

## 8.1- 14 Katlı Hastane Projesi

İlk olarak 14 katlı ve 59.45m uzunluğunda bir hastane projesi incelenecektir. Proje bilgileri:

<b>Bina Kullanım Amacı</b>	Hastane
<b>Bina kullanım sınıfı</b>	BKS=1
<b>S<sub>DS</sub></b>	0.5912
<b>Deprem tasarım sınıfı</b>	DTS=2a
<b>H<sub>N</sub></b>	42.3m
<b>Bina yükseklik sınıfı</b>	BYS=3
<b>Yeni/Mevcut yapı</b>	Yeni Yapı

**Tablo 8.1 :** İncelenecek hastane projesinin özellikleri

Tabloda verilen bilgilerine göre, yapımız DTS=2a grubuna dahildir. Yapı toplam uzunluğu 59.45m, bodrum yüksekliği 17.15m'dir. Bu sebeple bodrum üstündeki yükseklik 42.3m olup yapı BYS=3 sınıfına girmektedir.

Yapılması gereken analizler, TBDY2018 madde 4.1.4.2'de tanımlanmıştır:

**“4.1.4.2 – Tablo 3.4(a)’ya göre Deprem Tasarım Sınıfı DTS=1a, DTS=2a ve aynı zamanda Bina Yükseklik Sınıfı BYS=2, BYS=3 olan binalarda;**

**(a) DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında  $I = 1.5$  alınarak bu Bölüm’deki DGT hesap esasları ile yapılan tasarım bir ön tasarım olarak gözönüne alınacaktır.**

**(b) Ön tasarımı yapılan bina taşıyıcı sistemi bu kez DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında Tablo 3.4(a)’da İleri Performans Hedefi olarak tanımlanan Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini ve ayrıca DD-3 depremi altında Sınırlı Hasar (SH) performans hedefini sağlamak üzere Bölüm 5’e göre Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımı ile değerlendirilecek ve gerekli olması durumunda tasarım hedeflenen performans sağlanacak şekilde tekrarlanacaktır.”**

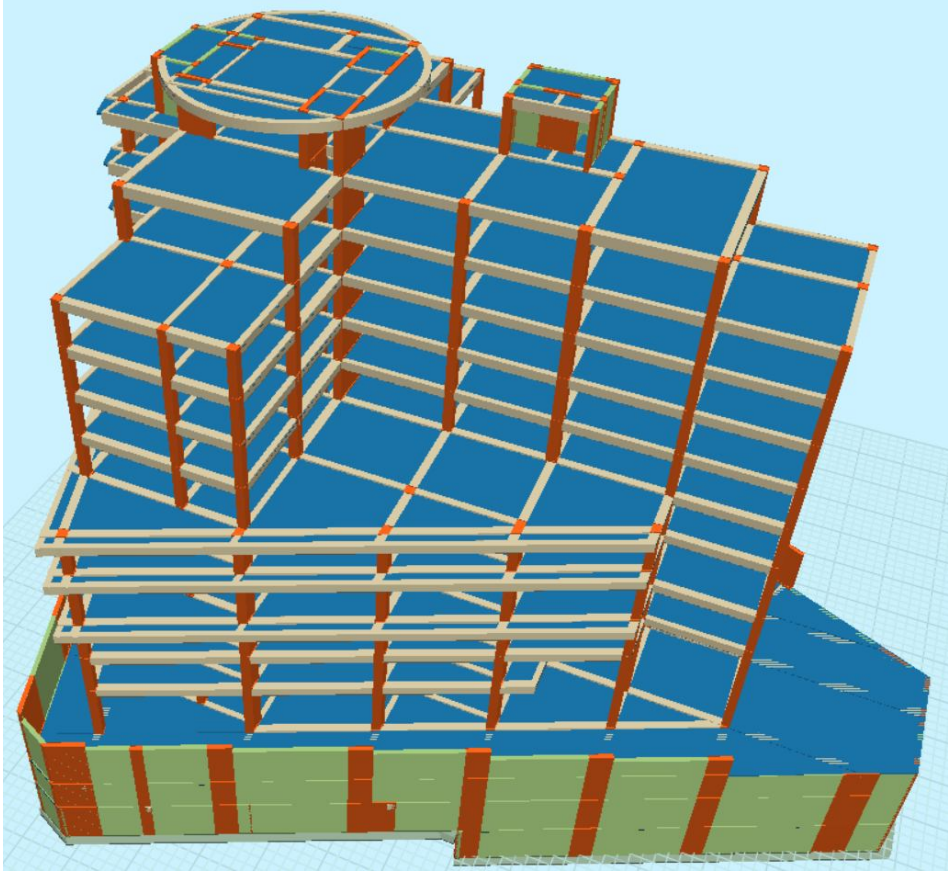
**Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları**

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar  
(Yüksek Binalar Dışında –  $BYS \geq 2$ )

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a <sup>(1)</sup> , 2, 2a <sup>(1)</sup> , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a <sup>(2)</sup> , 2a <sup>(2)</sup>	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT <sup>(5)</sup>	KH	DGT <sup>(3,4)</sup>
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

**Şekil 8.1:** Tbdy2018 Tablo 3.4(a)

Tbdy2018 Tablo 3.4(a) kısmında yapılacak olan analizler hakkında yönlendirme bulunmaktadır. Yeni yapılacak hastane yapısı için üç adet analiz gerekmektedir. İlk olarak, yapı donatısını belirlemek için DD-2 depremi altında “Dayanıma göre Tasarım” yapılmalıdır. Bu tasarıma “Ön tasarım” denir. Ön tasarım tamamlandıktan sonra yapının DD-1 ve DD-3 depremleri için performansının da yeterli olup olmadığına bakılır. Eğer performans kriterleri sağlanmıyorsa, hasar alan elemanların donatısı artırılabilir veya taşıyıcı sistem değiştirilir.



Şekil 8.2: Hastane yapısının görseli

## 8.2- DD2 Depremi etkisi altında Ön Tasarım

Ön tasarım hesap adımları, herhangi bir proje oluşturulmasından farklı değildir. Yapı elemanları tanımlandıktan sonra deprem yönetmeliği parametreleri doldurulur. Bu tasarımda bina önem katsayısı olarak “1.5” alınması gerekmektedir.

YAPI GENEL BİLGİLERİ		HASTANE	
Yapı Proje İsmi	HASTANE		
Kat Sayısı	14		
Spektral ivme Katsayısı	Sds/Sd1	0.591/0.219	
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	Rx/Ry	7	
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	2.5	
Deprem Yapı Önem Katsayısı	I	1.5	
Hareketli Yük Katsayısı	n	0.3	
Deprem Yükü Alt Yüksekliği	Hx/Hy (m)	17.15	
Zemin Yatak Katsayısı	Ko (t/m <sup>3</sup> )	7200	
Zemin Taşıma Gücü Gerilmesi	qt (t/m <sup>2</sup> )	60	
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	Cz	1	
Deprem Yükü Eksantirisitesi		0.05	
Modal Analiz Min. Yük Oranı	β	0.9	
Üst Kat no (TDY için)		14	
Aplikasyon Kot Farkı	(m)	-21.07	

YS. CERCEVE + YS. PERDE

UserKey

**TBDY 2018 - YEREL İVME DEĞERLERİNİN BULUNMASI**

Deprem tasarım sınıfı DTS = 2a  
 Bina yükseklik sınıfı BYS = 3  
 Bina kullanım sınıfı BKS = 1

