

Πανεπιστημιακές Παραδόσεις για το μάθημα
«Τοπογραφία και Θεματική Χαρτογραφία»
στο Τμήμα Αρχιτεκτόνων του ΑΠΘ

Τεύχος - Α **Τοπογραφικές Αποτυπώσεις**
Έκδοση Ιούνιος 2005

Τεύχος - Β **GPS**
Έκδοση: Ιούνιος 2005

Τεύχος - Γ **Θεματική Χαρτογραφία**
Έκδοση: Ιανουάριος 2002

Κώστας Κατσάμπαλος, Καθηγητής ΤΑΤΜ/ΑΠΘ
Αλεξάνδρα Κουσουλάκου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΑΤΜ/ΑΠΘ

ΑΠΘ
2005

Τα τεύχη Α και Β είναι διαθέσιμα σε ηλεκτρονική μορφή από τις ακόλουθες ιστοσελίδες :

http://users.auth.gr/kvek/1_Surveying_2005.pdf

http://users.auth.gr/kvek/2_GPS_2005.pdf

ή εναλλακτικά :

<http://www.auth.gr/e-topo/> [και μετά > ΔΕΠ > Κατσάμπαλος > Σημειώσεις]

Τοπογραφικές Αποτυπώσεις

Τεύχος Α

Έκδοση : Ιούνιος 2005

Κώστας Κατσάμπαλος
Καθηγητής στον Τομέα Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, ΤΑΤΜ/ΑΠΘ
e-mail : kvek @ topo.auth.gr

Τοπογραφική Αποτύπωση

Τοπογραφική Αποτύπωση ή Τοπογραφική Χαρτογράφηση είναι το σύνολο των Γεωδαιτικών και Τοπογραφικών εργασιών για τη σύνταξη του Τοπογραφικού Διαγράμματος.

Οι γεωδαιτικές εργασίες ανήκουν στις αρμοδιότητες των κρατικών φορέων (ΓΥΣ – Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, ΥΠΕΧΩΔΕ, Τοπογραφική Υπηρεσία του Υπ. Γεωργίας, Υδρογραφική Υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού, ΟΚΧΕ – Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων της Ελλάδας, κα). Είναι εργασίες ολοκλήρωσης, αναθεώρησης και επικαιροποίησης της γεωδαιτικής υποδομής και προηγούνται όλων των συνήθων επαγγελματικών τοπογραφικών εργασιών. Εκτελούνται με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια ώστε να εξασφαλιστεί η εκπόνηση όλων των τοπογραφικών εργασιών σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς και με ενιαίες τεχνικές προδιαγραφές. Ο προσδιορισμός των συντεταγμένων των «τριγωνομετρικών» σημείων όλης της χώρας, καθώς και ο προσδιορισμός των «υψομέτρων» των χωροσταθμικών «αφετηριών» αναφορικά με τη μέση στάθμη της θάλασσας (~γεωειδές), είναι ορισμένα από τα βασικά στοιχεία της εθνικής γεωδαιτικής υποδομής.

Οι τοπογραφικές εργασίες εξαρτώνται από την υφισταμένη γεωδαιτική υποδομή και εκτελούνται σε περιορισμένη γεωγραφική έκταση, κάτω από ορισμένες παραδοχές, με σημαντικότερη την παραδοχή «επίπεδης» γης, μέσα στα περιορισμένα όρια μιας τοπογραφικής αποτύπωσης.

Τοπογραφικό Διάγραμμα: Είναι η απεικόνιση στοιχείων του (3Δ) τρισδιάστατου χώρου, επιλέγοντας:

- Κλίμακα,
- Προβολή,
- Διανομή,
- Datum.

- **Κλίμακα:** ο λόγος του μήκους ανάμεσα σε δύο σημεία στο διάγραμμα, προς το αληθές μήκος.

Προσοχή: η κλίμακα ΔΕΝ είναι ο παρονομαστής του λόγου 1:k , αλλά ο ίδιος ο λόγος! Επομένως, μεγαλύτερη κλίμακα (αρχιτεκτονικά ή αρχαιολογικά θέματα) σημαίνει μικρότερος παρονομαστής και μικρότερη κλίμακα (παγκόσμιος άτλαντας) σημαίνει μεγαλύτερος παρονομαστής.

Προσοχή: η κλίμακα γενικά ΔΕΝ είναι ενιαία (σταθερή) σε όλη την έκταση του χαρτογραφικού υποβάθρου. Σε χάρτες μικρής κλίμακας (παγκόσμιοι χάρτες) η κλίμακα μπορεί να διαφέρει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή. Σε χάρτες μεγάλης κλίμακας (τοπογραφικά διαγράμματα) οι διαφοροποιήσεις της κλίμακας δεν είναι τόσο αισθητές, αλλά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκπόνηση των τεχνικών έργων.

Προσοχή: υπό τον όρο «αληθές μήκος» δεν εννοούμε το διάνυσμα στο χώρο, αλλά την προβολή του επάνω στο «χαρτογραφικό επίπεδο», αφού προηγηθεί η αναγωγή του διανύσματος σε μια ενδιάμεση βοηθητική επιφάνεια (σφαιρική ή ελλειψοειδή).

- **Προβολή:** Η (περίπου) σφαιρική γη ΔΕΝ μπορεί να «αναπτυχθεί» σε επίπεδο χάρτη, εάν δεν προηγηθεί μια γεωμετρική ή μια μαθηματική απεικόνιση.

Κάθε σημείο του χώρου προβάλλεται επάνω στην επιφάνεια της γης (σφαίρα ή ελλειψοειδές εκ περιστροφής) και ακολουθεί η (γεωμετρική ή μαθηματική) προβολή του επάνω στο χαρτογραφικό επίπεδο.

Χρησιμοποιούμενες προβολές στην Ελλάδα:

Hatt	Προβολή στην οποία συντάχθηκαν χάρτες κλίμακας 1:100000, 1:5000 και 1:2000 για το σύνολο της χώρας (διανομή 25000 φύλλων περίπου).
UTM	Universal Transverse Mercator - Προβολή στη οποία συντάχθηκαν κυρίως χάρτες κλίμακας 1:50000 για τις ανάγκες των ενόπλων δυνάμεων, αλλά και για τις γενικότερες χαρτογραφικές ανάγκες της χώρας (διανομή 387 φύλλων).
TM3	Transverse Mercator 3 ^ο - Χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της ΕΠΑ (Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης) από το 1983, με κύριες κλίμακες 1:1000 και 1:2000.
Lambert	για ορισμένες χρήσεις της Πολεμικής Αεροπορίας.
ΕΓΣΑ 87	Η προβολή του Εθνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς που θεσμοθετήθηκε το 1987 για τις ανάγκες σύνταξης του Εθνικού Κτηματολογίου.

- **Διανομή:** Τα γειτονικά φύλλα χάρτη θα πρέπει να έχουν σαφή κωδικοποίηση και απόλυτη συνέχεια. Να είμαστε σε θέση να τα τοποθετήσουμε το ένα δίπλα στο άλλο, προκειμένου να έχουμε μια καλύτερη θεώρηση του ευρύτερου χώρου της περιοχής μελέτης. Πολλά

φύλλα χαρτών (της ίδιας κλίμακας και προβολής και στο ίδιο «σύστημα αναφοράς» - datum), συγκροτούν ένα χαρτογραφικό «μωσαϊκό» μιας ολόκληρης γεωγραφικής περιοχής.

- **Datum** (πληθυντικός: data): Το σύστημα αναφοράς, με την ευρεία του έννοια. Στην πράξη, υλοποιείται από το σύνολο των τριγωνομετρικών σημείων (γεωδαιτικών σημείων ελέγχου), τις χωροσταθμικές αφετηρίες (reperes), τα χαρακτηριστικά του πεδίου βαρύτητας, το γεωειδές, το χρησιμοποιούμενο μοντέλο προσέγγισης του σχήματος της γης (ελλειψοειδές εκ περιστροφής), κα.

