

**«Σύγχρονα Υπολογιστικά Μαντεία για Θέματα Υγιεινής και Ασφάλειας»
Νίκου Μαρκάτου
Καθηγητή ΕΜΠ, π. Πρύτανη**

Η πιο σπουδαία ερώτηση την οποία ένα συνειδητό άτομο μπορεί να ρωτήσει είναι «**τι θα συμβεί αν**», τι θα συμβεί για παράδειγμα αν, ο μη γένοιτο, πιάσει μια φωτιά σε αυτό το δωμάτιο. Το να μπορούμε να απαντήσουμε τέτοιες ερωτήσεις «σωστά» είναι αυτό το οποίο πραγματικά κρατάει όλους εμάς ασφαλείς, υγιείς και σχετικά εύπορους, τολμώ να πω, γιατί μας επιτρέπει, κατ' αρχήν να προβλέψουμε, και επομένως να αποφύγουμε, τα επικίνδυνα γεγονότα, να διαλέξουμε από πολλά εναλλακτικά σενάρια εκείνα τα οποία περισσότερο μας βοηθούν στο να αποκτήσουμε ευτυχία και να αισθανόμαστε καλά και, τέλος, να δημιουργήσουμε ευκαιρίες οι οποίες ποτέ προηγούμενα δεν υπήρχαν.

Μέσω της εκπαίδευσης η κοινωνία πάντα επιζητούσε και επιζητεί, έστω και αν δεν το συνειδητοποιεί άμεσα τις περισσότερες φορές, να εμψυχήσει στους νέους ανθρώπους τη συνήθεια να κάνουν ακριβώς αυτή την ερώτηση: «τι θα συμβεί αν», και βεβαίως να τους δώσει τις μεθοδολογίες ώστε να μπορούν τις περισσότερες φορές να φτάνουν στη σωστή απάντηση, επομένως να μας διδάξει όλους να **προβλέπουμε**.

Στην ουσία όλες αυτές οι τεχνικές πρόβλεψης είναι οι ίδιες, απλώς εξετάζουμε το παρελθόν, κι αν βλέπουμε στοιχεία του παρελθόντος να επαναλαμβάνονται αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να πούμε ότι αυτό είναι πιθανόν – προσέξτε υπογραμμίζω το «πιθανόν»- να συμβεί ξανά. Για παράδειγμα, εάν την τελευταία φορά που τράβηξα την ουρά μιας γάτας αυτή με γρατσούνισε, ένα νέο γρατσούνισμα είναι αυτό, προφανώς, που περιμένω αν της την ξανατραβήξω. Αυτό είναι μια **βασική** αρχή. Στους παλιούς καιρούς είχαμε βεβαίως τα μαντεία, το μαντείο των Δελφών για παράδειγμα, το οποίο οι άνθρωποι το συμβουλευόνταν για πράγματα σοβαρά, όπως αυτό ταίριαζε στην ηλικία του μάντη, την εμπειρία του ή τις διασυνδέσεις του (το λέω αυτό το «διασυνδέσεις» διότι στη χώρα μας οι διασυνδέσεις από αρχαιοτάτων χρόνων παίζουν ρόλο και όχι μόνο τώρα τελευταία!) για να προβλέψουν τι έλεγε το παρελθόν ότι πρόκειται να συμβεί στο μέλλον. Αυτό, επίσης, ήταν μια πολύ καλή αρχή για εκείνους που μπορούσαν βεβαίως να πληρώσουν τα έξοδα του μαντείου.

Πως εφαρμόζονται αυτές οι πρακτικές σήμερα στα θέματα ενασχόλησης ενός χημικού μηχανικού- επειδή συμβαίνει να είμαι χημικός μηχανικός- αλλά αυτό αφορά γενικά τους μηχανικούς. Αν, για παράδειγμα, αυτό που θέλουμε να κάνουμε δεν περιλαμβάνει κάτι καινούριο, για παράδειγμα σε μια παραγωγή η οποία ήδη λειτουργεί πάρα πολύ καλά και θέλουμε να βάλουμε έναν άλλο αντιδραστήρα δεν έχουμε να κάνουμε τίποτε άλλο παρά να επαναλάβουμε το σχέδιο του αντιδραστήρα τον οποίο είχαμε. Όταν όμως αλλάζουν οι συνθήκες και μας επιζητείται κάτι καινούριο, μια καινούρια προδιαγραφή, που να ξεπερνάει π.χ. την παραγωγικότητα την οποία είχαμε στο παρελθόν, τότε αυτό το οποίο χρειάζεται είναι **καινοτομία** και βεβαίως ότι είναι καινούριο εξ ορισμού δεν έχει ένα παρελθόν για να εξετασθεί. Τι θα κάνουμε λοιπόν?

Γενικά, υπάρχει μια σφαιρική θεώρηση του παρελθόντος την οποία εμείς οι άνθρωποι την αποκαλούμε *επιστήμη*- αυτό είναι η επιστήμη- και αυτή παίρνει τη μορφή φυσικών νόμων. Για παράδειγμα, οι νόμοι διατήρησης της μάζας, της ορμής και της ενέργειας- υπήρξαν περίφημοι άνθρωποι, πανέξυπνοι άνθρωποι – **Lomonossov, Νεύτωνας, Joule**- που τους υπέδειξαν, ή οι νόμοι μεταφοράς αυτών των ποσοτήτων με διάχυση, με **ιξώδη δράση** και με αγωγή θερμότητας- εδώ ο **Fick, ξανά ο Νεύτωνας, ο Fourier** – ή νόμους για το πως παραμορφώνονται τα στερεά όταν για παράδειγμα υφίστανται τάσεις είτε μηχανικές είτε θερμικές- χτύπα ξύλο ένας σεισμός- ο **Hooke**- και νόμους οι οποίοι συγκυβερνούν τον τρόπο και την ταχύτητα με την οποία προχωρούν οι χημικές αντιδράσεις- οι χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα για παράδειγμα- και οι ηλεκτρικές και μηχανικές αλληλεπιδράσεις – **ο Arrhenius, ο Faraday**. Επομένως, κάθε φορά που ρωτάμε «τι θα συμβεί αν» μπορούμε να προσφύγουμε εμείς οι επιστήμονες, και οι μηχανικοί, σε αυτούς τους γνωστούς φυσικούς νόμους. Θα σας δείξω λοιπόν πως η προσομοίωση με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή έχει γίνει σήμερα το «νέο μαντείο των Δελφών» για τους μηχανικούς. Θα σας πω για τα λογισμικά, τα οποία έχουν γίνει οι μάντες της αρχαιότητας και θα σας πω ότι έχουν δύο βασικές ομοιότητες με τους μάντες της αρχαιότητας: και οι δύο κοστίζουν λεφτά! Τότε κόστιζαν κασίκες ή αγελάδες, ανάλογα τι έδινε ο καθένας, σήμερα χρήματα. Και προσέξτε: η προφητεία τους δεν είναι ποτέ 100% σίγουρη. Θα σας εξηγήσω τους λόγους και για τα δύο αυτά γεγονότα.