DD2 →  
 Normal Performans Hedefi : KH  
 Değerlendirme/Tasarım : DGT

DD1 →  
 İleri Performans Hedefi : KH  
 Değerlendirme/Tasarım : ŞDGT

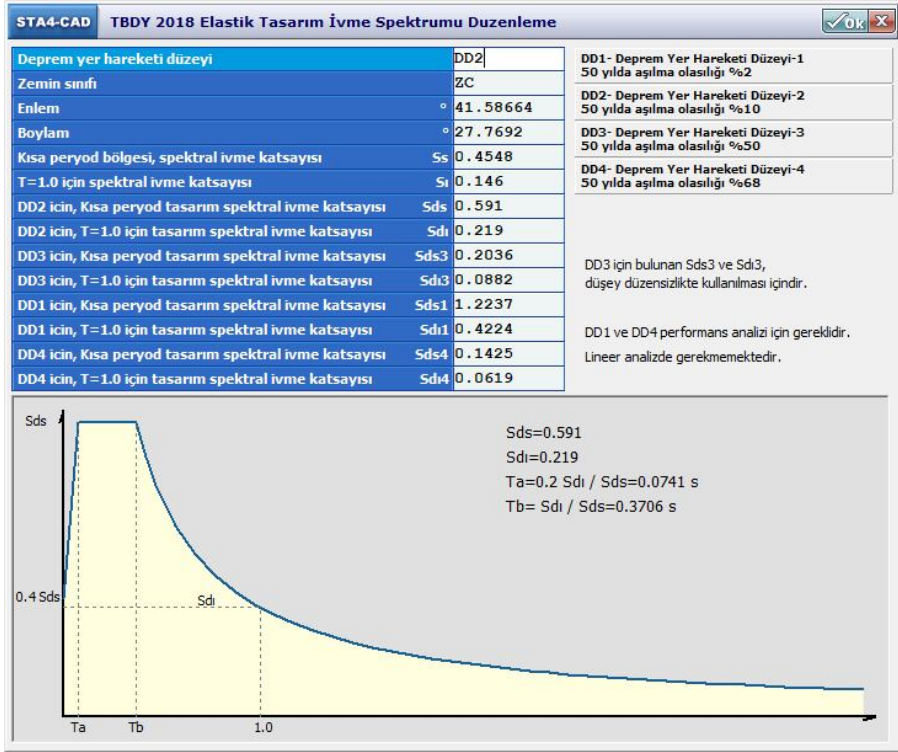
DD3 →  
 İleri Performans Hedefi : SH  
 Değerlendirme/Tasarım : ŞDGT

DD1 veya DD3 seçilmelidir  
 SH : Sınırlı Hasar  
 KH : Kontrollü Hasar  
 DGT : Dayanıma Göre Tasarım  
 ŞDGT : Şekil Değiş. Göre Tasarım

YENİ YAPI PROJESİ    DEPREM STANDARDI: TBDY2018    TASARIM STANDARDI: TS500t

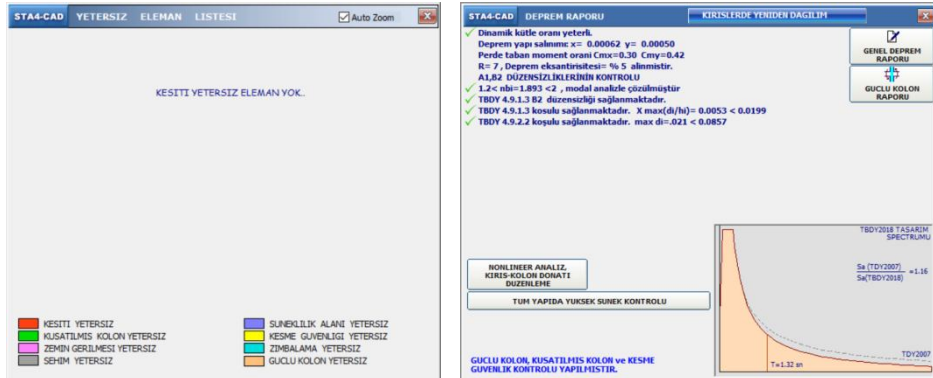
Şekil 8.3: Yapı genel bilgileri

Bütün yapısal elemanlar girildiği ve yapı önem katsayısı seçildiğinde, program çözümle ilgili bazı yönlendirmeler yapabilir. Üç aşamalı analiz yapılacağı için, ivme spektrumu bilgileri girilirken DD-1, DD-2 ve DD-3 spektrumları mutlaka tanımlanmalıdır. Bilgi bütünlüğü açısından DD-4 depremi spektrumunun da girilmesi faydalı olur.



Şekil 8.4: Spektrum bilgileri

Yapı bilgi girişi ve depremsel özellikleri tanımlandıktan sonra, DD-2 depremi ile ön tasarım yapılır. Yapılan tasarımlar sonucunda tüm kesitler yeterli hale getirilmeli, ayrıca depremsel talepler de karşılanmalıdır.



Şekil 8.5: Tasarım sonucu ve deprem raporu

Bu aşamaya gelindiğinde TBDY Bölüm 4'e göre tasarım tamamlanmış olunur.

TBDY 2018 madde 4.1.4.1'e göre:

**“4.1.4.1 – Tablo 4.1’e göre bu Bölüm’ün kapsamındaki tüm binalarda, Tablo 3.4(a)’da Normal Performans Hedefi olarak tanımlanan Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlamak üzere, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında bu Bölüm’de verilen DGT hesap esasları ile deprem hesabı yapılacaktır.”**

Başka bir deyişle, Bölüm 4’de anlatılan “Dayanıma Göre Tasarım” adımları tamamlandığında, yapı “Kontrollü Hasar” performans hedefini sağlamış olur.

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = $1a^{(2)}$ , $2a^{(2)}$	
	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT <sup>(3,4)</sup> ✓
DD-1	KH	ŞGDT

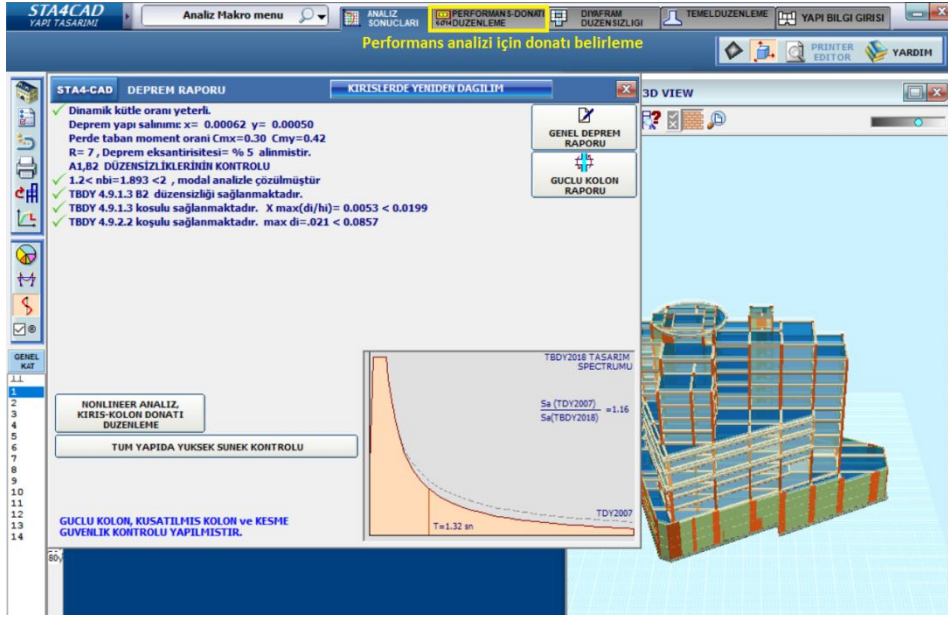
Şekil 8.6: Tamamlanan analiz adımları

### 8.3- DD1 Depremi etkisi altında İleri Performans Hedefi(2. Aşama Analiz)

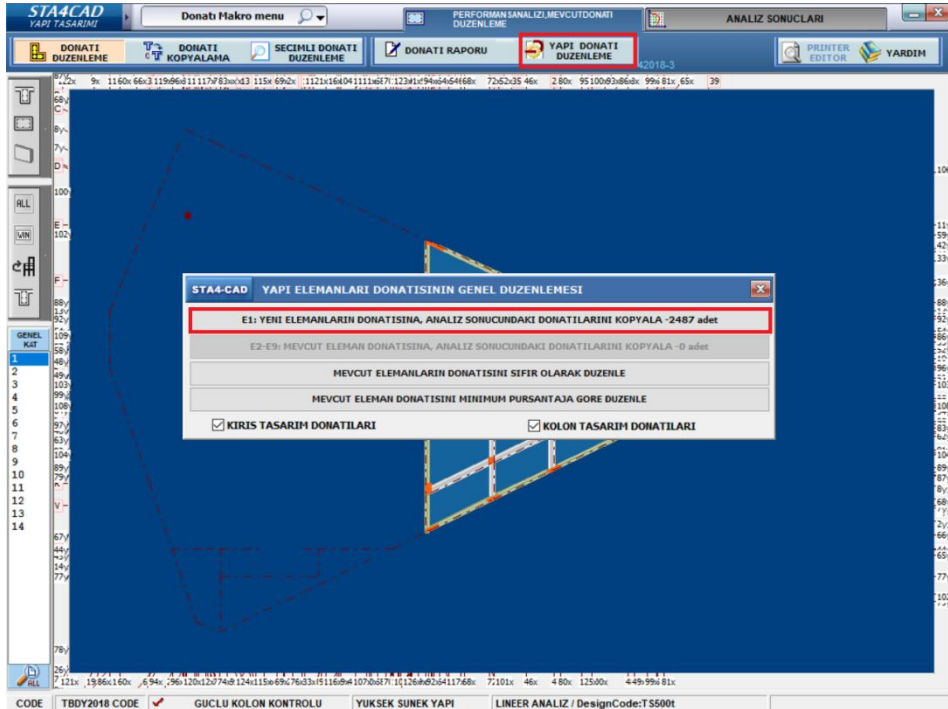
Ön tasarımı tamamlanan yapının değişik deprem düzeylerindeki performansı gözden geçirilmelidir. İlk yapılacak analizde DD-1 depremi altında yapının “Kontrollü Hasar” performans hedefini sağlaması beklenmektedir. “Sınırlı Hasar” veya “Kesintisiz Kullanım” performans düzeyleri, “Kontrollü Hasar” dan daha yüksek bir düzey olduğu için ve “Kontrollü Hasar” performans düzeyinin bütün taleplerini de sağladıkları için, bu adımın sonucu olarak da yeterlidir.

