

**ΟΙ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ 2<sup>ου</sup> ΟΡΟΦΟΥ ΣΤΟ ΥΠΑΡΧΟΝ ΚΤΙΡΙΟ  
ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ NOTOS.COM Α.Ε.Β.Ε. ΣΤΗ ΝΕΑ ΚΗΦΙΣΙΑ**

**Φ. Ζούλας**

Σύμβουλος Δομοστατικός Μηχανικός  
Λ. Καραγιάννη 78, 113 61 – Αθήνα, Ελλάδα  
e-mail : zuzu@otenet.gr

**Γ. Καρτσάκης**

Πολιτικός Μηχανικός, Ε.Μ.Π.  
Αμερικής 20 & Ακαδημίας, 10671 – Αθήνα, Ελλάδα  
e-mail : kartsakis@ath.forthnet.gr

**Α. Ζωγράφος**

Πολιτικός Μηχανικός, Ε.Μ.Π.  
Μορφέως 3 , 12135 – Περιστέρι, Ελλάδα  
e-mail : a\_zografos@yahoo.gr

## **1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των μεταλλικών φορέων του νέου 2<sup>ου</sup> ορόφου επί του υπάρχοντος κτιρίου γραφείων της εταιρίας NOTOS.COM ΑΕΒΕ στη Νέα Κηφισιά.

Ο κύριος φέρων οργανισμός του νέου 2<sup>ου</sup> ορόφου αποτελείται από ένα σύνολο χαλύβδινων οροφοδοκών τύπου Vierendeel, που εδράζεται στην ανώτατη στάθμη υποστυλωμάτων του υποκειμένου κτιρίου από ωπλισμένο σκυρόδεμα, σχηματίζοντας κάτοψη πενταγωνικής μορφής και τοποθετείται ώστε το ίχνος της μίας πλευράς του να συμπίπτει με την εξωτερική πλευρά του κτίσματος. Οι κύριες διαστάσεις είναι 61,0m x 22,0m. Δύο μονοπροέχουσες οροφοδοκοί, προβόλου 13,0m περίπου, κοινού πέρατος, ορίζουν επιφάνεια 13m x 13m που βρίσκεται εκτός της κάτοψης του υφισταμένου κτιρίου.

Στα άνω πέλματα των οροφοδοκών εδράζεται το φέρον σύστημα της στέγης του 2<sup>ου</sup> ορόφου, που αποτελείται από ένα σύνολο επίπεδων δικτυωμάτων, συνδετηρίων δοκών και οριζόντιων αντιανεμίων συνδέσμων ενώ από τα κάτω πέλματα των παραπάνω αναφερθέντων μονοπροεχουσών οροφοδοκών αναρτάται ο φέρων οργανισμός του εν προβόλω δαπέδου, που αποτελείται από ένα σύνολο διασταυρούμενων δοκών.

Η ανάλυση, η διαστασιολόγηση και οι έλεγχοι ευστάθειας και αντοχής των στοιχείων που συνιστούν τον φέροντα οργανισμό, υπό την δράση των εξωτερικών φορτίων,

πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τους ισχύοντες ελληνικούς κανονισμούς και ειδικότερα σύμφωνα με τους Ε.С.1, Ε.С.3 και ΕΑΚ2000.

## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

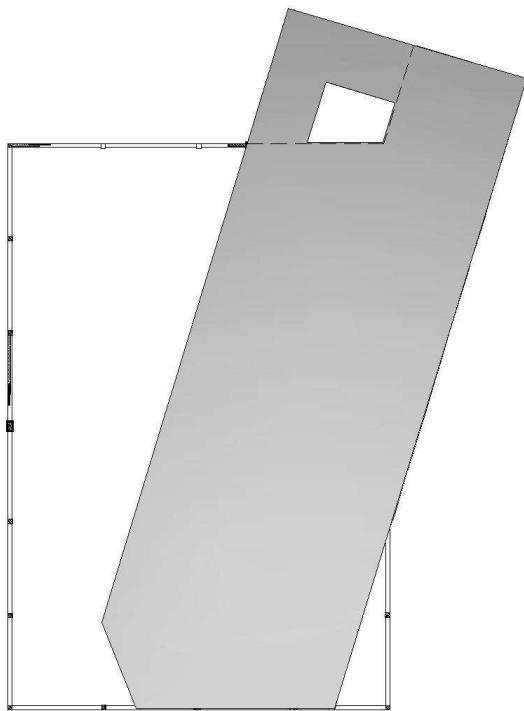
Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα πιο ενδιαφέροντα στοιχεία της μελέτης και της κατασκευής του χαλύβδινου φέροντος οργανισμού του νέου 2<sup>ου</sup> ορόφου, που εδράζεται στη στάθμη +10,45m, επί υποστυλωμάτων του από ωπλισμένο σκυρόδεμα διώροφου κτιρίου γραφείων της εταιρίας NOTOS.COM ΑΕΒΕ, στη Νέα Κηφισιά. Η εν λόγω κατασκευή που περατώθηκε το 2010, παρέχει τη δυνατότητα στέγασης του λογιστηρίου και της διοίκησης της προαναφερόμενης εταιρίας. Η καλυπτόμενη επιφάνεια είναι 1410m περίπου και οι κύριες διαστάσεις σε κάτοψη είναι 61m x 22m. Το ελάχιστο ελεύθερο ύψος είναι 3,46m.

Το υπάρχον διώροφο κτίριο, ορθογωνικού καννάβου, συμπληρώθηκε με ένα νέο διώροφο κτίσμα τραπεζοειδούς κατόψεως, ώστε να δημιουργηθεί ένα ενιαίο κτίριο από ωπλισμένο σκυρόδεμα. Λόγω της υπό γωνία τοποθέτησης κατά 17° του 2<sup>ου</sup> ορόφου ως προς το υπάρχον κτίριο, μέρος του δαπέδου του, διαστάσεων 13m x 13m περίπου, βρίσκεται σε πρόβολο, εκτός της κάτοψης του υφισταμένου κτιρίου.

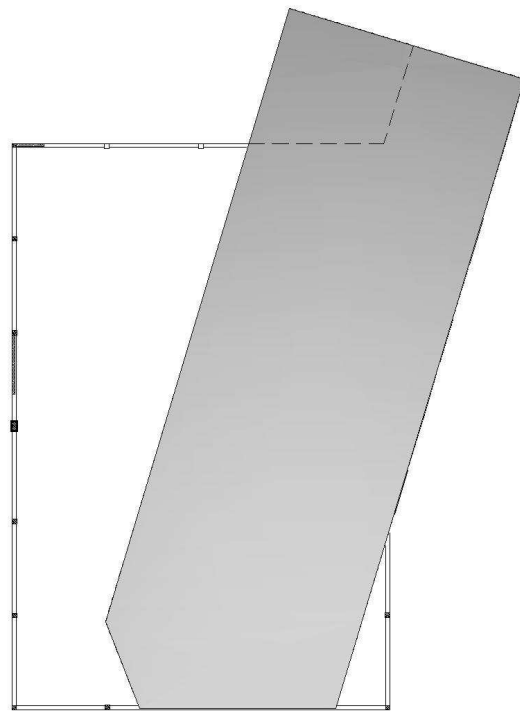
Η επικάλυψη της στέγης αποτελείται από τραπεζοειδή χαλύβδινη λαμαρίνα γαλβανισμένη και προβαμμένη τύπου KSH100/1,00 , θερμομονωτικές πλάκες ορυκτοβάμβακα πυκνότητας 175kg/m<sup>3</sup> συνολικού πάχους 80mm και στεγανοποιητική μεμβράνη.

Το δάπεδο στην περιοχή του προβόλου αποτελείται από τραπεζοειδή χαλύβδινη λαμαρίνα γαλβανισμένη και προβαμμένη τύπου KSH100/1,25 , μοριοσανίδες MDF και συνθετικά πλακίδια.

Στην εικόνα 1 παρουσιάζεται η γενική κάτοψη του δαπέδου 2<sup>ου</sup> ορόφου και στην εικόνα 2 η κάτοψη της στέγης.



