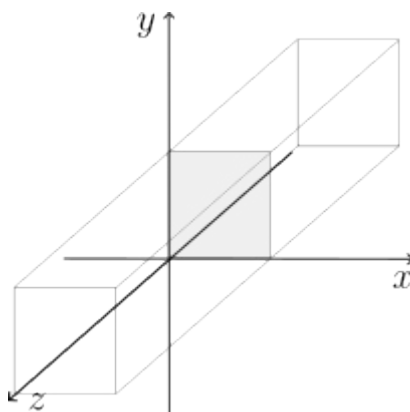


# GMSH - tvorba geometrie a siete pre štvorcovú geometriu

## 1. Vytvorenie geometrie pomocou GMSH

Štvorcová geometria bude reprezentovať hranol so štvorcovým prierezom (rovina  $xy$ ) tvorený "nejakým" materiálom, pričom budeme poznať teplotu spodnej plochy napr.  $0^{\circ}\text{C}$  a hornej napr.  $100^{\circ}\text{C}$ , teplota pre danú súradnicu  $x$  a  $y$  bude pozdĺž hranola, v smere súradnice  $z$ , ustálená. Cez bočné steny, v rovine  $yz$  budeme uvažovať nulový tok tepla, teda izolované steny.

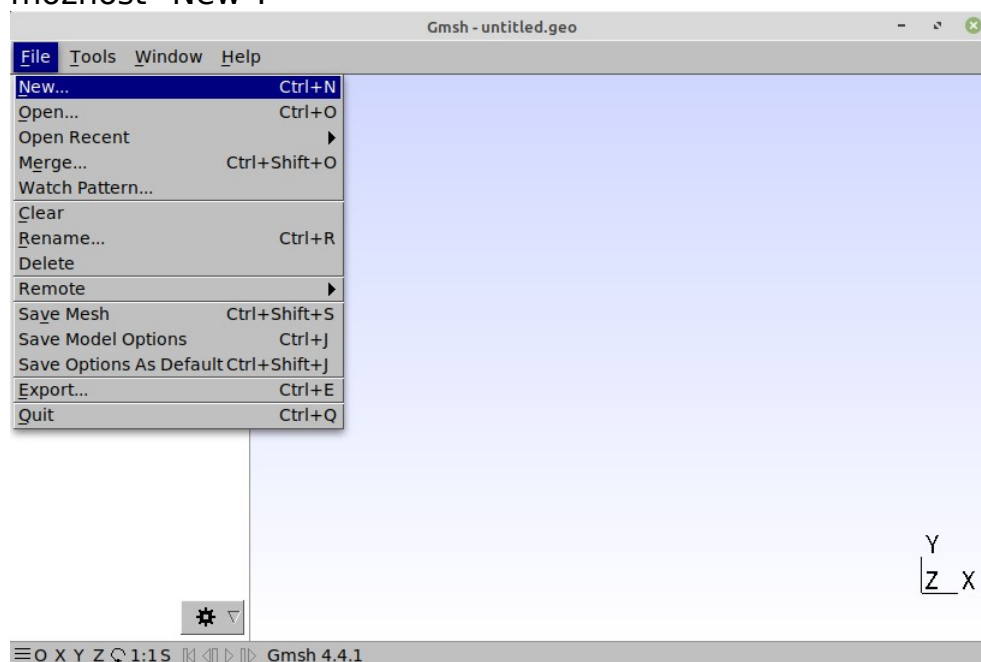


### a. Spustenie GMSH užívateľského rozhrania (GUI)

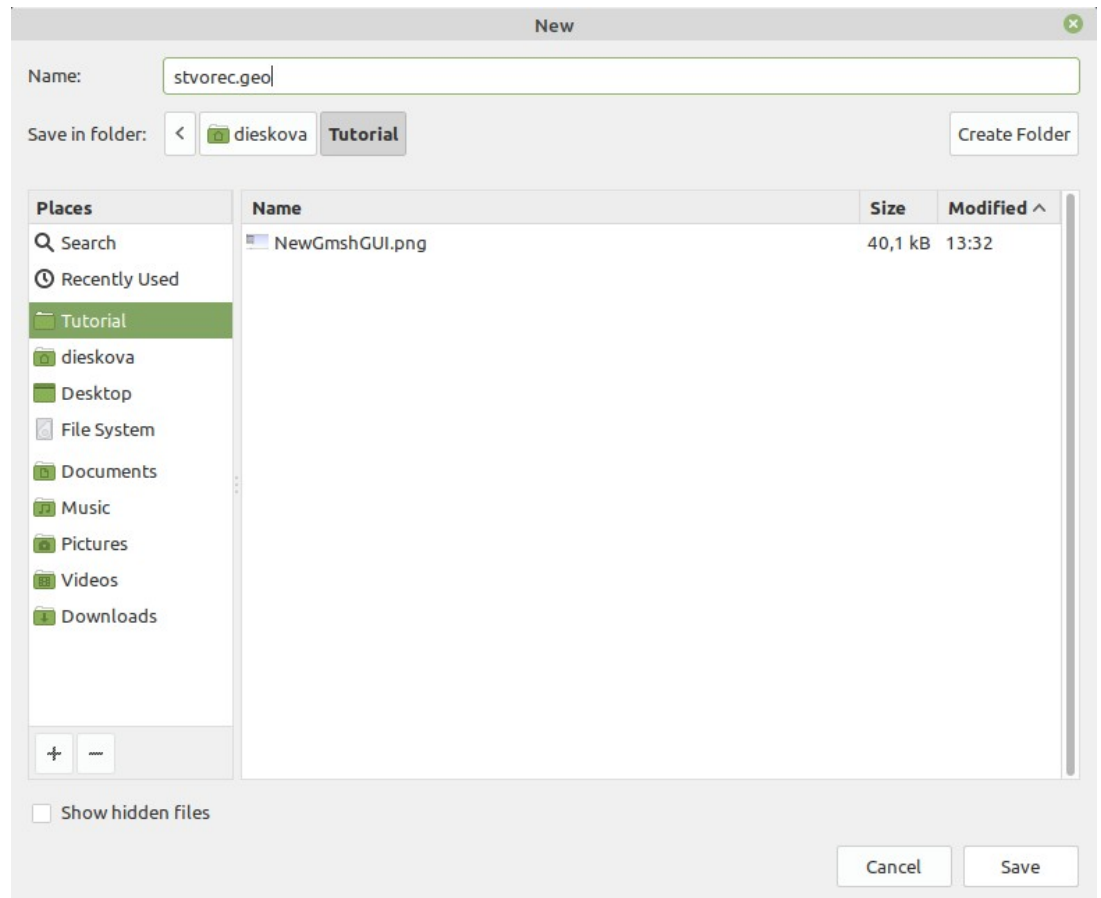
GUI je možné spustiť kliknutím na ikonu GMSH na pracovnej ploche, poprípade vyhľadáním programu v ponuke Štart, alebo pomocou konzoly zadaním príkazu "gms".

