****

****

**Hőszigetelések – THERM Tutorial**

**THERM 7.4.3 Hőtechnikai szoftver alkalmazási útmutatója**

2015. 11. 29.

Készült kizárólag oktatási célra, a BME Építészmérnöki Kar hallgatói számára.

Bakonyi Dániel, *okl. építészmérnök*

Járfás Norbert, *okl. építőmérnök, Szigetelő Szakmérnöki Szak*

Tartalomjegyzék

[1 A Program letöltése 3](#_Toc440443678)

[2 A THERM 7.4.3 program telepítése 9](#_Toc440443679)

[3 A Program első indítása 13](#_Toc440443680)

[3.1 A geometria bevitele a kezelőfelületbe 16](#_Toc440443681)

[3.2 Anyagjellemzők meghatározása 20](#_Toc440443682)

[3.3 A peremfeltételek meghatározása (Boundary Conditions) 23](#_Toc440443683)

[3.4 Az anyagok meghatározása a csomóponti rajzon (Egyszerűsített) 28](#_Toc440443684)

[3.5 Az felületi hőátbocsátás beállítása 34](#_Toc440443685)

[3.5.1 Átfedések, Hibás pontok, Szerkesztési hézagok 36](#_Toc440443686)

[3.6 A számítások menete 39](#_Toc440443687)

[3.6.1 Példa megjelenítés számításhoz 41](#_Toc440443688)

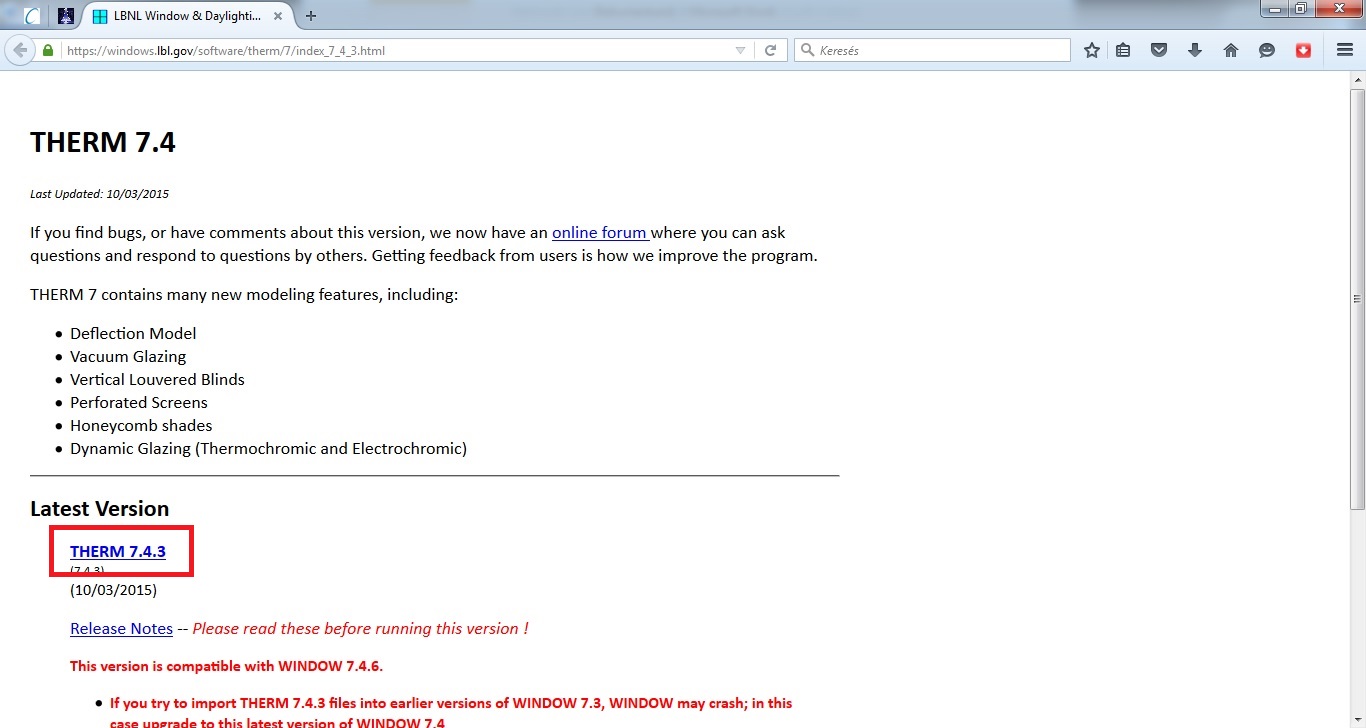
[4 hk 43](#_Toc440443689)

[5 ghmv 43](#_Toc440443690)

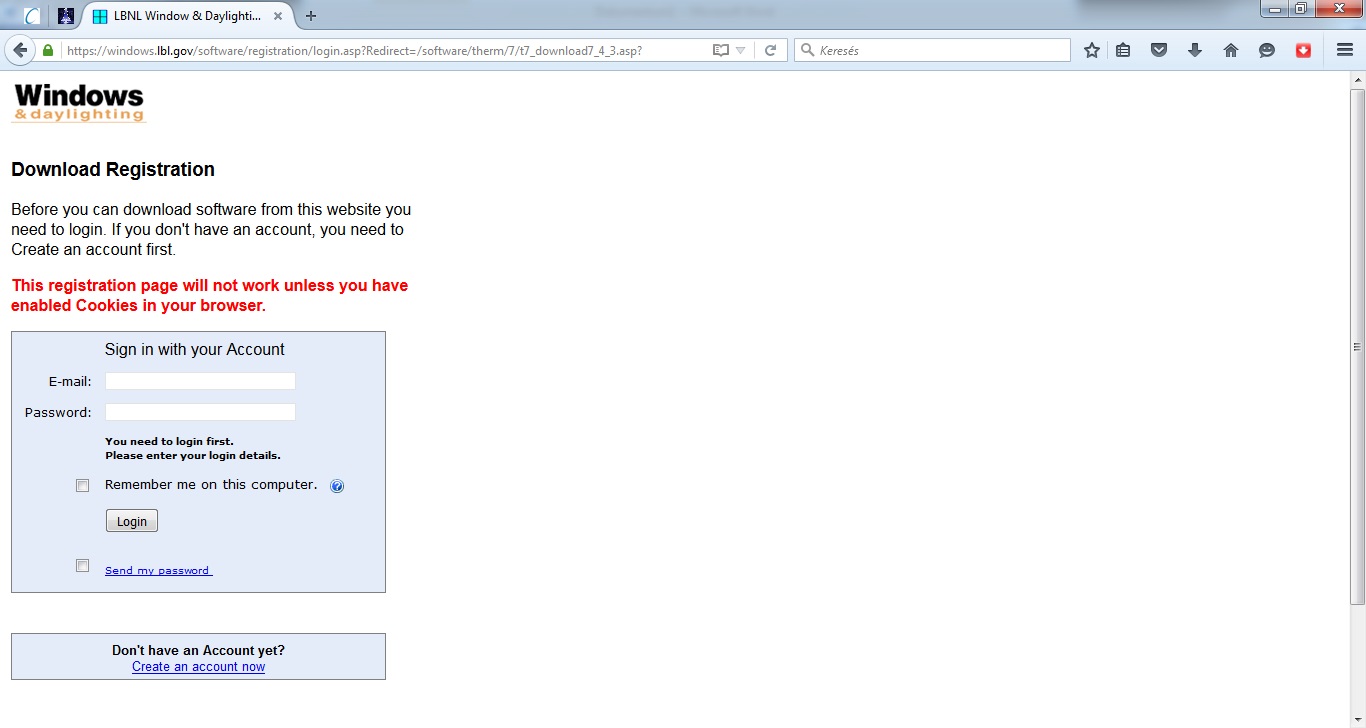
# A Program letöltése

A Therm 7.4.3 hőtechnikai szoftver a következő linken elérhető:

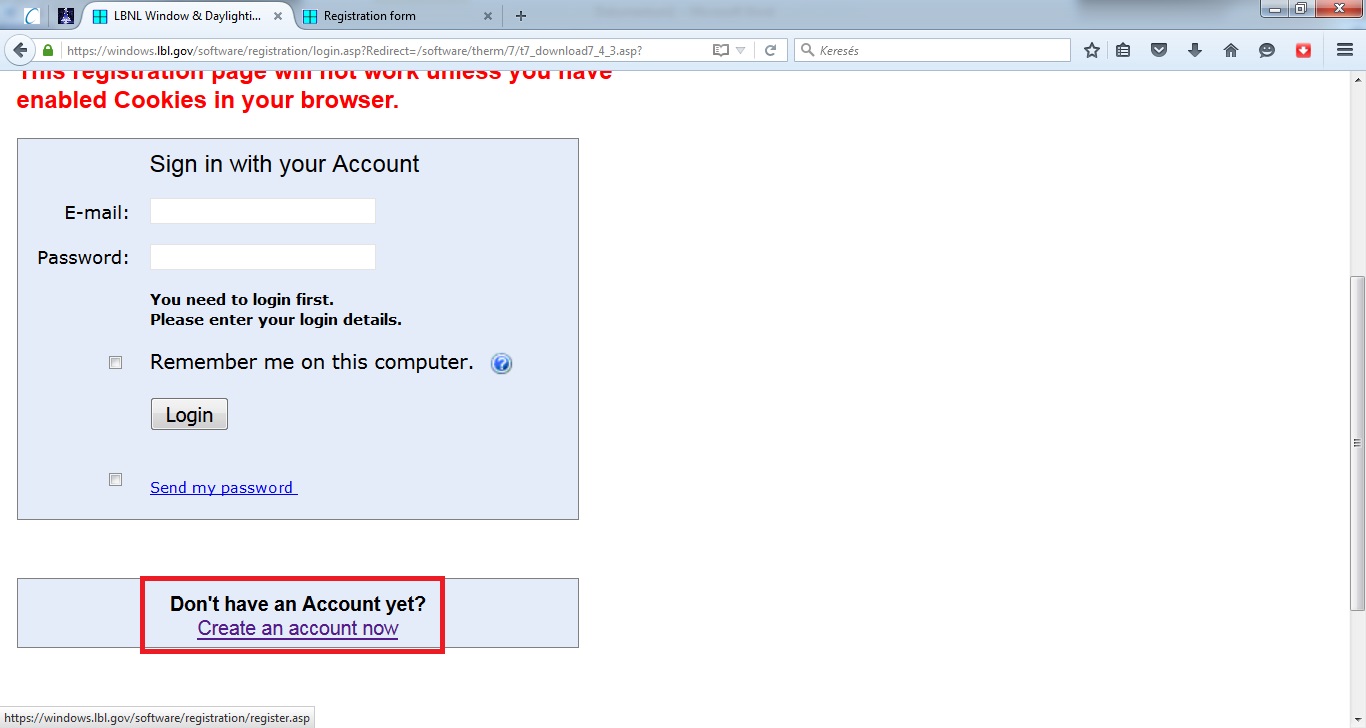
<https://windows.lbl.gov/software/therm/7/index_7_4_3.html>



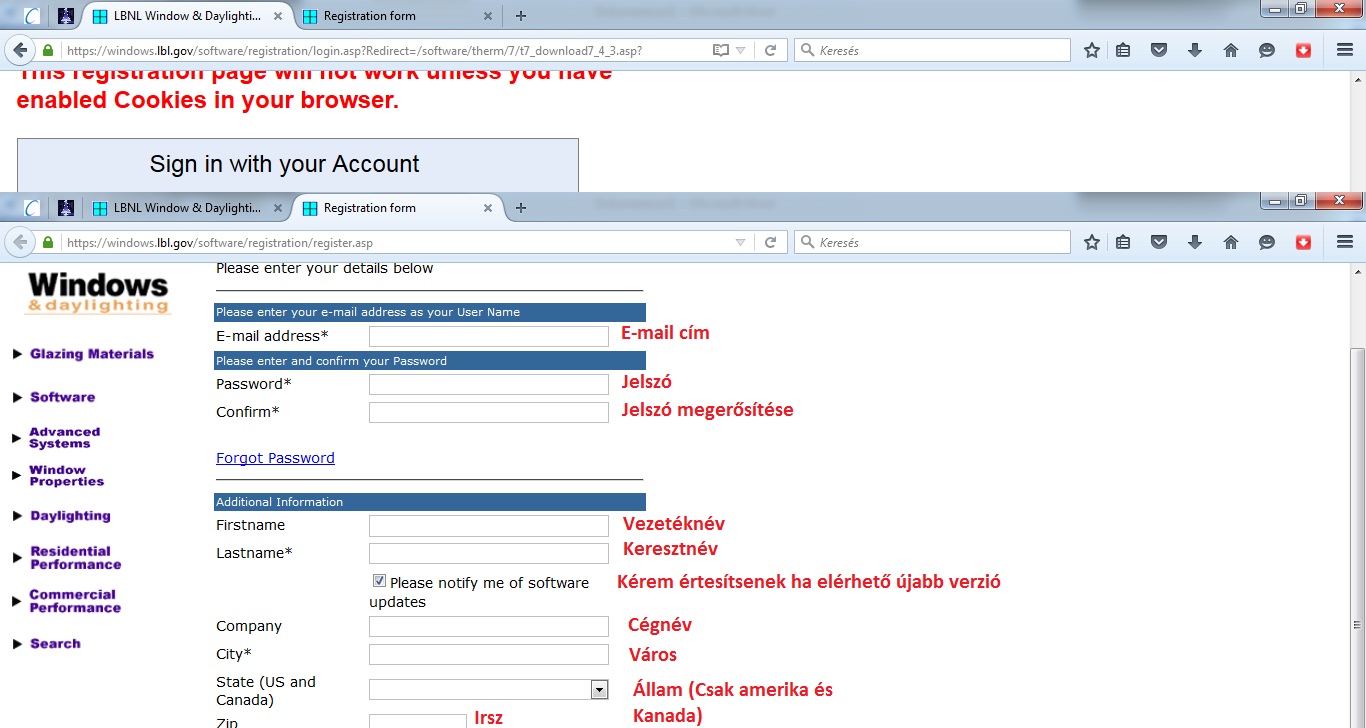
Az oldalon a (kék) link ként megjelölt THERM 7.4.3 linkre kattintva egy bejelentkezési oldalra jutunk



A megjelenő bejelentkezési oldalon első lépésként egy felhasználói profilt kell készítenünk. Az ehhez a regisztrációhoz szükséges linket az alábbi képen a piros keretben található hivatkozással tehetjük meg. (*Create an account now*)



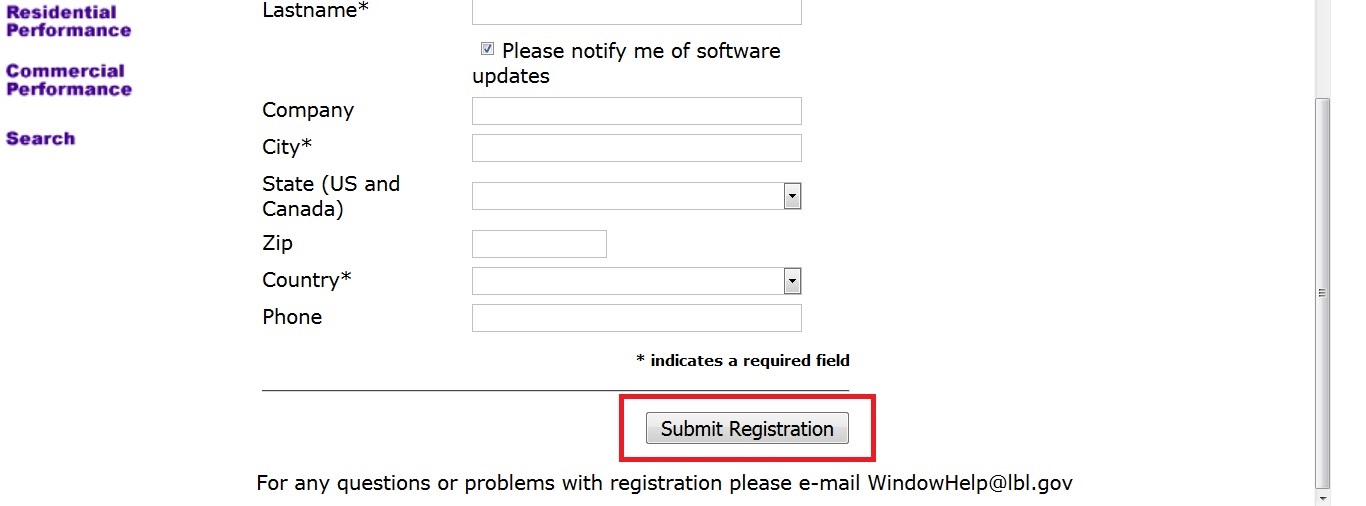
A felhasználói fiók létrehozása linkre kattintva (*Create an account now*) a következő oldalra jutunk.