Χρησιμοποιούμενα data στον Ελληνικό χώρο:

Παλιό Ελληνικό (σε συνδυασμό με την προβολή Hatt)

ED50 (σε συνδυασμό με την προβολή UTM)

WGS84 (για χρήση από το δορυφορικό σύστημα GPS)

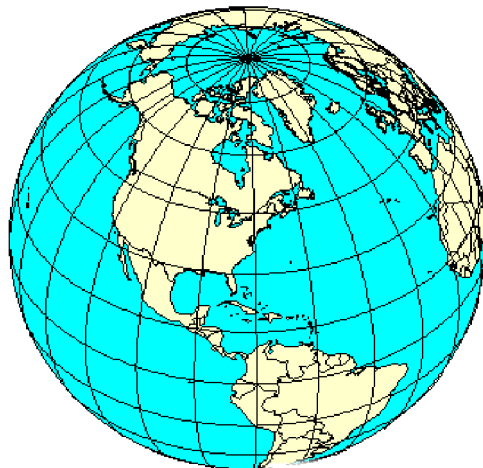
ITRFxx (International Terrestrial Reference System/Frame, ένα σύστημα αναφοράς υψηλής ακρίβειας για γεωδαιτικές / γεωδυναμικές εργασίες, xx: το έτος αναφοράς)

ΕΓΣΑ87 (σε συνδυασμό με την ομώνυμη προβολή)

Υπάρχουν διαθέσιμα πακέτα λογισμικού για τον μετασχηματισμό των συντεταγμένων ενός σημείου από ένα datum σε άλλο (και επομένως από μια προβολή σε άλλη).

Απεικόνιση (προβολή) της σφαιρικής γης επάνω σε ένα επίπεδο

Υπάρχουν εκατοντάδες τρόποι να παραστήσουμε την σφαιρική γη επάνω σε ένα επίπεδο (**γεωμετρικές και μαθηματικές προβολές**)



Ορθογραφική Προβολή
(κεντρωμένη στην Washington DC)

Γεωγραφικό πλέγμα και κάρναβος τετραγωνισμού:

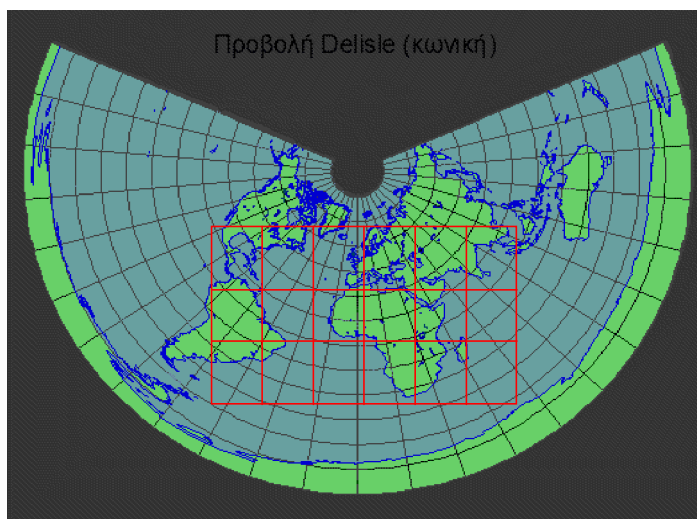
Γεωγραφικό πλέγμα (graticule)

Το πλέγμα των παραλλήλων και μεσημβρινών κύκλων (φ , λ), όπως αυτοί απεικονίζονται, προβαλόμενοι από την επιφάνεια της σφαιρικής γης επάνω στο επίπεδο της γεωμετρικής ή της μαθηματικής προβολής.

Γενικά, πρόκειται για καμπύλες γραμμές, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη προβολή.

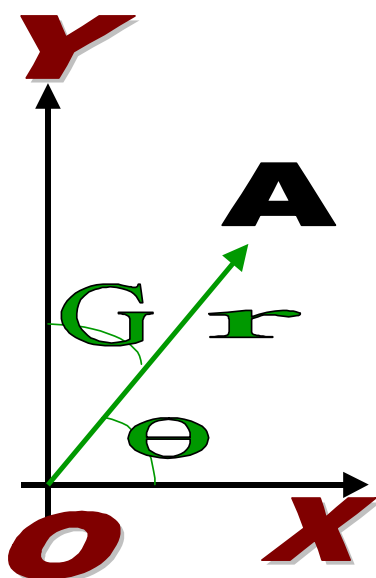
Κάρναβος τετραγωνισμού (grid)

Το διδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (X, Y) υλοποιούμενο από κάθετες μεταξύ τους ευθείες γραμμές.



(2-Δ) Διδιάστατο Σύστημα Αναφοράς

Δύο κάθετοι άξονες (X,Y) ορίζουν ένα διδιάστατο σύστημα αναφοράς.



Παραδοσιακά, ο άξονας των Y είναι προσανατολισμένος (περίπου !) προς τον γεωγραφικό βορρά.

Εξαίρεση: Το (τοπικό) σύστημα αναφοράς του Δήμου Θεσσαλονίκης !

Η θέση κάθε σημείου αποδίδεται αμφιμονοσήμαντα από το ζεύγος (X,Y) των συντεταγμένων του στο σύστημα αναφοράς.

Το μήκος (μέτρο) OA του διανύσματος θέσης r του σημείου A υπολογίζεται από το Πυθαγόρειο θεώρημα:

$$OA = r = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Η **γωνία θέσης θ** ορίζει τον προσανατολισμό του διανύσματος θέσης και «μετράει» θετική από τον άξονα των X («ανατολή») αντίστροφα με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού (ccw – counter clock wise) και σε **μονάδες:**

από 0°	έως 360°	(μοίρες , degrees)
ή από 0 ^g	έως 400 ^g	(βαθμοί , grads ή gons)
ή από 0 ^{rad}	έως 2π ^{rad}	(ακτίνια , radians)

Η γωνία θέσης θ υπολογίζεται από τον βασικό ορισμό της εφαπτομένης μιας γωνίας:

$$\tan\theta = Y / X$$

Προσοχή: Θα πρέπει να γίνει έλεγχος των προσήμων των X,Y, προκειμένου να αποδοθεί η γωνία θέσης στο σωστό τεταρτημόριο.

Ο Τοπογράφος χρησιμοποιεί για τον προσανατολισμό του διανύσματος OA τη **γωνία διεύθυνσης G**, η οποία «μετράει» θετική από τον άξονα των Y, σύμφωνα με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού (cw - clock wise).

$$\tan G = X / Y$$

Η γωνία διεύθυνσης G μοιάζει με τα γνωστά μας «αζιμούθια» στις πυξίδες και είναι συμπληρωματική της θ :

$$G = 90^\circ - \theta \quad \text{ή} \quad G = 100^g - \theta$$

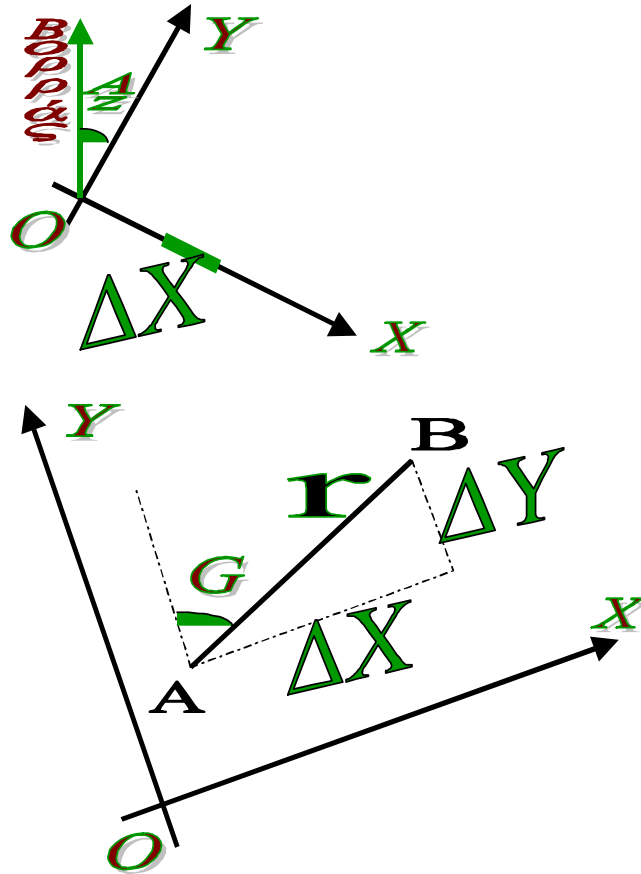
Πολικές συντεταγμένες του σημείου A είναι το ζεύγος (r, θ) , ή ισοδύναμα το ζεύγος (r, G) .

Ορθογώνιες συντεταγμένες του A είναι το ζεύγος (X, Y) :

$$X = r \cos\theta = r \sin G$$

$$Y = r \sin\theta = r \cos G$$

Εναλλακτικοί ορισμοί 2-Δ συστήματος αναφοράς



1ος ορισμός: Εφαρμόζεται επί ενός τοπογραφικού διαγράμματος. Το 2Δ σύστημα αναφοράς ορίζεται από

- ν την αρχή O της τομής των δύο αξόνων του καννάβου, όπως αυτοί εμφανίζονται επί του διαγράμματος και
- ν την κλίμακα, δηλαδή το μήκος επί του εδάφους που αντιπροσωπεύει η μονάδα μήκους επί των αξόνων. Εάν, για παράδειγμα, ο κάρναβος τετραγωνισμού έχει «οπλισμό» ανά 10 εκατοστά, για τα οποία σημειώνεται διαφορά συντεταγμένων 100 μέτρων, η κλίμακα είναι $0.1/100 = 1:1000$.
- ν Βοηθητικά, σημειούται ο προσανατολισμός (Az - αζιμούθιο) του άξονα των Y σε σχέση με τη διεύθυνση του γεωγραφικού βορρά. Απουσία ένδειξης αυτής της γωνίας προσανατολισμού, ΔΕΝ συνεπάγεται ότι ο άξονας Y «βλέπει» προς τον βορρά !

