

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Študijsko gradivo
PRIMER RAČUNA S PROGRAMOM PYROSIM
1. del

II. stopnja – magistrski študij GRADBENIŠTVO, predmet
POŽARNA VARNOST

Avtorja: Sabina Huč, Tomaž Hozjan

Ljubljana, marec 2015

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	1
2 PRIMER 1	2
2.1 Mreža	2
2.1.1 Odpremo meje	2
2.2 Materiali.....	3
2.3 Negorljive površine.....	5
2.4 Risanje geometrije (elementov)	6
2.5 Gorljiv element	10
2.6 Reakcija	12
2.7 Merilniki	13
2.8 Nastavitve računa.....	16
2.9 Pregled rezultatov	17
KORISTNE POVEZAVE.....	23

KAZALO SLIK

Slika 1	: Urejanje mreže.....	2
Slika 2	: Ukaz za odprtje mej mreže.....	3
Slika 3	: Uvoz materialov iz FDS knjižnice.	4
Slika 4	: Urejanje lastnosti materiala.	4
Slika 5	: Tip površine.	5
Slika 6	: Sestava površine.....	5
Slika 7	: Debelina sloja.....	6
Slika 8	: Koordinate elementa z imenom <i>StenaL</i>	6
Slika 9	: Ukaz za kopiranje oziroma premikanje elementov.....	7
Slika 10	: Kopiranje elementa.	7
Slika 11	: <i>StenaS</i>	9
Slika 12	: <i>StenaZ1</i>	9
Slika 13	: <i>StenaZ2</i>	9
Slika 14	: <i>StenaZ3</i>	9
Slika 15	: <i>StenaZ4</i>	9
Slika 16	: <i>Tla</i>	9
Slika 17	: <i>Strop</i>	9
Slika 18	: Geometrija modela.	10
Slika 19	: Tip gorljive površine.	10
Slika 20	: Lastnosti gorljive površine.	11
Slika 21	: Koordinate gorljivega elementa.	12
Slika 22	: Razmerje atomov goriva.	12
Slika 23	: Produkti gorenja.	12
Slika 24	: Koordinate merilnika temperature <i>T</i>	13
Slika 25	: Kopiranje merilnika.....	14
Slika 26	: Izbor merskih enot.....	14
Slika 27	: Koordinate merilnika kisika.....	15
Slika 28	: Koordinate merilnika zmanjšane vidljivosti.	15
Slika 29	: Koordinate merilnika temperature na površini elementa.	16
Slika 30	: Definiranje YZ – in XZ – ravnine za prikaz rezultatov.	16
Slika 31	: Trajanje simulacije.	17
Slika 32	: Ukaz za animacijski prikaz širjenja dima.....	18
Slika 33	: Temperature v ravnini.	19
Slika 34	: Potek hitrosti sproščanja toplote (HRR).....	20
Slika 35	: Časovni potek temperature, izmerjene z merilnikom <i>T</i>	20
Slika 36	: Časovni potek temperature, izmerjene z merilnikom <i>T01</i>	21
Slika 37	: Časovni potek koncentracije kisika, izmerjene z merilnikom <i>O</i>	21
Slika 38	: Časovni potek zmanjšanja vidljivosti, izmerjen z merilnikom <i>Zad</i>	22
Slika 39	: Časovni potek temperature na površini elementa, izmerjene z merilnikom <i>AST</i>	22

1 UVOD

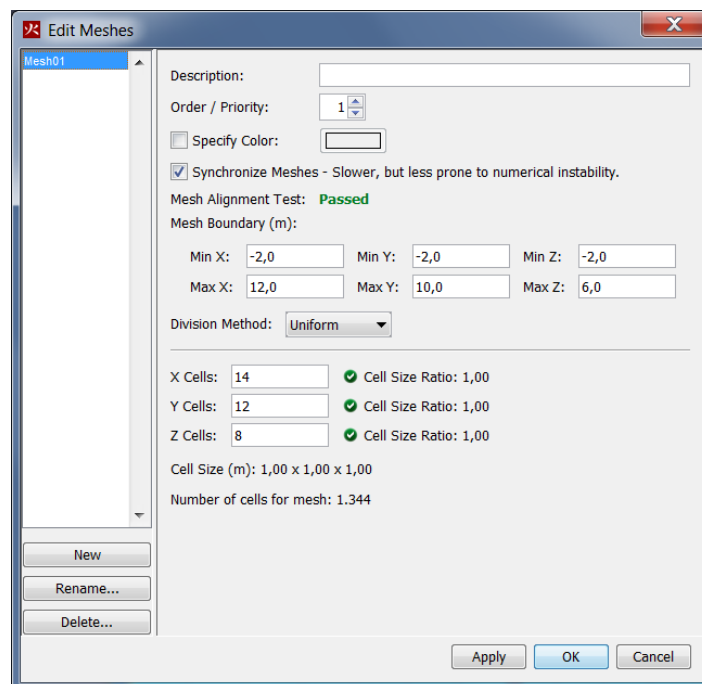
Namen študijskega gradiva je na preprostem primeru predstaviti osnovne možnosti uporabe grafičnega vmesnika PyroSim [1], ki je narejen za program Fire Dynamics Simulator (FDS) [2]. Poudarek je na prikazu postopka ustvarjanja modela, na določenih mestih so dodani krajši komentarji, na koncu pa so prikazani tudi rezultati simulacije. Le-ti niso namenjeni ocenjevanju nastalih požarnih razmer, temveč želijo bralcu služiti kot kontrola pri lastni ponovitvi prikazanega primera. Omenimo še, da je celotna požarna obtežba v prikazanem primeru skoncentrirana na enem gorljivem elementu, kar se pri naprednem modeliranju požarnih scenarijev pojavlja kot najosnovnejša varianta.

2 PRIMER 1

2.1 Mreža

Z mrežo definiramo računski prostor. Ustvarimo lahko eno ali več mrež. V tem primeru bomo ustvarili računski prostor z eno mrežo dimenzij 14 m x 12 m x 8 m. Vsaka celica bo dimenzij 1 m x 1 m x 1 m:

1.	V meniju Model kliknemo Edit Meshes....
2.	Na levi kliknemo New .
3.	S klikom OK potrdimo ime mreže <i>Mesh01</i> .
4.	Vpišemo mejne koordinate mreže - Min X, Max X, Min Y, Max Y, Min Z, Max Z. (Slika 1)
5.	Delitev mreže v X, Y in Z smeri. (Slika 1)
6.	Kliknemo OK za potrditev nastavitv mreže.



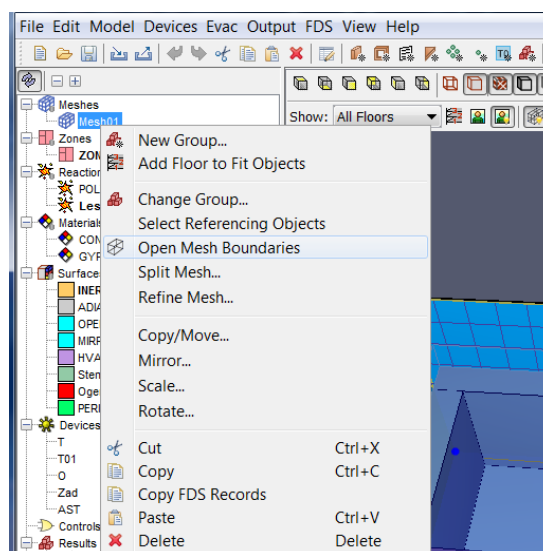
Slika 1: Urejanje mreže.

Učinkovito delitev računskega prostora na podlagi sproščene toplote predlaga izračun na spletni strani <http://www.koverholt.com/fds-mesh-size-calc/> [3].

2.1.1 Odpremo meje

Omogočimo toplotni in masni tok. Primer okno: če meje niso odprte, je onemogočen prehod dima in toplote ter vnos svežega zraka v prostor, kar lahko vodi k napačnim rezultatom.

1.	V levem delu okna z desno tipko kliknemo na Mesh01 in v meniju kliknemo Open Mesh Boundaries . (Slika 2)
----	---



Slika 2: Ukaz za odprtje mej mreže.

