



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**BETONARME SİLİNDİRİK SU
DEPOLARINDA ÇEŞİTLİ ETKENLERİN
DAVRANIŞ VE MALİYET ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Fatma Nur TÜRKMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapı Anabilim Dalı

Haziran-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Fatma Nur TÜRKMEN tarafından hazırlanan “**Betonarme Silindirik Su Depolarında eřitli Etkenlerin Davranış ve Maliyet zerindeki Etkisinin Araştırılması**” adlı tez çalışması 30/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı / oy okluğı ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğıtim Enstitüsü İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri yeleri

Başkan

Prof. Dr. Ali KÖKEN

Danışman

Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

ye

Dr. Öğr. Üyesi Ali Serdar ECEMİş

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Fatma Nur TÜRKMEN

Tarih: 30.06.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME SİLİNDİRİK SU DEPOLARINDA ÇEŞİTLİ ETKENLERİN DAVRANIŞ VE MALİYET ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatma Nur TÜRKMEN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

2022, 139 Sayfa

**Jüri
Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK
Prof. Dr. Ali KÖKEN
Dr. Öğr. Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ**

Depolar geçmişten günümüze, çeşitli tüketim maddelerini saklamak, korumak amacıyla kullanılmıştır. Zaman içerisinde depolar; kullanılan malzemenin cinsine, konumuna, şekline, kat ve göz adedine göre çeşitlilik göstermiştir.

Yapılan çalışmada; Konya ve Kocaeli olmak üzere farklı deprem riskleri içeren iki ilde yer alan, farklı zemin sınıfları, depo yükseklikleri, depo çapları gibi parametreler göz önüne alınarak SAP2000 v23 programı yardımıyla modellenmiş olan 24 farklı yerüstü betonarme silindirik su deposunun tasarımları yapılarak davranış ve maliyet farklılıklarının ortaya konulmuştur. Farklı hacimlere sahip su depolarında maliyet de göz önüne alınarak optimum çap/yükseklik (D/H) oranları belirlenmiştir.

Depoların maliyetinde depo hacmi, çapı, yüksekliği, deponun yapılacağı yerin zemin sınıfı gibi pek çok parametre etkili olmuştur. Aynı hacim, çap ve yüksekliklerdeki depolarda, deponun inşa edileceği iller ve zemin sınıfları belirleyici olmuştur. 2500 m³ ve 7500 m³ hacimli depolarda çap/yükseklik (D/H) oranları 3, 6 ve 9 olarak verilmiştir. Bu oranlara göre depoların maliyetleri kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Maliyet hesaplamaları, optimum çap/yükseklik (D/H) oranları, Sap2000 silindirik sıvı deposu tasarımları, Silindirik su depoları

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF VARIOUS FACTORS ON BEHAVIOR AND COST IN REINFORCED CONCRETE CYLINDRICAL WATER TANKS

Fatma Nur TÜRKMEN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

2022, 139 Pages

Jury

Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK

Prof. Dr. Ali KKEN

Dr. ğr. yesi Ali Serdar ECEMİŞ

Warehouses have been used to store and protect various consumer goods from past to present. Over time, warehouses have varied according to the type, location, shape, number of floors and eyes of the material used.

In the study, in Konya and Kocaeli which are located in two different earthquake risks, 24 different above-ground reinforced concrete cylindrical water tanks, which were modeled with the help of the SAP2000 v23 program, taking into account the parameters such as different soil classes, tank heights, tank diameters were designed and the differences in behavior and cost were revealed. Optimum diameter/height (D/H) ratios were determined for water tanks with different volumes, taking into account the cost.

Many parameters such as warehouse volume, diameter, height, floor class of the place where the warehouse will be built have been effective in the cost of warehouses. In the warehouses of the same volume, diameter and height, the cities where the warehouse will be built and the ground classes have been decisive. The diameter/height (D/H) ratios are given as 3, 6 and 9 for the warehouses with a volume of 2500 m³ and 7500 m³. The costs of the warehouses were compared according to these ratios.