2ος ορισμός: Το 2Δ σύστημα αναφοράς ορίζεται από τις συντεταγμένες δύο σημείων

$$\begin{aligned} &(X_A, Y_A) \\ &(X_B, Y_B) \end{aligned}$$

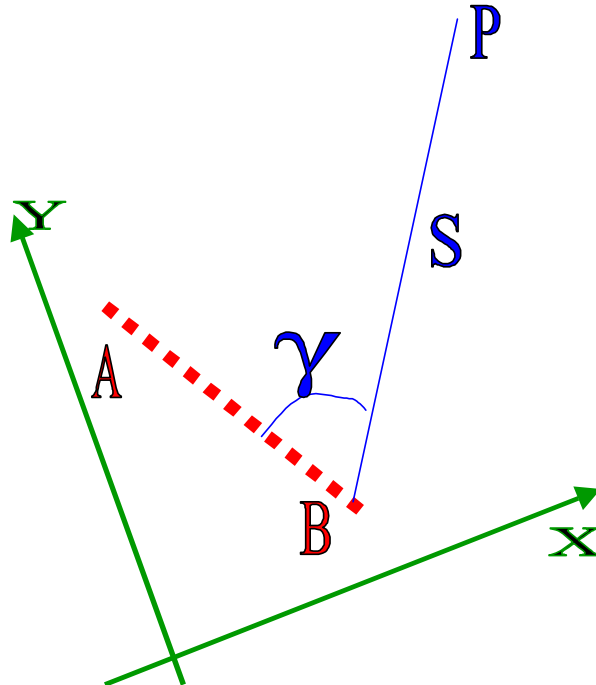
οπότε ο προσανατολισμός του συστήματος (η γωνία διεύθυνσης G του διανύσματος AB , και επομένως η διεύθυνση του άξονα Y σε σχέση με το υπάρχον διάνυσμα AB) προκύπτει από τη σχέση

$$\tan G_{AB} = \Delta X / \Delta Y = (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)$$

Επομένως, εάν επάνω σε ένα διάγραμμα εμφανίζονται δύο σημεία γνωστών πραγματικών συντεταγμένων, είναι δυνατός ο σχεδιασμός δύο αξόνων X' , Y' , παράλληλων προς τους X, Y , και οι οποίοι τέμνονται στο σημείο A . Η κλίμακα του διαγράμματος προκύπτει ως πηλίκο του μήκους του διανύσματος AB στο διάγραμμα, προς το μήκος επί του εδάφους, το οποίο υπολογίζεται από τις πραγματικές τους συντεταγμένες με το Πυθαγόρειο Θεώρημα.

Ο προσδιορισμός του προσανατολισμού του άξονα Y σε σχέση με τον γεωγραφικό βορρά, ΔΕΝ είναι δυνατός από τις συντεταγμένες των δύο σημείων και μόνο.

Η αρχή μιας αποτύπωσης (γραφική διαδικασία)



Έχουμε γνωστές τις συντεταγμένες δύο σημείων, A και B.

Συνεπώς, έχουμε σαφώς ορισμένο σύστημα αναφοράς !!!

Μετράμε (με θεοδόλιχο / ταχύμετρο / EDM / total station / μετροταινία ...)

1. τη **γωνία θλάσης γ** από το B προς το P σε σχέση με το A, και
2. την οριζόντια απόσταση S_{BP}

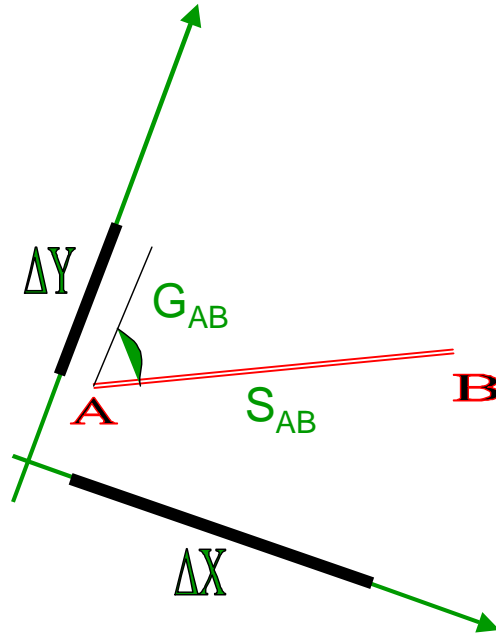
Προσοχή: Η γωνία θλάσης γ δεν είναι ίδια οντότητα με τη γωνία θέσης θ .

Μετράται με τοπογραφικό όργανο στο σημείο B και προκύπτει ως διαφορά δύο αναγνώσεων προς τα σημεία P και A αντίστοιχα.

Εφαρμόζουμε τη θέση του σημείου P στο τοπογραφικό διάγραμμα από τα στοιχεία θέσης γ και S^* κλίμακα

Προσοχή: το ζεύγος (S, γ) δεν είναι οι πολικές συντεταγμένες του P.

1° Θεμελιώδες Πρόβλημα



Έχουμε γνωστές τις συντεταγμένες (X_A, Y_A) ενός σημείου A

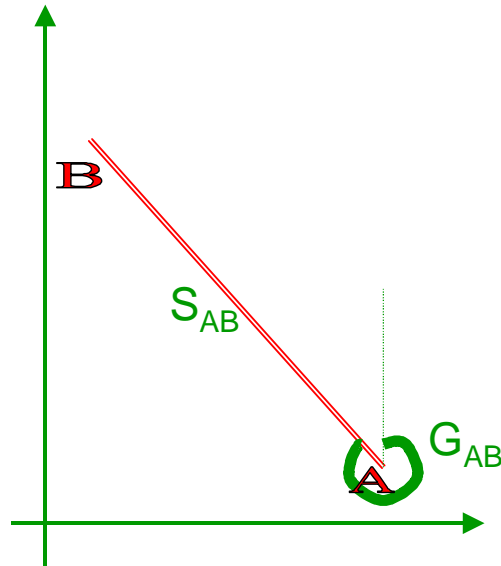
Μετράμε την οριζόντια απόσταση S_{AB} και «μετράμε» τη γωνία διεύθυνσης G_{AB}
Προσοχή: Η γωνία διεύθυνσης G_{AB} προκύπτει έμμεσα από άλλες παρατηρήσεις, όπως θα δούμε παρακάτω.

Υπολογίζουμε τις συντεταγμένες (X_B, Y_B) του σημείου B

$$X_B = X_A + S_{AB} \sin G_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + S_{AB} \cos G_{AB}$$

2° Θεμελιώδες Πρόβλημα



Έχουμε γνωστές τις συντεταγμένες (X_A, Y_A) , (X_B, Y_B) δύο σημείων.
Συνεπώς, έχουμε ορισμένο σύστημα αναφοράς.

Δεν απαιτείται καμιά μέτρηση !

