

# FDS & SMOKEVIEW

## ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΤΗ

*Fire Dynamics Simulator & Smokeview — Πληρης Τεχνικος Οδηγος*

Για Μηχανικους Πυροπροστασιας & Ερευνητες

Εκδοση 1.0 · Μάιος 2026

## Πινακας Περιεχομενων

### 1. Εισαγωγή στο FDS

Το Fire Dynamics Simulator (FDS) είναι ένας αριθμητικός επιλυτής ροής ρευστών με χαμηλό αριθμό Mach, αναπτυγμένος από το NIST (National Institute of Standards and Technology) και το VTT Technical Research Centre της Φινλανδίας. Επιλυει τις εξισώσεις Navier-Stokes σε μορφή κατασκευής για ανώστικη ροή που κινείται από πυρκαγιά, μοντελοποιώντας καύση, μεταφορά θερμότητας, μεταφορά καπνού και ενεργοποίηση συστημάτων πυροπροστασίας.

#### 1.1 Αρχιτεκτονική και Δυνατότητες

- Επιλυτής: χρονικά μεταβαλλόμενη, τρισδιάστατη LES (Large Eddy Simulation) σε δομημένο ορθογώνιο πλέγμα.
- Καύση: μοντέλο μίξουρας κλάσματος με μοντέλο θερμικής οκτανής — παρέχει οπτικά αδρανή χημεία και πολυβηματικά σχήματα αντίδρασης.
- Ακτινοβολία: λύση εξίσωσης μεταφοράς ακτινοβολίας με μέθοδο διακριτών τεταρτεμορίων (DTM).

- Εναλλαγή θερμοτητας στερεων: μεταγωγη θερμοτητας μονοδιαστατη μεσα σε εμποδια, τυρβωδης μεταφορα θερμοτητας στα ορια.
- Πυρολυση: πολυστρωματα στερεα με αντιδρασεις θερμικης αποικοδομησης.
- Σταγονιδια: Lagrangian σωματιδια για νερο εκτοξευτηρων, αερολυματα καπνου.
- Παραλληλισμος: MPI μεσω πολλαπλων μπλοκ πλεγματος.

## 1.2 Δομη Αρχιου Εισοδου (.fds)

Ενα αρχιου εισοδου FDS ειναι απλο κειμενο ASCII που αποτελειται απο εγγραφες namelist της μορφης:

```
&NAMELIST ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ1='τιμη', ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ2=αριθμος /
```

Καθε εγγραφη αρχιζει με & ακολουθουμενο απο το ονομα ομαδας namelist και τελειωνει με /. Σχολια ξεκινουν με !. Η σειρα των εγγραφων δεν εχει συνηθως σημασια εκτος απο τη &HEAD που πρεπει να ειναι πρωτη.

## 1.3 Ελαχιστη Δομη Αρχιου

```
&HEAD CHID='ονομα_εργου', TITLE='Περιγραφη' /
&MESH IJK=50,50,30, XB=0,5, 0,5, 0,3 /
&TIME T_END=120. /
&MISC TMPA=20. /

! Ορισμος γεωμετριας
&OBST XB=0,5, 0,0.2, 0,3 SURF_ID='INERT' / ! τοιχος

! Οριακες συνθηκες
&VENT XB=0,5, 0,5, 0,0 SURF_ID='FLOOR' / ! δαπεδο
&VENT XB=0,5, 5,5, 0,3 SURF_ID='OPEN' / ! ανοιχτο ορισμος

! Αρχικοποιηση πυρκαγιας
&SURF ID='ΦΩΤΙΑ', HRRPUA=500. /
&OBST XB=2,3, 2,3, 0,0.05 SURF_IDS='ΦΩΤΙΑ','INERT','INERT' /

! Εξοδοι
&SLCF PBZ=1.5 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC XYZ=2.5,2.5,2.0 QUANTITY='TEMPERATURE' ID='θερμ_κεντρο' /

&TAIL /
```

## 1.4 Κυριες Ομαδες Namelist — Επισκοπηση

Namelist	Σκοπος	Κυριες Παραμετροι
&HEAD	Ταυτοτητα εργου	CHID (αναγνωριστικο), TITLE

