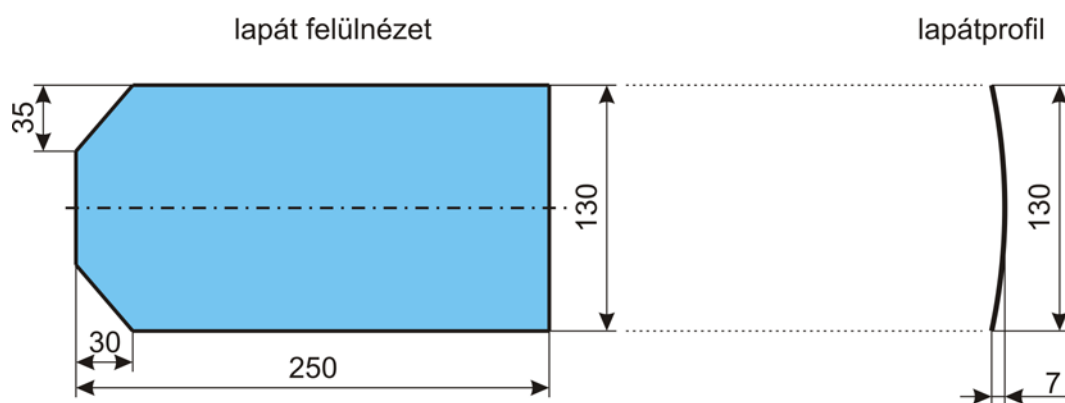


FELADAT LEÍRÁSA

Határozzuk meg az ábrán látható ventilátorlapát első 15 sajátfrekvenciáját és a hozzájuk tartozó lengésképeket! A lapát anyaga alumínium, rugalmassági modulusza 69 GPa, a Poisson-tényező értéke 0.33, a sűrűség értéke 2700 kg/m³.



A lapát egyszerűsített geometriai modelljét az alábbi ábra szemlélteti. A lapát vastagsága 1.4 mm.



MEGOLDÁS ANSYS-BAN

ANSYS indítása, majd válasszuk munkakönyvtárat és *jobname*-t. A munkakönyvtár legyen pl. D:\NEPTUNKOD.

Utility Menu -> File -> Change Directory ...

Utility Menu -> File -> Change Jobname ...

Utility Menu -> File -> Change Title ...

GEOMETRIA MEGADÁSA

Elsőként rajzoljuk meg a lapát profilját 3 *keypoint* segítségével.


Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Create -> Keypoints -> In Active CS

A felugró ablakban a *keypoint* sorszámát írjuk be és adjuk meg a koordinátáit. Az alkalmazott *keypoint*ok koordinátái:

keypoint	X	Y	Z
1	-65	0	0
2	65	0	0
3	0	7	0

Adjunk meg egy új *keypoint*-ot is amit a lapátkontúr extrudálásához fogunk segítségként használni.

keypoint	X	Y	Z
4	0	7	250

Váltunk át térbeli nézetre a  gomb segítségével.

Kapcsoljuk be a *keypoint* sorszámozást.

Utility Menu -> PlotCtrls -> Numbering

KP jelölőnégyzetet pipáljuk be.

Rajzoljunk körívet 3 pontra. A körív megadásának egy lehetséges módja:

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Create -> Lines -> Arcs -> Through 3 KPs

Kattintsunk rá a körív kezdőpontjára, végpontjára és közbenső pontjára (1., 2. és 3. *keypoint*), majd **OK**.

A kontúr kihúzásához definiáljunk egy egyenest a 3-as és 4-es *keypoint*ok között.

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Create -> Lines -> Lines -> Straight Line

Definiáljuk a megadott *keypoint*ok között a vonalat:

line	keypoint 1	keypoint 2
1	3	4

A kontúr kihúzásával készítsük el a lapátot.

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Operate -> Extrude -> Lines -> Along Lines

Válasszuk ki a kontúrt majd **OK**, majd válasszuk ki az egyenest és **OK**. Ezzel kész a 3D hég felületünk. A kihúzás miatt keletkezett két új *keypoint* (5-ös és 6-os).

A lapát két sarkának letöréséhez készítünk két új felületet amik segítségével „levágjuk” a sarkokat.

Adjunk meg 4 új *keypoint*ot az XZ síkon:

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Create -> Keypoints -> In Active CS

Az alkalmazott *keypoint*ok koordinátái:

keypoint	X	Y	Z
7	30	0	0
8	65	0	30
9	-30	0	0
10	-65	0	30

Adjunk meg egy új *keypoint*-ot is amit ezen új felületek extrudálásához fogunk használni.

keypoint	X	Y	Z
11	0	20	0

Készítsünk vonalat a 7-8 és 9-10, valamint 3-11 *keypoint*ok között.