Υπολογίζουμε την οριζόντια απόσταση S_{AB} και τη γωνία διεύθυνσης G_{AB}

$$S_{AB} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

$$\tan G_{AB} = \Delta X / \Delta Y = (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)$$

Προσοχή: Απαιτείται σχολαστικός έλεγχος τεταρτημορίου, με βάση τα πρόσημα των ΔX και ΔY

Έλεγχος τεταρτημορίου

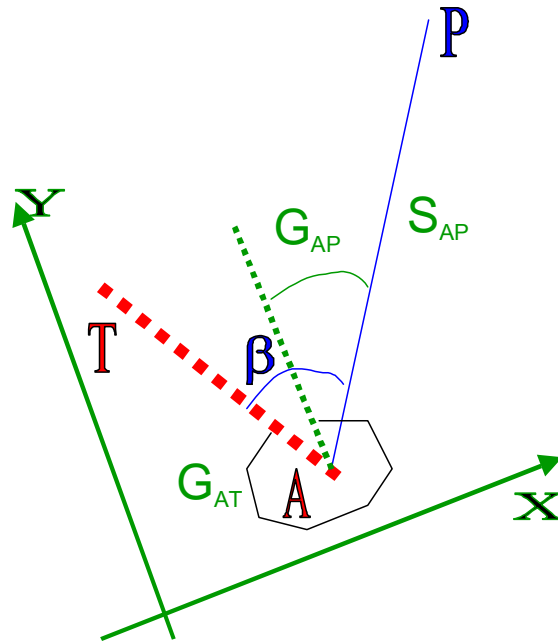
Υπολογίζουμε πρώτα μια άλλη γωνία διεύθυνσης α_{AB} αγνοώντας τα πρόσημα των ΔX , ΔY

$$\begin{aligned} \tan \alpha_{AB} &= \text{abs} \{ \Delta X / \Delta Y \} \\ &= \text{abs} \{ (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A) \} \end{aligned}$$

και μετά τη διορθώνουμε, λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική θέση (τεταρτημόριο) του δεύτερου σημείου σε σχέση με το πρώτο, κάτι που φαίνεται στα πρόσημα των ΔX και ΔY , δηλαδή:

Εάν $\Delta X > 0$ και $\Delta Y > 0$ τότε $G_{AB} = \alpha_{AB}$
Εάν $\Delta X > 0$ και $\Delta Y = 0$ τότε $G_{AB} = 100^g$
Εάν $\Delta X > 0$ και $\Delta Y < 0$ τότε $G_{AB} = 200^g - \alpha_{AB}$
Εάν $\Delta X = 0$ και $\Delta Y > 0$ τότε $G_{AB} = 0^g$
Εάν $\Delta X = 0$ και $\Delta Y = 0$ ταυτόσημα σημεία
Εάν $\Delta X = 0$ και $\Delta Y < 0$ τότε $G_{AB} = 200^g$
Εάν $\Delta X < 0$ και $\Delta Y > 0$ τότε $G_{AB} = 400^g - \alpha_{AB}$
Εάν $\Delta X < 0$ και $\Delta Y = 0$ τότε $G_{AB} = 300^g$
Εάν $\Delta X < 0$ και $\Delta Y < 0$ τότε $G_{AB} = 200^g + \alpha_{AB}$

Αποτύπωση
Αναλυτική διαδικασία : Συνδυασμός 1^{ου} & 2^{ου} ΘΠ



Έχουμε γνωστές τις συντεταγμένες (X_A, Y_A) , (X_T, Y_T) δύο σημείων.
Συνεπώς, έχουμε σαφώς ορισμένο το σύστημα αναφοράς.

Μετράμε (τοποθετώντας το όργανο στο A) :

- τη γωνία θλάσης β μεταξύ των T και P, και
- την οριζόντια απόσταση S_{AP}

Εφαρμόζουμε το 2^ο ΘΠ και προσδιορίζουμε τη γωνία διεύθυνσης G_{AT} . Μετά προκύπτει η γωνία διεύθυνσης G_{AP}

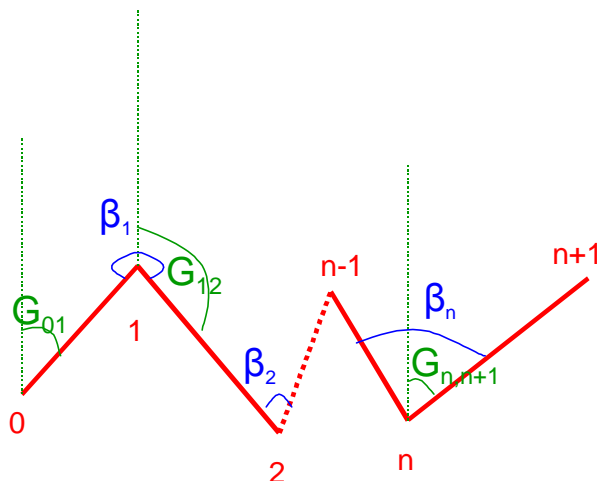
$$G_{AP} = G_{AT} + \beta$$

Εφαρμόζουμε το 1^ο ΘΠ και προσδιορίζουμε τις συντεταγμένες του σημείου λεπτομέρειας:

$$X_P = X_A + S_{AP} \sin G_{AP}$$

$$Y_P = Y_A + S_{AP} \cos G_{AP}$$

3° Θεμελιώδες Πρόβλημα



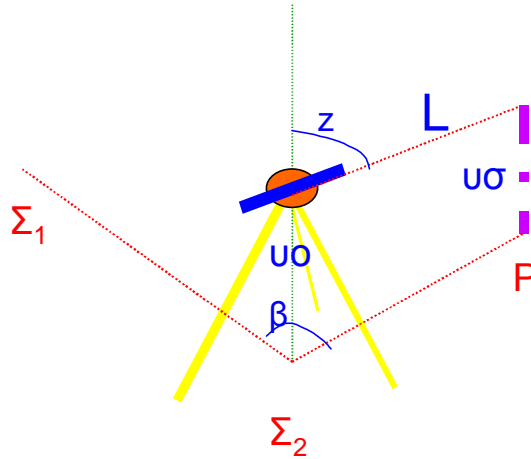
Αντικειμενικός σκοπός είναι ο προσδιορισμός της τελικής γωνίας διεύθυνσης μιάς όδευσης σημείων, έχοντας γνωστή την αρχική γωνία διεύθυνσης και μετρώντας όλες τις ενδιάμεσες γωνίες θλάσης στις κορυφές της όδευσης.

$$\begin{aligned} G_{12} &= G_{01} && + \beta_1 + 200^\circ \\ G_{23} &= G_{12} && + \beta_2 + 200^\circ \\ &\dots\dots\dots && \\ G_{n,n+1} &= G_{n-1,n} && + \beta_n + 200^\circ \end{aligned}$$

$$G_{n,n+1} = G_{01} + \sum \beta_n + n \cdot 200^\circ \quad (- k \cdot 400^\circ)$$

Στο k δίνουμε τιμή κατάλληλη, ώστε η τελική γωνία διεύθυνσης να μην υπερβαίνει τους 400° .

Αποτύπωση σε τρεις διαστάσεις



Έχουμε γνωστές τις συντεταγμένες (X_1, Y_1, H_1) , (X_2, Y_2, H_2) δύο σημείων στάσης Σ_1 και Σ_2 .

Μετράμε (τοποθετώντας EDM όργανο στο Σ_2) :

- τη γωνία θλάσης β μεταξύ των Σ_1 και P
- την κεκλιμένη απόσταση L
- τη ζενίθεια γωνία z από το Σ_2 στο P
- τα ύψη οργάνου (u_o) και σκόπευσης (u_σ)

Εφαρμόζουμε το 2^ο ΘΠ και προσδιορίζουμε τη γωνία διεύθυνσης G_{21} . Άμεσα προκύπτει η γωνία διεύθυνσης G_{2P}

$$G_{2P} = G_{21} + \beta$$

Προσδιορίζουμε τις συντεταγμένες του σημείου λεπτομέρειας P στις τρεις διαστάσεις:

$$X_P = X_2 + L \sin z \sin G_{2P}$$

$$Y_P = Y_2 + L \sin z \cos G_{2P}$$

$$H_P = H_2 + L \cos z + u_o - u_\sigma$$

Παράδειγμα αποτύπωσης στο χώρο του ΑΠΘ

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μετρήσεων, τεκμηρίωσης, επεξεργασίας και σχεδίασης σε τρεις κλίμακες, μιας περιοχής στο ΝΔ τμήμα της φοιτητικής λέσχης. Χρησιμοποιήθηκε τοπογραφικό όργανο με δυνατότητα μέτρησης αποστάσεων «χωρίς ανακλαστήρα» (reflectorless, laser class-I). Οι κωδικοί των σκοπευθέντων σημείων εμφανίζονται στις συνημμένες φωτογραφίες και στο αυτοσχέδιο υπαίθρου («κροκί»).

Το όργανο τοποθετήθηκε στο σημείο Σ2 με προσανατολισμό στο σημείο Σ3 (ανάγνωση οριζοντίου κύκλου 0.0000 βαθμοί κατά τη σκόπευση του Σ3 από το Σ2). Καταγράφηκε το ύψος του οργάνου (1.496 μ) επάνω από το σημείο Σ2. Το ύψος σκόπευσης στα περισσότερα σημεία για τα οποία χρησιμοποιήθηκε στυλαίος με ανακλαστήρα ήταν 1.49 μ και μόνο σε ορισμένα σημεία (42 και 43) ο ανακλαστήρας «ανέβηκε» στα 2.00 μ για να διευκολύνει την ορατότητα και τη μέτρηση.