Namelist	Σκοπος	Κυριες Παραμετροι
&MESH	Ορισμος υπολογιστικου πλεγματος	IJK (αριθμος κελιων), XB (εκταση)
&TIME	Παραμετροι χρονου	T_END, DT, RESTART
&MISC	Διαφορες παγκοσμιες παραμετροι	TMPA, GVEC, HUMIDITY
&REAC	Ορισμος αντιδρασης καυσης	FUEL, SOOT_YIELD, CO_YIELD, HEAT_OF_COMBUSTION
&SURF	Ιδιότητες επιφανειας	HRRPUA, TMP_FRONT, VEL, THICKNESS
&MATL	Ιδιότητες υλικου	DENSITY, CONDUCTIVITY, SPECIFIC_HEAT
&OBST	Γεωμετρια εμποδιου	XB, SURF_ID/SURF_IDS, BULK_DENSITY
&HOLE	Αφαιρεση γεωμετριας	XB, CTRL_ID
&VENT	Οριακη συνθηκη επιπεδης εδρας	XB, SURF_ID, DYNAMIC_PRESSURE
&DEVC	Συσκευη/αισθητηρας	XYZ, QUANTITY, ID, SETPOINT
&SLCF	Αρχιο τομης (2D απεικονιση)	PBX/Y/Z ή XB, QUANTITY
&BNDF	Αρχιο οριακης συνθηκης	QUANTITY
&ISOF	Ισοεπιφανεια	QUANTITY, VALUE
&PART	Σωματιδια Lagrange	SPEC_ID, DIAMETER, MASSLESS
&HVAC	HVAC δικτυο	βλ. Ενότητα 4
&TAIL	Τελος αρχιου (υποχρεωτικο)	—

## 2. Ρυθμιση Πλεγματος & Γεωμετρια

Το FDS χρησιμοποιει δομημενο, ορθογωνιο πλεγμα. Η ποιοτητα πλεγματος επηρεαζει απευθείας την ακριβεια αποτελεσματος, οποτε η σωστη επιλογη μεγεθους κελιου ειναι κρισιμη.

### 2.1 Ορισμος Πλεγματος (&MESH)

```
&MESH ID='Πλεγμα_1',
      IJK=100, 60, 40,
      XB=0.0, 10.0, 0.0, 6.0, 0.0, 4.0 /

! IJK: αριθμος κελιων στους αξονες X, Y, Z
! XB:  xmin, xmax, ymin, ymax, zmin, zmax (σε μετρα)
```

**Συμβουλή:** Για βελτιστή αποδοχή, χρησιμοποιήστε διαστάσεις IJK που είναι γινόμενα αριθμών 2, 3 ή 5 (π.χ. 40, 60, 120). Αποφύγετε πρώτους αριθμούς.

## 2.2 Επιλογή Μεγέθους Κελιού — Κριτήριο $D^*$

Η χαρακτηριστική διάμετρος πυρκαγιάς  $D^*$  ορισμοποιεί την απαιτούμενη ανάλυση πλεγματος:

$$D^* = [ Q / (\rho_{inf} * C_p * T_{inf} * \sqrt{g}) ]^{(2/5)}$$

Τυπικές τιμές για κοινά σενάρια:

$Q = 100 \text{ kW}$  (μικρή πυρκαγιά καλαθιού) →  $D^* \approx 0.40 \text{ m}$  →  $dx \approx 4 \text{ cm}$   
 $Q = 500 \text{ kW}$  (μεσαία πυρκαγιά δωματίου) →  $D^* \approx 0.74 \text{ m}$  →  $dx \approx 7 \text{ cm}$   
 $Q = 2000 \text{ kW}$  (μεγάλη πυρκαγιά) →  $D^* \approx 1.13 \text{ m}$  →  $dx \approx 11 \text{ cm}$

Στοχος:  $D^*/dx = 10$  (βασική) ή  $16$  (υψηλή ακριβεία)

## 2.3 Πολλαπλά Πλεγματα & Παραλληλισμος

Για μεγάλους τομείς η εκτέλεση σε υπολογιστικό συμπλεγμα, ορίστε πολλά μπλοκ πλεγματος. Κανόνες:

- Τα γειτονικά πλεγματα πρέπει να μοιράζονται κοινή πλευρά (συνεπιπεδα κελία στο οριο).
- Το FDS εκχωρεί αυτοματα MPI διεργασίες σε πλεγματα κατά σειρά αναφοράς (&MESH #1 → κορος 0, #2 → κορος 1 κ.λπ.).
- Επιδιώξτε παρομοίο αριθμό κελίων ανα πλεγμα για ισορροπία φορτίου.
- Χρησιμοποιήστε MPI\_PROCESS για χειροκίνητη αναθεση αν απαιτείται.

