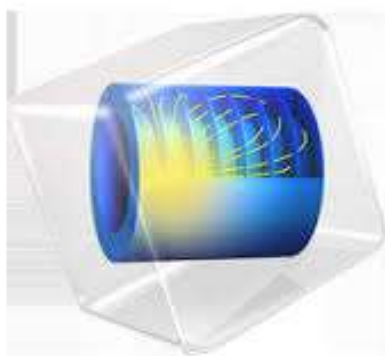




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Ι

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
COMSOL MULTIPHYSICS



**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4^ο:
ΡΟΗ ΣΕ ΑΓΩΓΟ ΜΕ ΑΠΟΤΟΜΗ ΑΥΞΗΣΗ
ΔΙΑΤΟΜΗΣ**

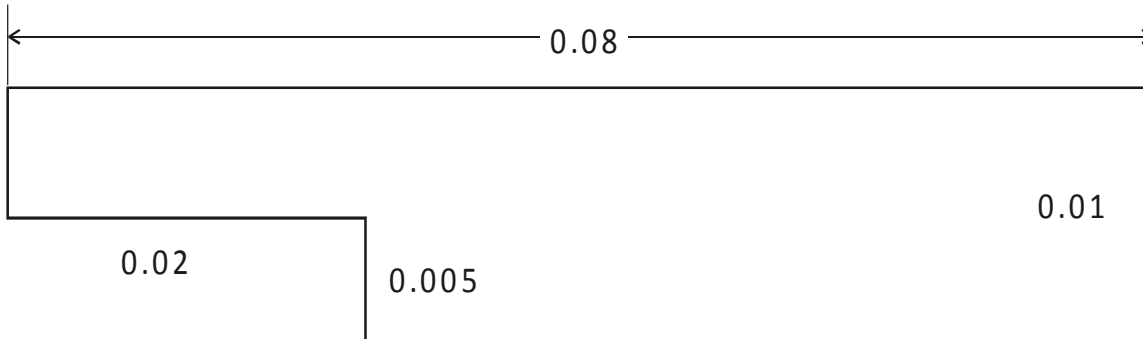
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:
ΕΛΕΝΗ ΚΟΡΩΝΑΚΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΕΚΦΩΝΗΣΗ	ii
A ...	Ανοιγμα COMSOL 4.4 και επιλογή φυσικού μοντέλου	1
B ...	Σχεδίαση γεωμετρίας	2
Γ ...	Καθορισμός γενικών παραμέτρων επίλυσης	4
Δ ...	Ορισμός φυσικών παραμέτρων	4
Ε ...	Ορισμός συνοριακών συνθηκών	5
ΣΤ ...	Επιλογή πλέγματος διακριτοποίησης	6
ΣΤ ...	Αποτελέσματα	7
ΣΤ. 1...	Ανακυκλοφορία-ροϊκές γραμμές	7
ΣΤ. 2...	Υπολογισμός ογκομετρικής παροχής	8
ΣΤ. 3...	Σχεδιασμός x-συνιστώσας της ταχύτητας	9
ΣΤ. 4...	Προσθήκη εμποδίου και υπολογισμός οπισθέλκουσας δύναμης	10

ΕΚΦΩΝΗΣΗ

Στο κανάλι του σχήματος ρέει ρευστό με πυκνότητα $\rho=1.23 \text{ kg/m}^3$ και δυναμικό ιξώδες $1.79\text{e-}5 \text{ Pa s}$. Η μέση ταχύτητα εισόδου είναι 0.544 m/s .



(ολες οι διαστάσεις είναι σε μέτρα)

Να γίνουν υπολογισμοί σε μόνιμη κατάσταση και να δειχθούν

1. οι ροϊκές γραμμές με έμφαση στην περιοχή ανακυκλοφορίας
2. να υπολογιστεί η ογκομετρική παροχή
3. να σχεδιαστεί η κατανομή της x-συνιστώσα της ταχύτητας κατά μήκος μια κατακόρυφης γραμμής που βρίσκεται μέσα στη ζώνη ανακυκλοφορίας
4. να προστεθεί στη γεωμετρία κυκλικό εμπόδιο ακτίνας $r=0.002\text{m}$ τοποθετημένο με βάση το κέντρο του στο σημείο $(x, y) = (0.05 \text{ m}, 0.005 \text{ m})$.
Να υπολογιστεί η οπισθέλκουσα δύναμη