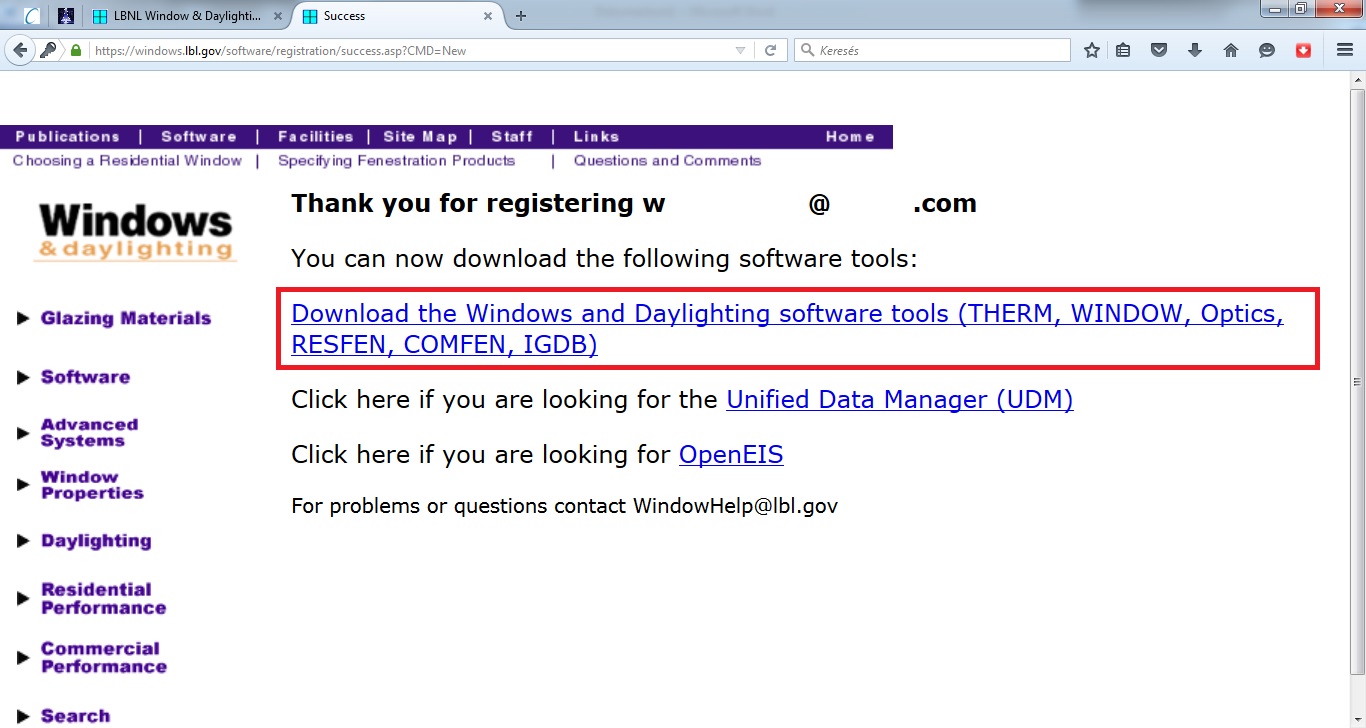
Itt fentről lefelé a **\*-al** jelölt mezők kitöltését kell elvégeznünk!

* *\*E-mail cím*
* *\*Jelszó*
* *\*Jelszó megerősítés*
* *\*Keresztnév*
* *\*Város*
* *\*Ország*

Ha a mezők kitöltésével végeztünk akkor kattintsunk a ***jelentkezés elküldése*** (*Submit Registration*) gombra.



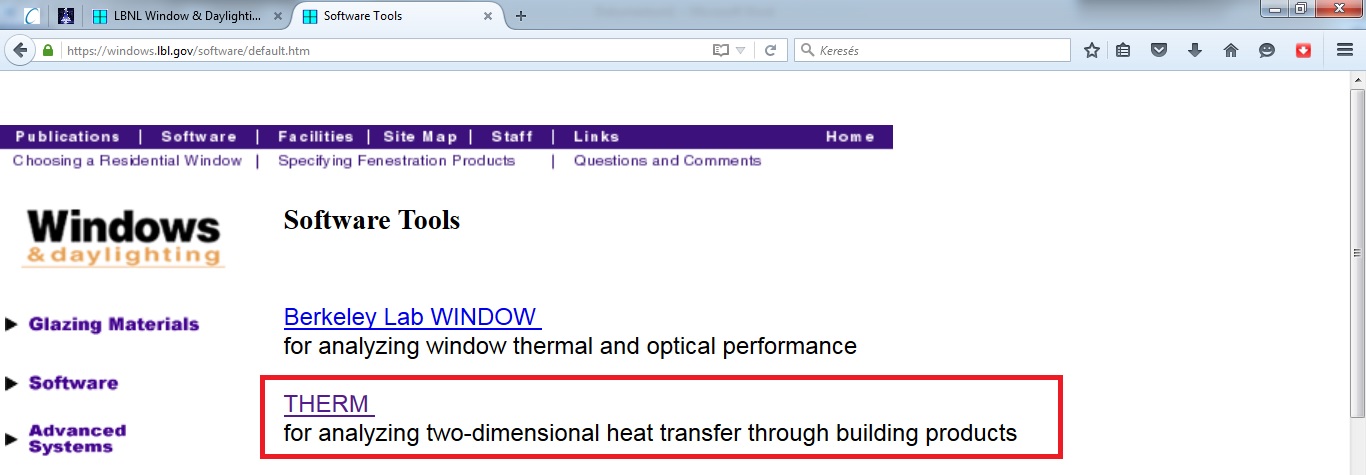
A regisztrációt követően a következő oldalra jutunk.



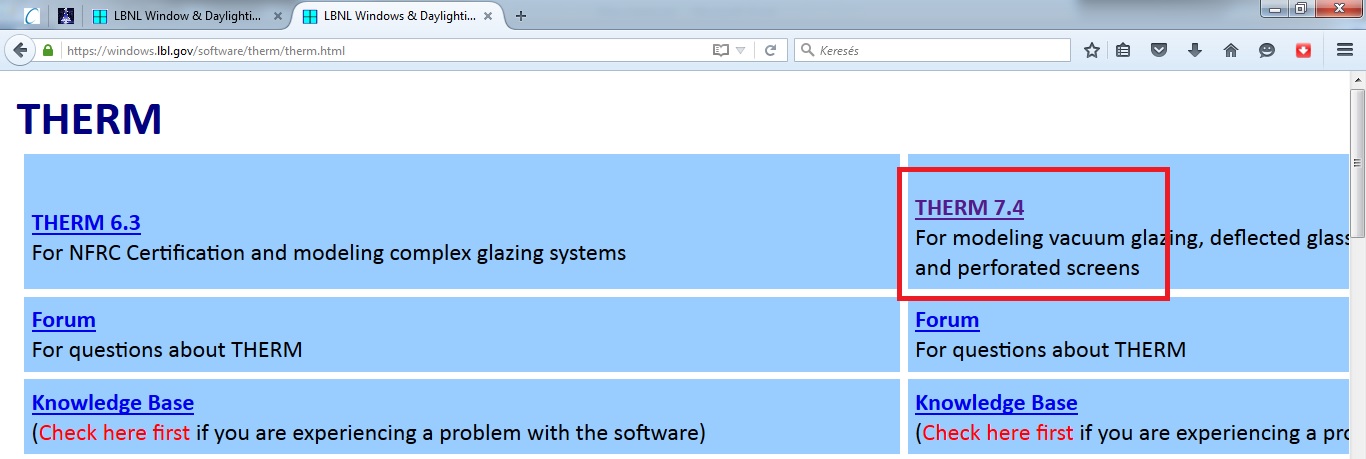
Itt megköszönik a regisztrációt majd tájékoztat róla, hogy a felsorolt programokra már engedélyezi a letöltést. Itt kattintsunk a piros téglalapban található linkre.

*Download the Windows and Daylight software tools (THERM, WINDOW, Optics, RESFEN, COMFEN, IGDB)*

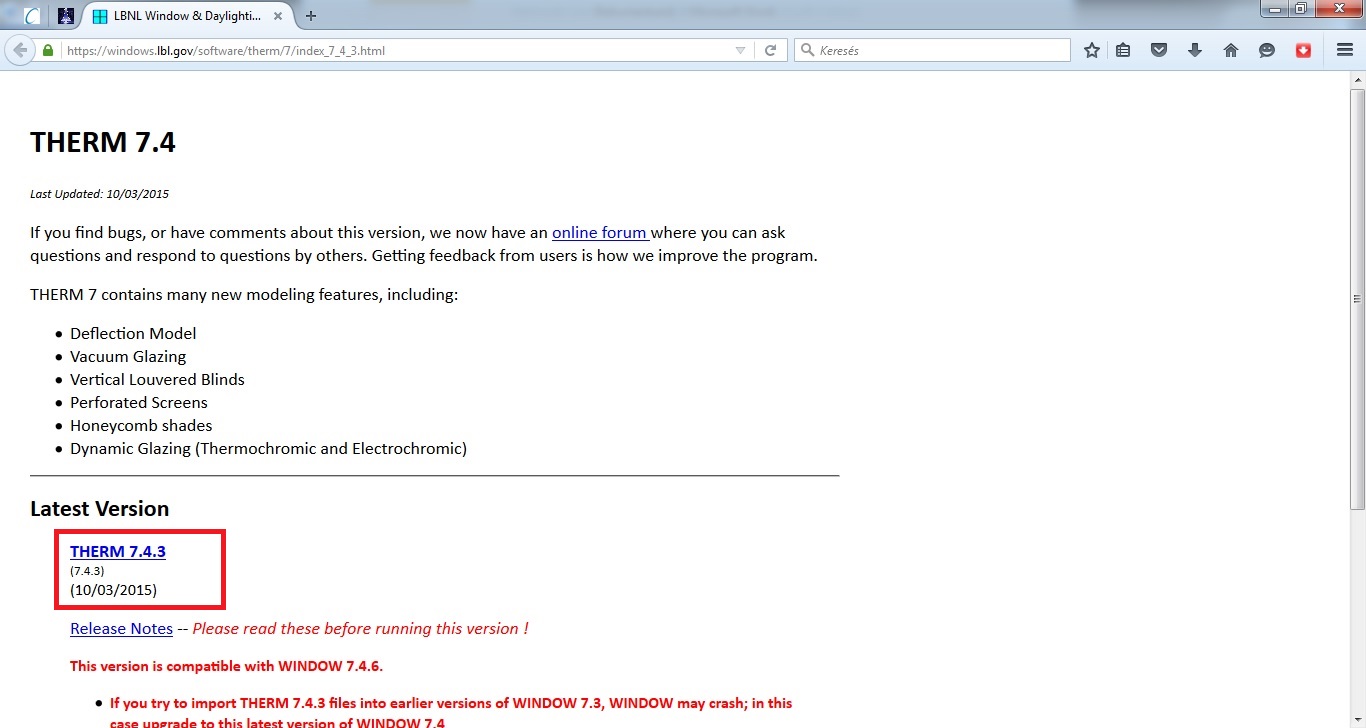
A linkre kattintva eljutunk egy választó képernyőre jutunk (lsd következő oldali ábra). Itt kattintsunk a *THERM linkre.*



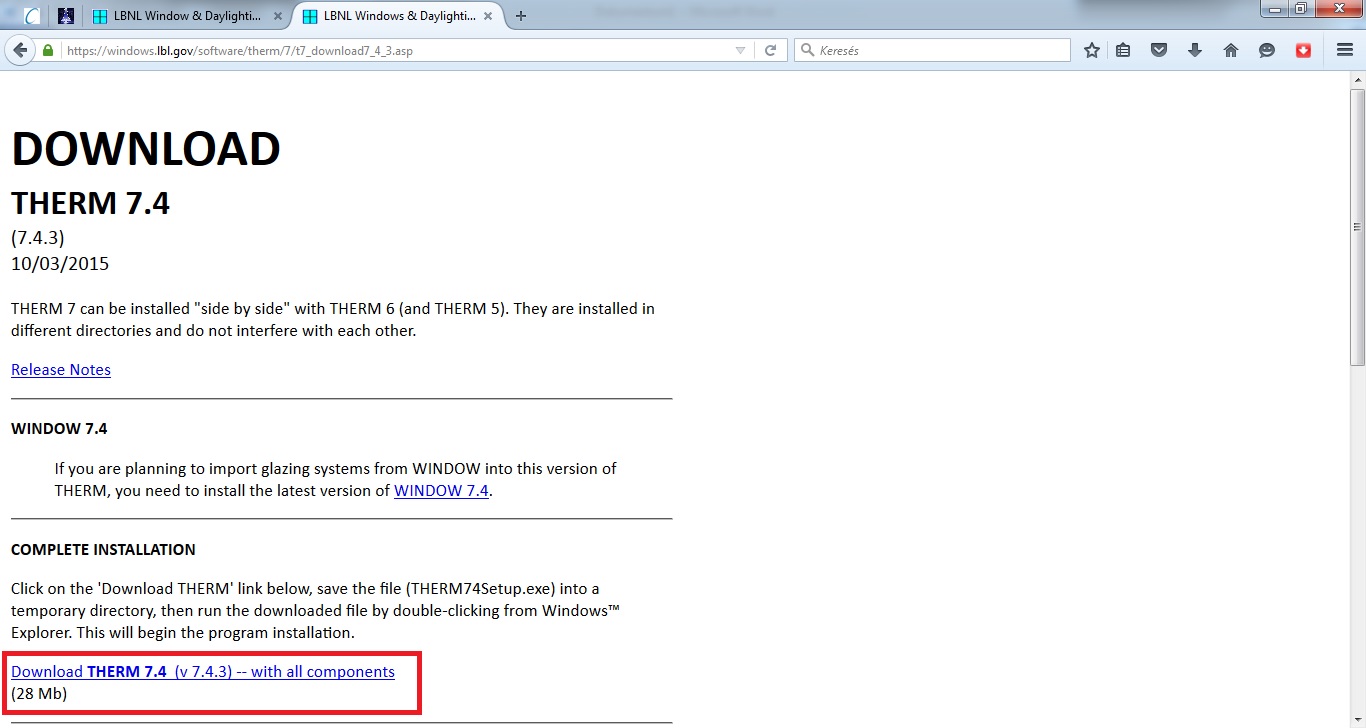
Majd a következő oldalon a letöltendő verziót választhatjuk ki.



Ezen az oldalon a jobb oldali *THERM 7.4* hivatkozási linket válasszuk. Ezen linkre kattintva vissza érünk a kezdő oldalunkra.

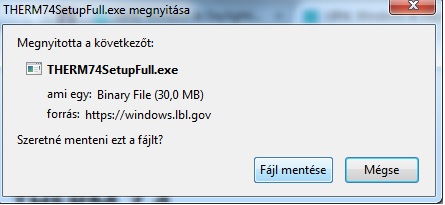


Itt kattintsunk a *THERM 7.4.3* linkre. Az előzőekkel ellentétben a regisztrációt követően már a letöltési oldalra jutunk.

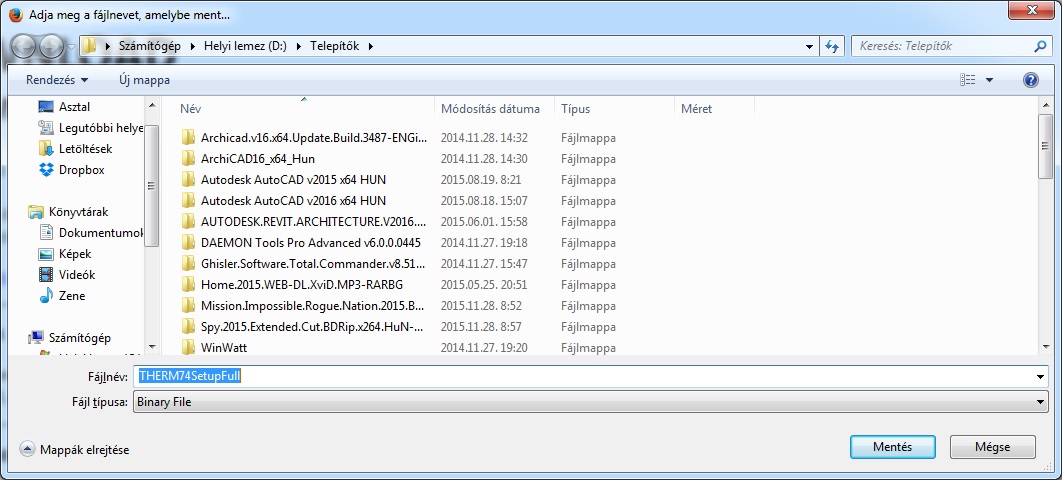


A letöltési oldalon keressük meg a *Download* **THERM 7.4** (v.7.4.3) – with all components verziót vagyis a Therm 7.4 es szoftver minden komponensét tartalmazó verziót majd kattintsunk a linkre. Ezen file cca. 28Mb méretű tehát nem igényel nagy helyet a számítógépen. Ha a gépen már telepítve van a THERM egy korábbi verziója, akkor elegendő a kisebb méretű frissítés telepítőt letölteni.