! Εκτέλεση FDS με 4 MPI διεργασίες:  
 mpiexec -n 4 fds ονομα\_αρχειου.fds

## 2.4 Γεωμετρία Εμποδίων (&OBST & &HOLE)

```
! Τοιχος με συγκεκριμενη επιφανεια
&OBST XB=0.0,0.2, 0.0,5.0, 0.0,3.0 SURF_ID='INERT' /

! Εμποδιο με διαφορετικες επιφανειες (πανω, πλαγια, κατω)
&OBST XB=1.0,3.0, 1.0,3.0, 0.0,0.8
      SURF_IDS='ΦΩΤΙΑ','INERT','INERT' /
!       πανω  πλαγια  κατω

! Αφαιρηση ανοιγματος (πορτα)
&HOLE XB=0.0,0.2, 1.0,1.9, 0.0,2.1 /
```

**Προσοχή:** Τα εμπόδια ευθυγραμμίζονται αυτοματα με τα ορια κελίων πλεγματος. Αν η εισαγωγή γεωμετρία δεν ευθυγραμμίζεται, το FDS την στρογγυλοποιεί — ελεγχτε το αρχείο .out για συνοψη.

## 3. Επιφανείες, Υλικά & Καύση

Οι επιφανείες (&SURF) ορίζουν τη συμπεριφορά των ορίων: τι κάνει ο τοίχος, το δάπεδο ή η οροφή. Τα υλικά (&MATL) ορίζουν τις θερμοφυσικές ιδιότητες για συμπυκνωμένη-φάση φυσική.

### 3.1 Τύποι Επιφανειών

Τύπος	Βασικές Παραμετροί	Παραδειγμα Χρήσης
Αδρανής (Inert)	BACKING='VOID' ή 'EXPOSED'	Τοίχοι, δάπεδα, εμπόδια
Καυστήρας	HRRPUA [kW/m <sup>2</sup> ], RAMP_Q	Πυρκαγιές λιμνής, καυστήρες
Παροχή Αερα	VEL [m/s], TMP_FRONT [°C]	Εισαγωγή αερα, εκτοξευτήρες
Στρωματωμενο	MATL_ID, THICKNESS [m]	Τοίχοι, επιπλα (πυρολυση)
Ανοιχτο (Open)	—	Ατμοσφαιρικο ορισμος
Θερμοκρασια	TMP_FRONT [°C]	Θερμαινομενα ορια
Καθρεφτης	—	Επιπεδα συμμετριας

### 3.2 Ορισμος Καυστηρα με Ανοδο t<sup>2</sup>

```
! Προφιλ χρονου: ανοδος t^2 σε 60s, αιχμη 500 kW/m2
&RAMP ID='RAMP_HRR', T=0, F=0. /
&RAMP ID='RAMP_HRR', T=60, F=1. /
&RAMP ID='RAMP_HRR', T=300, F=1. /
&RAMP ID='RAMP_HRR', T=360, F=0. /

&SURF ID='ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ_T2',
      HRRPUA=500.,
      RAMP_Q='RAMP_HRR',
      COLOR='ORANGE' /
```

### 3.3 Πυρολυση Στερεων — Στρωματωμενες Επιφανειες

```
! Ορισμος υλικου ξυλου
&MATL ID='ΕΥΛΟ',
      DENSITY=600.,           ! kg/m3
      CONDUCTIVITY=0.14,     ! W/m/K
      SPECIFIC_HEAT=1.7,     ! kJ/kg/K
      REFERENCE_TEMPERATURE=350.,
      HEAT_OF_REACTION=150., ! kJ/kg
      NU_FUEL=0.7,
      NU_RESIDUE=0.3,
```

```

RESIDUE='ΑΝΘΡΑΚΑΣ' /

&MATL ID='ΑΝΘΡΑΚΑΣ',
      DENSITY=100.,
      CONDUCTIVITY=0.05,
      SPECIFIC_HEAT=1.0 /

&SURF ID='ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ_ΕΥΛΟΥ',
      MATL_ID(1,1)='ΕΥΛΟ',
      THICKNESS(1)=0.02,           ! 2 cm πάχος
      BACKING='INSULATED' /

```

### 3.4 Ορισμός Αντιδρασης Καύσης (&REAC)

```

! Πολυπροπυλενιο (PP)
&REAC ID='ΠΟΛΥΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ',
      FUEL='PROPYLENE',
      C=3., H=6.,
      SOOT_YIELD=0.022,
      CO_YIELD=0.024,
      HEAT_OF_COMBUSTION=43200. /   ! kJ/kg

```

**Προσοχή:** Χρησιμοποιήστε τιμές SOOT\_YIELD και CO\_YIELD από πειραματικά δεδομένα (π.χ. SFPE Handbook). Η προεπιλογή τιμή CO\_YIELD = 0 υποεκτιμά την τοξικότητα σε ανεπαρκή αερισμό.