A. Ανοίγμα COMSOL 4.4 και επιλογή φυσικού μοντέλου

1. Ανοίγμα COMSOL Multiphysics 4.4



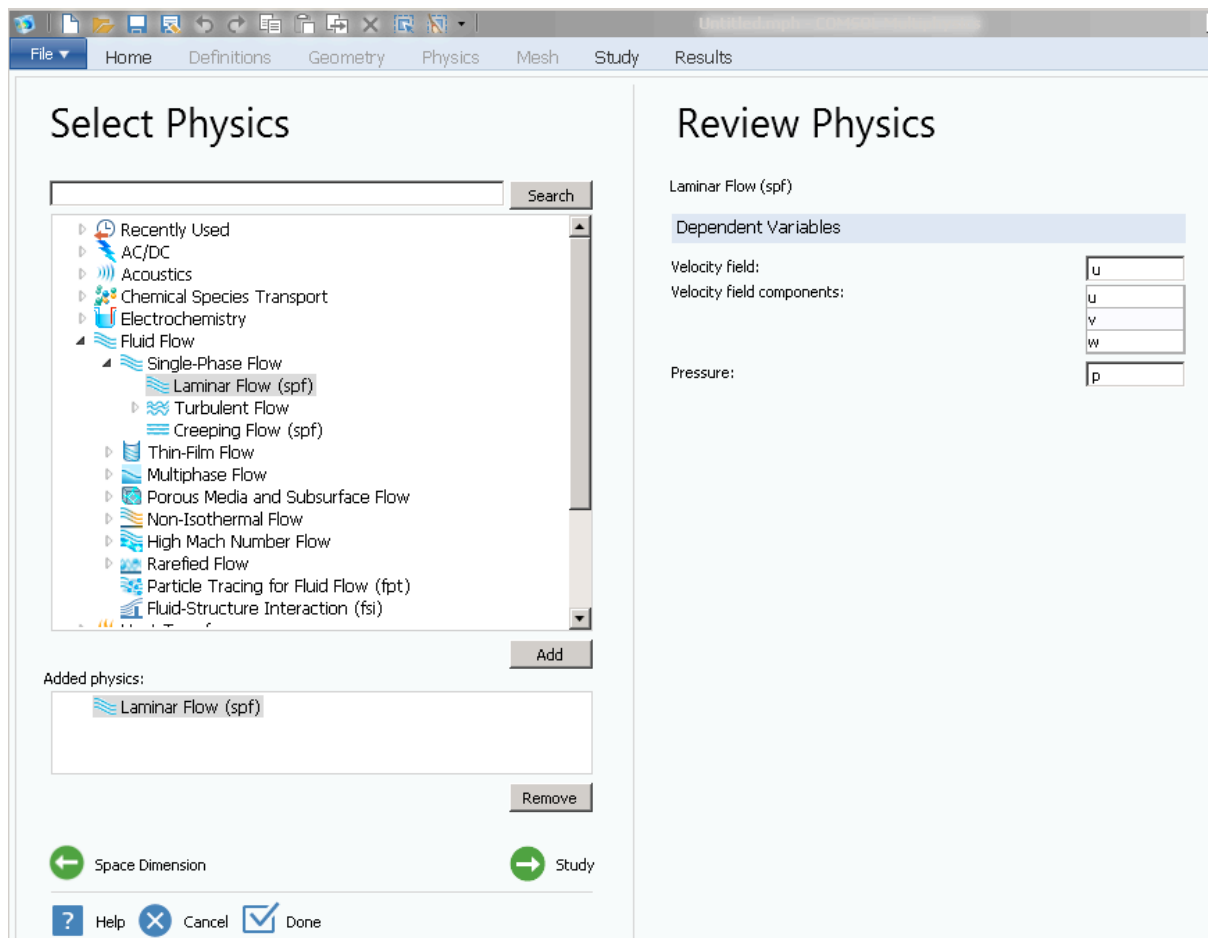
2. Επιλογή **Model Wizard**



3. Επιλογή **2D**



4. Επιλογή φυσικού μοντέλου. Από την παρακάτω λίστα επιλέγουμε **Fluid Flow>Single Phase Flow>Laminar Flow (spf)** και **Add**



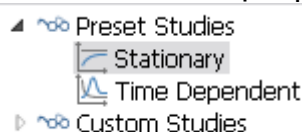
Η επιλεγμένη φυσική εμφανίζεται στο πλαίσιο **Added physics**:

Προχωράμε στο επόμενο βήμα πατώντας το πράσινο βελάκι **Study**.

5. Στη λίστα **Preset Studies**, επιλέγουμε **Stationary** μετά πατάμε **Done**



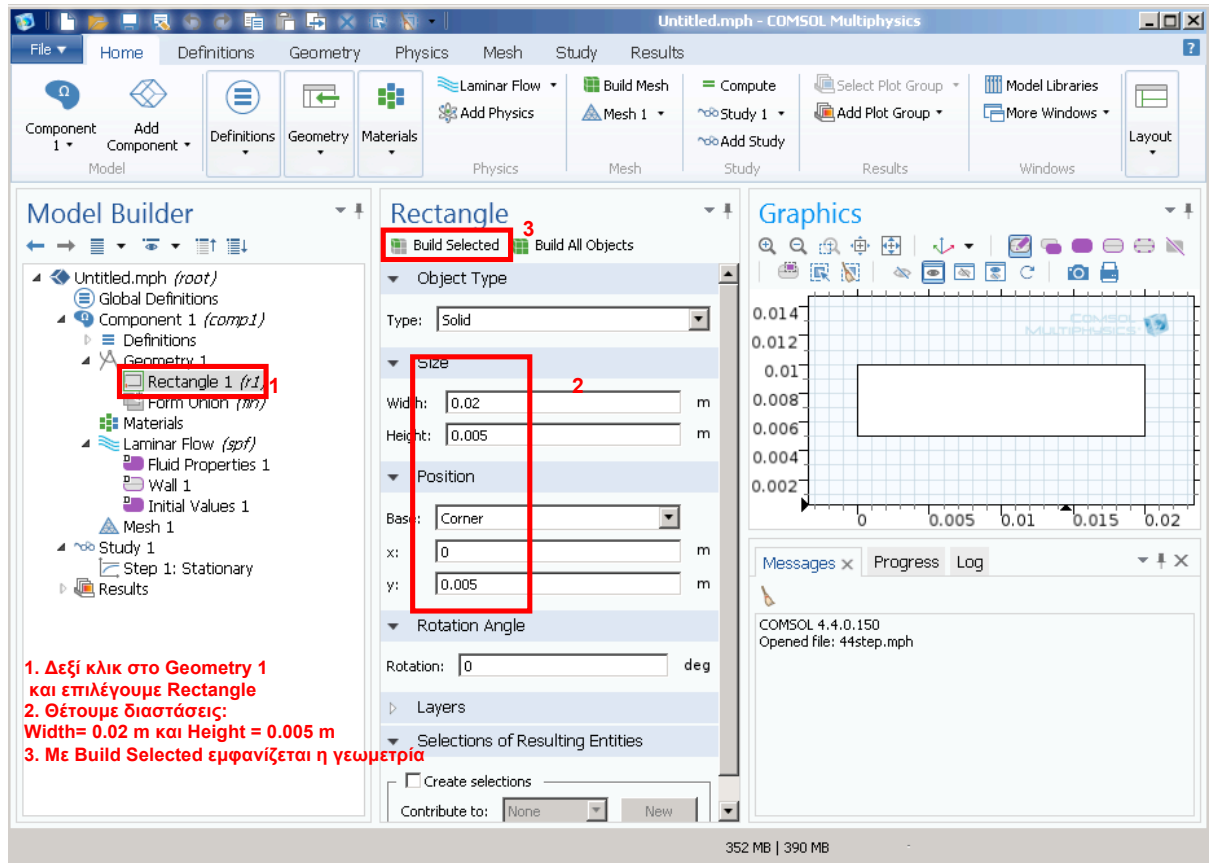
και ανοίγει η επιφάνεια εργασίας του προγράμματος.