Εικ.1 Γενική κάτοψη δαπέδου 2<sup>ου</sup> ορόφου



Εικ.2 Κάτοψη στέγης

### 3.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Ο κύριος φέρων οργανισμός αποτελείται από ένα σύνολο χαλύβδινων οροφδοκών τύπου Vierendeel, που σχηματίζει την πενταγωνική κάτοψη του ορόφου και τοποθετείται υπό γωνία  $17^\circ$  ως προς το υπάρχον κτίριο, ώστε το ίχνος της μίας πλευράς του να συμπίπτει με την εξωτερική πλευρά του υποκειμένου κτίσματος από ωπλισμένο σκυρόδεμα. Αναλυτικότερα, το παραπάνω φέρον σύστημα αποτελείται από:

α) μια συνεχή οροφδοκό τύπου Vierendeel τεσσάρων ανοιγμάτων (18,624m , 14,400m , 15,000m και 12,970m), που εδράζεται σε ενισχυμένα ή νέα υποστυλώματα από ωπλισμένο σκυρόδεμα του υποκειμένου κτιρίου μέσω αρθρώσεων ή κυλίσεων και έμμεσα στο ένα άκρο της οροφδοκού του εδαφίου δ).

β) μια συνεχή μονοπροέχουσα οροφδοκό τύπου Vierendeel, παράλληλη με την προηγούμενη και σε απόσταση 22,300m, τεσσάρων ανοιγμάτων (18,912m , 9,600m, 17,400m και 12,970m σε πρόβολο), που εδράζεται σε ενισχυμένα ή νέα υποστυλώματα από ωπλισμένο σκυρόδεμα του υποκειμένου κτιρίου, μέσω αρθρώσεων ή κυλίσεων.

γ) μια μονοπροέχουσα οροφδοκό τύπου Vierendeel δύο ανοιγμάτων (9,900m και 12,400m σε πρόβολο), κάθετη στις δύο προηγούμενες, που εδράζεται σε κατακόρυφα στοιχεία από ωπλισμένο σκυρόδεμα του υποκειμένου κτιρίου, μέσω αρθρώσεων ή κυλίσεων. Η δοκός αυτή συνδέεται με την οροφδοκό του εδαφίου β) ώστε το σημείο σύνδεσης να συνιστά το άκρο του προβόλου του κτιρίου.

δ) μια αμφιπροέχουσα οροφδοκό τύπου Vierendeel τριών ανοιγμάτων (3,62m , 8,80m και 5,31m), που εδράζεται σε δυο ενισχυμένα υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα του υποκειμένου κτιρίου, μέσω αρθρώσεων.

ε) μια οροφδοκό τύπου Vierendeel, η οποία κλείνει το περίγραμμα του κτιρίου και εδράζεται στα άκρα των οροφδοκών των εδαφίων β) και δ).

Όλες οι παραπάνω δοκοί, στατικού ύψους περίπου 4,08m, αποτελούνται από κάτω πέλματα 2HEB 280 , άνω πέλματα HEB 280 και ορθοστάτες επίσης HEB 280 ανά 2,50m περίπου. Διαφοροποιούνται μόνο τα άνω πέλματα των δοκών των εδαφίων δ) και ε) που αποτελούνται από HEA200. Τα άνω και τα κάτω πέλματα της οροφδοκού του εδαφίου γ) και τμήματος της οροφδοκού του εδαφίου β) (στην περιοχή του προβόλου) ενισχύονται μέσω οριζοντίων και διαγωνίων στοιχείων ώστε να αυξηθεί η ακαμψία των τμημάτων αυτών και να επιτευχθούν μικρότερες βυθίσεις στο άκρο του προβόλου.

Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν τον κύριο φέροντα οργανισμό του ορόφου, επί του οποίου εδράζονται τα στοιχεία που μορφώνουν τον φορέα της στέγης και τον φορέα του εν προβόλω δαπέδου.