Yapılacak performans analizlerinde, ön tasarımdan elde edilen donatı düzeni kullanılacaktır. Sta4CAD programında ön tasarım ile elde edilen donatı düzeni ve performans hesapları için kullanılacak olan donatı düzeni farklı menülerden tanımlanır. Ön tasarım sonuçlarının performans kısmına kopyalanması için, “Performans Donatı Düzenleme” menüsüne girilir.

Açılan menüde, “Yapı Donatı Düzenleme” kısmından yapının donatı düzeni topluca değiştirilebilir. “Yapı Donatı Düzenleme” kısmına girildiğinde “E1: Yeni elemanların donatısına, analiz sonucundaki donatıları kopyala” düğmesi tıklanarak donatı tanımlama işlemi yapılmış olunur.



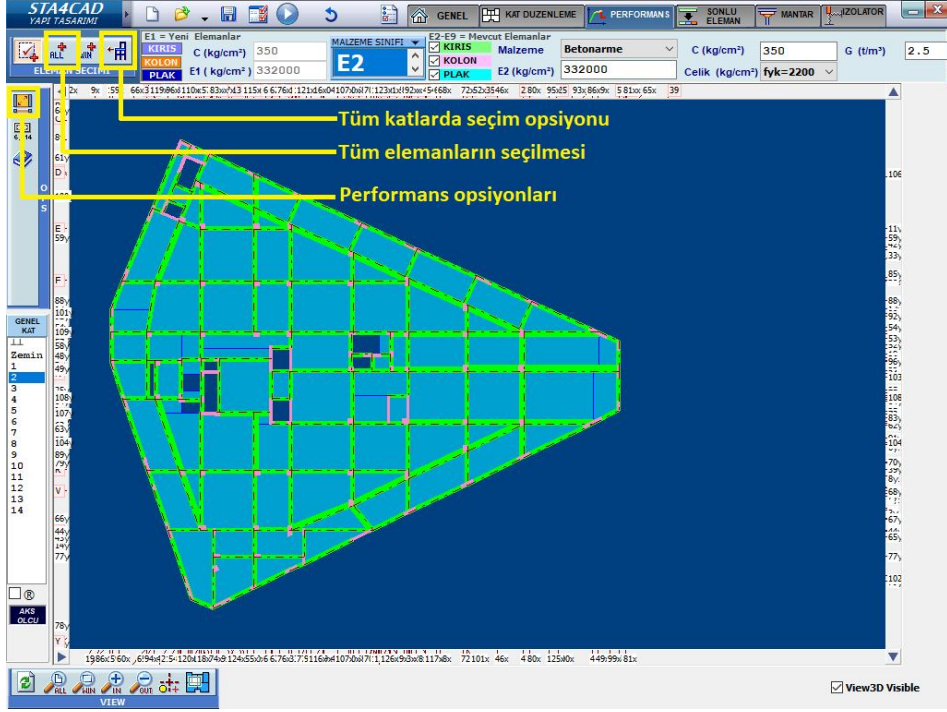
Şekil 8.7: Performans Donatı Düzenleme Menüsü girişi



Şekil 8.8: Ön tasarım sonuçlarının Performans kısmına kopyalanması

Bu noktaya gelindiğinde, artık yapısal elemanların ebatları ve donatı düzeni tamamen tanımlanmış olur. Performans analizi yapmak için tüm bilgiler hazır durumdadır. Yapı bilgi girişinden proje

tekrar açılır. Bütün elemanlara malzeme olarak “E2” malzemesi atanmalıdır. Program, performans analizleri yaparken “E1” malzemesinin donatısını kendisi tasarlamakta, “E2-E9” malzemelerinin donatılarının ise mühendis tarafından atanmasını beklemektedir. Bu yüzden performans menüsünden bütün yapıya “E2” malzemesi atanır.



Şekil 8.9: Tüm yapının mevcut eleman olarak işaretlenmesi

Bunu topluca yapmak için:

1. “Tüm katlarda seçim opsiyonu” tıklanır
2. “Tüm elemanların seçilmesi” tıklanır

Böylece iki adımda bütün yapıya E2 malzemesi atanmış olunur.

Programın performans çıktılarını vermesi için, “Performans opsiyonları” düğmesi tıklanır. Açılan pencereden, “Yapı Performansı Projesi” seçeneği seçilerek programa performans hesapları yapılacağı bildirilir.

**STA4-CAD** **PERFORMANS PROJESİ OPSİYONLARI**  OK  X

**YAPI PERFORMANSI PROJESİ**  
Performans Opsiyonu : YAPI PERFORMANSI OPSİYONLARI

**YAPI PERFORMANSI OPSİYONLARI** **RISKLİ BİNALARIN TESBİT OPSİYONLARI**

**YAPI PERFORMANSI KONTROLÜ GENEL OPSİYONLARI**

BİNA BİLGİ DÜZEYİ KAT SAYISI	1.0	<input checked="" type="checkbox"/> Kolon uçlarında kuşatılmış kolon kontrolü
Donatı kenetlenme boyu, kapasite carpanı	1	<input checked="" type="checkbox"/> Çatlamış kesite göre analiz
Kiris dusey yuk moment carpanı	0.85	<input checked="" type="checkbox"/> Ölü yük inşaat aşamaları analizi
Kiris $M_g + C_q \times M_q$	0.6	<input checked="" type="checkbox"/> Panel uç kolonları dönme serbestliği
Kiriş donatı gerçekleşme oranı	% 100	

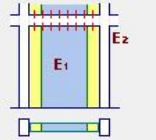
**E1-YENİ, E2-E9: MEVCUT DONATILARA GÖRE YAPININ PERFORMANSI**