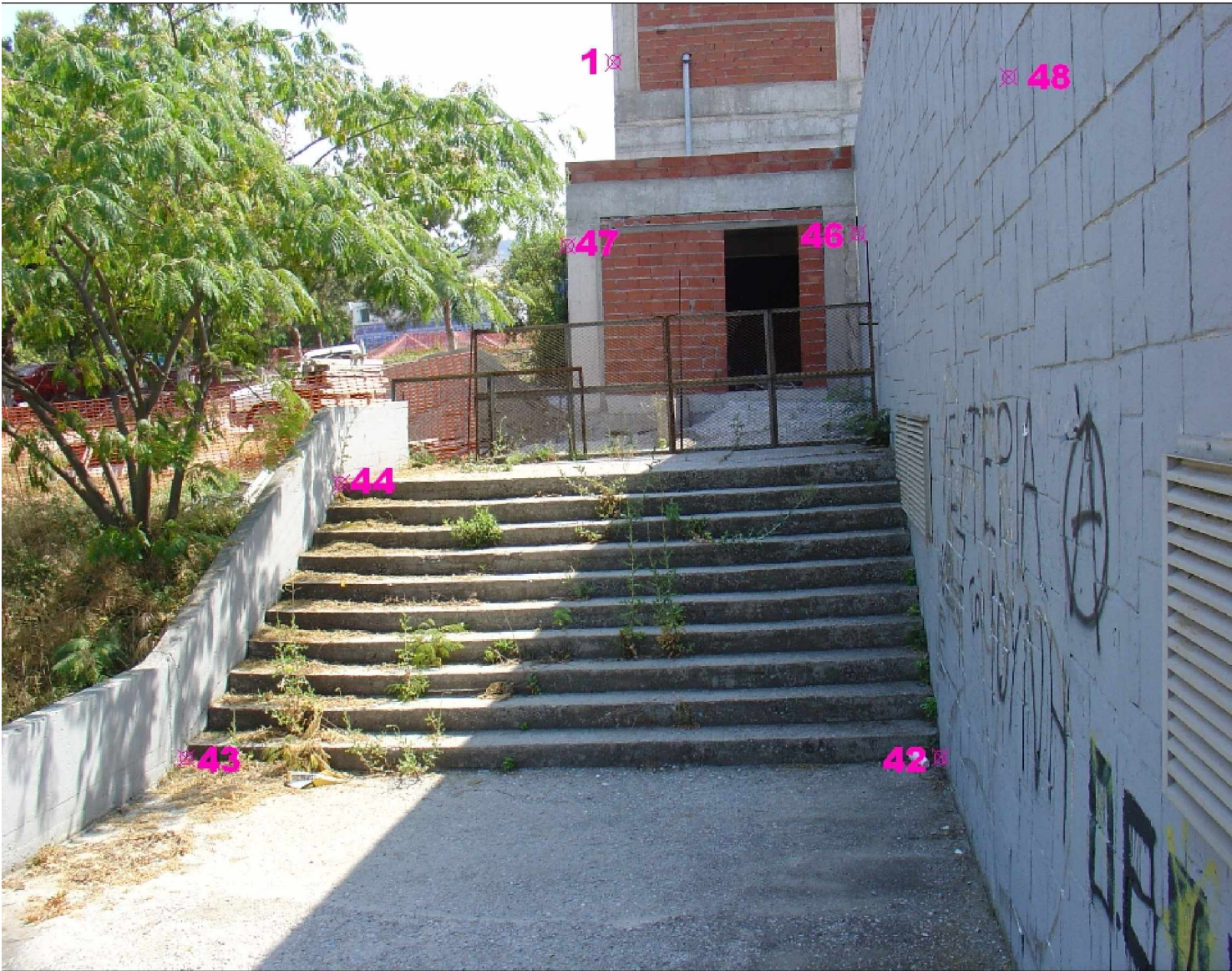
Ορισμένα σημεία (π.χ. 1-3 και 8-16) σκοπεύτηκαν χωρίς ανακλαστήρα (reflectorless λειτουργία και μέτρηση της κεκλιμένης απόστασης απευθείας επί του σημείου στο σοβά ή στο μπετόν), αρκετά ψηλότερα από την επιφάνεια του εδάφους και επομένως αναζητούμε μόνο τις προβολικές τους συντεταγμένες, χωρίς να μας ενδιαφέρει το υψόμετρό τους.

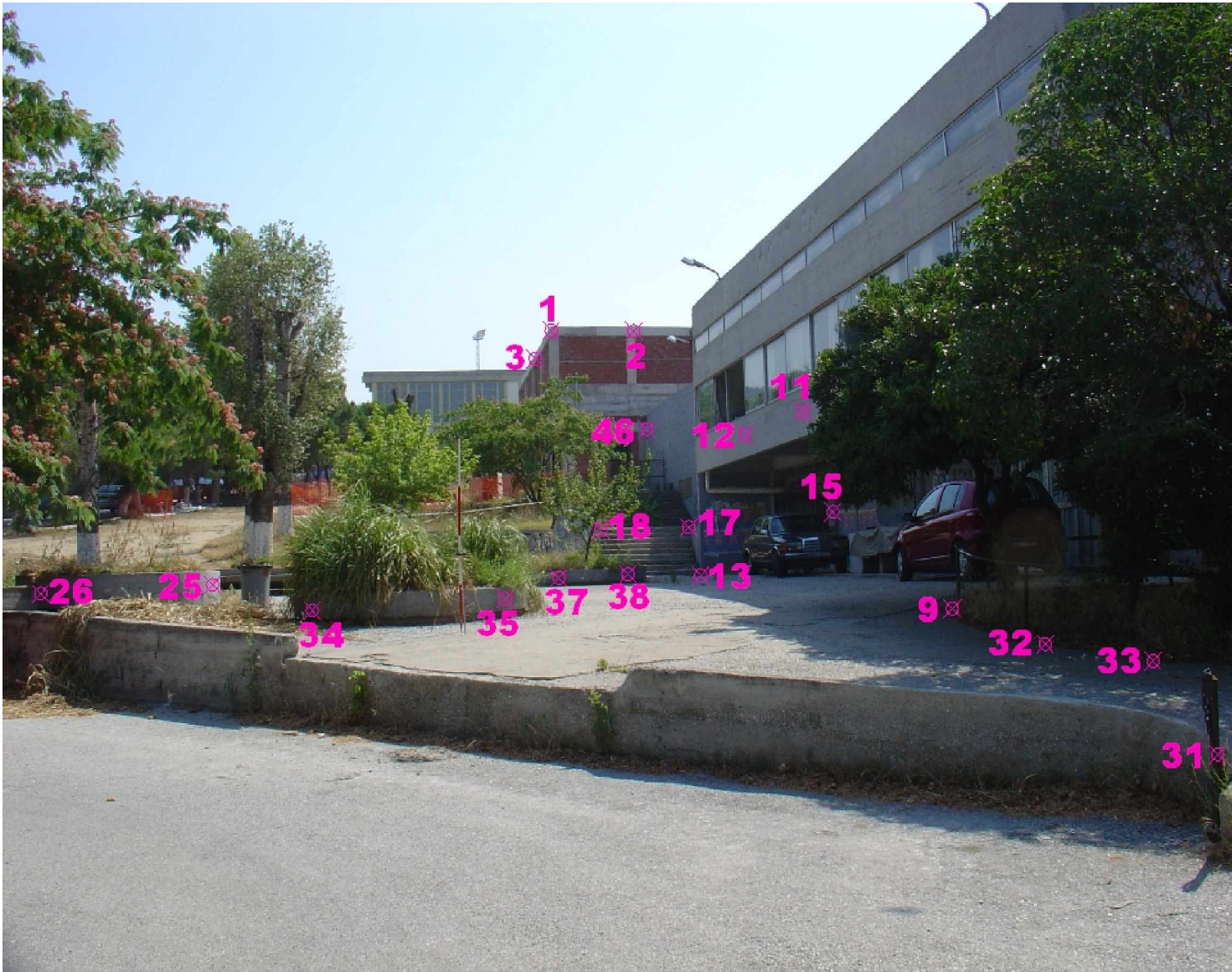
Είναι εμφανής η «γενίκευση» ορισμένων στοιχείων (π.χ. τα σκαλιά), καθώς η κλίμακα σχεδίασης γίνεται μικρότερη. Επιπλέον, το τοιχίο πάχους 10 εκατοστών στο δυτικό τμήμα της περιοχής (σημεία 27-30), ενώ στην κλίμακα 1:200 εμφανίζεται με «διπλή» γραμμή (δύο παράλληλες σε απόσταση 0.5 χιλιοστά επί του σχεδίου), στις κλίμακες 1:500 και 1:1000 το τοιχίο εμφανίζεται με απλή γραμμή.