### b. Vytvorenie novej geometrie

Po spustení programu prejdite na menu "File" a vyberte možnosť "New".



Následne zadajte názov, napr. "stvorec.geo" a polohu nového súboru pre štvorcovú geometriu a stlačte "Save".



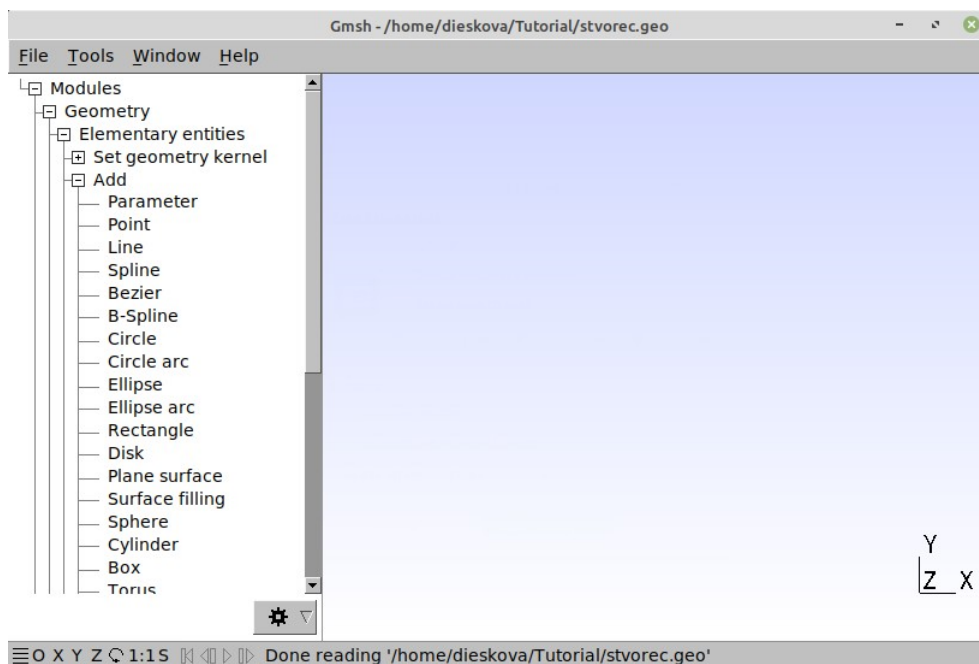
Tým otvoríte nové okno pre vytvorenie geometrie.

### c. Vytvorenie štvorcovej geometrie

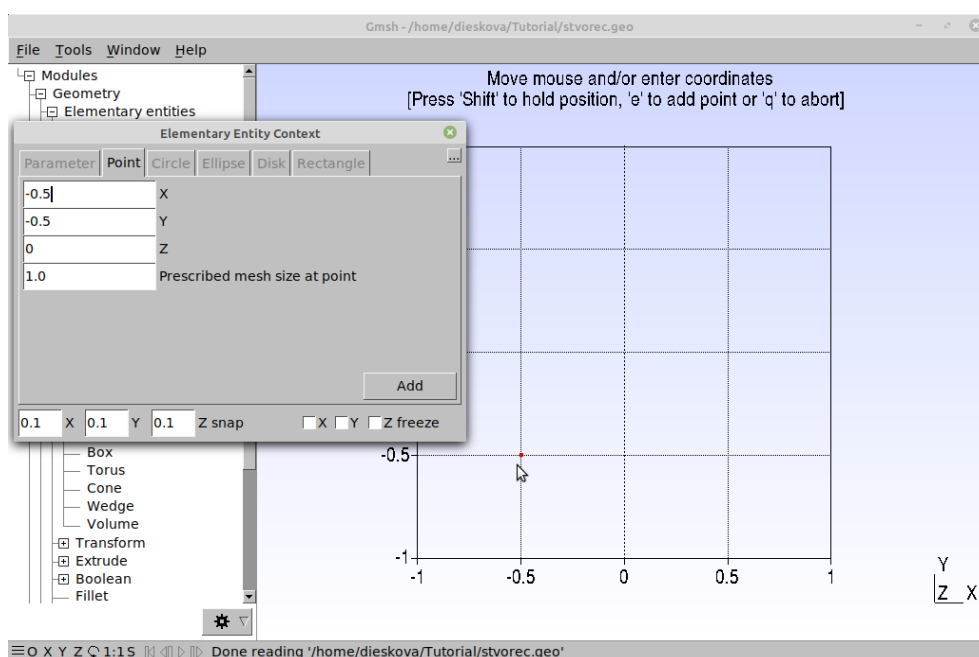
Geometriu budeme budovať postupne pomocou elementárnych entít, zdola nahor, od zadávania *bodov*, následne zadáme *krivku* a nakoniec *plochu*. *Krivka* je ohraničená *bodmi* a *plocha* *krivkou*.

#### i. Zadanie *bodov*

Prejdime na panel s rôznymi modulmi, rozkliknite "Modules" > "Geometry" > "Elementary entities" > "Add", vyberte "Point", čo umožní zadať prvý *bod* geometrie.



Na obrazovke sa otvorí okno, kde môžete zadať polohu *bodu* manuálne pomocou karteziánskych súradníc  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Fyzikálny rozmer súradníc bude v programe Elmer bez dodatočných modifikácií interpretovaný ako údaj v metroch. Taktiež je možné zadanie polohy pomocou myši v mieste červeného bodu a následné potvrdenie *bodu* stlačením písmena "e" na klávesnici. V tomto okne môžeme zadávať aj predpísanú veľkosť siete pomocou pol'a "Prescribed mesh size at point". Čím menšie číslo zadáme, tým bude sieť v okolí daného bodu hustejšia. Sieť bude však možné aj v neskorších krokoch zahustiť a upresniť.