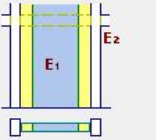
**PERDE VE KOLON DETAY OPSİYONLARI**

**PERDE OPSİYONLARI**

**BASLIK BOLGESİ KENDİ İÇİNDE OLAN PERDELER**

BASLIK PERDELI, KIRISLERE ROT İLE BAĞLANTILI  BASLIK PERDELI, KIRISLERİN KIRILARAK PERDE TESKILI

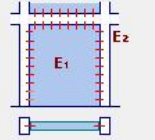


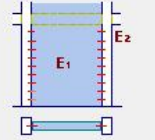


**PANEL ELEMAN OPSİYONLARI**

**BASLIK BOLGESİ MEVCUT KOLON DİNİ FAİDALANARAK PANEL ELEMANLA OLUSTURULAN PERDELER**

KIRISLERE ROT İLE BAĞLANTILI  KIRISLERİN KIRILARAK PERDE TESKILI





**MEVCUT KOLONLARIN ÖZELLİKLERİ**

KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI

DONATI GERÇEKLEŞME ORANI %

STATİKKE GEREKLİ KESİTE göre betonarme hesap

KOLON BURKULMASINDA sadece E1 göre hesap

**MANTO DÜSEY YÜK OPSİYONU**

KOLON AKTİF, MANTO PASİF  KOLON AKTİF, MANTO AKTİF  KOLON PASİF, MANTO AKTİF  KOLON-MANTO KAPASİTE KONTROLÜ

**(E2-E9) MEVCUT YAPI TASARIM STANDARTI**

TDBY2018-TDY2007-TDY1997,TS500 (2000)  TDY1975,TS500 (1984)  ACI318

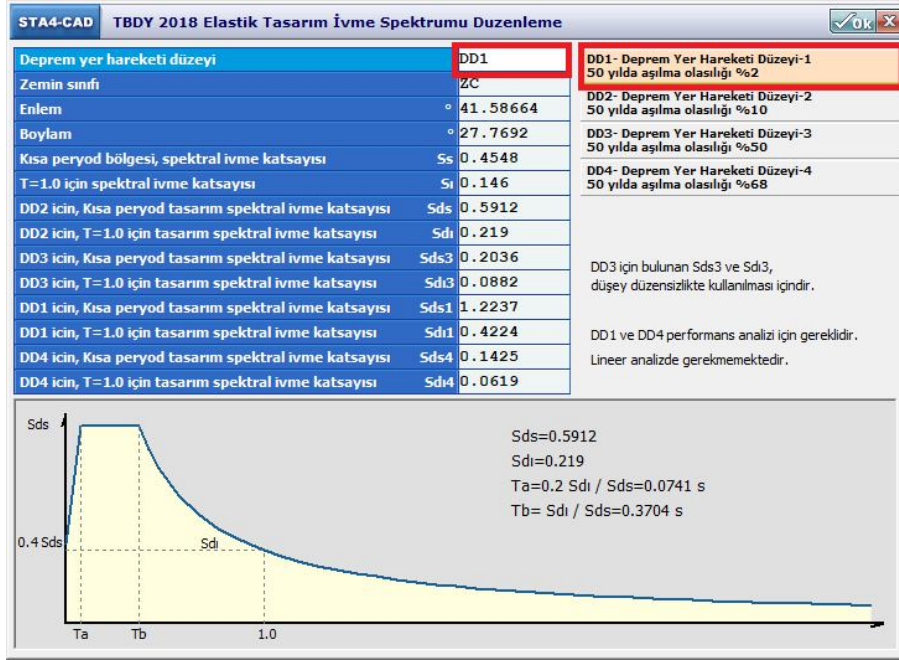
Şekil 8.10: Performans projesi opsiyonları

#### 8.4- Artımsal İtme Analizi ile performans belirlenmesi

“Artımsal İtme Analizi” yöntemi, “Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap” yöntemine göre çok daha kısa sürdüğü için tercih sebebidir. Bu yöntem,  $BYS=1$  olan binalarda kullanılamayacağı için onun yerine “Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap” yapılır. Şu an incelenen yapıda  $BYS=3$  olduğu için Artımsal İtme Analizi kullanılacaktır. Performans projesi opsiyonları açıldıktan sonra, programa DD-1 depreminin itme analizinde kullanılacağı belirtilmelidir.

İncelenecek olan yer hareketi de seçildikten sonra, programda yapılacak analiz belirlenir. Bunun için yapı bilgi girişi menüsündeki proje opsiyonları kısmına girilir, “Nonlinear Analiz” seçeneği seçilir ve “Sta-Nonlinear Analiz” düğmesi tıklanır. “Artımsal Modal Analiz” seçildiğinde, plastikleşme sonucu ortaya çıkan yeni mod şekilleri de göz önüne alındığı için, bu seçenek de açılır. Pencerenin sağ-üst tarafında bulunan “OK” düğmesi tıklanır.





Şekil 8.11: DD1 spektrumu seçilmesi

**STA4-CAD** PROJE OPSİYONLARI

**OPSİYONLAR**

**ANALİZ** **INDIS** **RUZGAR / ISI** **SPECTRUM** **Time History**

**STATİK ANALİZ**

LINEER ANALİZ  PDELTA ANALİZ  **NONLINEER ANALİZ**

TUM YAPININ FEA ANALIZI  ARTIMSAL MODAL ANALİZ

Sta-Fea3d Sta-Workshop

**Artımsal İtme Analizi** **Sta-Nonlineer analiz**

SADECE TEMELLERİN MESH FEA ANALIZI **Zaman Tanım A. Analiz** **Sta-Perform**

Plak Birim Mesh Genisliği m 1.0

**DEPREM ANALIZI**

ESDEGER DEPREM ANALIZI (1 modlu analiz)  DUSEY DEPREM ANALIZI  Modal

MODAL ANALİZ (çok modlu analiz)  TUĞLA DUVARLI DEPREM ANALIZI  
TBDY 2018-6.1.3 Gduvar/Gbina=0.57 > 0.10

ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ (TIME HISTORY)

**YAPI-TEMEL ANALIZI** **İNŞAAT AŞAMALARI ANALIZI**

YAPI-TEMEL AYRI STATİK ANALİZ  YAPI+TEMEL BIRLIKTE ANALİZ (temel donmeli)  YAPI+TEMEL BIRLIKTE ANALİZ (tam etkilesim)

KIRIS OLU YUKLERİNDE, DUVARLARIN YUKSEKLIK KONTROLLU OTOMATİK DUZENLENMESİ

Ölü yük Çarpanı C 0.0  
Aşamadaki kat adedi 1

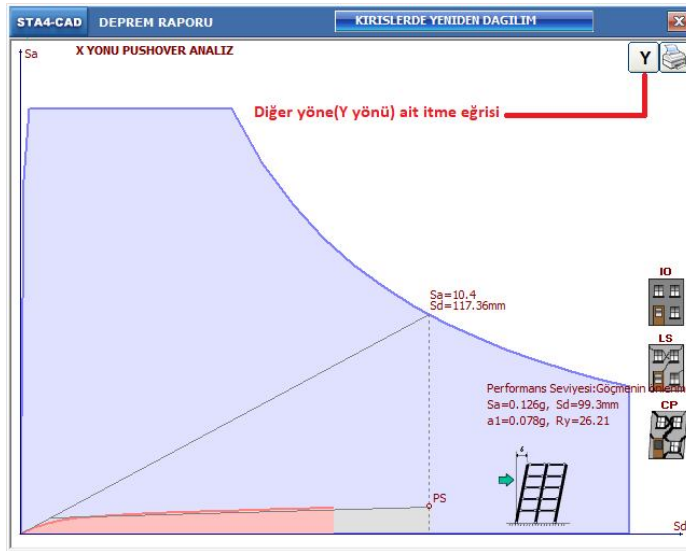
Şekil 8.12: Artımsal itme analizinin açılması

Ardından, DD-1 analizi için yeni bir dosya kaydedilmelidir. Arşivleme kolaylığı bakımından, proje ismine “DD1” ibaresi eklenerek kaydedilmesi daha uygun olacaktır. Üçüncü aşama analiz de proje ismine “DD3” ibaresi eklenerek kaydedilebilir.



Şekil 8.13: Dosya kayıt penceresi

Kaydetme işlemi de tamamlandıktan sonra analiz başlatılır. Analiz esnasında, yapıya yükleme testi yapılarak plastikleşmeler adım adım bulunacağı için, lineer analizden daha uzun sürecektir. Yapılan yük büyütme işlemleri ekrandan takip edilebilir. Analizden sonra, otomatik olarak yapı itme eğrisi gözükür.



Şekil 8.14: İtme eğrisi

Diyagram sağ tıklanarak itme eğrileri kapatılır. Ortaya çıkan “Nonlineer analiz plastik mafsal dönme raporu” düğmesi kullanılarak performans raporu oluşturulur.

**NOT :**

Bütün performans analizleri **her zaman R=1** durumuna göre sonuç verirler. Başka bir deyişle, R katsayısı performans hesaplarında kullanılmamaktadır. Fakat, güçlendirme projelerinde yeni imal edilecek olan elemanların(manto, perde vs...)donatısının hesaplanmasında girilen R katsayısı kullanılacaktır.

Raporda X ve Y yönündeki itme analizlerinin sonuçları görülmektedir. Bazı durumlarda yapı, yeterli yüklemeye yapılamadan geçebilir. Bu durumda “Yapı performans noktasına ulaşamadı” ibaresi ortaya çıkar. Bu durumda yapı, “Göçme durumunda” sayılır. Ayrıca raporda, her elemanın plastik mafsal dönmesi, beton ve çelik liflerinin şekildeğıştirmeleri gösterilmekte, bu şekildeğıştirmelere göre eleman hasarları belirlenmektedir. Eleman hasarları kat içinde toplanarak, her kattaki eleman hasar oranları belirlenir. En fazla hasar alan kat, yapı hasar durumunu belirler.