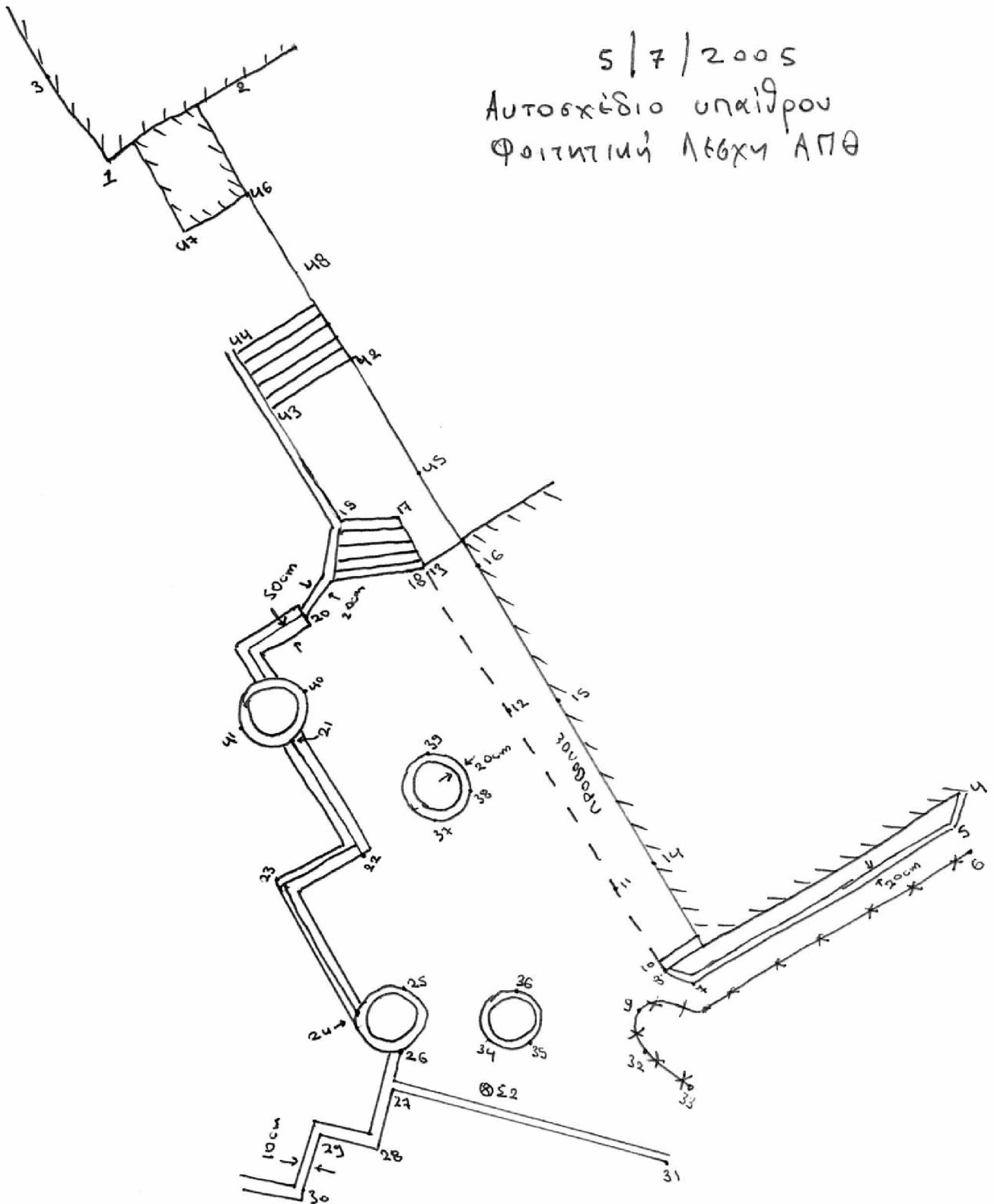






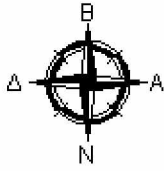


5/7/2005
 Αυτοσχέδιο υπαίθρου
 Φοιτητική Λέσχη ΑΠΘ

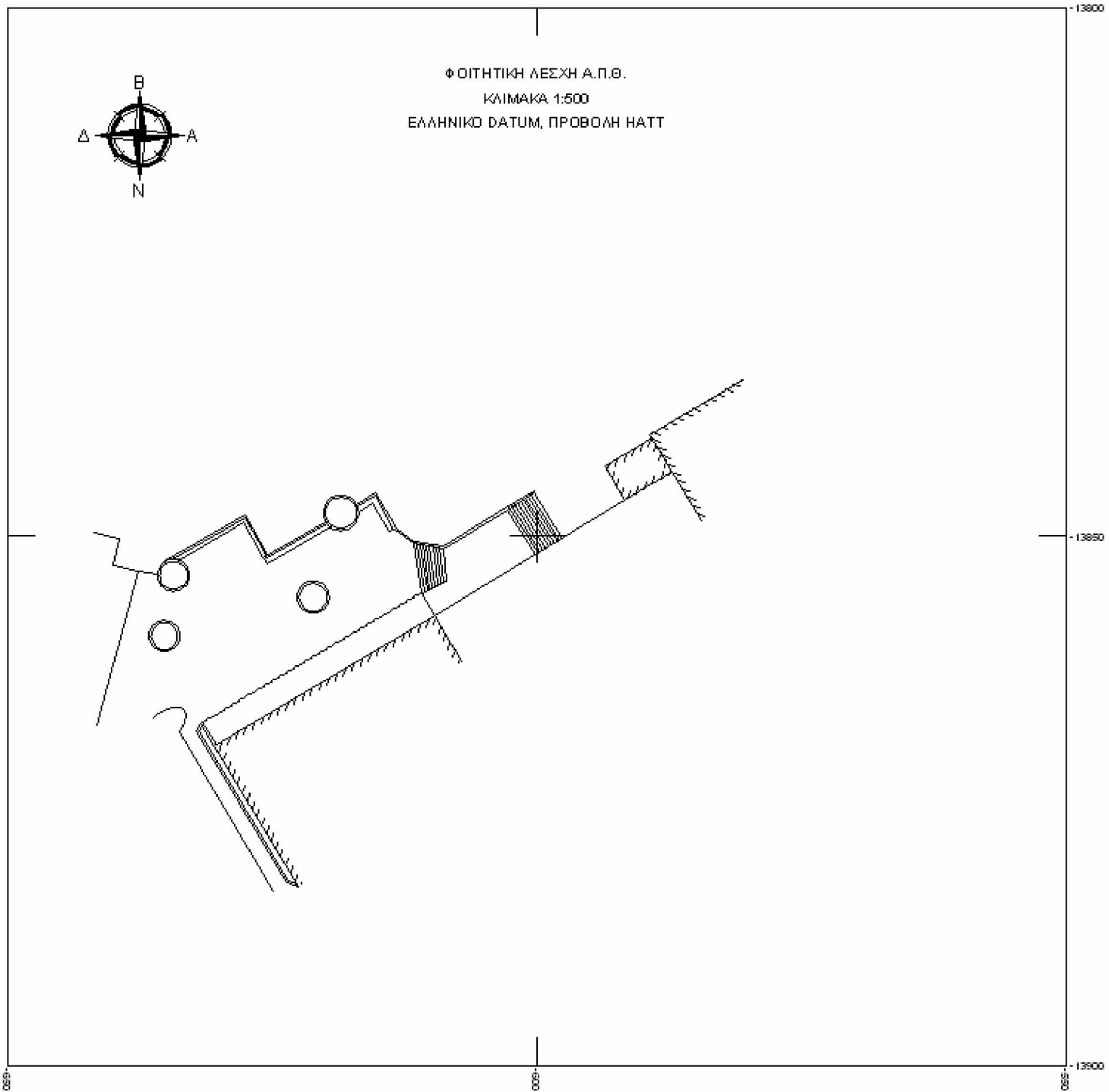
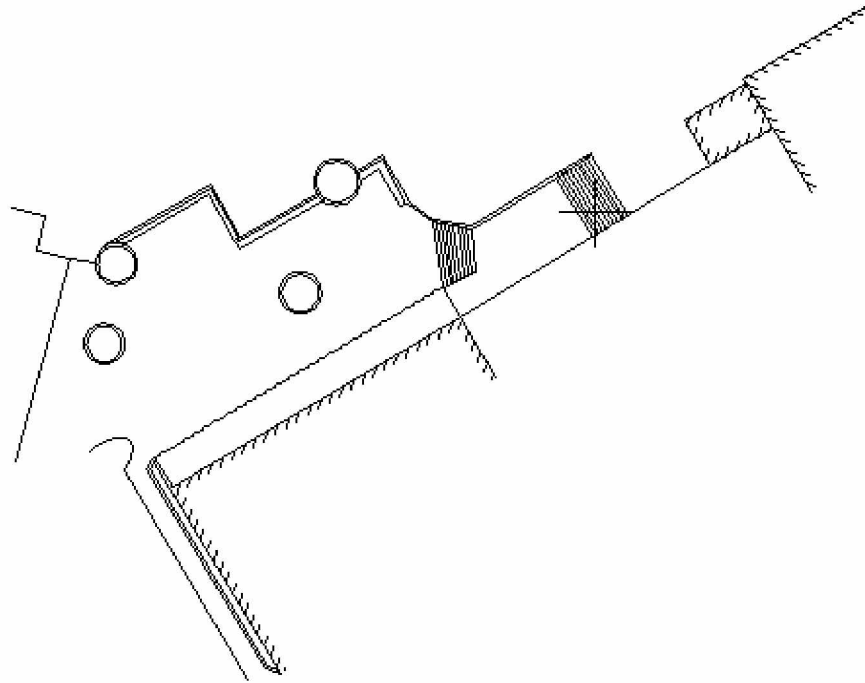


