










Uvod

U ovom dokumentu je prikazan kratki opis programskih paketa koji se koriste na predmetima Numeričko modeliranje konstrukcija, Građevna Statika 2 i Plošni nosači, a napravljen je na zamolbu studenata. Bitno je imati na umu da je dokument radni i da se kontinuirano prilagođava studentskim potrebama s obzirom na teme koje se obrađuju na vježbama. Opisi izravno slijede primjere numeričkih modela koji se obrađuju (na web stranici) i ne mogu se promatrati odvojeno.

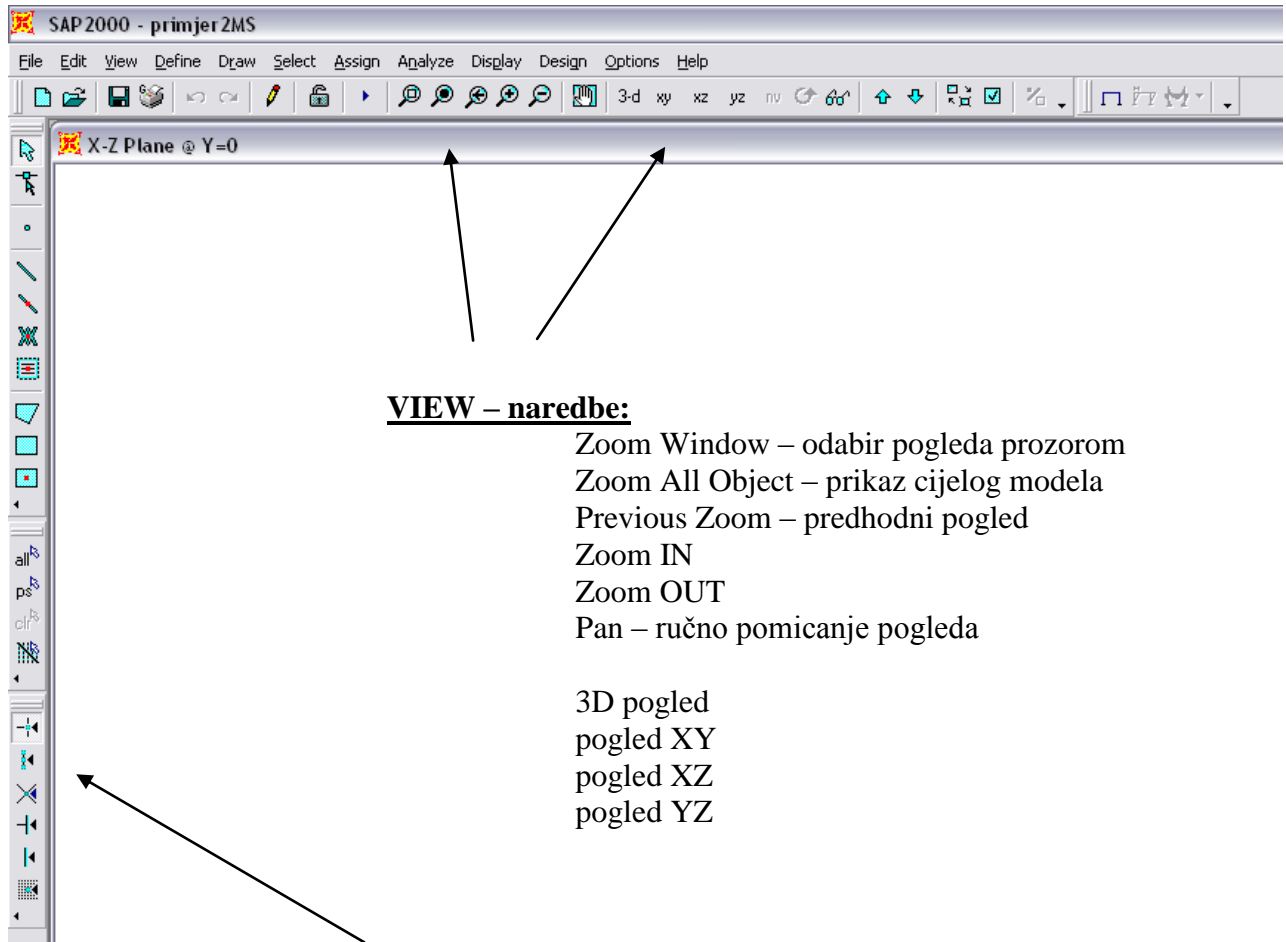
Programski paketi su dio ponude Computers and Structures, Inc., a sadržava SAP2000 (najopćenitiji modul), ETABS (specijaliziran za zgrade), SAFE (modul za dimenzioniranje ploča), Section Builder (dodatak za kreiranje različitih presjeka) i slično (slika). Bitno je napomenuti da su svi programi međusobno kompatibilni te je način rada (uporaba) uglavnom ista. Gotovo svake godine izlaze nove inačice programa pa dijelovi sučelja danas izgledaju malo drugačije (ovisno kad je koji dio programa obrađen), ali suština (bitna za rad) uglavnom ostaje ista.

<https://www.csiamerica.com/>

STRUCTURAL ENGINEERING SOFTWARE Technology for a Better World

 <p>INTEGRATED 3-D BRIDGE ANALYSIS, DESIGN AND RATING</p> <p>Recent Enhancements</p>	 <p>INTEGRATED STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN</p> <p>Recent Enhancements</p>	 <p>INTEGRATED ANALYSIS, DESIGN AND DRAFTING OF BUILDING SYSTEMS</p> <p>Recent Enhancements</p>
 <p>INTEGRATED DESIGN OF SLABS, MATS AND FOOTINGS</p> <p>Recent Enhancements</p>	 <p>NONLINEAR ANALYSIS AND PERFORMANCE ASSESSMENT OF 3-D STRUCTURES</p> <p>Recent Enhancements</p>	 <p>INTEGRATED SOFTWARE FOR DESIGN OF PIPING AND STRUCTURAL SYSTEMS</p> <p>Learn More</p>
 <p>DESIGN OF SIMPLE AND COMPLEX REINFORCED CONCRETE COLUMNS</p> <p>Recent Enhancements</p>	 <p>BI-DIRECTIONAL DATA TRANSFER PLUGIN FOR AUTODESK REVIT ©</p> <p>Learn More</p>	 <p>CSI'S LINE OF APPS FOR IOS AND ANDRIOD</p> <p>Learn More</p>

Kratki opis *Tollbara*



VIEW – naredbe:

- Zoom Window – odabir pogleda prozorom
- Zoom All Object – prikaz cijelog modela
- Previous Zoom – predhodni pogled
- Zoom IN
- Zoom OUT
- Pan – ručno pomicanje pogleda

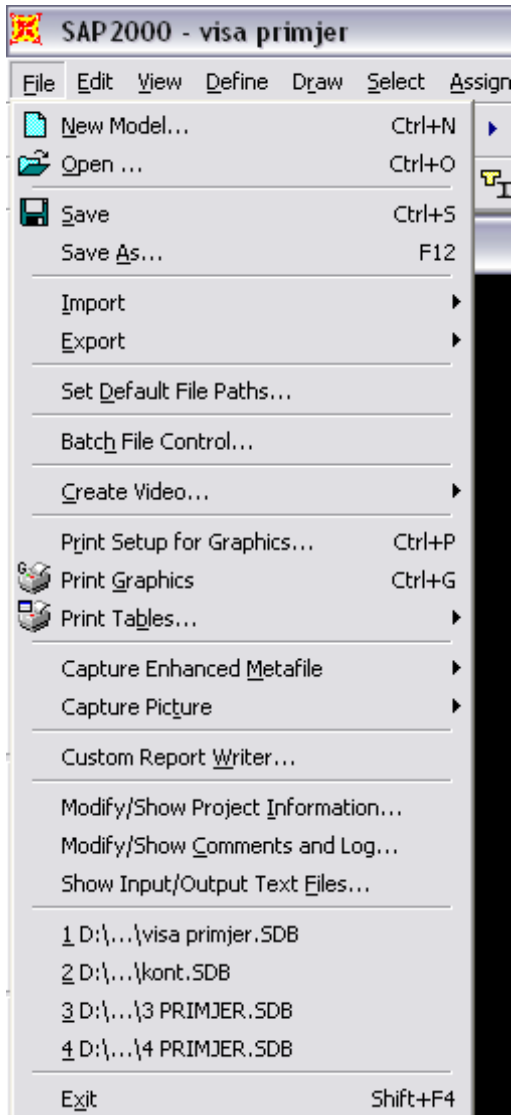
- 3D pogled
- pogled XY
- pogled XZ
- pogled YZ

OSNAP – naredbe:

- Odabir već def. točke i točaka grida
- Odabir krajnjih i Srednjih točki elemenata
- Odabir točke na sjecištima
- Odabir točke na okomici
- Odabir točke na elementu

Kratki opis *menua File*

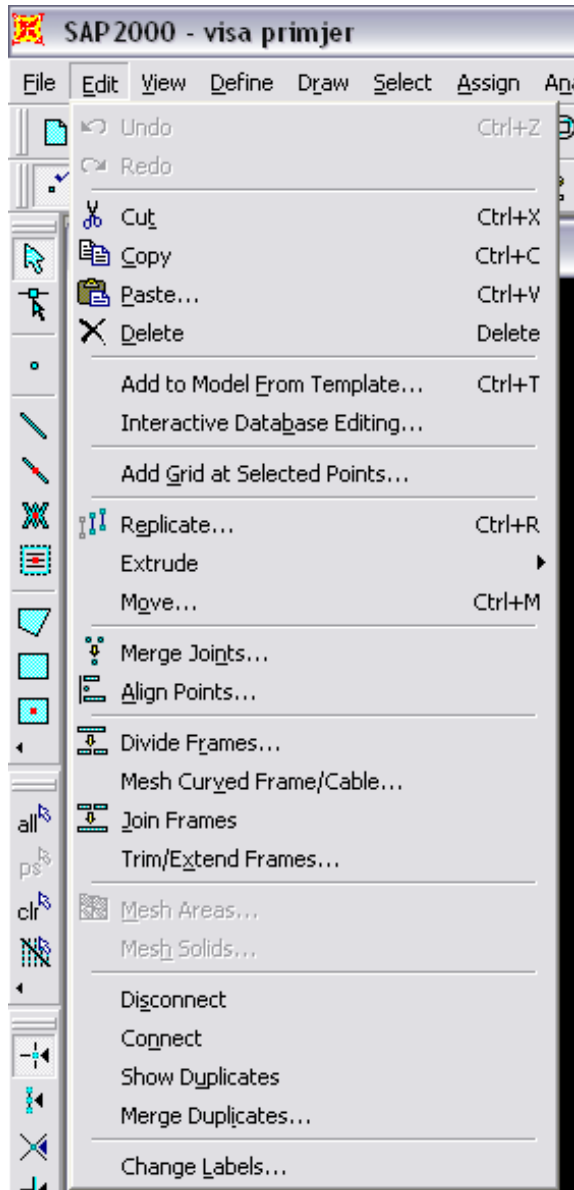
FILE



- kreiranje novog modela
- otvaranje već kreiranog
- brzo snimanje
- snimanje pod drugim imenom
- importiranje iz drugog softvera (*1)
- export u drugi softwer
- paralelno vođenje više projekata
- 'šminka' - video
- definiranje parametara za printanje
- direktno printanje slike
- printanje rezultata u obliku tablica
- snimanje slike kao posebni file
- kreiranje deafaultnog izlaza
- osnovni podaci o projektu
- prostor za komentare o projektu
- prikaz kreiranih file-ova
- nedavno korišteni projekti (brzi open)

(*1) – SAP je softwer koji dolazi u proširenom programskom paketu koji obuhvaća softwere SAP, ETABS(specijaliziran za zgrade), SAFE(modul za dimenzioniranje ploča), Section Builder(dodatak za kreiranje najrazličitih presjeka) + dodaci za armiranje. Svi su međusobno kompatibilni.

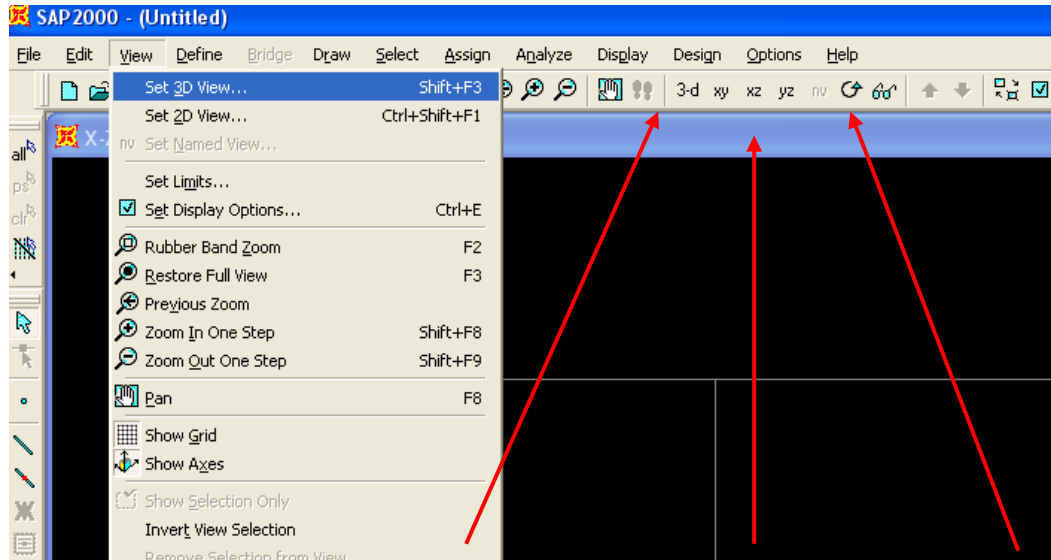
Kratki opis *menua Edit*



- klasične Windows naredbe
- dodatak na grid
- kopiranje
- produživanje elemenata
- pomicanje elemenata
- spajanje čvorova
-
- razdvajanje štapova
- mesh, zakrivljenih elemenata
- spajanje elemenata
- skraćivanje / produživanje elem.
-
- razdvajanje elemenata
- povezivanje elemenata
- prikaz duplih elemenata
- razdvajanje duplih
- promjena oznaka elemenata

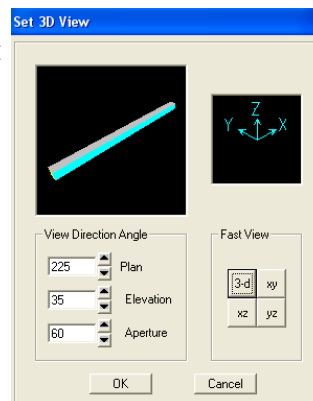
Kratki opis menua View

Sve klasične naredbe AutoCAD ili Office:



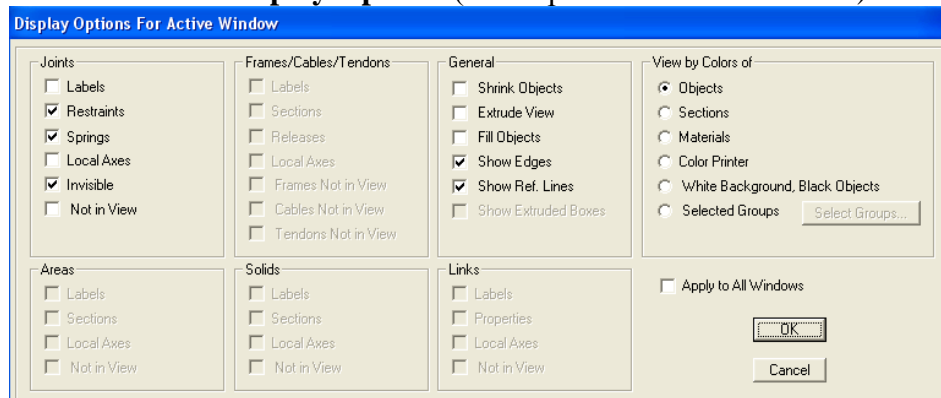
3D pogled ravnine:xy, xz, i yz rotiranje 3D prikaza

- View → Set 3D View (opći 3D prikaz):



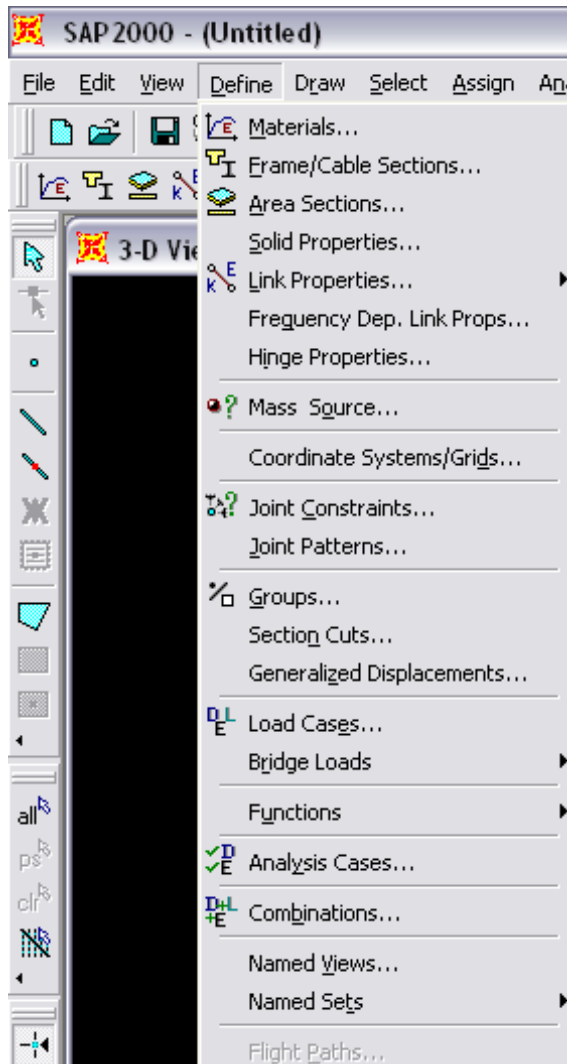
- View → Set 2D View (prikaz po ravninama)

- View → Set Display Options (kakav prikaz želimo na ekranu):



Kratki opis menua Define

[menu u kojem definiramo sve relevantne podatke vezane za konstrukciju]

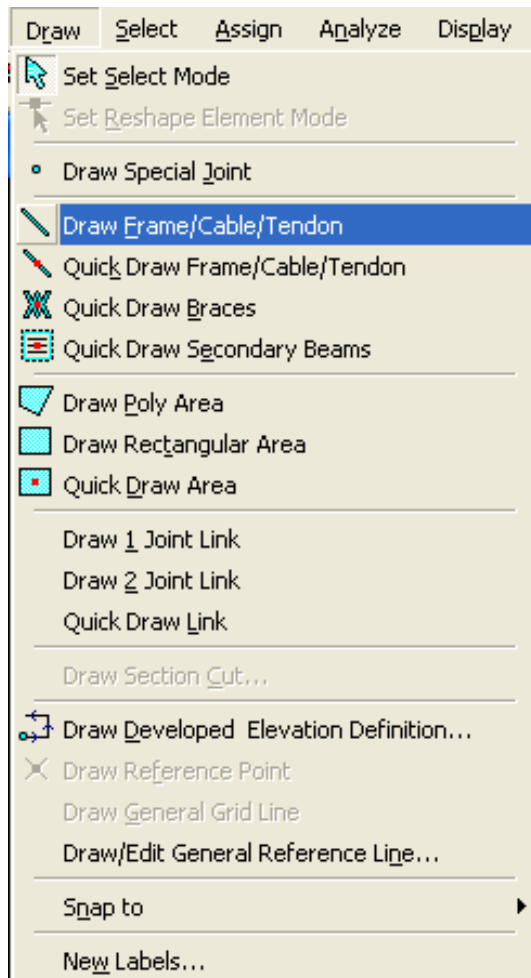


- def. materijala
- def. poprečnih presjeka
 - def. površinskih presjeka (ploče, zidovi)
 - def 3D presjeka
-
- def. mase korištene u potresu
- def. grida, modificiranje, kreiranje
-
- def. grupa
- def. presjeka kroz ploču za prikaz sila
- definiranje opterećenja
- definiranje funkcija (potres...)
- kombinacije opterećenja
- pogledi

program automatski pridružuje neke defaultne presjeke, materijale ili bilo koji podatak koji mi nismo definirali (bitno provjeriti)

Kratki opis menua Draw

[menu u kojem crtamo sve elemente konstrukcije]



- crtanje točkaka

- crtanje linijskih elemenata

- **Quick Draw** (pojednostavljeno crtanje linijskih elemenata vezan za 2D poglede)

- crtanje **površinskih** elemenata (ploče, zidovi, rampe...)

- crtanje **Linkova** između čvorova (definiranje specijalnih uvjeta između elemenata, npr.

Gap, Rigid.....)