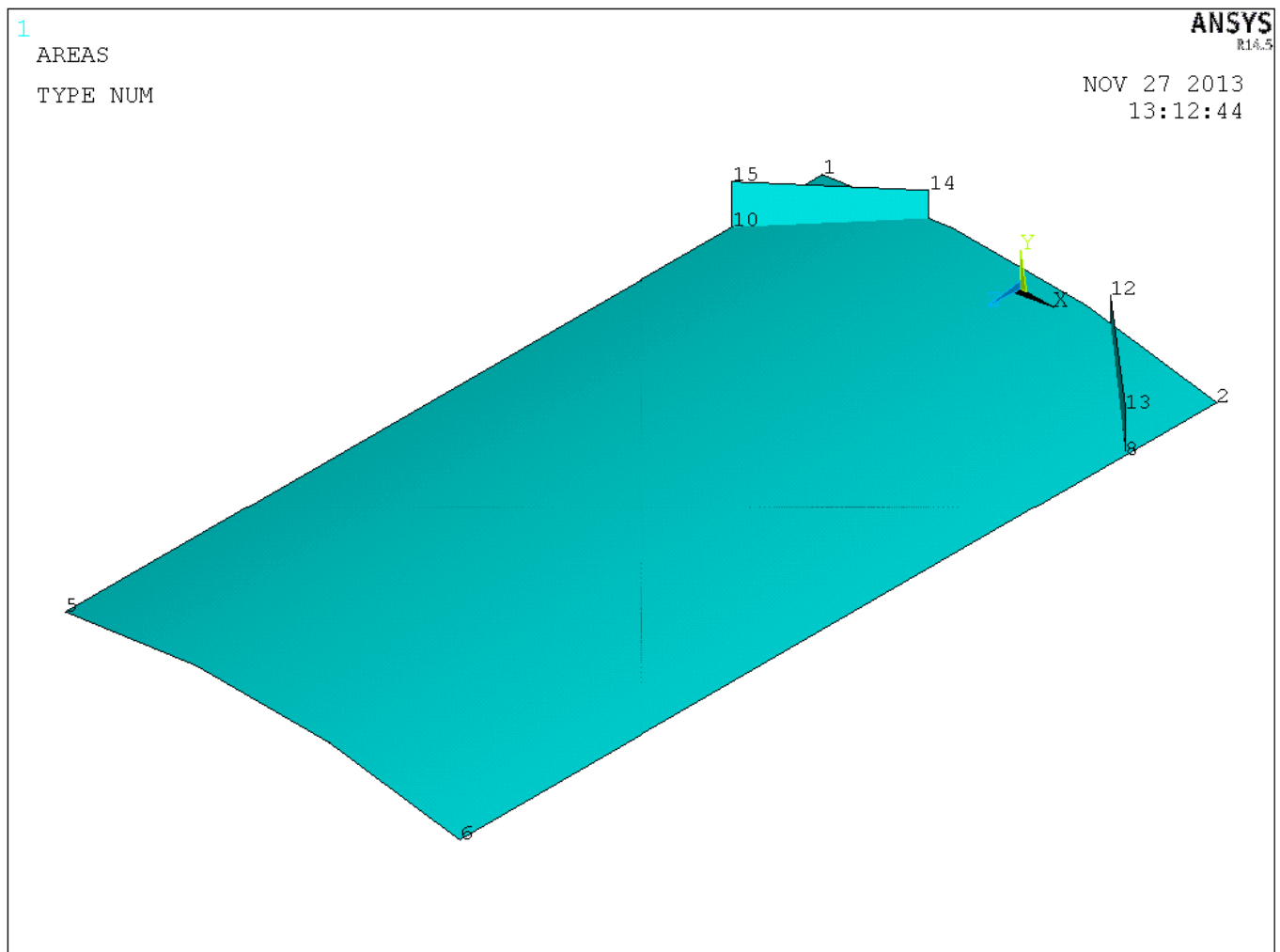
Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Create -> Lines -> Lines -> Straight Line

Kattintással jelöljük ki a három új egyenest majd **OK**.


Húzzuk ki a 7-8 és 9-10 *keypoint*ok közötti egyeneseket a 3-11 *keypoint* által megadott egyenes mentén.

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Operate -> Extrude -> Lines -> Along Lines

Válasszuk ki a 7-8 közötti vonalat majd **OK**, majd válasszuk ki a 3-11 *keypoint*ok közötti egyenest és **OK**. Ismételjük meg a lépést a 9-10 közötti egyenesre is. Ezzel kész a két sík felület amivel levágjuk majd a sarkokat.



Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Operate -> Booleans -> Divide -> Area by Area

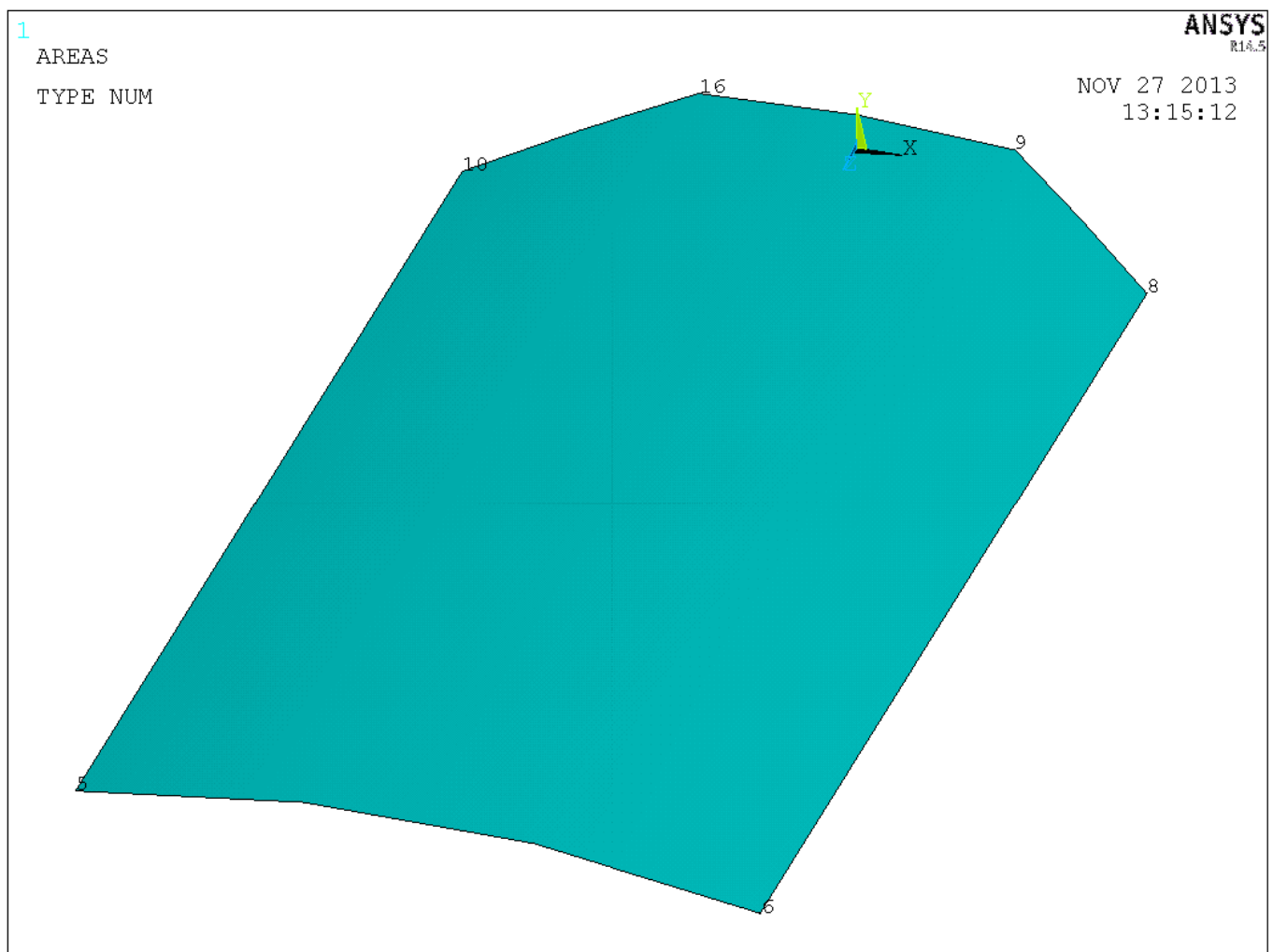
Célszerű áttérni Oblique view-ra , hogy jobban látszódjanak a felületek. Válasszuk ki a lapátfelületet majd **OK**. Ezt követően válasszuk ki a levágásra használt valamelyik síkot majd **OK**. Ismételjük meg a másik síkkal való levágásra is.

Töröljük a két sarkot megadó felületet.

Main Menu -> Preprocessor -> Modeling -> Delete -> Areas Only

Válasszuk ki a két sarkot majd **OK**.

Kész a modellezni kívánt geometria.



ANYAGTULAJDONSÁG MEGADÁSA

Main Menu -> Preprocessor -> Material Props -> Material Models / Structural / Linear / Elastic / Isotropic

A felugró ablakban EX jelenti a rugalmassági moduluszt és PRXY a Poisson-tényezőt. Adjuk meg az értéküket: 69E3 (mivel [mm]-t használunk, emiatt a rugalmassági moduluszt [Mpa]-ban kell megadnunk!) és 0.33 majd **OK**.

Meg kell adnunk a sűrűséget is.

Main Menu -> Preprocessor -> Material Props -> Material Models / Structural / Density

Mivel nem [m]-ben modelleztünk, emiatt a sűrűséget is át kell váltani!

$$1 \frac{kg}{m^3} = \frac{Ns^2}{m \cdot m^3} = \frac{Ns^2}{m^4} = 10^{-12} \frac{Ns^2}{mm^4}$$

DENS értéke emiatt 2700E-12.

ELEMTÍPUS MEGADÁSA

Négycsomópontos héjelemet fogunk használni.

Main Menu -> Preprocessor -> Element Type -> Add/Edit/Delete / Add... / Structural / Shell / 3D 4node 181

Adjuk meg a héjelem vastagságát:

Main Menu -> Preprocessor -> Sections -> Shell -> Lay-up -> Add/Edit

Thickness mezőbe írjunk 1.4-et majd **OK**.