Λίγα μαθηματικά- δεν πρόκειται να μείνω σε λεπτομέρειες. Με τόσο κόσμο είναι πολύ πιο ευχάριστο να κάνουμε μια γενικότερη κουβέντα που δεν απαιτεί βαθιά επιστημονική

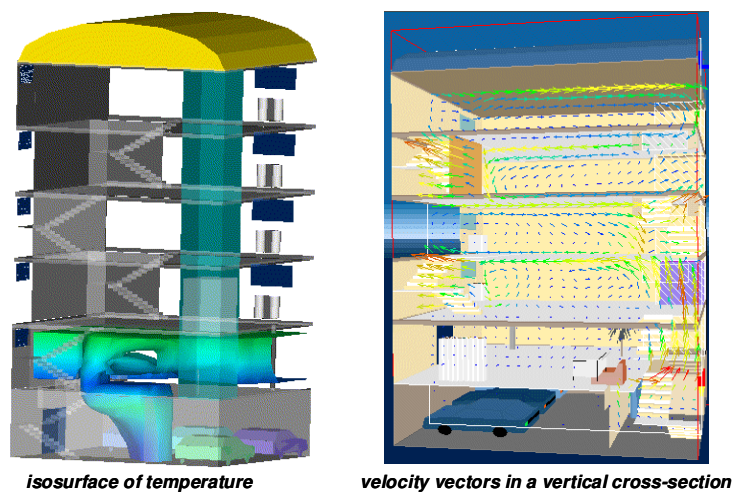
γνώση. Παρολαυτά θα σας δείξω διαφορικές εξισώσεις, τη διατήρηση της μάζας, της ορμής, της ενέργειας γιατί θέλω να σας πω ότι μιλάω για προσδιοριστικά μοντέλα, πραγματικά μοντέλα, όχι φαινομενολογικά μοντέλα και άλλα συναφή τέτοια.

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = \dot{m}_i \quad (1)$$

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) = -\nabla P + \rho \mathbf{g} + \nabla \cdot \left[\mu \mathbf{r} (\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) - \frac{2}{3} \mu \mathbf{r} (\nabla \cdot \mathbf{u}) \mathbf{I} \right] + \dot{m}_i \mathbf{u} + \mathbf{r} S_u \quad (2)$$

$$C_p \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} T) = \nabla \cdot (\lambda \mathbf{r} \nabla T) - \sum_{i=1}^N \mathbf{r} (\mathbf{j}_i^c + \mathbf{j}_i^T) \cdot \frac{\nabla H_i}{M_i} - \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K H_i \gamma_{ik} R_k^g \quad (3)$$

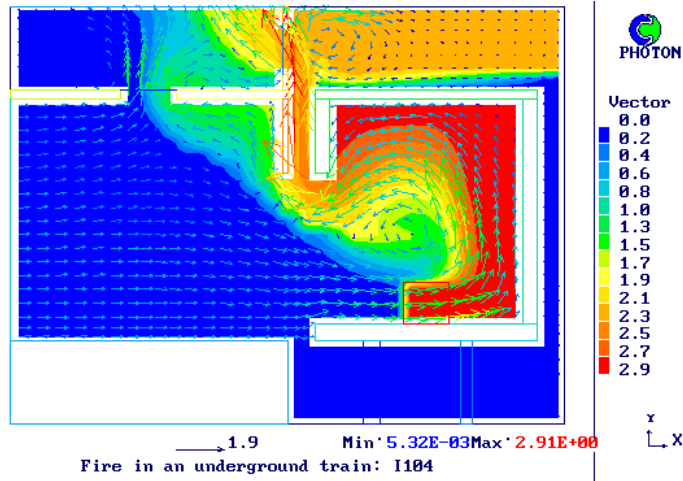
Η πρώτη διαφορική εξίσωση λέει ότι αν έχω δύο φάσεις η μάζα και των δύο διατηρείται. Το ότι στο δεξί μέλος της εξίσωσης ένα m_i είναι διότι, βεβαίως, σταγονίδια μπορεί να εξατμίζονται ή μπορεί να δημιουργούνται σταγονίδια και ούτω καθεξής επομένως μπορεί να περνάει μάζα μέσα από το όριο της μιας φάσης στην άλλη φάση, μιλάμε δηλαδή για ύπαρξη πολλών φάσεων. Για παράδειγμα, εκτός από τα NO_x , πρόβλημα στην ατμόσφαιρα είναι και τα αιωρούμενα σωματίδια και μάλιστα πολύ μεγάλο γιατί τώρα, μόλις πρόσφατα αρχίσαμε να μελετάμε και να ελέγχουμε και αυτά. Εν συνεχεία έχουμε την εξίσωση ορμής, τι σημαίνει αυτό, σημαίνει ότι αν έχω μία μάζα ρευστού το ρευστό φεύγει από δω πηγαίνει παρακάτω και μεταφέρει την ορμή του. Ταυτόχρονα διαχέεται μέσω μοριακών κινήσεων και στο δρόμο μπορεί να υπάρχουν πηγές ή καταβόθρες οι οποίες παραδείγματος χάρη το θερμαίνουν- διότι εδώ έχω αναμμένο τον προβολέα και καθώς θα περάσει από κάτω το ρευστό θα πάρει λίγο από τη θερμότητα αυτή. Αυτή είναι η διαφορική εξίσωση που περιγράφει αυτά που είπα. Και σήμερα έχουμε τον τρόπο να λύνουμε αυτές τις εξισώσεις, έχετε ακούσει ενδεχομένως τεχνικές όπως πεπερασμένα στοιχεία, πεπερασμένες διαφορές κ.τ.λ.. Στο εργαστήριο μας χρησιμοποιούμε μια άλλη τεχνική η οποία είναι το πάντρεμα των δύο παραπάνω μεθόδων. Ολοκληρώνουμε αυτές τις διαφορικές εξισώσεις πάνω σε όγκους ελέγχου που καλύπτουν το πεδίο του ενδιαφέροντος μας και βρίσκουμε, λοιπόν, διάφορες κατανομές - θα σας δείξω πως εφαρμόζονται αυτά που λέω και πως τα έχουμε εφαρμόσει σε πρακτικές εφαρμογές ενδιαφέροντος, δυστυχώς τις περισσότερες φορές στο εξωτερικό και όχι στην Ελλάδα- θα τα πούμε και αυτά σε ένα λεπτό. Για παράδειγμα πυρκαγιές, πυρκαγιές μπορεί να συμβούν ή στη βιομηχανία ή σε κτήρια ή στο METRO- χτύπη ξύλο για όλα αυτά- και βεβαίως στα δάση. Μας χρειάζεται να σχεδιάσουμε αξιόπιστα συστήματα, ώστε να μπορούμε να τις σβήσουμε όσο πιο γρήγορα γίνεται και να μπορούμε να τοποθετούμε τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης αυτών όσο πιο αποτελεσματικά, για να γλιτώσουμε ανθρώπινες ζωές και να προστατεύσουμε την πανίδα και χλωρίδα.