- pomoćne linije za prikaz

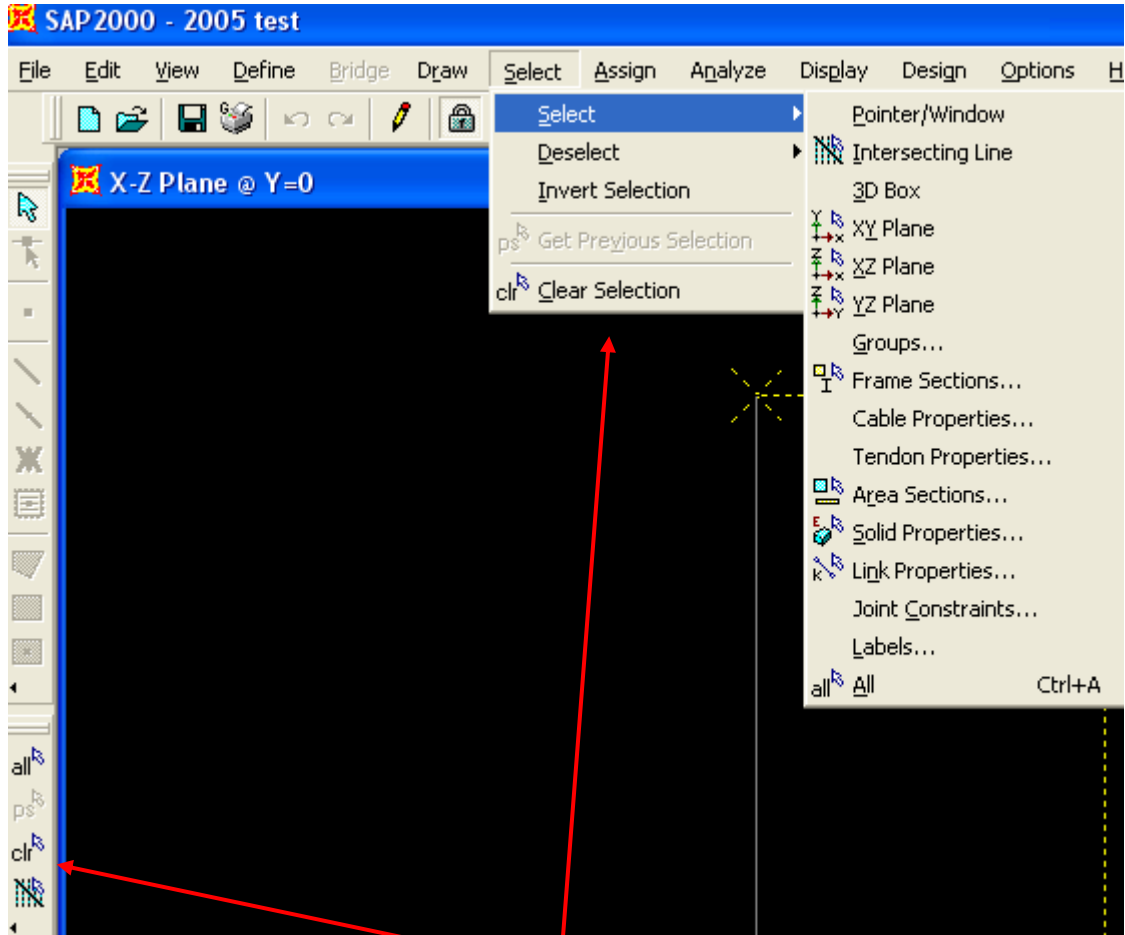
- crtanje ostalih pomoćnih linija/točkaka

- Snap (Autocad)

- numeriranje elemenata

Kratki opis menua *Select*

[cijeli Menu služi za odabir elemenata]



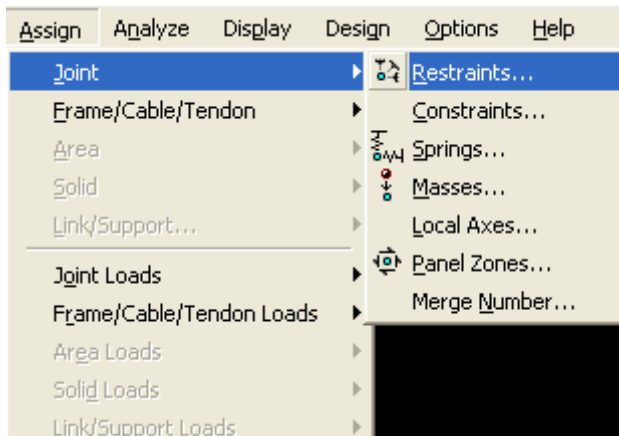
- obratiti pažnju na naredbu **Clear Selection** jer program ne deselektira elemente sa Esc kao na ostalim programima

Kratki opis menua Assign

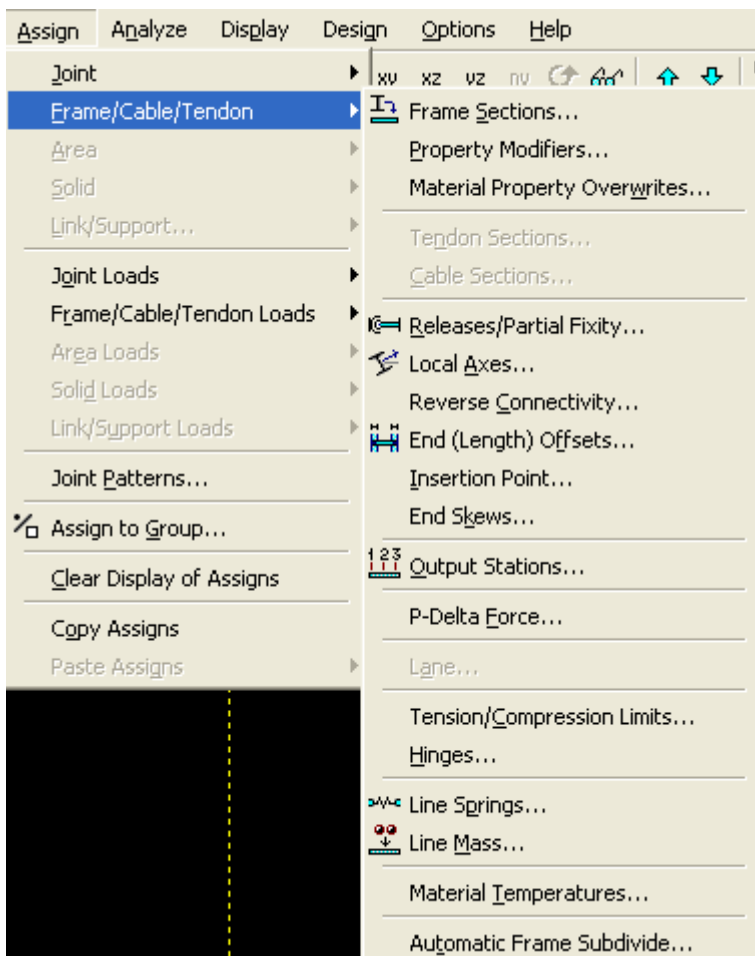
[menu u kojem nacrtanim elementima pridružujemo definirane karakteristike]

Assign	Analyze	Display	Design
Joint			▶ - pridr. vezano za točke
Frame/Cable/Tendon			▶ - pridr. vezano za linijske elemente
Area			▶ - pridr. vezano za površinske elem.
Solid			▶ - pridr. vezano za trodimenz. elem.
Link/Support...			▶ - pridr. vezano za Linkove (veze)
<hr/>			
Joint Loads			▶ - pridr. točkasto opterećenja
Frame/Cable/Tendon Loads			▶ - pridr. linijskog opterećenja
Area Loads			▶ - pridr. površinskog opterećenja
Solid Loads			▶ - pridr. trodim. opterećenja
Link/Support Loads			▶ - pridr. opterećenja linkova
<hr/>			
Joint Patterns...			
<hr/>			
Assign to Group...			- pridr. grupa
<hr/>			
Clear Display of Assigns			
<hr/>			
Copy Assigns			
Paste Assigns			▶ - copiranje i pridr. karakteristika

[menu u kojem nacrtanim elementima pridružujemo definirane karakteristike]

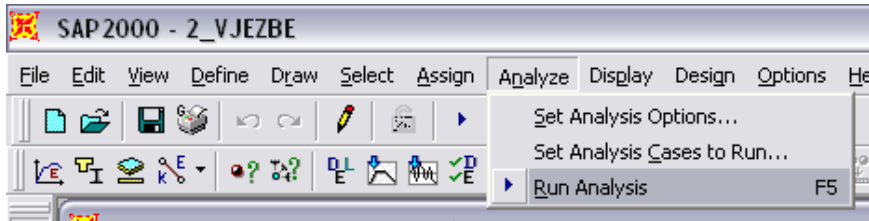


- pridr. rubnih uvjeta - ležajeva
- pridr. veza između čvorova
- pridr. opruga (tlo)
- pridr. masa (potres)
- pridr. lokalnih osi
- ...
-



- pridr. poprečnih presjeka
- pridr. karakt. presjeka
- pridr. novog materijala
-
- otpuštanje unutar. veza (zglob)
- promjena lokalnih osi
- ...
- karakteristike spajanja
- točka spajanja sa drugim elem.
- ...
- broj mjesta za ispis rezultata
- ...
-
- ograničavanje tlaka i vlaka
-
- linijske opruge
- linijske mase
- automatsko dijeljenje nosača

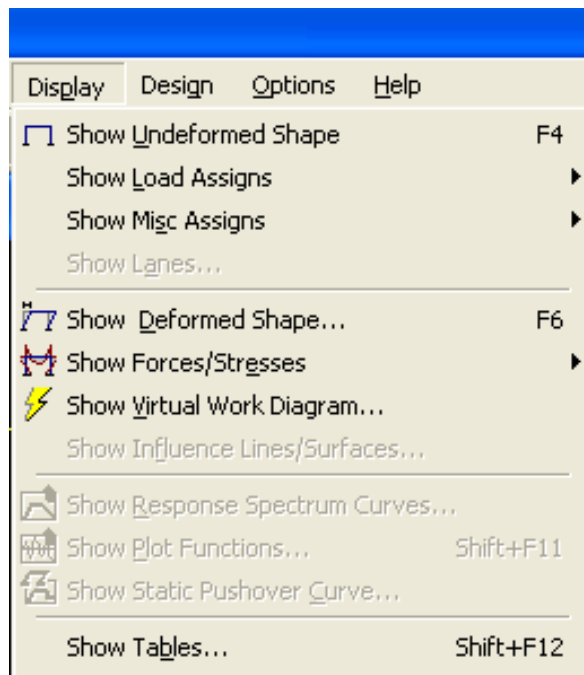
Kratki opis *menua Analyze*



- def. parametre proračun
- što želimo računati
- proračun

Kratki opis *menua Display*

[menu gdje možemo prikazati sve podatke vezane za konstrukciju]



- prikaz početnog stanja
- prikaz definiranog opterećenja
- prikaz definiranih parametara
- ...
- prikaz deformiranog sustava
- prikaz dijagrama U.S.
-
-
- tablični ispis rezultata

POČETNI KORACI

PRVI korak : promijeniti mjerne jedinice [kNm]

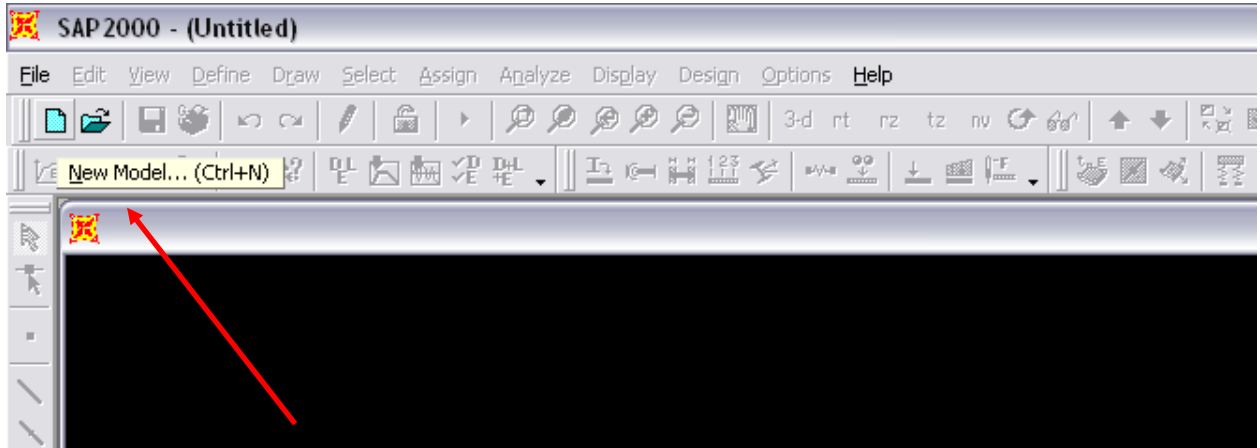


*u SAP-u po defaultu su jedinice Kip,in
vrlo je važno promijeniti jedinice na početku modeliranja (posebice za import iz
AutoCAD-a)*

HELP

- Help aktiviramo sa tipkom F1 (svi relevantni podaci vezani za software)
- ako pokrenemo help(F1) unutar pojedine naredbe program će pokazati sve podatke vezane za tu naredbu

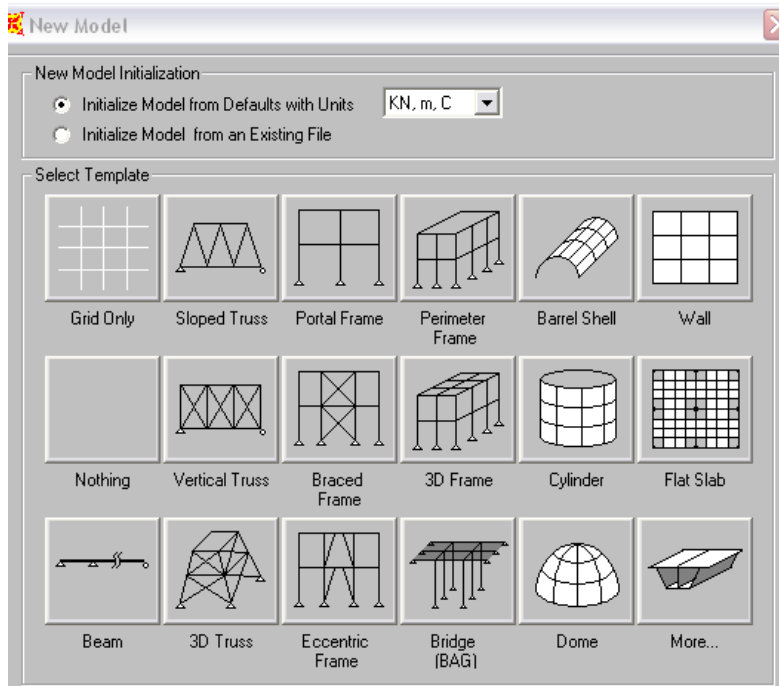
FILE → NEW MODEL



prilikom kreiranja NOVOG modela programski paket nudi inačice nekih standardnih konstrukcija, ako odaberemo neku od predloženih konstrukcija program će sam odabrati neke standardne presjeke.

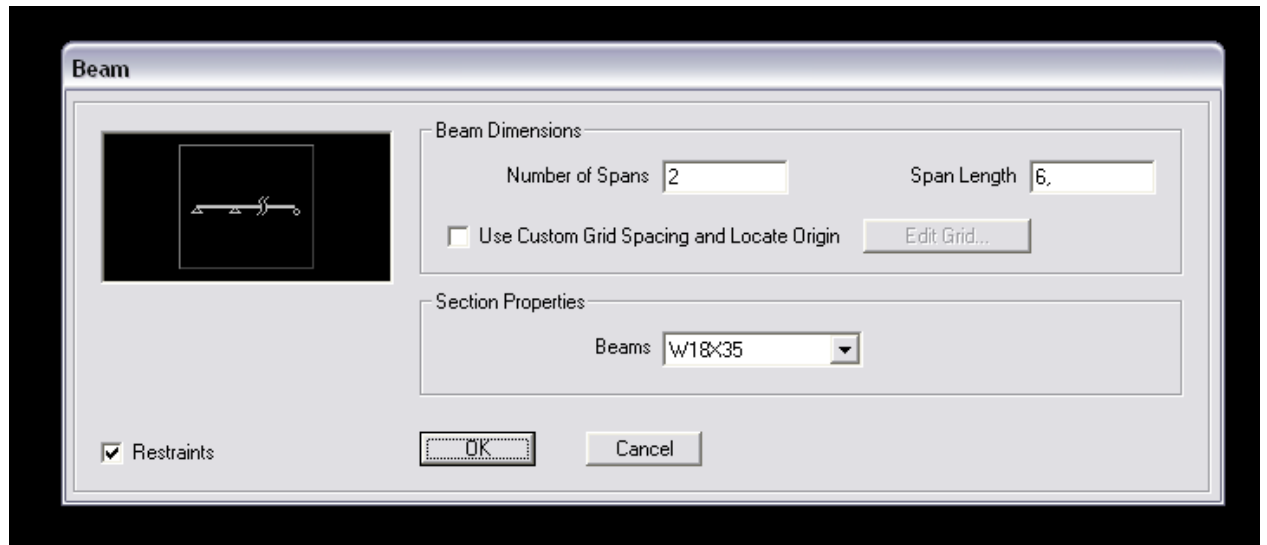
***GRID ONLY** je standardna varijanta u kojoj dobivamo mogućnost zadavanja rastera konstrukcije (najčešće zadano arhitektonskim projektom)*

***NOTHING/BLANK** je varijanta ako želimo sami kreirati konstrukciju ili ako želimo model importirati iz AutoCAD-a (detaljno opisana u **Dodatku**)*



NEW MODEL → BEAM

- zadajemo broj polja (*Number of Spans*)
- karakteristični razmak (*Span Length*)
- u Menu *Section Properties* trebamo odabrati poprečni presjek grede od *defaultno* ponuđenih
- ako odaberemo *Restraints* opciju program će kreirati karakteristični kontinuirani nosač
- opcija *Use Custom Grid Spacing and Locate Origin* je napredno zadavanje parametara Grida



EDIT → GRID

[pomoćne osi kojima definiramo konstrukciju, najčešće odgovaraju osima arhitektonskih nacрта]

- zadajemo broj osnih linija u svakom koordinatnom smjeru (X,Y,Z)
- u drugom koraku zadajemo vrijednosti udaljenosti osnih linija u metrima
- sve može biti zadano okvirno i kasnije promijeniti u obradi modela
- GRID se isključuje **View → Show grid → Current/All/None**

New Coord/Grid System

Cartesian Cylindrical

System Name GLOBAL

Number of Grid Spaces

X direction 2

Y direction 2

Z direction 5

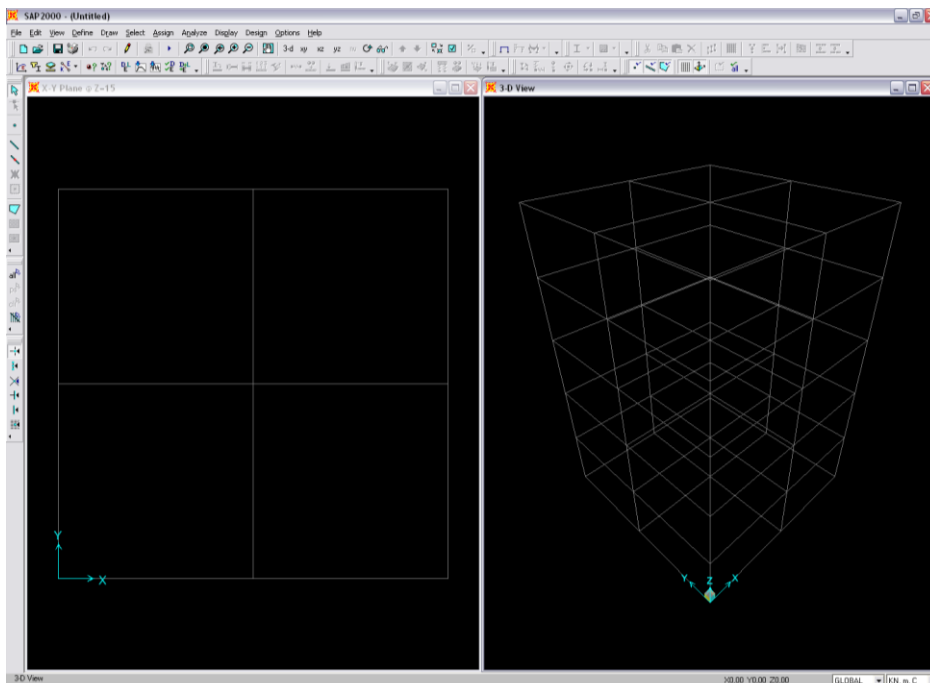
Grid Spacing

X direction 5

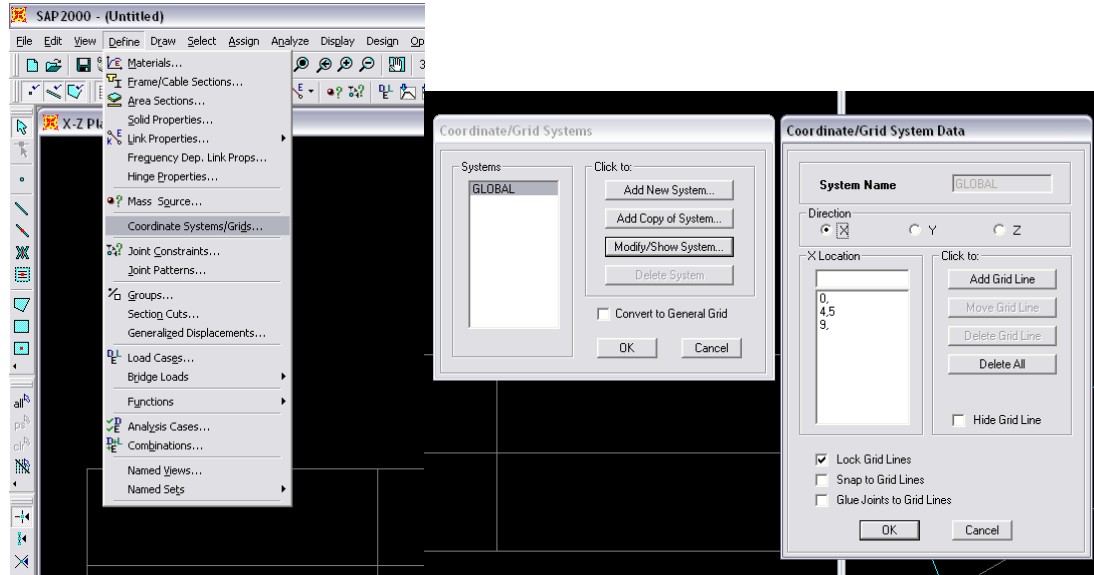
Y direction 5

Z direction 3

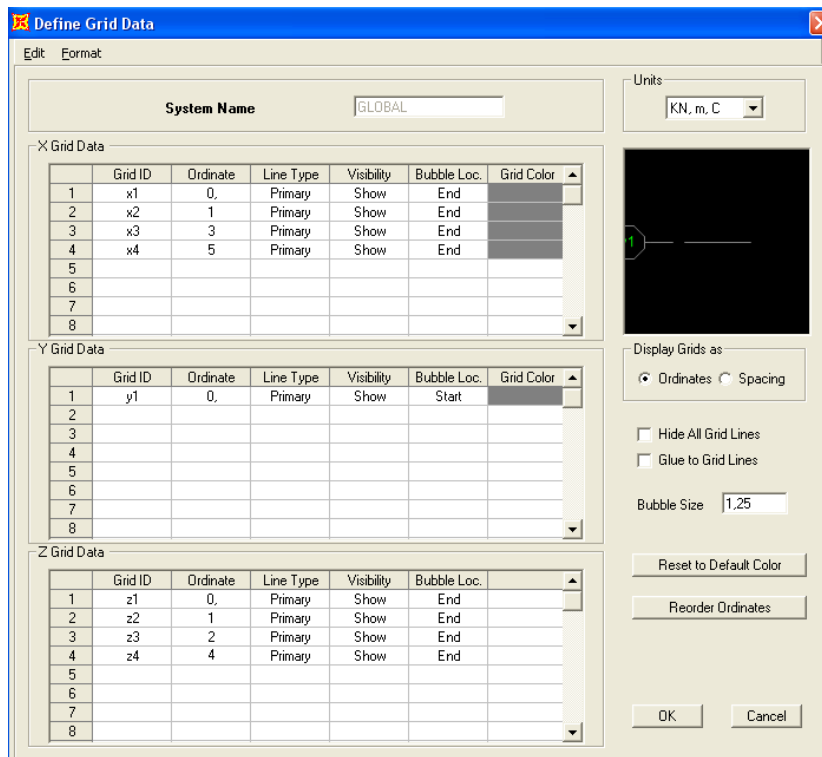
OK Cancel



PRILAGODBA (MODIFICIRANJE) GRIDA



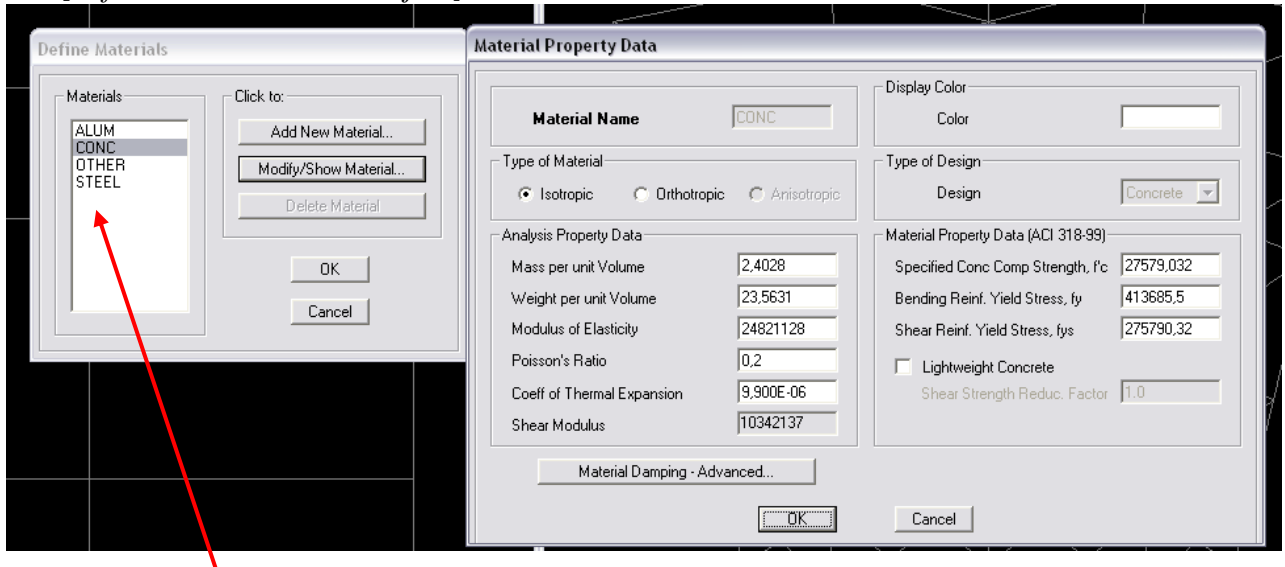
- u prikazanom Menuu primjećujemo ispisane vrijednosti onoga sto smo zadali