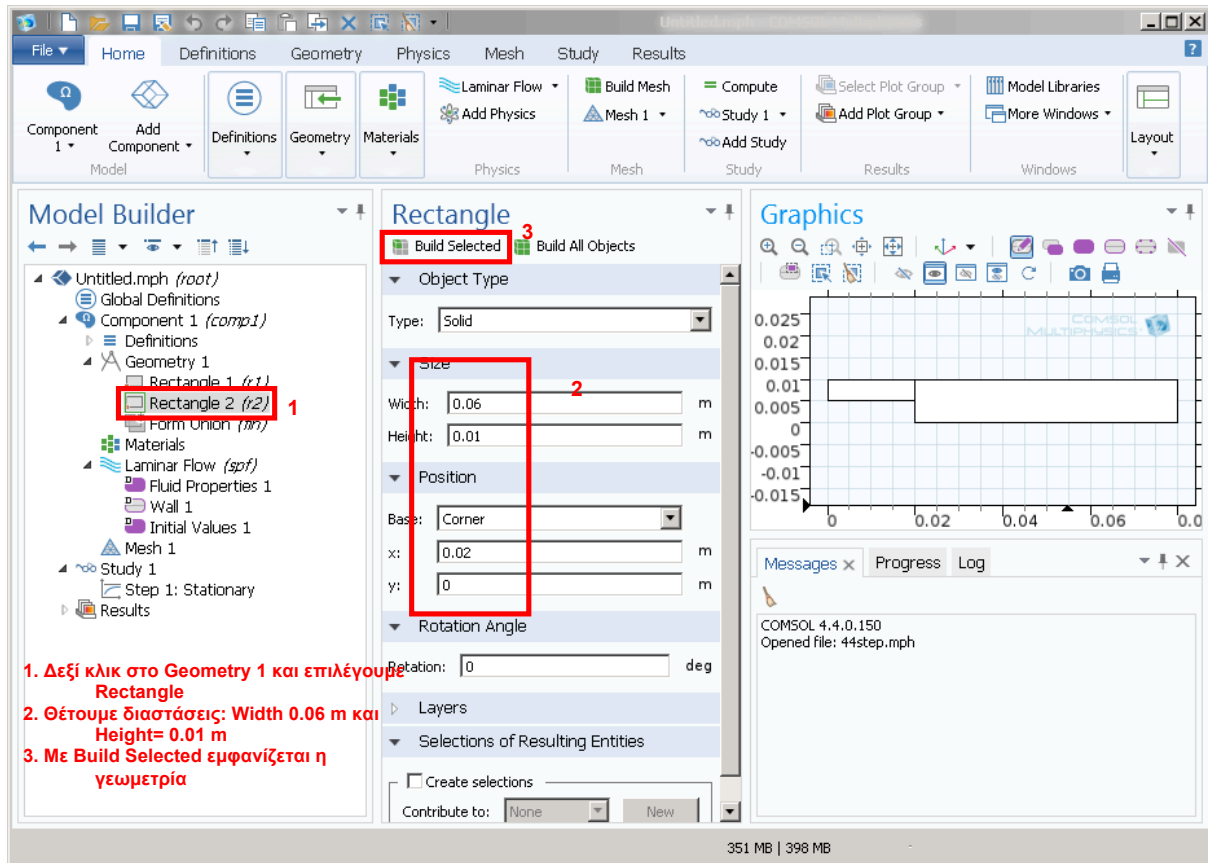


B. Σχεδίαση γεωμετρίας

Αρχικά σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο διαστάσεων $0.02 \text{ m} \times 0.005 \text{ m}$. Μετά ένα δεύτερο παραλληλόγραμμο διαστάσεων $0.06 \text{ m} \times 0.01 \text{ m}$.

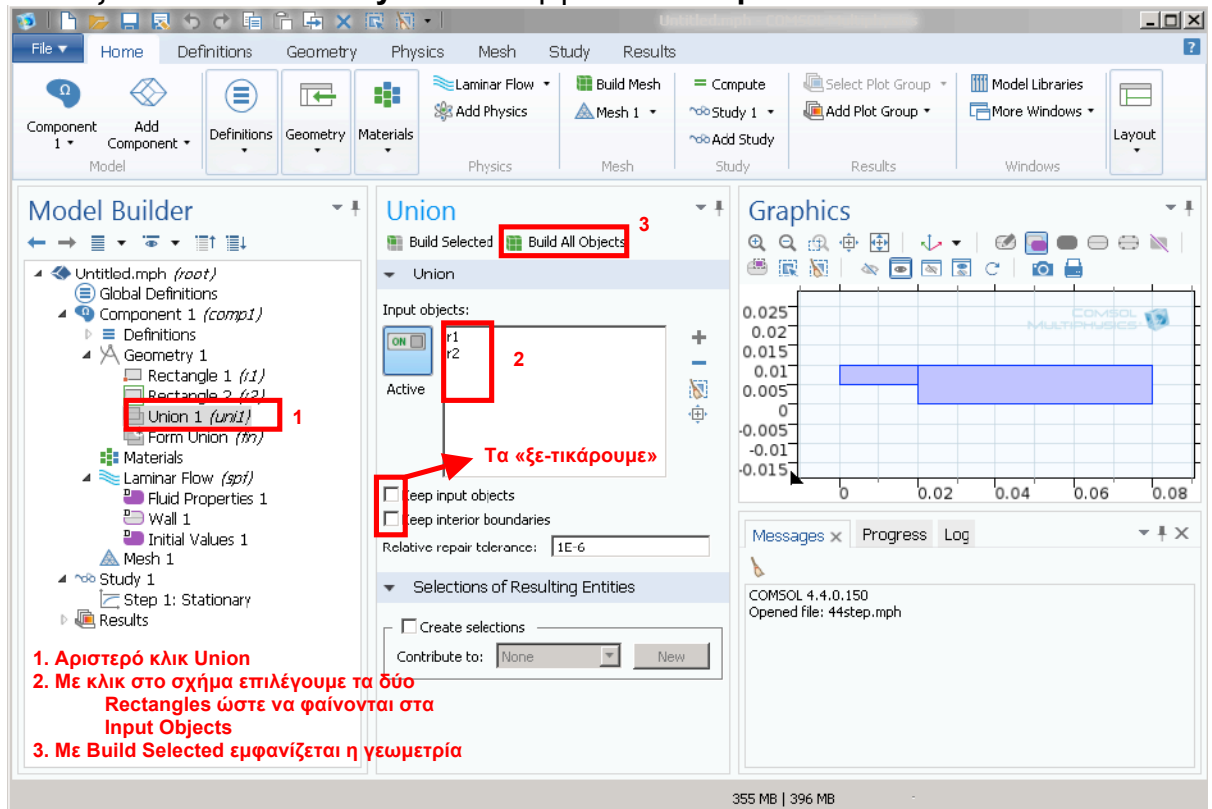
- Δεξί κλικ στο **Geometry 1** > επιλογή **Rectangle**



