

Εξέλιξη και Οργάνωση Γεωμηχανικής και Δομητικής Παρακολούθησης στα Έργα της ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε.

Μάρκος Νόβακ
Γεωλόγος ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε.
Προϊστάμενος Τμήματος Τεχνικής Γεωλογίας

Γεωμηχανική και Δομητική Παρακολούθηση (ΓΔΠ)

Σύνολο μελετών, ενεργειών, διαδικασιών και εργασιών που απαιτούνται από τις συνθήκες κατασκευής εκτεταμένων υπογείων έργων σε αστικό περιβάλλον.

Αφορά στην καταγραφή και παρακολούθηση των επιπτώσεων της κατασκευής των έργων τόσο στα ίδια τα στοιχεία τους όσο και στο περιβάλλον τους (κτήρια / κατασκευές, δίκτυα ΟΚΩ, έδαφος).



Η ΓΔΠ είναι απαραίτητη για:

- την κατασκευή του έργου υπό καθεστώς ασφάλειας
- τον περιορισμό οχλήσεων και ζημιών σε τρίτους
- την εφαρμογή στον σωστό χρόνο των απαραίτητων διορθωτικών μέτρων
- τον έλεγχο των παραδοχών των μελετών κατά την εφαρμογή τους στην κατασκευή των έργων.

Γεωμηχανική και Δομητική Παρακολούθηση Γενικά

Η ΓΔΠ πραγματοποιείται προκειμένου να αποκτηθούν δεδομένα για επεξεργασία που αφορούν τα παρακάτω θέματα:

- Συμπεριφορά και απόκριση «ελεύθερου πεδίου» (free field) κατά την κατασκευή των έργων
- Αλληλεπίδραση εδάφους / κτηρίων και κατασκευών του Έργου και
- Εδαφικές συνθήκες

Γεωμηχανική και Δομητική Παρακολούθηση Σκοπός

- Η καταγραφή της επίδρασης των κατασκευαστικών εργασιών και της επίδρασης οποιασδήποτε άλλης αιτίας, στο ίδιο το Έργο, στη ζώνη επιρροής του και στα κτήρια και κατασκευές εντός αυτής ή και πέραν αυτής εάν απαιτηθεί
- Ο έλεγχος των παραδοχών των μελετών του Αναδόχου
- Η συσχέτιση της Μελέτης Εφαρμογής με τις πραγματικές συνθήκες
- Η συμπλήρωση και επαναξιολόγηση από τον Ανάδοχο των εδαφικών συνθηκών κατά τη διάρκεια της κατασκευής
- Η συμβολή στην βελτιστοποίηση των παραμέτρων λειτουργίας του TBM
- Η έγκαιρη προειδοποίηση σε περιπτώσεις εκτάκτων καταστάσεων κατά την διάρκεια κατασκευής, οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα ασφάλειας, έτσι ώστε ο Ανάδοχος να εφαρμόσει στο σωστό χρόνο τα απαραίτητα διορθωτικά μέτρα
- Η συμβολή στη συνολική αξιολόγηση της μελέτης και της κατασκευής του Έργου σε σχέση με τις συναντηθείσες συνθήκες, ώστε με την πραγματοποίηση ανάδρομων αναλύσεων για την αλληλεπίδραση εδάφους - κατασκευών και κτηρίων εξάγονται τελικά συμπεράσματα χρήσιμα για τα υπόλοιπα και τα μελλοντικά έργα του Μετρό

Εξέλιξη ΓΔΠ - Παράγοντες

Η ανάγκη για εξέλιξη της ΓΔΠ υπαγορεύεται από:

- την αύξηση της ταχύτητας κατασκευής

Εξέλιξη ΓΔΠ - Ταχύτητα Κατασκευής



Εσπερίδα Ε.Ε.Σ.Υ.Ε. - Τα έργα της ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε. - Η κατασκευή των Μετρό Αθηνών και Θεσσαλονίκης
Τετάρτη 05/12/2012

Εξέλιξη ΓΔΠ - Παράγοντες

Η ανάγκη για εξέλιξη της ΓΔΠ υπαγορεύεται από:

- την αύξηση της ταχύτητας κατασκευής
- την επακόλουθη απαίτηση για αύξηση της ακρίβειας και συχνότητας λήψης μετρήσεων - ενσωμάτωση αυτοματοποιημένου συστήματος παρακολούθησης (ΑΣΠ)

