαφορά δH_{AB}

ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ

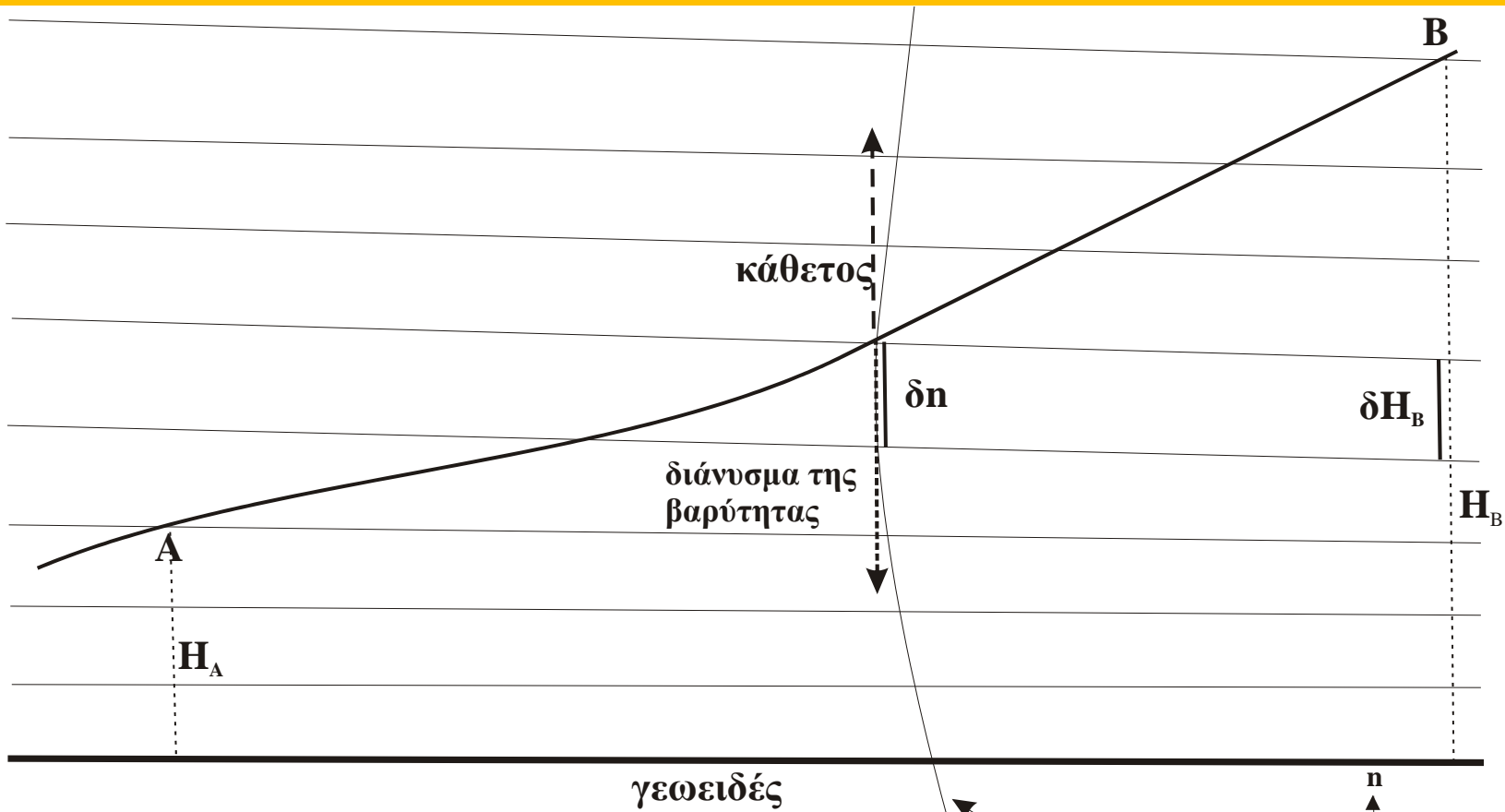
- Αυτό συμβαίνει επειδή, κατά τη διαδικασία της οριζοντίωσης του χωροβάτη ο κάθετος άξονάς του ταυτίζεται με την κατακόρυφο, συνεπώς το όργανο είναι κάθετο στην τοπική ισοδυναμική επιφάνεια
- Κάθε φορά λοιπόν που μετράται η υψομετρική διαφορά ανάμεσα σε δύο σημεία, μετράται ουσιαστικά η μέση τοπική απόσταση ανάμεσα στις δύο ισοδυναμικές επιφάνειες που διέρχονται από τα σημεία
- Κάθε μια από αυτές είναι κάθετη στην διεύθυνση της κατακορύφου που διέρχεται από το κάθε σημείο και επομένως δεν είναι παράλληλες μεταξύ τους.
- Αντίθετα, η υψομετρική διαφορά δH_{AB} ορίζεται ως η κάθετη απόσταση από το σημείο B προς το γεωειδές .

ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ

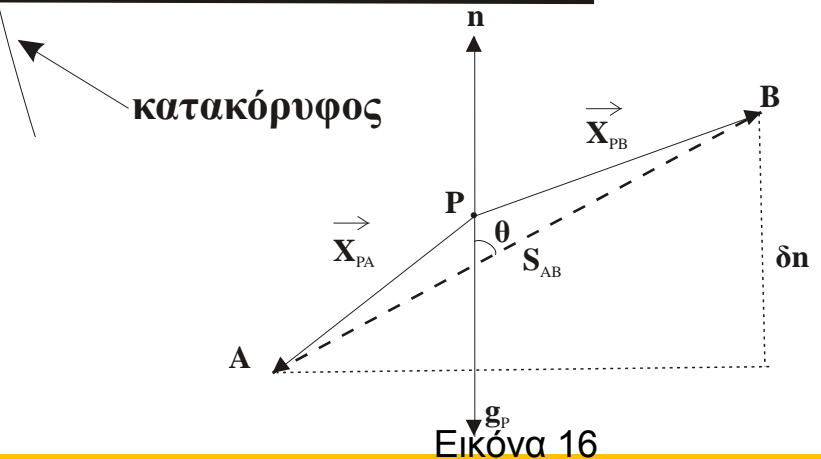


Εικόνα 14

ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ

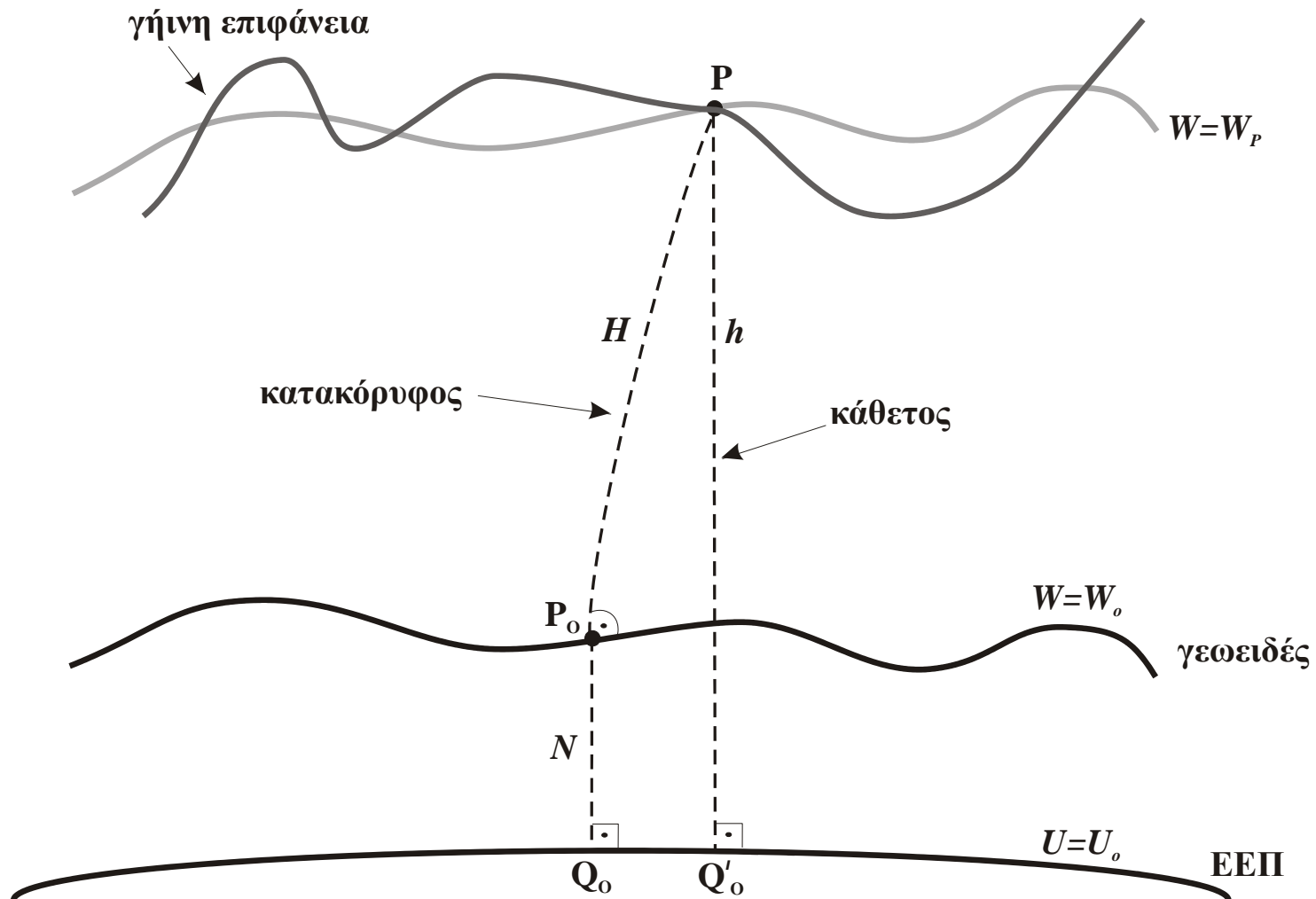


Εικόνα 15



Εικόνα 16

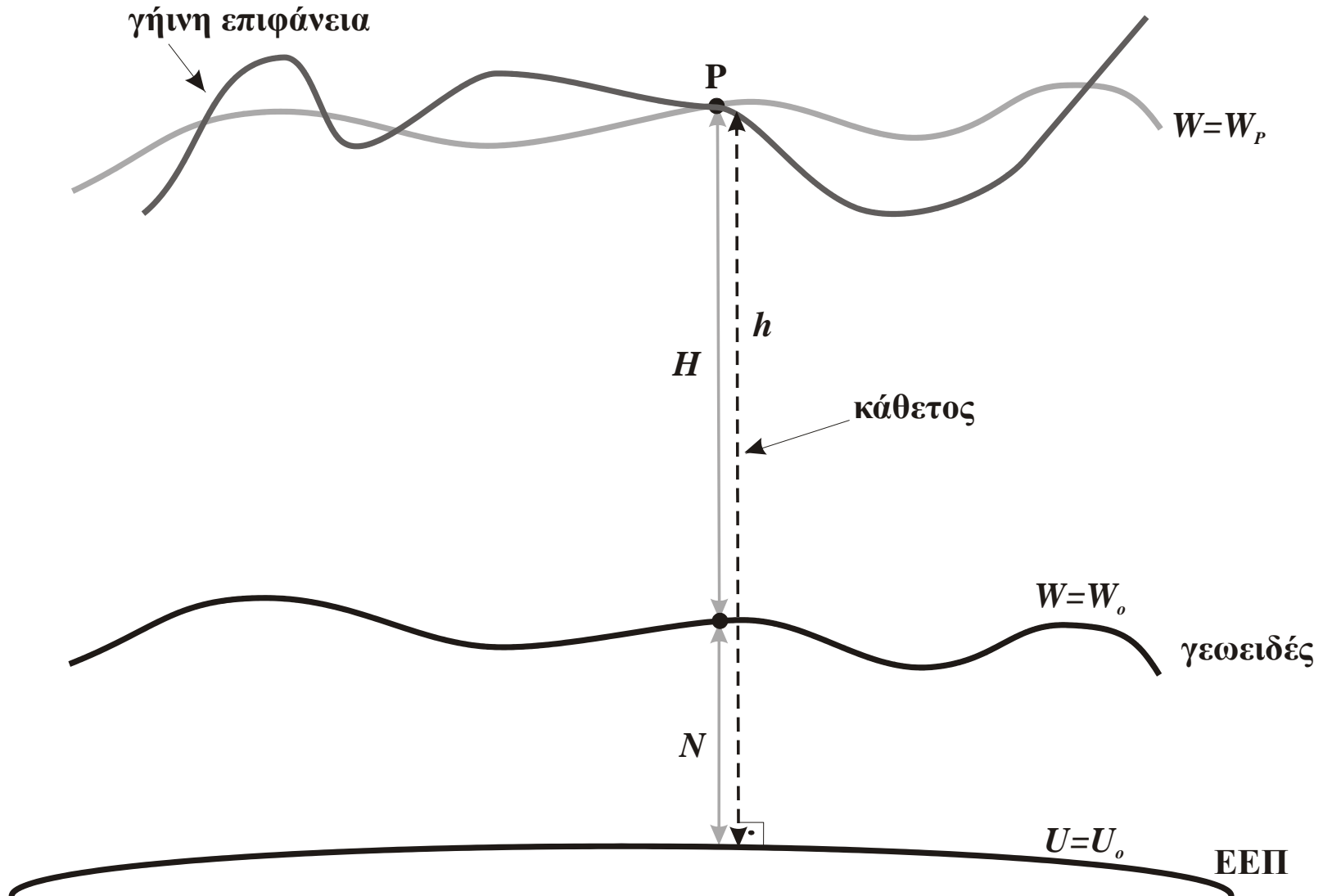
ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ – ΠΡΟΒΟΛΗ Pizzeti