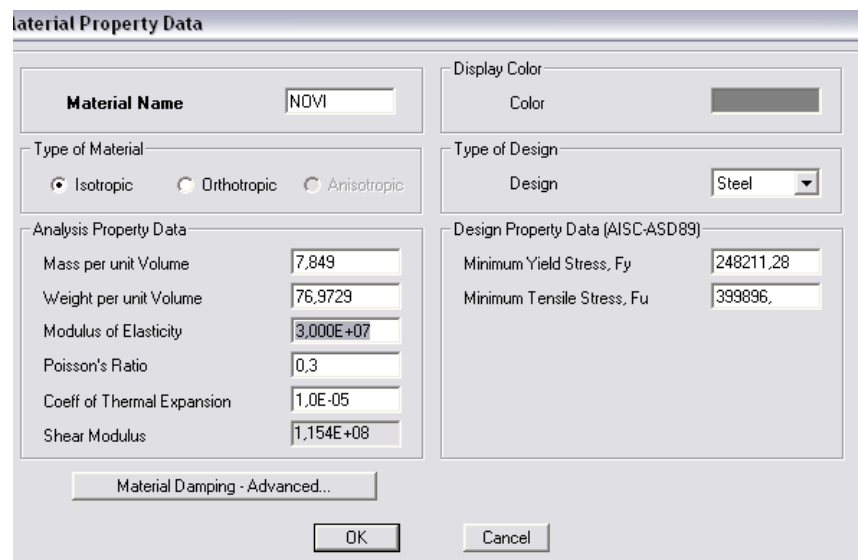
- promjena zadanih vrijednosti

DEFINE – MATERIJAL

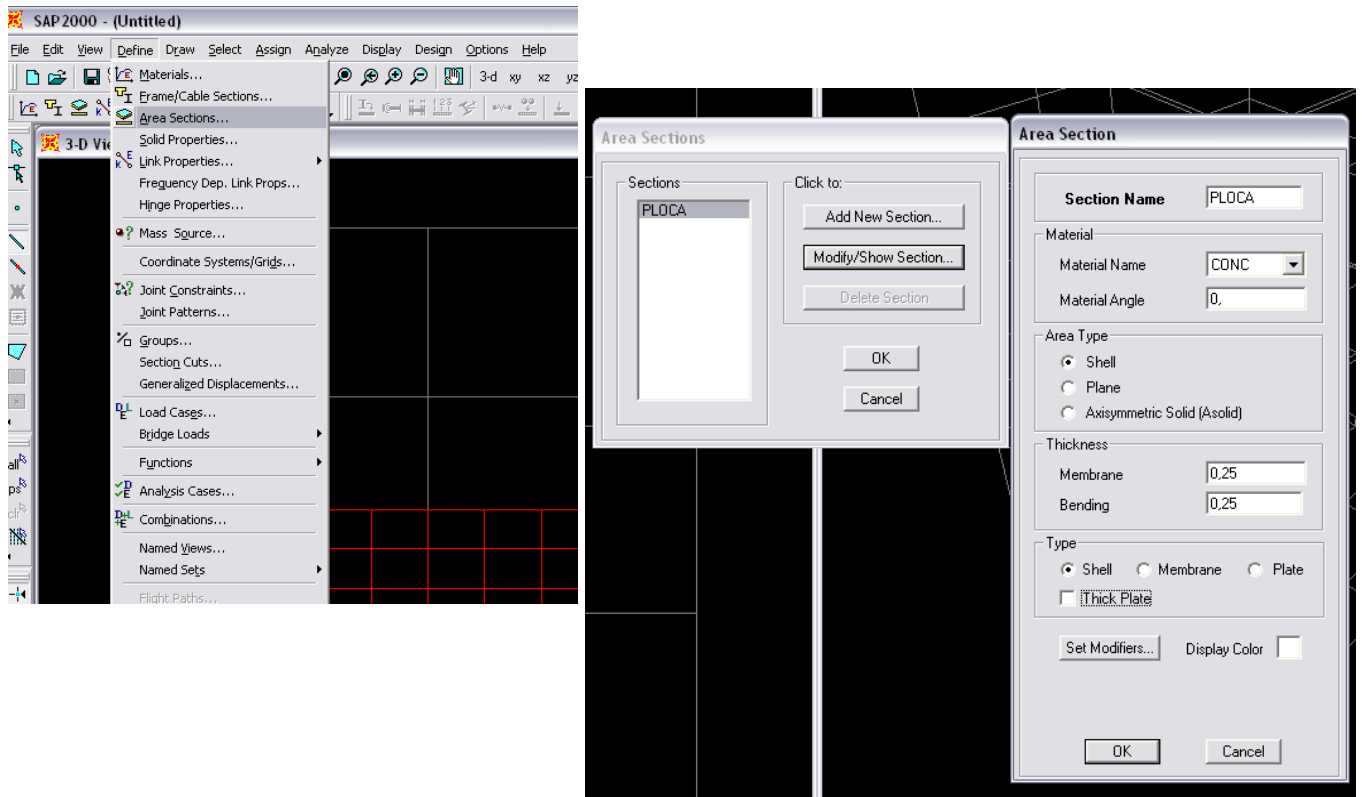
[definiramo zadane materijale]



- menu nije napravljen u obliku da odabiremo klasu materijala po nekim propisima već sami upisujemo osnovne karakteristike materijala
- mi možemo modificirati definirani materijal (Slika gore) ili kreirati novi (Slika dolje)
- zadane vrijednosti upišemo u jedinicama **kN, m, C**



DEFINE AREA SECTIONS



zadajemo Materijal i kut materijala (0 je defaultna vrijednost)

izabiremo tip presjeka :

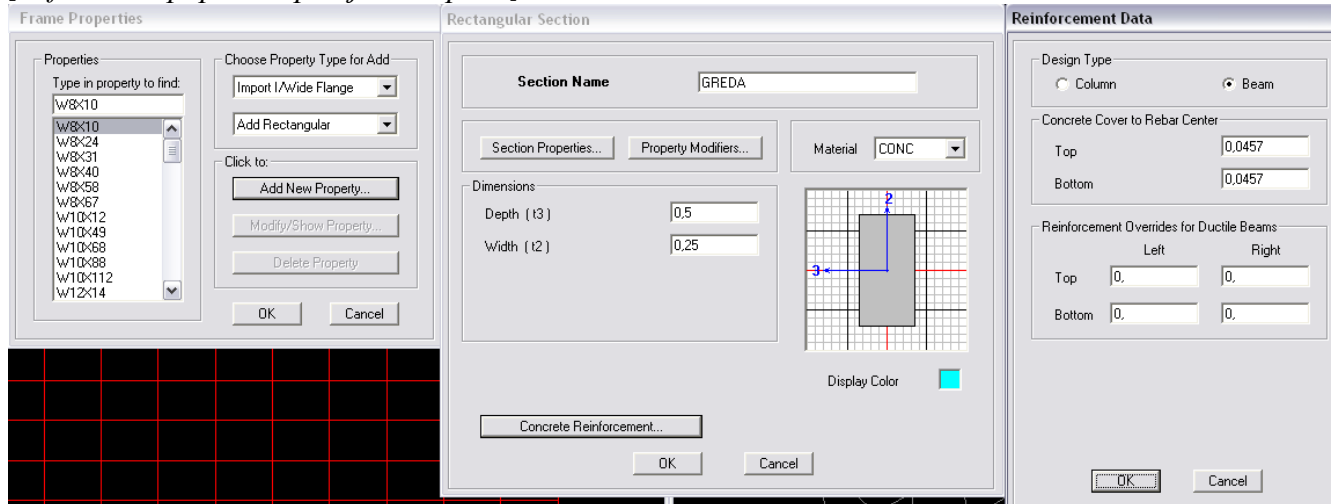
- PLANE (krutost na savijanje samo van ravnine presjeka)
- MEMBRANE (krutost u ravnini presjeka)
- SHELL (sve krutosti u ravnini presjeka i van ravnine)

zadajemo debljinu na savijanje i za membransko djelovanje presjeka

sve karakteristike presjeka možemo dodatno modificirati množeći ih proizvoljnim koeficijentima

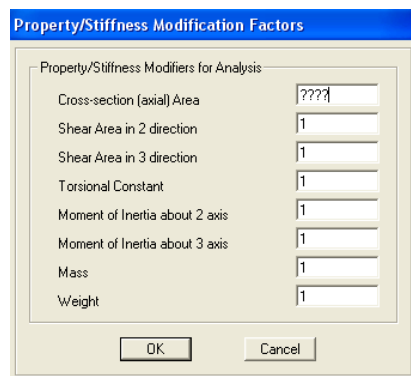
DEFINE FRAME SECTIONS

[definiramo poprečne presjeke štapova]



menu već ima definirane standardne presjeke koje automatski pridružuje modeliranim elementima ako mi ne definiramo drugačije

- definiramo traženi presjek tako da iz padajućeg Menua izaberemo oblik presjeka (npr. Add Rectangular) i izaberemo opciju Add New Property.
 - zadajemo osnovne podatke presjeka (u programu imamo samo kvadratni presjek pa zadajemo **visinu**[Depth] i **širinu** [Width])
 - softver automatski iscrtava presjek na skici tako da možemo provjeriti zadane podatke.
 - izabrati već definirani Materijal



*u opciji **Section Preproperties** i **Property Modifiers** možemo zadati faktore kojim 'ručno' mijenjamo karakteristike poprečnog presjeka.*

PREDAVANJA

(prelaz sa točne metode pomana na inženjersku možemo napraviti tako da povećamo uzdužnu krutost)

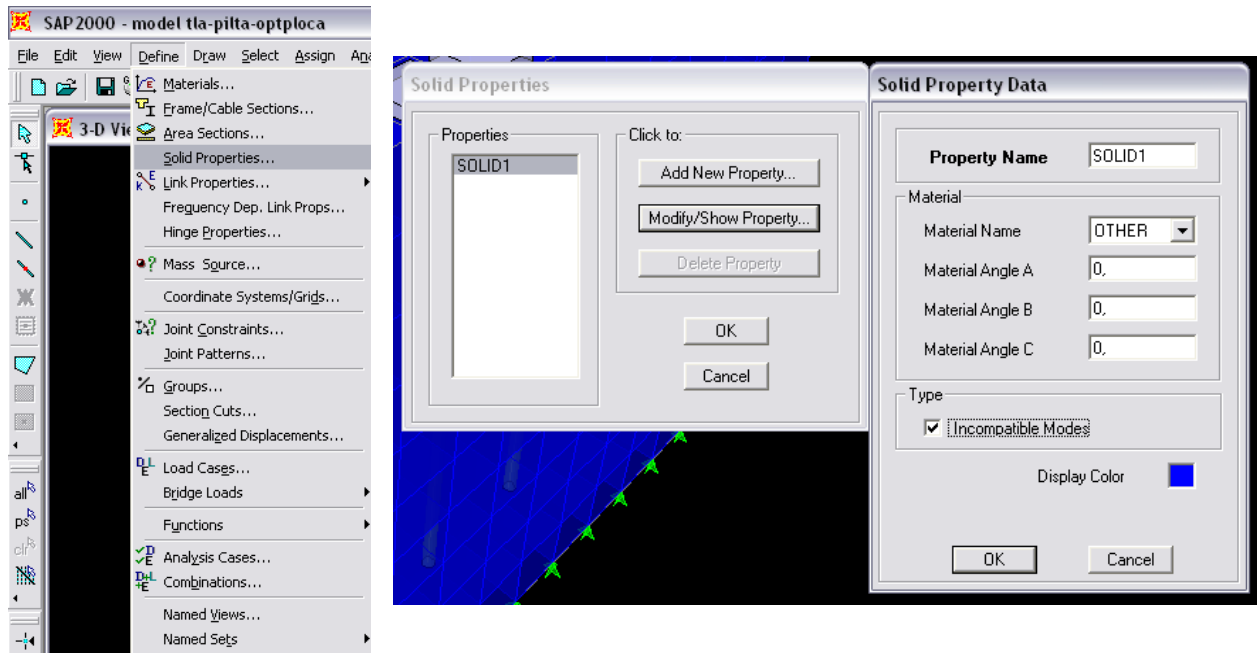
Betonski presjeci

ako izaberemo Concrete (beton) kao osnovni materijal u menuu Concrete Reinforcement moramo izabrati Design Type tj. način na koji dimenzioniramo taj element (kao gredu ili kao stup); na istom mjestu presjeku možemo zadati i armaturu.

Čelični presjeci

sve karakteristične presjeke definirane propisima možemo učitati iz tablica sa opcijom Import.

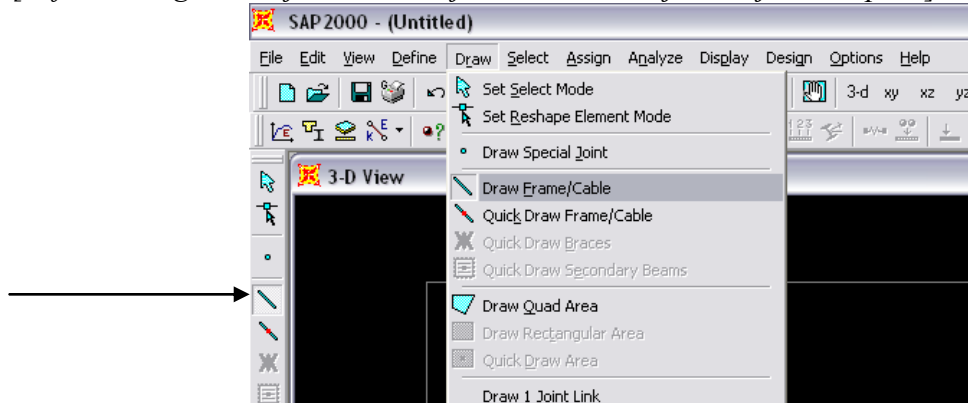
DEFINE SOLID PROPERTIES



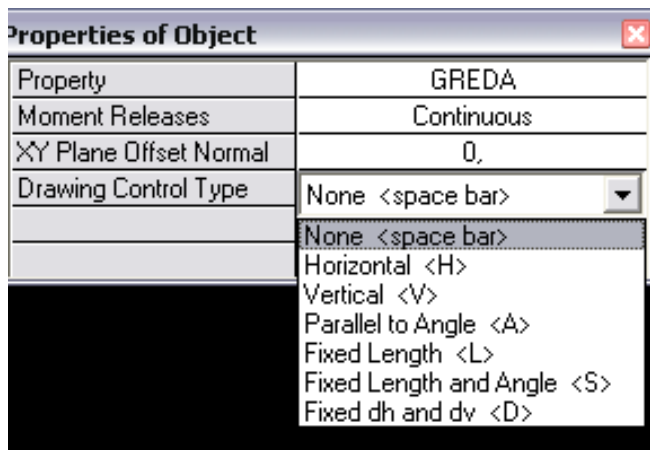
zadajemo volumni element

DRAW FRAME

[definiramo geometriju konstrukcije u našem slučaju zadajemo štapove]



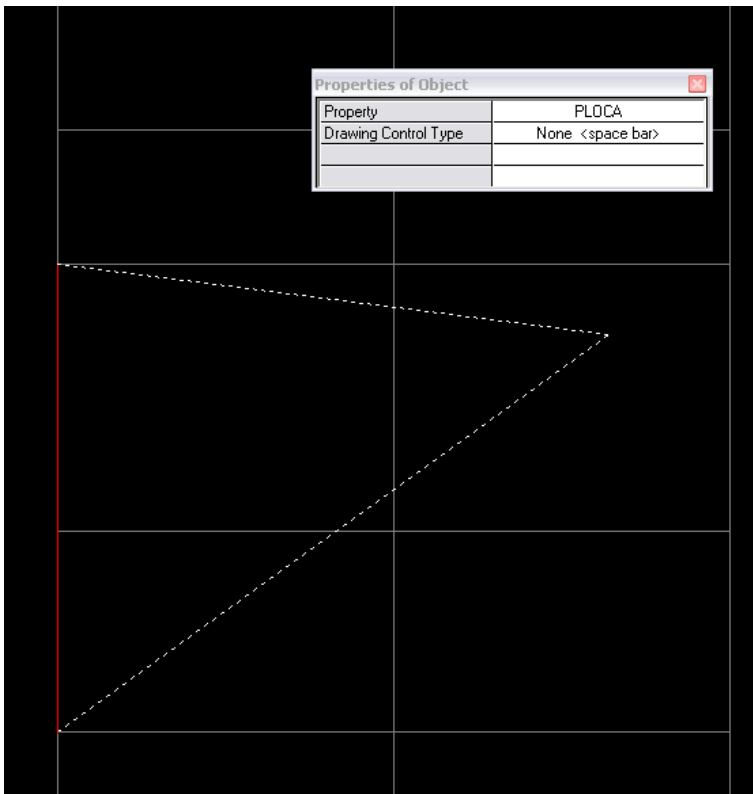
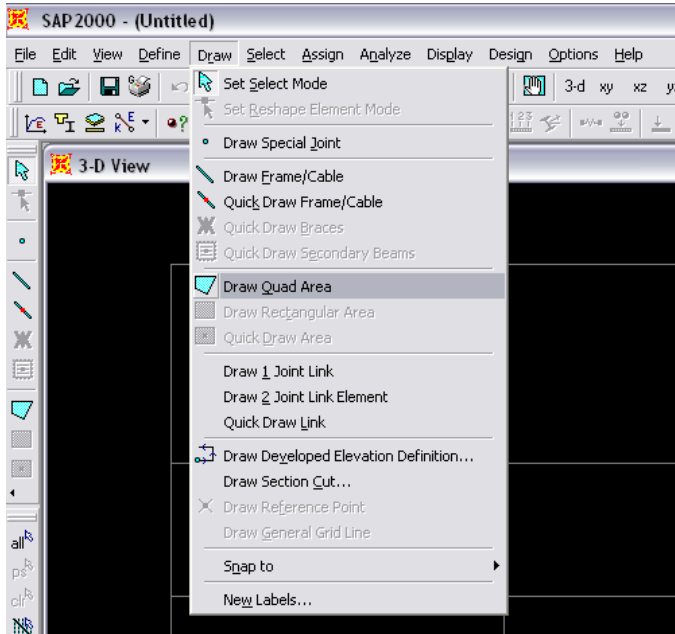
Otvora nam se novi Menu:



- odabiremo def. **Poprečni Presjek**
- zadajemo **Gredu**(Continuus) ili **Štap** (Pinned)
- XY Offset
- **Drawing Control Type** (način odabira točki elemenata, vezan **isključivo za 2D crtanje** – u ravnini):

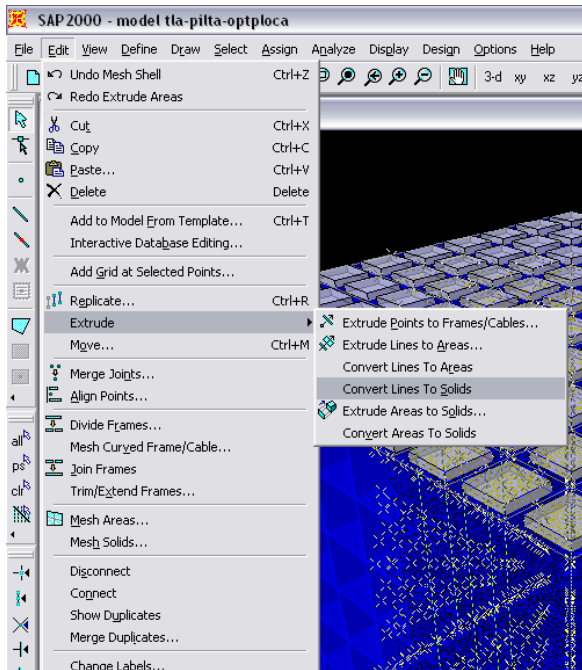
- None = mišem zadajemo točke [na gridu ili već definiranim elementima, dodatna pomoć su Osnapi]
 - <H> horizontalna linija
 - <V> vertikalna linija
 - <A> paralelna sa zadanim kutem
 - <L> linija definirane dužine
 - <S> linija def. dužine i kuta
 - <D> linija definirana pomoću x i y udaljenosti
- *ako smo pravilno definirali grid moramo samo 'popikati' točke i definirati geometriju konstrukcije. U slučaju da moramo dodatno definirati neke točke onda koristimo navedene opcije.*
 - **U SLUČAJU POGREŠKE:**
 - odaberemo gredu mišem i obrišemo je tipkom Del
 - odaberemo gredu i pridružimo joj pravi presjek (vidi dodatak)