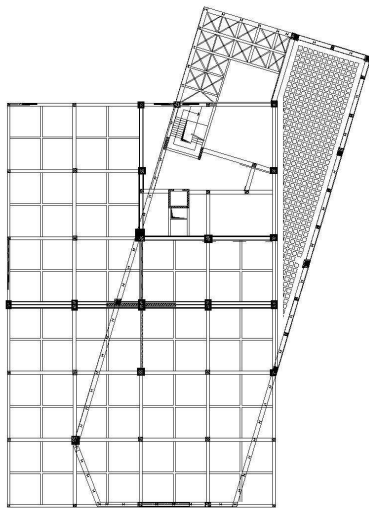
Ο φορέας της στέγης αποτελείται από ένα σύνολο επίπεδων δικτυωμάτων ανοίγματος 22,300m και ελάχιστου στατικού ύψους 0,920m, που συνδέουν ανά 5m περίπου τις παράλληλες οροφδοκούς των εδαφίων α) και β), ώστε να γεφυρώσουν την μεταξύ τους απόσταση. Τα άνω πέλματα των δικτυωμάτων αποτελούνται από διατομές HEA 160 και φέρουν απευθείας την τραπεζοειδή λαμαρίνα της επικάλυψης. Τα κάτω πέλματα αποτελούνται από σωλήνες κυκλικής διατομής  $\Phi 159,0 \times 5,6 \text{mm}$  και οι διαγώνιες από κυκλικούς σωλήνες διατομής  $\Phi 88,9 \times 5,0 \text{mm}$  και  $\Phi 76,1 \times 3,2 \text{mm}$ .

Ο φορέας του εν προβόλου δαπέδου αποτελείται από ένα σύνολο οριζοντίων διασταυρούμενων δοκών, που αναρτώνται από τμήμα των κάτω πελμάτων των οροφδοκών των εδαφίων β) και γ) και φέρουν την υποδομή του δαπέδου σε αυτήν την περιοχή.

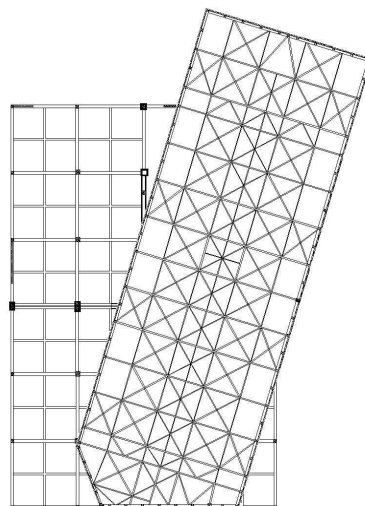
Ένα σύνολο κατακορύφων και οριζοντίων αντιανεμίων συνδέσεων αποτελούμενων από σωλήνες κυκλικής διατομής διαφόρων διαμέτρων και παχών, συμπληρώνει το φέροντα στατικό οργανισμό και εξασφαλίζει τη συνολική του ευστάθεια.

Η ποιότητα του χάλυβα για όλα τα παραπάνω χαλύβδινα στοιχεία είναι S275 (Fe430C). Τα ακύρια είναι ποιότητας χάλυβα S355 (Fe510C). Τα εφάδρανα έδρασης των οροφδοκών είναι τύπου ALGAFILON, διαφόρων φερουσών ικανοτήτων και δεσμεύσεων, ανάλογα με το σημείο εφαρμογής τους.

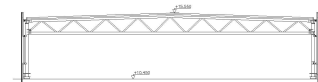
Στις εικόνες 3 έως 9 παρουσιάζονται οι κύριες κατόψεις και τομές του χαλύβδινου φορέα.



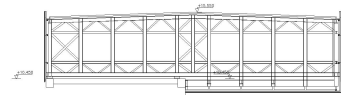
*Εικ.3 Κάτοψη οροφδοκών και φορέα του εν προβόλου δαπέδου*



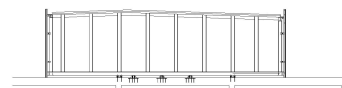
*Εικ.4 Κάτοψη φορέα στέγης*



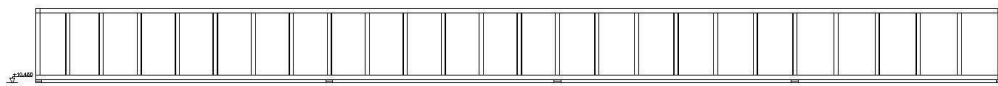
*Εικ.5 Τομή τυπικού δικτυώματος στέγης*



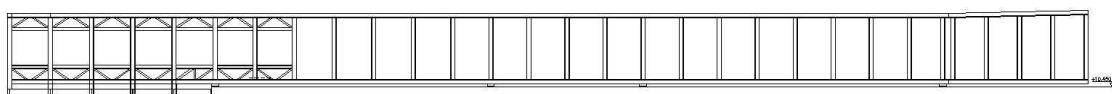
*Εικ.6 Οροφδοκός γ)*



*Εικ.7 Οροφδοκός δ)*



*Εικ.8 Οροφδοκός α)*



*Εικ.9 Οροφδοκός β) και οροφδοκός ε) σε ανάπτυγμα*

#### 4.ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΩΝ-ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

Τα φορτία που ελήφθησαν υπ' όψιν είναι :