Προβολή Pizzeti

Εικόνα 17

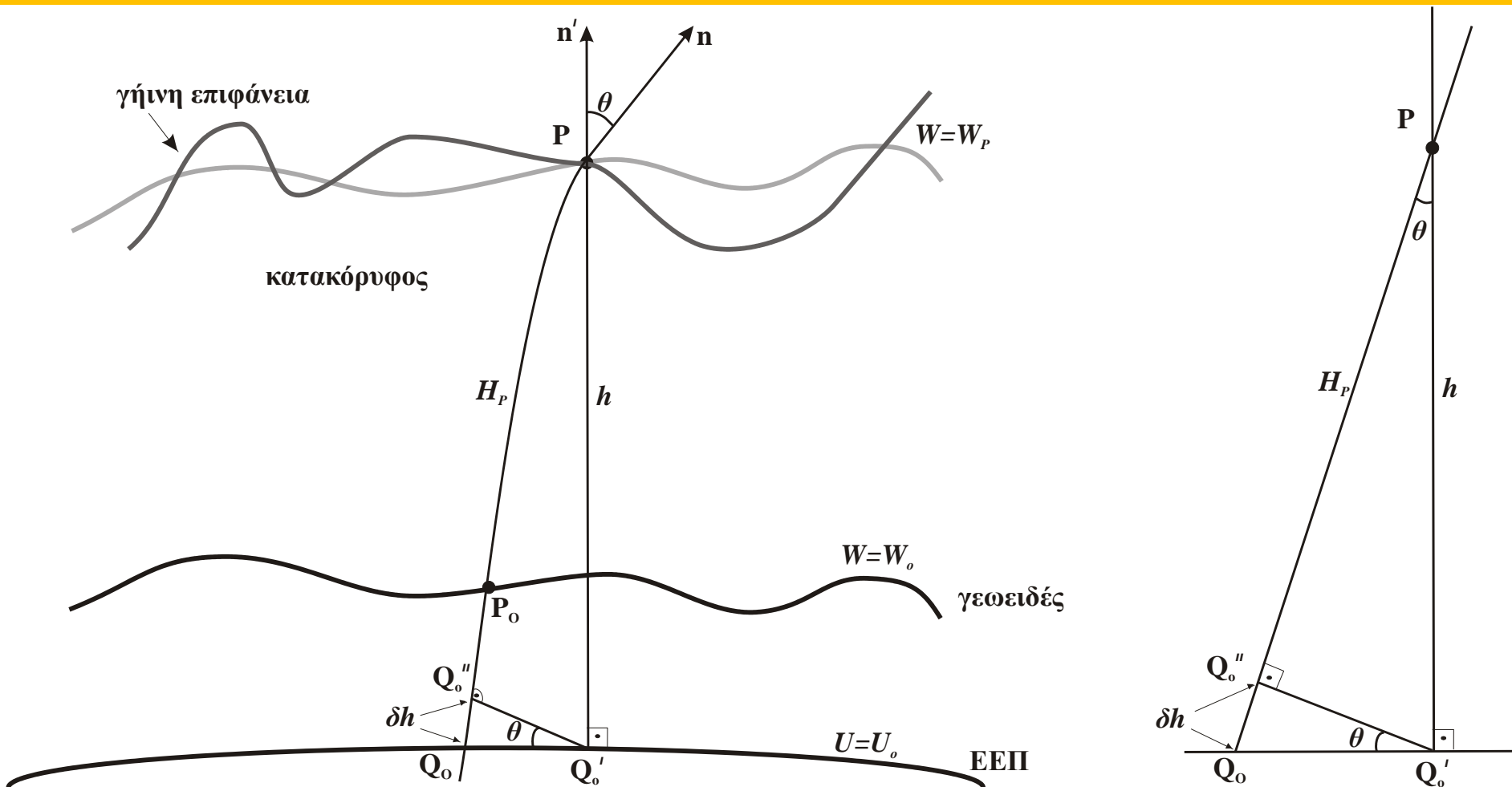
ΟΡΘΟΜΕΤΡΙΚΑ ΥΨΟΜΕΤΡΑ – ΠΡΟΒΟΛΗ Helmert



Προβολή Helmert

Εικόνα 18

ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΡΟΒΟΛΩΝ Pizzeti & Helmert



Εικόνα 19

$$\delta h \cong h \sin \theta \tan \theta$$

$$Q_0 Q_0' \approx h \tan \theta$$

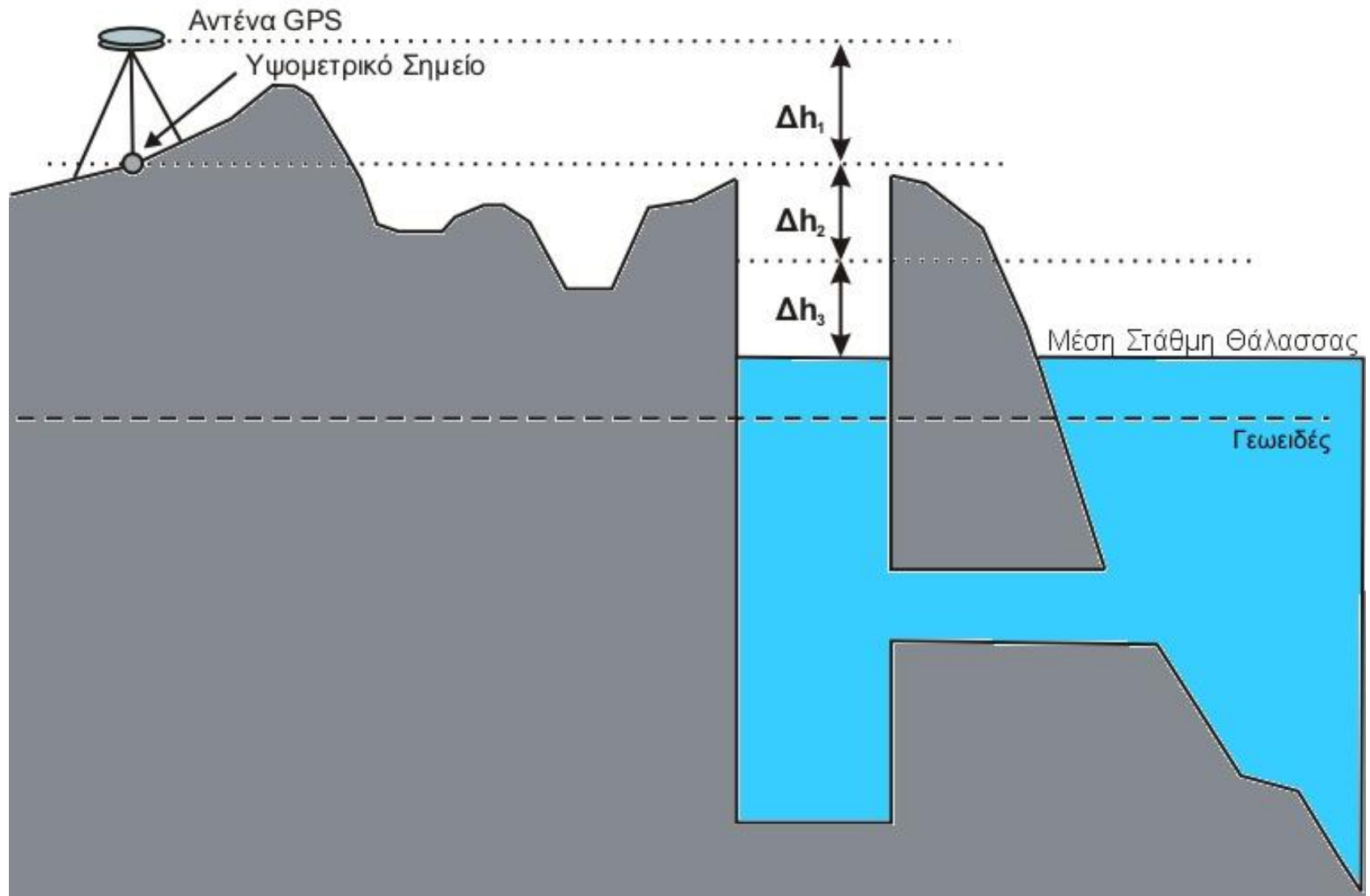
ΥΨΟΜΕΤΡΑ & ΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗ ΘΑΛΑΣΣΑΣ (ΜΣΘ)

- Επιφάνεια μηδενικού ύψους (zero-height surface) \equiv ΜΣΘ
- Δορυφορική αλτιμετρία – Στιγμαία επιφάνεια της θάλασσας
- Τοπογραφία της επιφάνειας της θάλασσας (sea surface topography)
- Σχεδόν στατική επιφάνεια της θάλασσας (συστηματικές επιδράσεις)

↓
θαλάσσιες παλίρροιες
(1m έως αρκετά μέτρα)