A linkre való kattintás után a következő felugró ablak jelenik meg. Itt kattintsunk a ***Fájl mentése*** gombra.



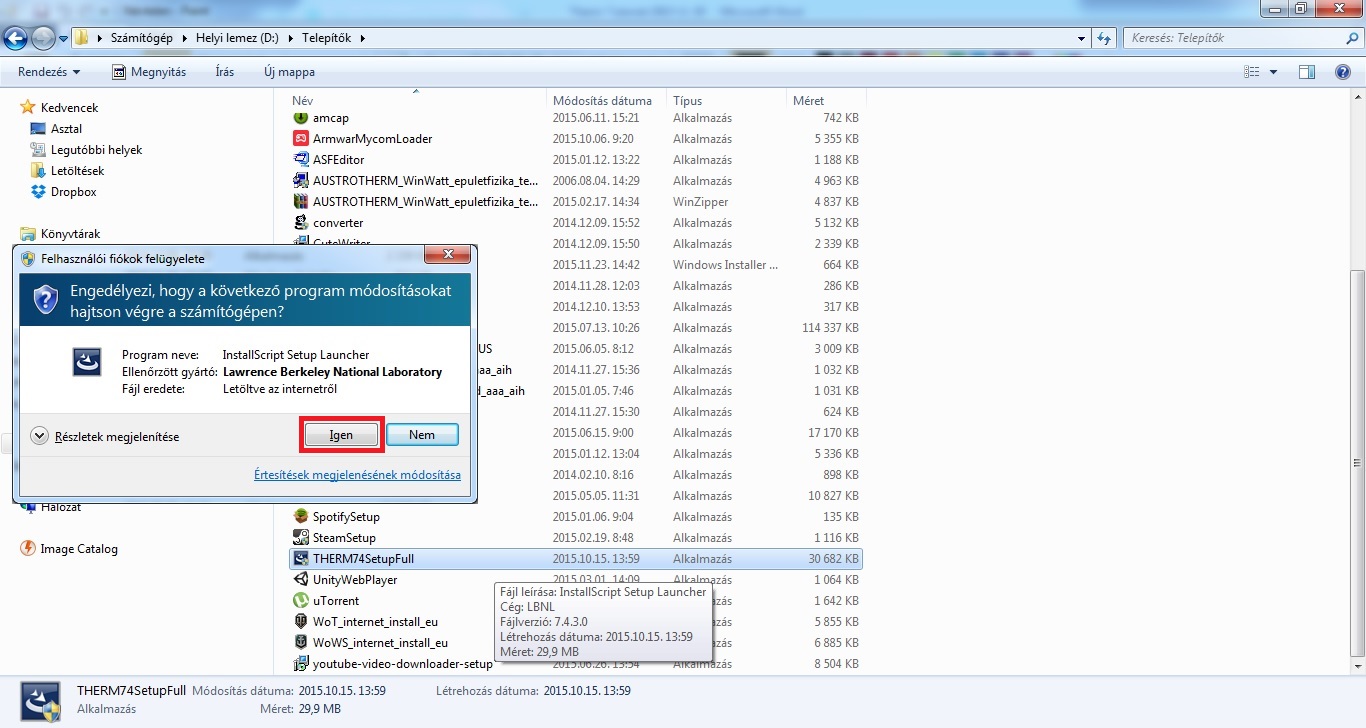
Ezt követően válasszuk ki a mappát ahova a file-t menteni akarjuk majd kattintsunk a ***Mentés*** gombra.



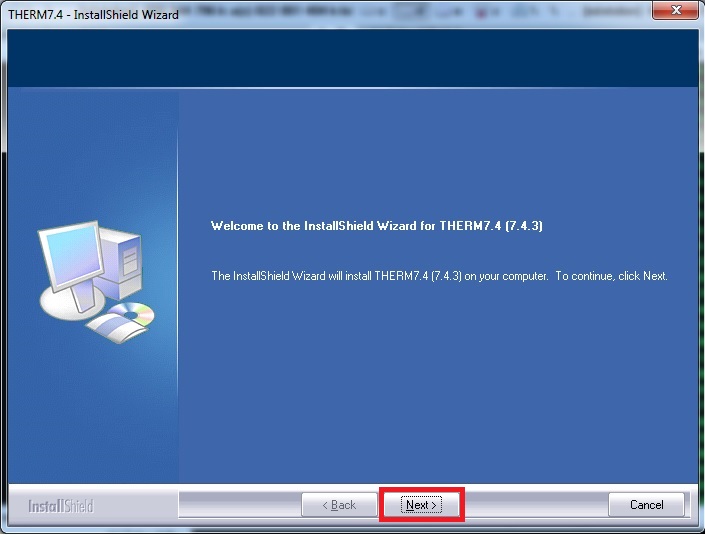
Ezzel sikerült is a programot a gépünkre menteni. A következő lépésekben a telepítés rövid menetét fogjuk bemutatni.

# A THERM 7.4.3 program telepítése

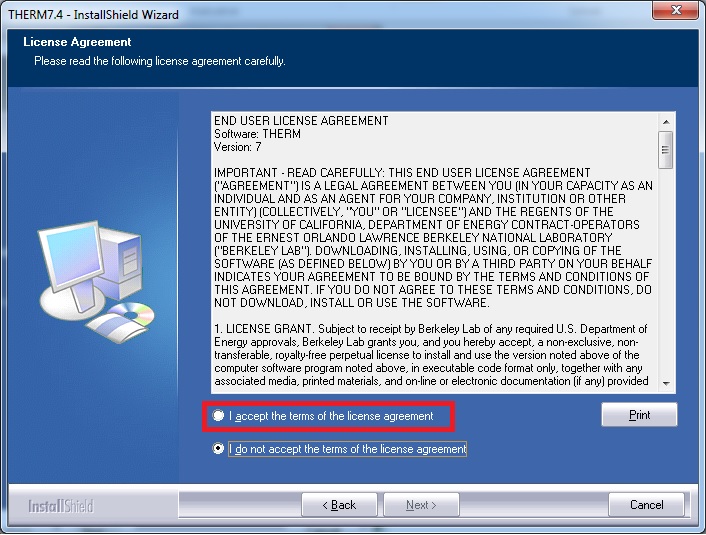
Első lépésként kattintsunk duplán a ***THERM74SetupFull.exe*** file-ra, melyet korábban letöltöttünk.



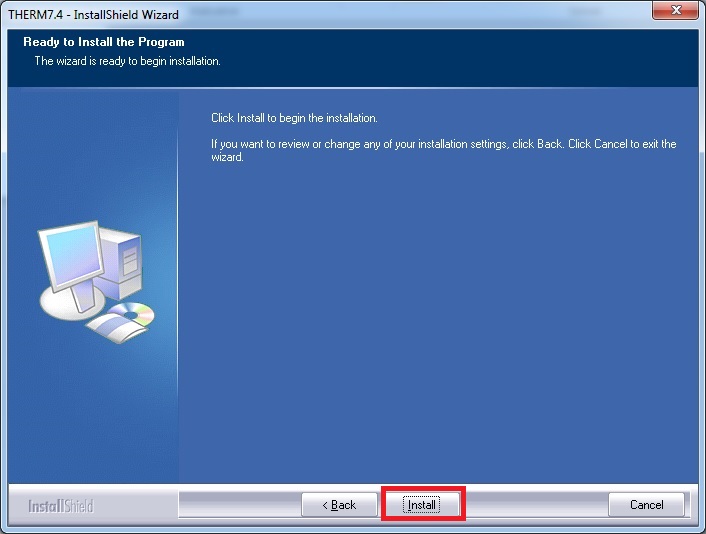
Ha amint a képen látható módon a Felhasználói fiók felügyelete megerősítést kér, nyugodtan kattintsunk az ***Igen*** lehetőségre. A következő felugró telepítő képen a program telepítési és üdvölői oldalára jutunk. Itt kattintsunk a ***Tovább / Next***feliratra



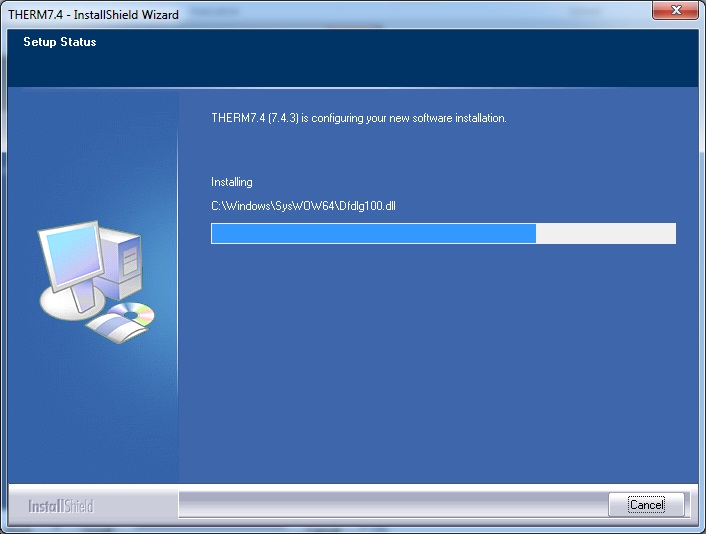
A Tovább vagy Next gombra kattintva eljutunk a végfelhasználói licensz szerződéshez. Az ebben foglaltakat el olvashatjuk vagy egyszerűen elfogadjuk az *I accept the terms of the license agreement* bepipálásával.

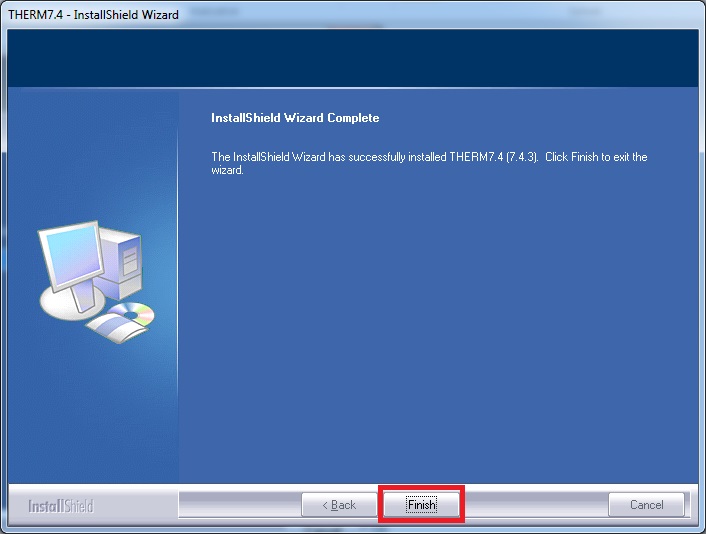


Ha bepipáltuk és ezzel elfogadtuk a felhasználói feltételeket a ***Tovább/Next*** opció elérhetővé válik. Itt is kattintsunk a ***Tovább/Next*** lehetősége.



A felhasználói feltételek elfogadása után a program már telepíthető. Ezek után kattintsunk a megjelenő ***Telepítés/Install 🡪 Befejezés/Finish*** gombra a telepítés végeztével.





A ***Befejezés/Finish*** gombra kattintva a program már telepítve is lesz a gépünkre.

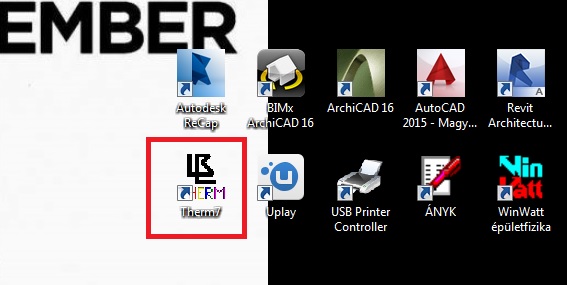
# A Program első indítása

Ebben a fejezetben egy mintafeladaton fogjuk végig követni a program használatát. A leírásban bemutatandó mintafeladatban egy koszorú csomópont vonalmenti hőátbocsátási tényezőjének számítását végezzük el. A számításhoz megismerkedünk az

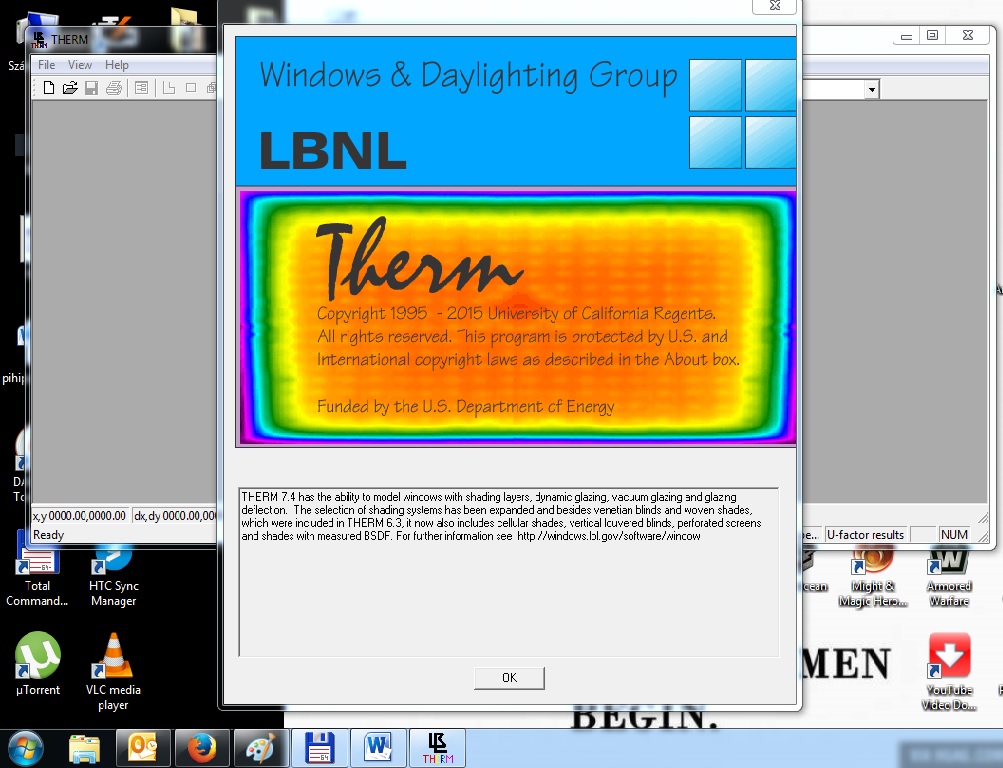
* előrajzolt geometria beolvasásával,
* anyagjellemzők definiálásával (Materials),
* peremfeltételek definiálásával (Boundary Conditions),
* anyagok és peremfeltételek hozzárendelésével,
* hőátbocsátási tényező peremfeltétele (U-Factor Surface),

és végül a számítás menetével.