DRAW → QUAD



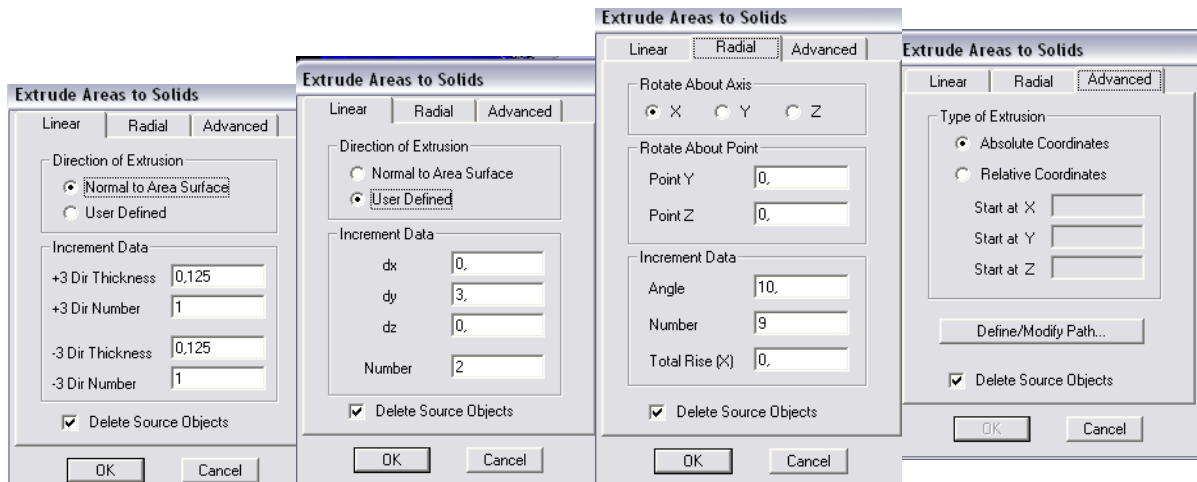
*površinske elemente zadajemo birajući karakteristične točke
moramo zadati min. 3 točke, a max. 4 točke*

EXTRUDE



Extrude Areas to Solids

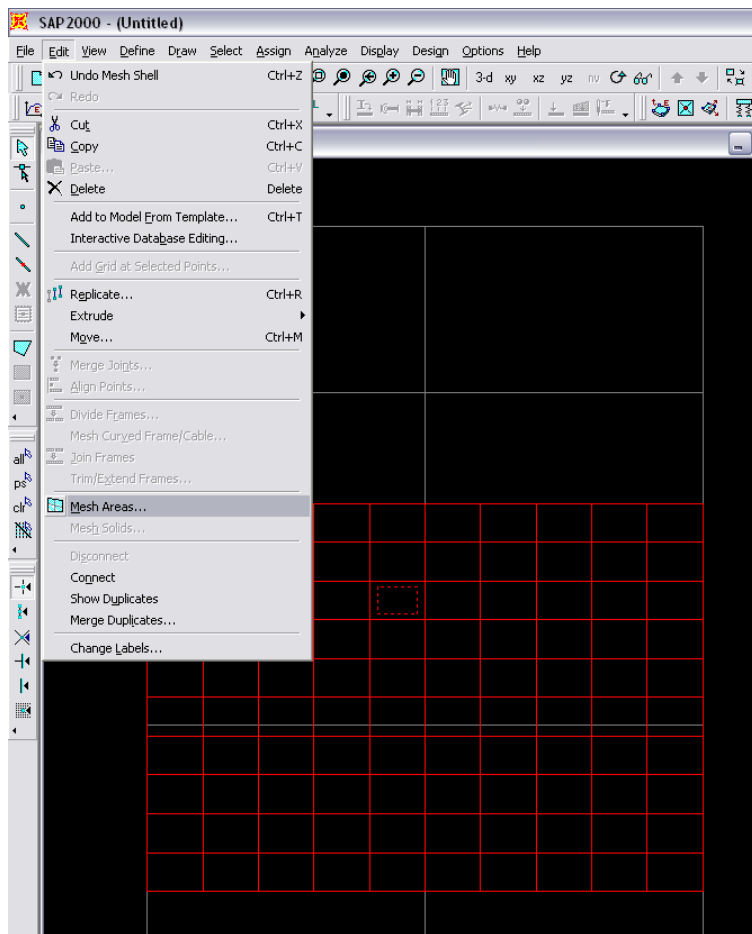
več definirane površinske elemente možemo pretvoriti u Solide pomoću naredbe Extrude tako da joj zadamo debljinu na jedan od predloženih načina:



Convert Lines to Solids / Convert Areas to Solids

Naredba CONVERT pretvara već definirane linijske i plošne elemente u njihove 3D varijante pomoću dimenzija kojima smo ih definirali

MESH

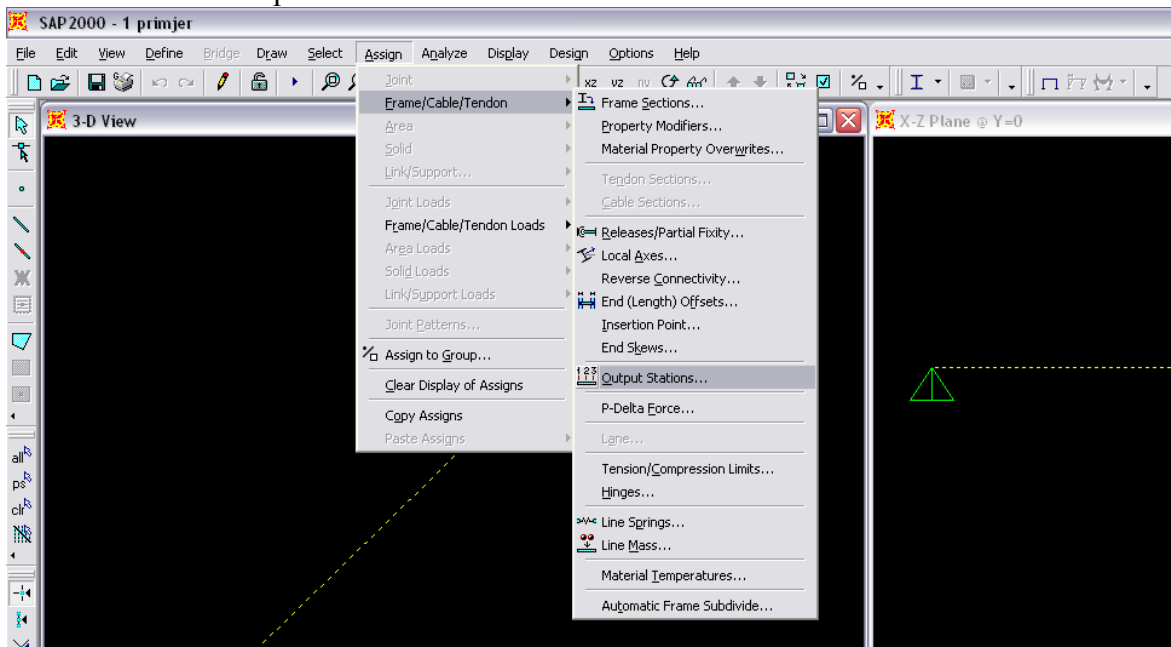


svaki površinski element možemo Meshirati na proizvoljan broj elemenata

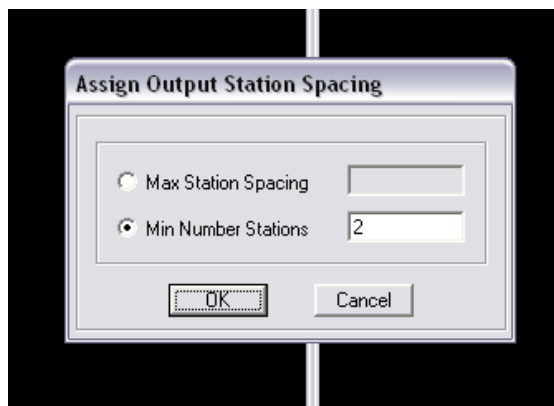
elemente nije nužno diskretizirati jer softver ima Automatski mesh (druga naredba)

DEFINIRANJE TOČKA ISPISA REZULTATA (OUTPUT STATION)

- definiramo točke ispisa neovisno o *meshu*

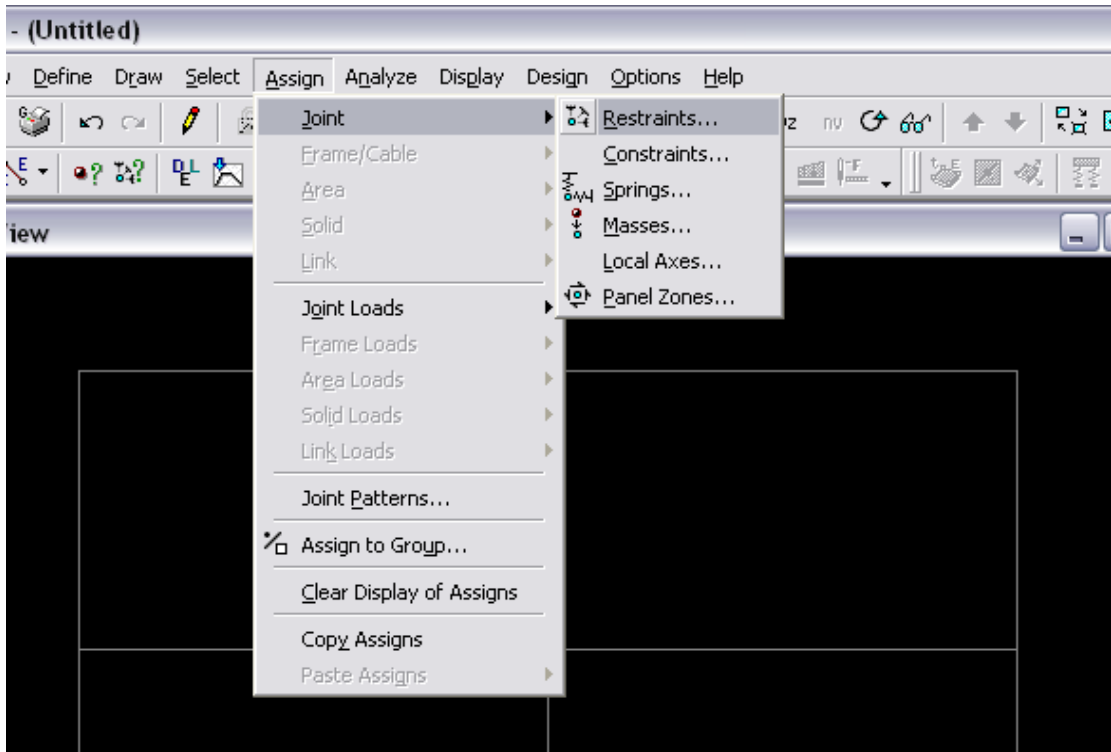


- odabiremo broj čvorova (*Min. Number Stations*) u kojima nam *softver* prikazuje rezultate proračuna ili razmak čvorova (*Max. Station Spacing*)



ASSIGN JOINT RESTRAINS

[definiranje ležajeva]



PAZI: prilikom zadavanja ležajeva prvo moramo izabrati točke



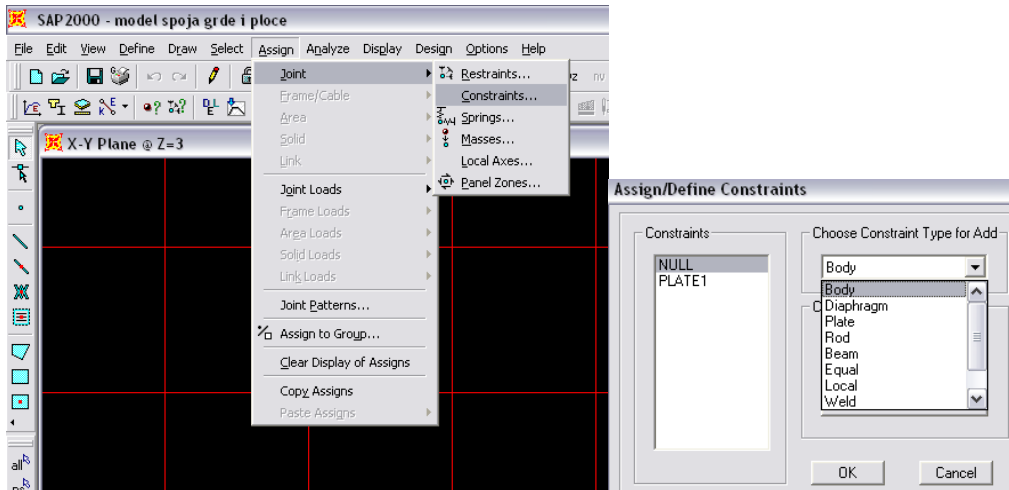
U prostoru točka ima 6 stupnjeva slobode

Smjerovi 1,2,3 su propadne lokalne osi x,y,z ***
u smjerovima označenim kvačicom su spriječeni pomaci

klasični ležajevi (upeti, nepomični, pomični)

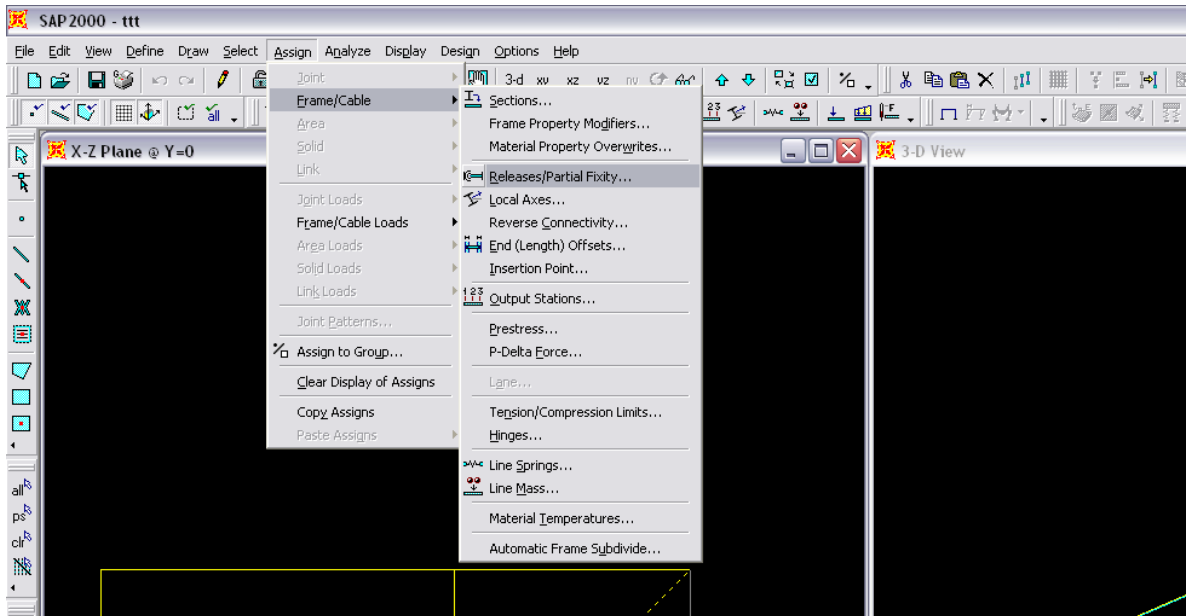
DEFINIRANJE CONSTRAINTA

- ako želimo definirati posebne odnose između pojedinih točaka
- za opis tipova *Constrainta* unutar svake naredbe tipkom F1 dobivamo opis

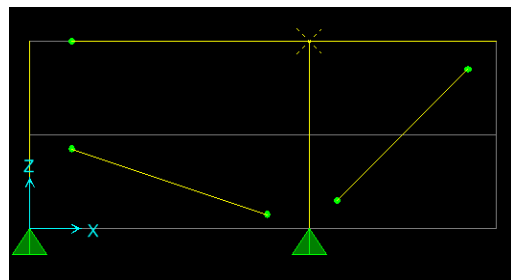
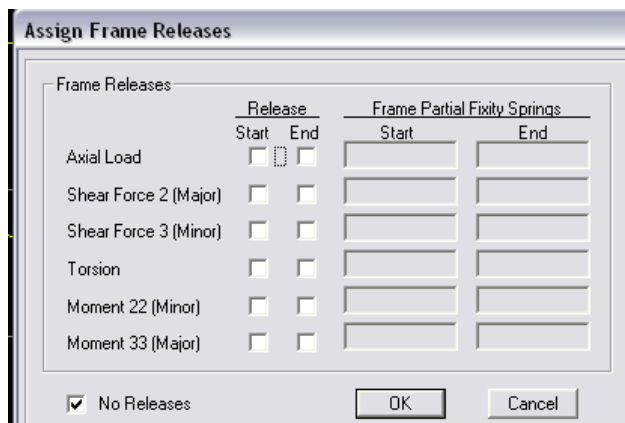


ASSIGN RELEASES

[otpuštanje unutarnjih veza – definiranje zglobova unutar konstrukcije]



PAZI: prije zadavanja moramo izabrati grede



Kvačicom biramo otpuštenu unutarnju silu (na početku ili kraju elementa)

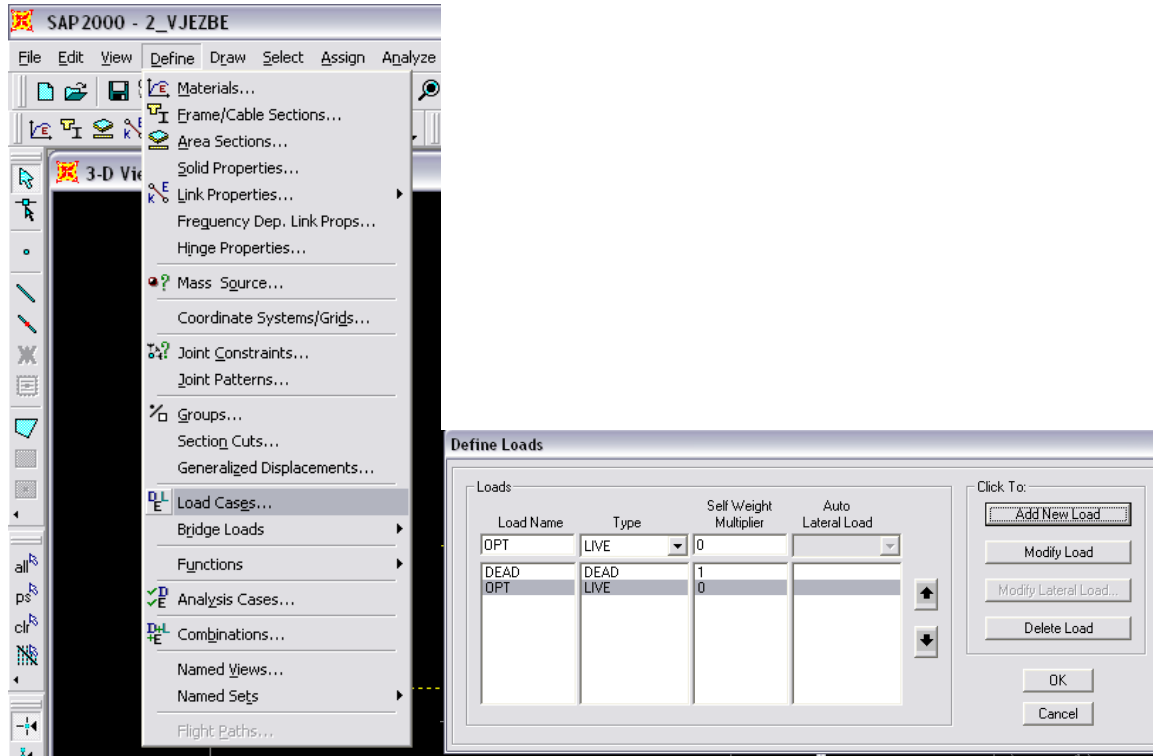
- Axial Load - Uzdužna sila
- Shear Force 2 - Poprečna Sila
- Moment 3-3 - Moment

Softver će nacrtati shematski prikaz otpuštenih veza

Ako želimo provjeriti koje su nam veze otpuštene odaberemo opciju :View → Set Display Options → Frame/ Cable Releases

DEFINE → LOAD CASES

[definiranje opterećenja]



ime opterećenja zadajemo sami i pridružujemo mu karakteristični tip (**Type**) opterećenja

definiranje i promjena parametara se vrši na način da prvo promjenimo Ime / Type / Multiplier a onda odaberemo funkciju ADD NEW LOAD ili MODIFY

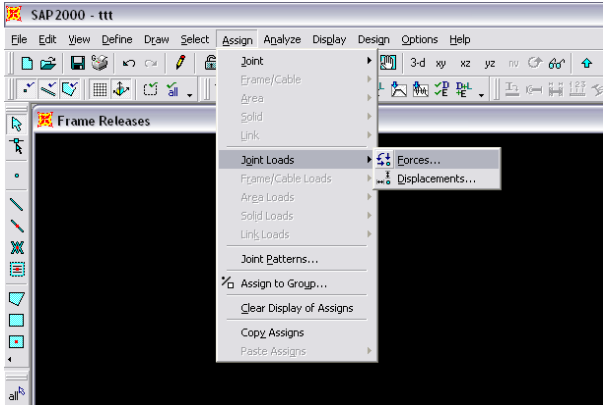
neka opterećenja su vezana za propise te je potrebno zadati dodatne **parametre** prilikom zadavanja Load Casea moramo paziti da **samo jedno** opterećenje ima pod opcijom **Self Weight Multiplier** vrijednost 1 (za naše opterećenje treba biti 0)

ime opterećenja zadajemo sami i pridružujemo mu karakteristični tip (**Type**) opterećenja (za naš zadatak nije bitan)

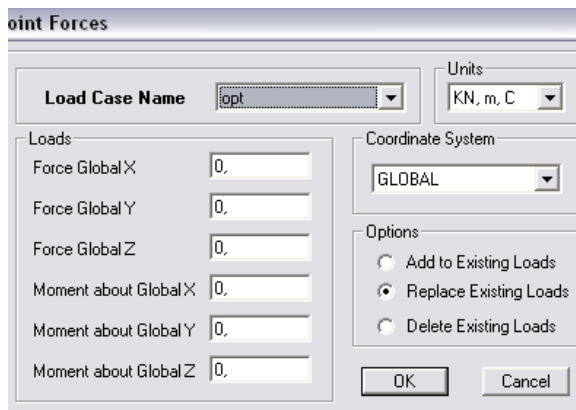
neka opterećenja su vezana za propise te je potrebno zadati dodatne parametre

ASSIGN → JOINT LOADS → FORCES

[definiranje opterećenja u čvorovima]



PAZI: prije zadavanja moramo izabrati točke



Paziti:

- pridruženo 'Load Case Name'

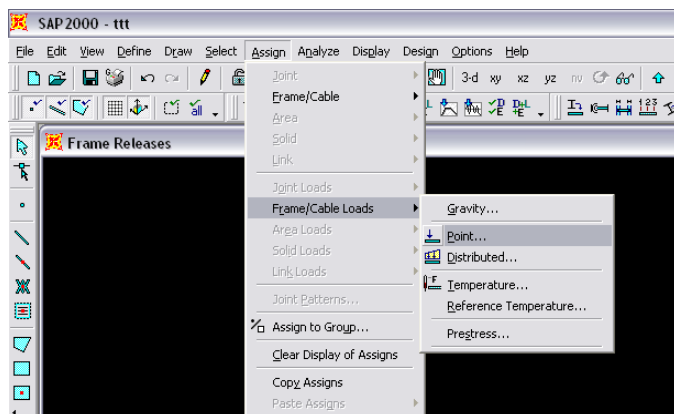
- globalni ili lokalni sistem

- aktualnu opciju pod 'Options'

vrijednost zadajemo u kN, m tj. onome što smo zadali na početku definiranja projekta

ASSIGN → FRAME/CABLE LOAD → POINT

[definiranje koncentriranog opterećenja na elementima – gredama/stupovima]