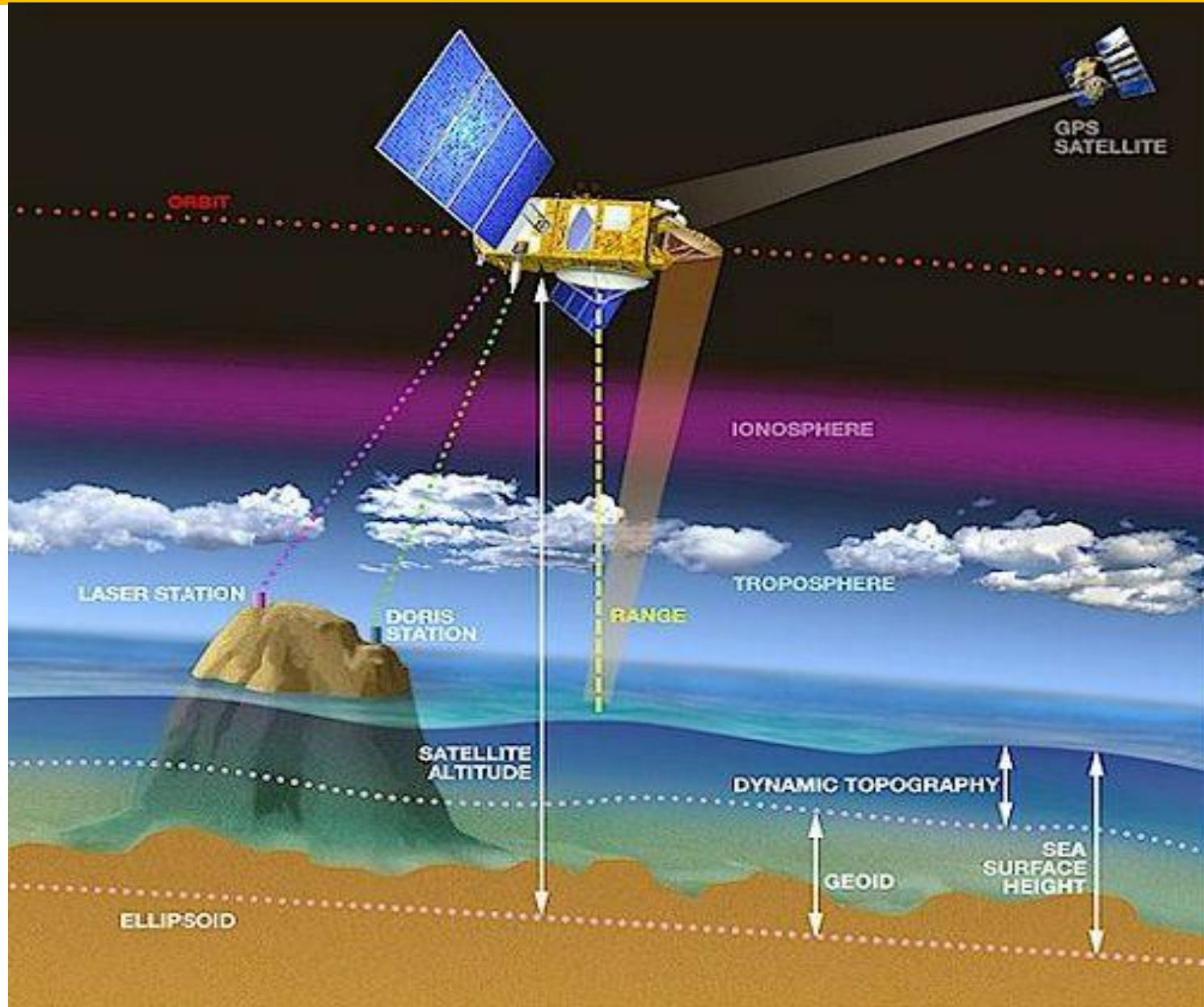
- Καταγραφή στάθμης της θάλασσας με παλιρροιογράφους

ΥΨΟΜΕΤΡΑ & ΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗ ΘΑΛΑΣΣΑΣ (ΜΣΘ)