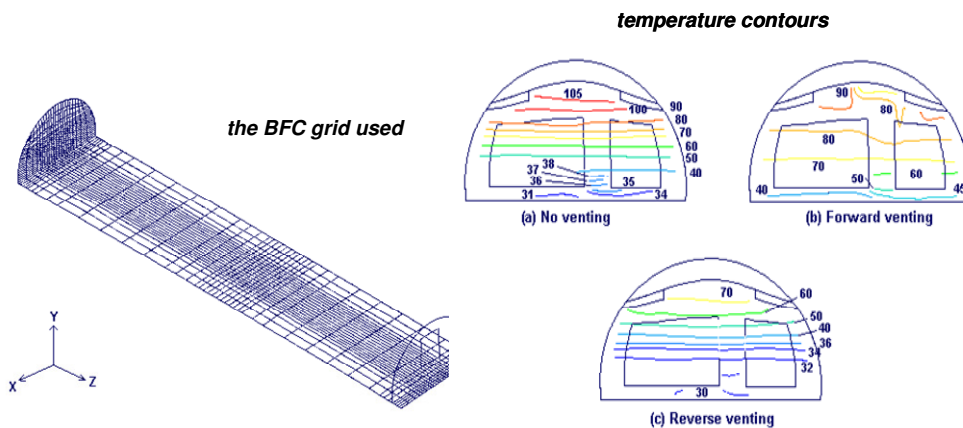
Σχήμα 1. Προσομοίωση πυρκαγιάς σε κτήριο

Στο Σχήμα 1 βλέπουμε για παράδειγμα την πρόβλεψη του Η/Υ – χτύπα ξύλο αν συμβεί μια φωτιά σε ένα κτήριο- το βλέπετε το κτήριο το οποίο έχει πολλά πατώματα- στο δεξί βλέπετε τον τρόπο με τον οποίο η φωτιά θα δημιουργήσει κίνηση αέρα διότι βεβαίως θερμαίνει τα στρώματα του αέρα, αυτά γίνονται ελαφρότερα πηγαίνουν προς τα πάνω, καλύπτεται όλος ο χώρος, δεν πρόκειται να μείνω στις λεπτομέρειες αυτές, απλώς σας δείχνω τις δυνατότητες τις οποίες έχουμε σήμερα και ατυχώς στη χώρα μας τις αγνοούμε. Ξέρουμε ότι υπάρχουν απλώς δεν τις χρησιμοποιούμε.

Στο Σχήμα 2 βλέπουμε φωτιά στο ΜΕΤΡΟ- αυτό είναι για την Αγγλία για παράδειγμα- τι συμβαίνει όταν το ΜΕΤΡΟ σταματάει σε μια στάση και έξω από εκεί έχει αρχίσει μία πυρκαγιά, πως θα μπει μέσα στο βαγόνι και τι πρέπει να κάνουμε για να αποφύγουμε τα θύματα που θα έχουμε. Λοιπόν, αυτό είναι το βαγόνι, εδώ είναι η πλατφόρμα του σταθμού στον οποίο έχει σταματήσει.



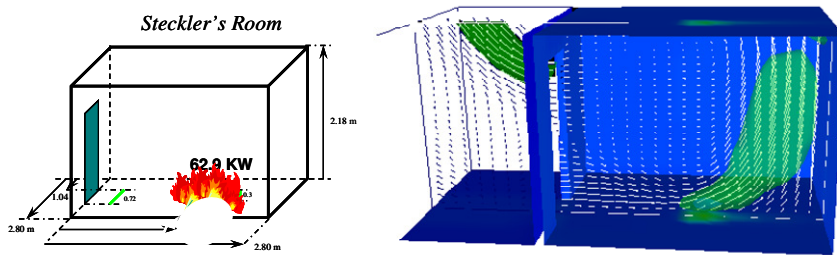
Σχήμα 2. Προσομοίωση πυρκαγιάς σε σταθμό ΜΕΤΡΟ



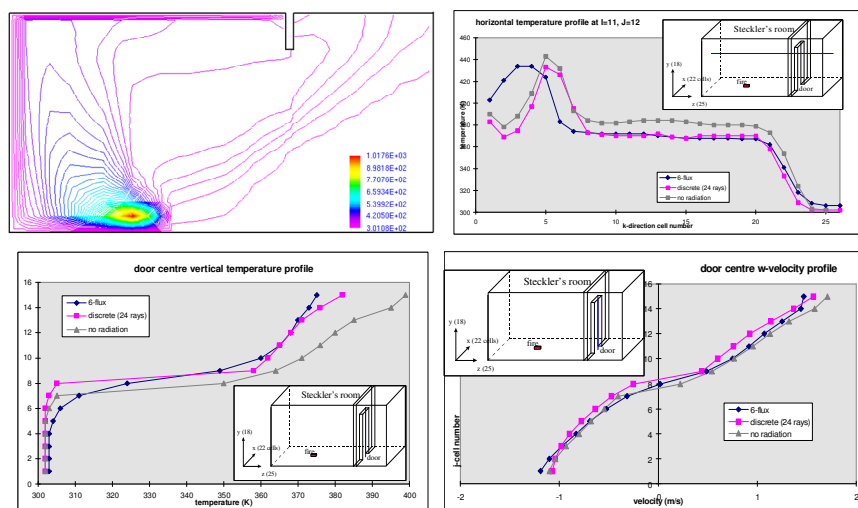
Σχήμα 3. Προσομοίωση πυρκαγιάς σε καμπίνα αεροπλάνου

Μιλάμε, άλλο παράδειγμα, για φωτιά στην καμπίνα ενός αεροπλάνου- θα σας το δείξω και παρακάτω αυτό- αυτά βεβαίως όλα τα μοντέλα όπως αντιλαμβάνεστε επειδή είναι μοντέλα, επειδή λύνουμε διαφορικές εξισώσεις γιατί τη φύση δεν την ξέρουμε για όλα τα φαινόμενα πλήρως - θα σας πω σε λίγο τι εννοώ - κάνουμε λοιπόν και πειράματα και βάζουμε τον Η/Υ να επαναλάβει τις μετρήσεις που βρίσκουμε στο πείραμα.

Στο Σχήμα 4 φαίνεται ένα τυπικό δωμάτιο από την Αμερική, όπου εκεί καίγοντάς το βλέπουμε τον τρόπο με τον οποίο οι προβλέψεις συμπίπτουν ή δε συμπίπτουν με τις μετρήσεις τις οποίες κάνουμε και φαντάζομαι θα συμφωνήσετε ότι αυτό που βλέπετε παριστά μια ικανοποιητική, αν θέλετε, ακρίβεια μοντελοποίησης και πρόβλεψης.