Postupne zadajme týmto spôsobom všetky štyri *body*,

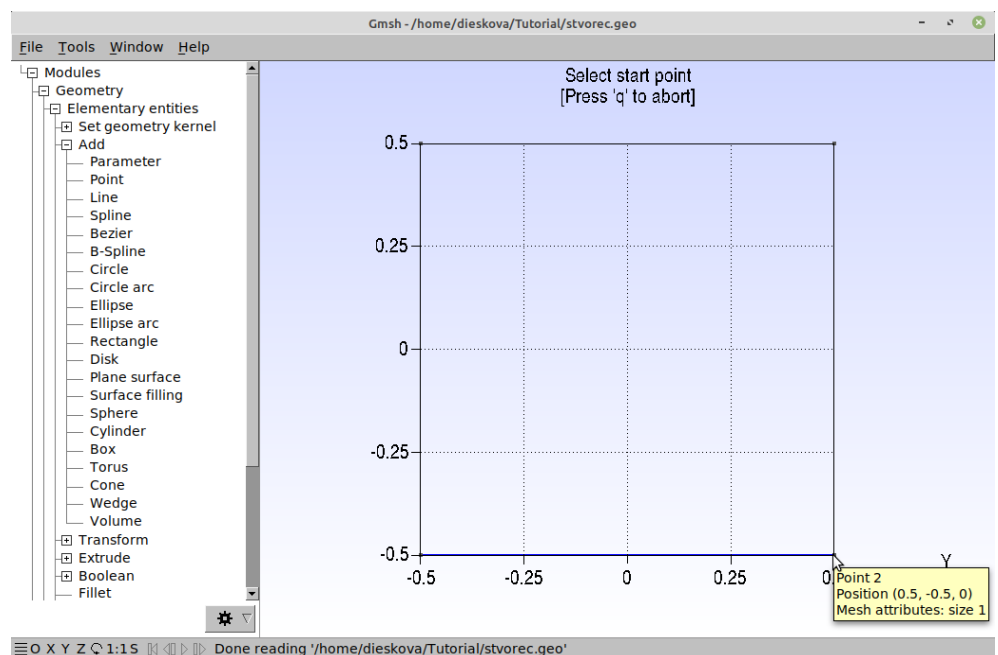
ktoré budú ležať vo vrcholoch štvorca, v postupnosti ľavý dolný roh (*bod 1*), pravý dolný roh (*bod 2*), pravý horný roh (*bod 3*) a ľavý horný roh (*bod 4*). Stlačením písmena "q" opustíte okno zadávania *bodov*.

## ii. **Zadanie *krivky pomocou úsečiek***

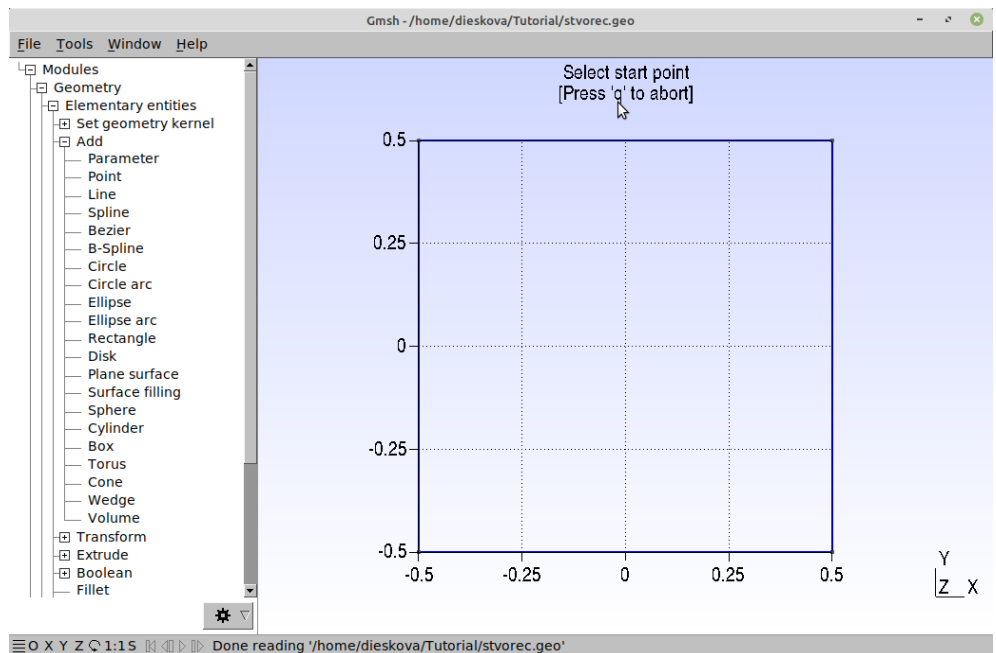
Uzavretá *krivka* bude tvorená štyrmi *úsečkami*, ktoré spájajú *bod*y vo vrcholoch štvorca. Je dobré si navyknúť dodržiavať postupné, rovnako orientované spájanie *bodov* do *úsečiek* (ako aj postupné, nie chaotické zadávanie *bodov*), ktoré sa ukáže ako dôležité pri komplikovnejších geometriách.

Znova prejdime na panel s rôznymi modulmi, rozklikneme "Modules" > "Geometry" > "Elementary entities" > "Add" a tentokrát vyberieme možnosť "Line", čo umožní zadať prvú *úsečku* geometrie pomocou myši.

*Úsečku 1* vytvoríme postupným označením *bodu 1* a 2 stlačením ľavého tlačidla myši.