Εξέλιξη ΓΔΠ - Συχνότητα και Ακρίβεια Μετρήσεων

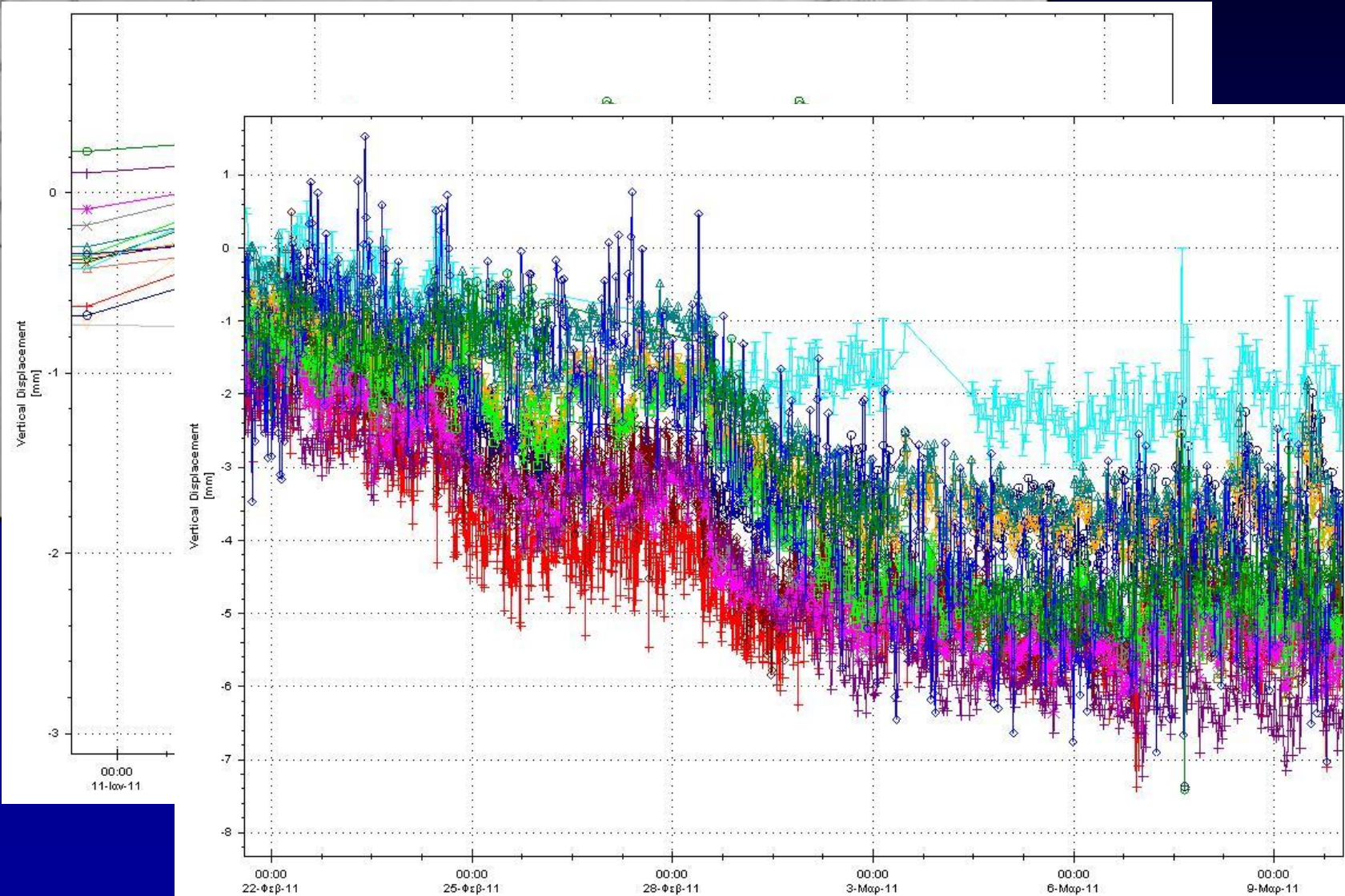


Εξέλιξη ΓΔΠ - Παράγοντες

Η ανάγκη για εξέλιξη της ΓΔΠ υπαγορεύεται από:

- την αύξηση της ταχύτητας κατασκευής
- την επακόλουθη απαίτηση για αύξηση της ακρίβειας και συχνότητας λήψης μετρήσεων - ενσωμάτωση αυτοματοποιημένου συστήματος παρακολούθησης (ΑΣΠ)
- την ανάγκη για ταχύτερη ανάλυση, διαχείριση και παρουσίαση του αυξημένου όγκου των δεδομένων

Εξέλιξη ΓΔΠ - Ανάλυση / Παρουσίαση Δεδομένων

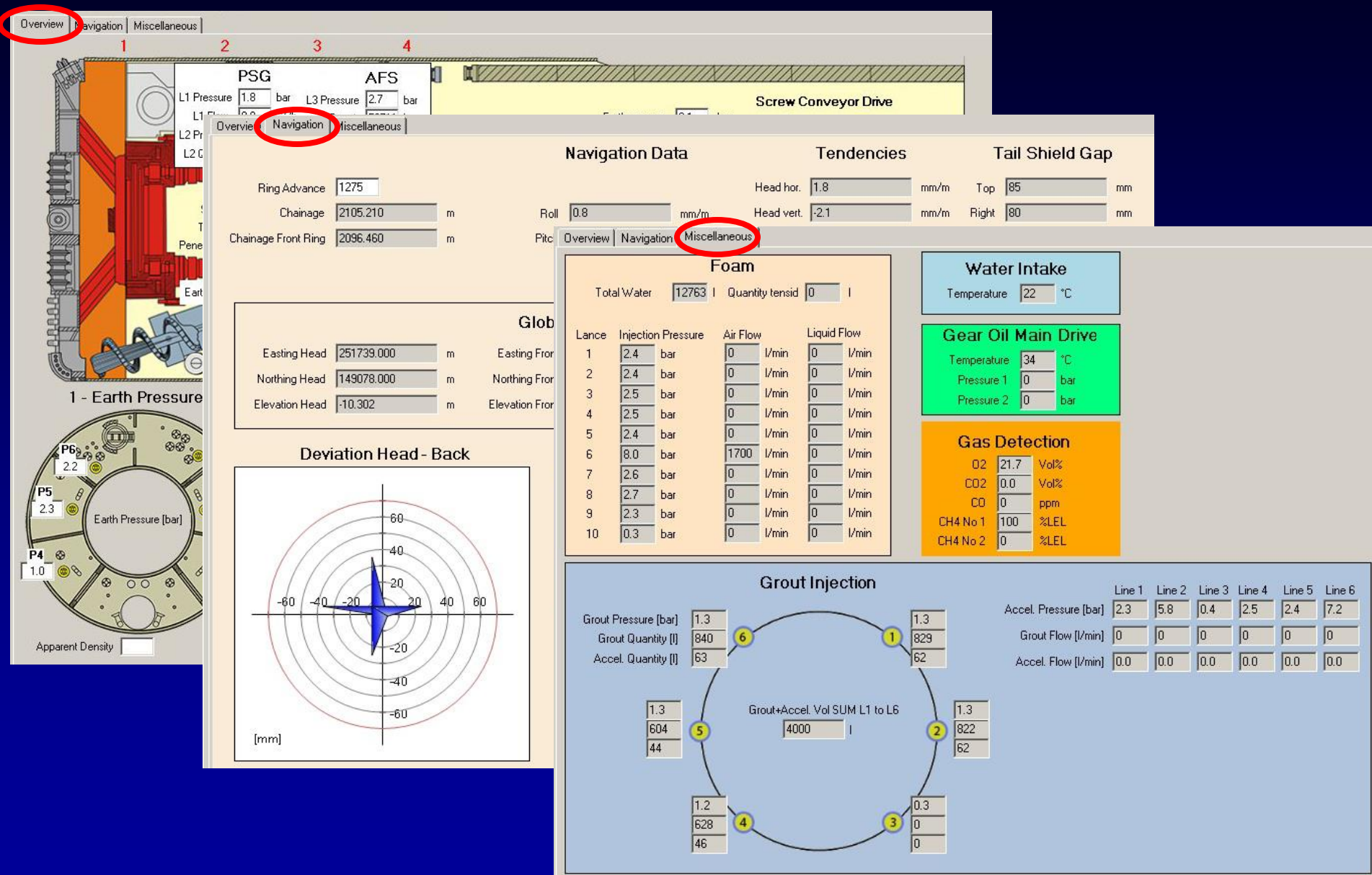


Εξέλιξη ΓΔΠ - Παράγοντες

Η ανάγκη για εξέλιξη της ΓΔΠ υπαγορεύεται από:

- την αύξηση της ταχύτητας κατασκευής
- την επακόλουθη απαίτηση για αύξηση της ακρίβειας και συχνότητας λήψης μετρήσεων - ενσωμάτωση αυτοματοποιημένου συστήματος παρακολούθησης (ΑΣΠ)
- την ανάγκη για ταχύτερη ανάλυση, διαχείριση και παρουσίαση του αυξημένου όγκου των δεδομένων
- την ανάγκη για παρακολούθηση περισσότερων παραμέτρων λόγω της χρήσης μηχανημάτων διάνοιξης σηράγγων με ενεργητική υποστήριξη μετώπου - δεδομένα TBM

Εξέλιξη ΓΔΠ - Δεδομένα ΤΒΜ



Εξέλιξη ΓΔΠ - Παράγοντες

Η ανάγκη για εξέλιξη της ΓΔΠ υπαγορεύεται από:

- την αύξηση της ταχύτητας κατασκευής
- την επακόλουθη απαίτηση για αύξηση τόσο της ακρίβειας όσο και της συχνότητας λήψης μετρήσεων - ενσωμάτωση αυτοματοποιημένου συστήματος παρακολούθησης (ΑΣΠ)
- την ανάγκη για ταχύτερη ανάλυση, διαχείριση και παρουσίαση του αυξημένου όγκου των δεδομένων
- την ανάγκη για παρακολούθηση περισσότερων παραμέτρων λόγω της χρήσης μηχανημάτων διάνοιξης σηράγγων με ενεργητική υποστήριξη μετώπου - δεδομένα TBM
- την απαιτούμενη αξιοποίηση εμπειριών από παλαιότερα έργα αναφορικά με αύξηση πυκνότητας εγκατάστασης οργάνων, ένταξη νέων ειδών οργάνων και αύξηση συχνότητας μετρήσεων

Εξέλιξη ΓΔΠ - Απαιτήσεις

Με βάση τα προηγούμενα, οι απαιτήσεις της ΓΔΠ έχουν αυξηθεί δραματικά...

- ως προς τον απαιτούμενο χρόνο λήψης μετρήσεων
- ως προς τη διαχείριση (διαβίβαση και αποθήκευση) του όγκου των καταγραφόμενων δεδομένων
- ως προς την ανάλυση και αξιολόγηση των δεδομένων της πολύπλοκης ενόργανης παρακολούθησης σε συνδυασμό με τα στοιχεία προόδου των δραστηριοτήτων κατασκευής
- ως προς τον απαιτούμενο χρόνο διαβίβασης των συλλεγομένων πληροφοριών (σε πρωτογενή, σε συνδυασμένη αλλά και τελικά αξιολογημένη μορφή) σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη - real time monitoring

Εξέλιξη ΓΔΠ - Καινοτόμες δράσεις

Για τον λόγο αυτό η ΑΤΤΙΚΟ Μετρό Α.Ε. προκειμένου να επιτύχει **ασφαλή, έγκαιρη και συνολική** διαχείριση των δεδομένων που σχετίζονται με την ΓΔΠ της κατασκευής των έργων της, ξεκίνησε **από το 2000** την ανάπτυξη πρωτοπόρων σε παγκόσμιο επίπεδο ειδικών πληροφοριακών **συστημάτων διαχείρισης και ανάλυσης των καταγραφόμενων δεδομένων της ΓΔΠ** από την έναρξη έως και την ολοκλήρωση κάθε έργου πολιτικού μηχανικού

Εξέλιξη ΓΔΠ - Ικανοποίηση Απαιτήσεων

- Από το 2004 οι αυξημένες αυτές απαιτήσεις ικανοποιούνται, μεταξύ άλλων, με την ενσωμάτωση στη ΓΔΠ του Συστήματος Διαχείρισης Δεδομένων Γεωμηχανικής και Δομητικής Παρακολούθησης (ΒΔΓΔΠ) το οποίο υλοποιείται ως ένα σύστημα πολλαπλών χρηστών για κάθε της έργο
- Το σύστημα αυτό έχει τη δυνατότητα πρωτογενούς αξιολόγησης των δεδομένων ώστε να ειδοποιεί άμεσα και έγκαιρα τους χρήστες σε περιπτώσεις μετρήσεων που αποκλίνουν από προβλεπόμενα όρια
- Παράλληλα, το σύστημα παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα της άμεσης και συνεχούς πρόσβασης, με εποπτικό τρόπο, σε όλα τα δεδομένα τόσο της ΓΔΠ όσο και των παραμέτρων και στοιχείων λειτουργίας και προόδου κατασκευής των Έργων