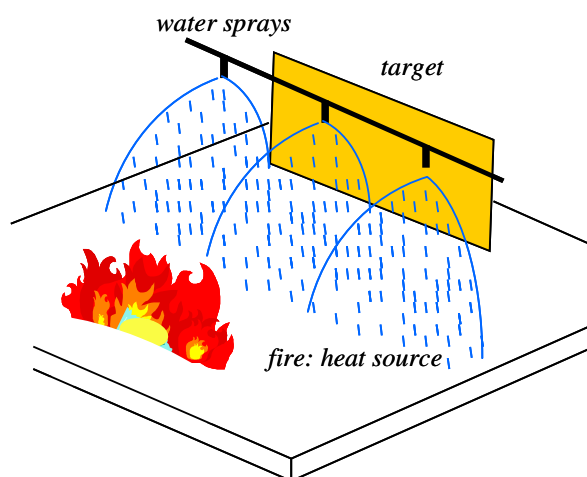


Σχήμα 4. Προσομοίωση πυρκαγιάς σε δωμάτιο



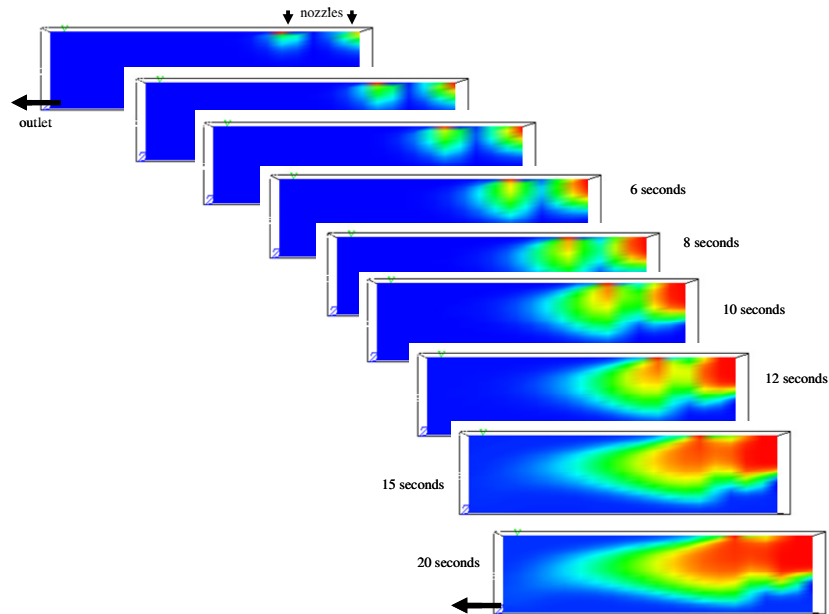
Σχήμα 5. Προσομοίωση πυρκαγιάς

Εν συνεχεία λέμε να βάλουμε πυροσβεστικά συστήματα κατάσβεσης νερού, διότι αυτά έχουμε δει ότι μπορούν και συνεισφέρουν στην γρήγορη κατάσβεση της πυρκαγιάς.



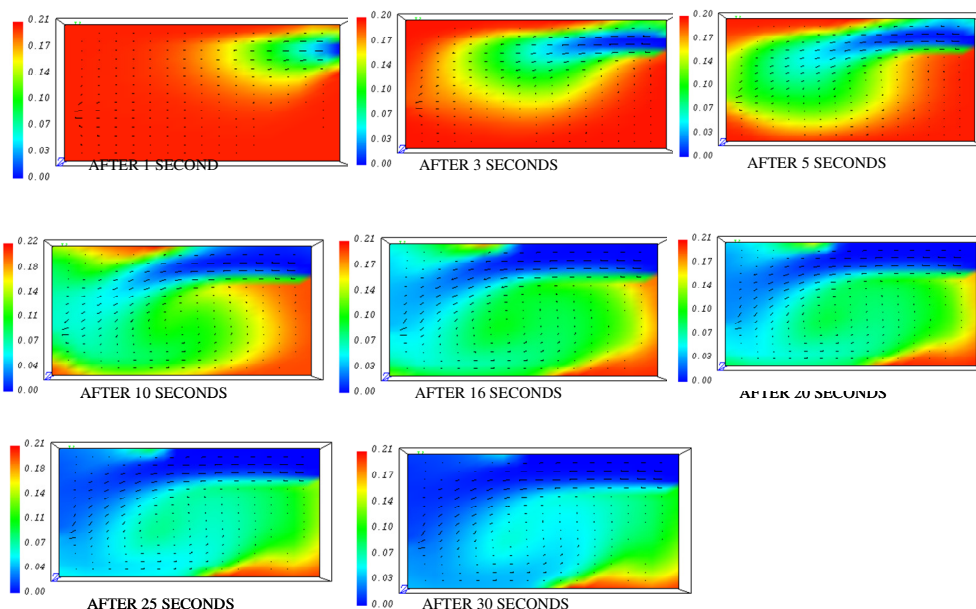
Σχήμα 6. Σύστημα καταιονισμού

Εδώ μιλάμε, βεβαίως, για διφασική ροή διότι υπάρχουν σταγονίδια- σταγονίδια του νερού ή οποιουδήποτε άλλου υγρού το οποίο ψεκάζεται, αυτό εξατμίζεται και κατασβήνει τη φωτιά. Ένα πραγματικό πρόβλημα ακολουθεί, το οποίο μας ανατέθηκε από την ΕΕ για το το αεροπλάνο Airbus: τοξικά χρησιμοποιούνται για την κατάσβεση αυτών των πυρκαγιών.



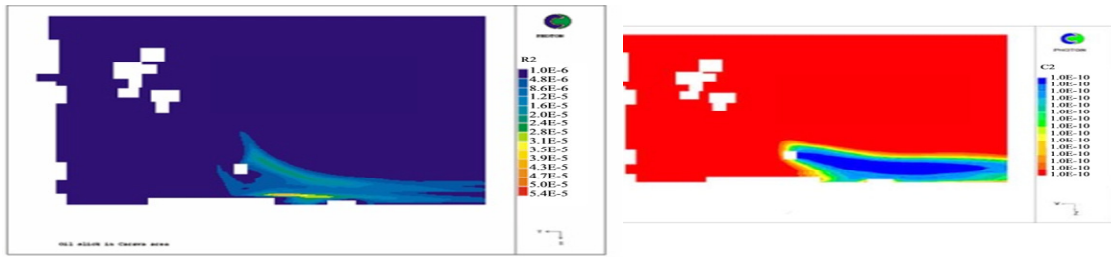
Σχήμα 7. Κατάσβεση πυρκαγιάς σε αεροπλάνο Airbus με σταγονίδια νερού

Μπορούμε να τα αλλάξουμε με αδρανή αέρια για παράδειγμα ή μήπως και το νεράκι, παρότι δεν μπορείς να το μεταφέρεις τόσο εύκολα σε ένα αεροπλάνο σε μεγάλες ποσότητες, είναι καλό; Παρατηρούμε, λοιπόν, λύνοντας τις διαφορικές εξισώσεις αν, ο μη γένοιτο, ξεσπάσει μια φωτιά πως θα εξελιχθεί μες στο χρόνο- στα 6 δευτερόλεπτα, στα 8 δευτερόλεπτα, στα 10, στα 12, στα 15, στα 20- και ο μηχανικός αρχίζει και ρωτάει, «**τι θα συμβεί αν**» αντί να χρησιμοποιήσω νερό χρησιμοποιήσω ένα άλλο υλικό, για παράδειγμα εδώ χρησιμοποιείται ένα αδρανές αέριο για να σβήσουμε αυτή τη φωτιά- ο μη γένοιτο- σε ένα airbus και βλέπουμε τι γίνεται στα 30 δευτερόλεπτα, πόσο γρήγορα δηλαδή (εδώ μόλις που βλέπετε κόκκινο) η τεράστια θερμοκρασία πέφτει στο μπλε (μέσα σε 30 δευτερόλεπτα).