**BINA PERFORMANSI****KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ**

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
4	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	84.6	15.4	0.0	0.0	84.6	15.4	0.0	0.0
Max.	100.									15.4						

X yönü kırış sayısı=25,24,24,25

Y yönü kırış sayısı=26,24,24,22

**KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI**

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
4	80.8	39.8	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	91.4	8.6	0.0	0.0	96.2	3.8	5.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	77.1	11.9	11.1	0.0	84.8	0.0	5.2	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	54.4	18.3	27.3	0.0	30.4	12.5	57.1	0.0
Max.		39.8			100.										57.1	

**ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI**

KAT NO	(-X)			(+X)			(-Y)			(+Y)		
	SH	BH+IH+GB		SH	BH+IH+GB		SH	BH+IH+GB		SH	BH+IH+GB	
4	100.	0.0		100.	0.0		100.	0.0		100.	0.0	
3	100.	0.0		100.	0.0		100.	0.0		100.	0.0	
2	100.	0.0		100.	0.0		100.	0.0		100.	0.0	
1	100.	0.0		100.	0.0		100.	0.0		100.	0.0	
Max.	100.											

Sınırlı hasar performans bölgesi yeterlilik kontrolü:

Kırış Hasar oranı=(IH\*%0.0&lt;=%20 ✓), (GB=%0. ✓)

Kolon Hasar oranı=(BH\*%57.1&lt;=%20 X), (GB=%0. ✓)

Üst Kat Vc oranı=(BH\*%0.0&lt;=%40 ✓), (GB=%0. ✓)

Plastikleşen kolon Vc oranı=(BH+IH+GB=%0.0&lt;=%30 ✓)

**Şekil 8.15: Artımsal Modal Analiz Performans sonucu**

DD-1 deprem etkisi altında yönetmelik, binanın “Kontrollü Hasar” performans seviyesinde olmasını beklemektedir. Örnek proje “Sınırlı Hasar” performans seviyesindedir, “Kontrollü Hasar” seviyesinin bütün kriterlerini sağlamaktadır. Böylece 2. aşama analiz başarıyla tamamlanmıştır, 3. aşama analize geçilebilir.

Deprem Yer H. Düzeiyi	DTS = 1a <sup>(2)</sup> , 2a <sup>(2)</sup>	
	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT <sup>(3,4)</sup> ✓
DD-1	KH	ŞGDT ✓

Şekil 8.16: Tamamlanan analiz adımları

### 8.6- Performans Hedefinin Sağlanamaması

Eğer gerekli performans seviyesi sağlanamazsa, hasarlı olan elemanlar incelenerek elemanların donatısının artırılması veya elemanların ebatlarının büyütülmesi işlemleri uygulanabilir. Fakat birçok elemanda sorun ortaya çıkarsa, yapıya yeni perdeler veya çerçeveler eklemek gibi taşıyıcı sistemi değiştirerek bir çözüm geliştirilmelidir. Örneğin sisteme eklenen bir perde, eklendiği aks üstündeki bütün elemanların hasar görmesini engelleyebilir. Bu açıdan da sistem gözden geçirilmelidir. Yapılan her değişiklikten sonra, 1. adım analizden itibaren işlemler yeniden uygulanmalıdır.

#### **NOT :**

*Bazı durumlarda, sadece elemanların donatı miktarını artırmak da yeterli olabilir. Örneğin yapıda çok az sayıda eleman, gerekli performans seviyesinin sağlanmasına engel teşkil ediyorsa, bu elemanların donatısının artırılması yoluna gidilebilir. Bunun için ön tasarım dosyasının analiz sonuçları kısmı açılır, yetersiz gelen elemanların üstü tıklanıp “Yeni Tasarım” kısmından donatı değiştirilir. Donatısı değiştirilen elemanlarda yetersizlik bulunmuyorsa, 2.aşama analize baştan başlanır.*

*Programın uyguladığı donatı düzeni değiştirildiğinde, “Tüm Yapıda Yüksek Süneklik Kontrolü” yapılarak değiştirilen donatıların komşu elemanlara etkisi de hesaplanmalıdır.*

### 8.7- DD3 Depremi etkisi altında İleri Performans Hedefi(3. Aşama Analiz)

Bu adımda uygulanacak olan işlemler, DD-1 adımlarında uygulananlar ile aynı şekildedir. Bu yüzden DD-1 depremi için hazırlanan dosyadan yararlanılabilir.

1. DD-1 analizi için hazırlanan dosya açılır.
2. Deprem yer hareketi düzeyi olarak “DD-3” seçilir.
3. Dosya kaydedilirken, ismindeki DD1 eki yerine DD3 eki kullanılır.
4. Yapılan analizlerden sonra, yapının “Sınırlı Hasar” performans seviyesinde olması gerekmektedir. “Sınırlı Hasar” performans seviyesi sağlandığı takdirde yapı tasarımı başarıyla bitirilmiş olunur, çıktı alma işlemine geçilebilir.
5. “Sınırlı Hasar” performans seviyesi sağlanmazsa, 8.6 başlığında anlatılan işlemler uygulanmalıdır.

### 8.8- Çıktıların Alınması

Bu aşamaya gelindiğinde, TBDY tablo 3.4(a) da talep edilen bütün analizlerin başarıyla bitirilmiş olunması gerekmektedir.

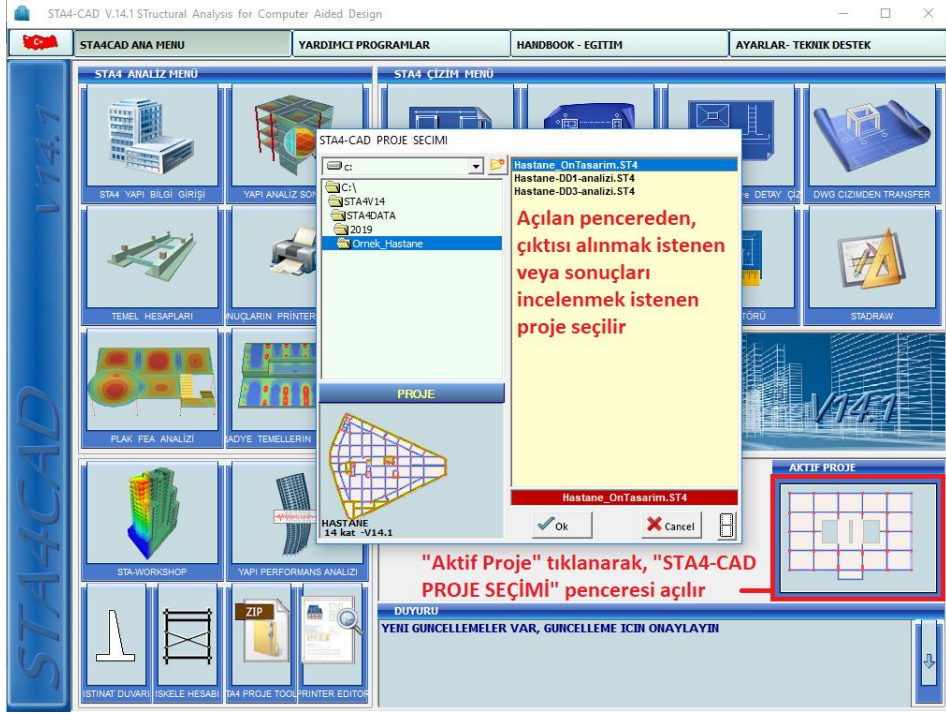
Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = $1a^{(2)}$ , $2a^{(2)}$	
	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	SH	ŞGDT ✓
DD-2	KH	DGT <sup>(3,4)</sup> ✓
DD-1	KH	ŞGDT ✓

Şekil 8.17: Tamamlanan analiz adımları

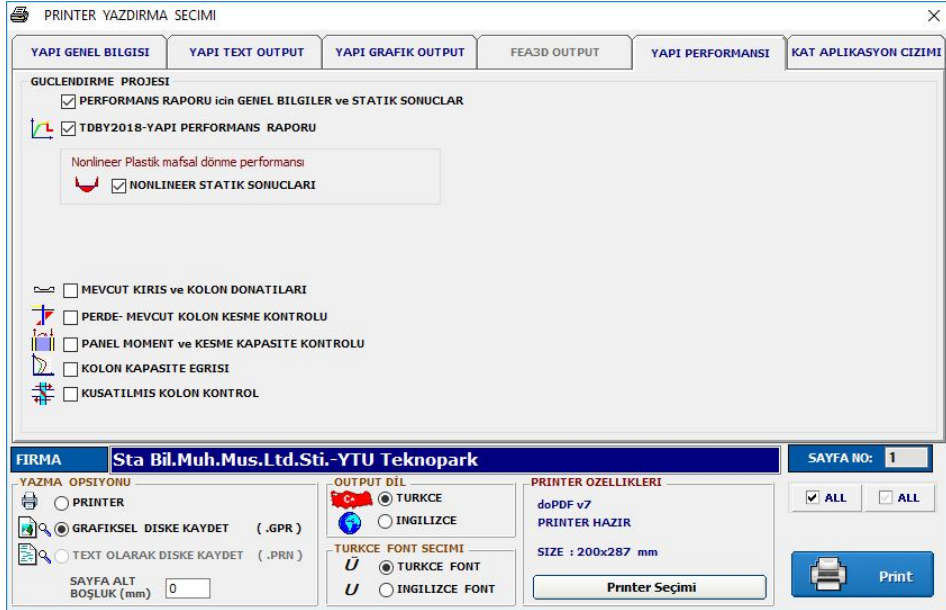
Analizler bitirildikten sonra ilk olarak “Ön Tasarım” kısmının sonuçları alınmalıdır. Yapılan üç analiz için üç adet dosya bulunmaktadır. Ön tasarım için hazırlanan dosya, aktif proje olarak etkinleştirilir.