- Μόνιμες δράσεις γενικά (ίδιο βάρος φορέων, επικαλύψεων, Η/Μ εγκαταστάσεων, ψευδοροφών, πλαγιοκαλύψεων)
- Μόνιμες δράσεις στην περιοχή του προβόλου (ίδιο βάρος επικαλύψεων δαπέδου, εξωτερικής επικάλυψης, χωρισμάτων, υάλινων τοίχων)
- Μεταβλητές δράσεις :
  - χιόνι ή κινητό φορτίο στέγης  $0,75 \text{ kN/m}^2$
  - κινητό φορτίο περιοχής προβόλου  $2,0 \text{ kN/m}^2$
  - άνεμος  $v_{\text{ref}} = 30 \text{ m/sec}$
- Έμμεσες δράσεις :  $\Delta T = \pm 20^\circ\text{C}$
- Τυχηματικές δράσεις (σεισμός) :
  - Σεισμική επικινδυνότητα I  
( $\alpha_h = 0,16$  ,  $\alpha_v = 0,7 \times \alpha_h$ ),
  - Κατηγορία εδάφους «B»
  - Σπουδαιότητα  $\Sigma_2$  ( $\gamma_I = 1$ )
  - Συντελεστής συμπεριφοράς δομήματος  
( $q_h = 1,5$  ,  $q_v = 1$  )

Ο μεταλλικός Β' όροφος θεωρήθηκε , υπέρ της ασφαλείας, σαν προσάρτημα κτιρίου.

Από την εφαρμογή των παραγράφων 4.2.3 και 3.7 του ΕΑΚ2000 προκύπτει  $\alpha = 0,19$  αντί του  $\alpha = 0,16$  της αντίστοιχης σεισμικής ζώνης και η σεισμική ανάλυση εκπονήθηκε λαμβάνοντας  $\alpha=0,19$ .

Οι συνδυασμοί των προαναφερόμενων φορτίων έγιναν σύμφωνα με τις διατάξεις του Ε.Σ.1, Ε.Σ. 3 , ΕΑΚ 2000.

#### 5.ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ-ΕΛΕΓΧΟΙ

Η αναζήτηση των μετατοπίσεων των κόμβων, της εντατικής κατάστασης των μελών καθώς και οι έλεγχοι αντοχής και ευστάθειας των στοιχείων που συνιστούν τους μεταλλικούς φορείς, πραγματοποιήθηκε μέσω ενός προγράμματος γραμμικής ανάλυσης των φορέων στο χώρο.

Το μαθηματικό προσομοίωμα που χρησιμοποιήθηκε, αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων-πεπερασμένων γραμμικών στοιχείων στο χώρο που περιλαμβάνει όλα τα μεταλλικά στοιχεία που αποτελούν το φορέα με τα μηχανικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά τους. Θεωρείται εδραζόμενο στους φορείς από ωπλισμένο σκυρόδεμα και υπόκειται στη δράση των μονίμων, των μεταβλητών και των τυχηματικών δράσεων.

Η σεισμική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την ισοδύναμη στατική μέθοδο. Επίσης εκτελέστηκε δυναμική ανάλυση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των διανυσμάτων του Ritz για την εύρεση των βασικών ιδιοπεριόδων του φορέα.

Για τον υπολογισμό της απόκρισης χρησιμοποιήθηκε το φάσμα των ψευδο-επιταχύνσεων του ΕΑΚ2000.

Ο παραπάνω φορέας αναλύθηκε με το πρόγραμμα Η/Υ γραμμικών και επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων στο χώρο STRAND, το οποίο παράγεται από την ιταλική εταιρεία λογισμικού ENEXSYS. Η μέθοδος ανάλυσης που χρησιμοποιείται είναι εκείνη των παραμορφώσεων. Οι αναλύσεις που εκτελούνται είναι η στατική και η δυναμική γραμμική ανάλυση των φορέων.