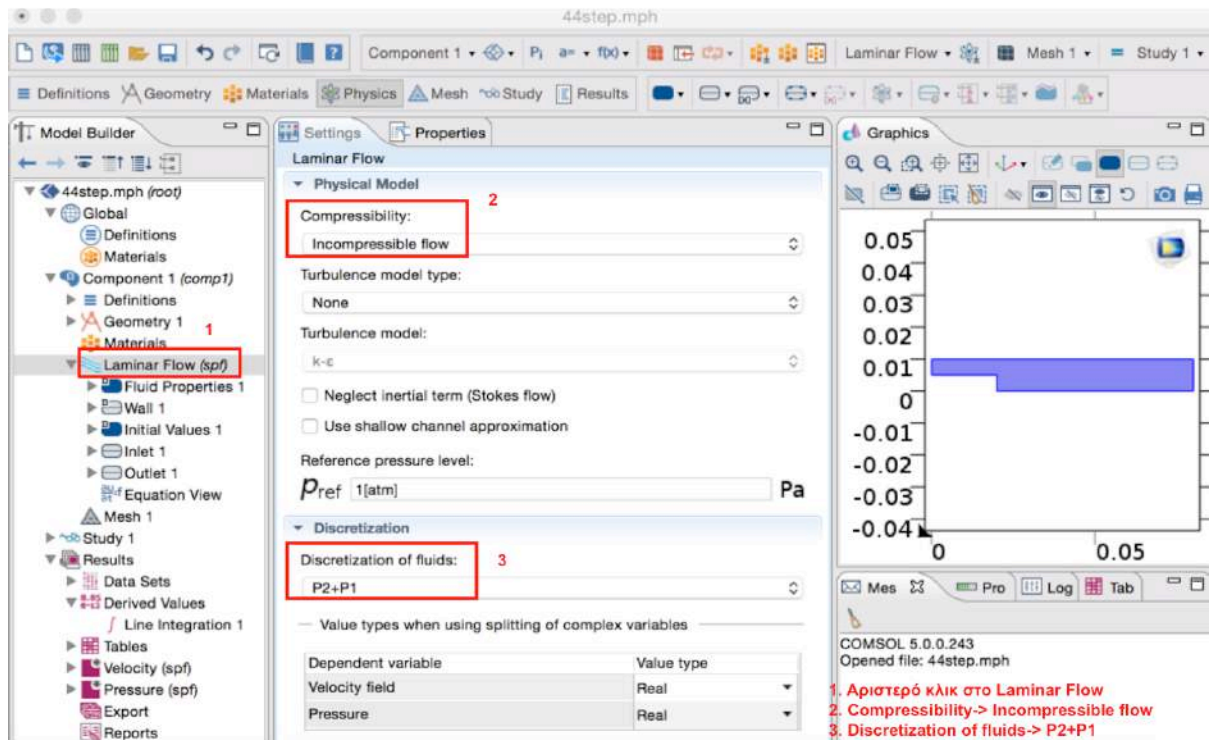


Τώρα θα κάνουμε ένωση (Union) των δύο σχημάτων για να φτιάξουμε τη επιθυμητή γεωμετρία.