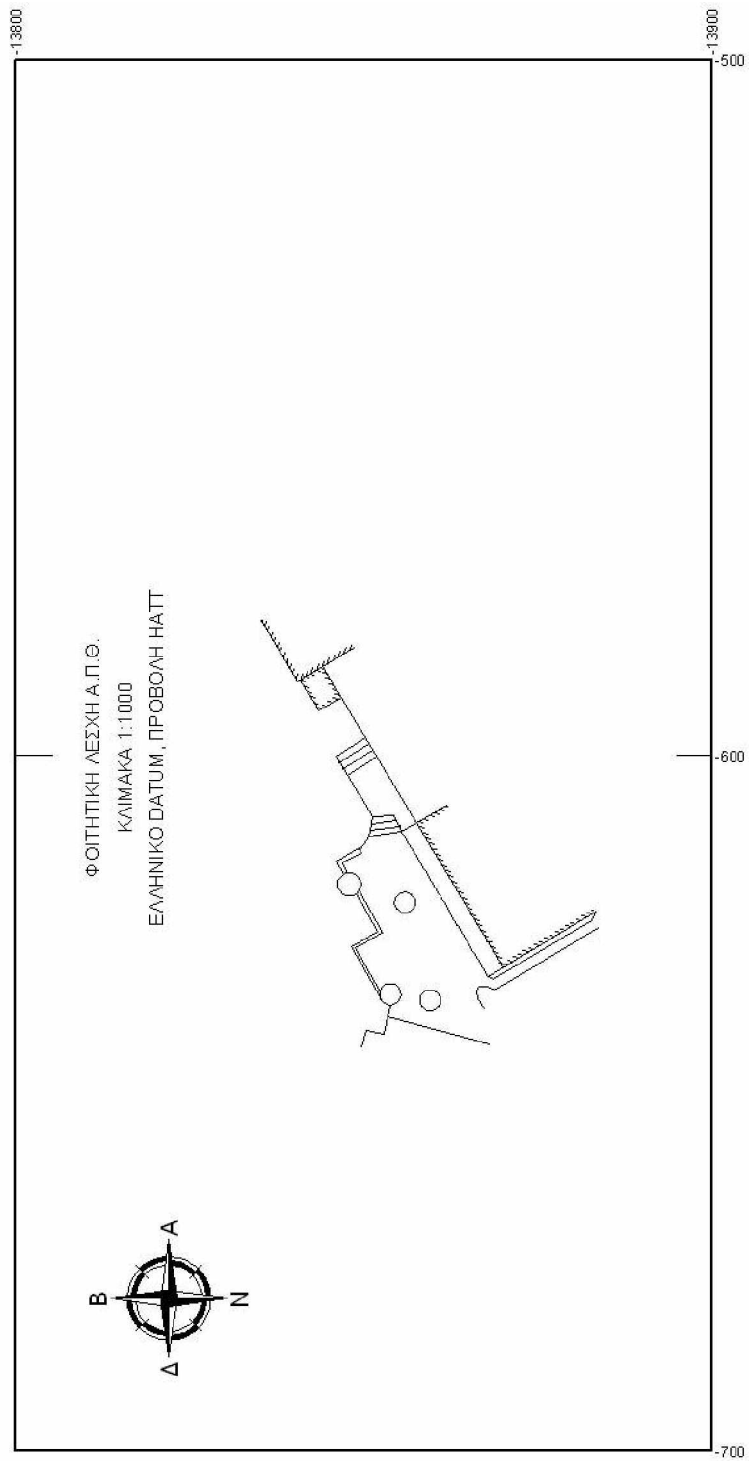
Παρατηρητής:				X	Y	H
Στάση:	Σ2	Υ.Ο.	1.4960	-639.1900	-13861.510	27.6760
Προσανατολισμός:	Σ3			-616.2200	-13828.010	

Σημείο	Ύψος στόχου	Ανάγνωση οριζώντιου κύκλου	Ζενίθια γωνία	Κεκλιμένη απόσταση	X	Y	H
1		36.1798	86.9570	55.315	-589.338	-13840.348	
2		46.8450	87.6030	57.313	-584.492	-13848.477	
3		34.8120	89.1184	65.201	-580.601	-13835.140	
4	1.490	119.9286	99.1838	27.272	-622.541	-13883.108	28.032
5	1.490	121.6266	99.1314	26.273	-623.712	-13882.737	28.041
6	1.490	125.1514	99.3450	26.323	-624.883	-13883.603	27.953
7	1.490	111.5112	105.7094	9.970	-632.144	-13868.507	26.789
8		105.9196	107.2896	9.762	-631.735	-13867.713	
9		104.6992	110.8806	7.448	-633.459	-13866.096	
10		104.6462	106.3212	9.806	-631.566	-13867.600	
11		83.4290	89.0366	12.051	-628.000	-13865.478	
12		59.6906	91.6252	19.070	-620.295	-13860.903	
13		48.0646	84.9298	29.714	-610.968	-13855.354	
14		78.0548	99.0520	16.309	-623.416	-13865.644	
15		64.6114	98.6552	21.175	-618.041	-13862.466	
16		53.2086	99.8750	29.420	-610.034	-13857.581	
17	1.490	46.8854	96.2576	31.492	-608.604	-13854.243	29.532
18	1.490	40.7644	96.3708	32.150	-608.818	-13851.126	29.514
19	1.490	37.8916	99.2352	29.613	-611.632	-13850.677	28.038
20	1.490	33.5122	99.2918	28.418	-613.521	-13849.321	27.998
21	1.490	24.6440	97.9814	23.146	-619.873	-13848.781	28.416
22	1.490	22.9824	99.0994	16.371	-625.761	-13852.149	27.914
23	1.490	6.8754	98.7898	17.868	-627.558	-13847.951	28.022
24	1.490	391.8412	96.3326	10.489	-634.421	-13852.188	28.286
25	1.490	7.0080	98.9252	9.565	-632.948	-13854.264	27.843
26	1.490	387.1294	98.6992	8.574	-635.861	-13853.611	27.857
27	1.490	373.6596	104.0532	8.404	-637.628	-13853.270	27.147
28	1.490	355.4578	103.7880	8.837	-640.059	-13852.732	27.156
29	1.490	359.9762	102.7172	11.276	-639.501	-13850.249	27.201
30		347.9470	110.2350	12.354	-641.811	-13849.600	
31	1.490	184.5334	105.7068	6.857	-641.584	-13867.906	27.068
32	1.490	116.7956	99.6306	6.283	-635.114	-13866.291	27.718
33	1.490	131.1528	101.1722	6.334	-636.263	-13867.126	27.565
34		30.5890	123.4344	3.229	-636.531	-13860.094	
35		51.2686	119.0738	3.970	-635.448	-13860.889	
36	1.490	30.8254	98.1526	5.949	-633.931	-13858.735	27.855
37	1.490	38.1776	99.1346	17.922	-622.483	-13855.029	27.926
38	1.490	45.7870	99.0612	17.849	-621.900	-13857.085	27.945
39	1.490	40.2404	99.1876	20.330	-620.010	-13854.776	27.941
40	1.490	28.6890	99.3524	24.962	-617.518	-13849.127	27.936
41	1.490	20.1352	97.5566	24.806	-619.509	-13846.440	28.634
42	2.000	45.8908	96.1172	40.264	-600.240	-13851.610	29.626
43	2.000	38.2940	96.0626	39.024	-602.852	-13847.490	29.584
44	1.490	37.4316	94.6348	42.177	-600.189	-13845.852	31.232
45		47.4726	92.4252	37.702	-602.690	-13853.192	
46		42.3886	93.9764	49.995	-591.700	-13846.616	
47		37.6342	94.8784	49.218	-593.606	-13843.377	
48		43.8066	92.6850	45.849	-595.438	-13848.851	



Φ ΟΙΤΗΤΙΚΗ ΛΕΣΧΗ Α.Π.Θ.
ΚΑΙΜΑΚΑ 1:500
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΑΤΥΜ, ΠΡΟΒΟΛΗ ΗΑΤΤ



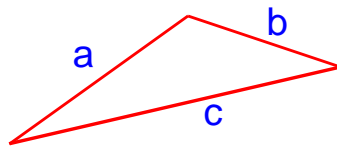


Εμβαδόν (από μετρήσεις στοιχείων)

Από μετρήσεις οριζοντίων πλευρών

Το εμβαδόν τριγώνου από τον τύπο του Ηρώνα

$$E = \sqrt{[t(t-a)(t-b)(t-c)]}, \text{ όπου } t = (a+b+c) / 2$$



Το εμβαδόν ενός ν-πλεύρου μπορεί να υπολογιστεί ως το άθροισμα των εμβαδών των επί μέρους τριγώνων.