Spodnjega dela računskega prostora ne odpremo:

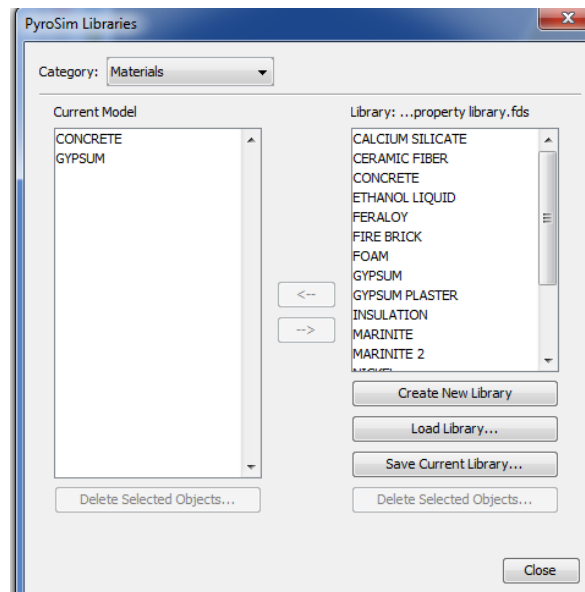
1.	V levem delu okna v sklopu Model , odpremo zavihek Mesh Boundary Vents in pobrišemo Mesh Vent: Mesh01 [ZMIN].
----	---

2.2 Materiali

Material lahko uvozimo iz knjižnice ali pa ga definiramo ročno. Pri slednjem načinu vrednosti toplotnih in materialnih karakteristik, kot so gostota, specifična toplota, prevodnost, emisivnost in adsorpcijski koeficient vpišemo po lastni izbiri.

Najprej iz knjižnice uvozimo materiala *Concrete* in *Gypsum*:

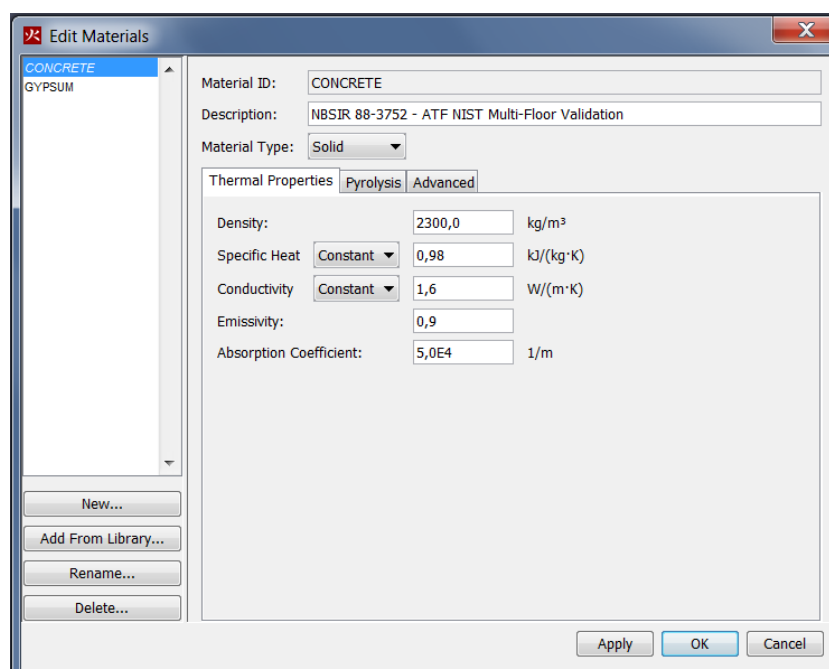
1.	V meniju Model kliknemo Edit Libraries...
2.	V seznamu Category izberemo Materials .
3.	V desnem delu okna izberemo GYP SUM in ga s puščico (←) prenesemo v levi del okna. (Slika 3)
4.	V desnem delu okna izberemo CONCRETE in ga s puščico (←) prenesemo v levi del okna. (Slika 3)
5.	S klikom na Close zapremo okno.



Slika 3: Uvoz materialov iz FDS knjižnice.

Materialu *Concrete* ročno spremenimo karakteristike:

1.	V meniju Model kliknemo Edit Materials...
2.	V levem delu okna označimo CONCRETE.
3.	V zavihku Thermal Properties v polje Density vpišemo 2300,0 kg/m ³ , v polje Specific Heat vpišemo 0,98 kJ/(kg·K) in v polje Conductivity vpišemo 1,6 W/(m·K). (Slika 4)
4.	Kliknemo OK potrdimo nastavitve in zapremo okno.

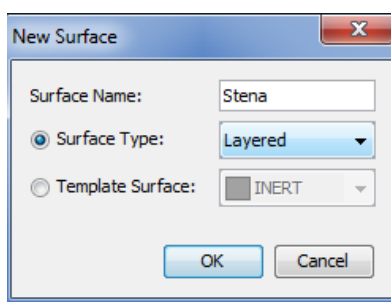


Slika 4: Urejanje lastnosti materiala.

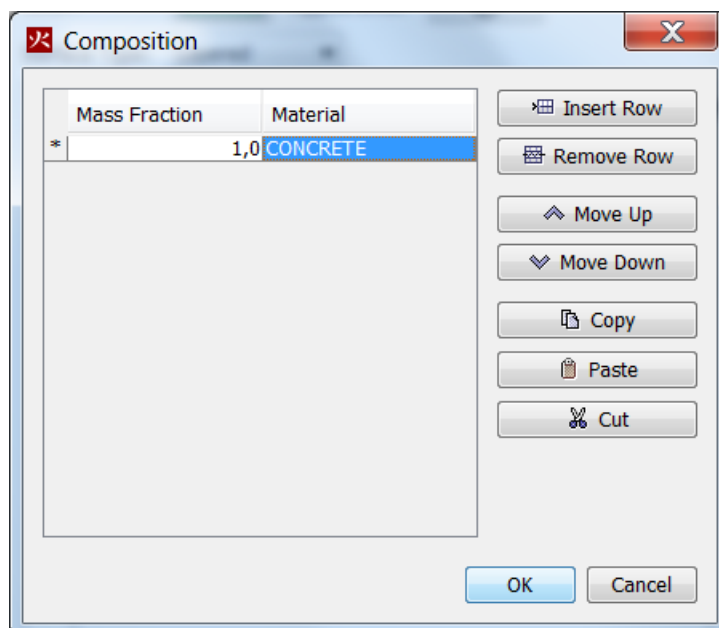
2.3 Negorljive površine

Definirajmo najprej negorljive površine:

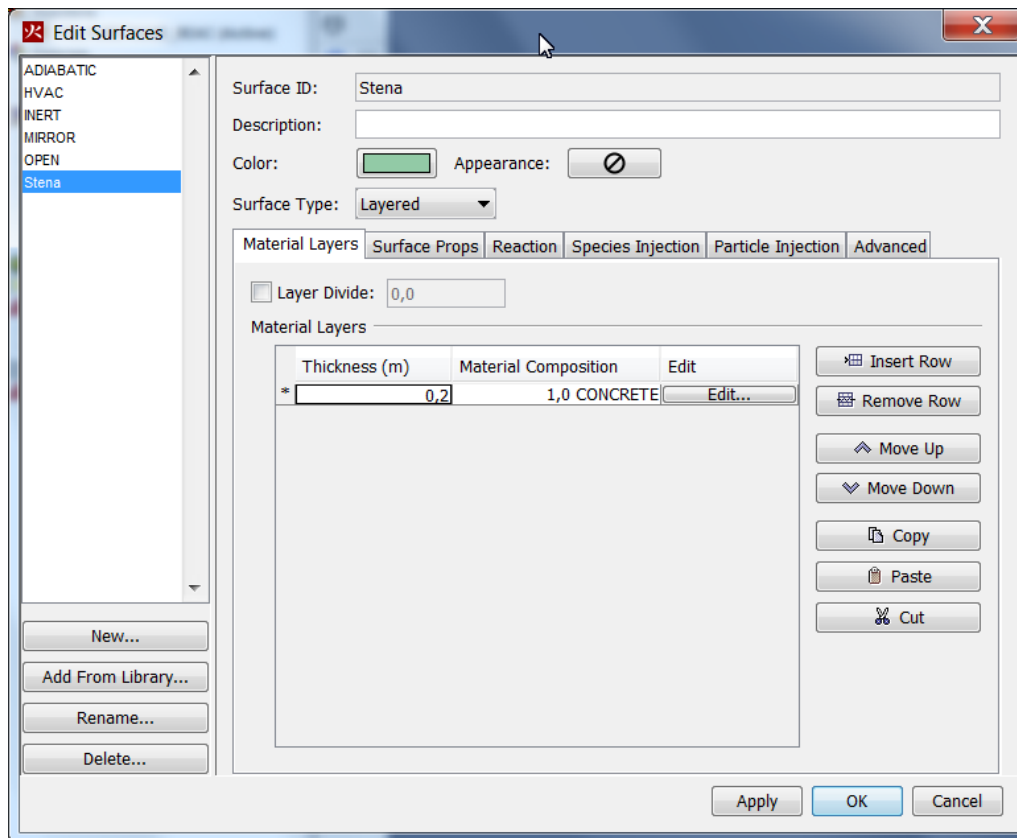
1.	V meniju Model kliknemo Edit Surfaces...
2.	Na levi kliknemo New .
3.	Vpišemo Surface Name : <i>Stena</i> , izberemo Surface Type: Layered in potrdimo z gumbom OK . (Slika 5).
4.	V zavihku Material Layers v stolpcu Edit kliknemo na prazno vrstico. Odpre se novo okno, kjer pod Mass Fraction vpišemo 1,0, pod Material pa izberemo CONCRETE. Potrdimo z OK . (Slika 6)
5.	V zavihku Material Layers pod Thickness (m) vpišimo 0,2. (Slika 7)
6.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



Slika 5: Tip površine.