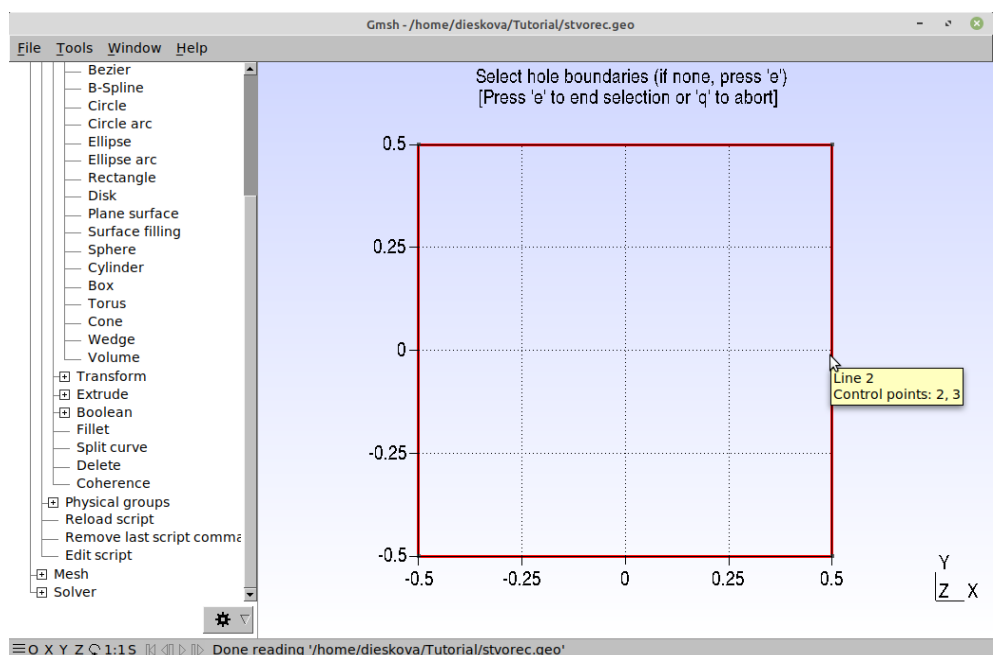
Pokračujeme nasledovne spájaním *bodov*: 2->3, 3->4 a 4->1 (*úsečky 2, 3 a 4*). Znova stlačením písmena "q" opustíme možnosť zadávania *úsečiek*.



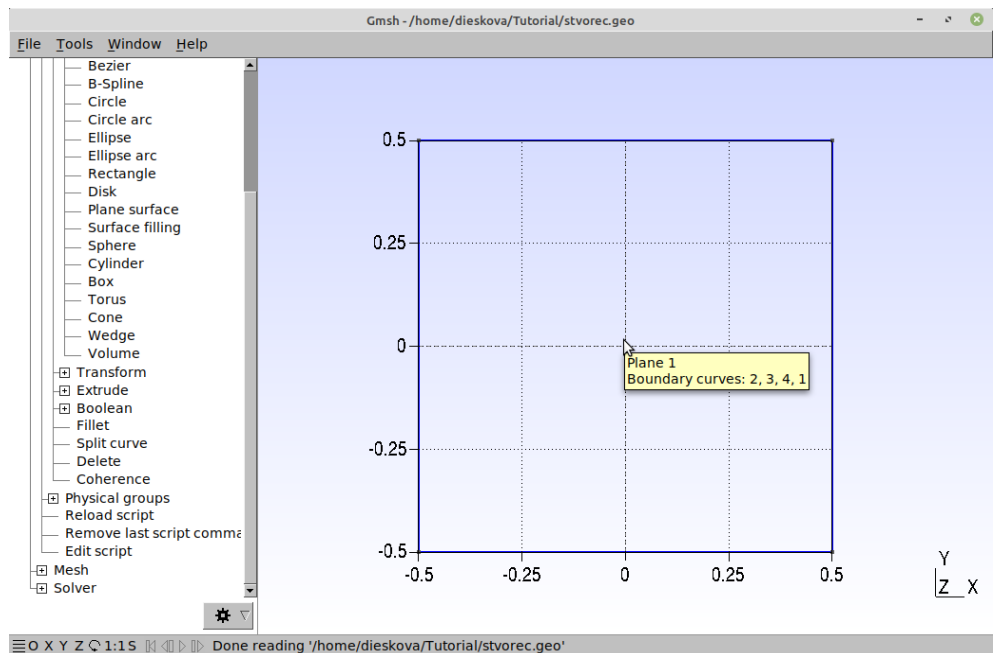
Takto sme vytvorili uzavretú *orientovanú krivku* spájajúcu *body* 1->2->3->4->1, ktorá tvorí hranicu pre *rovinnú plochu*.

### iii. **Zadanie *rovinnej plochy***

*Plochu* zadáme pomocou možnosti "Modules" > "Geometry" > "Elementary entities" > "Add" > "Plane surface", následne klikneme myšou na ktorýkoľvek bod krivky, ktorá nám ohraničuje plochu štvorca. Znova danú *rovinnú plochu* potvrdíme stlačením písmena "e" a ukončujeme túto akciu písmenom "q".



Takto sme vytvorili *rovinnú plochu* 1.



Videonávod [Tutorial1.mp4](#)

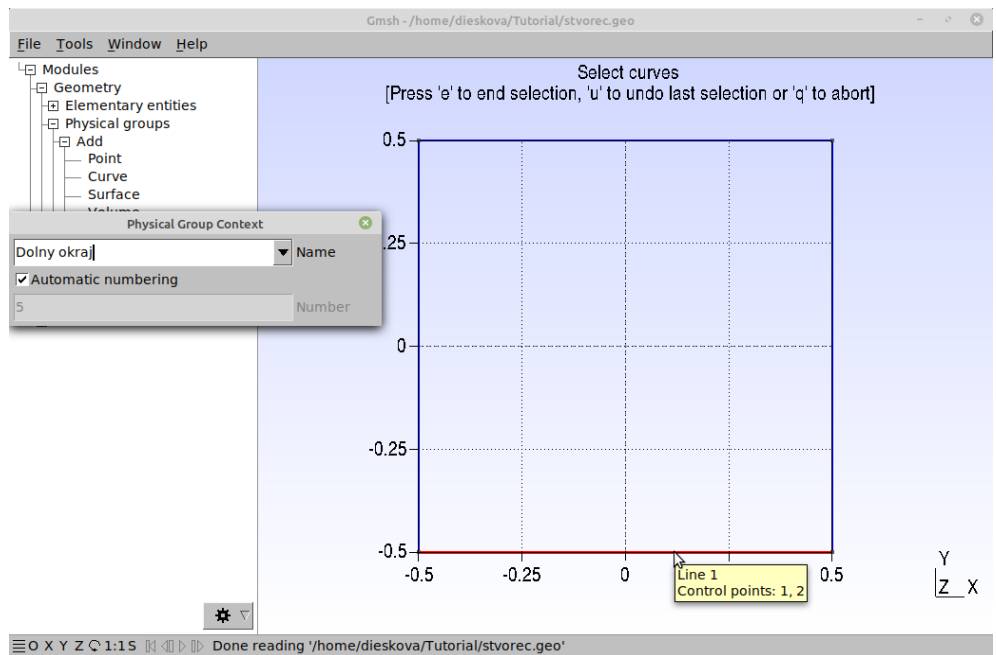
#### d. Definovanie fyzikálnych skupín

Fyzikálne skupiny (Physical groups) sa používajú na definovanie rôznych oblastí siete s rôznymi okrajovými podmienkami, ale aj na zadávanie termofyzikálnych vlastností danej oblasti neskôr v programe Elmer.