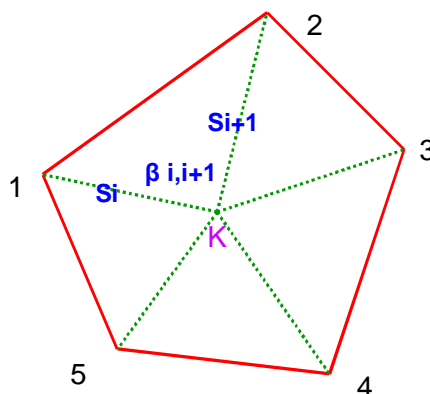
Προσοχή: Σε καμιά περίπτωση δεν υπολογίζουμε το εμβαδόν τετραπλεύρου, χωρίς τη μέτρηση και των διαγωνίων του (για έλεγχο)

Από μετρήσεις οριζοντίων μηκών και γωνιών

Το εμβαδόν ν-πλεύρου προκύπτει από μετρήσεις αποστάσεων και γωνιών θλάσης, που εκτελούνται από αυθαίρετο εσωτερικό σημείο K με ορατότητα στα όρια του πολυγώνου.

$$E = \frac{1}{2} \sum S_i S_{i+1} \sin \beta_{i,i+1}$$

Προσοχή: Το σύμβολο Σ υπονοεί το άθροισμα των εμβαδών όλων των τριγώνων.



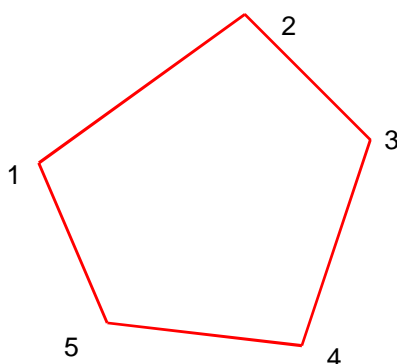
Εμβαδόν (από συντεταγμένες)

Εάν είναι διαθέσιμες οι συντεταγμένες (x, y) όλων των κορυφών του πολυγώνου (π.χ. από μια κλασική αποτύπωση),

Το εμβαδόν n -πλεύρου προκύπτει άμεσα από τη σχέση

$$E = \frac{1}{2} \sum (y_i + y_{i+1}) (x_i - x_{i+1})$$

Προσοχή: Το σύμβολο Σ υπονοεί άθροισμα όλων των όρων με $i = 1$ έως n . Όταν (στον τελευταίο όρο) ο δείκτης i υπερβεί την τιμή n , τότε θεωρείται $=1$ για να «κλείσουν» όλες οι πλευρές.



Το Εμβαδόν που ζητάμε στις νομικές, τοπογραφικές, πολεοδομικές, συγκοινωνιακές, κτηματογραφικές και χαρτογραφικές εργασίες είναι **ΠΑΝΤΑ το Οριζόντιο Εμβαδόν** του οικοπέδου / αγροτεμαχίου (δηλαδή η προβολή του στο επίπεδο της χρησιμοποιούμενης προβολής).

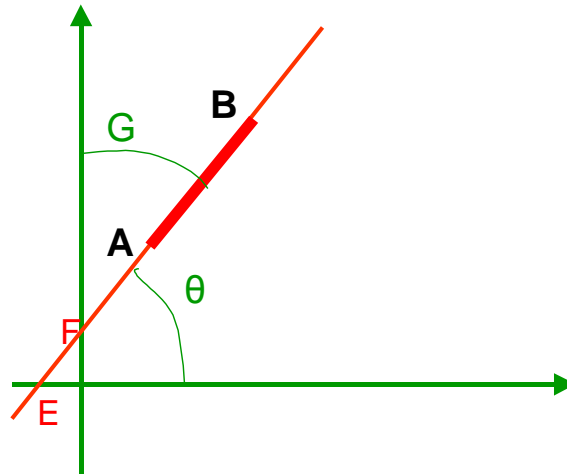
Μονάδες μέτρησης του εμβαδού.

Συνηθέστερη μονάδα είναι το **τετραγωνικό μέτρο** (τμ ή m^2). Για μεγαλύτερες εκτάσεις χρησιμοποιείται το **στρέμμα** (1000 τμ, οριζόμενο ως η ορθογωνική έκταση $10m \times 100m$) αλλά και το **εκτάριο** ($1ha = 100m \times 100m = 10000 \text{ τμ} = 10$ στρέμματα).

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται (κατά την ανάγνωση παλαιών παραχωρητηρίων/συμβολαίων ή ιστορικών πηγών), στην αναγνώριση των μονάδων μέτρησης μηκών και εμβαδών. Η περίπτωση του στρέμματος είναι χαρακτηριστική. Από το τουρκικό δονούμ (στρέμμα) των 919.3 τμ, στο παλιό τουρκικό στρέμμα των 1270 τμ, στο παλιό τουρκικό στρέμμα της Αττικής (562.50 τμ), στο μακεδονικό στρέμμα των 2500 τμ, στο παλιό στρέμμα των Σερρών (2070 τμ), της Πέλλας (1600τμ), της Κοζάνης (900-919τμ), της Δράμας (1435τμ), κ.α.

Διδιάστατη Αναλυτική Γεωμετρία

Η 2Δ αναλυτική γεωμετρία μας επιτρέπει να περιγράψουμε τα τοπογραφικά δεδομένα (συντεταγμένες) με μια πιο γενική (αναλυτική) μορφή, ιδιαίτερα μέσα στις ρυμοτομημένες περιοχές.



Κλίση μιας ευθείας που ορίζεται από δύο σημεία A και B (γνωστών συντεταγμένων) είναι ο συντελεστής :

$$\lambda = \tan\theta_{AB} = \Delta Y / \Delta X$$

και επειδή η πολική γωνία θ και η γωνία διεύθυνσης G είναι συμπληρωματικές :

$$\tan G_{AB} = \Delta X / \Delta Y = (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A) ,$$

και

$$\lambda = 1 / \tan G_{AB}$$

Εξίσωση Ευθείας

Η βασική σχέση που συνδέει τις συντεταγμένες τριών σημείων που κείνται επάνω σε μια ευθεία είναι μια έκφραση αναλογίας της μορφής

$$(X - X_A) / (X_B - X_A) = (Y - Y_A) / (Y_B - Y_A)$$

Οι τετμημένη (E) και η τεταγμένη (F) της τομής της παραπάνω ευθείας με τους άξονες x και y προκύπτουν από την επίλυσή της για $X=0$ και $Y=0$ αντίστοιχα:

$$E = (X_A Y_B - X_B Y_A) / (Y_B - Y_A)$$

$$F = (X_B Y_A - X_A Y_B) / (X_B - X_A)$$

Εναλλακτικές μορφές της εξίσωσης μιας ευθείας είναι (μεταξύ και άλλων) οι ακόλουθες τέσσερις:

$$v \quad Y = \lambda X + F$$

$$v \quad Y = aX + b$$

$$v \quad X/E + Y/F = 1$$

$$v \quad AX + BY + C = 0$$

$$\text{όπου} \quad \begin{aligned} A &= \lambda \\ B &= -1 \\ C &= F \end{aligned}$$

Απόσταση του σημείου P (X_P, Y_P) από την ευθεία A X + B Y + C = 0

$$d = \text{απόλυτη τιμή του λόγου } (A X_P + B Y_P + C) / \sqrt{(A^2 + B^2)}$$

Γωνία ψ δύο ευθειών με κλίσεις λ₁ και λ₂

$$\tan \psi = (\lambda_2 - \lambda_1) / (1 + \lambda_1 \lambda_2)$$

Οι συντεταγμένες της τομής δύο ευθειών

$$y = \lambda_1 x + F_1$$

$$y = \lambda_2 x + F_2$$

δίδονται από τις σχέσεις

$$x_c = - (F_1 - F_2) / (\lambda_1 - \lambda_2)$$

$$y_c = \lambda_1 x_c + F_1$$