Keywords: Cost calculations, Cylindrical water tanks, optimum diameter/height (D/H) ratios, Sap2000 cylindrical fluid tank design

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın konusunun seçilmesinde, planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmesiyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK'e, silindirik su depolarının Sap2000 v23 programında modellenmesinde, Taguchi metodu analizlerinde bana yardımcı olan üzerinden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Hakkı ERKAN hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans sürecimde bana her türlü desteği veren canım aileme, İnşaat mühendisliği bölümü okumamda bana ilham veren değerli meslektaşım, rahmetli dedem İnşaat mühendisi Nail YÜZBAŞIOĞULLARI'na çok teşekkür ederim.

Fatma Nur TÜRKMEN
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Silindirik Su Depolarının Tasarımı ve Maliyet Analizi İle İlgili Yapılan Çalışmalar	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	6
3.1. Dinamik Analiz.....	7
3.1.1. Toplam sıvı kütlesi hesabı	8
3.1.2. İmpuls kütlesi oranı	8
3.1.3. Salınım kütlesi oranı	8
3.1.4. Depo duvar kütlesi	8
3.1.5. İmpuls kütlesi etkime yüksekliği oranı	9
3.1.6. Salınım kütlesi etkime yüksekliği oranı.....	9
3.1.7. İmpuls periyodu	9
3.1.8. Ci ve Cc katsayılarının hesabı	9
3.1.9. Salınım periyodu.....	10
3.1.10. Kesme kuvveti.....	10
3.1.11. İmpuls kuvveti.....	10
3.1.12. Duvar kütlesi etkisi ile oluşan kuvvet	12
3.1.13. Çatı kütlesi etkisi ile oluşan kuvvet	13
3.1.14. Salınım kuvveti	13
3.1.15. Eğilme momenti	13
3.1.16. İmpuls kuvvetiyle oluşan impuls momenti	13
3.1.17. Duvar kütesinden meydana gelen duvar momenti	14
3.1.18. Çatı kütesinden meydana gelen çatı momenti.....	14
3.1.19. Salınım kuvvetiyle oluşan salınım momenti	14
3.1.20. Maksimum oluşabilecek dalga yüksekliği	14
3.2. Dinamik Yük Hesaplamaları	15
3.2.1. Toplam sıvı kütlesi hesabı	16
3.2.2. İmpuls kütlesi oranı	16
3.2.3. Salınım kütlesi oranı	16
3.2.4. Depo duvar kütlesi	16
3.2.5. İmpuls kütlesi etkime yüksekliği oranı	16
3.2.6. Salınım kütlesi etkime yüksekliği oranı.....	17
3.2.7. İmpuls periyodu	17

3.2.8.	C_i katsayısı hesabı.....	17
3.2.9.	Salınım periyodu.....	18
3.2.10.	C_C katsayısı hesabı	18
3.2.11.	İmpuls kuvveti.....	18
3.2.12.	Duvar kütlesi ile oluşan kuvvet.....	19
3.2.13.	Çatı kütlesi etkisi ile oluşan kuvvet	19
3.2.14.	Salınım kuvveti	19
3.2.15.	Kesme kuvveti.....	19
3.2.16.	İmpuls kuvvetiyle oluşan impuls momenti	20
3.2.17.	Duvar kütleinden meydana gelen duvar momenti	20
3.2.18.	Çatı kütleinden meydana gelen çatı momenti.....	20
3.2.19.	Salınım kuvvetiyle oluşan salınım momenti	20
3.2.20.	Eğilme momenti	20
3.2.21.	Maksimum oluşabilecek dalga yüksekliği	20
4.	TASARIM VE MODELLEME	21
5.	BETONARME HESAPLAMALAR	28
5.1.	Perde Boyuna Donatılarının Belirlenmesi	28
5.1.1.	Orta bölge boyuna donatı hesabı	30
5.1.2.	Alt bölge boyuna donatı hesabı	32
5.1.3.	Üst bölge boyuna donatı hesabı	33
5.2.	Perde Enine Donatılarının Belirlenmesi.....	34
5.2.1.	Alt bölge enine donatı hesabı.....	36
5.2.2.	Orta bölge enine donatı hesabı.....	37
5.2.3.	Üst bölge enine donatı hesabı	38
5.3.	Temel Donatılarının Belirlenmesi.....	38
5.3.1.	Kesit üstü donatı hesabı	40
5.3.2.	Kesit altı donatı hesabı.....	41
5.3.3.	Çember donatıları hesabı	41
5.4.	Donatıların Birbirine Bağlanması	42
5.5.	Kesme Kuvveti Kontrolü	42
6.	METRAJ HESAPLAMALARI	44
6.1.	Donatı Metrajı.....	44
6.1.1.	Boyuna donatı miktarı	44
6.1.2.	Enine donatı miktarı.....	45
6.1.3.	Çiroz miktarı	46
6.1.4.	Temel donatıları	46
6.2.	Beton Metrajı	48
6.3.	Kalıp Metrajı.....	48
6.4.	Toplam Maliyet.....	49
7.	BOYUTLANDIRMANIN MALİYETE ETKİSİ.....	50
7.1.	D/H Oranının Kalıp Maliyetine Etkisi	53
7.2.	D/H Oranının Beton Maliyetine Etkisi	54
7.3.	D/H Oranının Demir Maliyetine Etkisi	54
7.4.	D/H Oranının Toplam Maliyete Etkisi	57