Οργάνωση ΓΔΠ - Υλοποίηση

Η επίτευξη της οργάνωσης της ΓΔΠ καθίσταται δυνατή με την ενσωμάτωση όλων των απαιτήσεων στα συμβατικά τεύχη των έργων της ΑΤΤΙΚΟ Μετρό Α.Ε.

Στο πλαίσιο των έργων της ΑΜ, η επίβλεψη της υλοποίησης της ΓΔΠ εμπίπτει στις αρμοδιότητες του Τμήματος Τεχνικής Γεωλογίας με την αρωγή των τμημάτων Τοπογραφήσεων και Απαλλοτριώσεων, Δομοστατικών Μελετών, Γεωτεχνικών Μελετών και της Διεύθυνσης Ποιότητας, σε συνεργασία με την, κατά περίπτωση, Διεύθυνση Κατασκευής του Έργου

Το τμήμα Τεχνικής Γεωλογίας είναι επιφορτισμένο τόσο με την έγκριση των σχετικών με τη ΓΔΠ μελετών όσο και με την επίβλεψη επί τόπου του έργου των ενεργειών, εργασιών και διαδικασιών που σχετίζονται με αυτή

Οργάνωση ΓΔΠ - Επισκόπηση

- Προσωπικό
 - Στοιχεία προς καταγραφή
 - Εξοπλισμός - όργανα παρακολούθησης
 - Αυτοματοποιημένο Σύστημα Παρακολούθησης (ΑΣΠ)
 - Μελέτες ΓΔΠ
 - Σύστημα Διαχείρισης Δεδομένων Γεωμηχανικής και Δομητικής Παρακολούθησης (ΒΔΓΔΠ)
-

Οργάνωση ΓΔΠ - Προσωπικό

Ο Ανάδοχος οργανώνει Υπηρεσία Γεωμηχανικής και Δομητικής Παρακολούθησης (ΓΔΠ) με τους παρακάτω προϊσταμένους επιμέρους τμημάτων οι οποίοι οργανώνουν και συντονίζουν το εκάστοτε ελάχιστο απαιτούμενο προσωπικό για την υλοποίηση της ΓΔΠ :

- **Προϊστάμενος Υπηρεσίας ΓΔΠ**, ο οποίος είναι υπεύθυνος για όλα τα θέματα της Γεωμηχανικής και Δομητικής Παρακολούθησης (ΓΔΠ) καθώς και της γεωλογικής παρακολούθησης
- **Υπεύθυνος Τοπογραφικών Εργασιών ΓΔΠ** ο οποίος είναι υπεύθυνος για τις τοπογραφικές μετρήσεις ΓΔΠ συμπεριλαμβανομένου του Αυτοματοποιημένου Συστήματος Παρακολούθησης (ΑΣΠ)
 - Επικεφαλής Διπλωματούχος Τοπογράφος Μηχανικός για κάθε τοπογραφικό συνεργείο
- **Υπεύθυνος Αυτοματοποιημένου Συστήματος και Λοιπών Οργάνων ΓΔΠ**, (εκτός των τοπογραφικών οργάνων ΓΔΠ)
- **Υπεύθυνος Γεωλογικής Παρακολούθησης**
- **Υπεύθυνος Βάσης Δεδομένων ΓΔΠ**