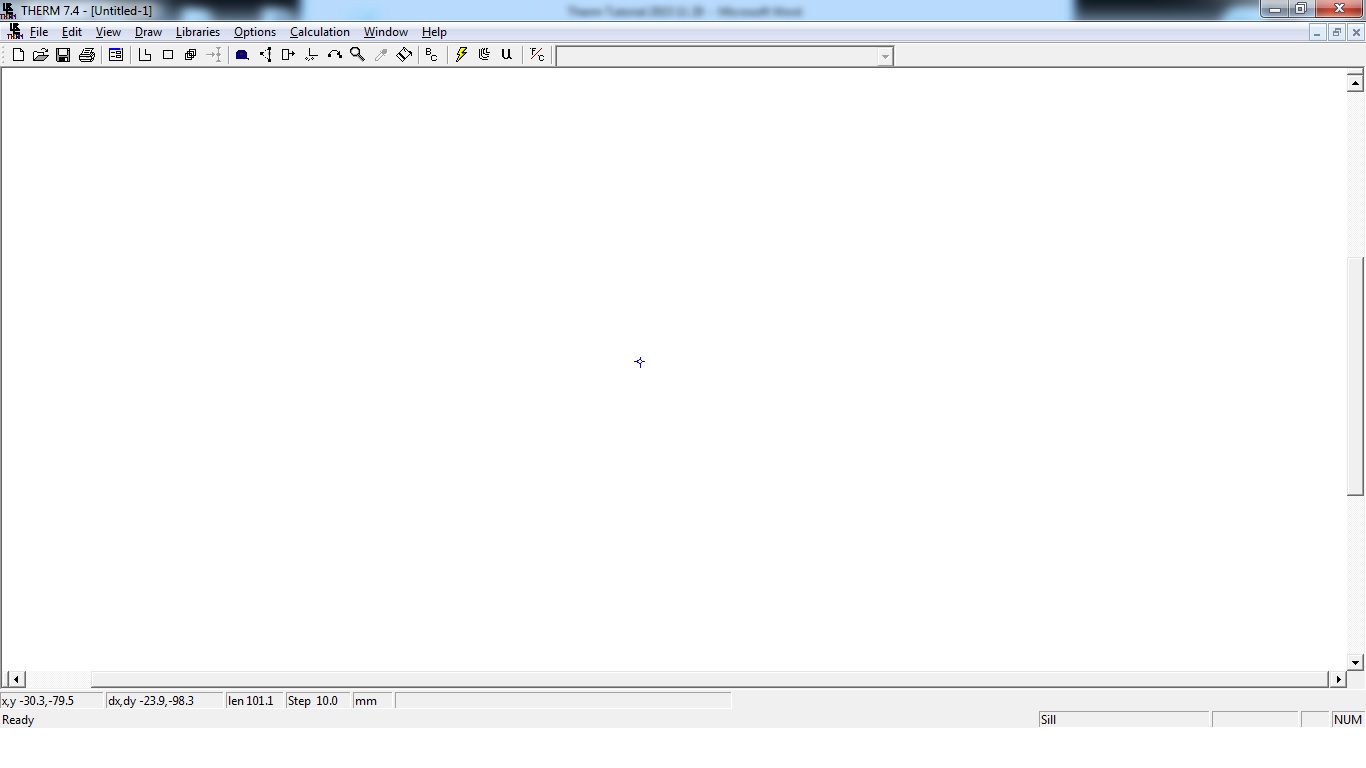
Első lépésként indítsuk el a programot az asztalon található parancsikonra kétszer kattintva. Az alábbi ábrán található ikont a program automatikusan elhelyezi az asztalunkon.



Indítást követően a következő ablak jelenik meg, melynél az első ablakot az ***OK*** gombra kattintva be is zárhatjuk vagy pár másodperc várakozás után a program automatikusan bezárja. A megjelenő felugró ablak tájékoztat minket, hogy a szoftver az amerikai kaliforniai egyetem jogai alatt áll, illetve, hogy a Therm 7.4 es verziószámú szoftver milyen modellezési feladatok ellátására készült.



Az ablak ***OK*** gombbal történő bezárása után a fő kezelő felületre érkezünk.



A kezelőfelület felső sorában található menü szalag alatta pedig az elérhető beépített funkciók.



A menüsorban az ikonok balról jobbra a következő feladatok elvégzésére alkalmasak.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parancsikon** | **Angol Megnevezése** | **Magyar megnevezése** |
|  |  |  |
|  | New | Új feladat |
|  | Open | Meglévő file megnyitása |
|  | Save | File mentése |
|  | Print | Nyomtatás |
|  | Therm File Properties | File beállítások |
|  | Draw poligon | Poligon rajzolása |
|  | Draw rectangle | Téglatest rajzolása |
|  | Draw many | Több poligon rajzolás |
|  | Insert point | Pont beillesztése |
|  | Tape measure | Mérőszalag |
|  | Move pionts | Pontok mozgatása |
|  | Move polygons | Poligon mozgatása |
|  | Set Origin | Origó beállítása |
|  | Snap settings | Kapcsolási beállítások |
|  | Zoom | Nagyítás |
|  | Select material / BC | Anyag / peremfeltétel kiválasztása |
|  | Fill | Kitöltés |
|  | Draw boundary conditions | Peremfeltétel alkalmazása |
|  | Calc | Számítás |
|  | Show results | Eredmény megjelenítés |
|  | Show U-factors | Hőátbocsátási tényezők megjelenítése |
|  | Switch units | Mértékegység váltás (F/C ; ft/m) |

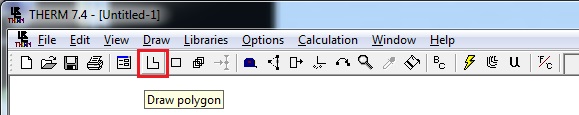
Ezzel el is érkeztünk a program fő kezelő felületére ahol a számításokat végezhetjük. A Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) Window and Daylighting Group részlege a THERM-et nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőjének számításához fejlesztette ki egy a nyílászárók energetikájával foglalkozó programcsomag részeként (LBNL Optics, Window, THERM, RESFEN, COMFEN). A program a stacioner hővezetés parciális differenciálegyenletét oldja meg 2D-ban a végeselem módszer segítségével és így egyszerű hőhídszimulációk készítésére is jól használható.

Ezen kezelési útmutatóban vagy tutoriálban egy egyszerű csomópont hőhíddszimulációja segítségével mutatjuk be a program alkalmazását, a vizsgált geometria és anyagjellemzők megadását valamint a peremfeltételek bevitelét, valamint kitérünk az anyagleíró könyvtár használatára és bővítésére is.

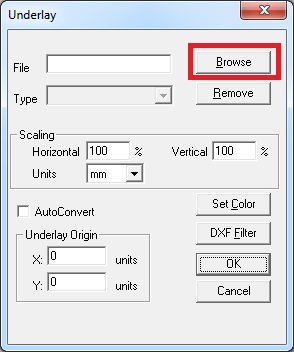
## A geometria bevitele a kezelőfelületbe

A számítandó csomópontokat két módszerrel regisztrálhatjuk a program kezelő- vagy rajz felületén.

1. A program által biztosított manuális rajzeszközökkel. Ezen megoldás alkalmazása nehézkes mivel a program csak nagyon egyszerű rajzeszközöket biztosít és hiányzik belőle a legtöbb segédeszköz ami a CAD programokat használhatóvá teszi. Emiatt ezt majd csak a későbbiekben fogjuk alkalmazni az anyagok meghatározására.



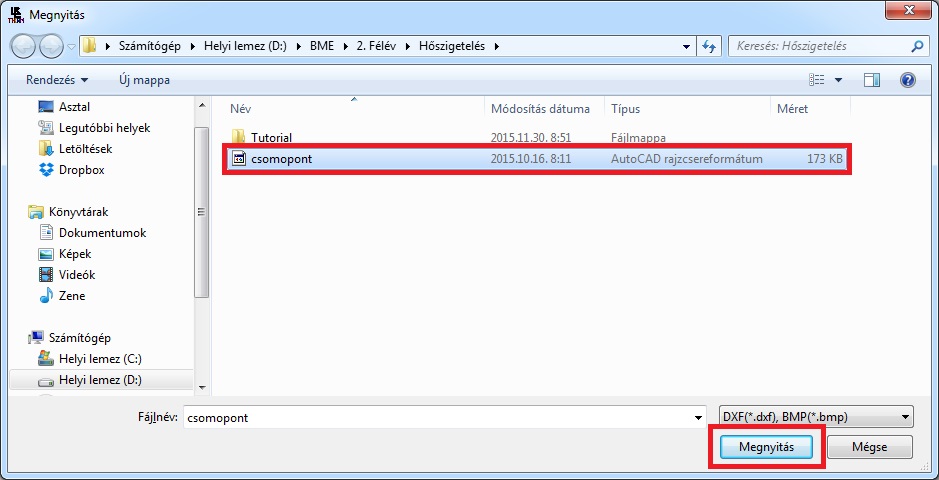
1. vagy alávetítéssel (***Underlay***) korábban készített CAD file-ból. Ezt az alávetítést a ***File -> Underlay*** menü elemre kattintva érhetjük el. Válasszuk is ki ezt az opciót. Keressük meg a menüben a ***File*** legördülő menüsort és kattintsunk az ***Underlay / Alávetítés*** opcióra. A menü elem kiválasztásával a következő felugró ablak jelenik meg.



Ezen menüpontban válasszuk ki a ***Browse/Tallózás*** opciót melyet pirossal kiemeltünk. Ezt követően egy felnyíló ablak jelenik meg ahol válasszuk ki a számítandó csomópont. Jelen esetben ez AutoCAD-ben készült. Keressük meg majd nyissuk meg a *csomopont.dxf* filet.

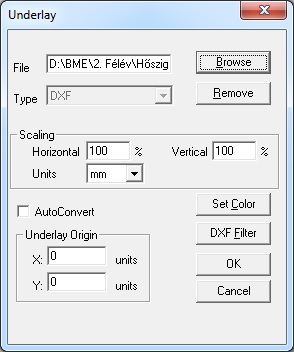
A program csak dxf formátumú fileokat tud beolvasni és értelmezni. Mind az AutoCAD mind az ArchiCAD képes dxf formátumban menteni, de a problémák elkerülése végett néhány szabályt érdemes betartani. Csak 2D-s rajzok olvashatóak be, lehetőleg csak vonal elemekkel (kitöltések, feliratok stb. nélkül). Az eltérő csomópontokat külön file-ba kell helyezni és úgy beolvasni. A rajzok egésze a pozitív x és y koordinátájú negyedtérben legyen az origótól kicsit távolabb. A rajzokat [mm] léptékben érdemes elkészíteni, akkor biztosan nem követünk el hibát az átméretezéssel.

***Megjegyzés:*** **a rajzbeolvasás nem minden esetben működik tökéletesen a programban. Ilyenkor érdemes újra ellenőrizni, kicsit eltolni az origótól, újra elmenteni és beolvasni. A legtöbb esetben a probléma hamar megszüntethető.**



Tehát a file megnyitása a következő ***File -> Underlay -> Browse -> Megnyitás***

A megnyitás gombra kattintva visszatérünk az előző már ismert *Underlay* almenübe. Itt a program már automatikusan kitölti a számára szükséges információkkal (ld. következő ábra)

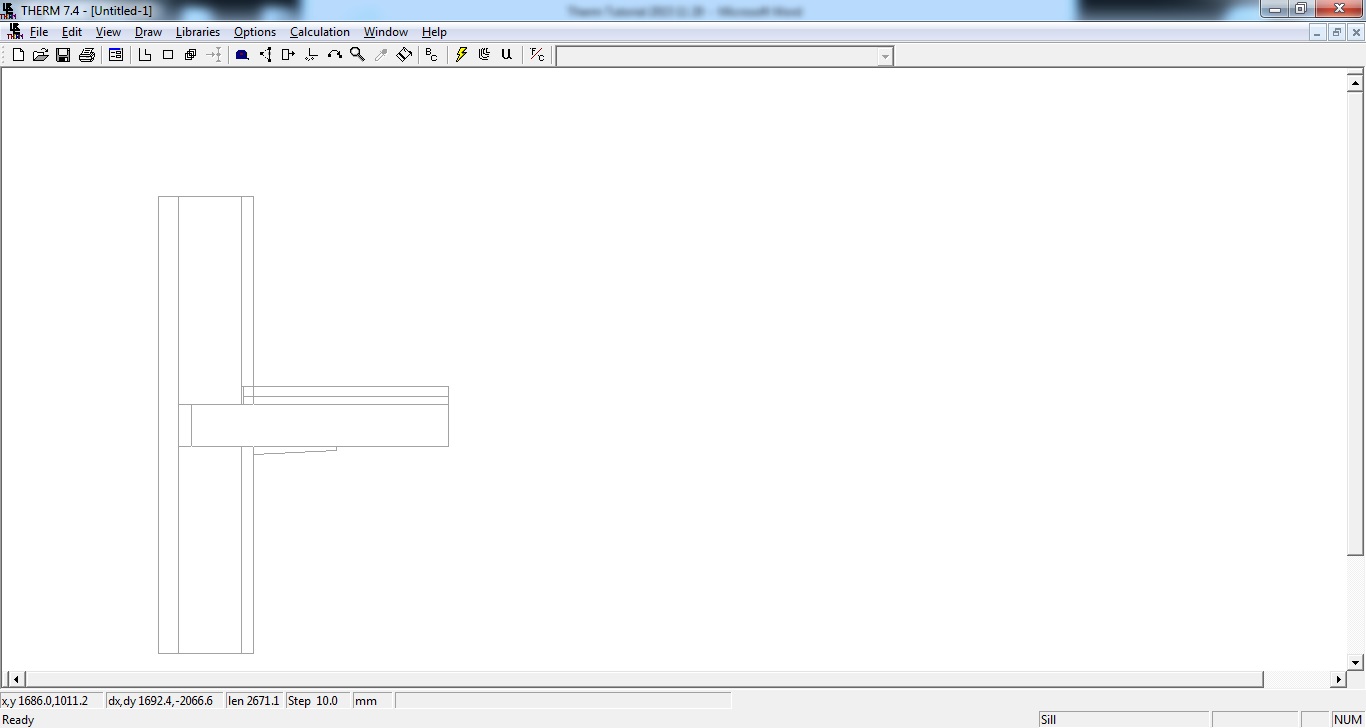


Amint láthatjuk a program meghatározta a File helyét valamint a kiterjesztését.

A ***Scaling/Méretezés*** opcióknál beállíthatjuk a rajz méretarányait Horizontális és Vertikális irányokban valamint a rajzi mértékegységeket. Ezek a beállítások alapesetben megfelelőek tehát hagyjuk a beállításokat 100% os méretezési tulajdonságon és mm mértékegységben.

Az ***Underlay Origin/Origó alávetítés*** opciót ezen példa esetében ismételten nem kell módosítani tehát ezeket is hagyjuk alap 0/0 egység beállításon.

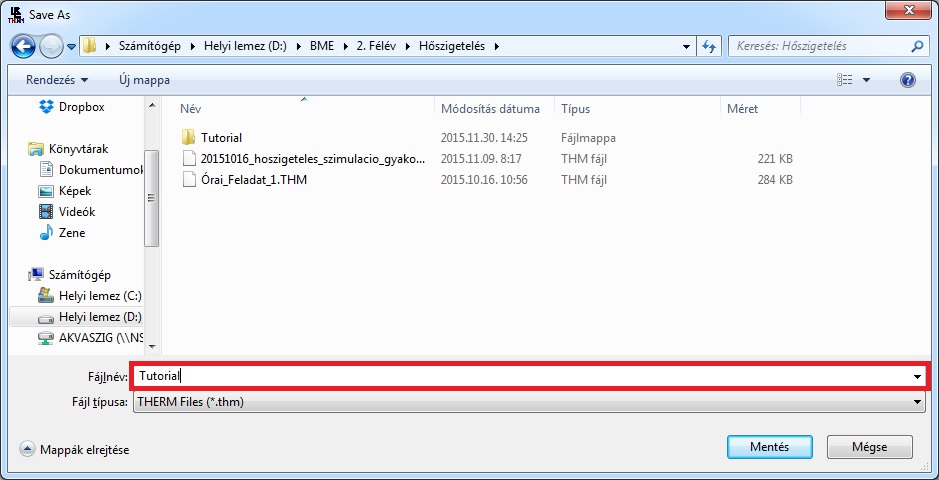
Ha minden szükséges beállítást elvégeztünk, akkor kattintsunk az ***OK*** gombra. Az OK gombra történő kattintás után a program visszatér a kezdő képernyőre viszont a kiválasztott csomopont.dxf rajz file tartalma immáron halványszürke módon a rajzfelületünkre kerül elhelyezésre. Mint ahogy az az alábbi ábrán látható.



Ezzel meg is határoztuk a program számára, hogy mely csomóponti kialakítást vizsgáljuk. Csomóponti értelemben szabadon vizsgálhatunk, bármilyen csomópontot viszont a csomóponthoz viszonyítva az egyéb szerkezeti távolságok az 1m-ert ne haladják meg. A program így gyorsabban tudja kiszámolni a szükséges értékeket.

A tutoriálbeli csomópont alávetítésével azonban a program nem tud még számolni mivel nincsenek meghatározva az anyagjellemzők valamint a különböző peremfeltételek. A következő lépésekben meghatározzuk a szükséges anyagjellemzőket és ezen szerkezeteket átültetjük a rajzi ábránkra.

A biztonság kedvéért a tutorial feladatot mentsük el. Ezt a kezelő felület menü sorában a ***File***  legördülő menü ***Save as…*** opcióval tehető meg. ***File -> Save as..***



A felugró ablakban válasszuk ki a mentés helyét és a Fájlnév megadásánál adjuk a mentés nevének *Tutorial.* A kiterjesztést a program automatikusan értelmezi és a THERM program \*.thm kiterjesztésével fogja ellátni. A tutorial során a mentés ikon  megjelenésével mentsük a feladatot.