8. DEPOLARDA TAGUCHİ METODU UYGULAMASI	60
8.1. Kalite Aşamaları	60
8.1.1. Sistem tasarımı.....	60
8.1.2. Parametre tasarımı	60
8.1.3. Tolerans tasarımı.....	61
8.2. S/N (Sinyal / Gürültü) Oranı.....	61
8.2.1. En düşük en iyi olduğu durum.....	61
8.2.2. En yüksek (büyük) en iyi olduğu durum	61
8.2.3. Nominal en iyi olduğu durum	61
8.3. Uygun Ortogonal Dizin Seçilmesi.....	62
8.4. Sonuçların Analiz Edilmesi	63
9. TAGUCHİ ANALİZLERİNDE MODELLERİN ÖN TASARIM VE BOYUTLANDIRILMASI.....	64
9.1. Modellerin Ön Tasarımı Ve Boyutlandırılması	64
9.2. Hazırlanan Analiz Modelleri	64
9.2.1. L9 analiz sonuçları ve metrajlar.....	65
9.3. Taguchi Metodu Araştırma Sonuçları.....	66
10. SONUÇLAR.....	77
KAYNAKLAR	80
EKLER	83
ÖZGEÇMİŞ	139

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_{Cidar} : Cidar alanı (m^2)
 A_{ek} : Kesite gereken ek donatı (cm^2 / m)
 A_s : Donatı alanı (cm^2/m)
 A_s^{min} : Minimum donatı alanı (cm^2/m)
 A_{Temel} : Temel alanı (m^2)
 a : Faktörlerin düzey sayısı
 bw : Kesit genişliği (cm)
 C_c : Konvektif katsayı
 C_i : İmpulsif katsayı
 C_l, C_w : ACI 350.3-06 (2006) de silindirik depo hesabında kullanılan katsayılar
 D : Depo çapı (m)
 d : Faydalı yükseklik (cm)
 d : Toplam deney sayısı
DD-2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
 d_{max} : Maksimum oluşabilecek dalga yüksekliği (m)
 d_u : Uzun doğrultudaki faydalı yükseklik (mm)
 E : Elastisite modülü (KN/m^2)
 E_d^H : Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
 E_d^Z : (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
 E_x : x yönündeki deprem etkisi
 E_y : y yönündeki deprem etkisi
 $F11$: x yönündeki kuvvet (KN/m)
 $F22$: y yönündeki kuvvet (KN/m)
 f_{yd} : Boyuna donatı tasarım akma dayanımı (MPa)
 f_{ctd} : Beton tasarım eksenel çekme dayanımı (MPa)
 G : Sabit yük
 g : Yerçekimi ivmesi (m/sn^2)
 h : Depodaki sıvı yüksekliği (m)
 h_c : Salınım kütlesi etkime yüksekliği (m)
 h'_c : Devirici moment hesabında salınım kütlesi etkime yüksekliği (m)
 h_{Cidar} : Cidar yüksekliği (m)
 H_{depo} : Depo yüksekliği (m)
 h_i : İmpuls kütlesi etkime yüksekliği (m)
 h'_i : Devirici moment hesabında impuls kütlesi etkime yüksekliği (m)
 h_r : Depo tabanından depo çatısının ağırlık merkezine olan uzaklık (m)
 H_{su} : Depodaki su yüksekliği (m)
 h_w : Cidarın ağırlık merkezinin tabana uzaklığı (m)
 k : Faktör sayısı
 I : Yapı önem faktörü
 L : Donatı boyu (m)
 L_i : i.sıradaki donatının boyu (m)
 l_b : Donatı kenetlenme boyu (m)
 l_o : Çekme donatısı bindirme boyu (m)
 M : Maliyet (TL)
 $M11$: x yönündeki moment (KNm/m)