Ön tasarım sonuçlarından, projenin uygulama çizimleri ve hesap çıktıları alınır. Bu işlemler, yeni tasarlanan herhangi bir yapının çıktılarının alınması ile aynıdır. Bu adımda “Yapı Performansı” kısmındaki çıktılar alınmayacaktır.

Ön tasarım çıktıları alındıktan sonra, DD-1 tasarım dosyası “Aktif Proje” haline getirilir. DD-1 projesinden hiçbir çizim alınmayacak, hesap çıktısı olarak sadece “Yapı Performansı” kısmındaki çıktılar alınacaktır. Aynı çıktılar DD-3 analizi için de alınacaktır.



Şekil 8.18: Aktif projenin değiştirilmesi

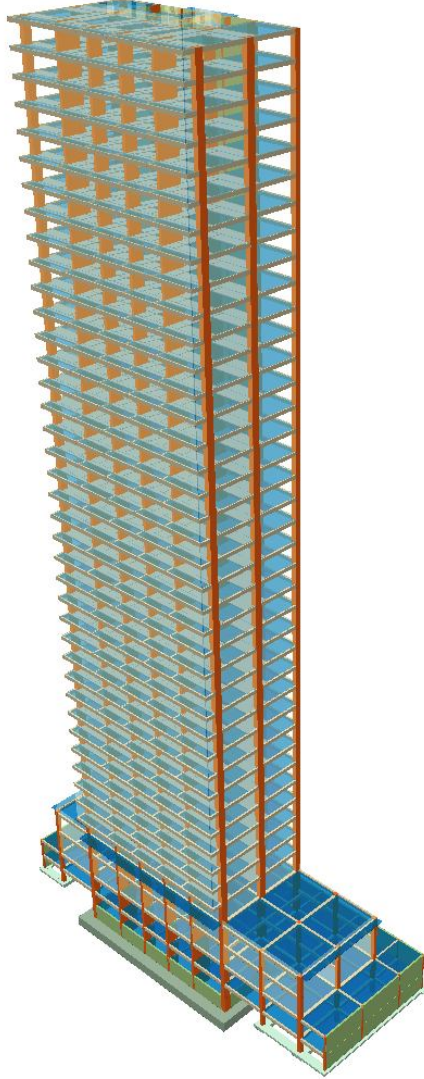


Şekil 8.19: Performans çıktıların alınması

## 8.8- Çıktıların Alınması

Çıktıların elde edilebilmesi için, ana menüde bulunan “Sonuçların Printerden Alınması” kısmına girilir ve “Yapı Performansı” sekmesi tıklanır. Açılan pencereden çıktısı alınması istenilen raporlar seçilir. İstenirse “Kat aplikasyon çizimi” kısmından da yapının üç boyutlu görselleri ve kat planları alınabilir.

## 8.9- 42 Katlı Yüksek Yapı Projesi



Şekil 8.20: 42 katlı yüksek yapı görseli

İkinci örnek olarak, 148.6 metre yüksekliğinde bir Yüksek Yapı incelenecektir. Proje bilgileri:

<b>Bina Kullanım Amacı</b>	Diğer(konut)
<b>Bina kullanım sınıfı</b>	BKS=3
<b>S<sub>DS</sub></b>	0.451
<b>Deprem tasarım sınıfı</b>	DTS=3
<b>H<sub>N</sub></b>	138.6m
<b>Bina yükseklik sınıfı</b>	BYS=1
<b>Yeni/Mevcut yapı</b>	Yeni Yapı

**Tablo 8.2 :** İncelenecek hastane projesinin özellikleri

Tabloda verilen bilgilerine göre, yapımız DTS=3 grubuna dahildir. Yapı toplam uzunluğu 148.6m, bodrum yüksekliği 10m'dir. Bu sebeple bodrum üstündeki yükseklik 138.6m olup yapı BYS=1 sınıfına girmektedir.

Yapılması gereken analizler, TBDY2018 Tablo 3.4(b) ve Bölüm 13.2'de tanımlanmıştır:

(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar ( BYS = 1 )

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT <sup>(3)</sup>	KH	DGT <sup>(3,4)</sup>
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

**Şekil 8.21:** Tbdy2018 Tablo 3.4(a)

**Tasarım Aşaması I:** DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlamak üzere yüksek binanın Dayanım Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile ön tasarımı – boyutlandırması yapılacaktır.

**Tasarım Aşaması II:** DD-4 veya DD-3 Deprem Yer Hareketi Altında Kesintisiz Kullanım veya Sınırlı Hasar Performans Hedefi İçin Değerlendirme – İyileştirme

**NOT :**

*Tasarım aşaması II, DTS1a ve 2a olan yapılarda DD-3 depremine göre ŞGDT ile, diğer yapılarda DD-4 depremine göre DGT ile yapılır*

**Tasarım Aşaması III:** Bu aşamada her zaman DD1 depremi ile ŞGDT işlemleri yapılır. DTS1a ve 2a olan yapılarda performans hedefi olarak Kontrollü Hasar(İleri performans hedefi), diğer yapılarda Göçmenin Önlenmesi(Normal performans hedefi) durumunun sağlanması beklenir.

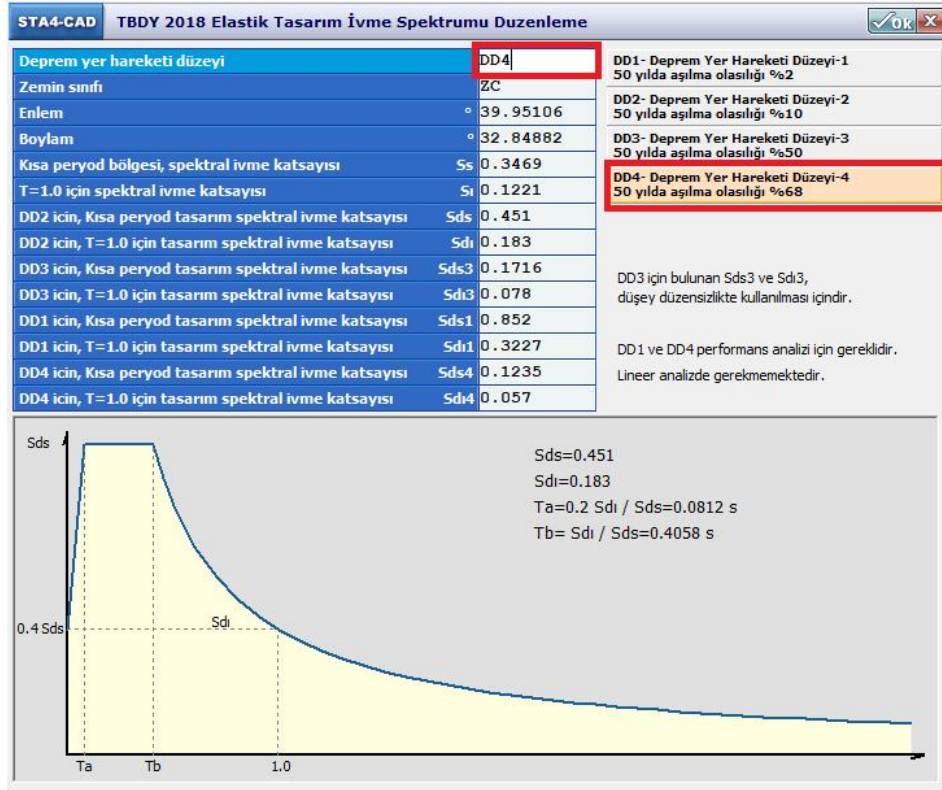


## 8.10- DD2 Depremi etkisi altında Ön Tasarım

“8.2” başlığı altında yapılan işlemler tekrarlanır. DTS1a ve 2a yapılarında  $I=1.5$ , diğer yapılarında  $I=1$  alınır.