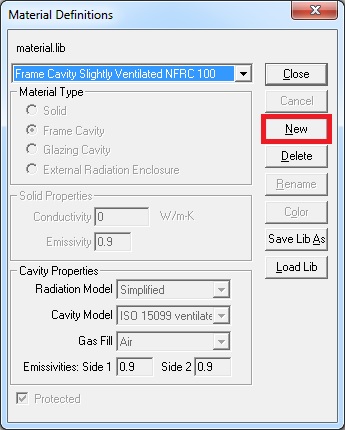
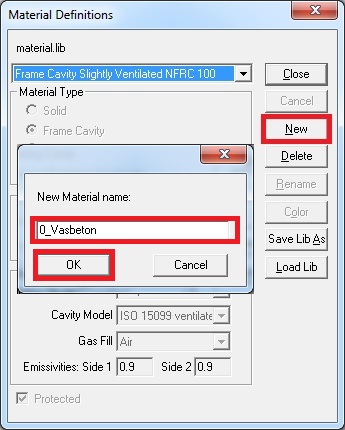
## Anyagjellemzők meghatározása

A beillesztett csomóponton látható, hogy egy szintközi födém hőtechnikáját fogjuk vizsgálni. A födém anyaga legyen vasbeton míg az alsó és felső falazat pedig tégla falazat. A homlokzati síkon és a födém csatlakozásánál hőszigeteléssel ennek legyen EPS hőszigetelés az anyaga.

Tehát az anyagjellemzők bevitelekor három anyagot fogunk létrehozni.

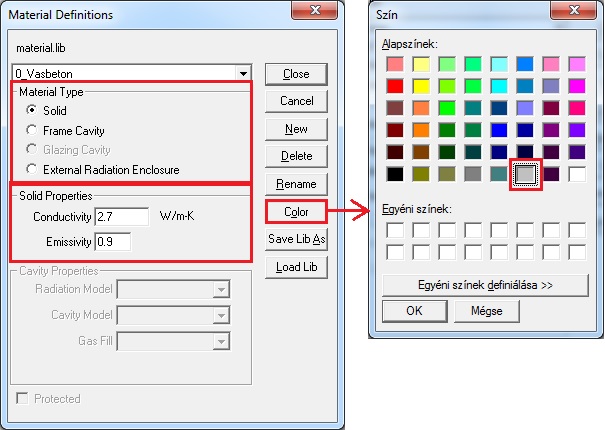
* Vasbeton
* Tégla
* Hőszigetelés (EPS)

Az anyagok létrehozásához meg kell nyitnunk az anyag könyvtárat. Ezt a menü elemet a következő módon érhetjük el. A menüsorban majd a legördülő menüben válasszuk a ***Libraries/Könyvtárak -> Material Library/Anyag könyvtár*** menüelemet. Vagy röviden gyorsbillenytűvel ***Shift + F4***.

Itt a felugró ablakban 1. ábra kattintsunk a ***New/Új*** lehetőségre majd a 2. ábrán szereplő üres mezőbe adjuk meg a létrehozni kívánt szerkezeti anyagunk nevét. Jelen esetben pl.: 0\_Vasbeton. A 0 és az alávonás amiatt kell a szerkezeti anyagunk neve elé, hogy a későbbi mentése során a már meglévő anyaglista elejére kerüljön így később gyorsabban megtaláljuk az alkalmazandó anyagokat.

Ha megadtuk a létrehozandó anyag nevét kattintsunk az ***OK*** gombra.

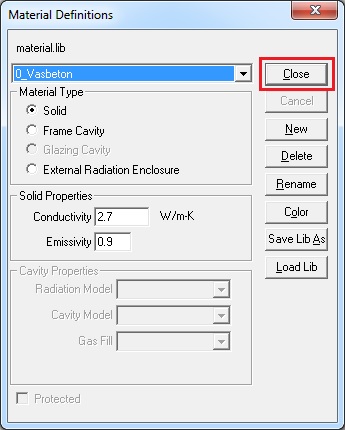


Az OK gombra kattintva az új anyagunk anyagjellemző beállításainál találjuk magunkat. Itt három beállítást kell megtennünk az anyagra vonatkoztatva.

Az első beállítás a ***Material Type / Anyag típus*** itt mind a három anyagunk esetében a ***Solid / Tömör*** opciót válasszuk. A második opció a ***Frame Cavity / Szerelt szerkezet*** ezt például gipszkarton válaszfalak esetében alkalmazhatjuk. A ***Glazing Cavity / Üveges szerkezetek*** opciót akkor alkalmazzuk, ha nyílászárót például ablakot kívánunk számolni.

A második beállítási lehetőség a tömör anyagokra vonatkozó értékek. Az első ilyen a ***Conductivity / Hővezetési tényező***. Ezt a jelen példánknál a vasbeton esetében állítsuk 2.7 W/mK értékre. Figyeljünk arra, hogy a tizedes vesszőt pontként írjuk az értékbe (*amerikai program!*), különben a program nem fog tudni kalkulálni vele. A második értéket ***Emissivity / Fajlagos Emisszió***. Ezt az értéket jelen esetben változatlanul hagyhatjuk 0.9 értéken.

Végül a harmadik beállítás a szín meghatározása. Erre ezért van szükség, hogy a későbbiekben a szerkezeti anyagokat megtudjuk különböztetni egymástól. Ennek a beállításához az ablak jobb oldalán kattintsunk a ***Color / Szín*** opcióra majd válasszuk ki a szürke színt, de tetszőleges szín választható. Majd kattintsunk az ***OK*** gombra.

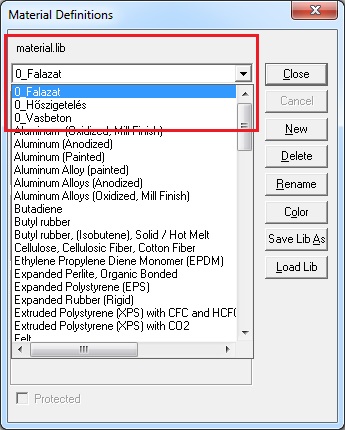


Ezt követően minden szükséges adatot megadtunk az anyag jellemzőhöz. Az anyag mentéséhez és az ablak bezárásához kattintsunk a ***Close / Bezárás*** gombra. Ezzel létre is hoztuk a vasbeton anyagunkat.

A következő lépésben az előzőek szerint ismertetett lépések alapján hozzuk létre a Hőszigetelésünk és a Tégla anyagát. Tehát válasszuk a ***Libraries/Könyvtárak -> Material Library/Anyag könyvtár -> New/Új*** vagy ***Shift+F4 -> New/Új***. Az anyagokat a következő paraméterekkel rögzítsük a rendszerben.

* **Hőszigetelés.:**
  + Név.: 0\_Hőszigetelés
  + Anyag típus.: Solid
  + Conductivity.: 0.038 W/mK
  + Emissivity.: 0.9
  + Szín.: Sárga
* **Tégla falazat.:**
  + Név.: 0\_Falazat
  + Anyag típus.: Solid
  + Conductivity.: 0.1 W/mK
  + Emissivity.: 0.9
  + Szín.: Piros

Miután létrehoztuk az anyagokat azok jól láthatóan az elnevezésük miatt az anyag lista elején helyezkednek el.



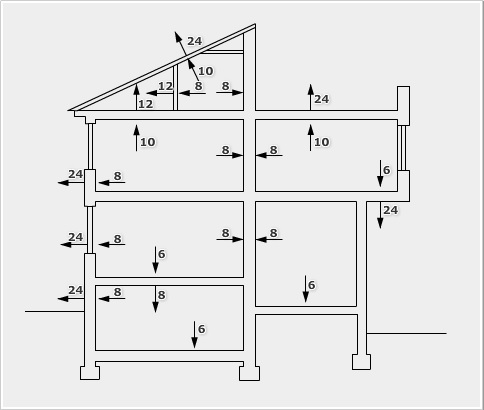
Ezzel létre is hoztuk a feladat során alkalmazandó szerkezeti anyagainkat. A következőkben meghatározzuk a programnak a számításhoz szükséges permfeltételeket.

## A peremfeltételek meghatározása (Boundary Conditions)

Mint minden számításhoz úgy a hőtechnikai számításokhoz is meg kell határoznunk bizonyos peremfeltételeket , angolul: *Boundary Condition*-t. A peremfeltételek azt adják meg, hogy mivel számoljon a program az egyes határoló felületeken a csomópont belsejében kialakuló hőmérsékletmező meghatározásánál (pl. milyen léghőmérséklet uralkodik a belső térben és mekkora a hőátadási tényező).

A peremfeltételek közé tartozik a számításokhoz elengedhetetlen külső-, belső hőmérséklet valamint a szerkezetek hőátadási tényezője (W/m2K) a különféle terek irányában (Pl.: Belső padló, mennyezet).

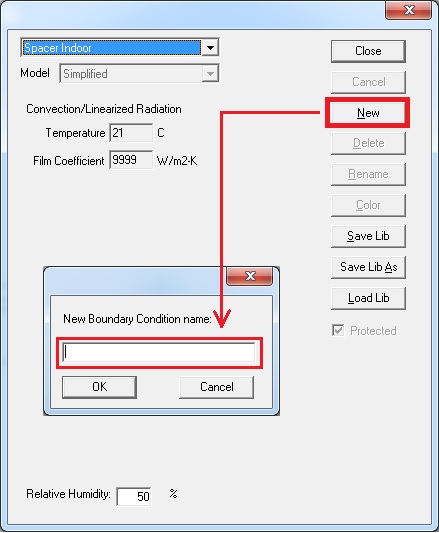
A hőátadási tényező a légtér és a felület közötti hőátadás intenzitását adja meg egyégnyi felületen egységnyi hőmérsékletkülönbség hatására. A felületi hőátadás egy komplex jelenség, mely konvekcióval – légáramlással – és hosszúhullámú infravörös sugárzással történik. A hőátadási tényező pontos értéke számos tényező függvénye, térben és időben pedig nem állandó. Egy egyszerű hőhídszámításohoz egyenlőre azonban elegendő a hőátadási tényezők szabványos értékeivel számolni, melyek felfoghatóak úgy, mint a fűtési idényre vett átlag értékek. A hőátadási tényező felvételére az alábbi ábra nyújt segítséget.



Ezek alapján a bemutató csomóponton négy peremfeltételt kell meghatározni. Ez a négy peremfeltételi sík a következő.:

* Belső oldal (fal)
* Külső oldal (fal, hőszig)
* Belső padló
* Belső mennyezet

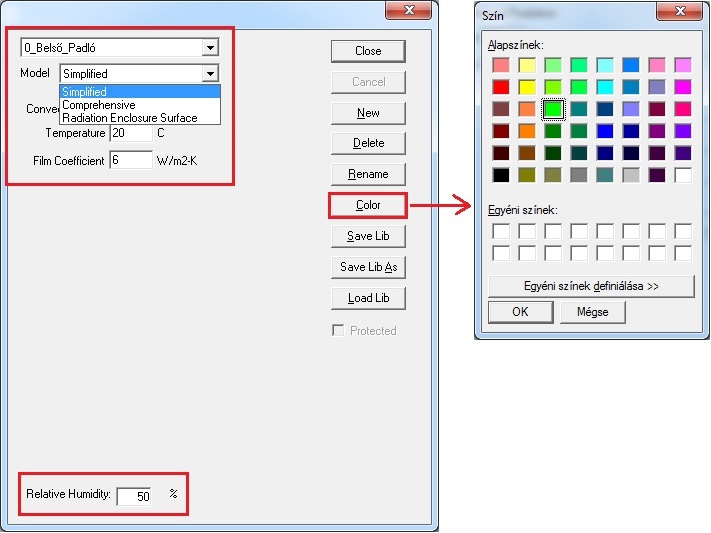
Első lépésben nyissuk meg a peremfeltételi könyvtárat. Ezt a menüsorban a ***Libraries / Könyvtárak -> Boundary Condition Library / Peremfeltétel könyvtár*** opció kiválasztásával vagy a ***Shift + F5*** gyorsbillentyűvel érjük el. A könyvtár kiválasztása után a következő ablak jelenik meg.



Itt a felugró ablakban kattintsunk a ***New / Új*** menü gombra. Ennek következtében a már az előzőekből ismert új név megadása ablak ugrik elő. Itt azt a korábban az anyag könyvtárból ismertetett módon a 3.2 es pont alapján hozzuk létre a belső padló peremfeltételét.

Gépeljük be a név helyére *0\_Belső\_Padló.* Majd válasszuk az ***Ok*** lehetőséget.

Ezek után az alábbi képen szereplő beállítások ablak fog megjelenni.



Itt több dolgot állíthatunk be a számítások pontosságát és egyéb tényezőket figyelembe véve melyek az alábbiak.

* Modell legördülő menü.: a hőátadás modell típusa
* Temperature / Hőmérséklet.: A vizsgált felülethez rendelt külső vagy belső léghőmérséklet.
* Film Coeficient / Hőátadási tényező.: Itt a 3.3 pont elején lévő releváns adatot kell megadni.
* Relative Humidity / Relatív páratartalom.: A relatív páratartalom értéke %-ban kifejezve

Tehát mint azt az előzőekben leírtuk itt a jelenlegi beállításokkal adjuk meg a 0\_Belső\_Padló peremfeltétel szükséges adatait. A gyári hőmérséklet adatot írjuk 20 fok Celziuszra a Hőátadási tényezőt pedig állítsuk 6 W/m2-K értékre.

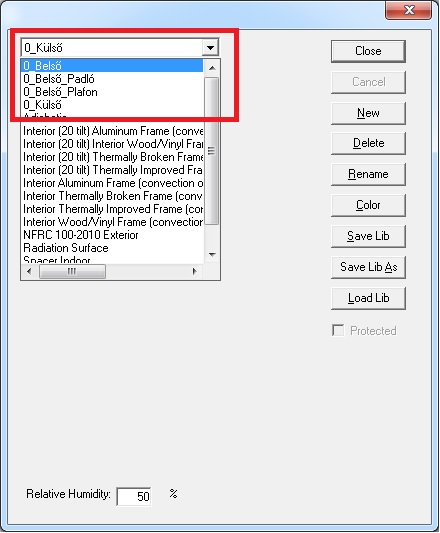
A relatív páratartalom automatikusan 50% ezt nem kell megváltoztatni.

Az utolsó beállítási paraméter a szín meghatározása ez a vizuális észlelést és esetleges hibáknál ad segítséget a megoldásban. Állítsuk a feltétel színét a ***Color / Szín*** menüre kattintva *Zöldre* majd ***Ok***.

Új feltétel létrehozása a már korábban ismertetett módon lehetséges vagy egyszerűen kattintsunk a ***New / Új*** menülehetőségre és hozzuk létre a még szükséges három peremfeltételt a következő paraméterek alapján.

* **Belső Mennyezet.:**
  + Név.: 0\_Belső\_Plafon
  + Model.: Simplified (Egyszerüsített)
  + Hőmérséklet.: 20 C
  + Hőátadási Tényező.: 10 W/m2-K
  + Szín.: Sárga
* **Belső Felület.:**
  + Név.: 0\_Belső
  + Model.: Simplified (Egyszerüsített)
  + Hőmérséklet.: 20 C
  + Hőátadási Tényező.: 8 W/m2-K
  + Szín.: Kék
* **Külső Felület.:**
  + Név.: 0\_Külső
  + Model.: Simplified (Egyszerüsített)
  + Hőmérséklet.: 0 C
  + Hőátadási Tényező.: 24 W/m2-K
  + Szín.: Piros

A peremfeltételek létrehozásával a megadott peremfeltételek az anyagokhoz hasonló módon bekerültek a peremfeltétel könyvtárba mint ahogy az az alábbi ábrán látható.



A következő lépésben mentsük le az anyag és a peremfeltétel könyvtárat is ezt egyszerűen a ***Save Lib / Könyvtár mentése*** vagy a ***Save Lib As / Könyvtár mentése mint*** lehetőséggel megtehető.

Ezzel az eddigiek alapján meghatároztuk a használni kívánt anyagok hőtechnikai jellemzőit, elláttuk őket a megfelelő hőtechnikai értékekkel valamint meghatároztuk a szükséges peremfeltételeket a számítások elvégzéséhez. Ezen peremfeltételekből jól látható, hogy egy olyan hőtechnikai számítást fogunk végezni a csomóponton, mely 20C fokos belső és 0C fokos külső hőmérsékletet feltételez 50% os relatív páratartalom mellett.

A következő lépésben felhasználjuk ezeket a beállításainkat és virtuálisan is megalkotjuk a csomópontunkat a megadott szerkezeti elemekkel.

** *Megjegyzés:* Itt készítsünk egy ismételt teljes mentést a gyakorlófeladaton. Kattintsunk a mentés ikonra.**

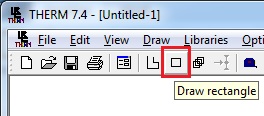
## Az anyagok meghatározása a csomóponti rajzon (Egyszerűsített)

A 3.1 pontban beolvastuk a viszgálandó csomópont geometriáját egy előrajzolt dxf file-ból. Most a hőtechnikai jellemzőikkel definiált építőanyagokat a 3.2 pontból hozzá kell rendeljük a geometria megfelelő részeihez.