Slika 6: Sestava površine.

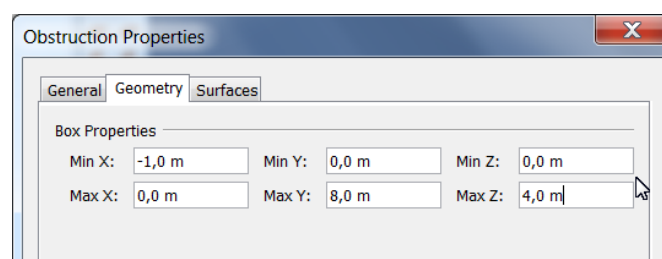


Slika 7 : Debelina sloja.

2.4 Risanje geometrije (elementov)

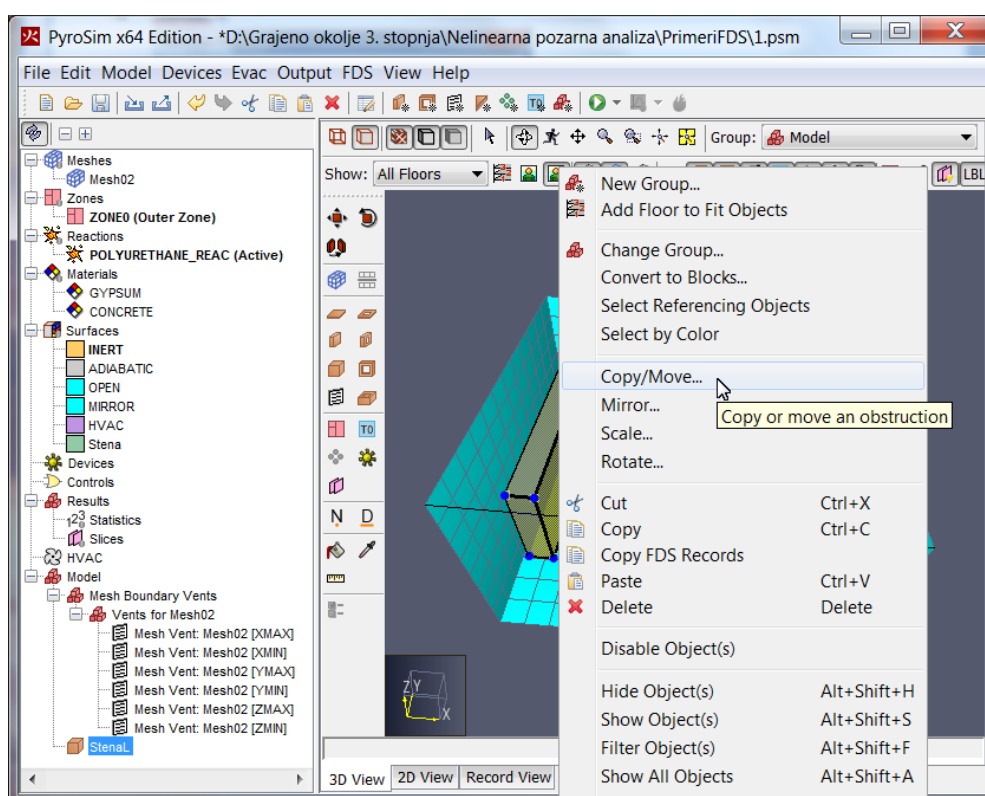
Elemente v programu podajamo kot ovire (OBSTRUCTION). Pri tem si lahko pomagamo s posameznimi podelementi (npr.: SLAB za ploščo, WALL za stene,...) v 2D pogledu. V nadaljevanju prikazujemo risanje elementov s podajanjem koordinat:

1.	V meniju Model kliknemo New Obstruction...
2.	V zavihku General pod Description vpišimo <i>StenaL</i> .
3.	V zavihku Geometry vpišimo koordinate. (Slika 8)
4.	V zavihku Surfaces v meniju Single izberemo <i>Stena</i> . (Slika 9)
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .

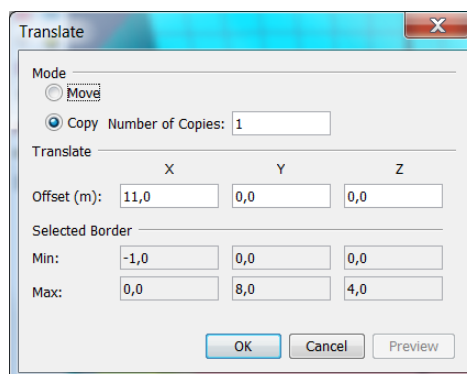
Slika 8 : Koordinate elementa z imenom *StenaL*.

Novo elemente lahko ustvarimo tudi s kopiranjem že obstoječih:

1.	V modelu označimo ustvarjen element z imenom <i>StenaL</i> , kliknemo z desno tipko in na meniju izberemo ukaz Copy/Move.... (Slika 9)
2.	V novem oknu označimo Copy in pod Offset (m) v smeri X vpišemo 11,0. (Slika 10)
3.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
4.	Z dvojnim klikom na novo ustvarjeno steno se nam odpre okno Obstruction Properties, kjer lahko pod Description spremenimo ime na <i>StenaD</i> in potrdimo s klikom na gumb OK .



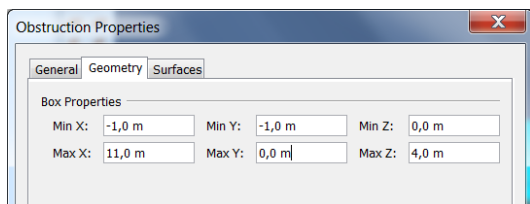
Slika 9: Ukaz za kopiranje oziroma premikanje elementov.



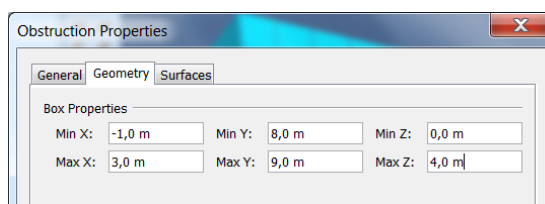
Slika 10: Kopiranje elementa.

Na podoben način ustvarimo še ostale elemente:

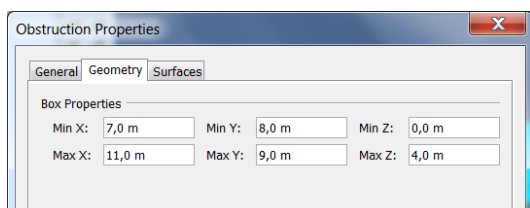
1.	V meniju Model kliknemo New Obstruction...
2.	V zavihku General pod Description vpišimo <i>StenaS</i> .
3.	V zavihku Geometry vpišimo koordinate. (Slika 11)
4.	V zavihku Surfaces v meniju Single izberemo <i>Stena</i> .
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
1.	V meniju Model kliknemo New Obstruction...
2.	V zavihku General pod Description vpišimo <i>StenaZ1</i> .
3.	V zavihku Geometry vpišimo koordinate. (Slika 12)
4.	V zavihku Surfaces v meniju Single izberemo <i>Stena</i> .
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
1.	V meniju Model kliknemo New Obstruction...
2.	V zavihku General pod Description vpišimo <i>StenaZ2</i> .
3.	V zavihku Geometry vpišimo koordinate. (Slika 13)
4.	V zavihku Surfaces v meniju Single izberemo <i>Stena</i> .
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
1.	V meniju Model kliknemo New Obstruction...
2.	V zavihku General pod Description vpišimo <i>StenaZ3</i> .
3.	V zavihku Geometry vpišimo koordinate. (Slika 14)
4.	V zavihku Surfaces v meniju Single izberemo <i>Stena</i> .
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
1.	V meniju Model kliknemo New Obstruction...
2.	V zavihku General pod Description vpišimo <i>StenaZ4</i> .
3.	V zavihku Geometry vpišimo koordinate. (Slika 15)
4.	V zavihku Surfaces v meniju Single izberemo <i>Stena</i> .
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
1.	V meniju Model kliknemo New Obstruction...
2.	V zavihku General pod Description vpišimo <i>Tla</i> .
3.	V zavihku Geometry vpišimo koordinate. (Slika 16)
4.	V zavihku Surfaces v meniju Single izberemo <i>Stena</i> .
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
1.	V meniju Model kliknemo New Obstruction...
2.	V zavihku General pod Description vpišimo <i>Strop</i> .
3.	V zavihku Geometry vpišimo koordinate. (Slika 17)
4.	V zavihku Surfaces v meniju Single izberemo <i>Stena</i> .
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



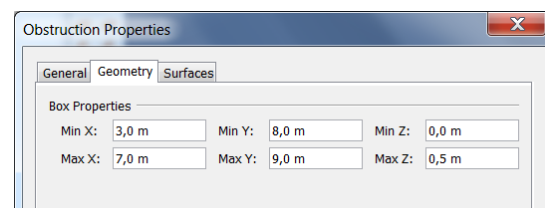
Slika 11: *StenaS*.