PAZI: prije zadavanja moramo izabrati element

The image shows the 'Frame Point Loads' dialog box. It has several sections: 'Load Case Name' with a dropdown menu set to 'opt'; 'Units' with a dropdown menu set to 'KN, m, C'; 'Load Type and Direction' with radio buttons for 'Forces' (selected) and 'Moments', a 'Coord Sys' dropdown set to 'GLOBAL', and a 'Direction' dropdown set to 'Gravity'; 'Options' with radio buttons for 'Add to Existing Loads', 'Replace Existing Loads' (selected), and 'Delete Existing Loads'; and 'Point Loads' with a table for defining four points. The table has columns for 'Distance' and 'Load' for each point. Below the table are radio buttons for 'Relative Distance from End-I' (selected) and 'Absolute Distance from End-I'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

- ime opterećenja (definirano)

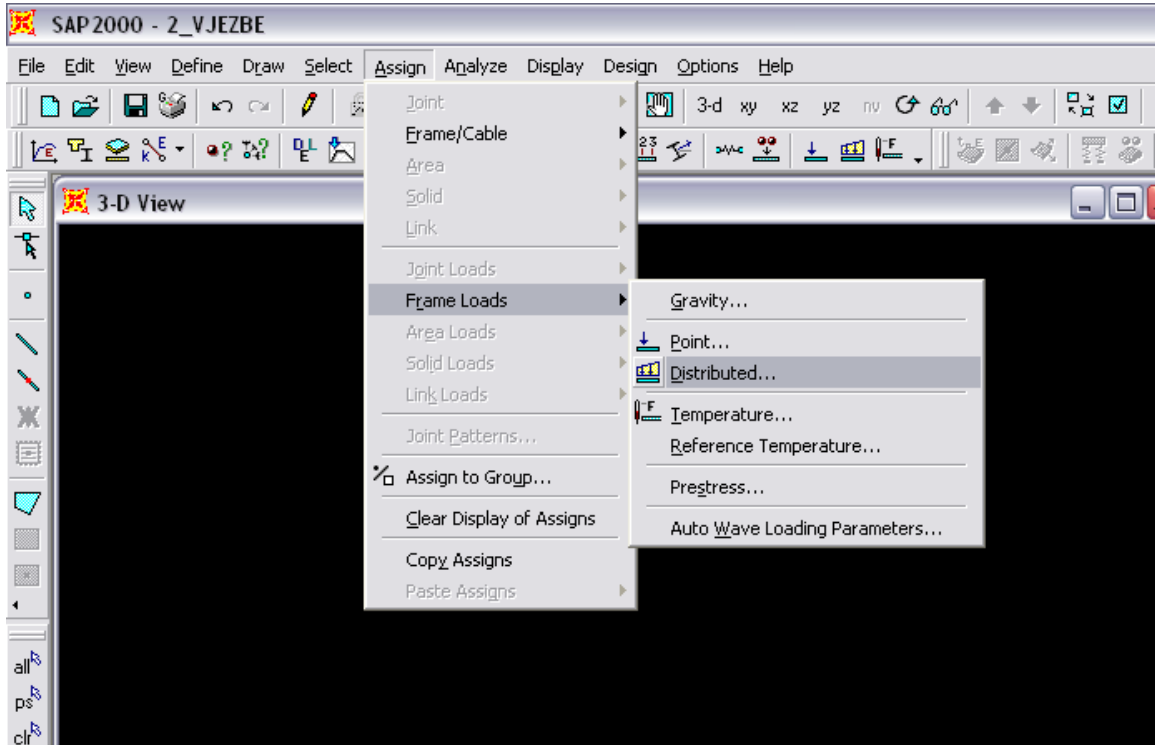
- sile ili momente
- lokalno ili globalno

- udaljenost od početka štapa

relativno(u postocima) i apsolutno(u metrima)

vrijednost zadajemo u **kN, m**

ASSIGN → FRAME LOAD → DISTRIBUTED



[definiranje koncentriranog opterećenja na elementima – gredama/stupovima]

PAZI: prije zadavanja moramo izabrati element

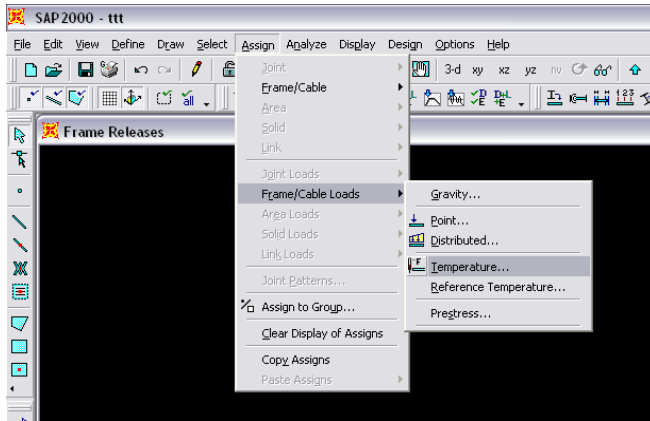
The image shows the 'Frame Distributed Loads' dialog box. It has several sections: 'Load Case Name' with a dropdown set to 'OPT' and 'Units' set to 'KN, m, C'; 'Load Type and Direction' with 'Forces' selected and 'Direction' set to 'Gravity'; 'Options' with 'Replace Existing Loads' selected; 'Trapezoidal Loads' with four columns for distance and load values (0, 0.25, 0.75, 1); and 'Uniform Load' with a 'Load' field containing '0'. An arrow points to the '0' in the 'Uniform Load' field.

- ime opterećenja (definirano)
- sile ili momente kontinuirane
- lokalno ili globalno (osi)
- udaljenost od početka štapa
- vrijednost opterećenja (možemo definirati promjenjivo opterećenje)
- relativno(u postocima) i apsolutno(u metrima)

- za jednoliko opterećenje trebamo unesti iznos u opciju **Uniform Load**

ASSIGN → FRAME LOAD → TEMPERATURE

[definiranje temperaturnog opterećenja]



PAZI: prije zadavanja moramo izabrati element

The image shows the 'Frame Temperature Loading' dialog box. It has a 'Load Case Name' field with 'opt' selected. Under 'Type', 'Temperature' is selected with a radio button. Under 'Options', 'Replace Existing Loads' is selected with a radio button. Under 'Temperature', 'By Element' is selected with a radio button, and the 'Temperature' field contains '0.'. There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right.

- ime opterećenja (definirano)

Type:

- Temperature = t_s

- Temp. gradient 2-2 = $\frac{\Delta t}{h}$

- Temp. gradient 3-3 = $\frac{\Delta t}{h}$

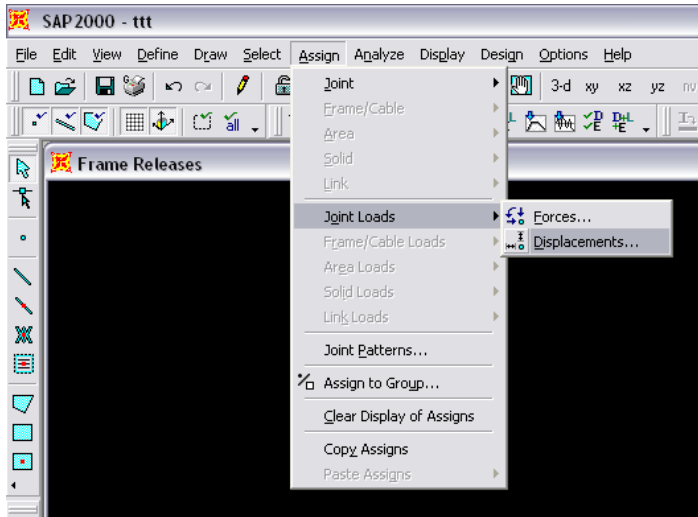
Temperature:

- upišemo vrijednost, t_s ili $\frac{\Delta t}{h}$

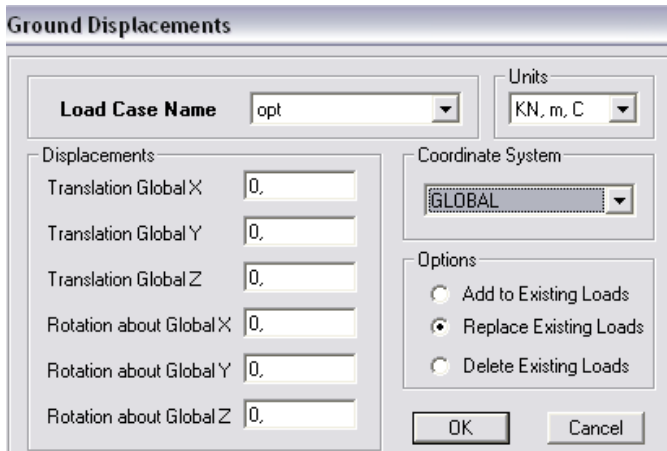
- o temperaturni gradijent je vezan za lokalne osi štapa, nama za zadatak treba Temp. gradijent 2-2. (ako zadamo pozitivnu vrijednost znači da je 'toplije' na gornjoj strani štapa)

ASSIGN → JOINT LOADS → DISPLECEMENTS

[definiranje prisilnih pomaka i rotacija u čvorovima]



PAZI: prije zadavanja moramo izabrati točke



Paziti:

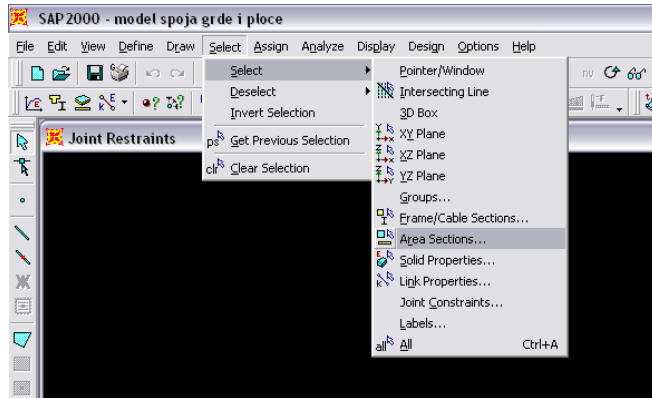
- pridruženo 'Load Case Name'

- globalni ili lokalni sustav

- aktualnu opciju pod 'Options'

pomake i rotacije zadajemo u kN, m tj. one što smo zadali na početku definiranja projekta

DEFINIRANJE POVRŠINSKOG OPTEREĆENJA



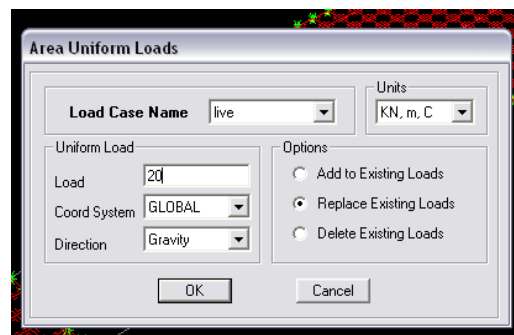
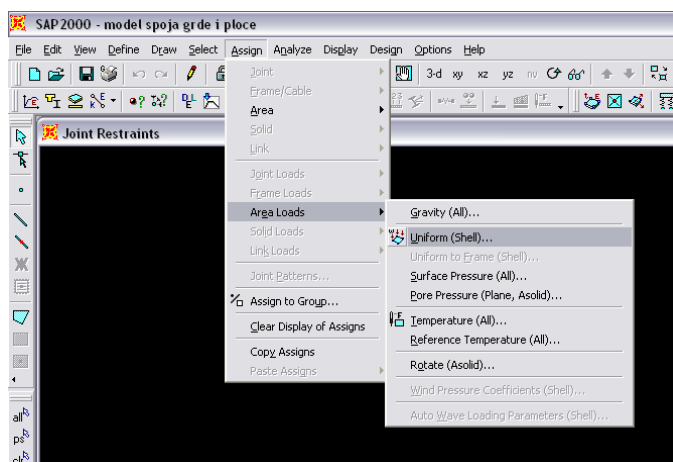
ako želimo odabrati karakteristične elemente postoji više različitih načina

kako izabrati elemente (moramo prije izabrati onda pridružiti):

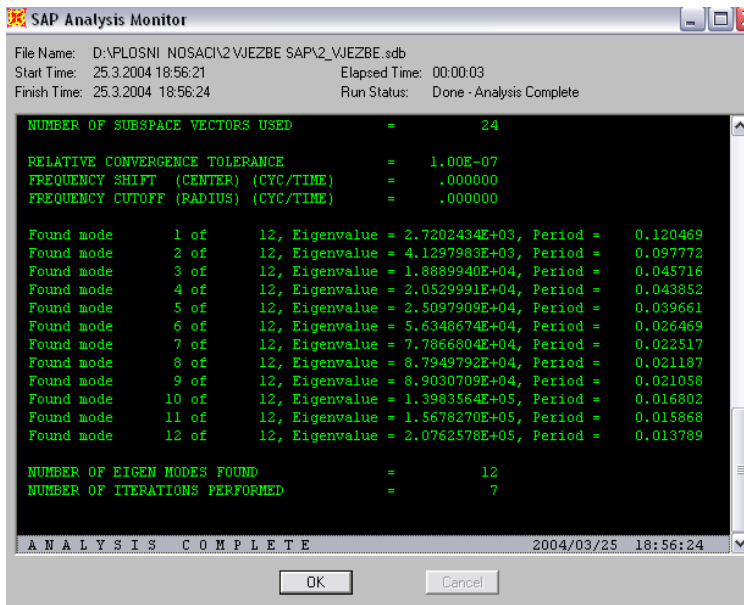
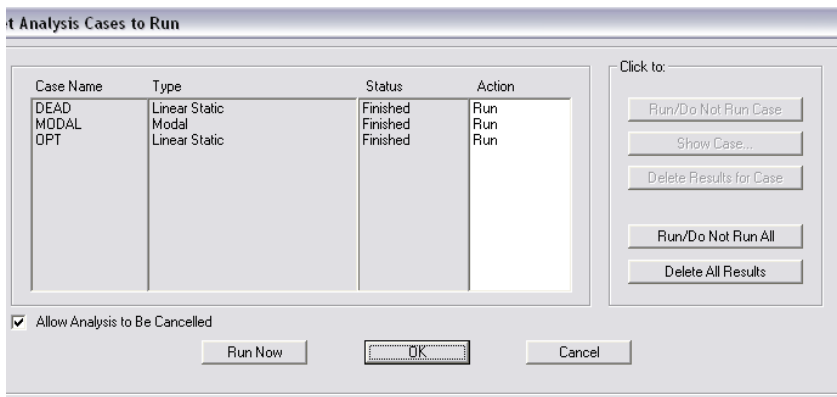
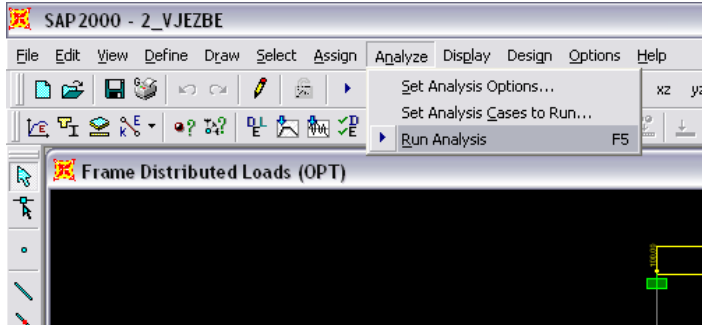
*po presjeku tj. izbrat ćemo sve elemente kojima smo pridružili Area Section – PLOCA klikom miša
prozorom obuhvatimo*

pridružiti ćemo površinsko opterećenje zadajemo

- Load Case
- Vrijednost opterećenja
- smjer

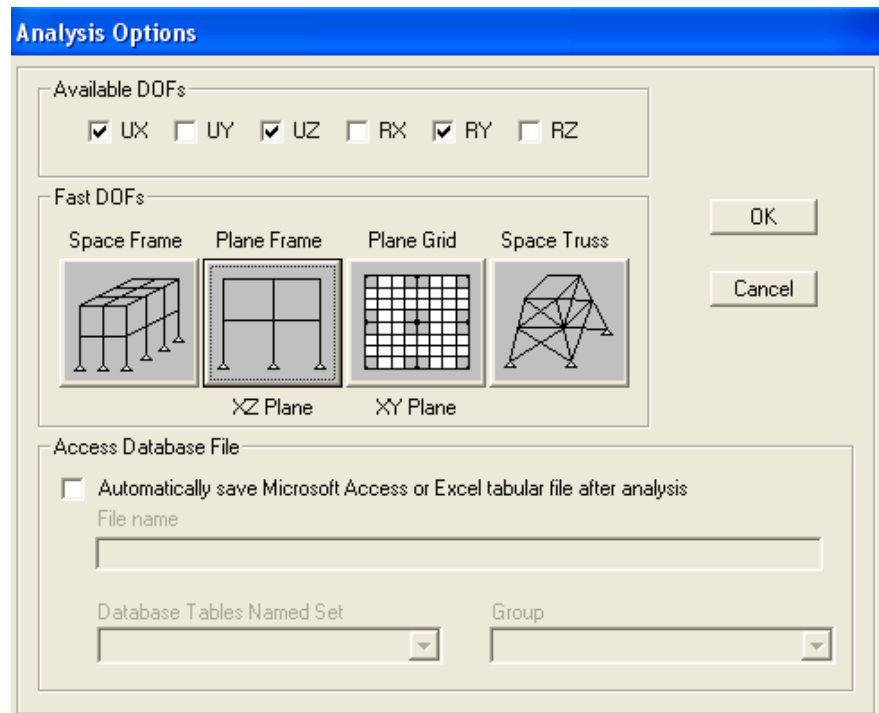


ANALYSE → RUN ANALYSE → RUN NOW



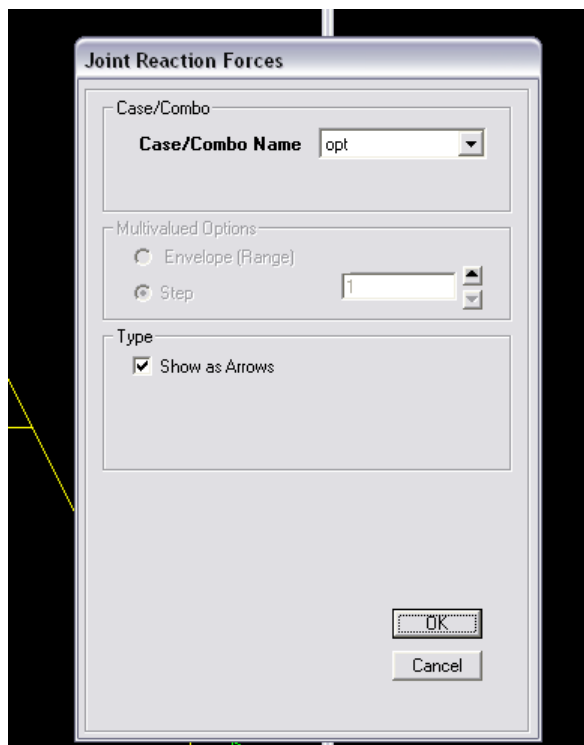
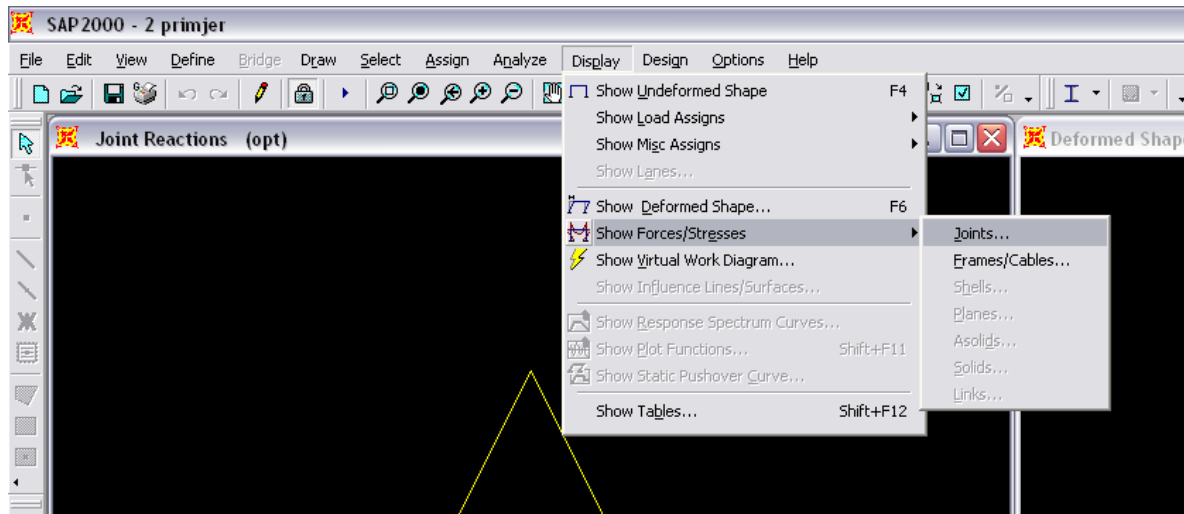
ANALYSE → SET ANALYSIS OPTIONS

[podešavanje parametara analize]

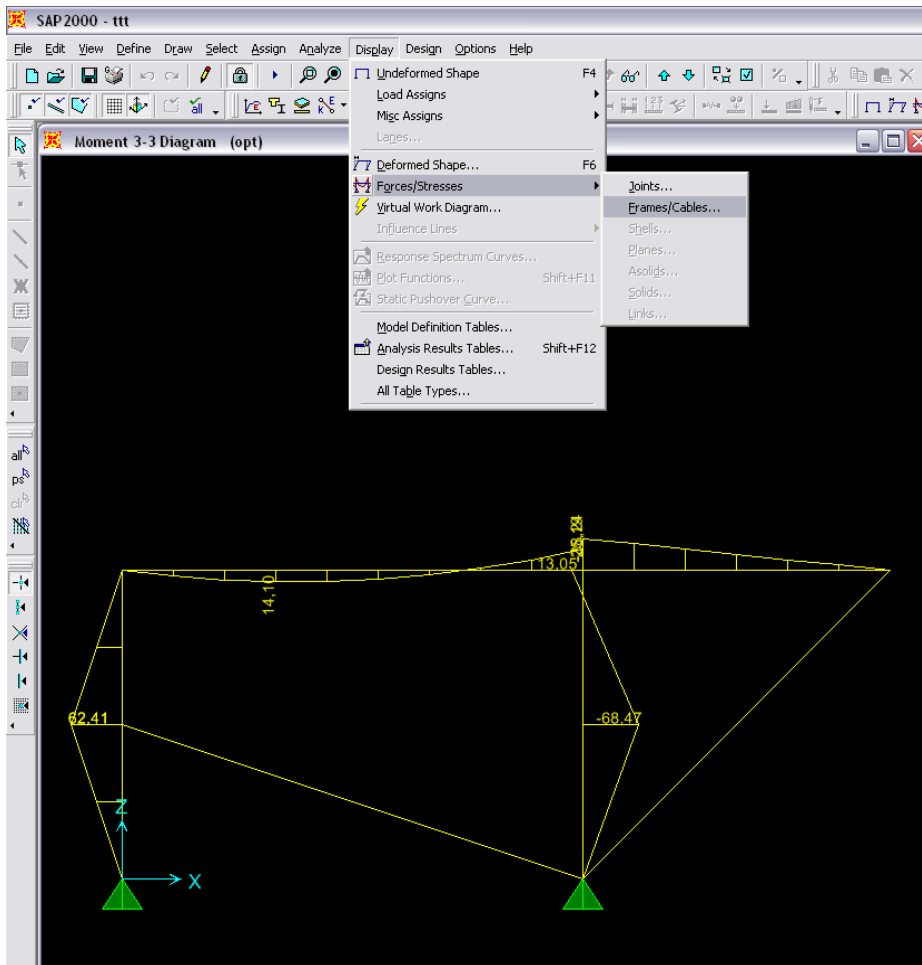


odabirom varijante XZ Plane osiguravamo prijelaz 3D sustava na 2D, sve parametre definirane izvan ravnine program ignorira.