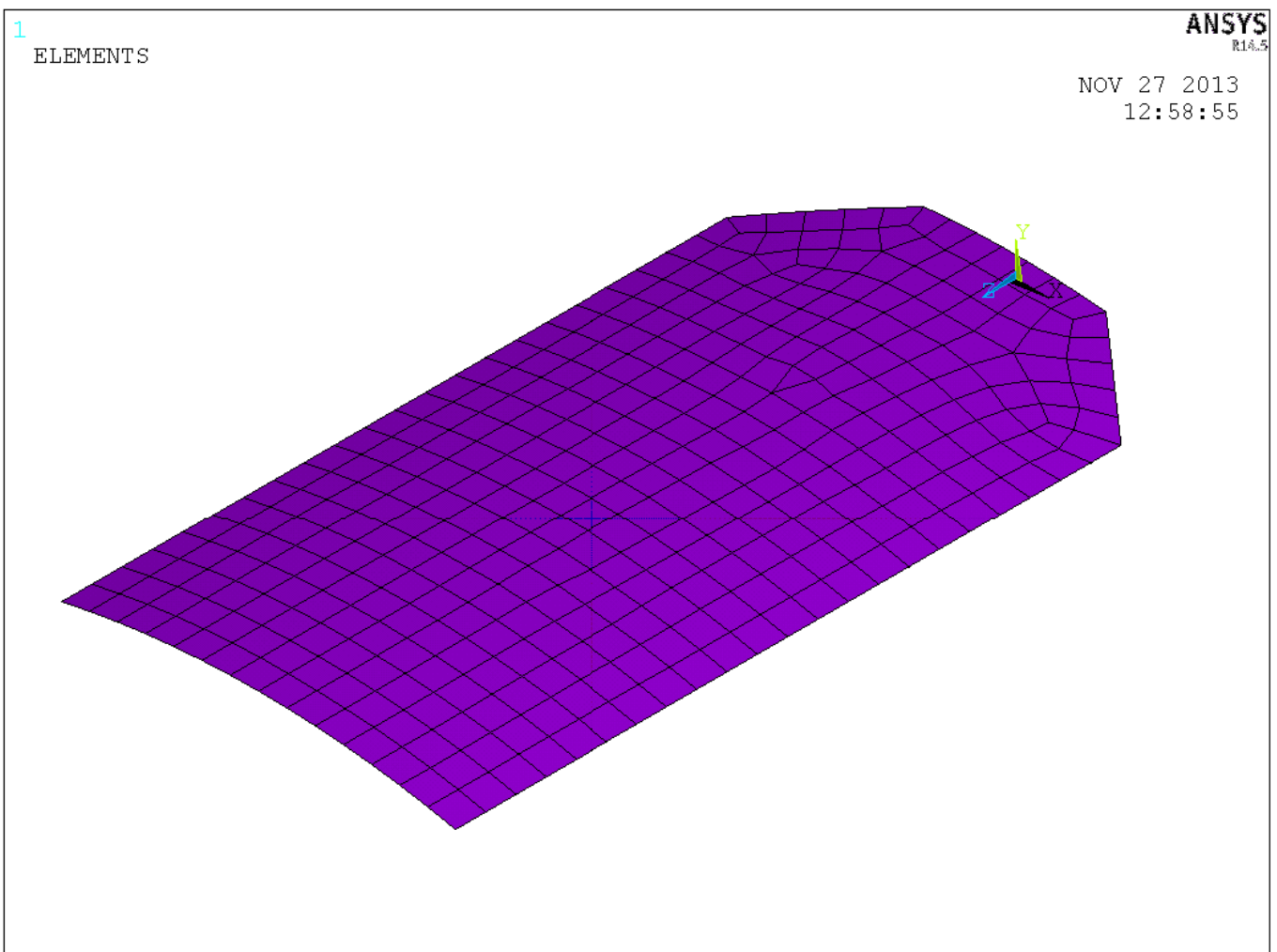
HÁLÓZÁS

Main Menu -> Preprocessor -> Meshing -> MeshTool

Elsőként a hálózáshoz használt elemhez hozzá kell rendelni az attribútumait: A felugró ablakban *Element Attributes*: itt most maradhat a Global mert most minden geometiához ugyanazon elemeket, anyagtípust rendeljük hozzá.

Elemméret megadása: A MeshTool ablakban a *Size Controls*: alatt az *Areas* mellett nyomjunk a **Set**-re majd a felugró ablakban *Pick All*. Az új ablakban a *SIZE* mezőbe írjunk be 10-et és **OK**.

Hálózás: A MeshTool ablakban kattintsunk a **Mesh** gombra majd a *Pick All*-ra. Ezzel kész a hálózás.