Εικόνα 20

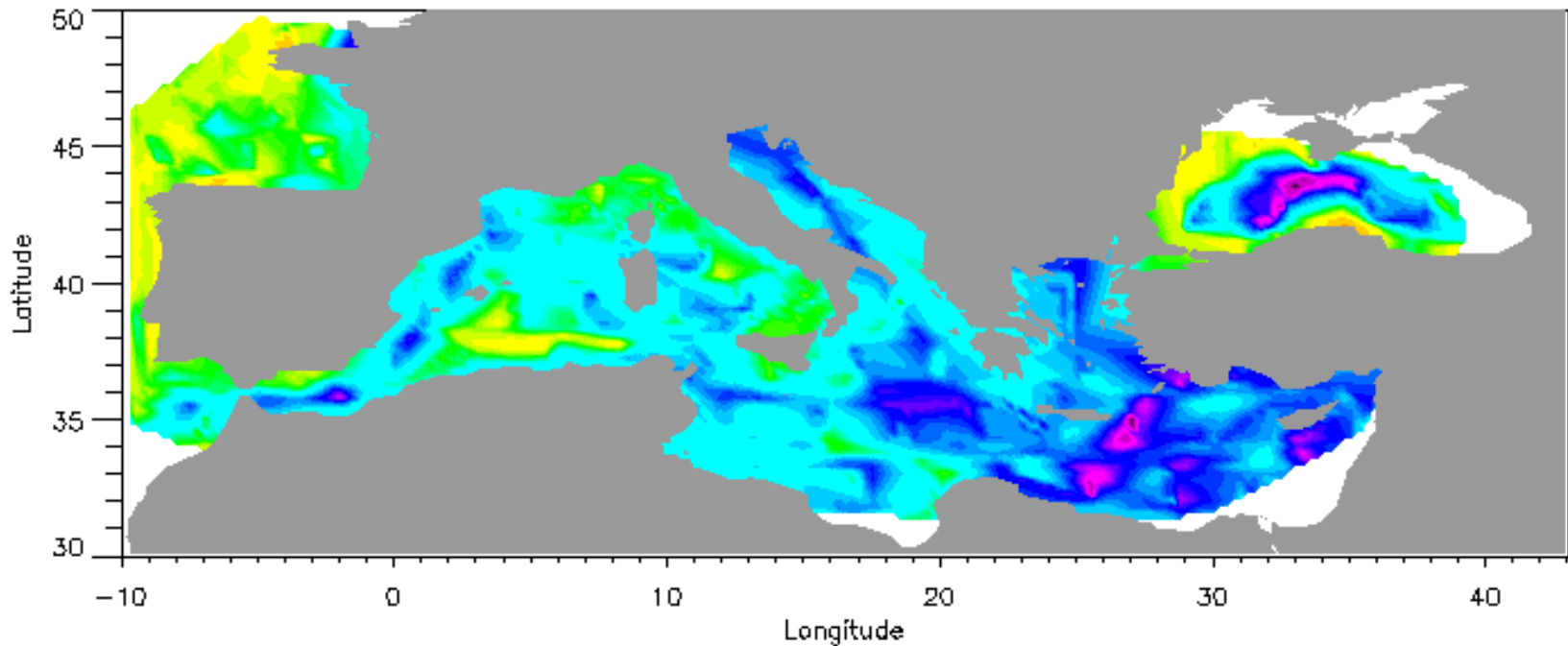
ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΑΛΤΙΜΕΤΡΙΑ



Εικόνα 21

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΜΣΘ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ

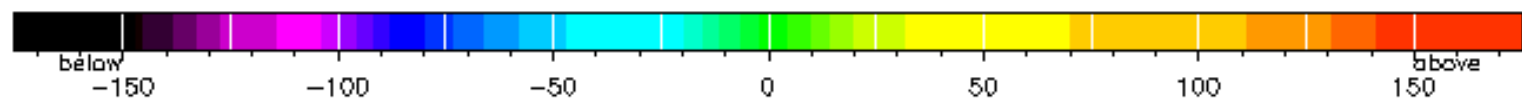
Winter 1992



Binsize: 25.00
Minimum value: -142.15
Maximum value: 119.49

Number of values: 11452
Mean: -27.32
Standard deviation: 33.02

Height differences (mm)



Εικόνα 22

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες
- Εικόνες 1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20: Αραμπέλος Δ και Τζιαβός ΗΝ (2007) Εισαγωγή στο πεδίο βαρύτητας της Γης. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Εικόνες 2, 3, 4, 5, 6: Leica (2000) Leica GPS Basics. Leica Geosystems AG, v1.0.
- Εικόνες 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19: Βέργος ΓΣ (2006) Μελέτη του πεδίου βαρύτητας και της θαλάσσιας τοπογραφίας στον Ελληνικό χώρο με συνδυασμό επίγειων δεδομένων και δεδομένων των νέων δορυφορικών CHAMP και GRACE. Διδακτορική Διατριβή, Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Εικόνες 21, 22: http://www.altimetry.info/html/alti/principle/basic_en.html
<Τελευταία επίσκεψη: 22.05.2015 >



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ηλίας Τζιαβός – Γεώργιος Βέργος. «Εισαγωγή στο Πεδίο Βαρύτητας. Συστήματα Υψών». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS374/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης



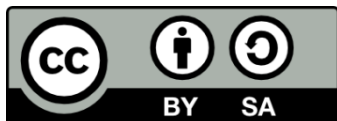
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Δαλάκης Νικόλαος
Θεσσαλονίκη, 16/9/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΣΗΜΕΙΩΜΑΤΑ

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