## 4. Συσκευές, Εξοδοί & Έλεγχος

Ο σωστός ορισμός εξόδων είναι κρίσιμος: δεν μπορούν να ανακτηθούν δεδομένα που δεν ζητήθηκαν πριν την εκτέλεση. Σχεδιάστε προσεκτικά τις θέσεις αισθητήρων και τις ποσοτητές εξόδου.

### 4.1 Συσκευές Σημείου (&DEVC)

```

! Θερμοκρασία σε σημείο
&DEVC ID='@_1.5m', XYZ=3.0,2.0,1.5 QUANTITY='TEMPERATURE' /

! Ανιχνευτής καπνού (ενεργοποίηση σε 3.24 %/m)
&DEVC ID='Ανιχν_1', XYZ=5.0,2.5,2.8
      QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION'
      SETPOINT=3.24, LATCH=.TRUE. /

! Καταιονητήρας (ενεργοποίηση σε 68°C)
&DEVC ID='Sprink_1', XYZ=4.0,4.0,2.9
      QUANTITY='SPRINKLER LINK TEMPERATURE'
      SETPOINT=68., LATCH=.TRUE.
      PART_ID='NEPO_ΣΤΑΓ' /

```

```
! Συνολικός HRR στο πεδίο
&DEVC ID='HRR_ΟΛΙΚΟΣ', XB=0,10, 0,6, 0,4
QUANTITY='HEAT RELEASE RATE' /
```

## 4.2 Κοινές Ποσοτητες Συσκευων

Ποσοτητα	Μοναδες	Περιγραφη
TEMPERATURE	°C	Θερμοκρασια αεριου σε σημειο
VELOCITY	m/s	Μετρο ταχυτητας
VISIBILITY	m	Ορατοτητα (μοντελο Purser)
LAYER HEIGHT	m	Υψος οριου στρωματος καπνου
UPPER TEMPERATURE	°C	Μεση θερμοκρασια ανω στρωματος
HEAT FLUX	kW/m2	Συνολικη ροη θερμοτητας στην επιφανεια
OXYGEN	mol/mol	Τοπικο κλασμα O2
CARBON MONOXIDE	mol/mol	Τοπικη συγκεντρωση CO
SOOT DENSITY	mg/m3	Πυκνοτητα αιθαλης
HEAT RELEASE RATE	kW	HRR σε ογκο η παγκοσμιος

## 4.3 Αρχεια Τομης (&SLCF) & Οριων (&BNDF)

```
! Οριζοντια τομη σε υψος 1.5m – θερμοκρασια
&SLCF PBZ=1.5 QUANTITY='TEMPERATURE' /

! Κατακορυφη τομη στο Y=3.0 – ταχυτητα Z
&SLCF PBZ=3.0 QUANTITY='W-VELOCITY' /

! Πληρης τρισδιαστατη τομη (προσοχη: μεγαλα αρχεια)
&SLCF XB=0,10, 0,6, 0,4 QUANTITY='VISIBILITY' /

! Αρχεια οριακης επιφανειας – ροη θερμοτητας σε τοιχους
&BNDF QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX' /
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE' /
```

## 4.4 Λογικος Ελεγχος (&CTRL)

Το FDS υποστηριζει λογικους ελεγκτες για ενεργοποιηση/απενεργοποιηση vents, καυστηρων η συσκευων βασει συνθηκων. Αυτο επιτρεπει μοντελοποιηση συστηματων καταιονητηρων, θυροφυλακτων και αλλων αυτοματισμων.

```
! Ενεργοποιηση ανεμιστηρα ταν ανιχνευθει καπνος
&CTRL ID='ΕΛΕΓΚΤΗΣ_ΑΝΕΜ', FUNCTION_TYPE='ANY',
```

```

INPUT_ID='Ανιχν_1' /
&VENT ID='ΕΞΑΓΩΓΗ_ΚΑΠΝΟΥ', XB=8,10, 0,6, 3.9,4.0
SURF_ID='ΕΞΑΓΩΓΗ', CTRL_ID='ΕΛΕΓΚΤΗΣ_ΑΝΕΜ' /

```

## 5. HVAC & Εξαερισμός στο FDS

Το FDS υλοποιεί ένα μοντέλο δικτύου HVAC που επιλυεί αγωγούς, ανεμιστήρες και φίλτρα ταυτόχρονα με τη ροή του πλεγματος CFD. Τα στοιχεία συνδέονται στο CFD πλέγμα μέσω κομβών.