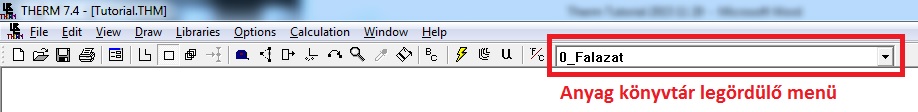
Ebben a lépésben alkalmazzuk a program által felajánlott rajzeszközöket. Ezen pontban foglaltak alapján nem számolunk a hőszigeteléssel csak a falazat és vasbeton szerkezetet rajzoljuk meg.

Kezdjünk is hozzá.

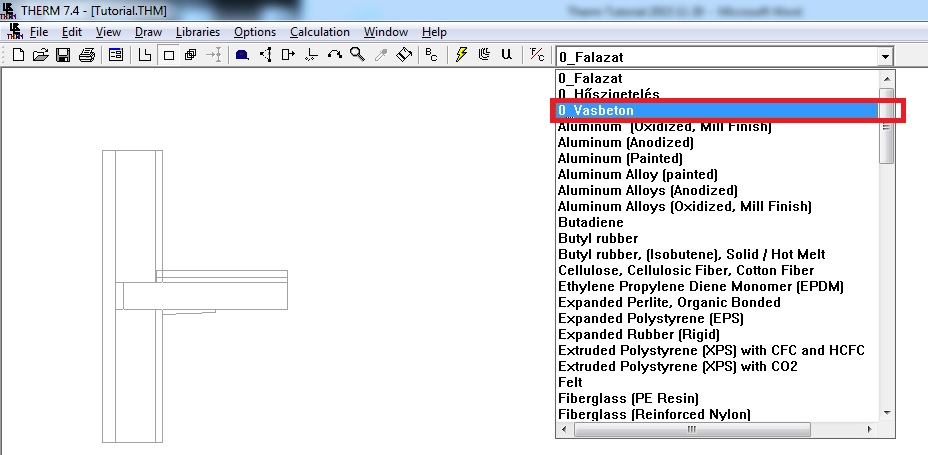
Első lépésként az eszköz palettán válasszuk ki a ***Draw Rectangle / Téglatest rajzolása*** opciót.



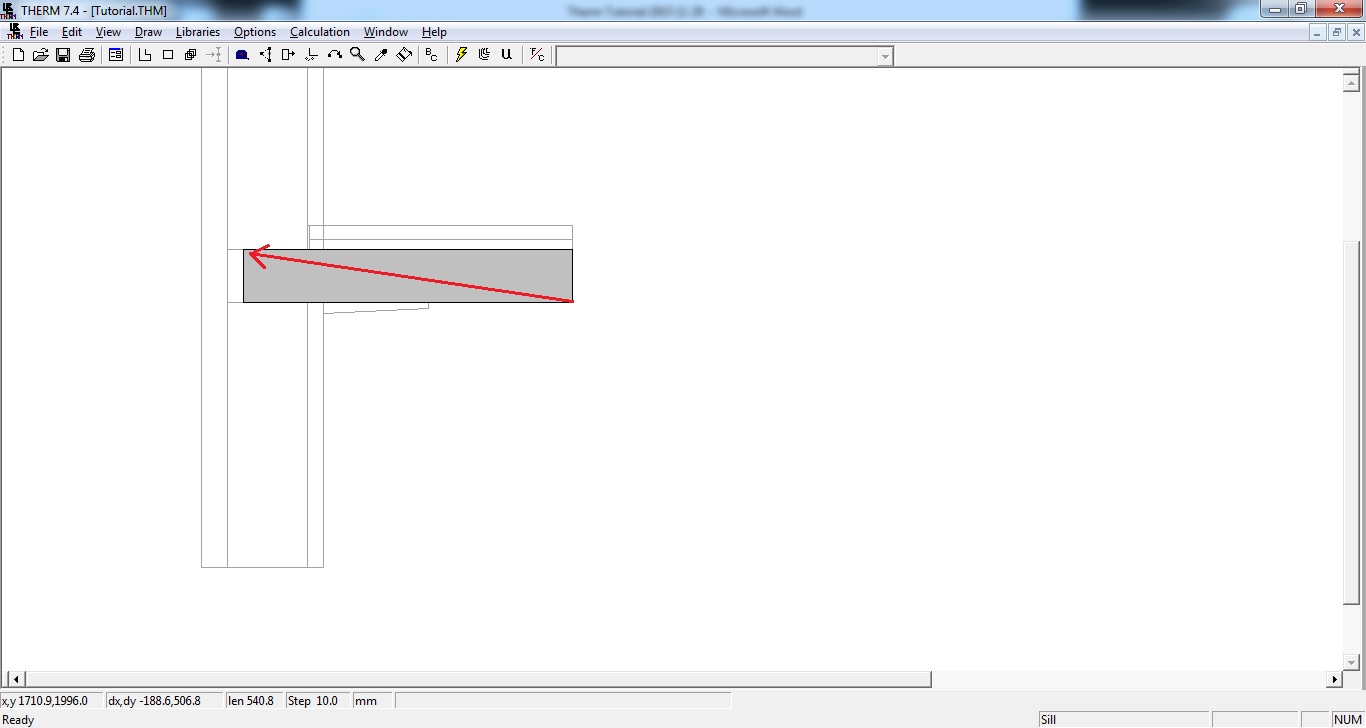
Szimplán egyszer kattintsunk az elemre. Az eszköz kiválasztása után a rajzeszköz és a kezelő felületi anyag könyvtár is elérhetővé válik.



Itt kattintsunk a legördülő menü kis fekete nyilára 0\_Falazat anyag elem jobb oldalán. Majd válaszuk ki a 0\_Vasbeton elemet.



Kiválasztás után az rajz eszköz egér kurzorát mozgassuk a vasbeton lemez födém jobb alsó (vagy tetszőleges sarok pontjára. A rajzon nagyítani az egér jobb gombjának egyszeri kattintásával tudunk.

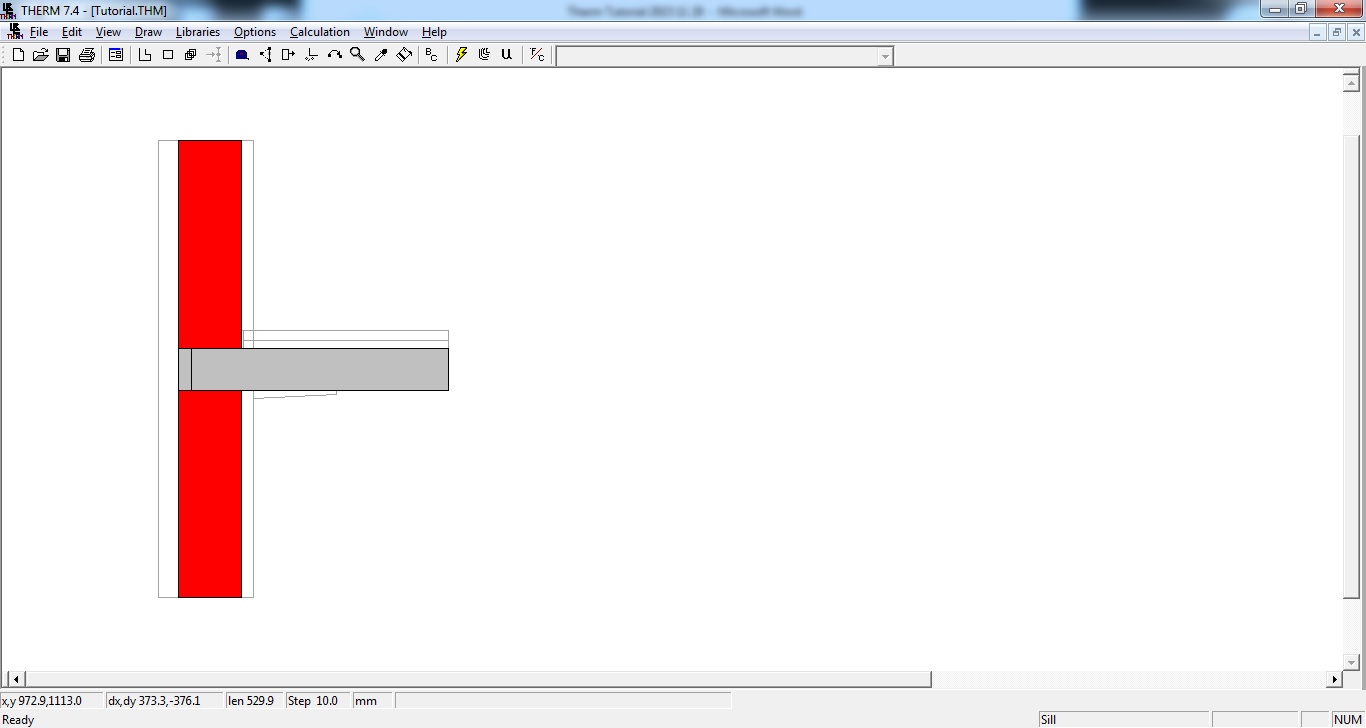


A program automatikusan érzékeli a legközelebbi sarokpontot így a szerkezeteket gyorsan megrajzolhatjuk a programban. A vasbeton födémlemez megrajzolása után a program a szerkezet előre általunk definiált színével kitölti.

Mint látható a födém fal csomópontnál a födémlemez előtt van egy 6 cm-es koszorú hőszigetelés. Jelen pont alapján ezt a kis felületet tekintsük vasbetonnak. Tehát a födémlemezt a falazat külső síkjáig vezessük ki a lemez rajzát (lsd. az előző ábrán). Az egyszerűség kedvéért ezt külön poligonként rajzoljuk.

Az előzőek alapján rajzoljuk meg a maradék vasbeton szerkezetet (Szürke) és a két falszerkezetet (Piros)

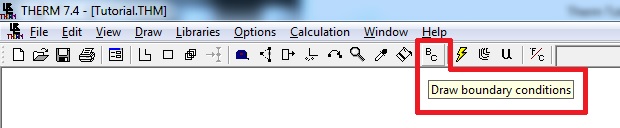
Ennek eredményeképpen a következő ábrát kell kapnunk.



Ezzel az egyszerűsített hőszigetelés nélküli csomópontunk elkészült. A számítások előtt még egy feladatunk van ez pedig az előzőekből ismert Peremfeltételek átültetése a rajzra illetve a felületi hőátbocsátási tényezők definiálása.

** *Megjegyzés:* Itt készítsünk egy ismételt teljes mentést a gyakorlófeladaton. Kattintsunk a mentés ikonra.**

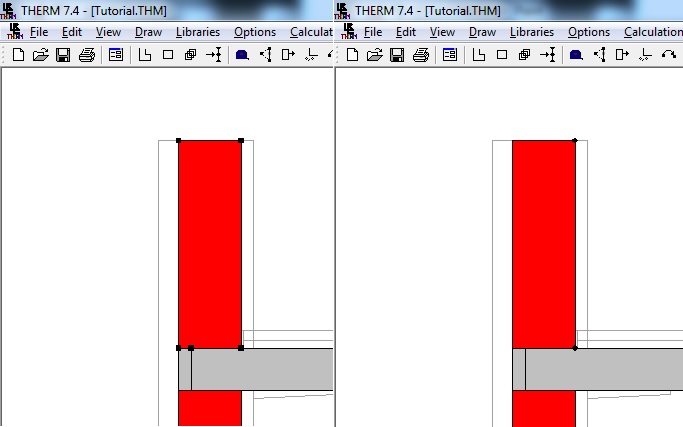
Első lépésként kattintsunk az eszköz sávban található, ***Boundary Conditions / Peremfeltételek*** ikonra egyszer. Lásd az alábbi ábra.



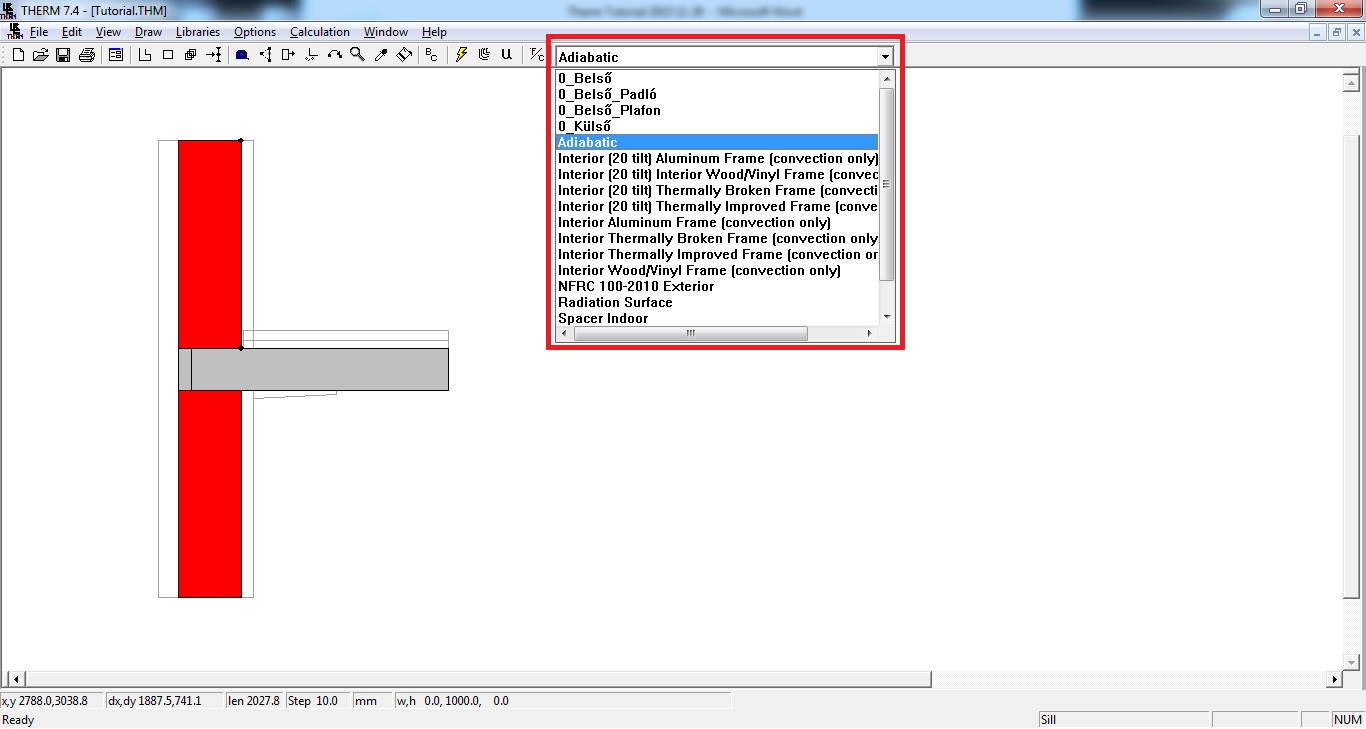
Az ikonra kattintva a program ellenőrzi a bevitt anyagok és esetleges átlapolásainak találkozásait. Ezek után a rajzon meghatározhatjuk a peremfeltételi vonatkozásokat.

Következő lépésként

Kattintsunk a felső falazati elemre. Kiválasztása esetén, ahogy az alábbi első képen látható minden egyéb felülettel és minden saját sarok és csatlakozó csomópontját kijelöli a program. A második lépésben kattintsunk egyszer a falazat belső síkjára. Így csak a belső él kerül kiválasztásra. Ezzel lehetővé válik a korábban létrehozott peremfeltételek alkalmazása.

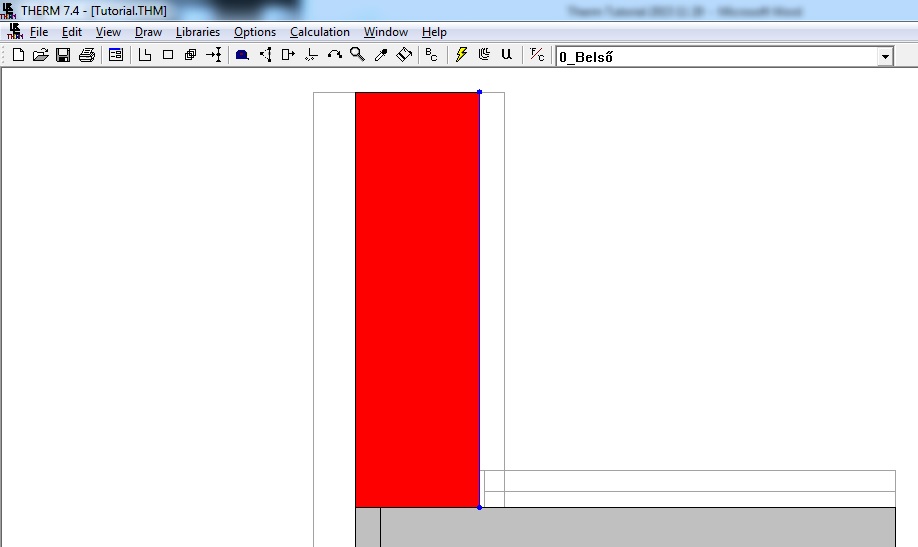


Az oldal él kiválasztása után elérhető a peremfeltételi legördülő menüsor. Ezt a legördülő menüt ugyan ott találjuk ahol korábban az anyagokat választottuk ki a rajzolás során. Lásd a következő ábra.