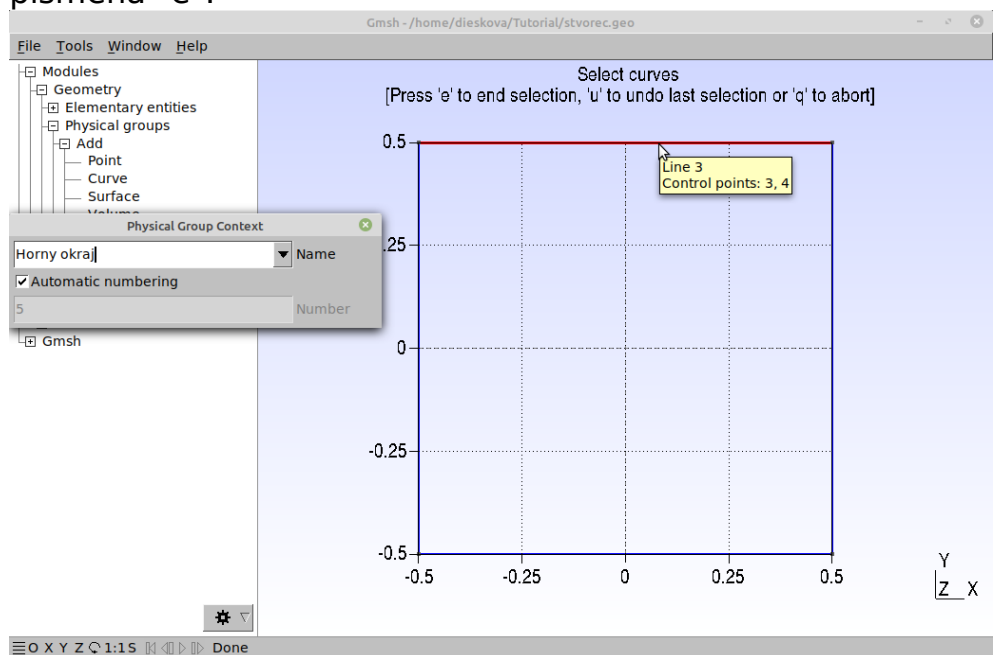
V našom prípade potrebujeme tri fyzikálne skupiny. Prvé dve budú odpovedať *úsečkám* 1 a 3, pre ktoré budeme chcieť definovať okrajové podmienky, a to teplotu na dolnom okraji (1) a hornom okraji (3). Tretia fyzikálna skupina bude odpovedať ploche, pre ktorú budeme definovať materiálové vlastnosti (typ materiálu, popřípade vodivosť, atď.)

##### i. Dolný, horný okraj a bočné steny - zadanie fyzikálnej krivky (Physical curve)

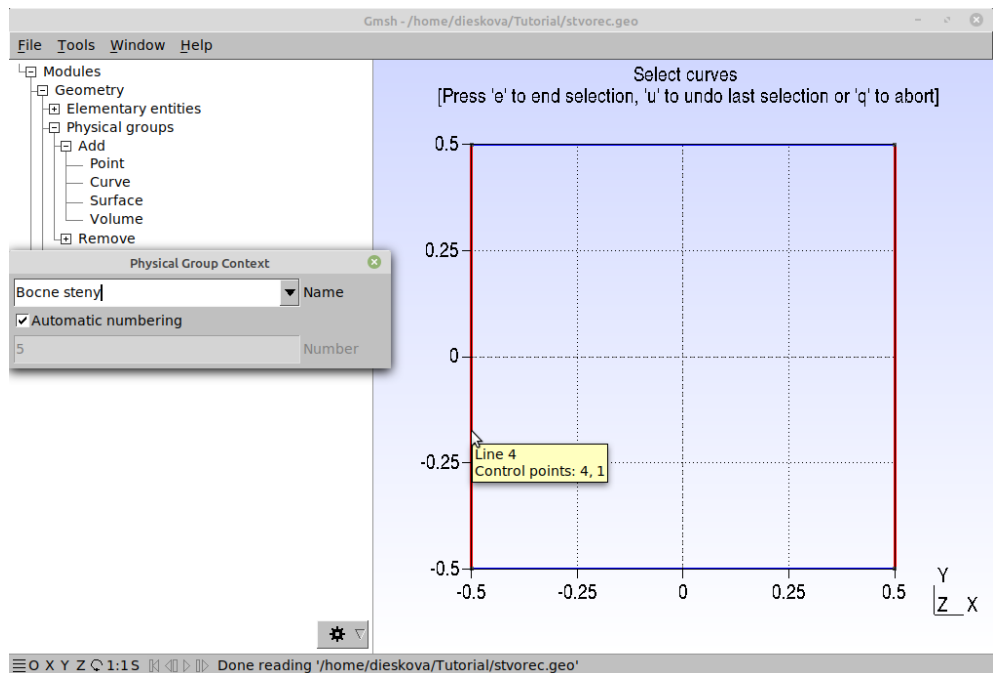
Prvú fyzikálnu krivku zadáme pomocou možnosti "Modules" > "Geometry" > "Physical groups" > "Add" > "Line", vyberieme a označíme *úsečku* 1, napíšeme do okna jej názov "Dolny okraj" a potvrdíme stlačením písmena "e".



Následne označíme úsečku 3, napíšeme do okna jej názov "Horny okraj" a opäť potvrdíme stlačením písmena "e".