### 5.1 Βασικά Στοιχεία HVAC

```

! Κομβος στο CFD πλέγμα (εσωτερικός)
&HVAC TYPE='NODE', ID='Κομβος_Εξαγ',
DUCT_ID='Αγωγ_Κυρ',
VENT_ID='ΕΞΑΓΩΓΗ_1',
LOSS=0. /

! Κομβος στο CFD πλέγμα (εξωτερικός)
&HVAC TYPE='NODE', ID='Εξωτ_Περιβ',
AMBIENT=.TRUE. /

! Αγωγος που συνδέει δυο κομβους
&HVAC TYPE='DUCT', ID='Αγωγ_Κυρ',
NODE_ID='Κομβος_Εξαγ','Εξωτ_Περιβ',
DIAMETER=0.5,
LENGTH=10.,
LOSS=0.5, 0.5 /

! Ανεμιστήρας (καμπυλη ροης-πιεσης)
&HVAC TYPE='FAN', ID='ΑΝΕΜΙΣΤΗΡ_1',
DUCT_ID='Αγωγ_Κυρ',
MAX_FLOW=5.0, ! m3/s
MAX_PRESSURE=500. / ! Pa

```

### 5.2 Απλος Αεραγωγος Εξαγωγης

```

! Vent που συνδεεται με κομβο HVAC
&VENT ID='ΕΞΑΓΩΓΗ_1', XB=4.0,6.0, 5.9,6.0, 2.5,3.0
SURF_ID='HVAC'
QUANTITY='HVAC_VAL'
HVAC_ID='Κομβος_Εξαγ' /

```

### 5.3 Απλα Ανοιγματα (χωρις HVAC)

Για φυσικό εξαερισμό χωρίς μηχανικά συστήματα, OPEN vents στα όρια πλεγματος είναι αρκετά. Για εισαγωγή/εξαγωγή μηχανικού αέρα χωρίς δίκτυο αγωγών:

```
! Παροχή αέρα σε συγκεκριμένη ταχύτητα
&SURF ID='ΠΑΡΟΧΗ_ΑΕΡΑ',
      VEL=-0.5,           ! m/s (αρνητικό = εισόδος στο πεδίο)
      TMP_FRONT=20. /

! Εξαγωγή με καθορισμένο όγκο
&SURF ID='ΕΞΑΓΩΓΗ_ΑΕΡΑ',
      VOLUME_FLUX=2.5 / ! m3/s
```

**Προσοχή:** Βεβαιωθείτε ότι η ισορροπία όγκου μεταξύ εισαγωγής και εξαγωγής έχει νόημα φυσικά. Ανισορροπία οδηγεί σε μεγάλες πιέσεις που επηρεάζουν τη σταθερότητα.

## 6. Εκτέλεση & Παρακολούθηση FDS

### 6.1 Εκτέλεση από Γραμμή Εντολών

```
! Μονοπλεγματική εκτέλεση
fds ονομα_αρχείου.fds

! Παράλληλη εκτέλεση με 4 πυρήνες (MPI)
mpiexec -n 4 fds ονομα_αρχείου.fds

! Παρασκήνιο σε Linux/macOS
nohup fds ονομα_αρχείου.fds > log.txt 2>&1 &

! Έλεγχος εγκυρότητας αρχείου (χωρίς εκτέλεση)
fds -p ονομα_αρχείου.fds
```

### 6.2 Βασικά Αρχεία Εξόδου

Αρχείο	Περιεχόμενα & Χρήση
CHID.out	Κύριο αρχείο εξόδου — συνοψη ρυθμίσεων, λαθη, σταθερές FDS
CHID.err	Μηνύματα σφαλματος — ΠΑΝΤΑ ελεγχετε μετα την εκτελεση
CHID_hrr.csv	Ρυθμος αποδεσμευσης θερμοτητας ανα χρονικο βημα
CHID_devc.csv	Ολα τα αποτελεσματα DEVC — εισαγωγή σε Excel/Python
CHID_evac.csv	Δεδομένα εκκενωσης (αν χρησιμοποιείται EVAC)

Αρχείο	Περιεχόμενα & Χρήση
CHID.smv	Αρχείο σκηνής Smokeview — ανοίγμα για οπτικοποίηση
CHID_*.sf	Δεδομένα τομής (δυσάδικα)
CHID_*.bf	Δεδομένα οριακής επιφανείας (δυσάδικα)
CHID.end	Δημιουργείται στο τέλος — επιβεβαιωσή ολοκλήρωσης

### 6.3 Ερμηνεία Αρχείου .out

Το αρχείο CHID.out έχει τρεις κύριες ενότητες:

- Επικεφαλίδα: έκδοση FDS, ημερομηνία, αριθμός πυρήνων, πλεγμάτα, κελία.
- Συνοψη Χρονικού Βήματος: εμφανίζεται περιοδικά — δείχνει χρόνο  $t$ ,  $\Delta t$ , μέγιστη ταχύτητα CFL, και εκτιμωμένη ολοκλήρωση.
- Συνοψη Εξόδου: λίστα όλων των &DEVC, &SLCF, &BNDF που ζητήθηκαν.