KINEMATIKAI PEREMFELTÉTELEK MEGADÁSA

A lapát megfogását úgy modellezzük, hogy a letörések közötti élre úgy tekintünk, mintha ott befogás lenne, ami a szögelfordulást is gátolja. A valóságban a lapát hozzá van rögzítve egy sokkal merevebb szerkezethez. A saját-frekvenciákra kihatással van, hogy miképpen modellezzük a szerkezet megfogását! A peremfeltételek helyes modellezése kulcsfontosságú lépés!

Main Menu -> Solution -> Define Loads -> Apply -> Structural -> Displacement -> On Lines

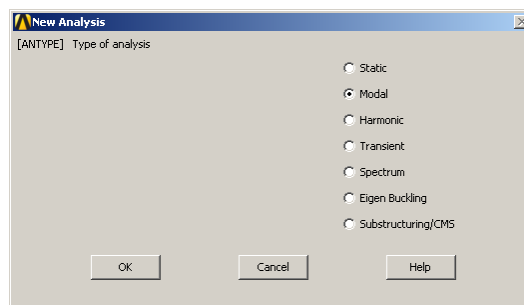
Válasszuk ki a letörések közötti körívet majd **OK**. Az új felugró ablakban válasszuk ki az All DOF-t és **OK**.

MEGOLDÁS

Adjuk meg az analízis típusát:

Main Menu -> Solution -> Analysis Type -> New Analysis

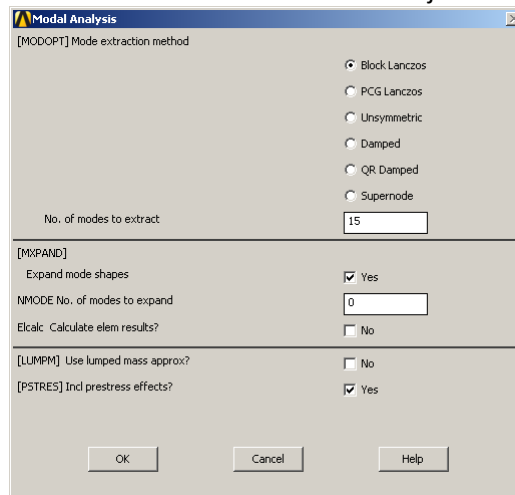
Válasszuk a Modal-t és **OK**.



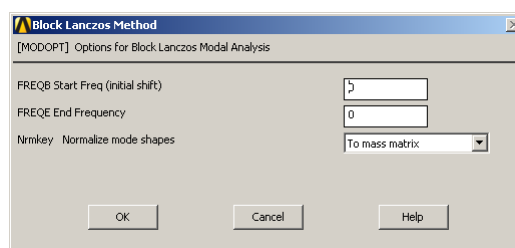
Állítsuk be, hogy hány lengésképet és sajátfrekvenciát szeretnénk számítani.

Main Menu -> Solution -> Analysis Type -> Analysis Options

A felugró ablakban a „No. of modes to extract” értékét állítsuk 15-re majd **OK**.



Ebben az ablakban tudjuk állítani ha „lumped mass matrix”-et szeretnénk használni a konzisztens tömegmátrix helyett! Következő ablakban is **OK**.



Megoldás:

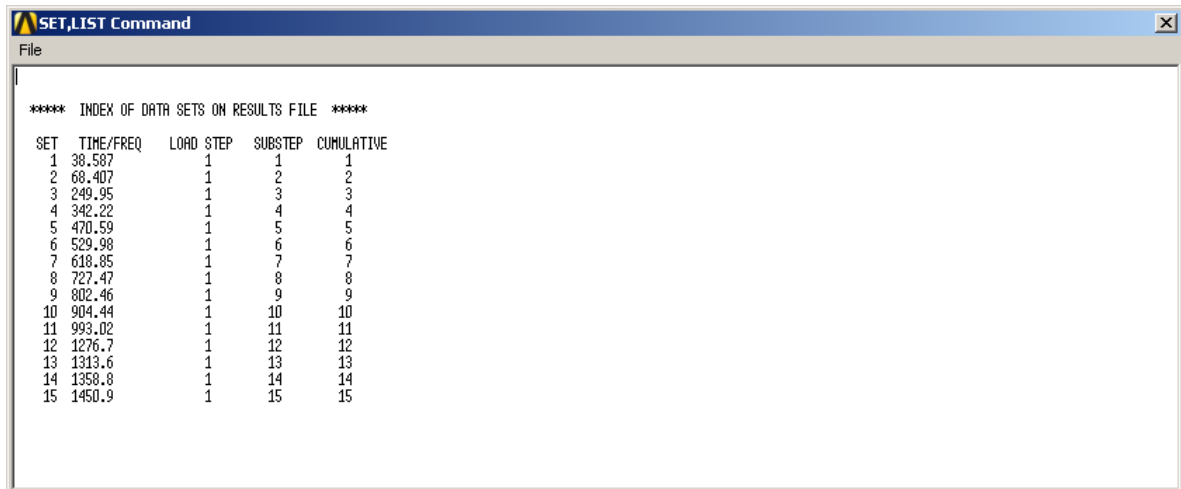
Main Menu -> Solution -> Solve -> Current LS

Felugró ablakban **OK**. Ha kész akkor az értesítés ablak jelenik meg, hogy „Solution is done!”. **Close**. A /STATUS ablakot is bezárhatjuk.