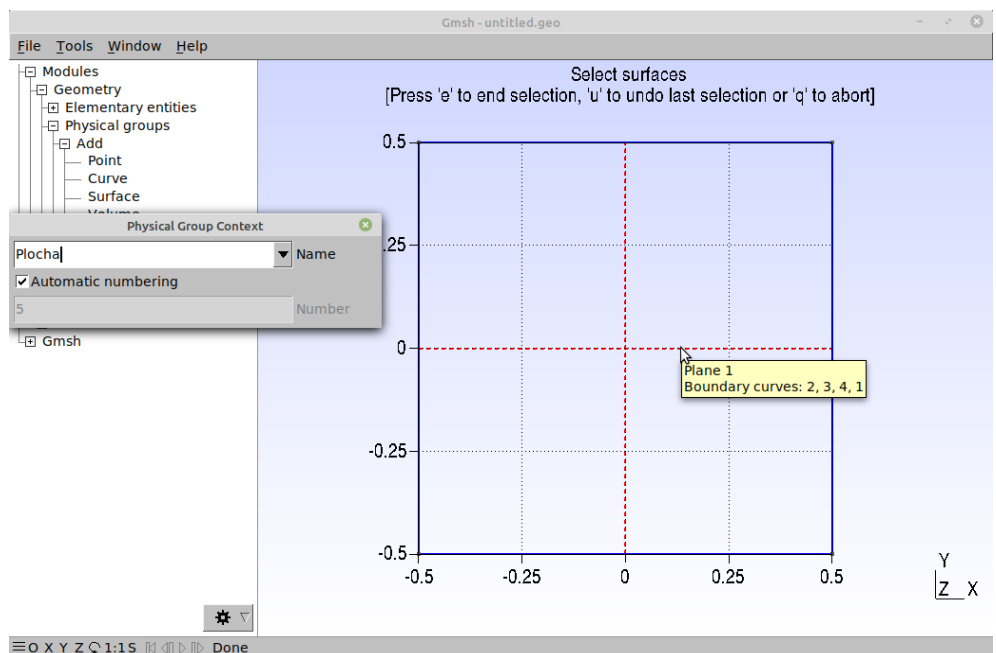


Bočné steny reprezentujú úsečky 2 a 4, tieto označíme, napíšeme "Bocne steny" a potvrdíme stlačením písmena "e". Akciu ukončíme stlačením písmena "q".



## ii. Plocha - zadanie fyzikálnej plochy (Physical surface)

Podobne postupujeme aj pri zadaní plochy, pomocou možnosti "Modules" > "Geometry" > "Physical groups" > "Add" > "Surface", vyberieme a označíme *rovinnú plochu* 1, napíšeme do okna jej názov "Plocha" a potvrdíme stlačením písmena "e". Akciu znova ukončíme stlačením písmena "q".

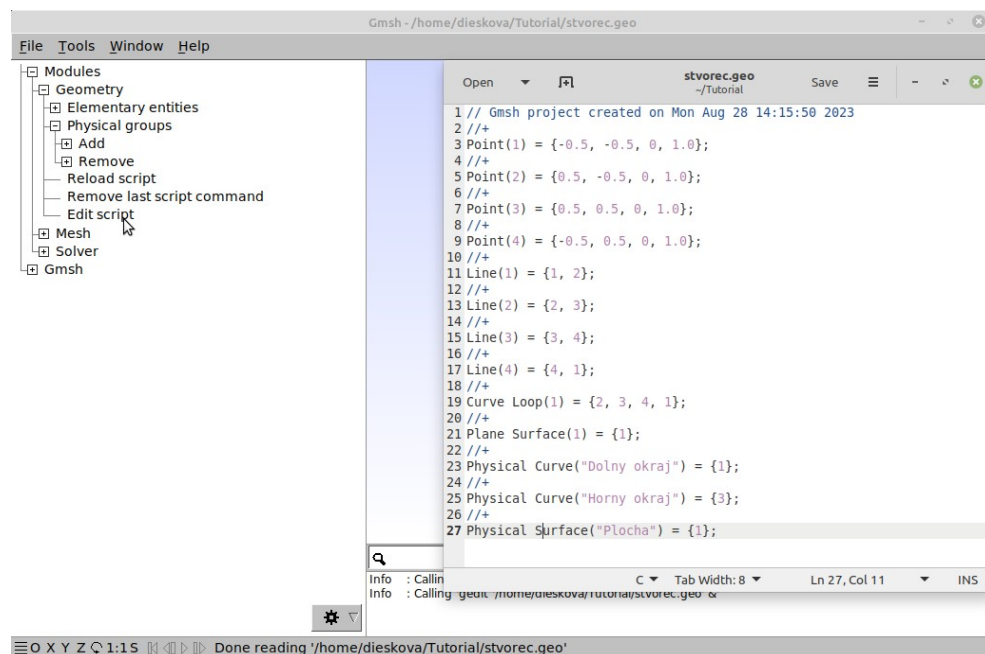


Videonávod [Tutorial2.mp4](#)

**e. Tvorba/úprava geometrie priamo v "\*.geo" súbore**

Súbor "\*.geo" je textový súbor, ktorý možno vytvoriť priamo pomocou GMSH skriptovacieho jazyka v textovom editore, alebo každá z akcií v GUI generuje príkazy, ktoré sa zapisujú do toho súboru. Súbor možno upravovať aj priamo v GUI pomocou "Modules" > "Geometry" > "Edit script" (pod Linuxom je potrebné mať nainštalovaný program gedit), alebo pomocou akéhokoľvek textového editora priamo otvorením daného súboru. Tu je možné napríklad zadávať elementárne entity (body, úsečky...), fyzikálne skupiny, definovať premenné, napísať komentáre, atď.. Na zobrazenie zmien pomocou GUI je potrebné znovu načítať súbor pomocou "Modules" > "Geometry" > "Reload script", kdekoľvek bol súbor "\*.geo" upravovaný.

Viac informácií o GMSH skriptovacom jazyku nájdete na tomto odkaze [Gmsh 4.11.1](#).



Videonávod [Tutorial3.mp4](#)