DISPLAY → SHOW FORCES / STRESSES → JOINTS



DISPLAY → SHOW FORCES / STRESSES → FRAMES



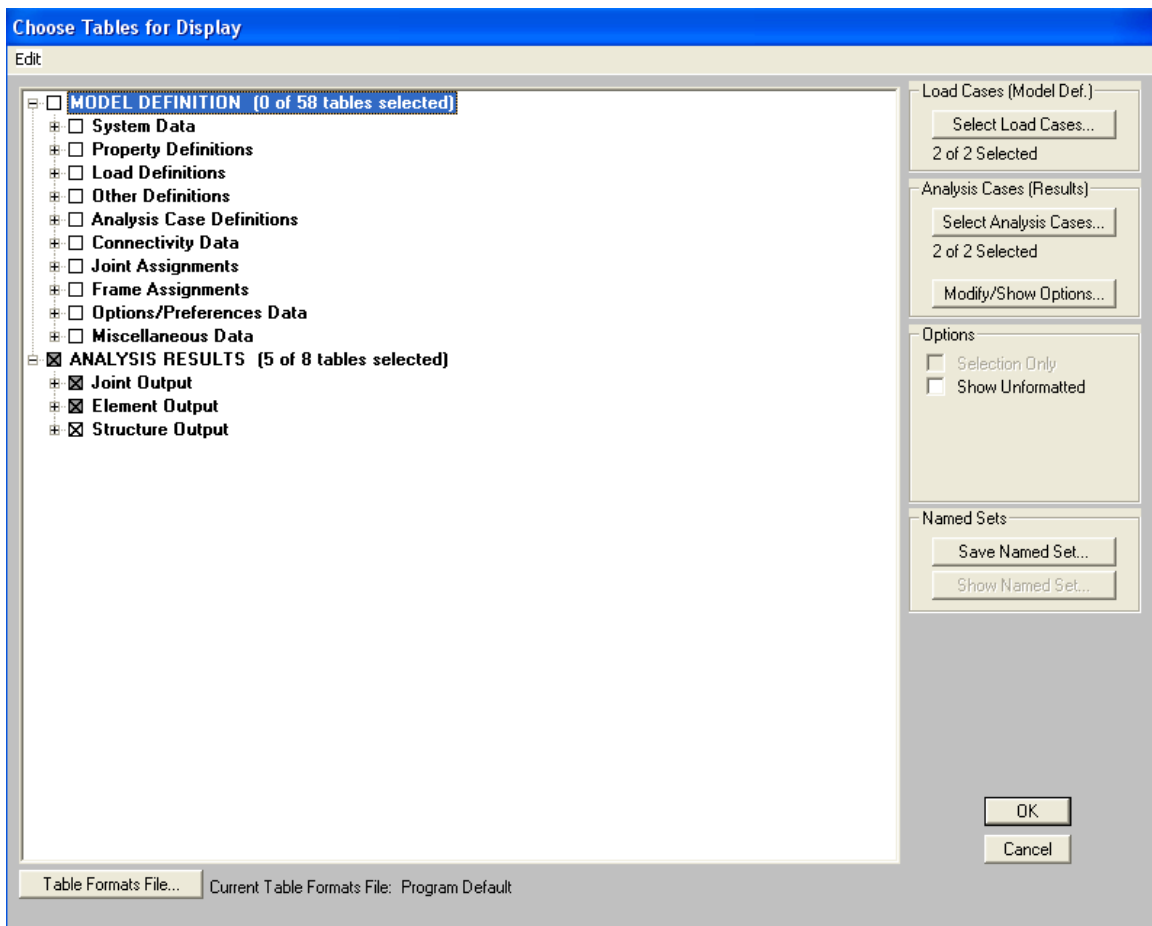
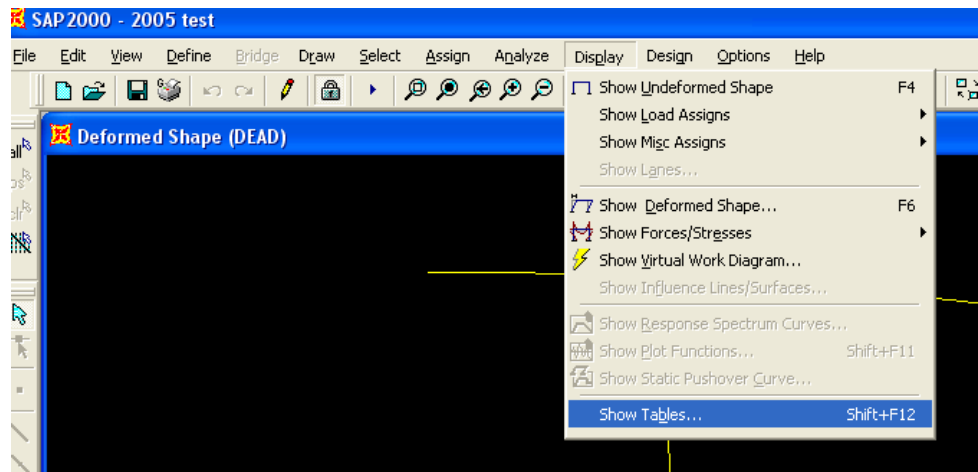
- izabrati opterećenje (pazi DEAD)
- izabrati dijagram:
 - o Axial Force – dijagram uzdužnih sila
 - o Shear 2-2 - dijagram poprečnih sila
 - o Moment 3-3 – momentni dijagram

- -promjena mjerila: automatski ili ručno

izabrati tip prikaza dijagrama

DISPLAY → SHOW TABLES

[tablični prikaz svih podataka vezanih za konstrukciju]



- izabrati koje podatke želimo u prikazu
- tekstualni ispis: **File → Print Tables**
-

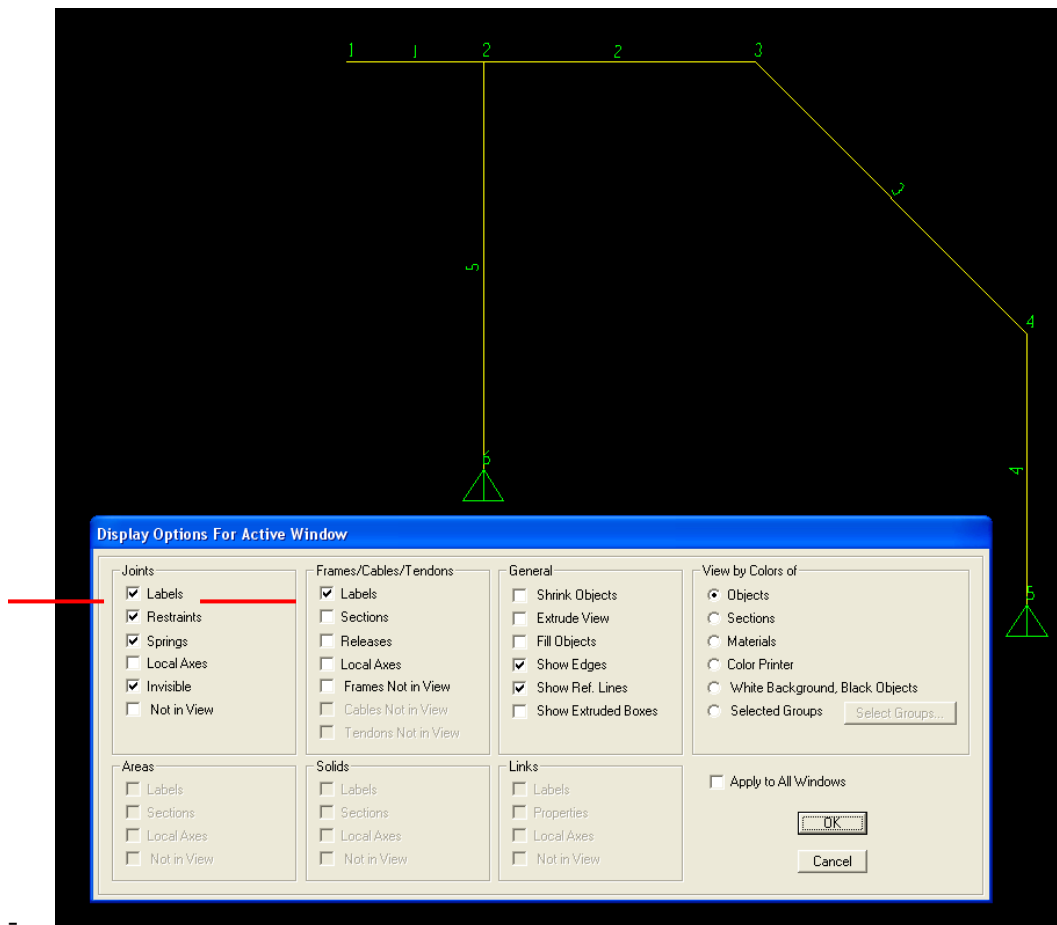
- Tabelarni prikaz:

Frame Text	Station m	Output Case Text	Case Type Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
1	0	DEAD	LinStatic	0	0	0	0	0	0
1	0,5	DEAD	LinStatic	0	1,368	0	0	0	-0,342
1	1	DEAD	LinStatic	0	2,736	0	0	0	-1,3682
1	0	opt	LinStatic	0	100	0	0	0	-7,105E-15
1	0,5	opt	LinStatic	0	100	0	0	0	-50
1	1	opt	LinStatic	0	100	0	0	0	-100
2	0	DEAD	LinStatic	-1,031	-6,124	0	0	0	-4,4604
2	0,5	DEAD	LinStatic	-1,031	-4,756	0	0	0	-1,7406
2	1	DEAD	LinStatic	-1,031	-3,387	0	0	0	0,2952
2	1,5	DEAD	LinStatic	-1,031	-2,019	0	0	0	1,6468
2	2	DEAD	LinStatic	-1,031	-0,651	0	0	0	2,3144
2	0	opt	LinStatic	-75,305	8,826	0	0	0	74,0865
2	0,5	opt	LinStatic	-75,305	28,826	0	0	0	64,6734
2	1	opt	LinStatic	-75,305	48,826	0	0	0	45,2603
2	1,5	opt	LinStatic	-75,305	68,826	0	0	0	15,8473
2	2	opt	LinStatic	-75,305	88,826	0	0	0	-23,5658
3	0	DEAD	LinStatic	-0,268	-1,189	0	0	0	2,3144
3	1,41421	DEAD	LinStatic	-3,005	1,547	0	0	0	2,0613
3	2,82843	DEAD	LinStatic	-5,741	4,283	0	0	0	-2,0615
3	0	opt	LinStatic	-116,058	9,561	0	0	0	-23,5658
3	1,41421	opt	LinStatic	-116,058	9,561	0	0	0	-37,0874
3	2,82843	opt	LinStatic	-116,058	9,561	0	0	0	-50,609
4	0	DEAD	LinStatic	-7,089	-1,031	0	0	0	-2,0615
4	1	DEAD	LinStatic	-9,825	-1,031	0	0	0	-1,0308
4	2	DEAD	LinStatic	-12,561	-1,031	0	0	0	0

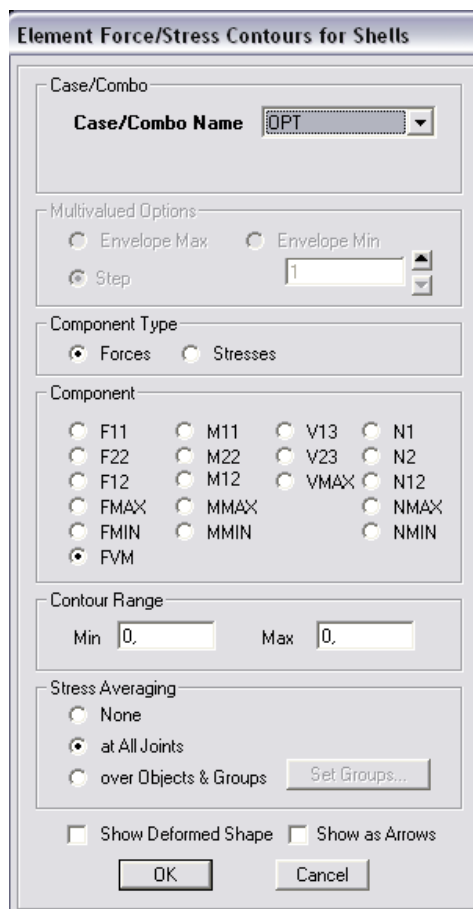
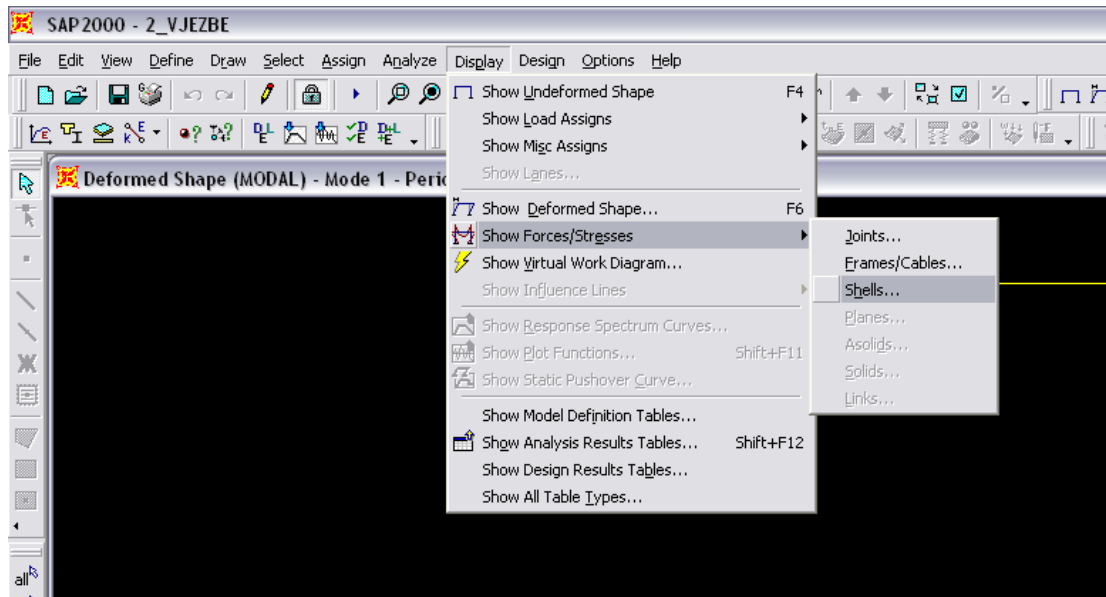
- ispis je vezan za numeriranje (label) elemenata ili čvorova.

- Prikaz numeriranih elemenata i čvorova:

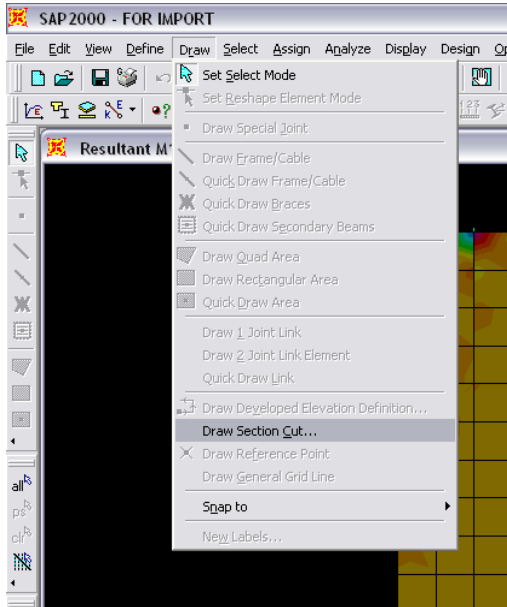
View → Set Display Options



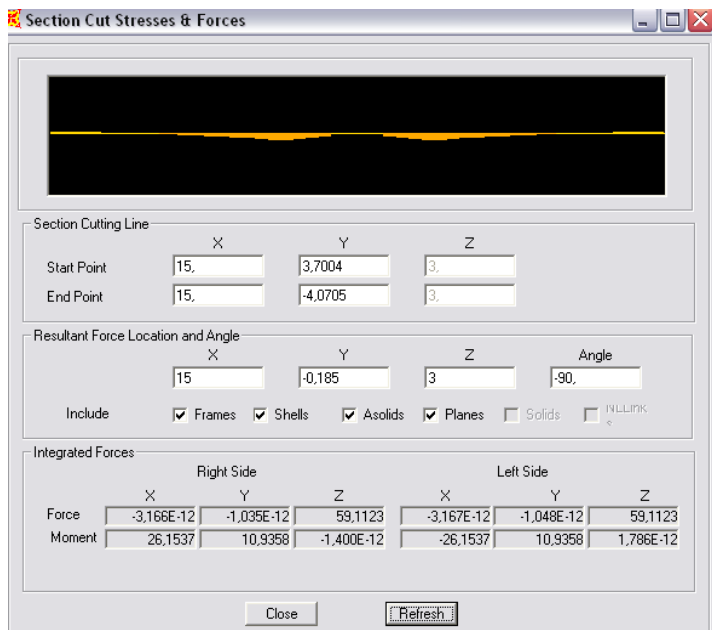
DISPLAY → SHOW FORCES / STRESSES → SHELLS



DRAW SECTION CUT



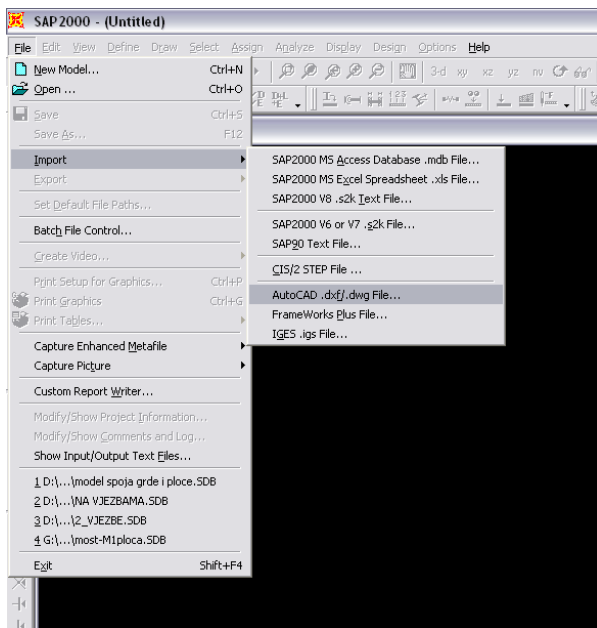
- ako želimo dobiti unutarnje sile u presjeku možemo presjeći ploču
- PAZI: moramo biti u ravnini ploče
- dobijemo presjek zadane unutarnje sile i izračunate rezultante



IMPORT .dxf

- Kreiranje dxf.-a:

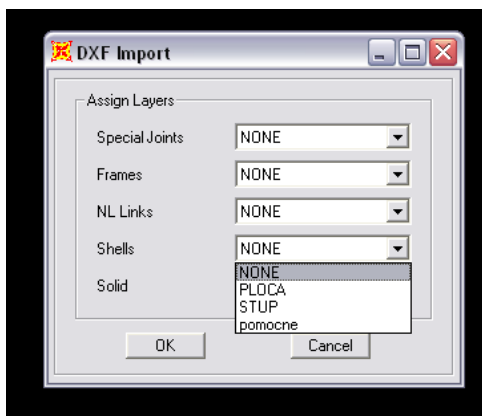
- **1D elem.** (line...) u AutoCAD-u SAP pridružuje FRAMES tj. grede ili stupove
- **2D elem.** (3dface..) u AutoCAD-u SAP pridružuje SHELLS tj. ploče ili zidove
jednostavne plohe Meshiramo naredbom 3DMESH
plohu općeg oblika Meshiramo naredbom surfab1(2)
- **3D elem.** (box,...) u AutoCAD-u SAP pridružuje SOLID tj. 3D elemente



- importirati možemo **.dxf** ili čak odmah **.dwg** file
- pronađemo i odaberemo file

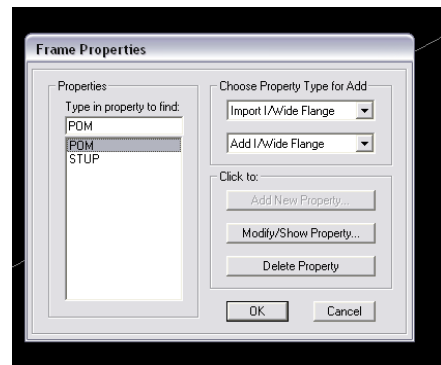
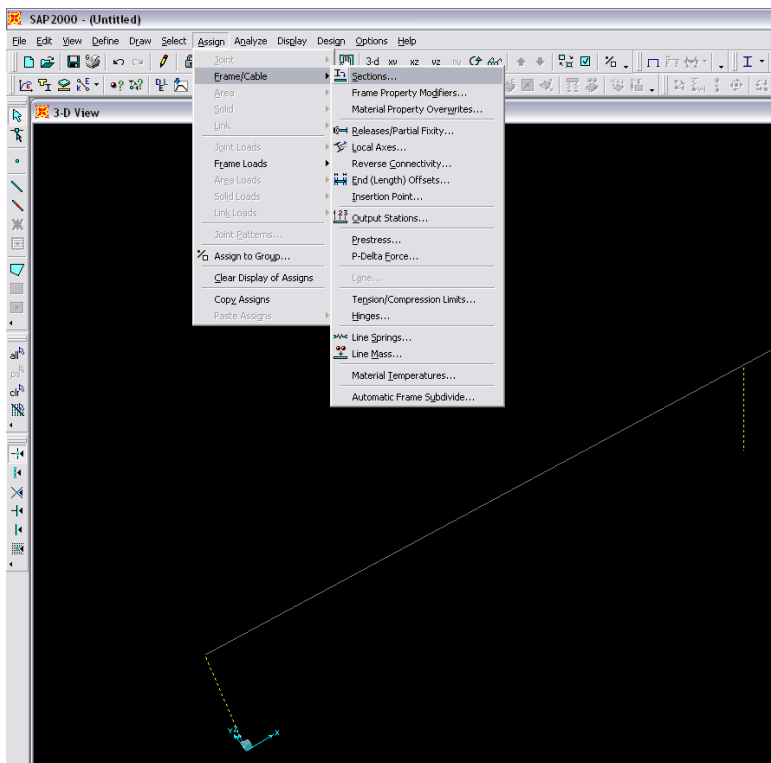


- IMPORT DATA
- moramo uskladiti koordinatni sustav iz AutoCAD-a sa SAP-ovim
- jedinice



- DXF IMPORT
- izabiremo layere iz AutoCAD-a i unosimo u SAP
- najbolje je unositi layer po layer i odmah u SAP-u mu pridodati njegove karakteristike
- **Frames** – unosimo grede i stupove
- **Shells** - unosimo ploče i zidove