- Δεξί κλικ στο **Geometry 1** > επιλογή **Boolean Operations> Union**

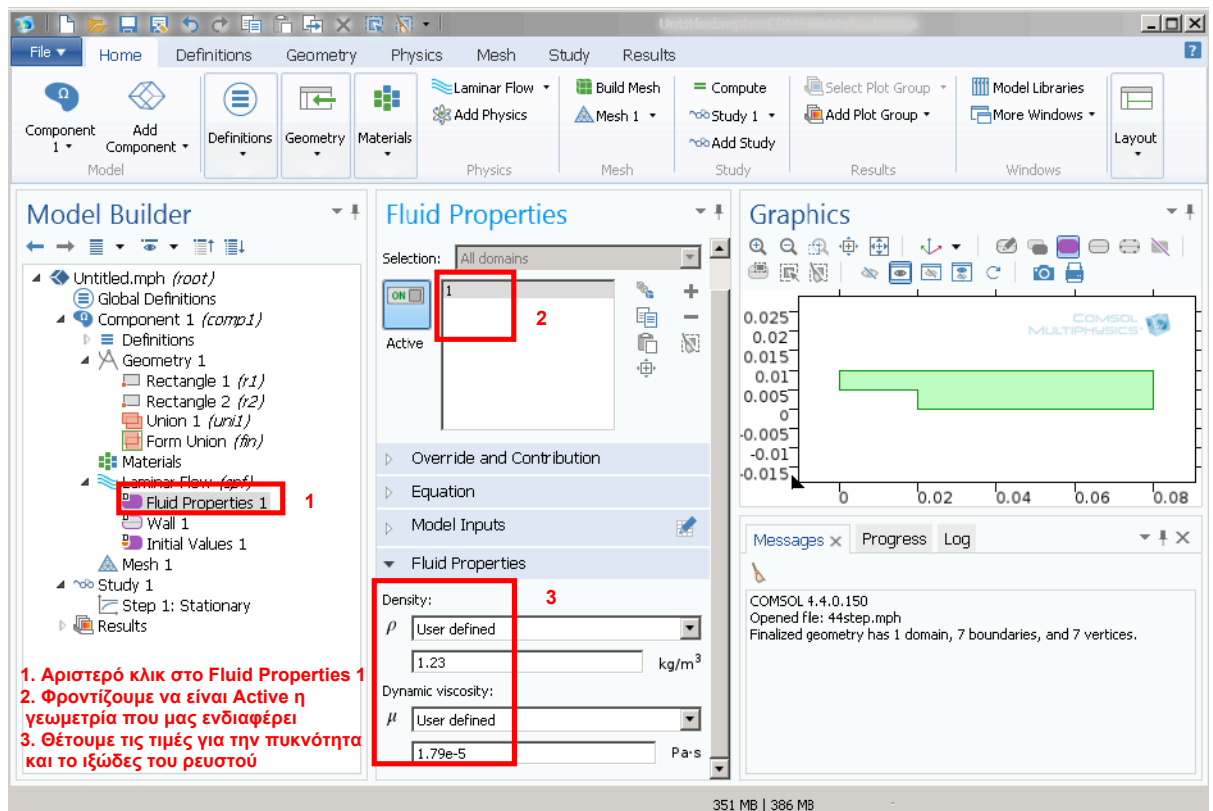


Γ. Καθορισμός γενικών παραμέτρων επίλυσης



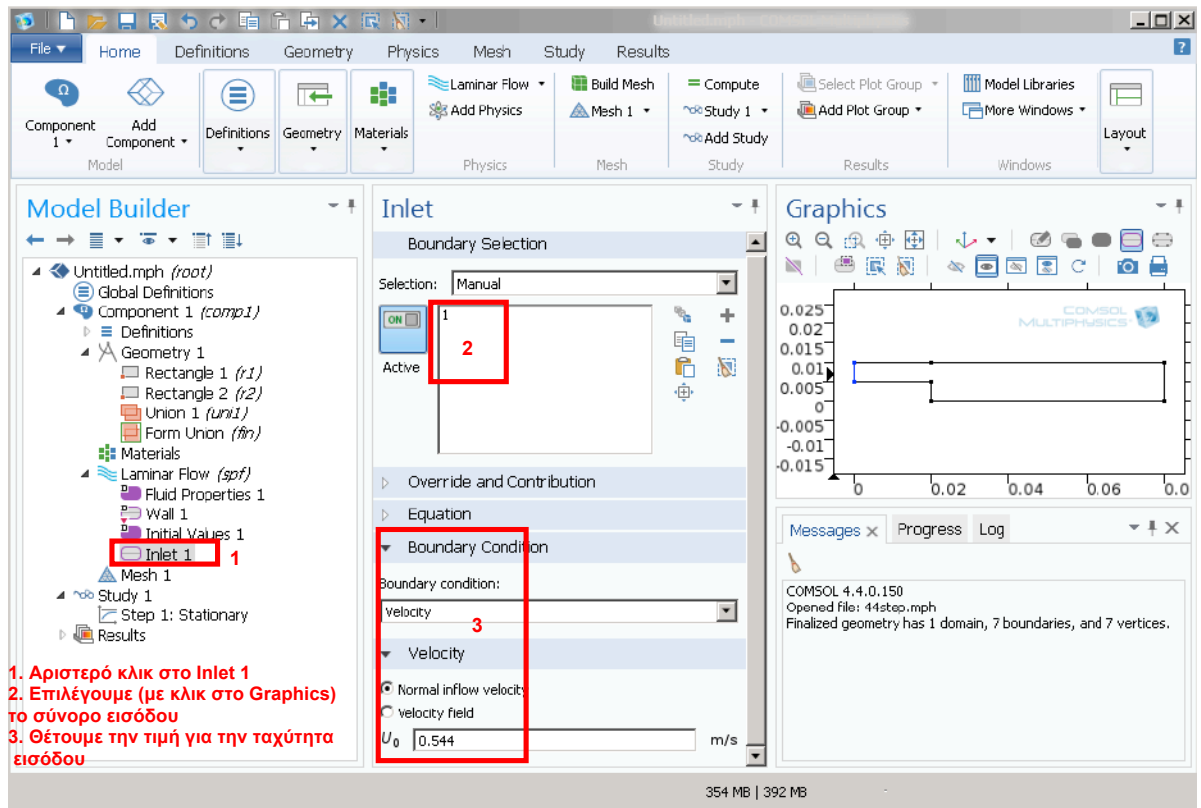
Δ. Ορισμός φυσικών παραμέτρων

Πρέπει να θέσουμε τις τιμές για την πυκνότητα και το ιξώδες του ρευστού:
 $\rho = 1.23 \text{ kg/m}^3$ και $\mu = 1.79\text{e-}5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