**Προσοχή:** Ελέγξτε πάντα το CHID.out για γραμμές 'WARNING' ή 'ERROR'. Κοινές προειδοποιήσεις: 'MESH ALIGNMENT', 'OPEN BOUNDARY', 'LARGE VELOCITY ERROR'.

### 6.4 Επαναεκκίνηση Προσομοίωσης

```
! Στο αρχείο .fds: ενεργοποίηση επαναεκκίνησης
&TIME T_END=600., RESTART=.TRUE. /

! Δημιουργείται αρχείο επαναεκκίνησης αυτομάτως:
! CHID_XXXX.rst (κάθε N βήματα, όπου N ρυθμίζεται στο &DUMP)
```

## 7. Εισαγωγή στο Smokeview

Το Smokeview (SMV) είναι το επίσημο εργαλείο τρισδιάστατης οπτικοποίησης για το FDS, αναπτυγμένο παράλληλα από το NIST. Αποδίδει γεωμετρία, ισοεπιφάνειες, τομές, σωματίδια και οπισθεδρόμα δεδομένα συσκευών σε πραγματικό χρόνο ή ώρα ανά ώρα.

### 7.1 Διεπαφή Smokeview

Στοιχείο	Περιγραφή
Κύριο Παραθύρο	Τρισδιάστατη οπτικοποίηση — αριστερό κλικ + σερσιμο για περιστροφή

Στοιχείο	Περιγραφή
Δεξί Κλικ Μενού	Κύριο μενού για φόρτωση δεδομένων, έλεγχο χρόνου, εγγραφή
Μπάρα Χρόνου	Αναπαραγωγή/παύση, ολισθήση σε συγκεκριμένο χρόνο
Γραμμή Κατάσταση	Εμφανίζει τρεχόντα χρόνο t, κατεύθυνση βλεψής, φωτισμό

## 7.2 Πλοήγηση

- Περιστροφή: αριστερό κλικ + σερσιμο
- Μετατόπιση: μεσαίο κλικ + σερσιμο ή Shift + αριστερό κλικ
- Μεγεθυνση: τροχός κυλίσης
- Επαναφορά προβολής: πληκτρο R
- Αξονες X/Y/Z: πληκτρα X, Y, Z για προκαθορισμένες κατοψεις

## 7.3 Φόρτωση Δεδομένων

1. Ανοίξτε το Smokeview με διπλό κλικ στο αρχείο CHID.smv.
2. Δεξί κλικ στο κύριο παραθυρό → Load/Unload → επιλέξτε τύπο δεδομένων.
3. Για τομές: Load/Unload → Slices → επιλέξτε ποσοτήτα (π.χ. Temperature) → επιλέξτε αρχείο.
4. Για ισοεπιφάνειες: Load/Unload → Isosurfaces → επιλέξτε ποσοτήτα και τιμή κατωφλιού.
5. Για σωματίδια: Load/Unload → Particles.

**Συμβουλή:** Φορτώστε μόνο τα δεδομένα που χρειάζεστε — η ταυτόχρονη φόρτωση πολλών αρχείων τομής καταναλώνει πολύ μνήμη RAM.

# 8. Οπτικοποίηση & Ανάλυση στο Smokeview

## 8.1 Τομές (Slice Files)

Τα αρχεία τομής εμφανίζουν χρωματικές απεικονίσεις ποσοτήτων σε επίπεδα. Έλεγχος χρωματικής κλίμακας:

- Δεξί κλικ → Colorbar → Set Min/Max για ορισμό ορισμού κλίμακας.
- Δεξί κλικ → Colorbar → Contour για εμφάνιση ισογραμμών.

- Πληκτρο C εναλλάσσει τη χρωματική κλίμακα μεταξύ συνεχούς και διακριτής.

## 8.2 Ισοεπιφάνειες

Ισοεπιφάνειες οπτικοποιούν τριδιάστατα αντικείμενα σε συγκεκριμένη τιμή (π.χ. ισοεπιφάνεια θερμοκρασίας 500°C για ορισμός φλογας).