Οργάνωση ΓΔΠ - Στοιχεία προς Καταγραφή

- Μετακινήσεις κτηρίων και κατασκευών
- Μετακινήσεις της επιφάνειας του εδάφους
- Μετακινήσεις στη ζώνη κάτω από την επιφάνεια του εδάφους που περιβάλλει το Έργο
- Συγκλίσεις και μετακινήσεις των προσωρινών και μόνιμων κατασκευών
- Μεταβολές πιέσεων του εδάφους και του υπογείου νερού
- Τάσεις στα δομοστατικά στοιχεία του Έργου
- Παραμορφώσεις στο έδαφος και στα δομοστατικά στοιχεία του Έργου ή την επένδυση των σηράγγων
- Οριζόντιες παραμορφώσεις κάτω από τη στάθμη θεμελίωσης κτηρίων
- Φορτία σε αγκυρώσεις και τάσεις αντηρίδων
- Μεταβολή ανοίγματος ρωγμών σε κτήρια και κατασκευές
- Στάθμη υπογείων υδάτων
- Εισροή υδάτων στις εκσκαφές και τα υπόγεια έργα
- Εισροή νερού σε ολοκληρωμένες με τελική επένδυση κατασκευές
- Μετεωρολογικά στοιχεία
- Στοιχεία Παρακολούθησης TBM (TBM-Data Monitoring) και Παρακολούθηση Προϊόντων Εκσκαφής (Muck Control)
- Στοιχεία προόδου των εκσκαφών και των δραστηριοτήτων κατασκευής του Έργου

Οργάνωση ΓΔΠ - Εξοπλισμός - Όργανα Παρακολούθησης

Όργανα ΓΔΠ τοποθετούνται:

- Σε κτήρια και κατασκευές (είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά) στα οποία συμπεριλαμβάνονται κτήρια ειδικού ενδιαφέροντος, όπως εκκλησίες, μνημεία, αρχαιότητες, κτήρια δημοσίου ενδιαφέροντος κλπ που βρίσκονται εντός της ζώνης επιρροής του Έργου
- Σε ακάλυπτες, μη δομημένες, περιοχές, μέσα την ζώνη επιρροής των έργων, π.χ. σε δρόμους, πεζοδρόμια, πλατείες, οικόπεδα, γήπεδα, πάρκα, αυλές, προαύλια, κλπ. - συνθήκες «ελεύθερου πεδίου»
- Στην περιβάλλουσα εδαφική ζώνη των υπογείων έργων (σταθμοί, σήραγγες, φρέατα)
- Στις προσωρινές και μόνιμες κατασκευές του Έργου για όλες τις μεθόδους κατασκευής

Οργάνωση ΓΔΠ - Εξοπλισμός - Όργανα Παρακολούθησης

Σύστημα χωροσταθμικών μετρήσεων
Συστήματα τρισδιάστατων τοπογραφικών
Αυτοματοποιημένο σύστημα τρισδιάστατων
(3D) πραγματικού χρόνου