EREDMÉNYEK MEGJELENÍTÉSE

Listázzuk ki a számított sajátfrekvenciákat:

Main Menu -> General Postproc -> Results Summary

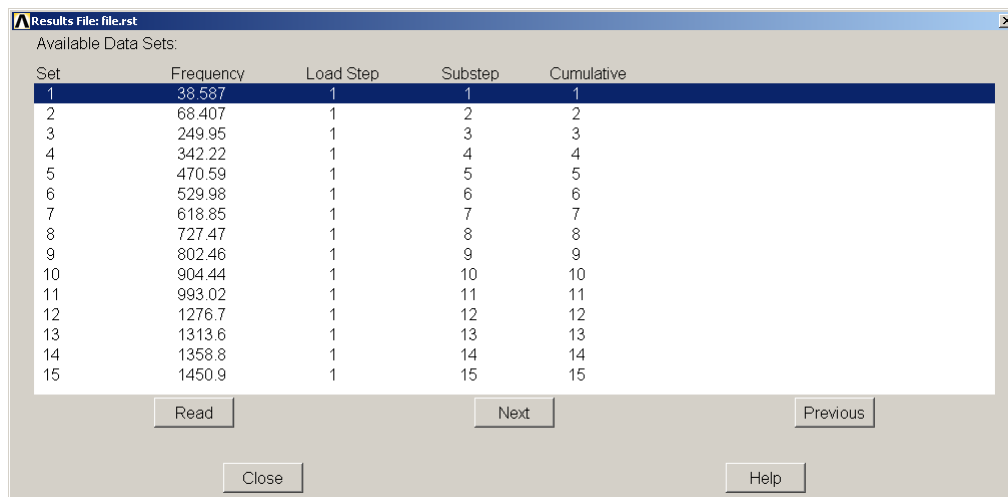


**** INDEX OF DATA SETS ON RESULTS FILE ****

SET	TIME/FREQ	LOAD STEP	SUBSTEP	CUMULATIVE
1	38.587	1	1	1
2	68.407	1	2	2
3	249.95	1	3	3
4	342.22	1	4	4
5	470.59	1	5	5
6	529.98	1	6	6
7	618.85	1	7	7
8	727.47	1	8	8
9	802.46	1	9	9
10	904.44	1	10	10
11	993.02	1	11	11
12	1276.7	1	12	12
13	1313.6	1	13	13
14	1358.8	1	14	14
15	1450.9	1	15	15

Válasszuk ki az első módust és plottoltassuk ki a lengéskép alakját.

Main Menu -> General Postproc -> Read Results -> By Pick



Results File: file.rst

Available Data Sets:

Set	Frequency	Load Step	Substep	Cumulative
1	38.587	1	1	1
2	68.407	1	2	2
3	249.95	1	3	3
4	342.22	1	4	4
5	470.59	1	5	5
6	529.98	1	6	6
7	618.85	1	7	7
8	727.47	1	8	8
9	802.46	1	9	9
10	904.44	1	10	10
11	993.02	1	11	11
12	1276.7	1	12	12
13	1313.6	1	13	13
14	1358.8	1	14	14
15	1450.9	1	15	15

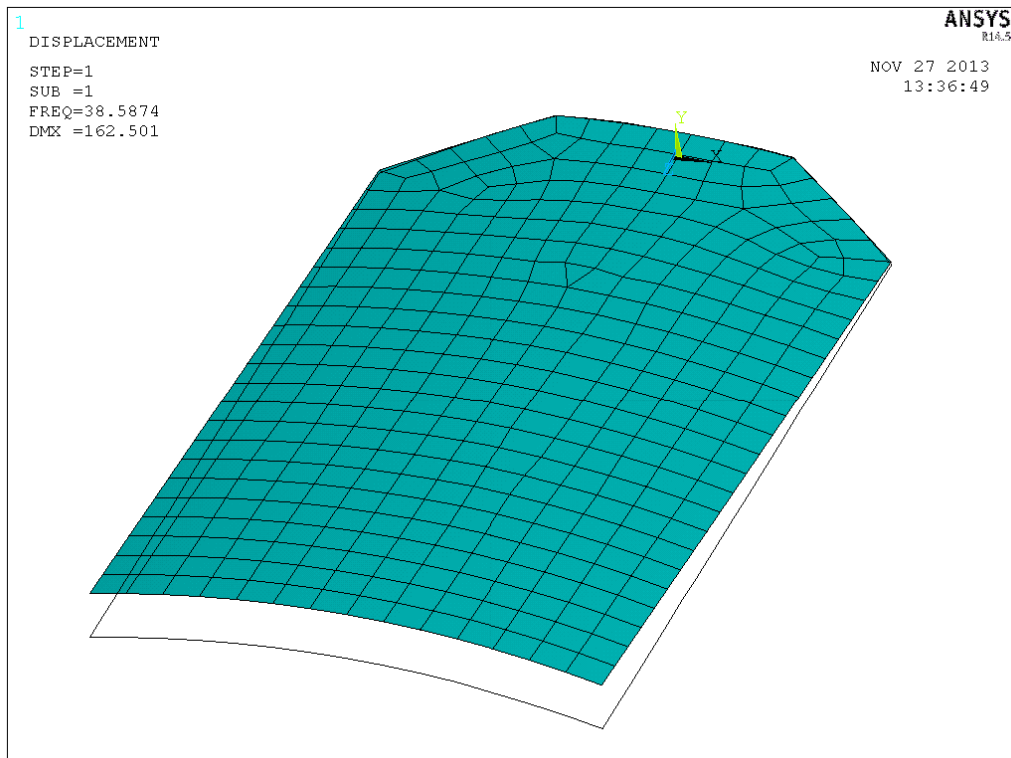
Buttons: Read, Next, Previous, Close, Help