## 8.11- DD4 Depremi etkisi altında DGT işlemleri(2. Aşama Analiz)

Ön tasarım bittikten sonra, yüksek yapı değişik deprem düzeyleri altında tekrar incelenmelidir. 2. Aşama analiz yapmak için, “8.3” başlığı altında anlatılan mevcut donatılarının atanması ve bütün yapının E2 malzemesi olarak seçilmesi işlemleri aynı şekilde yapılır. Ve yine bu bölümde anlatıldığına benzer şekilde, deprem düzeyi olarak DD4 seçilerek dosya kaydedilir.



Şekil 8.22: DD4 spektrumu seçilmesi

Proje opsiyonu ise, lineer analiz olarak bırakılmalıdır. Elde edilen hesaplar, lineer yöntemle göre olacaktır.

STA4-CAD PROJE OPSİYONLARI

ANALİZ İNDİS RUZGAR / İSİ SPECTRUM Time History

**STATİK ANALİZ**

LINEER ANALİZ  PDELTA ANALİZ  NONLINEER ANALİZ

TÜM YAPININ FEA ANALİZİ

Sta-Fea3d Sta-Workshop Sta-Nonlineer analiz

SADECE TEMELLERİN MESH FEA ANALİZİ

Sta-Perform

Plak Birim Mesh Genisliği m 1.0


**DEPREM ANALİZİ**


ESDEGER DEPREM ANALİZİ (1 modlu analiz)  DUSEY DEPREM ANALİZİ  Modal


MODAL ANALİZ (çok modlu analiz)

ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ (TIME HISTORY)  TUĞLA DUVARLI DEPREM ANALİZİ

**YAPI-TEMEL ANALİZİ**

YAPI -TEMEL AYRI STATİK ANALİZ 

YAPI+TEMEL BIRLIKTE ANALİZ (temel donmeli) 

YAPI+TEMEL BIRLIKTE ANALİZ (tam etkilesim) 

KIRIS OLU YUKLERİNDE, DUVARLARIN YUKSEKLİK KONTROLLU OTOMATİK DÜZENLENMESİ

**İNŞAAT AŞAMALARI ANALİZİ**

Ölü yük Çarpanı C 0.65

Aşamadaki kat adedi 1

Şekil 8.23: Lineer analizin açılması

Yapılan statik analizden sonra, deprem raporu penceresinde bulunan “Yüksek yapılarda, etki-kapasite oranı kontrolü” kısmına girilir. Ortaya çıkan diğer hata mesajlarına bakılmaz, bu mesajlar ikinci aşama analiz için (bölüm 13 için) geçerli değildir.

STA4-CAD DEPREM RAPORU KIRISLERDE YENİDEN DAGILIM

✓ Dinamik kütle oranı yeterli.  
Deprem yapı salınımı:  $x = 0.00236$   $y = 0.00325$   
TBDY 2018 4.3.4.6 BY5=1 < 2  $M_{dev}/M_o = 0.32 < 0.4$   
Perde taban moment oranı  $C_{m1}x=0.32$   $C_{m2}=0.83$   
 $R = 7$ , Deprem eksantrisitesi= % 5 alınmıştır.

**A1,B2 DÜZENSİZLİKLERİNİN KONTROLÜ**

✓  $1.2 < n_{bi} = 1.261 < 2$ , modal analizle çözülmüştür

✓ TBDY 4.9.1.3 B2 düzensizliği sağlanmaktadır.

✗ TBDY 4.9.1.3 koşulu sağlanmamaktadır.  $X_{max}(d_i/h_i) = 0.0259 > 0.0188$

✗ TBDY 4.9.2.2 koşulu sağlanmamaktadır.  $max d_i = .268 > 0.0857$

NONLINEER ANALİZ, KIRIS-KOLON DONATI DÜZENLEME

TUM YAPIDA YUKSEK SUNEK KONTROLU

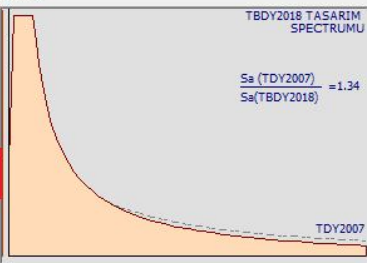
**YUKSEK YAPILARDA, ETKI-KAPASITE ORANI KONTROLU**

GUCLU KOLON, KUSATILMIŞ KOLON ve KESME GUVENLIK KONTROLU YAPILMISTIR.

TBDY2018 TASARIM SPECTRUMU

$S_a(TDY2007) = 1.34$   
 $S_a(TBDY2018)$

TDY2007



Şekil 8.24: Etki-Kapasite tabloları giriş kısmı

Analiz sonucunda ortaya çıkan tablolarda, elde edilen etki/kapasite oranları, yönetmelik 13.5.5.2’ a bakılarak yapılmalıdır.

13.5.5.2 – II. Aşama Deprem hesabının normal performans hedefi için 4.8'e göre doğrusal modal hesap yöntemleri ile yapılması durumunda;

(a) 13.3.1'de tanımlanan sünek davranışa sahip elemanlardaki iç kuvvetler için etki(talep)/kapasite oranı  $E / K = 1.5$  değerini aşmayacaktır.

(b) 13.3.2.2 ve 13.3.2.3'te tanımlanan ve sünek davranışa sahip olmayan iç kuvvetler için etki(talep)/kapasite oranı  $E / K = 0.7$  değerini aşmayacaktır.

Kolon	EKO <sub>x</sub> = M <sub>dx</sub> /M <sub>rx</sub>	EKO <sub>y</sub> = M <sub>dy</sub> /M <sub>ry</sub>
S4168	1.65/22.45 =0.073	1.24/8.79 =0.142
S4169	1.66/23.12 =0.072	1.81/8.7 =0.208
S4170	0.58/5.0 =0.116	1.9/5.06 =0.376
S4171	0.26/5.65 =0.046	1.34/5.66 =0.236
S4172	0.37/5.35 =0.07	0.82/5.05 =0.163

EKO =  $\sum (V_i \times EKO_i) / \sum V_i = 0.145$  0.108

Max. EKO = 1.03 < 1.5 ✓ TBDY 2018-13.5.5.2b

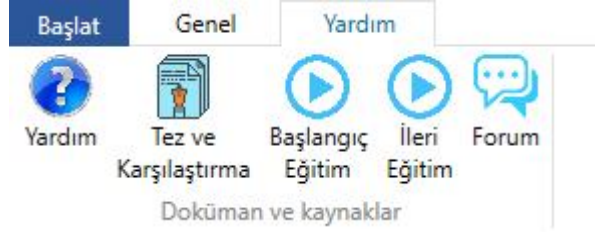
Şekil 8.25: Etki/Kapasite tabloları

Bu proje için, elemanların Etki/Kapasite değerleri 1.5'i aşmadığı için II. Aşama performans düzeyi sağlanmıştır. Eğer 1.5 değeri aşılsaydı, sadece 1.5'i aşan elemanlarda boyuna donatı alanı artırılarak gerekli performans sağlanabilirdi.