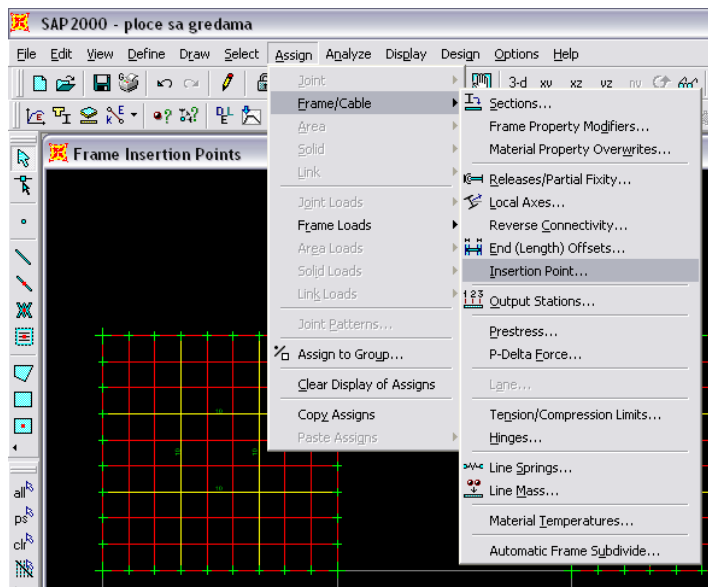
PRIDRUŽIVANJE DEFINIRANIH PRESJEKA



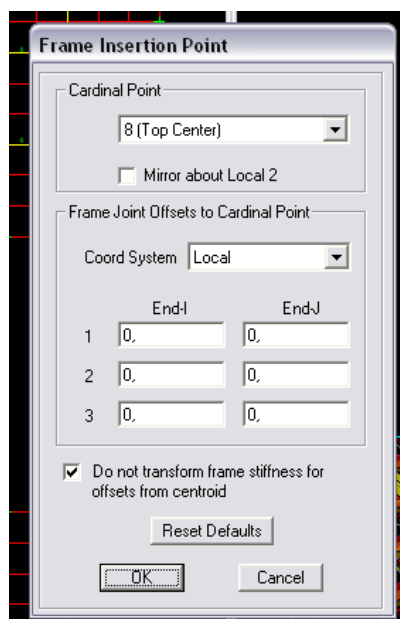
- ako smo Imortirali .dxf presjeci su **automatski odabrani** i samo trebamo pridružiti presjeke
- **Assign → Frame → Section**
- program odmah ispisuje sve definirane presjeke u cijelom modelu
- ako smo izašli iz naredbe i moramo ponovno definirati MORAMO prvo izabrati presjeke ručno i onda ponoviti naredbu

NA SLIČAN NAČIN PRIDRUŽUJEMO I SVE DRUGE KARAKTERISTIKE

FRAME INSERTION POINT (TOČKA SPAJANJA)

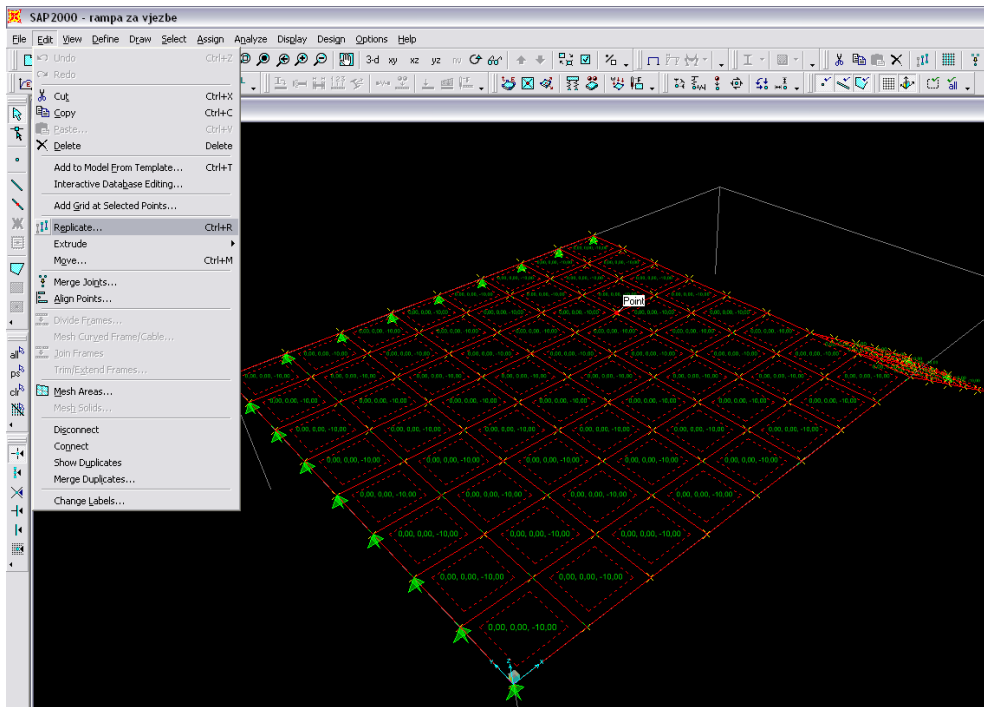


- ako ne želimo da, npr. greda i ploča, leže u istoj ravнини onda možemo izabrati točku spajanja.
- znači pomičemo gredu iz njenog defaultnog položaja (os grede i ploče se poklapa) i pomičemo je u izabrani
- **CARDINAL POINT** : na poprečnom presjeku grede možemo izabrati bilo koju karakterističnu točku.



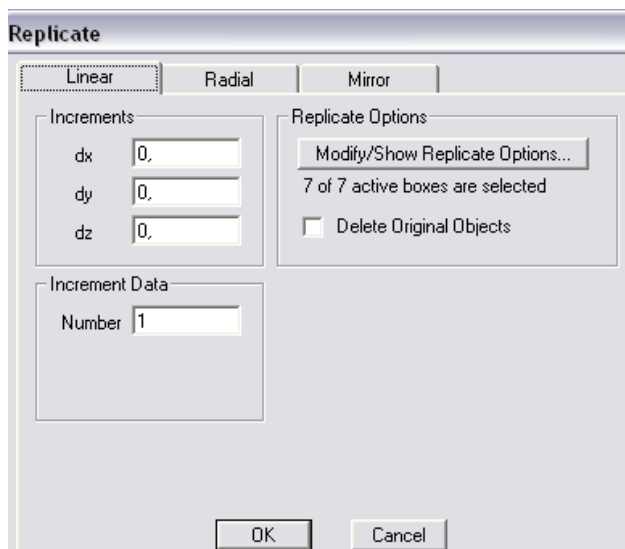
REPLICATE

- najprije izabrati elemente koje želimo kopirati



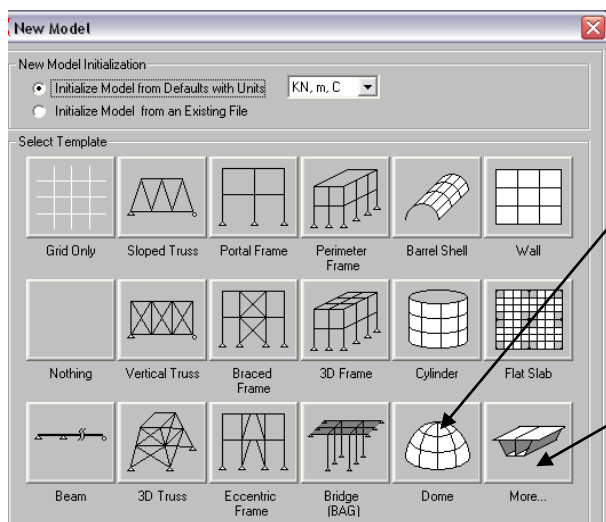
- varijante: Linearno (zadajemo udaljenost / koliko puta)
Radijalno (kopiranje + rotiranj oko osi)
Mirror (simetrija oko neke ravnine – PAZITI na osi poslije mirrora)

- **Replicate Options:** možemo izabrati koje parametre želimo kopirati



DEFINIRANJE KUPOLE

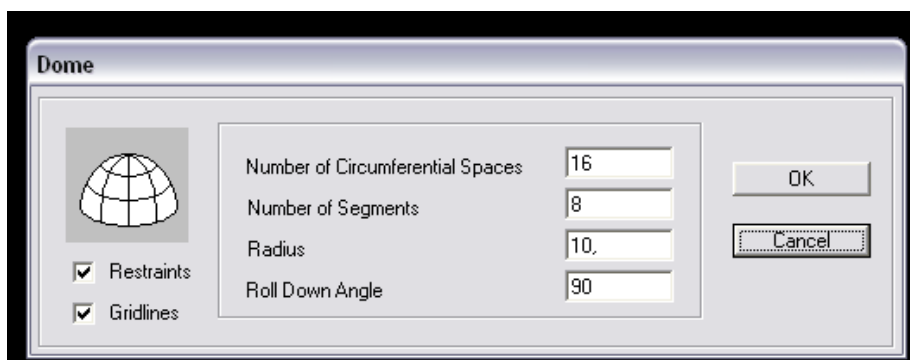
- prilikom kreiranja Novog model (New model) program nudi:



- već pripremljenu **jednostavnu varijantu** za definiranje kupole

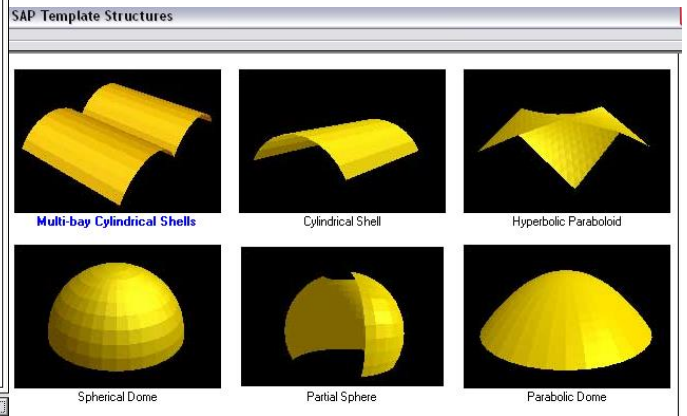
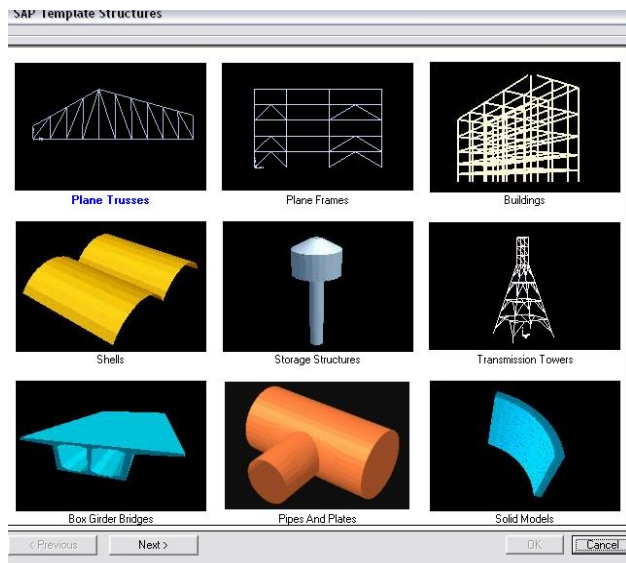
- već pripremljenu ali detaljnije **razrađenu varijantu**

Jednostavnija varijanta:



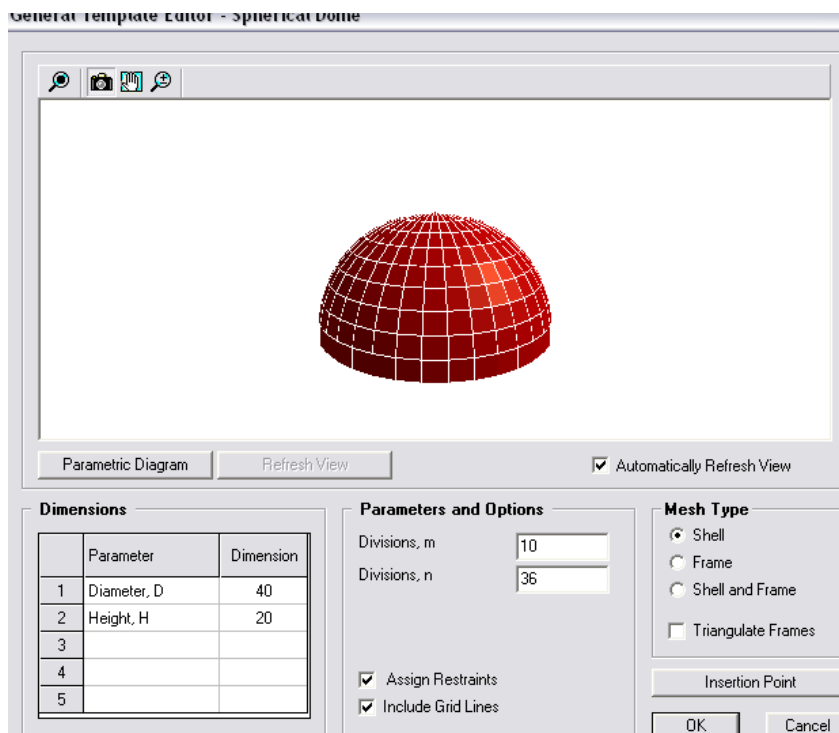
- **zadajemo osnovne podatke vezane za kupolu:**
 - o broj segmenata po radijusu kupole
 - o broj segmenata po visini kupole
 - o radijus
 - o kut kojim određujemo strelicu kupole

Razradenija varijanta:



- biramo tip konstrukcije

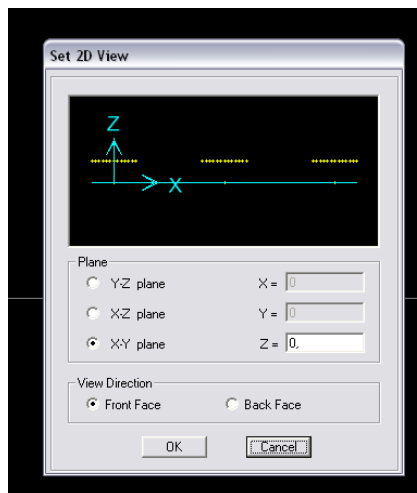
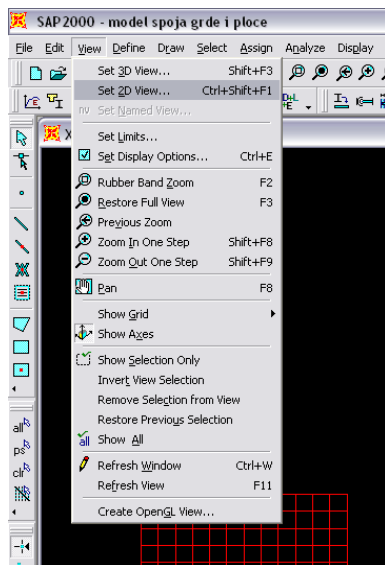
- odabiremo tip kupole



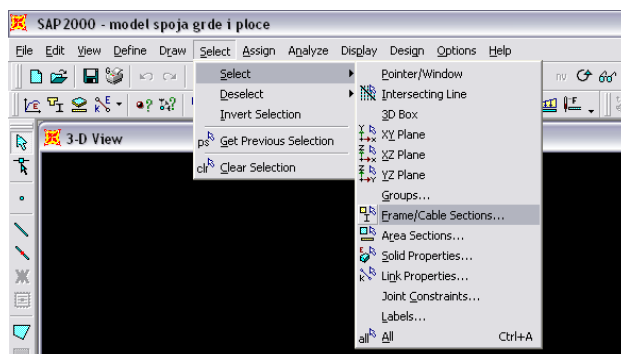
- **zadajemo podatke vezane za kupolu:**
 - o broj segmenata po radijusu kupole
 - o broj segmenata po visini kupole
 - o radijus
 - o visinu kupole
 - o tip elemenata od kojih je kupola sastavljena

DODATNO

- PROMJENA POGLEDA – RADNE RAVNINE
- prilikom odabira točkica za definiranje ležajeva možemo se prebaciti u ravninu u kojoj nam je 'zgodnije' izvesti naredbu
- moramo zadati visinsku koordinatu



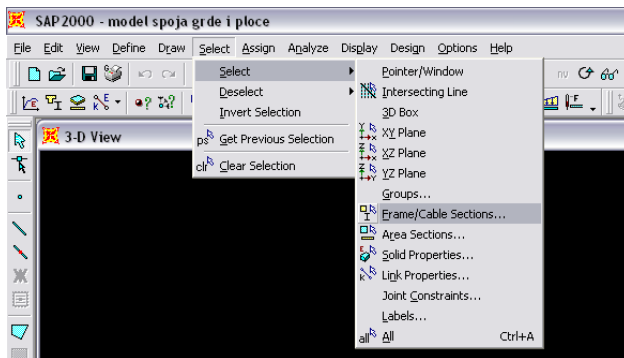
BRISANJE ELEMENATA



ako želimo izbrisati neke elemente dovoljno ih je odabrati mišem ili nekom od naredbi Select Menua i stisnuti tipku DEL

ako želimo izbrisati pomoćne linije izaberemo ih pomoću naredbe SELECT → Select → Frame Section → POM DEL

OBABIR ELEMENATA

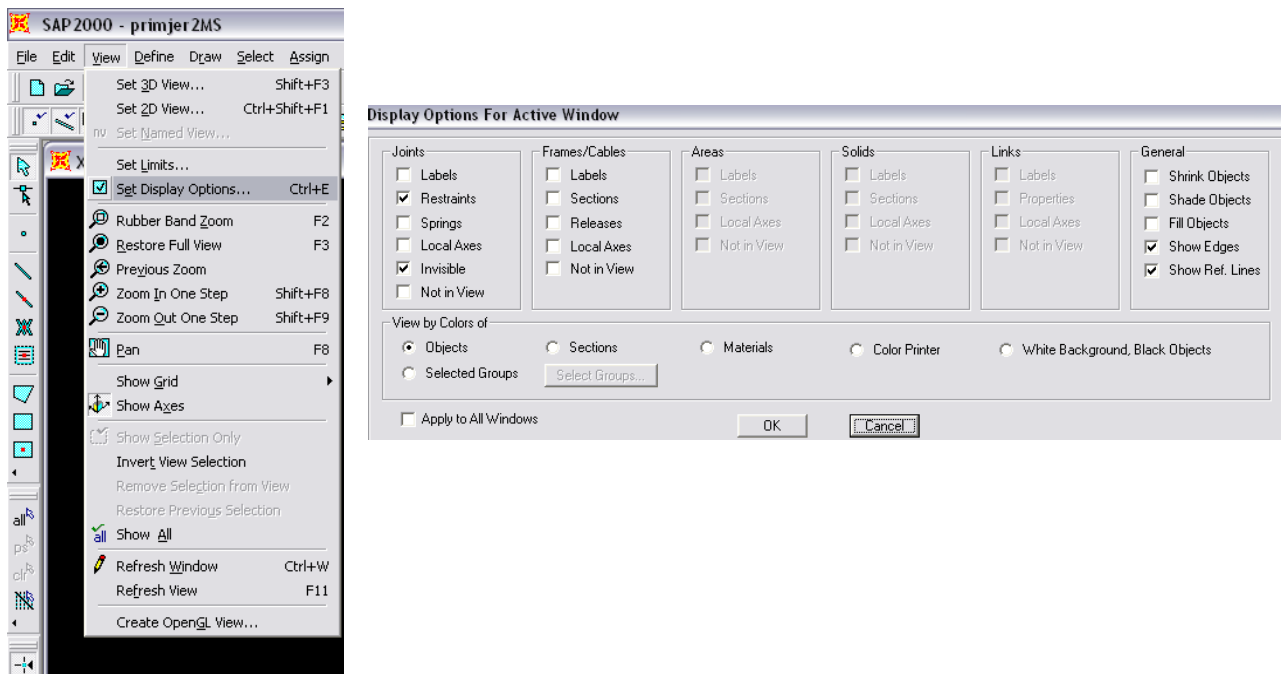


ako želimo izbrisati neke elemente dovoljno izaberemo ih pomoću naredbe SELECT

INFORMACIJE O ELEMENTIMA KONSTRUKCIJE

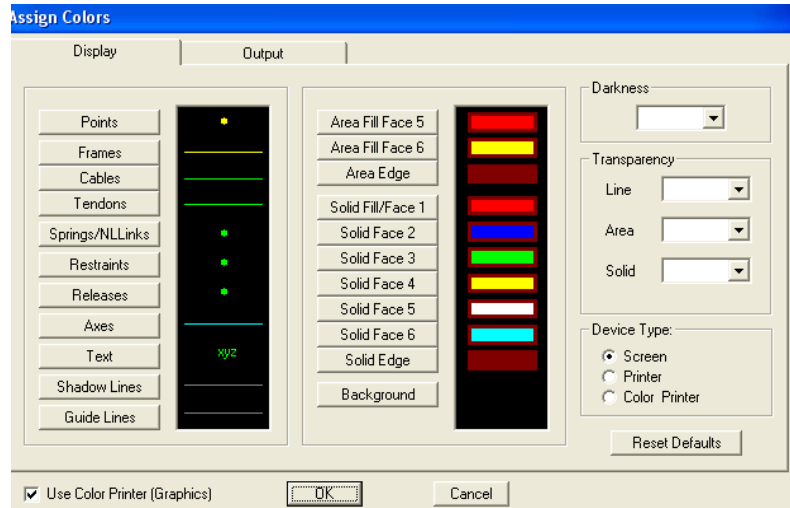
desnim klikom miša na bilo koji element konstrukcije dobijemo sve informacije vezane za njega

PRIKAZ NA EKRANU



- kvačicama biramo što želimo vidjeti na ekranu

- Options** → **Windows** (broj otvorenih prozora u programu)
- View** → **Show Axes** (prikaz globalnih osi)
- Options** → **Colors** (sređivanje boja u prikazu)