M_{22} : y yönündeki moment (KNm/m)
 M_b : Eğilme momenti (KNm/m)
 m_c : Salınım kütlesi (kg)
 M_c : Salınım kuvvetiyle oluşan salınım momenti (KNm)
 M'_c : Devirici moment hesabında kullanılan salınım momenti (KNm)
 m_i : İmpuls kütlesi (kg)
 M_i : İmpuls kuvvetinden oluşan impuls momenti (KNm)
 M'_i : Devirici moment hesabında kullanılan impuls momenti (KNm)
 m_l : Toplam sıvı kütlesi (kg)
 M_o : Deprem esnasında oluşabilecek devirici moment (KNm)
 M_r : Çatı kütlesinden meydana gelen çatı momenti (KNm)
 M_w : Duvar kütlesinden meydana gelen duvar momenti (KNm)
 m_w : Depo duvar kütlesi (kg)
N: Gürültü
n: Deney tekrar sayısı
 P_c : Salınım kuvveti (kN/m)
PGA : En büyük yer ivmesi
 P_i : İmpuls kuvveti (kN/m)
 P_r : Çatı kütlesi etkisiyle meydana gelen kuvveti (kN/m)
 P_w : Duvar kütlesi ile oluşan kuvvet (kN/m)
Q : Hareketli yük
R : Depo yarıçapı (m)
 r_{cidar} : Cidar yarıçapı (m)
 $r_{dış}$: Depo dış yarıçapı (m)
 $r_{iç}$: Depo iç yarıçapı (m)
 R_{wc} : Salınım etkisinin oluşturduğu depo tipine göre spektral davranış katsayısı
 R_{wi} : İmpuls etkisinin oluşturduğu depo tipine göre spektral davranış katsayısı
s : Donatı aralığı (mm)
S : Zemin tipi katsayısı
S: Sinyal
s: Varyans
 S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
 T_c : Salınım periyodu
 T_i : İmpuls periyodu
 t_w : Deponun cidar kalınlığı (m)
V : Depo hacmi (m³)
V : Kesme kuvveti (kN/m)
 V_d : Kesme kuvveti üst sınırı (KN/m)
 V_{max} : Maksimum kesme kuvveti (KN/m)
 W_{cidar} : Cidar ağırlığı (KN)
 W_c : Salınım etkisinin oluşturduğu ağırlık
 w_i : Açısız hız
 W_i : İmpuls etkisinin oluşturduğu ağırlık
 W_r : Depo çatı ağırlığı
 W_{Temel} : Temel ağırlığı (KN)
 W_w : Depo duvar ağırlığı
y: Parametrenin deneysel olarak bulunan değeri
 $\bar{y}$: Gözlem değerlerinin ortalaması
Z : Sismik alan faktörü
ZA : Sağlam, sert kayalar için yerel zemin sınıfı

ZD : Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları için yerel zemin sınıfı
 α : Şekil düzeltme faktörü
 α_1 : İlave donatının toplam donatıya oranına bağlı katsayı
 θ_i : i. sıradaki hasır donatının yatayla yaptığı açı (°)
 ϕ : Donatı çapı (mm)
 ρ : Donatı oranı
 ρ_{min} : Minimum donatı oranı
 ρ_l : Depodaki sıvı yoğunluğu (kg/m³)
 ϵ : Duvar yükü etkisiyle oluşacak kuvvet hesabında kullanılan katsayı
 γ_c : Beton yoğunluğu
 γ_{mc} : Beton için malzeme katsayısı