- Δεξί κλικ → Load/Unload → Isosurfaces → επιλέξτε ISOF αρχείο.
- Ρυθμίστε αδιαφάνεια μέσω Render → Opacity για ολοκληρωμένη οπτικοποίηση με τομές.

## 8.3 Σωματίδια & Καπνός

Σωματίδια Lagrange αναπαριστούν καπνό, σταγονίδια νερού ή ανιχνευτές. Για καλύτερη απεικόνιση:

- Δεξί κλικ → Options → Particles → αυξήστε Factor για πυκνότερο καπνό.
- Ενεργοποιήστε Smokeview → Render → Smooth για λειότερη απεικόνιση.

## 8.4 Δεδομένα Συσκευών (Γραφήματα Χρονοσειράς)

Το Smokeview μπορεί να εμφανίσει γραφήματα χρονοσειράς DEVC δεδομένων κατευθείαν στο παραθύρο:

6. Δεξί κλικ → Show Devices → επιλέξτε συσκευή.
7. Εμφανίζεται γραμμή χρονοσειράς στην οθόνη με ρυθμιζόμενη θέση.
8. Για πολλαπλές συσκευές, χρησιμοποιήστε το εξωτερικό εργαλείο Fsmn ή εισαγωγή `_devc.csv` στο Excel/Python.

## 8.5 Αποθήκευση Εικόνων & Βίντεο

```
Στιγμιότυπο:  
Πληκτρο P → αποθηκεύει PNG με ονόμα CHID_XXXX.png  
  
Ακολουθία εικόνων:  
Δεξί κλικ → Render → Render Frames  
Ορισμός βηματός χρόνου και φακέλου εξόδου  
  
Μετατροπή σε βίντεο (με FFmpeg):  
ffmpeg -framerate 10 -i CHID_%04d.png -c:v libx264 video.mp4
```

## 8.6 Αρχεία Ρυθμίσεων Smokeview (.ini)

Το Smokeview αποθηκεύει ρυθμίσεις προβολής (γωνία κάμερας, φορτωμένα δεδομένα, χρωματικές κλίμακες) σε αρχείο CHID.ini. Αυτό επιτρέπει αναπαραγωγίμη οπτικοποίηση και κοινοποίηση ρυθμίσεων με συναδέλφους.

**Συμβουλή:** Πριν μοιραστείτε αποτελέσματα, αποθηκεύστε ρυθμίσεις Smokeview μέσω File → Save → ini file. Ο παραλήπτης ανοίγει το .smv και φορτώνει το .ini για πανομοιότυπη προβολή.

## 9. Επικύρωση & Ποιοτητα Αποτελεσμάτων

Η επικύρωση FDS αποτελεσμάτων είναι υποχρεωτική στη μηχανική πρακτική. Η τεχνική βιβλιογραφία και ο NIST παρέχουν ολοκληρωμένες βάσεις δεδομένων επικύρωσης.

### 9.1 Ανάλυση Ευαισθησίας Πλεγματος

Εκτελέστε τουλάχιστον τρεις προσομοιώσεις με διαφορετική ανάλυση πλεγματος (χονδρό, βασικό, λεπτό) και συγκρίνετε βασικά μεγέθη:

Ανάλυση	$D^*/dx$	Χρονος Εκτέλεσης	Αποκλιση HRR
Χονδρό	5	~10'	±15%
Βασικό	10	~2h	±5%
Λεπτό	16	~12h	<2%

### 9.2 Σχέση Ομοίωσης (Fire Froude Number)

$$Fr^* = Q / (\rho_{inf} * C_p * T_{inf} * \sqrt{g} * D^{(5/2)})$$

$Fr^* \gg 1$  : ελεγχόμενη ώθηση (βαρυτητα ασθενής)  
 $Fr^* \sim 1$  : μεταβατικό καθεστώς  
 $Fr^* \ll 1$  : πυκνοτητα-ελεγχόμενη ροή

Στοχεύστε  $D^*/dx \geq 10$  σε όλες τις περιοχές με  $Fr^* \sim 1$ .

### 9.3 Ελέγχοι Μετά την Εκτέλεση

- Ελέγξτε το ενεργειακό ισοζύγιο στο CHID.out: η ολοκληρωμένη HRR πρέπει να συμφωνεί με την καύση καυσίμου.
- Συγκρίνετε μέγιστες θερμοκρασίες με αναλυτικές εκτιμήσεις (π.χ. στρώμα καπνών McCaffrey).
- Ελέγξτε ότι τα αρχεία εξόδου δεν περιέχουν 'NaN' ή 'Inf' τιμές.
- Επαληθεύστε ρυθμούς ροής αεραγωγού εναντί σχεδιασμένων τιμών.