Πιεζόμετρα

Αποκλισιόμετρα

Εκτασιόμετρα

Ολισθαίνοντα μικρόμετρα

Κυψέλες φορτίου / πίεσης

Παραμορφωσίμετρα

Ρωγμόμετρα

Ροόμετρα

Κλισίμετρα

Επιταχυνσιογράφοι

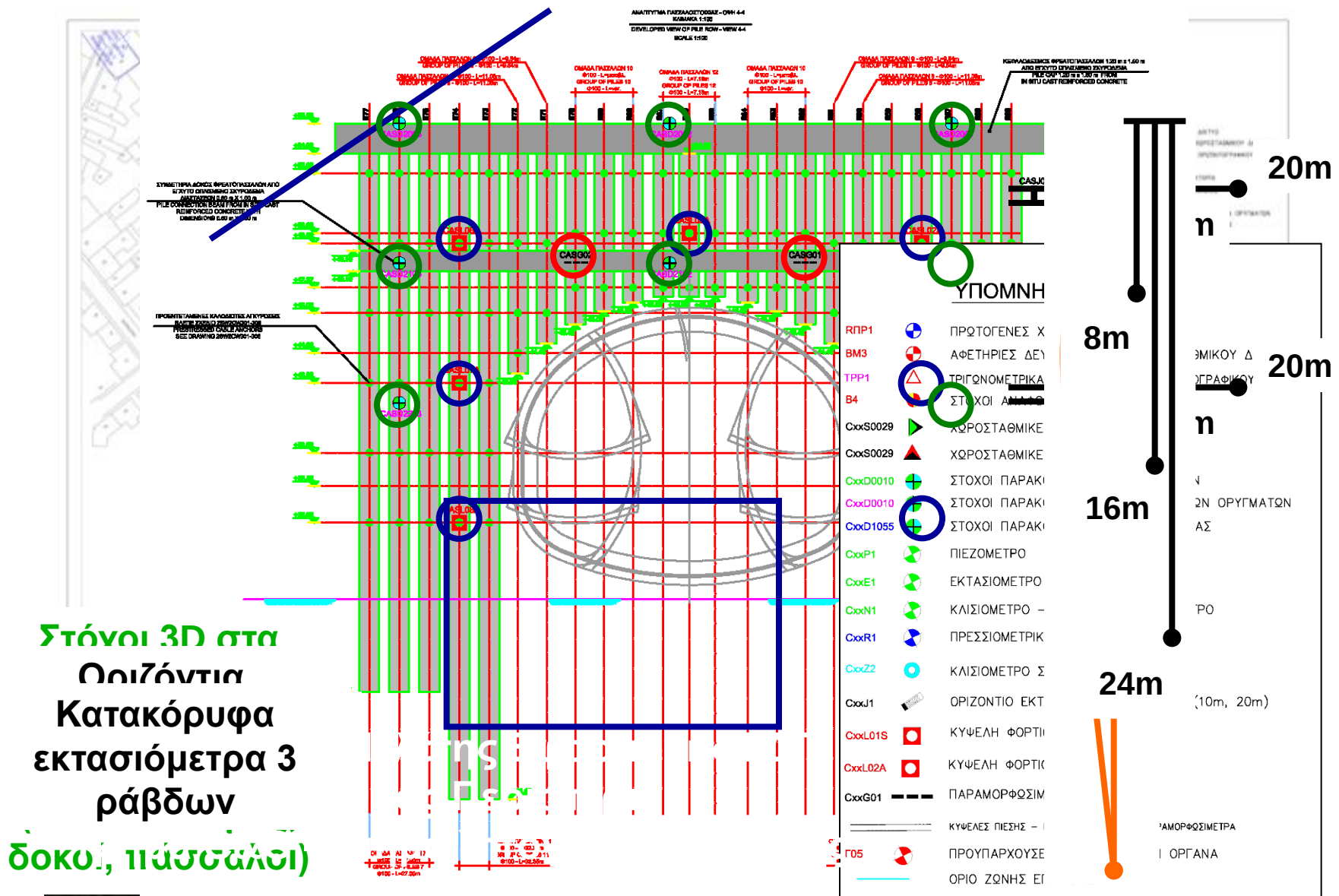


μετρήσεων

Οργάνωση ΓΔΠ - ΑΣΠ

- Ο Ανάδοχος σχεδιάζει τη ΓΔΠ του Έργου ώστε να λειτουργεί στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, ως **Αυτοματοποιημένο Σύστημα Παρακολούθησης** (ΑΣΠ). Στο ΑΣΠ εντάσσονται όργανα και συστήματα μετρήσεων ως ακολούθως:
 - Σύστημα τρισδιάστατων τοπογραφικών μετρήσεων (3D)
 - Πιεζόμετρα
 - Αποκλισιόμετρα
 - Εκτασιόμετρα ράβδων (οριζόντια και κατακόρυφα)
 - Κυψέλες φορτίου
 - Κυψέλες πίεσης
 - Παραμορφωσίμετρα
 - Κλισίμετρα (εκτός των φορητών)
 - Ροόμετρα
- Το όλο σύστημα είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί τόσο αυτόματα (**automated system**) ειδικά την περίοδο διέλευσης του ΤΒΜ από συγκεκριμένη περιοχή όσο και χειροκίνητα (**manual**). Τα όργανα είναι κατάλληλα σχεδιασμένα ώστε να δύνανται να λειτουργούν και με τους δύο τρόπους.
- Η σύνδεση των αυτοματοποιημένων οργάνων με την ΒΔΓΔΠ είναι συνεχής (**on-line**) και η διαβίβαση των δεδομένων στην ΒΔΓΔΠ γίνεται σε πραγματικό χρόνο (**real time**)

Οργάνωση ΓΔΠ - Μελέτες ΓΔΠ



Οργάνωση ΓΔΠ

Σύστημα Διαχείρισης Δεδομένων Γεωμηχανικής και Δομητικής Παρακολούθησης (ΒΔΓΔΠ)

Τα στοιχεία που καταχωρούνται και παρακολουθούνται από τους χρήστες μέσω της ΒΔΓΔΠ είναι:

- Μετρήσεις ΓΔΠ
- Γεωμετρικά στοιχεία Έργου
- Γεωλογικά στοιχεία Έργου
- Στοιχεία προόδου και παραμέτρων κατασκευής
- Στοιχεία κτηρίων εντός της ζώνης επιρροής

Οργάνωση ΓΔΠ - ΒΔΓΔΠ - Στοιχεία Προόδου και Παραμέτρων Κατασκευής - Σήραγγες TBM

- Για τις σήραγγες TBM καταχωρούνται στην ΒΔΓΔΠ όλα τα στοιχεία της Παρακολούθησης Στοιχείων TBM (TBM-Data Monitoring) και του Συστήματος Διαχείρισης Προϊόντων Εκσκαφής (Muck Control System)
- Το όλο σύστημα παρέχει παρακολούθηση και απόκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και χρόνο ανάκτησης μερικά δευτερόλεπτα, αποθήκευσή τους στη ΒΔΓΔΠ και προβολή τους μέσω αυτής

Οργάνωση ΓΔΠ - ΒΔΓΔΠ - Στοιχεία Προόδου και Παραμέτρων Κατασκευής - Σήραγγες Υπόγειας Διάνοιξης με Συμβατικά Μηχανικά Μέσα

- Για τις σήραγγες υπόγειας διάνοιξης με συμβατικά μηχανικά μέσα καταχωρούνται στην ΒΔΓΔΠ στοιχεία όπως:
- ΧΘ των μετώπων εκσκαφής υπογείων έργων
- ΧΘ αλλαγής κατηγορίας προσωρινής αντιστήριξης
- Μήκος κάθε βήματος εκσκαφής ανά φάση
- ΧΘ τοποθετημένου πλαισίου / ανάστροφου τόξου / αγκυρίων κλπ και όποιων άλλων μέτρων προβλέπει η μελέτη.

Τα στοιχεία αυτά εισάγονται στην ΒΔ ανά βάρδια και ανά μέτωπο εκσκαφής μέχρι την 10:00 το πρωί της επόμενης ημέρας.

Οργάνωση ΓΔΠ - ΒΔΓΔΠ - Στοιχεία Προόδου και Παραμέτρων Κατασκευής - Κατασκευές Ορυγμάτων

- Για τις κατασκευές ορυγμάτων με τη μέθοδο cut & cover, cover & cut κλπ καταχωρούνται στην ΒΔΓΔΠ τα ακόλουθα στοιχεία:
- Στοιχεία προόδου κατασκευής πασσάλων ή διαφραγματικών τοίχων (βάθος, ημερομηνία και ώρα διάτρησης, τοποθέτησης οπλισμού και σκυροδέτησης κλπ)
- Στοιχεία προόδου εκσκαφών και αντιστήριξης (φάση εκσκαφής, βάθος εκσκαφής, τοποθέτηση αντηρίδων ή προεντεταμένων αγκυρώσεων κλπ, με την αντίστοιχη ημερομηνία και ώρα)

Τα στοιχεία αυτά εισάγονται στην ΒΔ ανά βάρδια και ανά μέτωπο εκσκαφής μέχρι την 10:00 το πρωί της επόμενης ημέρας.

Χρήση της ΒΔΓΔΠ - Πλεονεκτήματα

Ασφαλής αποθήκευση	{ Χρήση διπλών συστημάτων καλυπτόμενα από κατάλληλο σύστημα αδιάλειπτης παροχής ισχύος UPS και αντίγραφο ασφαλείας ανά 12 ώρες
Εποπτικότητα	{ Φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον πλοήγησης
Αμεσότητα	{ Εισαγωγή και πρόσβαση σε μετρήσεις είτε σε πραγματικό χρόνο (ΑΣΠ) είτε ημερησίως
Διασφάλιση εγκυρότητας	{ Αυτόματη αποστολή των δεδομένων που έχουν εισαχθεί στην ΒΔΓΔΠ σε ηλεκτρονική μορφή ανά 10 λεπτά
Αξιολόγηση μετρήσεων	{ Εκτέλεση ελέγχων, επεξεργασία πρωτογενών μετρήσεων, εκτέλεση των απαραίτητων υπολογισμών και παραγωγή σχεδίων, διαγραμμάτων κλπ
Έγκαιρη προειδοποίηση	{ Υψηλή συχνότητα λήψης μέτρησεων και άμεση σύγκριση με τα όρια επιφυλακής και συναγερμού