### 8.12- DD1 Depremi etkisi altında ŞGDT işlemleri(3. Aşama Analiz)

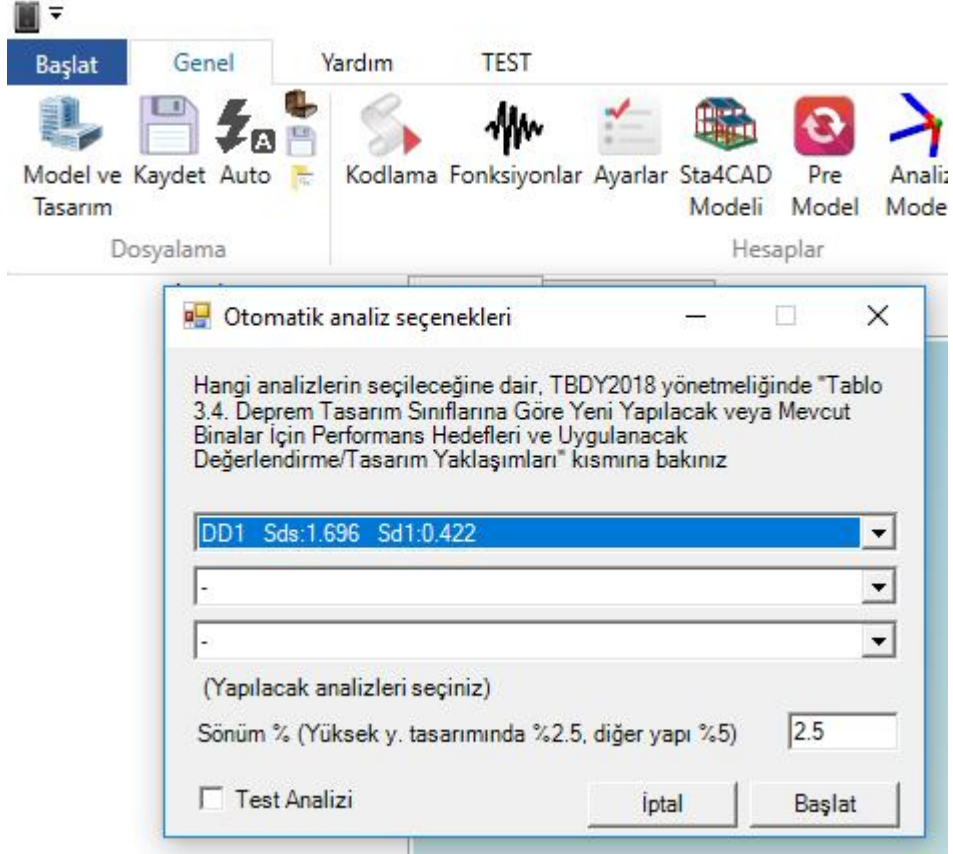
Üçüncü aşama analizde, yüksek yapının performansının mutlaka *zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi(ZTADOH)* ile hesaplanması zorunludur. Aynı yöntem, bütün ŞGDT analizlerinde kullanılabilir. Yöntemin kullanılabilmesi için 11 adet çift yönlü yer hareketi hazırlanır, hazırlanan hareketler 0° ve 90° açı verilerek uygulanır. Böylece 22 adet analiz yapılır. Yapılacak analizler çok uzun süre alacağı için, yönetmeliğin zorunlu tuttuğu haller dışında bu analiz tercih edilmemelidir. Fakat BYS=1 olan yapıların 3. aşama analizinde mecburi olduğu için bu bölümde kullanılacaktır.

ZTADOH yapabilmek için, Sta4CAD programının 14. sürümüne ana menüsüne “Yapı Performansı Analizi” kısmı eklenmiştir. Programın kullanımıyla ilgili video ve dokümantasyon, program menülerinde bulunmaktadır.



Şekil 8.26: Yardım menüsü

Bu kısımda “Otomatik analiz” menüsü kullanılacaktır. Ekrandaki “Auto” düğmesi tıklanır.

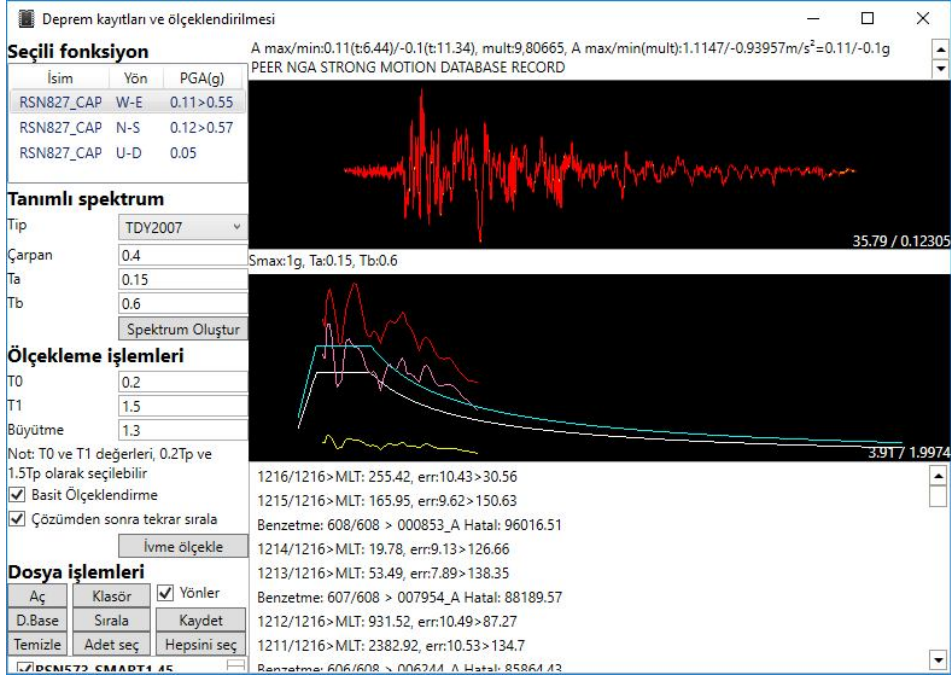


Şekil 8.27: Otomatik analiz menüsü

Proje seçildikten sonra açılan pencereden, yönetmelik tarafından talep edilen DD-1 deprem kaydı seçilir. BYS-1 yapısı yapıldığı için, sönüm değeri %2.5 olarak girilir. “Başlat” düğmesine basıldığında program otomatik olarak:

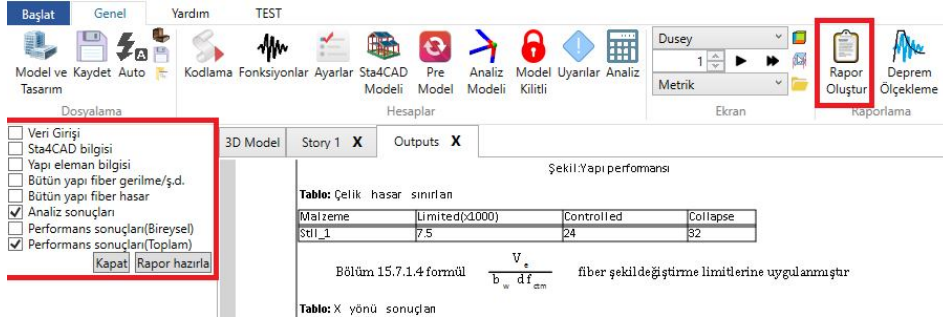
1. DD1 depremi için yapı davranışını göze alarak deprem yönetmeliğinin talep ettiği ölçeklenmiş ivme kayıtlarını oluşturur
2. 22 adet deprem analizini, öncesinde düşey yükler altında plastikleşme hesaplarını tanımlayarak oluşturur.
3. Otomatik olarak dosya kaydedilir, analize başlanır.
4. Analiz bitince sonuçlar otomatik olarak kaydedilir.

Ayrıca analize başlamadan önce, test analizi yapılabilir. Test analizi, 10 adımlık kısa bir deprem hareketinin yapıya tanımlanması ile oluşur. Yapılan kısa analiz sonucunda, yapı animasyonları ve düğüm noktaları incelenerek yapı tanımında hata olup olmadığı kontrol edilir. Örneğin saplama kirişlerin olduğu yerlerde ana kiriş parçalara ayrılmamışsa, bu bölümde hesap yapılamaz veya saplanan kirişler havada kalırlar. Bu ve buna benzer başka hatalar varsa, Sta4CAD yapı bilgi girişi menüsünden projede gerekli değişiklikler yapılır. Test analizi başarılı olduktan sonra asıl analize geçilir.



Şekil 8.28: Deprem ölçeklendirme penceresi

Analizler bittikten sonra, istenilen raporlar programdan alınır.



Şekil 8.29: Rapor oluşturma penceresi

Performans sonuçları(Bireysel) kısmında, her deprem takımı için yapı performansının sağlanıp sağlanmadığı gösterilir. Bu kısmın çıktısı **alınmaz**, çünkü yönetmelik deprem analizlerinin ortalaması için sonuç istemektedir. Performans sonuçları(Toplam) kısmının sonuçları alındığında, yapı Göçme Öncesi performans düzeyini sağlıyorsa, proje tamamlanmış olunur. Aynı çıktılar 8.8 bölümünde anlatılan ana menüdeki “Sonuçların Printerden alınması” kısmından da alınabilir.

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT ✓
DD-3	—	—
DD-2	KH	DGT <sup>(3)</sup> ✓
DD-1	GÖ	ŞGDT ✓

Şekil 8.30: BYS=1 olan yapı için yapılan bütün analizler

Gerekli performans düzeyi sağlanamadıysa, Performans sonuçları(Bireysel) kısmındaki çıktılar incelenir, hangi deprem kaydında hangi adımlarda göçme olduğuna bakılır. İlgili adımların şekildeğiştirme animasyonları ve göçme durumundaki kesitler incelenerek yapı sisteminde gerekli düzenleme yapılır. Göçme olan eleman sayısı az ise donatı oranı artırılarak, fazla ise perde eklenerek bütün yapısal analizler tekrarlanır.