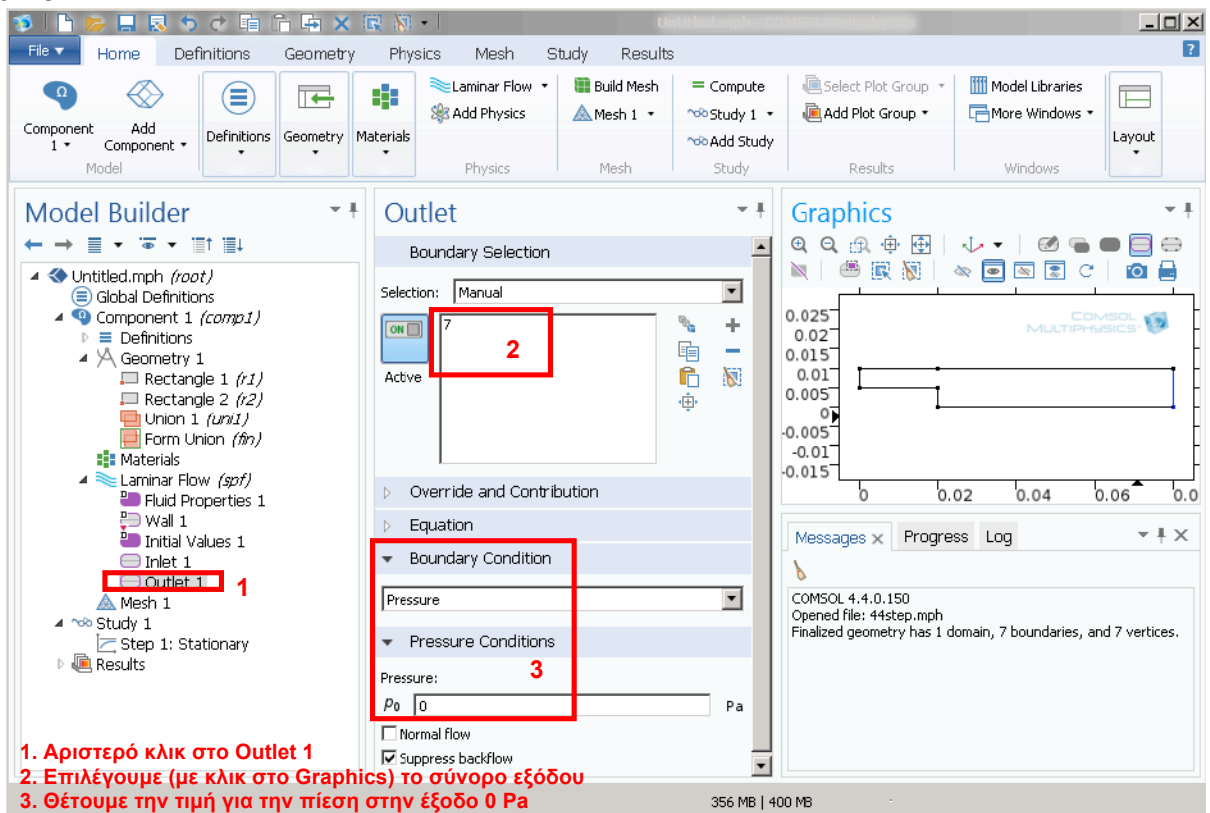


Ε. Ορισμός Συνοριακών συνθηκών

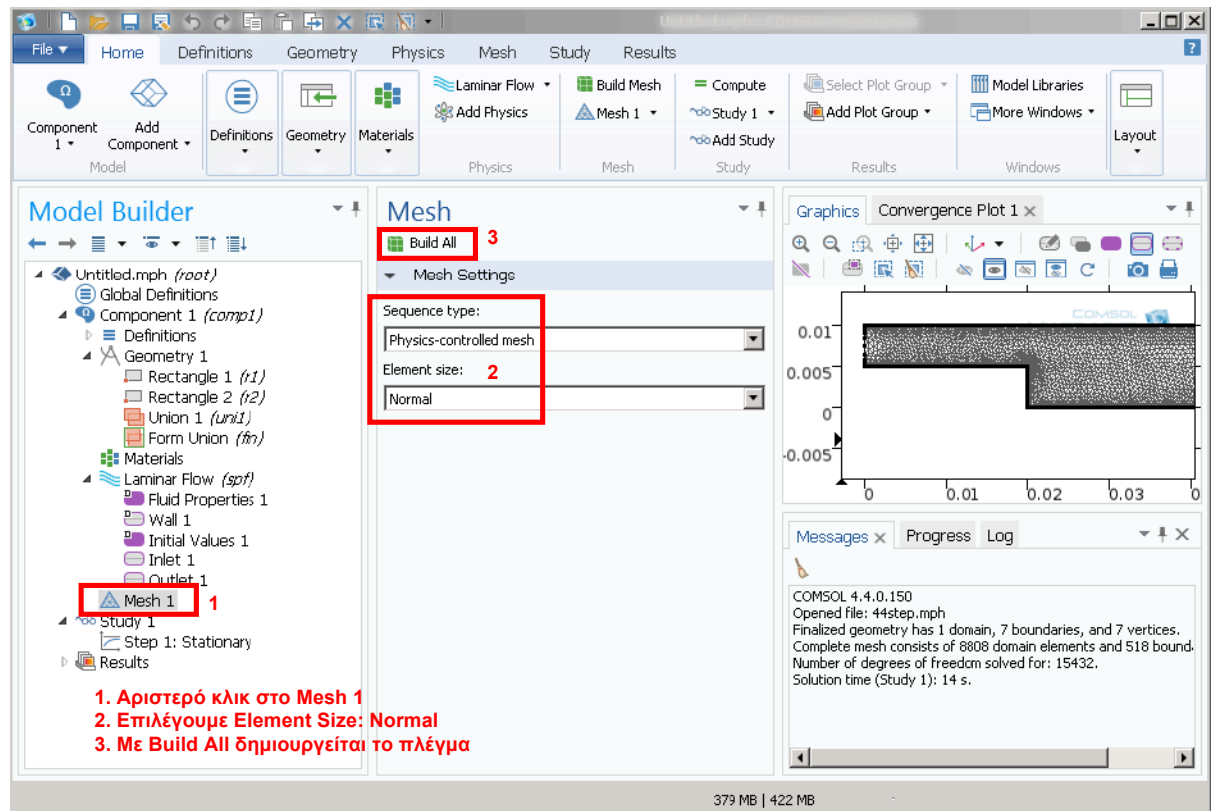
Επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός των συνοριακών συνθηκών στην είσοδο και την έξοδο του αγωγού. Με δεξί κλικ στο **Laminar Flow (spf)** επιλέγουμε το **Inlet 1**. Κάνοντας πάλι δεξί κλικ στο **Laminar Flow (spf)** επιλέγουμε **Outlet 1**
-Για το **Inlet 1**



-Για το **Outlet 1**



ΣΤ. Επιλογή πλέγματος διακριτοποίησης



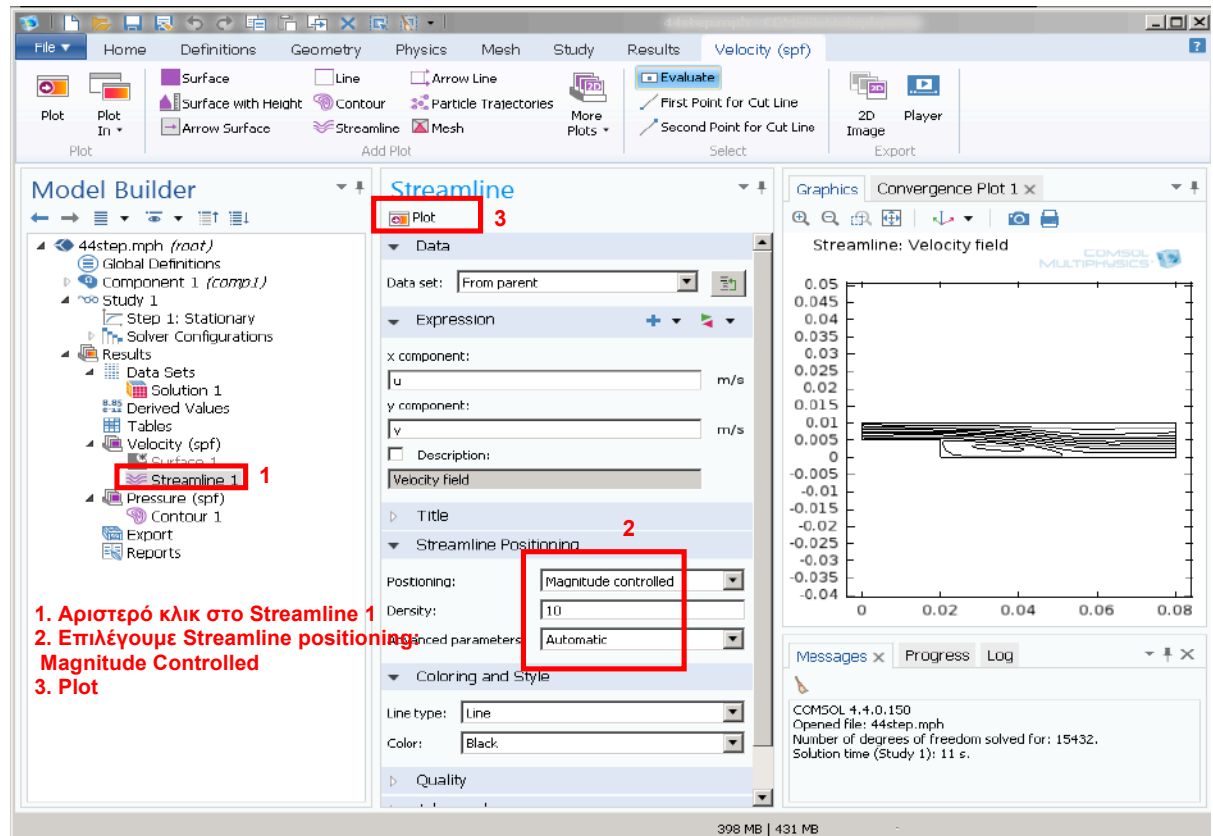
Κάνουμε δεξί στο **Study 1** εμφανίζεται ο αντίστοιχος πίνακας με επιλογές όπου επιλέγουμε το  Compute