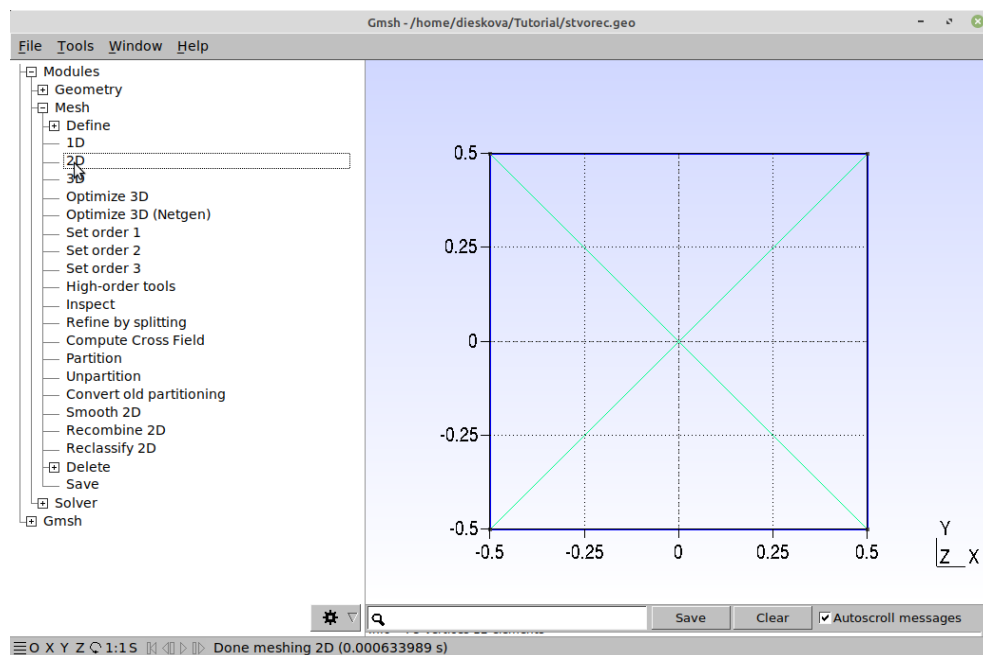
## f. Čomu sa vyvarovať

V prípade, ak vytvárame zložitejšiu geometriu, je potrebné sa vyvarovať viacnásobnému prekryvaniu čiaru (napr. obdĺžniková plocha pozostávajúca z dvoch dotýkajúcich sa štvorcových plôch), ktoré vedie následne vo výpočtoch teplotného poľa (napr. pomocou programu Elmer) ku chybným výsledkom.

## 2. Vytvorenie siete pomocou GMSH

Sieť v prostredí GUI vytvoríme nasledovne. Rozkliknutím "Modules" > "Mesh" > "Define" získame menu pre sieť. Následne stlačíme najskôr "1D" a následne "2D". V prvom kroku sa nastaví sieť pre *krivky* a následne pre celú *plochu* tak, že je interpolovaná hustota siete na základe predpísanej veľkosti siete, ktorú sme pre každý *bod*

zdefinovali.



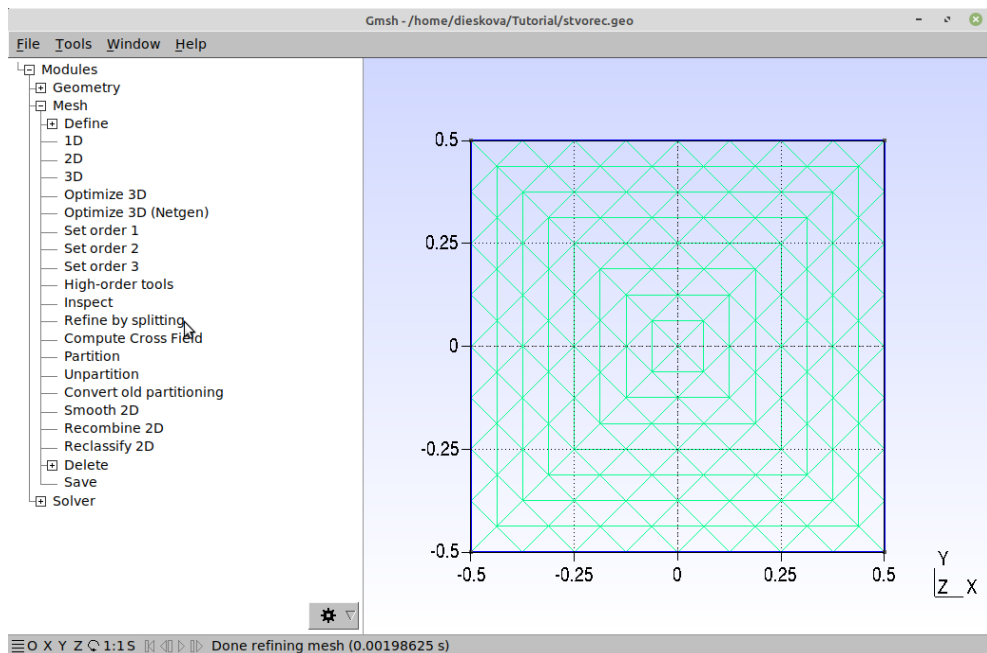
Možnosti, ako nastaviť požadovanú hustotu siete je niekoľko:

#### a. Na začiatku pri zadávaní *bodov*

Tak ako bolo spomenuté, možno už pri zadávaní *bodov* nastaviť hustotu siete v okolí daného bodu (hodnota poslednej premennej pri zadávaní bodov, napr.  $\text{Point}(1) = \{-0.5, -0.5, 0, 1\}$ ). V našom prípade táto hodnota bola pre všetky štyri *body* rovná "1", čo odpovedalo dĺžke úsečky, preto ako vidieť na poslednom obrázku, na každú úsečku pripadá jedno oko siete. Hustotu možno zmeniť aj v nasledovných krokoch **b** a **c**.

#### b. Po vytvorení siete v GUI

Sieť vieme v GUI rovnomerne zahustiť pomocou rozkliknutia možnosti "Modules" > "Mesh" > "Define" > "Refine by splitting". Viacnásobným zadaním delíme sieť vždy na polovicu, a tým sa viac a viac zjemňuje. Trikrát zahustenej siete v našom prípade odpovedá pre danú úsečku  $2^3$  ôk siete.



Videonávod [Tutorial4.mp4](#)

### c. Pomocou textového editora v súbore "stvorec.geo"

Tak ako pri zmene geometrie, môžeme úpravu hustoty siete robiť priamo cez textový editor napríklad otvorením súboru "stvorec.geo" v GUI prostredím rozkliknutím "Modules" > "Geometry" > "Edit script". V GMSH skriptovacím jazyku je možné zavádzať premenné. Takže môžeme si zaviesť premennú, ktorú si nazveme napr. "lc" ("characteristic length" - charakteristická dĺžka), môžeme zadať napríklad  $lc = 0.1$ ; . Čím je hodnota "lc" menšia, tým je sieť hustejšia a presnejšia, ale aj náročnejšia na výpočet. Naopak, čím je hodnota "lc" väčšia, tým je sieť redšia a menej presná, ale aj rýchlejšia na výpočet. Následne poslednú hodnotu pri zadávaní bodov nahradiť premennou "lc", teda napríklad v prípade prvého bodu:

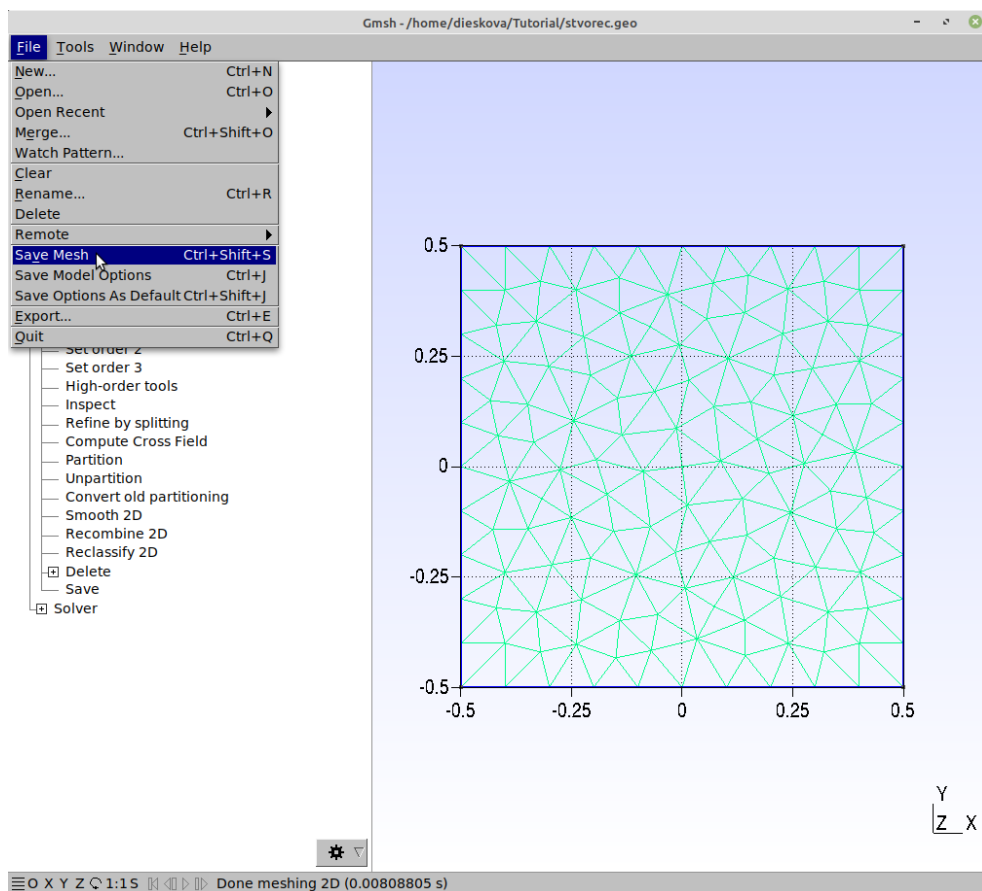
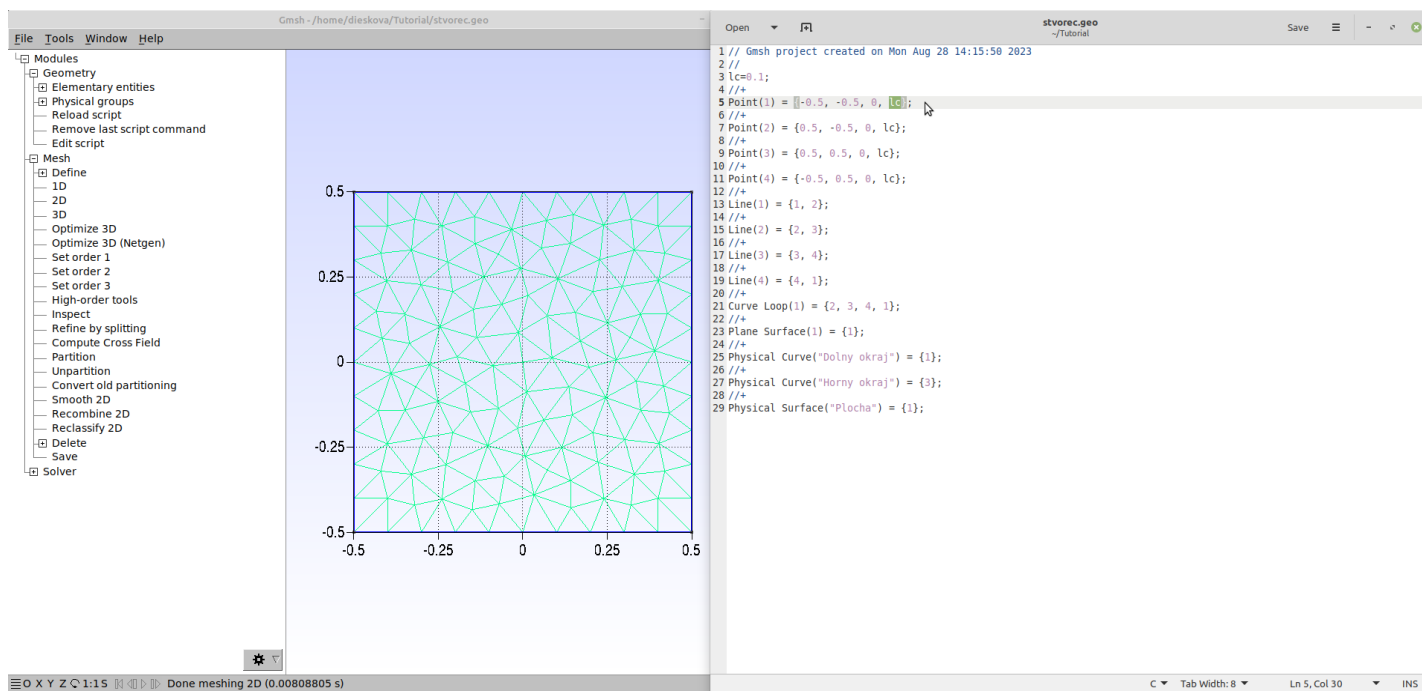
`Point(1) = {-0.5, -0.5, 0, 1};` → `Point(1) = {-0.5, -0.5, 0, lc};`

Zmeny v súbore treba uložiť a následne pre opätovné zobrazenie v GUI je potrebné znovu načítať súbor pomocou "Modules" > "Geometry" > "Reload script".

Video návod [Tutorial5.mp4](#)

## 3. Uloženie siete pomocou GMSH

V GUI je potrebné prejsť na menu "File" a vybrať možnosť "Save Mesh". Sieť sa uloží v aktuálnom adresári, v ktorom máme otvorený súbor "stvorec.geo". Nový súbor bude mať príponu "msh", teda v tomto prípade sa bude tento súbor volať "stvorec.msh".



Zdroje:

1. [www.gmsh.info](http://www.gmsh.info)
2. <http://www.elmerfem.org/blog/documentation/>
3. <https://www.paraview.org/>