Alap beállításként az ***Adiabatic / Adiabatikus*** állapot lesz kiválasztva. Ezt módosítsuk a korábban meghatározott *0\_Belső* peremfeltételi állapotra.

A következő ábrán látható, hogy a feltétel kiválasztásával a peremfeltételekkor meghatározott szín aktívvá válik és a falazat belső oldalán egy vékony kék vonal lesz látható.



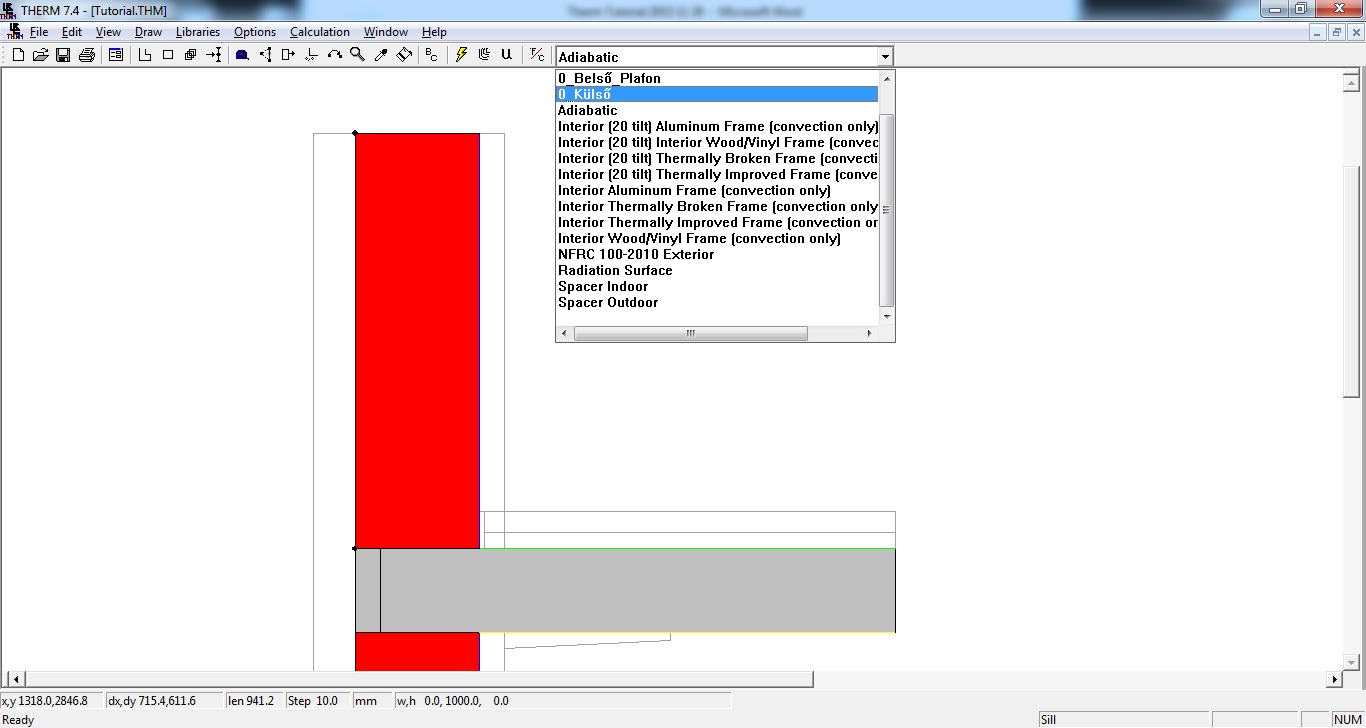
A következőekben jelöljük ki a hosszabb vasbeton födém szakaszt és a felső élét ezen állítsuk be a 0\_Belső\_Padló peremfeltételt, majd ugyan ezen a szerkezeten az alsó él kijelölésével a 0\_Belső\_Plafon peremfeltételt. Utolsóként pedig az alsó falazat belső élén a 0\_Belső peremfeltételt.

Így a következő él színeknek kell megjelennie az ábránkon.

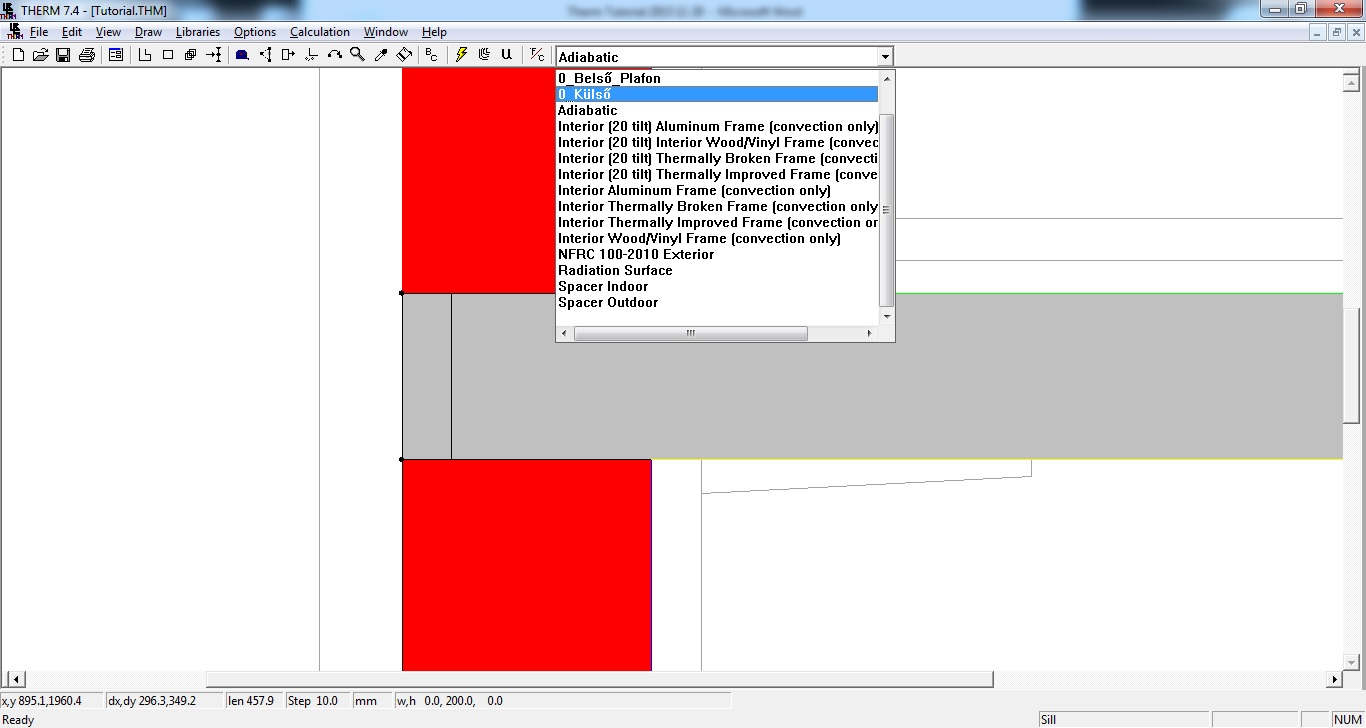


A legutolsó eddig nem definiált peremfeltételünk a 0\_Külső peremfeltétel. Ehhez válasszuk ki a két téglaszerkezetet és a födém hosszabbításából származó kis vasbeton elemet majd mindegyik elem külső élének kiválasztásával definiáljuk a 0\_Külső peremfeltételt.

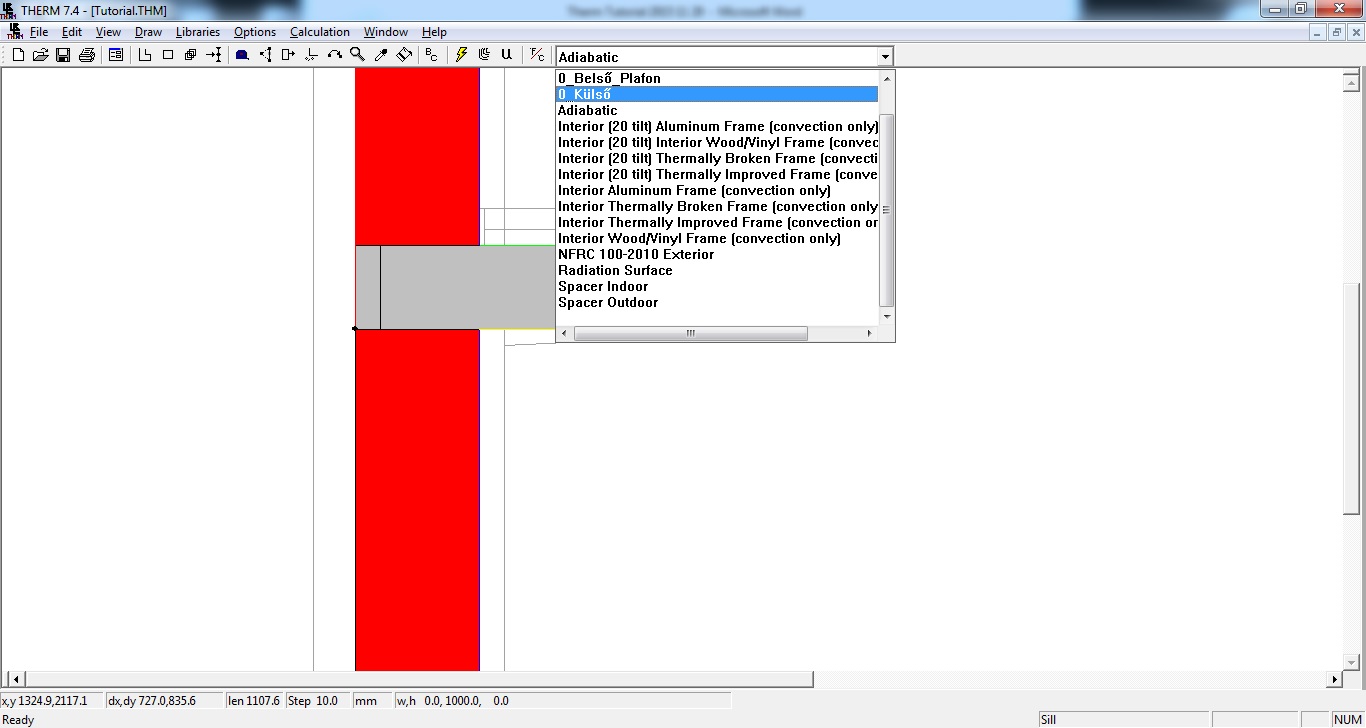
Az alábbi ábrán látható a felső tégla szerkezet külső élének kiválasztása, majd a legördülő menüben a 0\_Külső peremfeltétel.



Ugyan ezt elvégezzük a födémen. A kisebbik födém poligon kiválasztása után kattintsunk a külső élére.



Majd az alsó falazaton megismételjük a folyamatot.



Így a szerkezeti csomópont minden élén lévő peremfeltételeket definiáltuk.

Felvetődik a kérdés, hogy a csomópont végén miért nem definiálunk peremfeltételeket. A nem definiált peremfeltételeket a program adiabatikus peremfeltételnek értelmezi automata beállításként. Mivel a szerkezet a már korábban említett 1m határon túl is folytatódik ezért az adiabatikus állapottal a program folytatólagosnak érzékeli a szerkezetet és nem kalkulál hőmérséklettel közvetlenül.

A szerkezeten belül ismételten hiányoznak a peremfeltételek ezt szintén adiabatikusként kell kezelni.

Jó példa erre a szerkezetünkben található vasbeton födém, mely két részből áll (egy kisebb és egy nagyobb téglalap) viszont a program az adiabatikus peremfeltételi állandó miatt egységes szerkezetnek számolja függetlenül a poligon darabszámtól.

** *Megjegyzés:* Itt készítsünk egy ismételt teljes mentést a gyakorlófeladaton. Kattintsunk a mentés ikonra.**

## Az felületi hőátbocsátás beállítása

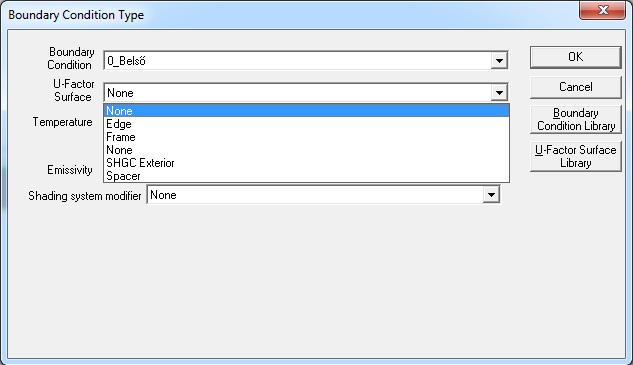
A következő és egyben utolsó beállítás a felületi hőátbocsátás peremfeltételének beállítása.

Ezeket a permfeltételeket a belső oldali csomópontokon kell beállítani. A programon belül úgynevezett U-Factor érték peremfeltételeit a következő módon érhetjük el. Elsőként kattintsunk a felső téglaszerkezetünkre, majd kattintsunk kétszer a belső él közelében az egerünk jobb gombjával. Így az alábbi ablak jelenik meg.



Ezen felugró ablakban két beállítási funkció ami számunkra jelentős. Az első legördülő menü a már korábban ismertetett ***Boundary condition / Peremfeltétel*** és a ***U-Factor Surface / U-Faktor szempontjából figyelembe vett felület***. Az első legördülő menüben ha szükséges akkor módosítható a szerkezet peremfeltétele.

A második U-Factor felületi legördülő menüben kiválaszthatjuk, hogy a program a számítandó felület kapcsán milyen geometria szerint számolja az U értéket. Válasszuk ki az ***U érték*** legördülő menüt. Lásd az alábbi ábra.



A menü kiválasztásával a következő lehetőségeket ajánlja fel a program.

* None / Nincs
* Edge / Szegély
* Frame / Keret

Az SHGC Exterior és a Spacer opció számunkra irreveláns ezért ezekkel nem foglalkozunk.

Következő lépésként válasszuk ki az ***Edge / Szegély*** lehetőséget mivel vonal mentén vagyunk kíváncsiak a számolt U értékre. A Frame / Keret opciót ajtók ablakok esetében alkalmazzuk. Épület csomópontok esetén mindig az Edge / Szegély opcióra van szükségünk.

Az ***Edge / Szegély*** kiválasztása után kattintsunk az ***Ok*** gombra.

Ismételjük meg a folyamatot a födémszerkezet 0\_Belső\_Padló a 0\_Belső\_Plafon és az alsó téglafal 0\_Belső élén. Így összesen négy szegélyt hozunk létre. A külső szegélyen nem határozunk meg U érték szempontjából figyelembe veendő felületet.

** *Megjegyzés:* Itt készítsünk egy ismételt teljes mentést a gyakorlófeladaton. Kattintsunk a mentés ikonra.**

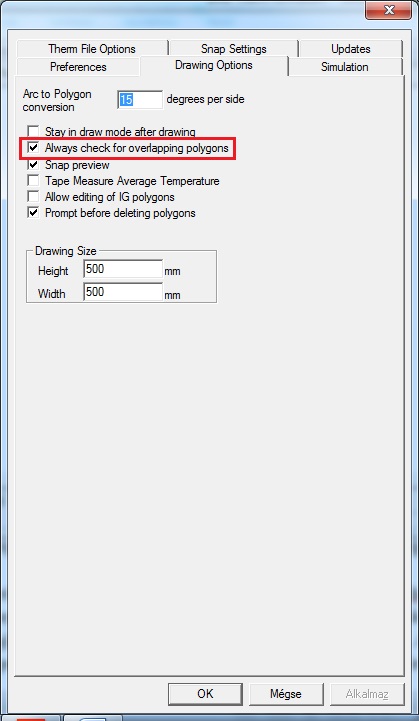
### Átfedések, Hibás pontok, Szerkesztési hézagok

Annak érdekében, hogy a szimulációs számítási feladatot elvégezhessük, a szerkezeti geometriának pontosan definiáltnak kell lennie. Ez alatt azt értjük, hogy a csomópontunk nem tartalmazhat például hézagokat, átfedő poligonokat, vagy olyan pontokat melyeket a THERM nem tud azonosítani.