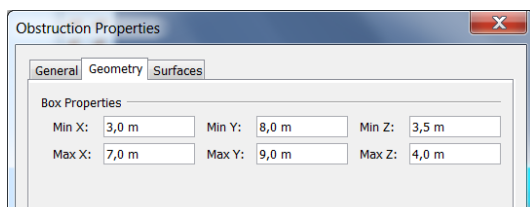
Slika 12: *StenaZ1*.



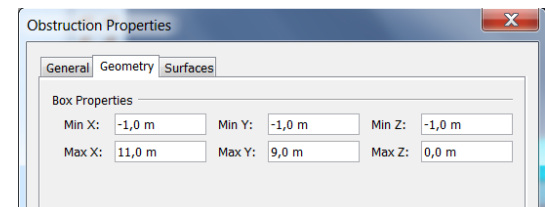
Slika 13: *StenaZ2*.



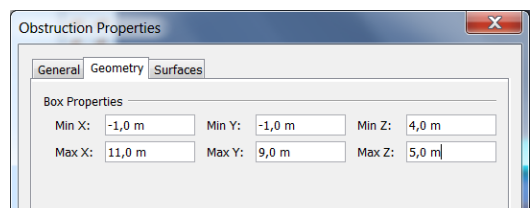
Slika 14: *StenaZ3*



Slika 15: *StenaZ4*.



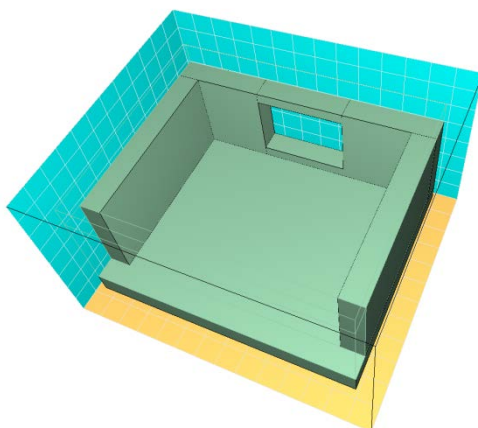
Slika 16: *Tla*.



Slika 17: *Strop*.

Ker bomo opazovali dogajanje med požarom znotraj prostora, prikažimo elementa z imenoma *Strop* in *StenaS* orisno:

1.	V modelu označimo elementa z imenoma <i>StenaS</i> in <i>Strop</i> .
2.	V meniju Model kliknemo Properties...
3.	V zavihku General , v razdelku Obstruction Properties obkljukamo Display as Outline .
4.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



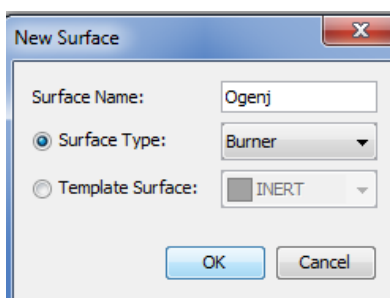
Slika 18: Geometrija modela.

S tem zaključimo z geometrijo in nadaljujemo s »požarnim« delom.

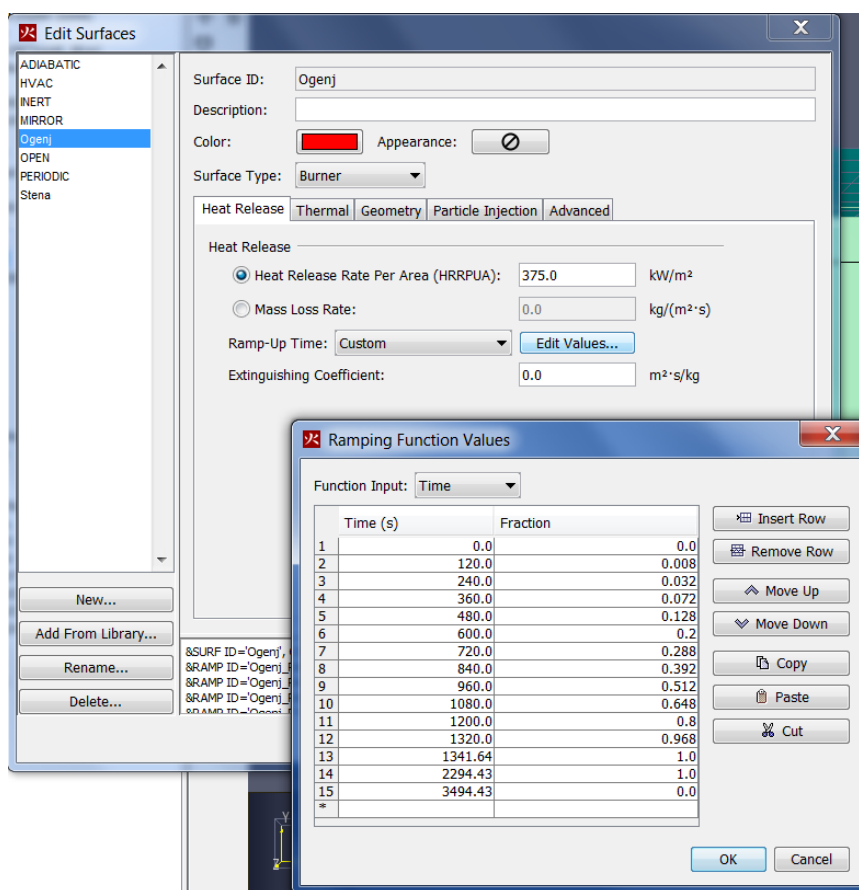
2.5 Gorljiv element

Definiranje površine:

1.	V meniju Model kliknemo Edit Surfaces...
2.	Na levi kliknemo New .
3.	Vpišemo Surface Name: <i>Ogenj</i> , izberemo Surface Type: Burner in potrdimo z gumbom OK (Slika 19).
4.	V zavihku Heat Release vstavimo vrednost za Heat Release Rate Per Area (HRRPUA) je 375 kW/m ² . (Slika 20)
5.	V zavihku Heat Release na seznamu Ramp-up Time izberemo Custom in kliknemo Edit Values.... (Slika 20)
6.	V preglednico Time (s) / Fraction s točkovnimi vrednostmi podamo enotsko obliko krivulje hitrosti sproščanja toplote (Slika 20). (Op.:vrednosti lahko prekopiramo iz Excelove datoteke.)
7.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
8.	Lastnosti nove površine z imenom <i>Ogenj</i> potrdimo s klikom na gumb OK .



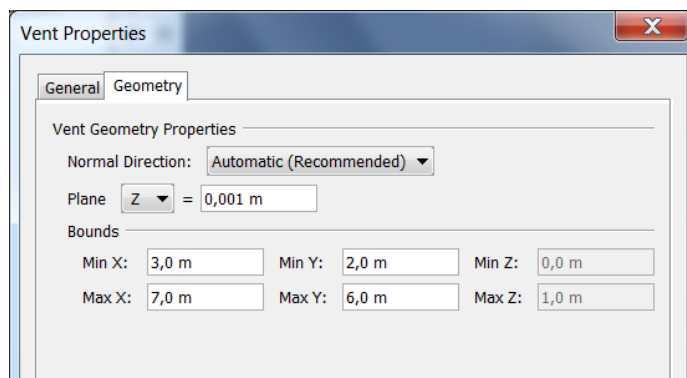
Slika 19: Tip gorljive površine.



Slika 20: Lastnosti gorljive površine.

Gorljiv element vstavimo v model:

1.	V meniju Model kliknemo New Vent...
2.	V zavihku General pod Description vpišemo ime <i>Ogenj</i> .
3.	V zavihku General v seznamu Surface izberemo <i>Ogenj</i> .
4.	V zavihku Geometry izberemo ravnino Z (Plane Z) na koordinati 0,001 m in vpišemo koordinate elementa vent. (Slika 21)
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .

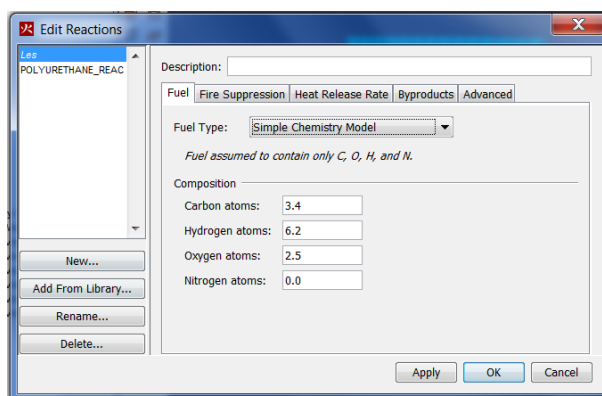


Slika 21 : Koordinate gorljivega elementa.