A felugró ablakban válasszuk ki az 1-et majd **Read** és **Close**.

Lengéskép kirajzoltatása:

Main Menu -> General Postproc -> Plot Results -> Deformed Shape

A felugró ablakban válasszuk ki a „Def + undef edge” opciót. **OK**.



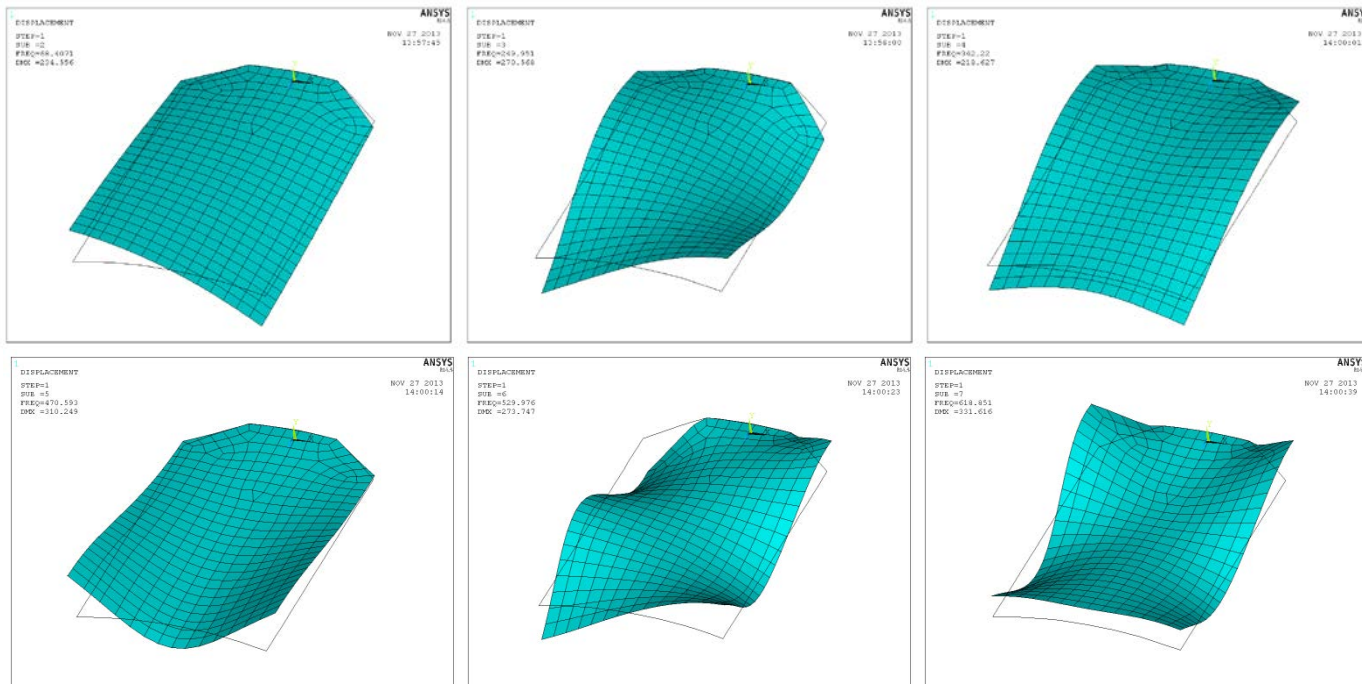
Érdeemes animáltatni a lengséképet:

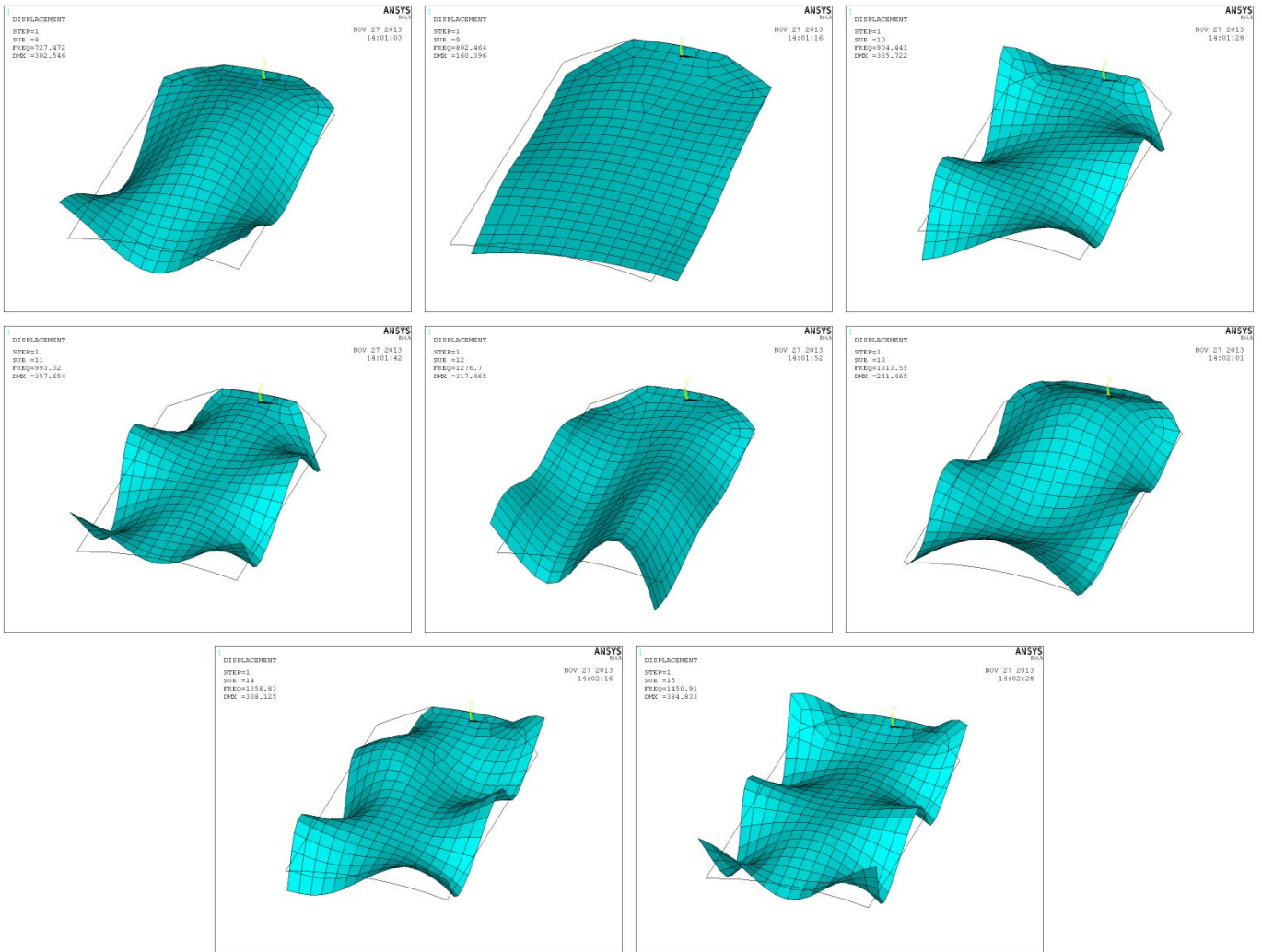
Utility Menu -> PlotCtrls -> Animate -> Mode Shape ...

A felugró ablakban a Time Delay-t állítsuk át 0.1-re majd OK.

Ha egy másik lengséképet szeretnénk kirajzoltatni akkor a Main Menu -> General Postproc -> Read Results -> By Pick ablakon belül másik módust kell kiválasztanunk.

Érdekességképpen a 2-15. lengséképek alakjai:

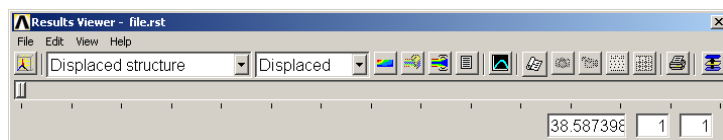




Az összes lengéskép megjelenítése:

Main Menu -> General Postproc -> Results Viewer

A felugró ablakban az első legördülőmenüből válasszuk ki a „Displaced structure” opciót.



Ezt követően a csúszka segítségével válthatunk a lengésképek között. Szükség esetén animálhatjuk is.

Érdeemes megnézni, hogy miképpen változnak az eredmények ha finomítjuk a hálót, vagy ha a konzisztens tömegmátrix helyett a „lumped mass matrix”-et használjuk. Az alábbi táblázat mutatja az első 5 frekvencia értékét ezen esetekben.

Konzisztens tömegmátrix, 10-es globális elemméret	„Lumped” tömegmátrix, 10-es globális elemméret	Konzisztens tömegmátrix, 2-es globális elemméret	„Lumped” tömegmátrix, 2-es globális elemméret
38.587	38.570	38.856	38.855
68.407	68.041	68.273	68.256
249.95	248.02	250.04	249.96
342.22	340.26	343.18	343.10
470.59	461.09	467.32	466.88