A geometria és az anyagok meghatározása során több olyan beépített funkció található a programban amik segítenek ezen hibák elkerülésében. Az **Always Check for Owerlapping Polygons** vagyis az *Átfedő Poligonok állandó ellenőrzése* beállítás is ezt segíti elő. Ez a beállítási lehetőség a legördülő menü **Options(Beállítások)🡪Preferences(Lehetőségek)🡪Draw Options(Rajz beállítások)** felugró menüben lehetséges. Ez a fő beépített eszköze ezen hiba kiküszöbölésének (ld következő oldal első ábra).

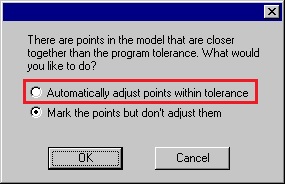
Ezt a lehetőséget természetesen ki is kapcsolhatjuk, de az alkalmazásának túlnyomó többségében nem javasolt. Egy másik ilyen lehetőség a hibák ellenőrzésére a **View(Nézet)** legördülő menüben a **Show Voids(Hézagok mutatása)/Overlaps(Átfedések)**.

**Megjegyzés.:** **A geometria és a peremfeltételek beállítása során érdemes néhány alkalommal ezeket a hiba ellenőrzéseket lefuttatni a hibák korai elkerülése miatt.**

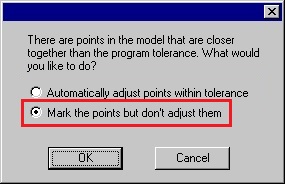
****

Például.: Amikor a peremfeltételek kerülnek számításra a THERM programban a program automatikusan érzékeli az összes pontot 0.1mm és 0.01mm távolságban egymástól. Azok a pontok amik 0.01mm-nél közelebb helyezkednek el egymáshoz képest a program automatikusan egyesíti.

Ha egy felugró ablak jelenik meg melyben a program egy olyan üzenetet jelenít meg, hogy **„There are points in the model that are closer togather than the program tolerance.”** vagyis „Előfordulhatnak olyan pontok, melyek közelebb vannak mint a program tolerancia értéke”. Ebben az esetben nagy általánosságban az első lehetőséget vagyis **„Automatically adjust points within tolerance”** vagyis „Automatikusan igazítsa a pontokat a tolerancia határon belül” lehetőséget válasszuk.



Azonban előfordulhat, hogy nem vagyunk biztosak abban, hogy a program a megfelelő pontokat köti össze automatikusan a fenti opcióban. Így megvan az a lehetőségünk, hogy a második opciót vagyis a **„Mark the points but don’t adjust them”** azaz *„Jelöld meg a pontokat de ne módosíts őket”* lehetőséget válasszuk.



Ezen lehetőség választása esetén a program piros köröket fog elhelyezni a kérdéses csomóponti részekben amik esetleg korrekciót igényelnek. Ezeket a pontokat így személyesen felülvizsgálhatjuk, hogy valóban igényelnek e módosítást vagy megengedhetjük a programnak, hogy korrigálja őket.

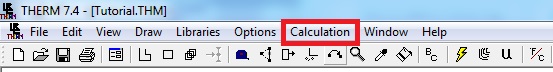
## A számítások menete

Vegyük sorra, hogy eddig milyen lépéseket hajtottunk végre.

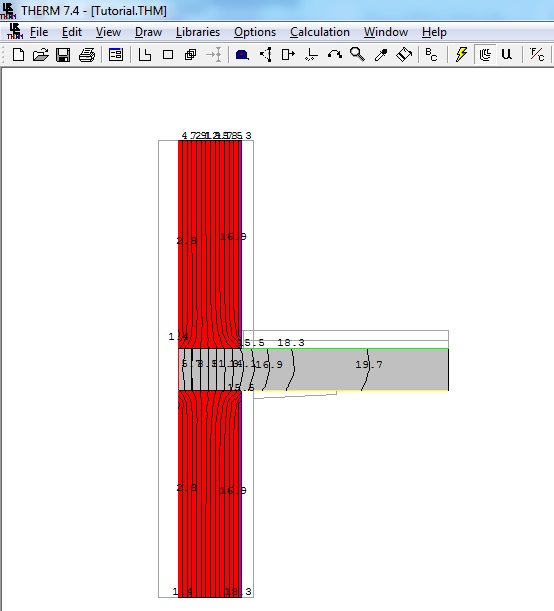
Beillesztettük a programba a korábban CAD-ben készült \*.dxf csomópontunkat. Ezt követően meghatároztuk az anyagainkat és azok szükséges tulajdonságait (Hővezetési Tényező , Fajlagos Emisszió) valamint a szükséges peremfeltételeket. A számításhoz szükséges utolsó lépés pedig a figyelembe veendő hőátbocsátási érték felületének a meghatározása volt.

Ezt követően belevághatunk a számításainknak.

Első lépésként válasszuk ki a ***Calculation/Számítások*** legördülő menüt majd a legördülő menüből ismét válasszuk a ***Calculation/Számítások*** opciót. Ezt gyors billentyűzeten is elérhetjük az ***F9*** lenyomásával vagy a számítás ikonra való kattintással .

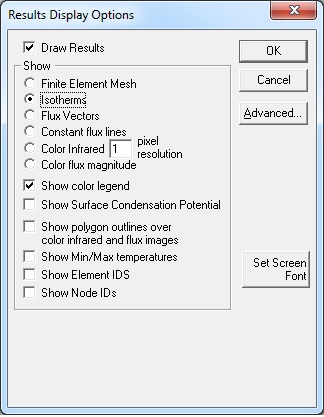


Miután a program végzett a számítással a következő ablak tárul elénk.



Itt láthatjuk a megadott peremfeltételek és anyagjellemzők alapjáni Isoterma számítás eredményét. Az Isotermák megjelenítése az alapértelmezett beállítás a programban.

A következő lépésben válasszuk ki a ***Calculation/Számítások*** legördülő menüt majd a ***Display Options / Megjelenítési beállítások*** vagy gyorsbillentyűvel ***Shift + F9***. Ezen opció megnyitásával a következő ablak ugrik fel a programban.



Ezen felugró ablak az úgynevezett **Results Display Options / Eredmény megjelenítési Opciók** ablak. Itt kiválaszthatjuk, hogy a THERM program által végzett számításokat milyen megjelenítési formában szeretnénk megjeleníteni.

Természetesen a megjelenítési lehetőség nem un. „Tick Box” pipálható ablak hanem választható „vagy” rendszerű mivel értelemszerűen több eredmény eltérő megjelenítése nem célravezető a számítások során.

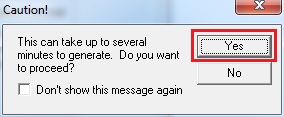
A legelső ilyen funkció a **Draw Results / Eredmények kirajzolása** ablak. Ezt hagyjuk bepipálva a további lehetőségeket a következő oldali táblázatban foglaljuk össze.

|  |  |
| --- | --- |
| **Eredeti Megnevezés** | **Magyar Megnevezés** |
|  |  |
| Finite Element Mesh | Végeselem model |
| Isotherms | Izotermák |
| Flux Vectors | Hőáram vektorok |
| Constant Flux Line | Folyamatos hőáramlási kép |
| Color Infrared (1 pixel resolution) | Infravörös kép (1 pixeles felbontásban – Ezen érték módosítható) |
| Color flux magnitude | Infravörös hőáramlási kép |
|  |  |
|  | |
| **További megjelenítési beállítások** | |
|  |  |
| Show Color Legend | Mutassa az értékeket adott színskálán |
| Show Surface Condensation Potential | Mutassa a felületi páralecsapódási potenciált |
| Show polygon outlines over color infrared and flux images | Mutassa a poligonok határoló vonalait az infravörös és az infravörös hőáramlási képen |
| Show Min / Max temperatures | Mutassa a Minimum és Maximum hőmérsékletet |
| Show Element IDs | Mutassa az elemek megnevezését |
| Show Node IDs | Mutassa a csatlakozási pontok számát |

### Példa megjelenítés számításhoz

Példaként a tutorial feladatban két megjelenítést fogunk végrehajtani. Mint azt a 3.6os pontban láttuk az alap megjelenítési beállítás az Izotermikus megjelenítés. Annak érdekében, hogy látható és érezhetőek legyenek a beállítások hatásai a következőket hajtsuk végre.

Válasszuk ki a 3.6os pontban ismertetettek szerint a ***Calculation/Számítások*** legördülő menüt majd a ***Display Options / Megjelenítési beállítások*** vagy gyorsbillentyűvel ***Shift + F9***. Ezen opció megnyitásával a **Result Display Options / Eredmény megjelenítési opciók** ablakban az alábbi ábra alapján válasszuk ki a **Color Infrared / Infravörös megjelenítést**. Egy felugró ablak fog megjelenni, hogy a számításunk eltarthat pár percig kívánjuk e folytatni. Ezen ablakban nyugodtan válasszuk a **Yes / Igen** opciót.

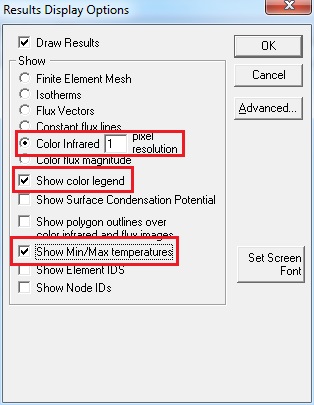


Ha a későbbiekben ezt az ablakot nem szeretnénk látni a **„Don’t show this message again”** azaz *„Ne mutasd ezt az üzenetet többet”* melletti kis boxot pipáljuk be nyugodtan.

Tehát ez idáig kiválasztottuk az infravörös megjelenítési módot. A felbontását hagyjuk az alapértelmezett 1 pixelen, ezt ne módosítsuk.

Még további két megjelenítési módot szeretnénk bekapcsolni ezek pedig a **„Show Color Legend” / Színskála érték mutatása** valamint a **„Show Min/Max temperature” / A minimum és maximum hőmérséklet mutatása**.

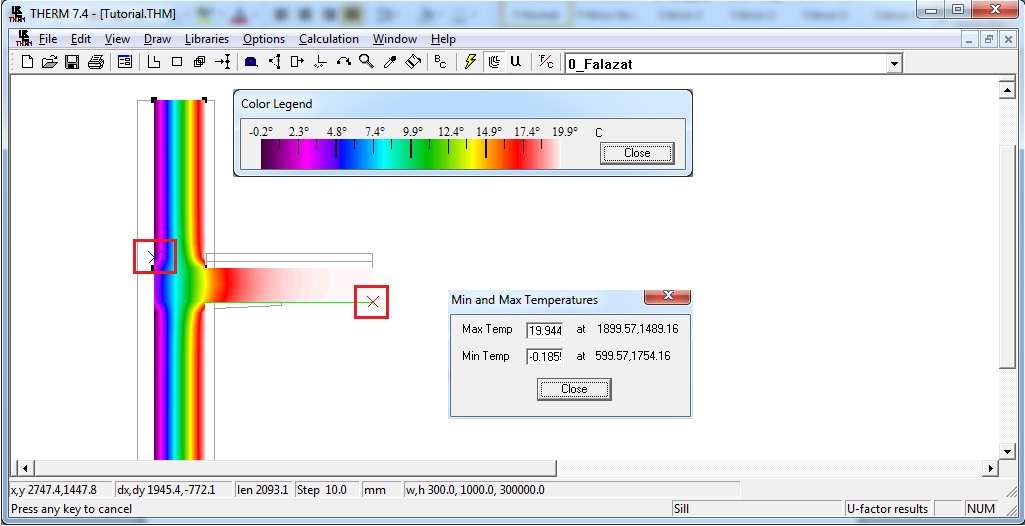
Ezeknek az opcióknak a jelölő négyzeteit pipáljuk be. Ha mindent megfelelően csináltunk az alábbi ábrán látható beállításoknak kell a gépünkön is megjelennie.



Mint azt korábban már említettük a Draw Results opció alapértelmezett. Ezt hagyjuk bepipálva, ne módosítsuk.

Mindezen kiválasztások elvégzése után kattintsunk az **OK** gombra.

Ezt követően gépünk erősségétől függően a program elvégzi a számítás grafikus ábrázolását melyet a következő oldali ábrán láthatunk.



Jól látható, hogy az elvégzett számítás után a program megjeleníti számunkra a szerkezeti csomópontunk minimum és maximum hőmérsékletét. Ezen értékek helyét és koordinátáját is megkapjuk valamint jól látható módon piros és kék „X”-el jelöli a program ezen pontokat.

A bekacsolt színskála alapján nyomon követhető, hogy az adott tartományokban, hogy alakulnak a hőmérsékletek.

Egy további beállítás során pedig közelítő, de részletes képet kaphatunk arról, hogy a hőszigetelés nélküli szerkezetünk, mely irányokban veszíti el a legtöbb hőt. Vagyis megállapítható, hogy hol képződik hőhíd a szerkezetben.

Ehhez válasszuk ki a korábban ismertetettek szerint a ***Calculation/Számítások*** legördülő menüt majd a ***Display Options / Megjelenítési beállítások*** vagy gyorsbillentyűvel ***Shift + F9***.

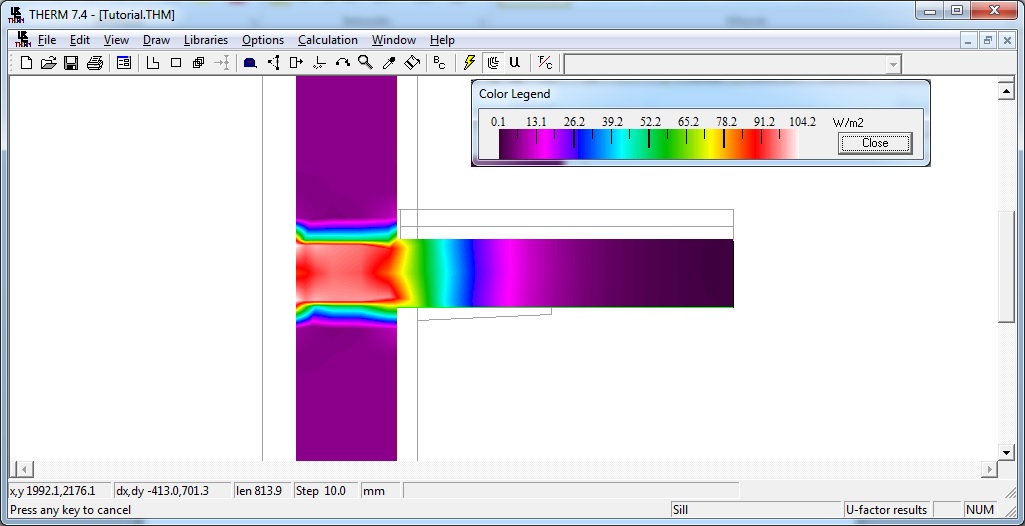
Ezen opció megnyitásával a **Result Display Options / Eredmény megjelenítési opciók** ablakban az alábbi ábra alapján válasszuk ki a **Color Flux magnitude / Infravörös hőárami megjelenítést**.

Ha korábban nem kapcsoltuk ki akkor ismét a már ismert felugró ablak fog megjelenni, hogy a számításunk eltarthat pár percig kívánjuk e folytatni. Ezen ablakban nyugodtan válasszuk a **Yes / Igen** opciót.

Ezt követően pipáljuk be továbbá a **„Show Color Legend” / Színskála érték mutatása opciót.**

Mindezen kiválasztások elvégzése után kattintsunk az **OK** gombra.

Az eredmény az alábbi ábrán látható.

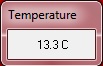


Jól látható, hogy a hőszigetelés nélküli szerkezetünkben a hőhíd a koszorú síkjában alakul ki, ahol a vasbeton szerkezet találkozik a külső hőmérséklettel.

Ennek az oka, hogy a vasbeton szerkezet jó hővezető így ezen élek mentén összpontosul a szerkezeti hőáramlás. Mint megfigyelhető a színskálán és a készített geometrián. A hőáramok a vasbeton födém és a falazat találkozásának az élei mentén összpontosulnak ezzel hűtve le a szerkezet egészét.

### Hőmérséklet megjelenítése az egér mutatóra

A program rendelkezik egy beépített opcióval mellyel lehetőség nyílik arra, hogy az egérkurzor mozgatásával a szerkezeti elemeken megvizsgáljuk a hőmérséklet alakulását. Ezt a lehetőséget a **„View (Nézet) 🡪 Temperature at cursor (Hőmérséklet a mutatónál)”** menüben tudjuk bekapcsolni. Bekapcsolás után az alábbi ablak jelenik meg. Természetesen ugyan ezen beállítás alatt ezt az opciót ki is kapcsolhatjuk ha nem kívánjuk tovább használni.



Ez megmutatja a szerkezetbeli hőmérsékletet ott ahol az egér mutatójával a csomóponton mozgunk. Természetesen a mozgatással ez az érték folyamatosan változik.

** *Megjegyzés:* Itt készítsünk egy ismételt teljes mentést a gyakorlófeladaton. Kattintsunk a mentés ikonra.**

# sad

# ghmv