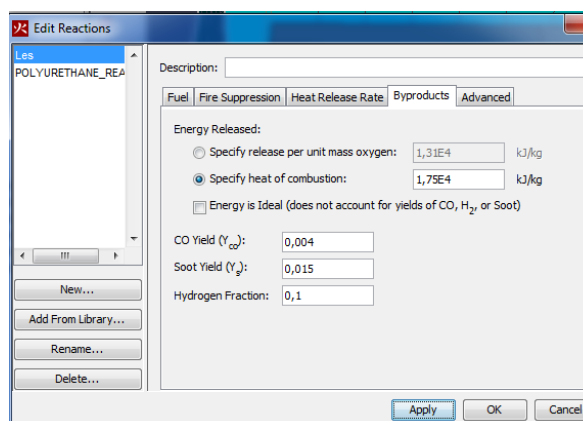
2.6 Reakcija

Predpišemo globalno kemijsko reakcijo v plinski fazi, ki nadzoruje potek gorenja in opisuje gorenje celuloznih materialov. Podamo jo v obliki razmerja števila atomov kemijskih elementov oziroma spojin ter zgorevalne toplote:

1.	V meniju Model kliknemo New Reactions...
2.	Na levi kliknemo New .
3.	Vpišemo Reaction Name : <i>Les</i> in potrdimo.
4.	V zavihku Fuel vpišemo število atomov. (Slika 22)
5.	V zavihku Byproducts označimo Specify heat of combustion in vpišemo vrednosti. (Slika 22)
6.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



Slika 22 : Razmerje atomov goriva.



Slika 23 : Produkti gorenja.

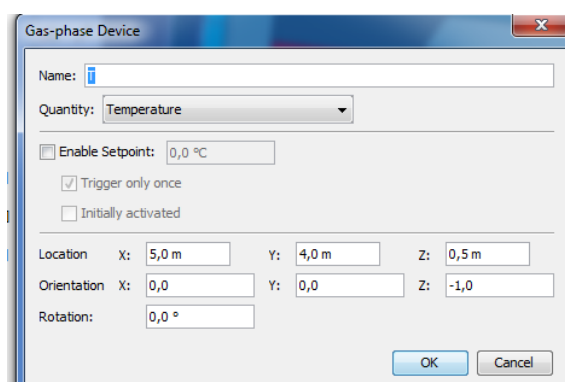
Ker nismo odstranili privzete reakcije POLYURETHANE_REAC, je le-ta še vedno aktivna. Da gorenje nadzira na novo definirana reakcija z imenom *Les*, jo aktiviramo:

1.	V levem delu okna z desno tipko kliknemo na reakcijo z imenom <i>Les</i> in na meniju izberemo Set as Active Reaction .
----	--

2.7 Merilniki

V model vstavimo točkovne merilnike temperature:

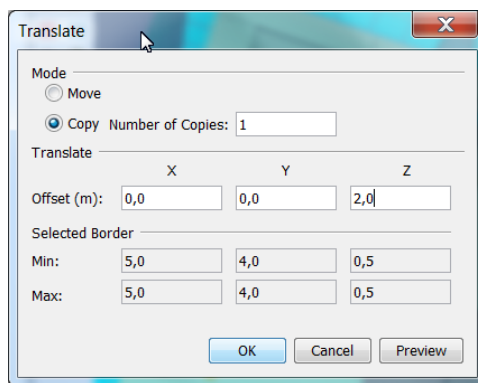
1.	V meniju Devices izberemo New Gas-phase Device...
2.	Merlnik poimenujemo pod Name: <i>T</i> .
3.	V meniju Quantity izberemo Temperature .
4.	Podamo še lokacijo in orientacijo merilnika. (Slika 24)
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



Slika 24 : Koordinate merilnika temperature *T*.

Več točkovnih merilnikov najhitreje ustvarimo s kopiranjem. Merilnik z imenom *T* enkrat prekopiramo po višini:

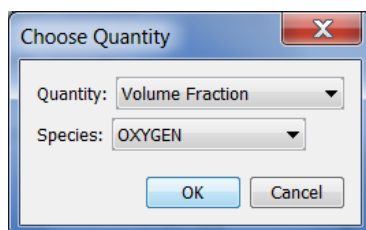
1.	V modelu označimo merilnik z imenom <i>T</i> , kliknemo z desno tipko in na meniju izberemo ukaz Copy/Move.....
2.	V novem oknu označimo Copy Number of Copies: 1 in pod Offset (m) v smeri <i>Z</i> vpišemo 2,0. (Slika 25)
3.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
4.	V levem delu okna lahko pod razdelkom Devices opazimo, da ima s kopiranjem ustvarjeni merilnik temperature ime <i>T01</i> .



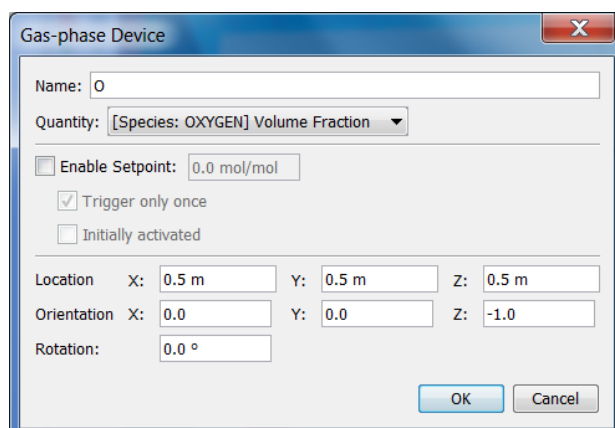
Slika 25: Kopiranje merilnika.

V model vstavimo točkovne merilnike kisika:

1.	V meniju Devices izberemo New Gas-phase Device...
2.	Merilnik poimenujemo pod Name: O.
3.	V meniju Quantity izberemo [Species Quantity]...
4.	V novem oknu v meniju Quantity izberemo Volume Fraction, v meniju Extra Species pa OXYGEN. (Slika 26)
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .
6.	Podamo še lokacijo in orientacijo merilnika. (Slika 27)
7.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



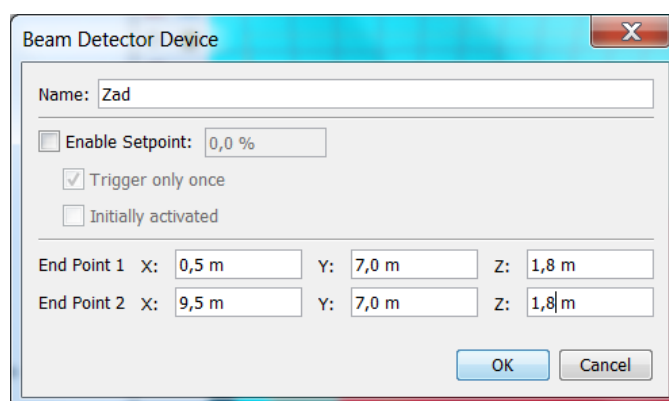
Slika 26: Izbor merskih enot.



Slika 27: Koordinate merilnika kisika.

V model vstavimo še merilnik zmanjšanja vidljivosti:

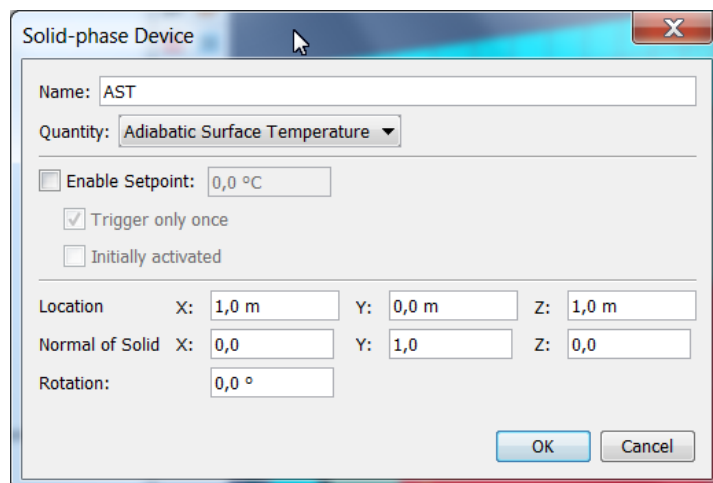
1.	V meniju Devices izberemo New Beam Detector Device...
2.	Merilnik poimenujemo pod Name: <i>Zad</i> .
3.	Podamo še lokacijo merilnika. (Slika 28)
4.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



Slika 28: Koordinate merilnika zmanjšane vidljivosti.