Με βάση τα αποτελέσματα εκτελέστηκαν οι έλεγχοι παραμορφώσεων, αντοχής και ευστάθειας των στοιχείων του φέροντος οργανισμού, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ε.Σ.3.

Στις εικόνες 10 έως 17 φαίνονται διάφορες φάσεις της κατασκευής.



*Εικ. 10 Ανέγερση τμήματος οροφοδοκού β)*



*Εικ. 11 Συναρμολόγηση τμημάτων οροφοδοκού β)*



*Εικ. 12 Ανέγερση οροφοδοκού γ)*



*Εικ. 13 Σύνδεση οροφοδοκών β) και γ)*



*Εικ. 14 Σύστημα οροφοδοκών και δικτυωμάτων στέγης*



*Εικ. 15 Περιοχή προβόλου με μερική επικάλυψη στέγης και φορείς του εν προβόλω δαπέδου*



*Εικ. 16 Συνολική άποψη φέρουσας κατασκευής και επικάλυψης*



*Εικ. 17 Άποψη ολοκληρωμένης κατασκευής*

## **7. ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

|                       |   |                                                  |
|-----------------------|---|--------------------------------------------------|
| Κύριος του έργου      | : | NOTOS.COM A.E.B.E.                               |
| ΜΕΛΕΤΕΣ               |   |                                                  |
| Αρχιτεκτονική μελέτη  | : | ΕΝΤΟΠΙΑ WOHNSTUDIO                               |
| Στατική μελέτη Ω.Σ.   | : | Κ. ΖΑΧΑΡΑΤΟΣ, Α. ΜΑΛΤΕΖΗΣ,<br>Π. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ |
| Μεταλλικοί φορείς     | : | Φ. ΖΟΥΛΑΣ                                        |
| Συνεργάτες            | : | Γ. ΚΑΡΤΣΑΚΗΣ, Α. ΖΩΓΡΑΦΟΣ                        |
| ΕΚΤΕΛΕΣΗ              |   |                                                  |
| Γενικός κατασκευαστής | : | ΤΕΧΝΟΠΟΛΗ Α.Τ.Ε.                                 |
| Μεταλλικές κατασκευές | : | Κ. ΛΙΑΡΟΜΑΤΗΣ Α.Ε.                               |

# **THE STEEL STRUCTURAL SYSTEM FOR THE NEW 2<sup>nd</sup> FLOOR OF THE EXISTING OFFICE BUILDING OF “NOTOS.COM S.A.” AT NEA KIFISIA**

**F. Zoulas**

Consulting Structural Engineer

L. Karagianni St. 78, 113 61 – Athens, Greece

e-mail : [zuzu@otenet.gr](mailto:zuzu@otenet.gr)

**G. Kartsakis**

Civil Engineer, N.T.U.A.

Amerikis St. 20 & Akadimias St. , 10671 – Athens, Greece

e-mail : [kartsakis@ath.forthnet.gr](mailto:kartsakis@ath.forthnet.gr)

**A. Zografos**

Civil Engineer, N.T.U.A.

Morfeos St. 3 , 12135 – Peristeri, Greece

e-mail : [a\\_zografos@yahoo.gr](mailto:a_zografos@yahoo.gr)

## **SUMMARY**

This paper illustrates the most interesting aspects of the design and construction of the steel structural system of the new 2<sup>nd</sup> floor of the existing office building of “NOTOS.COM S.A.” at Nea Kifisia.

The main structural system of the new 2<sup>nd</sup> floor consists of full floor height Vierendeel truss beams, based on the upper level of columns of the underlying floor, forming a pentagonal plan. It is placed having a side of the pentagon coincident with the external side of the underlying concrete building. The principal dimensions are 61.0m x 22.0m. Two common-ended simply-supported Vierendeel truss beams, with a protruding cantilever of 13.0m , define a surface of 13m x 13m which exceeds the plan of the existing building.

The structural system of the roof, based on the upper chords of the Vierendeel truss beams, consists of planar trusses, connecting beams and horizontal bracings while the bearing structure of the cantilever floor, which consists of intersecting beams, is suspended from the lower chords of the above mentioned Vierendeel truss beams.

All the steel structure components were analysed and verified under the action of the external loads in conformity with the greek design codes and in particular according to the E.C.1, E.C.3 and EAK2000.