Σχήμα 8. Κατάσβεση πυρκαγιάς σε αεροπλάνο Airbus με αδρανές αέριο

Αυτό το οποίο θα σας δείξω τώρα είναι ότι και η θάλασσα βεβαίως ρυπαίνεται, περνάνε τάνκερς ρίχνουν το πετρέλαιο, υπάρχουν σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να έχουν μια λειτουργική αστοχία.

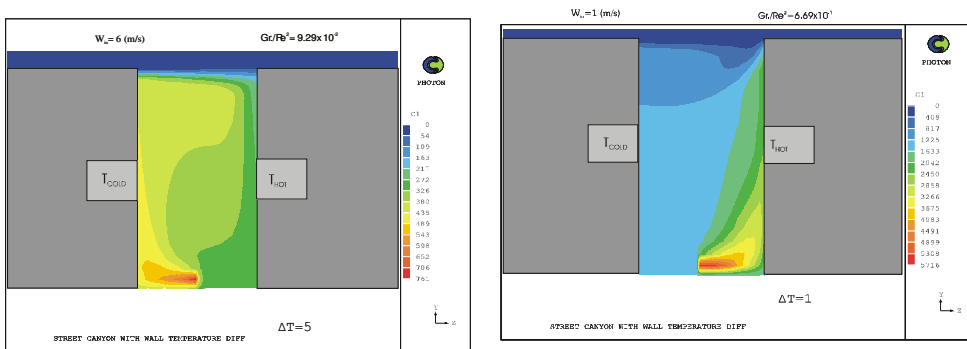


Σχήμα 9. Ρύπανση από πετρελαιοκηλίδες

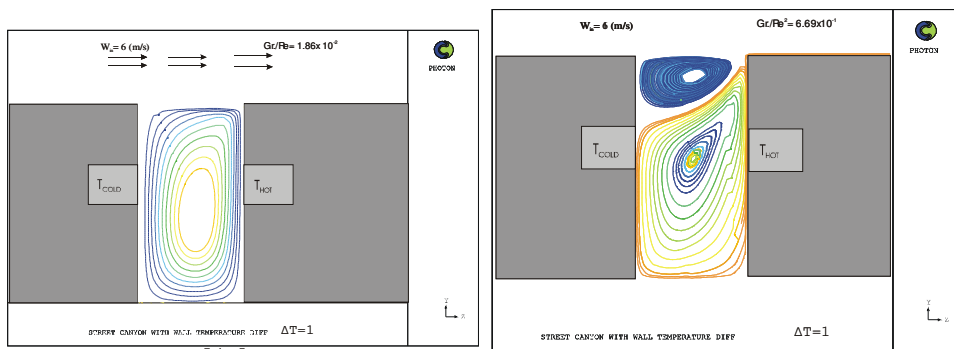
Αυτό είναι ένα παράδειγμα με το οποίο καταφύγαμε στο δικαστήριο ώστε η ΔΕΗ να μη βάλει το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας που ήθελε, στη θέση την οποία είχε διαλέξει- δε λέμε η ΔΕΗ να μην κάνει εργοστάσια, προσέξτε, λέμε ότι θα πρέπει με προσοχή να επιλεγεί η τοποθεσία ώστε να μη δημιουργηθεί, αν ο μη γένοιτο γίνει ένα ατύχημα, μεγάλη καταστροφή του περιβάλλοντος. Αυτό στην Μυτιλήνη -το οποίο βλέπετε εδώ- όπου είχε επιλεγεί μια περιοχή η οποία ήταν σε ζώνη Natura ούτως ή άλλως, όπου έξω ακριβώς από την παραλία υπήρχαν τρία μικρά νησιά.

Αντιλαμβάνεστε ότι αν γινόταν ένα ατύχημα αυτό το πετρέλαιο θα έμπαινε και θα έμενε εκεί διότι δε θα μπορούσε να περάσει έξω από τα τρία νησάκια. Παρατηρούμε λοιπόν στο σχήμα τι θα συμβεί αν γίνει το ατύχημα, 10 δευτερόλεπτα μετά το ατύχημα, 6.5 ώρες μετά το ατύχημα, βλέπουμε πως εγκλωβίζεται η πετρελαιοκηλίδα καθώς περνάει, και τον τρόπο με τον οποίο κατανέμεται σε βάθος.

Στη συνέχεια βλέπουμε πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης- είναι η οδός Πατησίων αυτή με δύο πολυκατοικίες- λέμε σήμερα φυσάει αέρας, για παράδειγμα, επομένως δεν έχουμε πρόβλημα.



Σχήμα 13

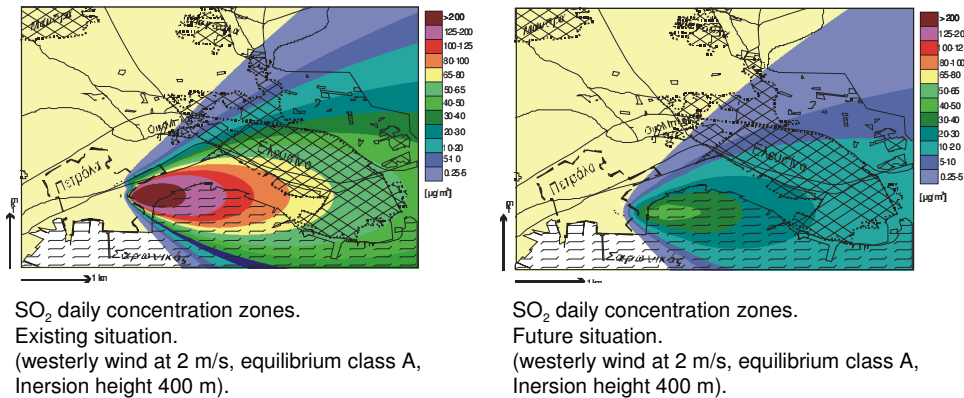


Σχήμα 7

Σχήμα 9

Σχήμα 10. Ρύπανση μεταξύ πολυκατοικιών

Όμως μπορεί να έχουμε πρόβλημα διότι στη «χαράδρα» ανάμεσα στα ψηλά κτήρια μπορεί να έχει εγκλωβιστεί αέρας από χτες, που δεν φύσαγε, και ήταν πολύ ρυπασμένος. Βλέπουμε λοιπόν τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται οι ρύποι και βλέπουμε στο σχήμα αυτό που σας είπα, την ανακυκλοφορία, αυτός εδώ ο αέρας μπορεί να είναι από οποιαδήποτε περασμένη ημέρα. Επάνω από τις πολυκατοικίες περνάει ο αέρας, δεν έχει σημασία τι είναι αυτός σημασία έχει από πότε είναι ο εγκλωβισμένος ο αέρας κοντά στο δρόμο γιατί εδώ περπατάμε εδώ είναι ο δρόμος ανάμεσα στις πολυκατοικίες που περπατάμε.