V model vstavimo točkovne merilnike temperature na površini elementa:

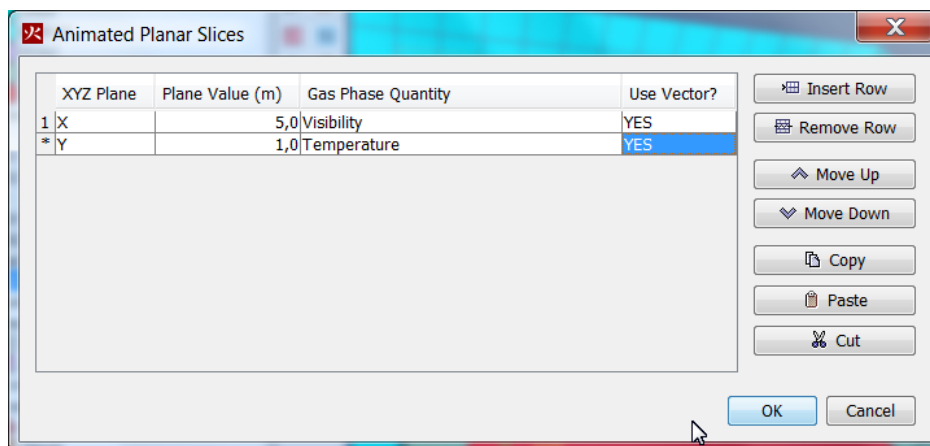
1.	V meniju Devices izberemo New Solid-phase Device...
2.	Merilnik poimenujemo pod Name: <i>AST</i> .
3.	V meniju Quantity izberemo Adiabatic Surface Temperature .
4.	Podamo še lokacijo in orientacijo merilnika. (Slika 29)
5.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



Slika 29 : Koordinate merilnika temperature na površini elementa.

Opazujemo še spreminjanje vidnosti in temperature s časom v ravnini:

1.	V meniju Output izberemo Slices...
2.	Definirajmo YZ - ravnino , kjer merimo vidnost. (Slika 30)
3.	Na desni strani kliknemo Insert Row in definiramo XZ - ravnino , kjer merimo temperaturo. (Slika 30)
4.	Potrdimo s klikom na gumb OK .



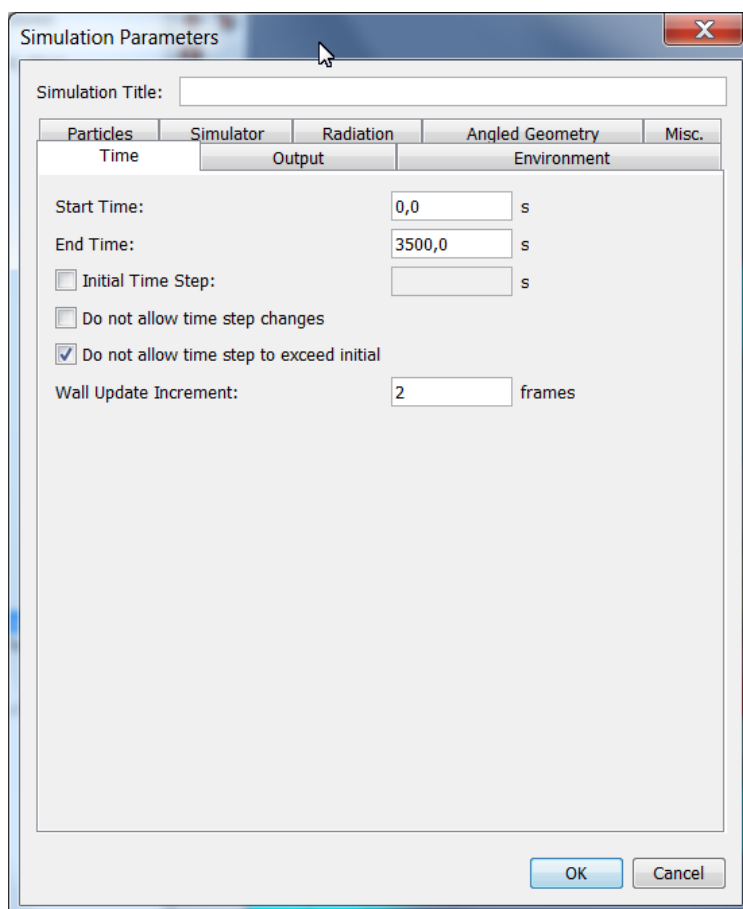
Slika 30 : Definiranje YZ – in XZ – ravnine za prikaz rezultatov.

2.8 Nastavitve računa

Nastavimo trajanje simulacije:

1.	V meniju FDS izberemo Simulation Parameters...
2.	V zavihku Time nastavimo End Time: 3500,0 s . (Slika 31)

3. Potrdimo s klikom na gumb **OK**.



Slika 31 : Trajanje simulacije.

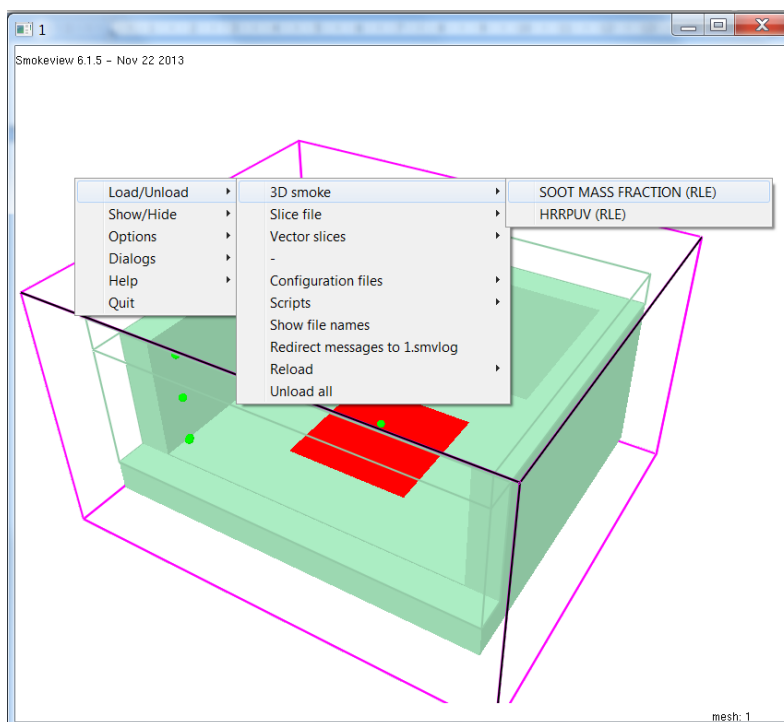
Pričnemo z računom:

1.	V meniju FDS izberemo Run FDS...
2.	Model shranimo.
3.	Na začetku računanja se odpre okno, ki kaže napredek.

2.9 Pregled rezultatov

Ob koncu izračuna se odpre program Smokeview, kjer si lahko ogledamo samodejno generirane rezultate, ki v obliki animacije prikazujejo širjenje dima:

1.	V oknu kliknemo z desno tipko in na meniju izberemo ukaz Load/Unload / 3D smoke / SOOT MASS FRACTION . (Slika 32)
----	--



Slika 32: Ukaz za animacijski prikaz širjenja dima.

S klikom na okno lahko obračamo model. V prvotno stanje, brez prikazanih rezultatov, se vrnemo z ukazom:

- | | |
|----|--|
| 1. | V oknu kliknemo z desno tipko in na meniju izberemo ukaz Load/Unload / Unload All . |
|----|--|

Poglejmo si še rezultate v definiranih ravninah:

a) temperatura v ravnini pri $Y = 1,0$ m

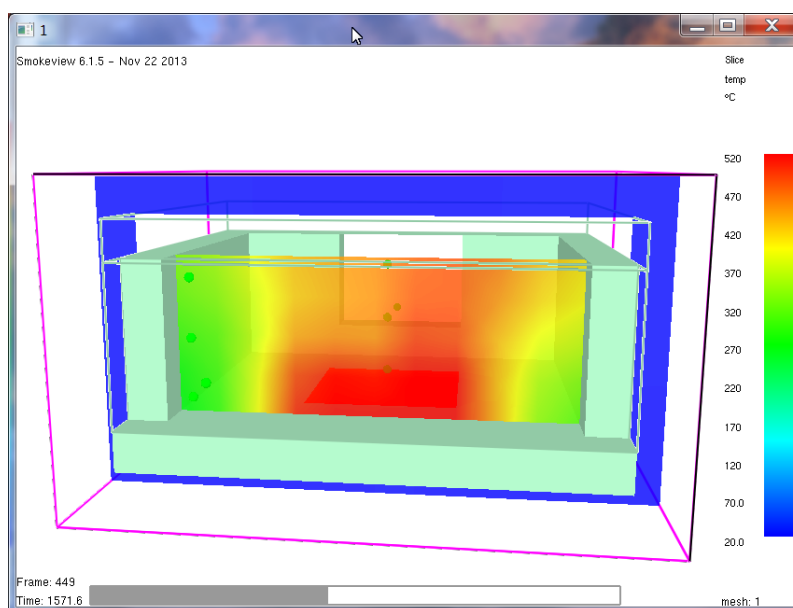
- | | |
|----|--|
| 1. | V oknu kliknemo z desno tipko in na meniju izberemo ukaz Load/Unload / Slice file / TEMPERATURE / Y = 1,0 . Rezultat je prikazan spodaj. (Slika 33) |
|----|--|

b) vidnost v ravnini pri $X = 5,0$ m

- | | |
|----|--|
| 1. | V oknu kliknemo z desno tipko in na meniju izberemo ukaz Load/Unload / Slice file / SOOT VISIBILITY / X = 5,0 . |
|----|--|