ΣΤ. Αποτελέσματα

ΣΤ. 1 Ανακυκλοφορία – ροϊκές γραμμές

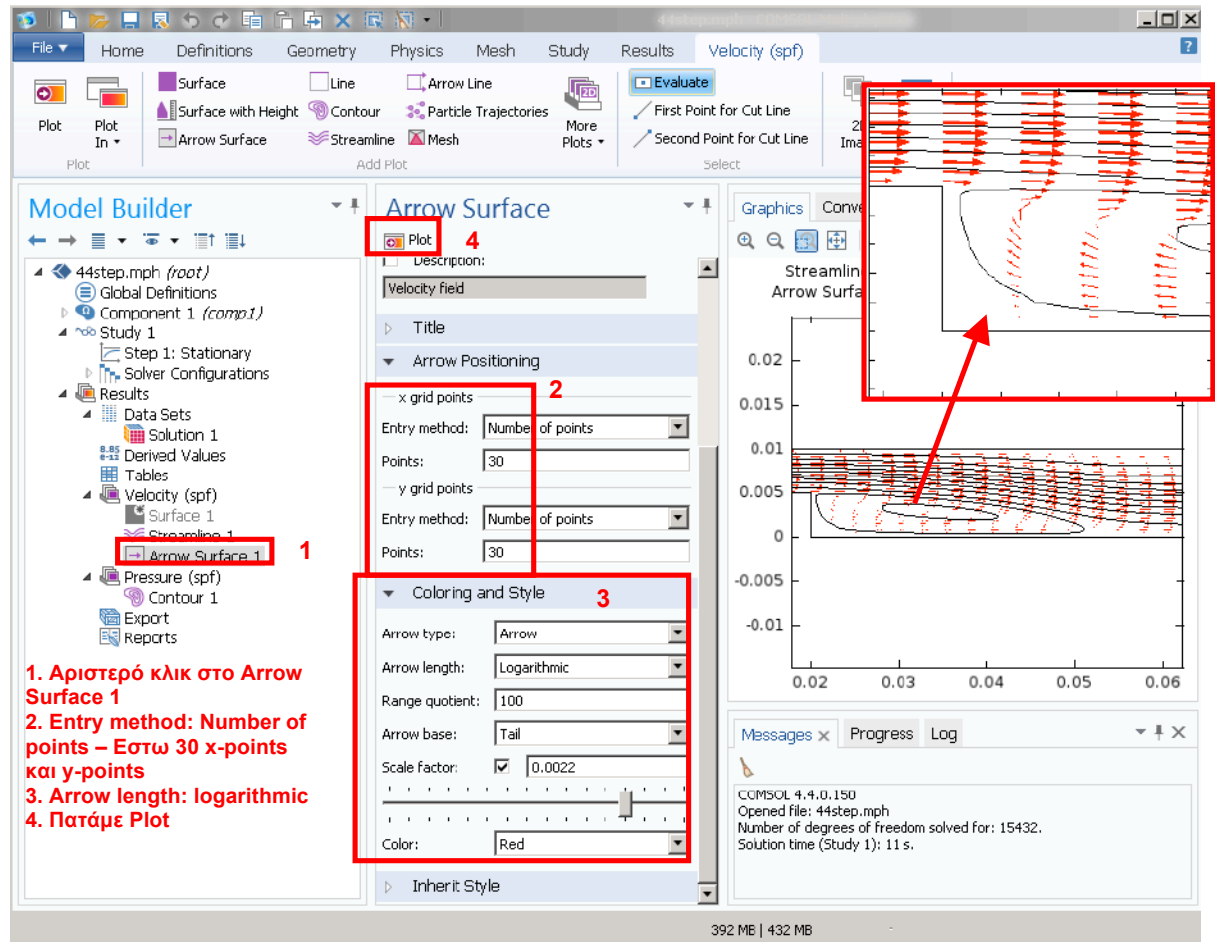
Λόγω αποκόλλησης του οριακού στρώματος στο σημείο της απότομης αύξησης διατομής, δημιουργείται μια ζώνη ανακυκλοφορίας, στη γωνία, η οποία μπορεί να απεικονιστεί με ροϊκές γραμμές ως εξής:

Δεξί κλικ στο  Velocity (spf) > επιλέγουμε  Streamline. Με αριστερό κλικ στο  Streamline 1 εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο επιλογών:



Μπορούμε στο ίδιο διάγραμμα να σχεδιάσουμε και διανύσματα ταχύτητας σαν βέλη (arrow plot).

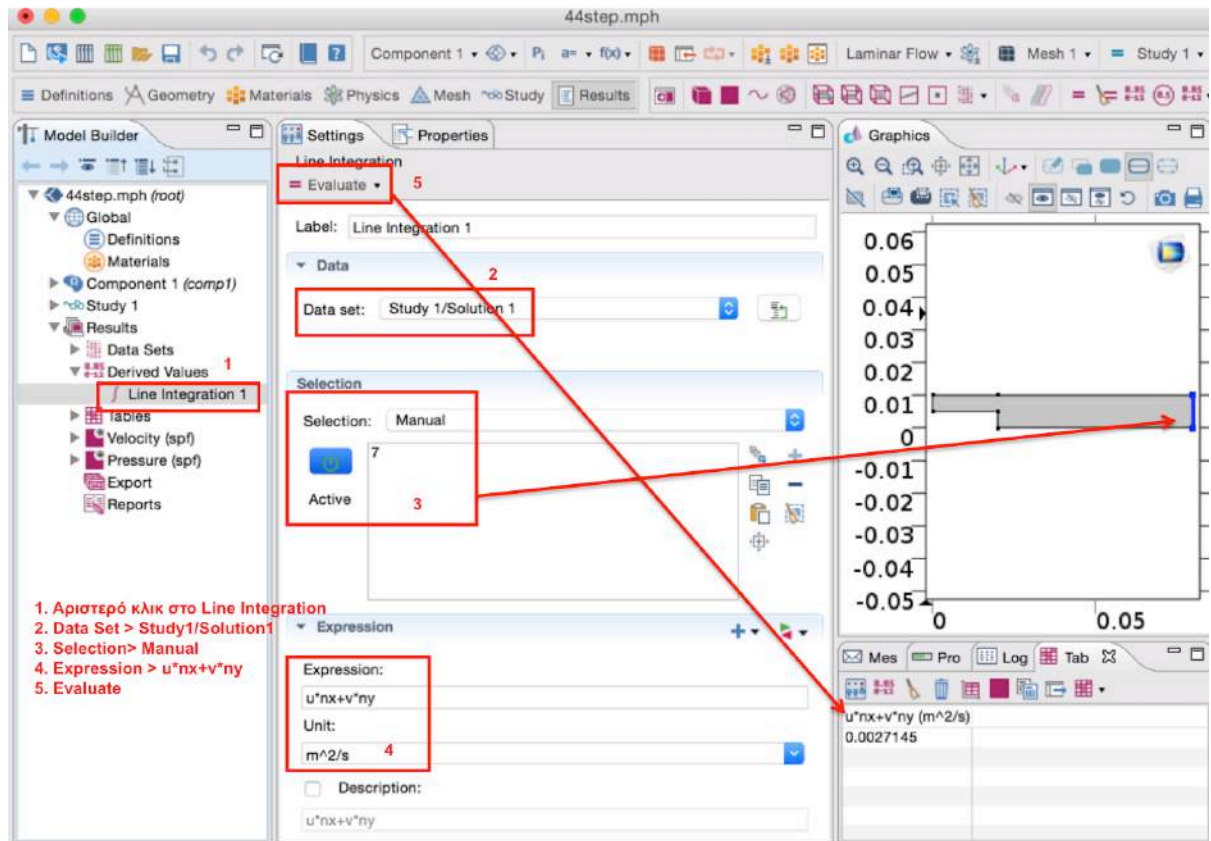
Δεξί κλικ στο  Velocity (spf) > επιλέγουμε  Arrow Surface. Με αριστερό κλικ στο  Arrow Surface 1 εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο επιλογών:



ΣΤ. 2 Υπολογισμός ογκομετρικής παροχής

Θέλουμε να υπολογίσουμε την ογκομετρική παροχή στην είσοδο ή στην έξοδο (είναι ίδιες) που δίνεται με ολοκλήρωση της ταχύτητας στη σύνορο π.χ. της εξόδου.

Με δεξί κλικ στο  Derived Values επιλέγουμε **Integration** και μετά  Line Integration. Με αριστερό κλικ στο  Line Integration εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:

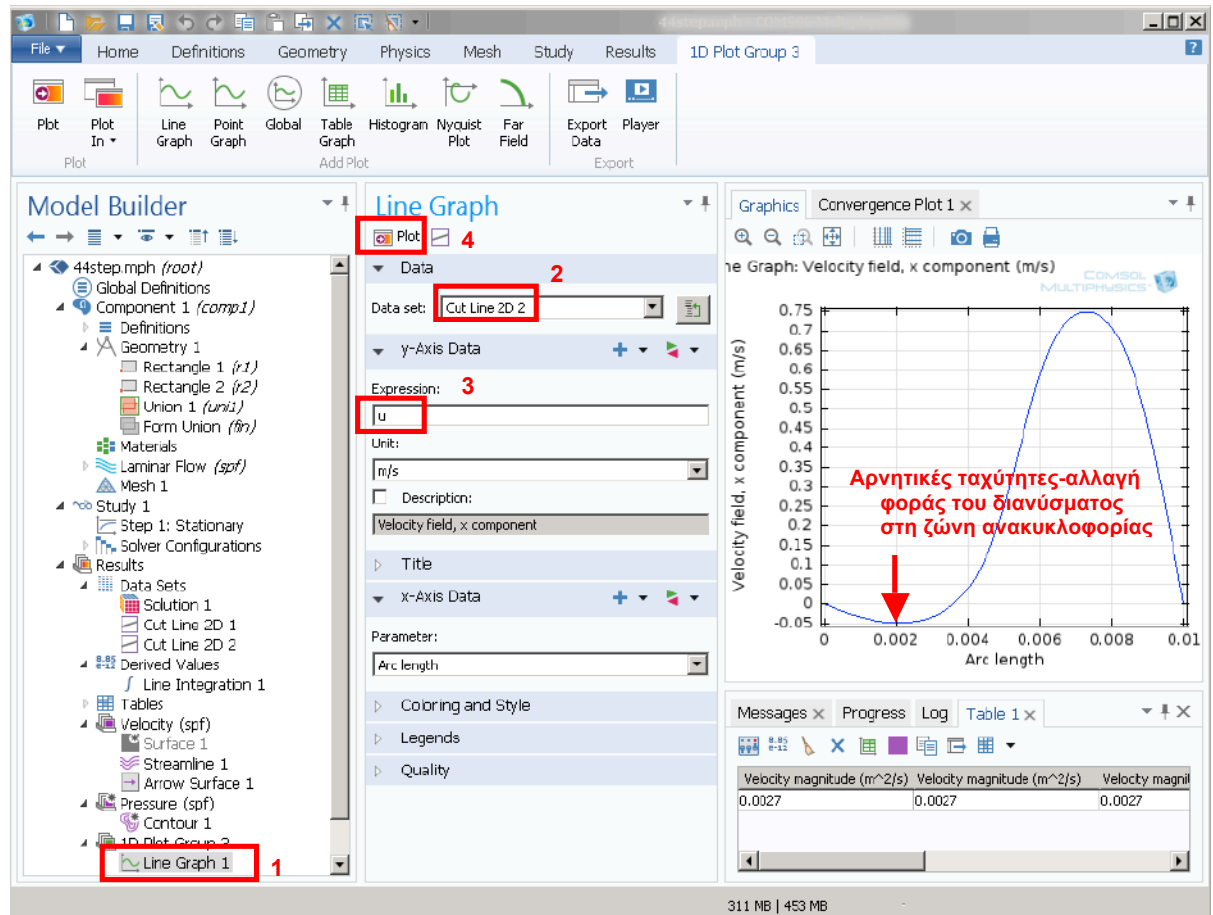


ΣΤ. 3 Σχεδιασμός x-συνιστώσας ταχύτητας

Θέλουμε να σχεδιάσουμε την οριζόντια συνιστώσα ταχύτητας κατά μήκος μιας κατακόρυφης γραμμής που περνά μέσα από την περιοχή ανακυκλοφορίας σε απόσταση $L=0.025$ m από την είσοδο του σωλήνα.

Δεξί κλικ Data Sets και επιλογή Cut Line 2D. Με αριστερό κλικ στο Cut Line 2D εμφανίζεται το παράθυρο επιλογών όπου ορίζουμε μια γραμμή με βάση τα σημεία $(0.025\text{m}, 0\text{m})$ και $(0.025\text{m}, 0.01\text{m})$. (Για λεπτομέρειες βλ. Παράγραφο ΣΤ. 2, βήμα 1)

Με δεξί κλικ στο Results και επιλέγουμε 1D Plot Group. Με δεξί κλικ στο 1D Plot Group2 επιλέγουμε Line Graph. Με αριστερό κλικ στο Line Graph εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο επιλογών:



- Αριστερό κλικ Line Graph 1 στο 1D Plot Group2

- Data Set : Cut Line 2D 2

- Expression u

ΣΤ. 4 Προσθήκη εμποδίου και υπολογισμός οπισθέλκουσας δύναμης

- Προσθήκη γεωμετρίας

Δεξί κλικ **Geometry> Circle**

Radius> 0.002

Position: **Base> Center** (x=0.05, y=0.005)

Build All Objects

Δεξί κλικ **Geometry> Boolean Operations > Difference**

Objects to Add> uni1

Objects to Subtract > c1

Build All Objects

Δεξί κλικ **Study 1> Compute**

Με επιλογή του **Line Integration** εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο επιλογών