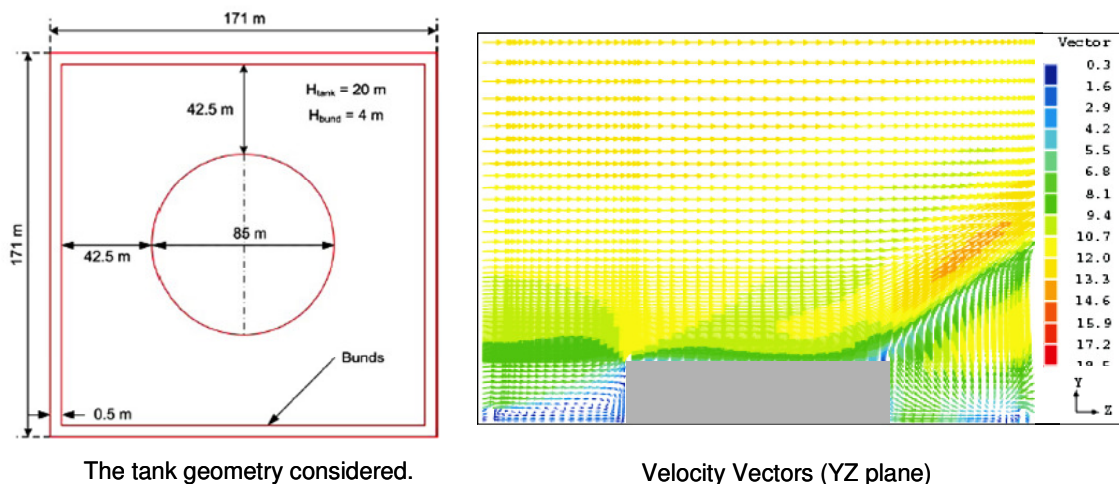


Σχήμα 11. περιβαλλοντική επίπτωση διύλιση

Το επόμενο παράδειγμα αφορά στην επίδραση ενός διυλιστηρίου και είναι ένα πραγματικό παράδειγμα, από την εποχή που σχεδιάζονταν η επέκταση της PETROLA. Απαρνάμε λοιπόν «τι θα συμβεί εάν» η PETROLA κάνει συγκεκριμένες αλλαγές.

Παρατηρούμε, εδώ για παράδειγμα, ότι αν είχαν γίνει οι αλλαγές αυτές, - για το διοξείδιο του θείου μιλάμε αλλά το ίδιο ισχύει για όλους τους ρύπους, τα οξείδια του αζώτου κ.τ.λ.- αυτή θα είναι η εικόνα, που σημαίνει ότι αν έκανε εκείνες τις αλλαγές τότε θα ήταν καλύτερη η κατάσταση. Όμως οι περιβαλλοντικές ομάδες αντιδρούσαν και διαδήλωναν εναντίον των αλλαγών αυτών. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι κάποιος θα πρέπει να αποφασίζει πάνω σε μια ορθολογική βάση, έχοντας πλήρη δεδομένα και όχι απλά συνθήματα.

Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε μια δεξαμενή πετρελαίου σε διυλιστήριο, εάν ο μη γένοιτο γίνει μια φωτιά τι ακριβώς πρόκειται να γίνει εκεί. Βλέπουμε πως η θερμοκρασία μεταβάλλεται – εδώ είναι μια τομή εδώ, είναι αυτή η δεξαμενή όπως τη βλέπετε, βλέπουμε τις συγκεντρώσεις του καπνού, του μονοξειδίου του άνθρακα του διοξειδίου του θείου σε συνάρτηση με το ύψος, σε απόσταση 5χιλιομέτρων- και, βεβαίως, συνδεδεμένα με αυτά είναι και επιχειρησιακά σχέδια.

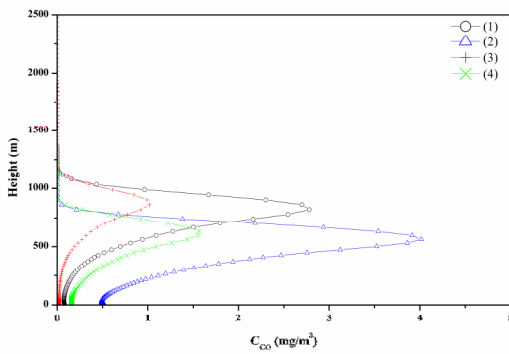


Σχήμα 12. Φωτιά σε δεξαμενή πετρελαίου

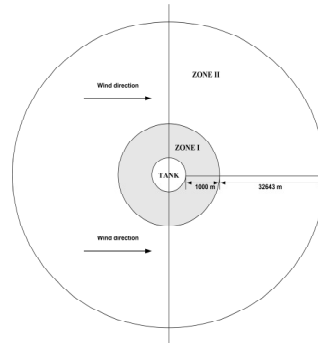
Έχουμε αναπτύξει επιχειρησιακά σχέδια τα οποία λένε, για παράδειγμα, στην πυροσβεστική που ακριβώς θα πάει, που θα τοποθετήσει τα οχήματα της, ποιοι δρόμοι πρέπει να μονοδρομηθούν ή να σταματήσει η κυκλοφορία και αν ο μη γένοιτο υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να γίνει και εκκένωση πληθυσμού υπό συνθήκες πανικού- είναι ειδικές συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται.

Θα βιαστώ να σας πω ότι αυτά τα πακέτα Η/Υ, ακόμα και αν δεν τα χρησιμοποιήσει κανείς με αυτό τον τρόπο που περιέγραψα είναι και καλά εκπαιδευτικά εργαλεία διότι ο πυροσβέστης π.χ. κάθεται στο γραφείο του και λέει τι «θα συμβεί αν πιάσει φωτιά- χτύπη

ξύλο- στην Πεντέλη και ο αέρας φυσάει με 5μέτρα το δευτερόλεπτο βορειοδυτικός», και δημιουργεί μια βάση δεδομένων στο μυαλό του και μια αίσθηση έτσι ώστε όταν το γεγονός ατυχώς συμβεί – μακάρι να μη συμβεί ποτέ- να γνωρίζει ενστικτωδώς, αν θέλετε- διότι το έχει ξανακάνει στον υπολογιστή του- τι πρόκειται να συμβεί. Εδώ, λοιπόν, βρίσκουμε ζώνες και λέμε στην εσωτερική απαγορεύεται να μπαίνει κανένας, στην εξωτερική ζώνη μπαίνουν μόνο πυροσβέστες που φοράνε ειδικό εξοπλισμό και έξω, πάνω από τα 5χιλιόμετρα, μπορεί να κυκλοφορούν, για τη συγκεκριμένη περίπτωση την οποία εξετάσαμε, οι πολίτες.