Spreminjanje temperature in vidnosti v definiranih ravninah, si lahko ogledamo tudi z vektorskim prikazom:

- | | |
|----|--|
| 1. | V oknu kliknemo z desno tipko in na meniju izberemo ukaz Load/Unload / Vector slices / TEMPERATURE / Y = 1,0 oz. SOOT VISIBILITY / X = 5,0 . |
|----|--|



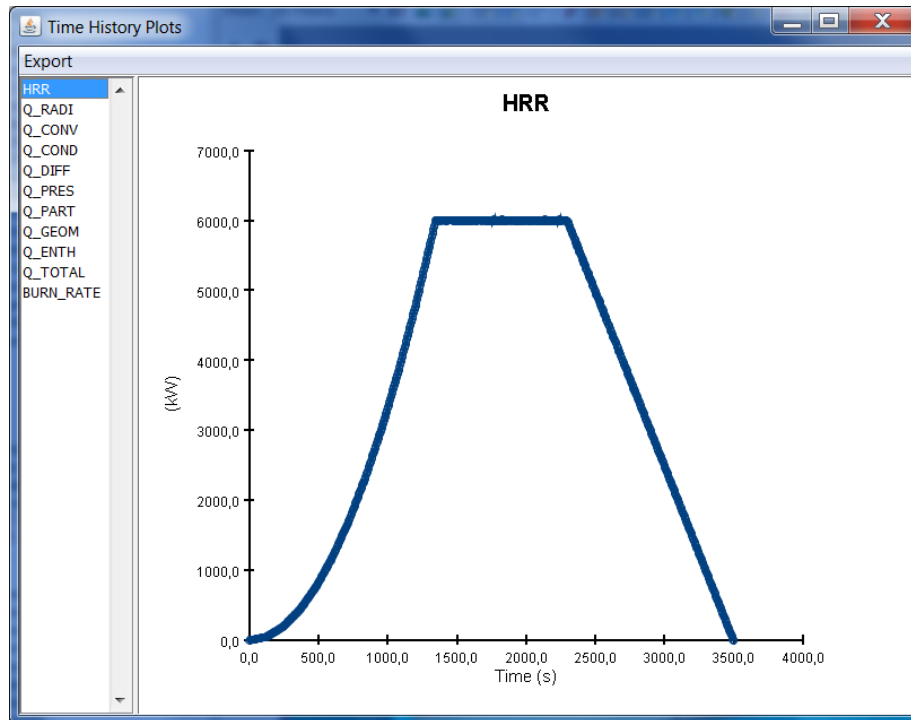
Slika 33: Temperature v ravnini.

Navodila za uporabo vmesnika Smokeview se nahajajo na svetovnem spletu [4].

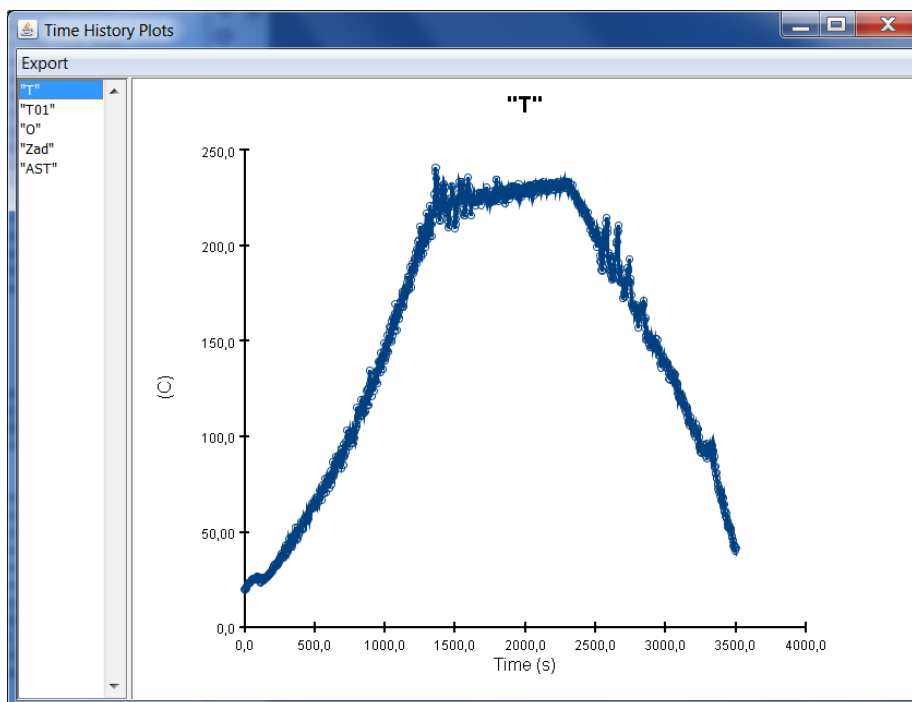
OPOMBA: Program ob začetku računa geometrijo modela prilagodi mreži, kar se v Smokeviewu lahko opazi. Del stene z imenom *StenaZ3* ima v računu višino 1,0 m, medtem ko ima del stene z imenom *StenaZ4* nično debelino. V prikazanem primeru se z vplivom prilagoditve elementov mreži na rezultate ne ukvarjamo. Podobne situacije, ko se geometrija nekega modela spremeni zaradi izbire dimenzij mrežnih celic, lahko bistveno vplivajo na rezultate. Za prikaz geometrije modela v Smokeviewu še pred začetkom simulacije je v meniju **FDS** na voljo ukaz **Preview Model in Smokeview...**

Vse izračunane rezultate program shrani v posebno mapo na isti lokaciji, kot se nahaja vhodna datoteka.

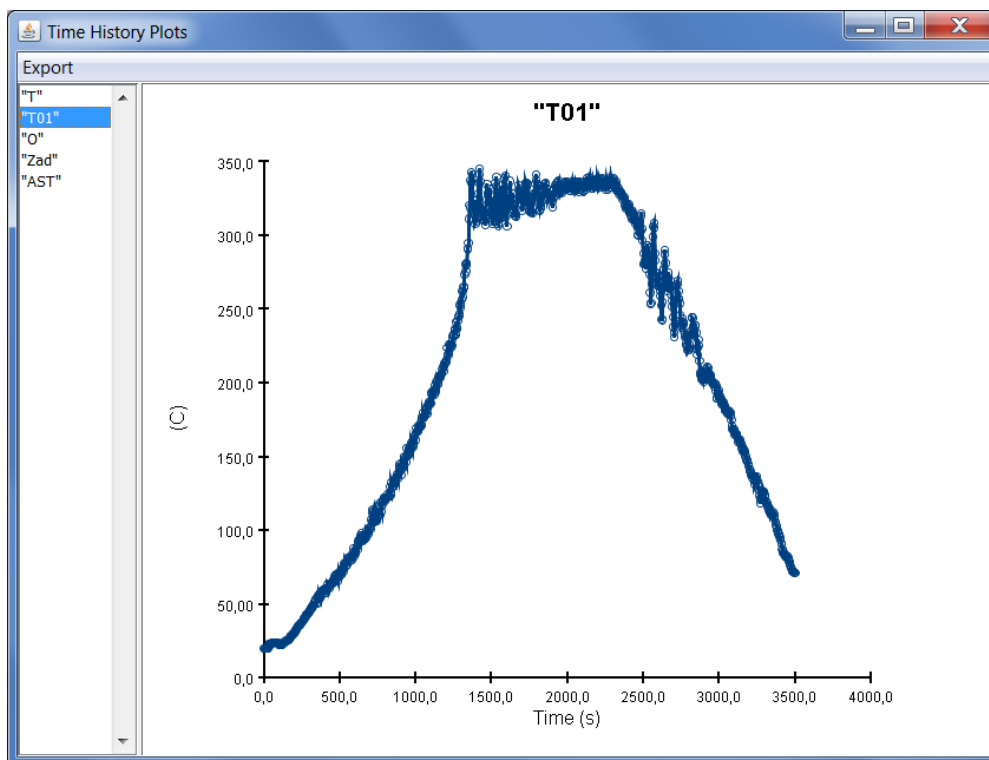
1.	V meniju FDS izberemo Plot Time History Results...
2.	Odpre se okno, v katerem lahko izberemo dve datoteki tipa .csv. V datoteki s pripono _hrr program sam shrani podatke o hitrosti sproščanja toplote (slika 34) in energetski bilanci. V datoteki s pripono _devc se nahajajo rezultati merilnikov, ki jih prikazujemo na slikah 35 – 39.