**Συμβουλή:** Ο NIST δημοσίευσε FDS Validation Guide (NIST SP 1018) με εκατοντες δοκιμες επικυρωσης. Χρησιμοποιηστε τον για αξιολογηση της ακριβειας για τον τυπο σεναριου σας.

## Παράρτημα Α — Αντιμετώπιση Κοινων Σφαλμάτων FDS

Σφάλμα / Πρόβλημα	Αιτία & Λύση
STOP: MESH ALIGNMENT	Τα πλεγματα δεν είναι ευθυγραμμισμένα. Βεβαιωθείτε ότι τα κελιά στα όρια έχουν ίδιο μέγεθος.
STOP: NUMERICAL ERROR	Ασταθής λύση λόγω πολύ μεγάλου Δt. Μειώστε HRRPUA ή μέγεθος κελιού.
WARNING: LARGE VELOCITY ERROR	Ροή σε όριο πλεγματος. Αυξήστε buffer ή προσθέστε OPEN vent.
Αρχείο .end δεν δημιουργείται	Η προσομοίωση δεν ολοκληρώθηκε. Ελεγξτε .err για αιτία.
Εξαιρετικά μικρά βήματα χρόνου	CFL > 1. Βελτιώστε πλέγμα ή μειώστε ταχύτητες εισόδου.
Smokeview: κενή οθόνη	Ελεγξτε ότι .smv βρίσκεται στον ίδιο φακέλο με .sf/.bf.
_devc.csv: τιμές NaN	Συσκευή έξω από πλέγμα ή σε εμπόδιο. Διορθώστε XYZ.
Απεριορίστη μνήμη RAM	Μειώστε αριθμό ταυτόχρονα φορτωμένων τομών στο Smokeview.

## Παράρτημα Β — Χρησιμες Εντολες FDS

```
! Εκτέλεση
fds αρχείο.fds                ! μονοεπεξεργαστης
mpiexec -n N fds αρχείο.fds   ! N MPI διεργασιες
fds -p αρχείο.fds             ! μονο συνταξη ελεγχος

! Χρησιμα εργαλεια μετα την εκτελεση
fds2ascii -chid CHID -slcf 1   ! τομη σε ASCII
smokeview CHID.smv            ! ανοιγμα αποτελεσματων

! Python για αναλυση _devc.csv
python3 -c "
import pandas as pd, matplotlib.pyplot as plt
df = pd.read_csv('CHID_devc.csv', skiprows=1)
```

```
df.plot(x='Time', y='Θ_1.5m')
plt.savefig('θερμοκρασια.png')
"
```

## Παράρτημα Γ — Μετατροπές Μονάδων

Ποσότητα	FDS Μονάδα	Μετατροπή
Θερμοκρασία	°C	$K = °C + 273.15$
Ρυθμός Θερμότητας	kW	$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 3412 \text{ BTU/h}$
HRRPUA	kW/m <sup>2</sup>	$1 \text{ kW/m}^2 = 317 \text{ BTU/h/ft}^2$
Παχος	m	$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 39.37 \text{ in}$
Πυκνότητα	kg/m <sup>3</sup>	$1 \text{ kg/m}^3 = 0.0624 \text{ lb/ft}^3$
Ειδική Θερμότητα	kJ/kg/K	$1 \text{ kJ/kg/K} = 0.239 \text{ BTU/lb/}^\circ\text{F}$
Αγωγιμότητα	W/m/K	$1 \text{ W/m/K} = 0.578 \text{ BTU/h/ft/}^\circ\text{F}$

## Παράρτημα Δ — Χρησιμοί Ποροι

- FDS Οδηγός Χρήστη (NIST SP 1019): <https://pages.nist.gov/fds-smv/>
- FDS Τεχνική Αναφορά (NIST SP 1018): <https://pages.nist.gov/fds-smv/>
- Smokeview Οδηγός Χρήστη: <https://pages.nist.gov/fds-smv/manuals.html>
- Ομάδα Συζήτησης FDS-SMV: <https://groups.google.com/g/fds-smv>
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering — βασικές συσχετίσεις
- CFAST (ζωνικό μοντέλο, συμπληρωματικό του FDS): <https://pages.nist.gov/cfast/>
- Thunderhead Engineering (PyroSim): <https://www.thunderheadeng.com>