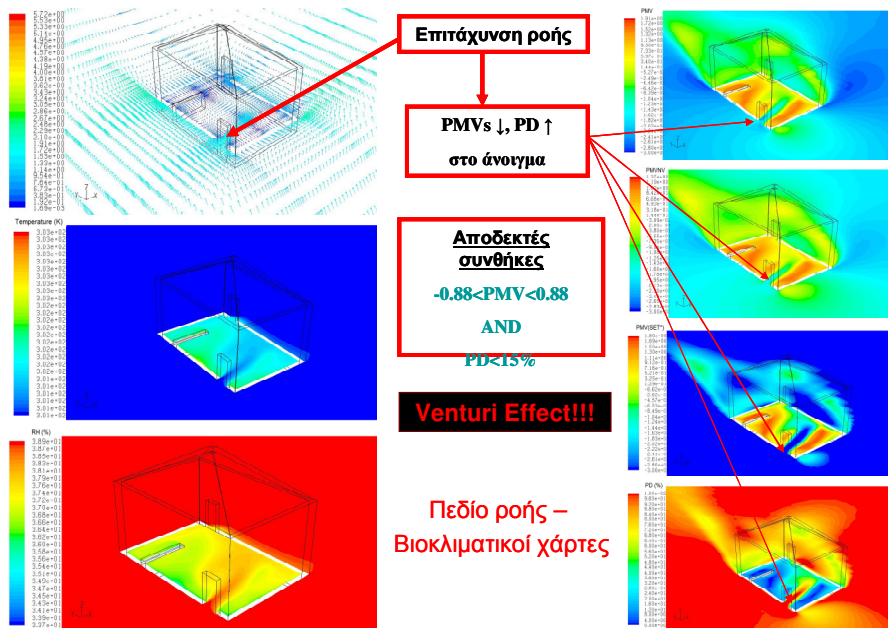
Concentration of CO vs. the height at a position of 5 km from the flow axis.



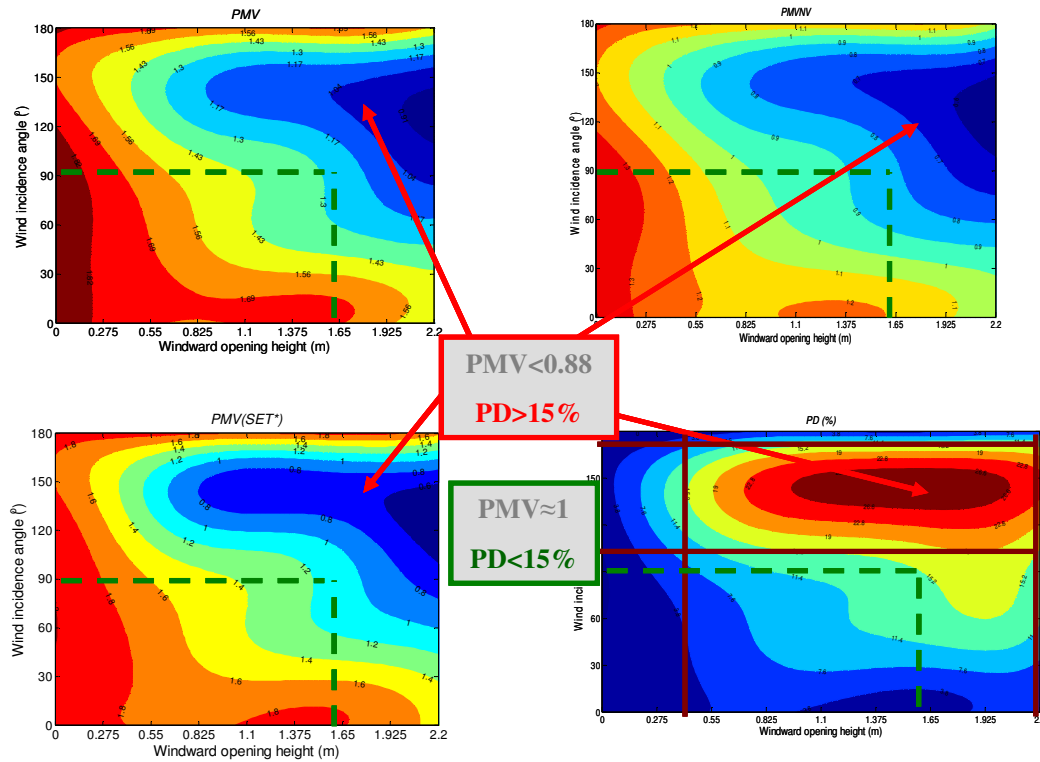
Configuration of risk zones I and II.

Σχήμα 13. Φωτιά σε δεξαμενή πετρελαίου

Σημαντικής σημασίας είναι πια και ο βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων, γραφείων και γενικά χώρων εργασίας ώστε να διατηρούνται κατάλληλες συνθήκες για υγιεινή διαβίωση. Βλέπουμε στα σχήματα σχετικά παραδείγματα.



Σχήμα 14. Πεδίο ροής – Βιοκλιματικοί χάρτες



Σχήμα 15. Αριστοποίηση προσανατολισμών και κλιματισμού κτηρίου

Αυτά λοιπόν είναι τα νέα μαντεία που σας είπα, και κανείς αναρωτιέται τώρα «τα μαντεία πάντοτε απαιτούσαν και κάποιες θυσίες», π.χ. να απαντάς σε αινίγματα κ.τ.λ.. Ποιες είναι σήμερα αυτές οι θυσίες; Καταρχήν χρήμα. Κάποτε αυτά τα πακέτα ήταν πάρα πολύ ακριβά, ήταν πολύ λίγοι οι οποίοι τα έκαναν αυτά και έπρεπε να πληρωθούν. Σήμερα είναι παρά πολύ φθηνά, κάθε βιομηχανία μπορεί να τα έχει, και πράγματι τα έχει- τα αεροπλάνα σήμερα έτσι σχεδιάζονται- τα πανεπιστημιακά ιδρύματα ακόμα όχι όλα. Εν συνεχεία είναι ο ίδιος ο υπολογιστής που εξελίχθηκε ταχύτατα- να σας πω για παράδειγμα ότι αν προσπαθούσα να σχεδιάσω το 1972- από τότε ξεκίνησα στην Αγγλία να κάνω αυτή τη δουλειά- να προσδιορίσω τη ροή γύρω από ένα φτερό αεροπλάνου ο υπολογισμός με τον μεγαλύτερο υπολογιστή που υπήρχε τότε θα τελείωνε 2 χρόνια από σήμερα, δηλαδή το 2012, και θα κόστιζε κάποια εκατομμύρια δολάρια. Σήμερα αυτό το κάνω σε μισή ώρα στο γραφείο μου σε ένα μικρό υπολογιστή που κοστίζει 300 ευρώ και αυτή είναι η ιστορία όλη! Με τέτοια εξέλιξη λοιπόν μπορούμε σήμερα και λύνουμε προβλήματα πολυσύνθετα, τρισδιάστατα, πολυφασικά.