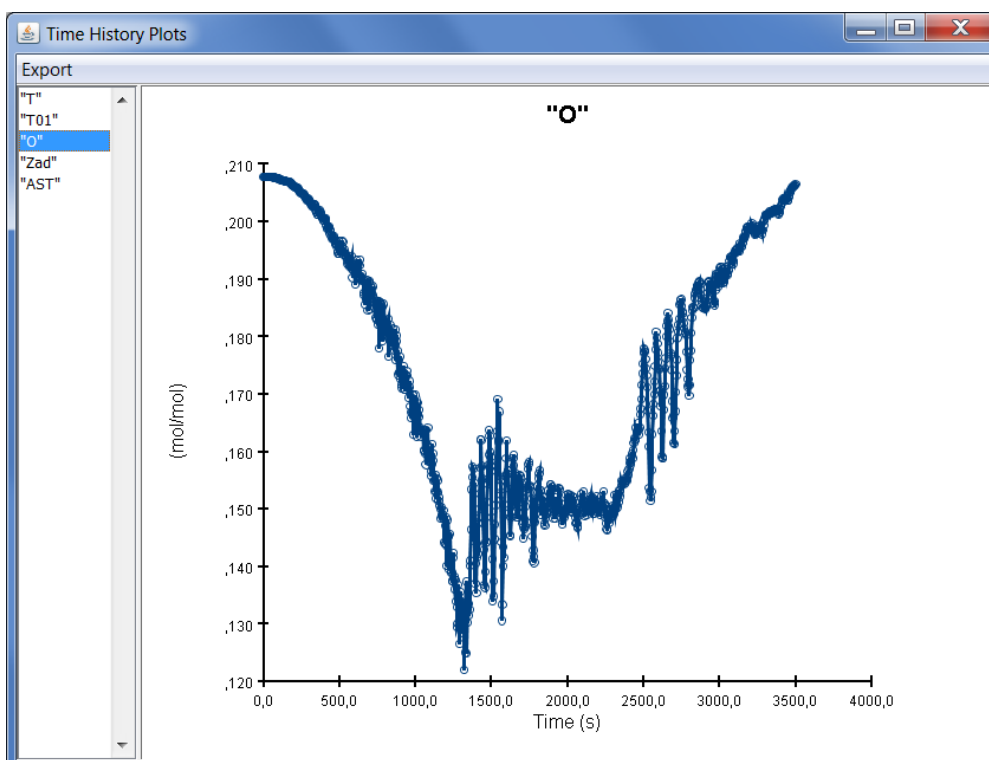
Slika 34: Potek hitrosti sproščanja toplote (HRR).



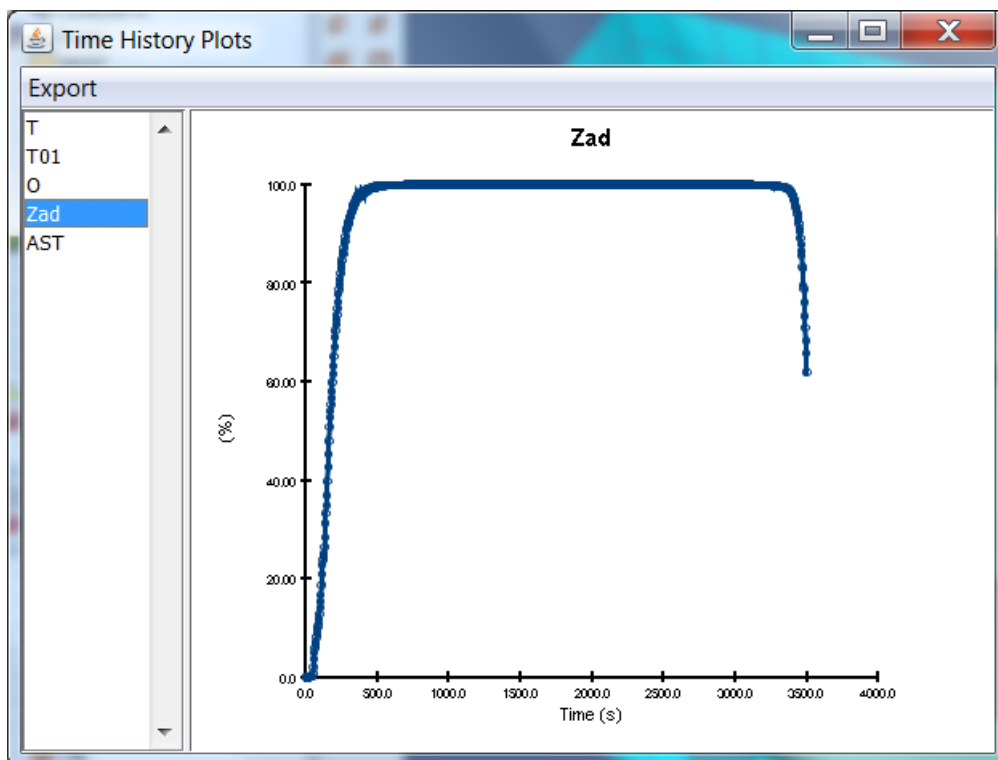
Slika 35: Časovni potek temperature, izmerjene z merilnikom T.



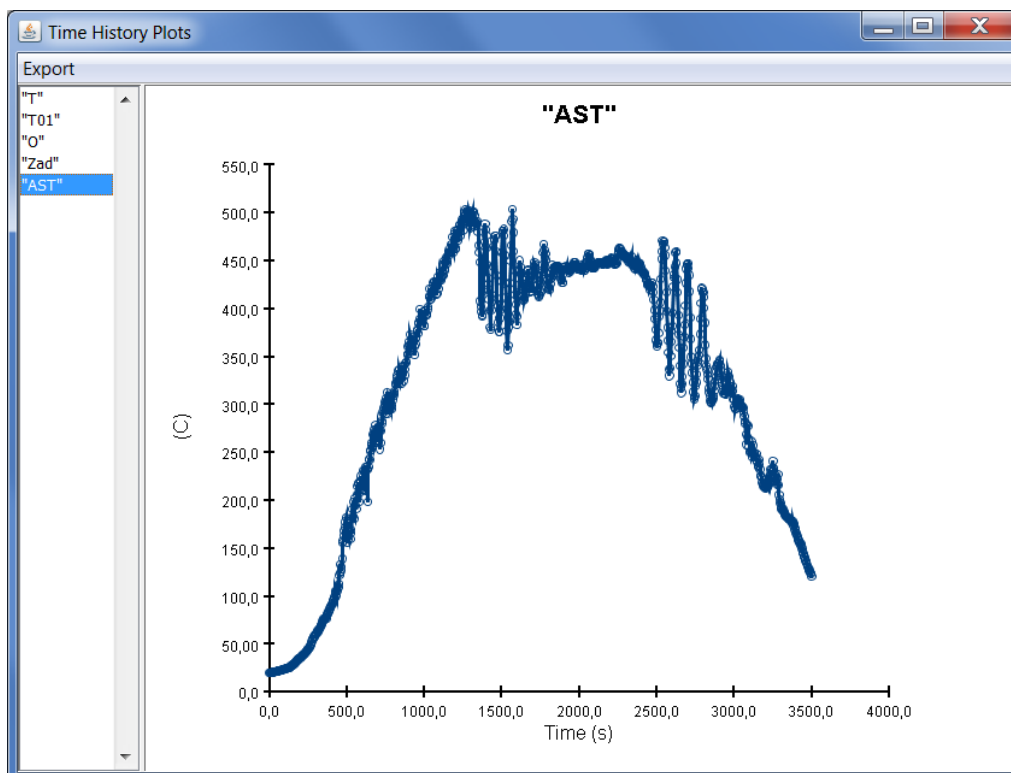
Slika 36: Časovni potek temperature, izmerjene z merilnikom T01.



Slika 37: Časovni potek koncentracije kisika, izmerjene z merilnikom O.



Slika 38: Časovni potek zmanjšanja vidljivosti, izmerjen z merilnikom *Zad*.



Slika 39: Časovni potek temperature na površini elementa, izmerjene z merilnikom *AST*.

KORISTNE POVEZAVE

- [1] <http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/pyrosim-resources/#docs> (Pridobljeno 25.3.2015)
- [2] Fire Dynamics Simulator (FDS) and Smokeview (SMV). 2014.
http://code.google.com/p/fds-smv/wiki/Downloads_Overview?tm=2 (Pridobljeno 25.3.2015)
- [3] <http://www.koverholt.com/fds-mesh-size-calc/> (Pridobljeno 25.3.2015)
- [4] http://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/2013/08/SMV_User_Guide.pdf
(Pridobljeno 25.3.2015)