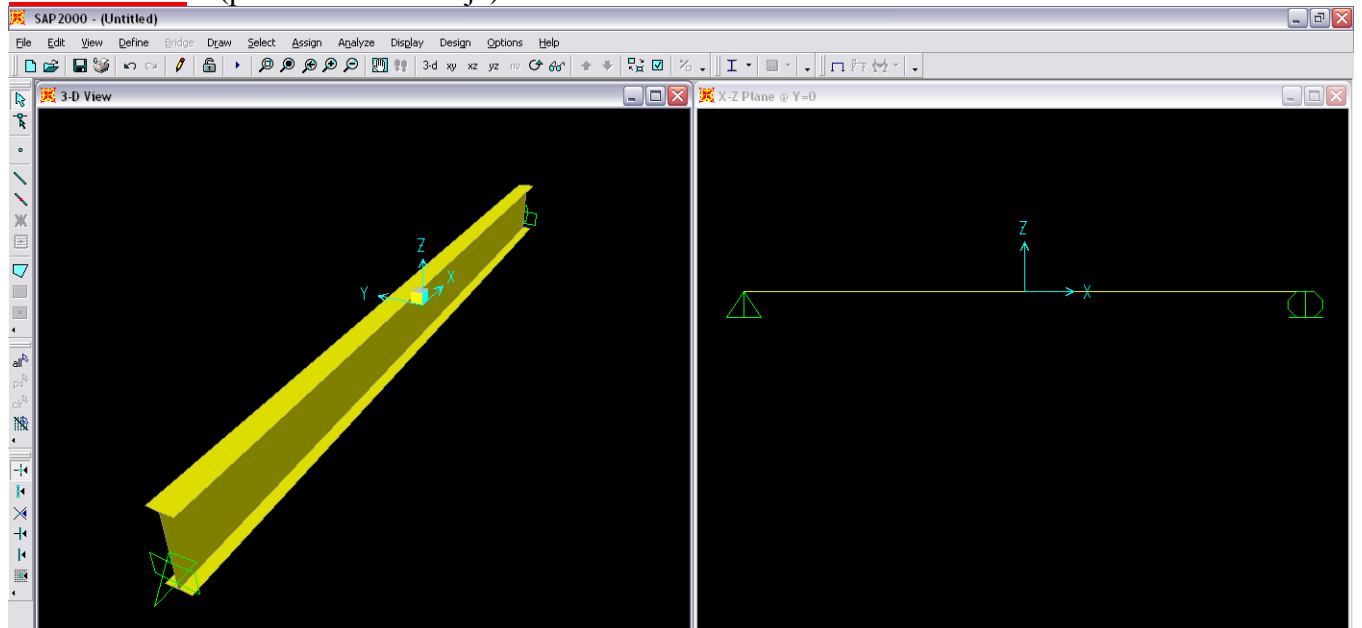
Primjeri

U nastavku su izdvojeni karakteristični primjeri "manuala" zadataka koji se rješavaju na vježbama. Ostali zadaci su sljedećim linkovima:

http://www.grad.hr/nastava/nmk/MODELIRANJE/KONSTRUKTIVNE_VJEZBE.htm

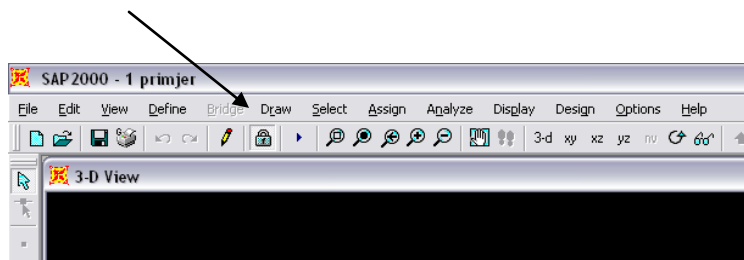
<http://www.grad.hr/plosni/>

PRIMJER 1 (početak modeliranja)



- promjeniti mjerne jedinice [kNm] [LINK](#)
- **NEW MODEL** [LINK](#) → *krećemo sa potpuno novim modelom*
- **BEAM** [LINK](#) → *Number of spans(broj raspona) = 1;
Span Length(duljina nosača = po volji)*
- **DEFINE → LOAD CASES** [LINK](#) → *definiramo bilo koje opt.*
- **DEFINIRANJE LINIJSKOG OPTEREĆENJA** [LINK](#) → *po cijeloj gredi*
- **ANALYSE → RUN ANALYSE → RUN NOW** [LINK](#) →
- **DISPLAY → SHOW FORCES → FRAMES** [LINK](#) → *prikaz rezultata*

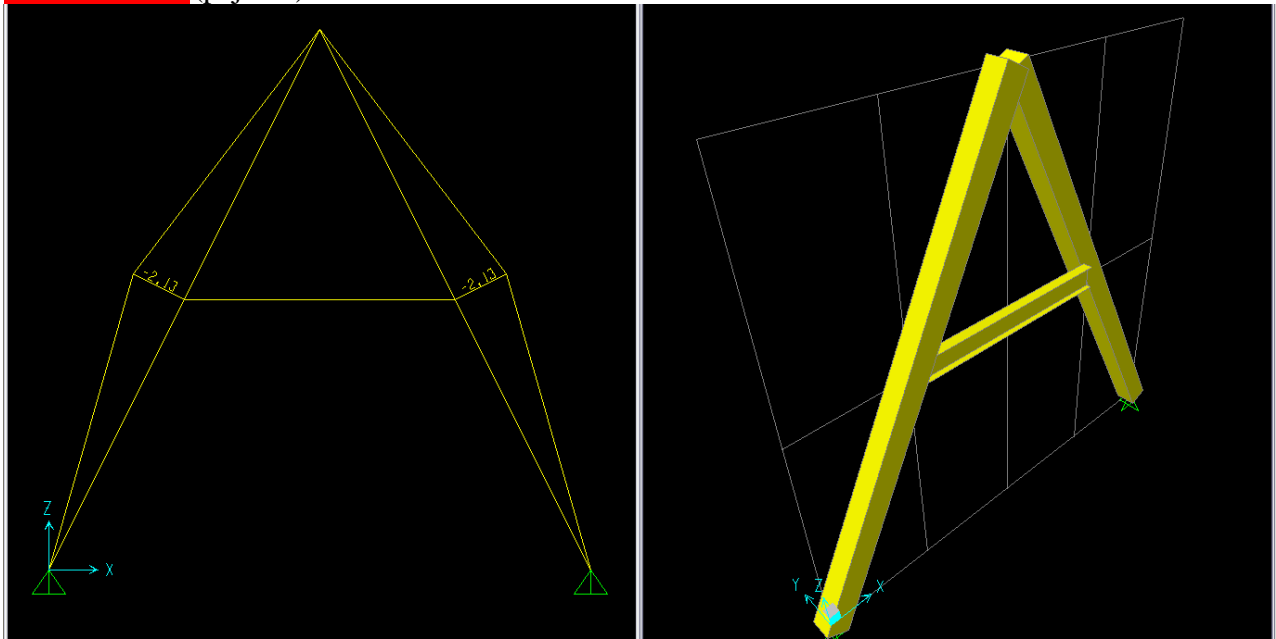
UNLOCK (*ako želimo poslije proračuna ponovno editirati model*)



- **ASSIGN → FRAME / CABLE → OUTPUT STATION** [LINK](#) →
definiramo diskretizaciju elementa = variramo 2, 3, 4, 5 (testiramo)

ANALIZA REZULTATA

PRIMJER 2 (pajanta)

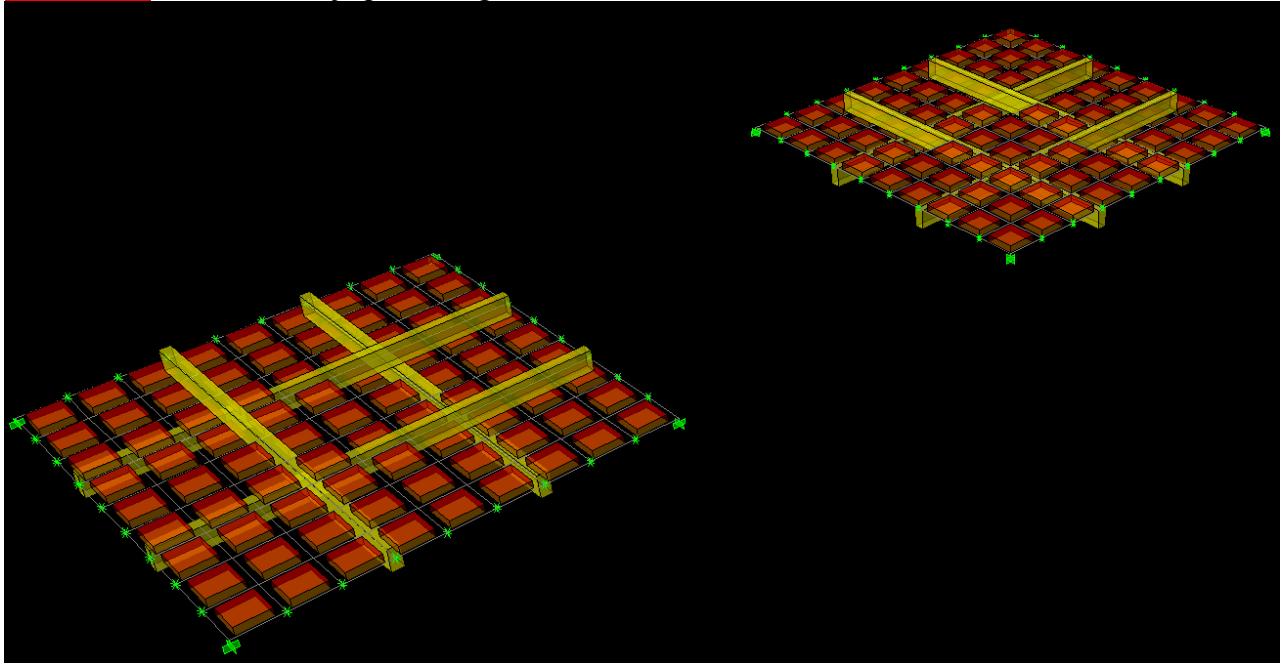


- promjeniti mjerne jedinice [kNm] [LINK](#)
- **NEW MODEL** [LINK](#) → *krećemo sa potpuno novim modelom*
- **GRID** [LINK](#) → *linina 5×1×3, razmaci: 1×1×2*
- **DEFINE FRAME SECTIONS** [LINK](#) → GREDE Add ;čelik
- **DEFINE FRAME SECTIONS** [LINK](#) → ZATEGA Import; čelik
- **DRAW FRAME** [LINK](#) → *nacrtamo dvije GREDE u obliku krova(Continuous) 'pikajući' čvorove grida*
- **DRAW FRAME** [LINK](#) → *nacrtamo ZATEGU (Pinned)*
- **ASSIGN JOINT RESTRAINS** [LINK](#) → *definiramo Rubne Uvjete – Ležajeve (nepomične ležajeve)*
- **ASSIGN RELEASES** [LINK](#) → *definiramo zglob između dvije GREDE (M33)*
- **DEFINE → LOAD CASES** [LINK](#) → *definiramo bilo koje opt.*
- **DEFINIRANJE LINIJSKOG OPTEREĆENJA** [LINK](#) → *po gredama 10 kN/m'*
- **ANALYSE → RUN ANALYSE → RUN NOW** [LINK](#) →
- **DISPLAY → SHOW FORCES/STRESSES → JOINTS** [LINK](#) → *prikaz reakcija*
- **DISPLAY → SHOW FORCES / STRESSES → FRAMES** [LINK](#) → *prikaz momenata*

UNLOCK

- **ASSIGN JOINT RESTRAINS** [LINK](#) → *promjena Rubnih Uvjeta – zadajemo klizni ležaj*

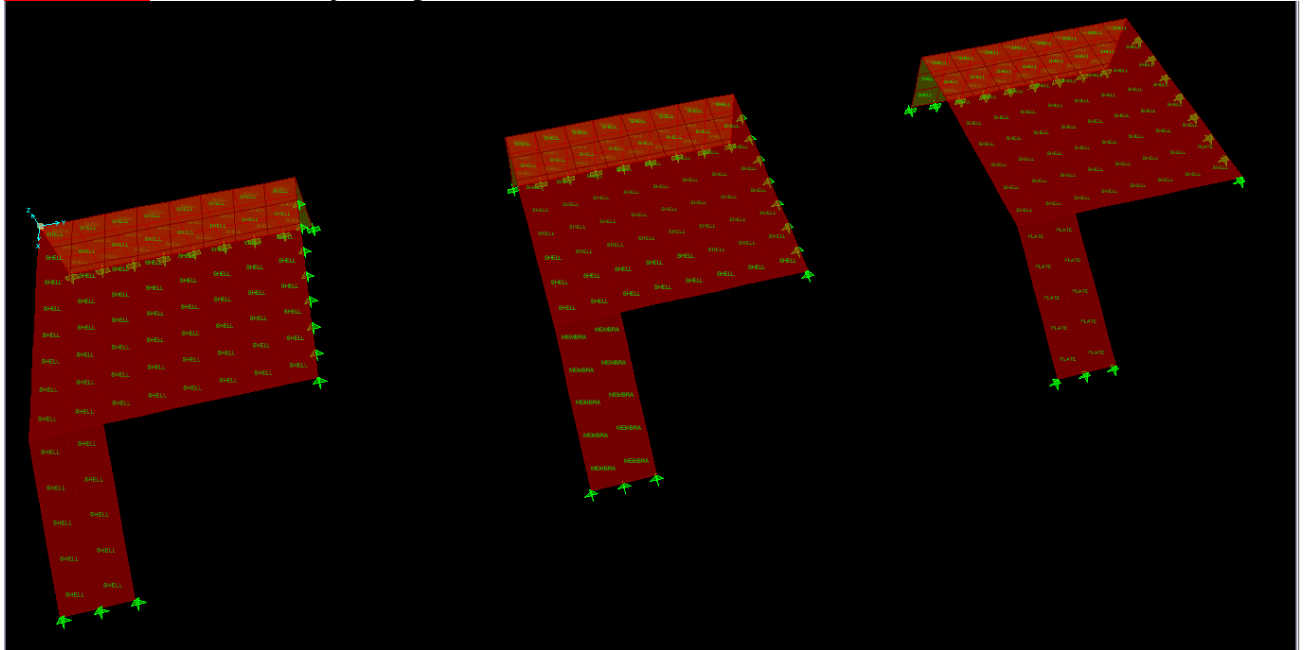
PRIMJER (modeliranje ploče sa gredama)



- promjeniti mjerne jedinice [kNm]
- **NEW MODEL** [LINK](#) → *krećemo sa potpuno novim modelom*
- **GRID** [LINK](#) → *linina 3×3×3, razmaci: 9×9×3*
- **DEFINE FRAME SECTIONS** [LINK](#) → *GREDA 25/50cm; beton*
- **DEFINE AREA SECTIONS** [LINK](#) → *PLOČA d=25cm ; beton*
- **DRAW → QUAD** [LINK](#) → *nacrtamo ploču (d=25cm) pomoću grida –
4 odvojene ploče u 'ćoškovima'*
- **MESH** [LINK](#) → *izmeshiramo ploče –9×9 elemenata (moramo prvo izabrati ploče)*
- **DRAW FRAME** [LINK](#) → *nacrtamo po dvije grede u svakom smjeru na 1/3 raspona*
- **FRAME INSERTION POINT** [LINK](#) → *pomaknemo gredu van ravnine ploče tako da je
greda spojena sa pločom u Top-Center točki (na gornjoj plohi grede u sredini presjeka
PAZI: isključi opciju: Do not transform frame stiffness for offset centroid*
- **ASSIGN JOINT RESTRAINS** [LINK](#) → *definiramo Rubne Uvjete – Ležajeve
Uvjete simetrije na svim rubnim
4 nepomična ležaja na 'ćoškovima'*
- **DEFINE → LOAD CASES** [LINK](#) → *definiramo bilo koje opt.*
- **DEFINIRANJE POVRŠINSKOG OPT.** [LINK](#) → *po cijeloj ploči 10 kN/m²*

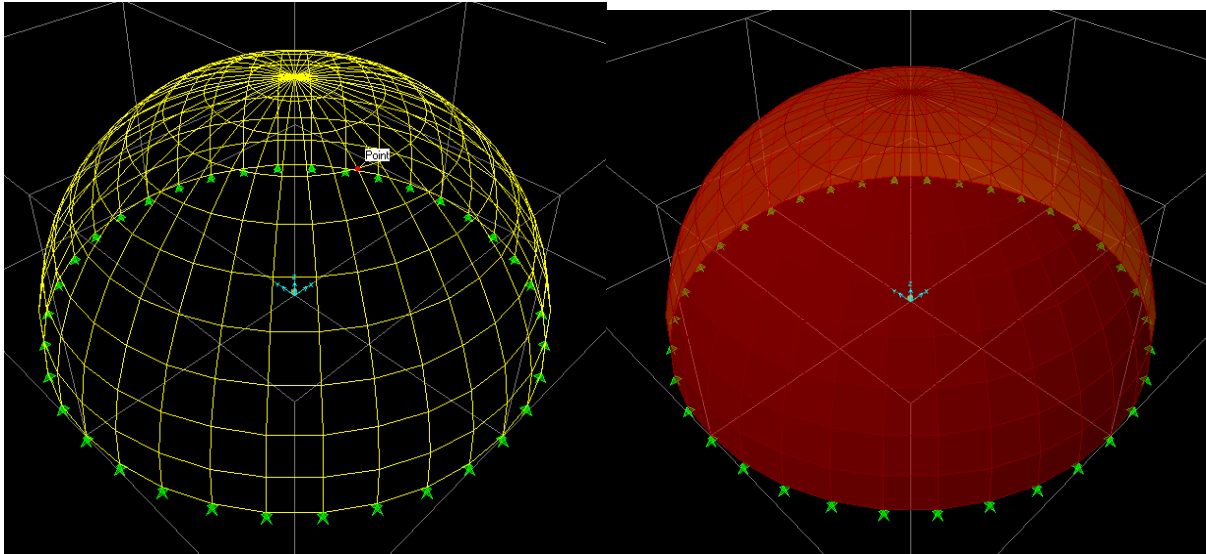
- **ANALYSE → RUN ANALYSE → RUN NOW** [LINK](#) →
- **DISPLAY → SHOW FORCES / STRESSES** [LINK](#) → *prikaz rezultata*
- **DRAW SECTION CUT** [LINK](#) → *ako želimo prikaz U.S. u nekom presjeku*

PRIMJER (modeliranje rampe)



- **IMPORT .dxf** [LINK](#) → *predhodno definirani model importiramo u SAP*
(odabiremo layer rampa)
- **DEFINE AREA SECTIONS** [LINK](#) → *PLOČA - SHELL D=20cm ; beton*
PLOČA – MEMBRANE D=20cm ; beton
PLOČA – PLATE D=20cm ; beton
- **PRIDRUŽIVANJE DEF. PRESJEKA** [LINK](#) → *ako smo nešto propustili ili krivo*
definirali, možemo ponovno definirati
- **ASSIGN JOINT RESTRAINS** [LINK](#) → *definiramo Rubne Uvjete – Ležajeve*
nepomične ležajeve na krajevima ploče
suprotno od rampe i na dnu rampe
- **DEFINE → LOAD CASES** [LINK](#) → *definiramo bilo koje opt.*
- **DEFINIRANJE POVRŠINSKOG OPTEREĆENJA** [LINK](#) → 10 kN/m²
(ploča i rampa)
- **REPLICATE** [LINK](#) → *definiramo udaljenosti dy=15 , n=2*
- **PRIDRUŽIVANJE DEF. PRESJEKA** [LINK](#) → *drugoj rampi → Membrane*
trećoj rampi → Plate
- **ANALYSE → RUN ANALYSE → RUN NOW** [LINK](#) →
- **DISPLAY → SHOW FORCES / STRESSES** [LINK](#) → *prikaz rezultata*

PRIMJER (modeliranje kupole)



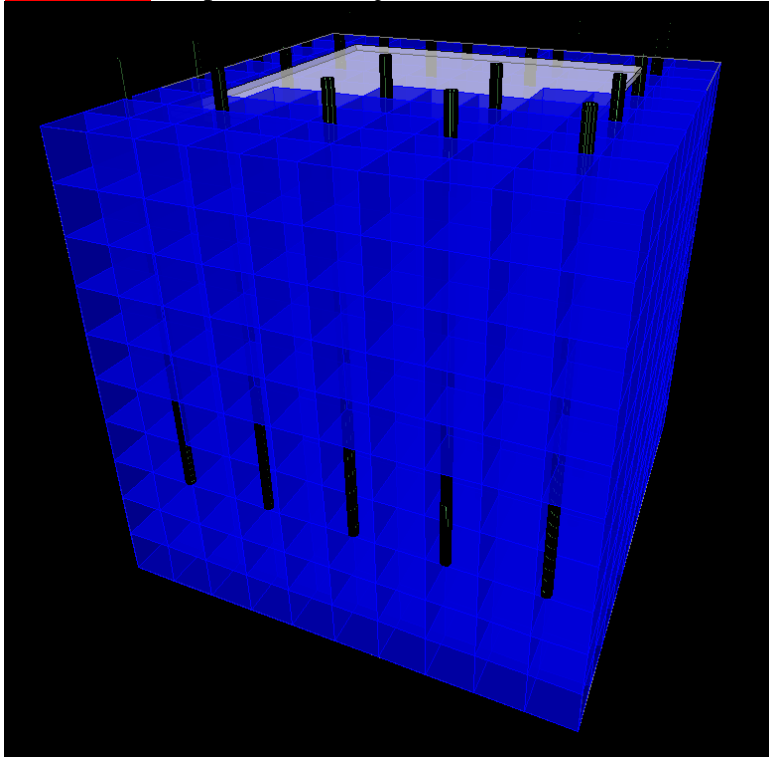
- **NEW MODEL** [LINK](#) → *krećemo sa potpuno novim modelom*
- **DEFINIRANJE KUPOLE** [LINK](#) → *definirati kupolu sastavljenu od frameovea
R=40m, H=20m;*
- **DEFINE FRAME SECTIONS** [LINK](#) → *GREDA 50/200cm; beton*
- **PRIDRUŽIVANJE DEF. PRESJEKA** [LINK](#) → *def. grede pridružimo kupoli*
- **ASSIGN JOINT RESTRAINS** [LINK](#) → **pravilno definirati ležajeve**
(jedan x+y+z, jedan y+z, ostali z)

- **ANALYSE → RUN ANALYSE → RUN NOW** [LINK](#) →
- **DISPLAY → SHOW FORCES / STRESSES** [LINK](#) → *prikaz rezultata*

- **DODATNO:**
- **DEFINIRANJE KUPOLE** [LINK](#) → *definirati kupolu sastavljenu od shellova*
- **DEFINE AREA SECTIONS** [LINK](#) → *PLOČA - SHELL D=14cm ; beton*
- **DEFINE FRAME SECTIONS** [LINK](#) → *PRSTEN 50/200cm; beton
(zadati vlačni i tlačni prsten)*

usporeba rezultata, radijalne i meridijalne sile

PRIMJER (piloti + temeljno tlo)



- **IMPORT .dxf** [LINK](#) → *predhodno definirani model importiramo u SAP*
 SOLID [box ili bilo koji 3D element] – tlo;
 AREA [2D face] –ploča;
 FRAME [line] –piloti

- **DEFINE FRAME SECTIONS** [LINK](#) → *PILOTI d=20cm;beton*
- **DEFINE AREA SECTIONS** [LINK](#) → *PLOČA D=20cm ; beton*
- **DEFINE SOLID PROPERTIES** [LINK](#) → *TLO D=20cm ; beton*

- **ASSIGN JOINT RESTRAINS** [LINK](#) → *uvjeti simetrije + z na dnu*
- **MESH** [LINK](#) → *izmeshiramo ploču –10×10 elemenata*

- **DEFINE → LOAD CASES** [LINK](#) → *definiramo bilo koje opt.*
- **DEFINIRANJE POVRŠINSKOG OPTEREĆENJA** [LINK](#) → *10 kN/m² na ploči*

- **ANALYSE → RUN ANALYSE → RUN NOW** [LINK](#) →
- **DISPLAY → SHOW FORCES / STRESSES** [LINK](#) → *prikaz rezultata*

- **SOLID** [LINK](#) → *pomoću naredbi Extrude i Convert možemo pretvoriti 2D elemete u 3D*