Τώρα, η ανθρώπινη εργασία έχει βεβαίως πάντοτε το μεγαλύτερο κόστος -κι έτσι έπρεπε να είναι, αν με ρωτήσετε- και θα πρέπει κανείς να προσλαμβάνει ανθρώπους οι οποίοι γνωρίζουν, έχουν εμπειρία από πολλά τέτοια προγράμματα, αντιμετωπίζουν τα μειονεκτήματα αυτών των προγραμμάτων στα οποία θα έρθω τώρα, αντιλαμβάνονται τους περιορισμούς, και, το κυριότερο, έχουν μια καλά εξισορροπημένη κοινή λογική, και άνθρωποι οι οποίοι είναι πραγματιστικά σκεπτικιστές με τα νούμερα και τα όμορφα διαγράμματα που σας έδειξα και που πράγματι έχουν την ικανότητα να πούνε ότι αυτό που μας δείξατε κύριε Μαρκάτε στο 7^ο διάγραμμα είναι απλώς λάθος.

Τώρα, γιατί δεν είναι τελείως αξιόπιστα αυτά τα μαντεία; Δεν είναι αξιόπιστα διότι, καταρχήν, έχουμε συνεχή φυσικά προβλήματα τα οποία τα διακεκριμενοποιούμε- όσα εκατομμύρια κόμβους και να πάρουμε, το συνεχές πρόβλημα δεν μπορεί να είναι ποτέ επακριβώς το ίδιο με το διακεκριμένο πρόβλημα στο οποίο έχουμε καταφύγει. Άλλο παράδειγμα, εμάς τους μηχανικούς μας αρέσει να πούμε ότι στην καύση έχουμε ένα καύσιμο, έχουμε κι ένα οξειδωτικό κι έχουμε κι ένα προϊόν. Δεν είναι έτσι. Οι χημικοί μας λένε ότι για να γίνει αυτή η καύση ενδιάμεσως υπάρχουν εκατοντάδες ενδιάμεσα στάδια των αντιδράσεων αυτών, άρα χρησιμοποιούμε, αν θέλετε, πολύ απλοποιημένα μοντέλα καύσης. Το ίδιο ισχύει και για πολλά άλλα φυσικά φαινόμενα, κυρίως την ακτινοβολία και την τύρβη του αέρα, την τυρβώδη ροή, που είναι ένα χαστικό φαινόμενο. Έχουμε πολύ καλά μοντέλα με διαφορετικές εξισώσεις σήμερα και λύνουμε, διαφορετικές εξισώσεις για να προβλέψουμε τις ιδιότητες της τύρβης- κινητική ενέργεια της τύρβης, βαθμό διασκεδασμού της, διατμητικές τάσεις και ούτω

καθεξής – παρολαυτά όμως ακόμα δεν έχουμε φτάσει σε εκείνο το σημείο στο οποίο θα μπορούσαμε να πούμε ότι το πρόβλημα της τύρβης είναι καλά κατανοητό και πλήρως λελυμένο. Μας χρειάζεται κάποιος άλλος Νεύτωνας να μπορέσει να λύσει αυτό το πρόβλημα. Και βεβαίως, μέχρι που να τον βρούμε, δηλαδή μέχρις ότου βελτιώσουμε τη δική μας, αν θέλετε, γνώση της φύσης δε θα πρέπει να θεωρούμε αυτές τις προβλέψεις σαν τίποτα περισσότερο παρά απλές πιθανολογικές προβλέψεις της απάντησης στην ερώτηση «**τι θα συμβεί αν**». Αν λοιπόν έχουμε τύρβη, αν έχουμε χημική αντίδραση, αν έχουμε πολυφασικά φαινόμενα, πως αλληλεπιδρούν δηλαδή τα σωματίδια με τον αέρα που τα μεταφέρει, θα πρέπει να περιμένουμε ότι έχουμε λάθη και επομένως ότι βλέπουμε να δείχνει πραγματικά λογικό θα πρέπει να το ελέγχουμε 2 και 3 και 5 φορές. Και βεβαίως, θα μου πείτε τώρα οι πολύ αισιόδοξοι ότι βεβαίως έχει λυθεί το κάθε πρόβλημα μια χαρά. Οι απαισιόδοξοι όμως θα πούνε **όχι**, διότι και δε χρησιμοποιείτε καλό πλέγμα H/Y, πλέγμα αριθμητικής ανάλυσης, αν θέλετε, και διότι τα μοντέλα μας δεν είναι πολύ καλά.

Εδώ, ξανά, ο Αριστοτέλης έχει δίκιο, η αλήθεια (και το καλύτερο) κείται μεταξύ των δύο extreme, δηλαδή, ότι οι προβλέψεις τις οποίες παίρνουμε με αυτά τα μαντεία δεν είναι τίποτα περισσότερο παρά δείκτες της πιθανότητας με την οποία κάτι θα συμβεί, αλλά είναι ασφαλώς αυτή η πρόβλεψη απείρως καλύτερη από το να **μαντεύουμε απλώς**. Επομένως όλα αυτά τα μαντεία θα εξακολουθήσουν να αναπτύσσονται, στα πανεπιστήμια μας ευτυχώς υπάρχουν, και οι νέοι άνθρωποι μαθαίνουν σήμερα πώς να τα χρησιμοποιούν. Επαναλαμβάνω ότι τα κύρια μειονεκτήματά τους είναι η έλλειψη πλήρους φυσικής γνώσης, πως για παράδειγμα τα σωματίδια, αλληλεπιδρούν και μεταξύ τους (τα μεγάλα με τα μικρά, αλλά και με το φέρον αέριο ή υγρό), και η τύρβη η οποία πραγματικά θέλει πολύ περισσότερη σκέψη. Όμως προσέξτε ότι, αυτές οι τεχνικές που σας έδειξα μας βοηθάνε να βρούμε και καινούριες θεωρίες και να επιλύσουμε προβλήματα του τύπου «τι θα συμβεί αν» χρησιμοποιήσω ένα καινούριο μοντέλο τύρβης, για παράδειγμα.

Και να κλείσω την ομιλία αυτή λέγοντας ότι, παρότι είμαι αισιόδοξος, δεν μπορώ παρά να συνειδητοποιήσω ότι το επάγγελμα του δασάρχη είναι γοητευτικό, ο μισθός του όμως είναι πολύ χαμηλός, σκεφτείτε το αυτό και δείτε γιατί πολλά πράγματα προφανή δε γίνονται. Παγκοσμίως αλλά ιδιαίτερα στη χώρα μας.