Kısaltmalar

ACI : Amerikan Beton Enstitüsü (American Concrete Institute)
TBDY 2018 : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
İmpuls_x : x yönünden gelen impuls kuvveti (KN)
İmpuls_y : y yönünden gelen impuls kuvveti (KN)
Salınım_x : x yönünden gelen salınım kuvveti (KN)
Salınım_y : y yönünden gelen salınım kuvveti (KN)
pp : Paspayı (mm)

1. GİRİŞ

İnsanoğlu geçmişten günümüze kadar tüketim maddelerini saklama, depolama ihtiyacı hissetmiştir. Bu yüzden günümüze kadar depolarda sürekli bir gelişme ve çeşitlenme görülmüştür. Depolar; kullanım amacına göre (su depoları, akaryakıt ve gaz depoları, atıksu tesisi depoları), kullanılan malzemenin cinsine göre (betonarme depolar, öngerilmeli depolar, kagir ve beton depolar, çelik depolar), konumuna göre (toprağa gömülü depolar, yerüstü depolar, ayaklı depolar), şekline göre (silindirik depolar, dikdörtgen kesitli depolar) ve kat ve göz adedine göre çeşitlilik gösterir. İnşa edilecek deponun türü; zemin özelliklerine, kullanım ihtiyaçlarına ve yapısal özelliklere göre seçilmektedir.

Ülkemizde son yıllarda yaşanan depremlerde yapılar çok ciddi hasarlar almıştır. Yapılan binaların projelendirme sırasında yapılan hatalar, yapım tekniklerine uyulmaması, gerekli kontrollerin yapılmaması binaların hasar görmesinde büyük rol oynamıştır. Meydana gelen depremlerde sadece binalar değil aynı zamanda su deposu gibi farklı yapılar da ciddi hasar görmüştür. Yerleşim yerlerinin su ihtiyacını karşılamak için inşa edilen su depoları, depremden hemen sonra kullanılması gereken yapılardandır. Depremlerde su depolarının hasar görmesi ya da yıkılması; içme ve kullanım sularının temin edilememesi, çıkan yangınların kontrol edilememesi gibi ciddi sorunları meydana getirmektedir. Bu gibi sebeplerden dolayı su depolarının uygun şekilde projelendirilmesi önem arz etmektedir. Ülkemizde özellikle son 25 yılda meydana gelen depremler sonrası yapılan gözlemler ve incelemelerle bina davranışları ile ilgili önemli tespitler yapılmış ve buna bağlı olarak deprem yönetmelikleri zaman zaman güncellenmiştir. Bunun yanında silindirik su depolarının statik ve dinamik etkiler altındaki davranışlarının anlaşılması ve farklı hacimlere sahip su depolarında maliyet de göz önüne alınarak optimum çap/yükseklik oranlarının belirlenmesi, gelecekte yapılması planlanacak depolar açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı; farklı deprem riskleri içeren iki ilde (Kocaeli ve Konya), iki farklı zemin üzerinde yapılacak, farklı hacme sahip yerüstünde bulunan betonarme silindirik su depolarının (2500 m^3 ve 7500 m^3), farklı depo çapı, su yüksekliği ve depo yüksekliğine göre dinamik etkiler göz önüne alınarak SAP2000 v23 sonlu elemanlar programı yardımıyla modellenmesi ve depo tasarımları yapılarak davranış ve maliyet farklılıklarının ortaya konulmasıdır. Çalışmada ülkemizdeki aktif fay hatları dikkate

alınarak, beklenen deprem etkisinin maksimum ve minimum olduğu iki il olan Kocaeli ve Konya dikkate alınmış, böylece deprem yükünün davranış ve maliyet üzerindeki etkisinin daha net ortaya konulması amaçlanmıştır. Benzer şekilde zemin sınıfları olarak da sağlam ve yumuşak zemin tabakaları dikkate alınarak zemin etkisi hesaplara yansıtılmıştır. Konu ile ilgili bazı çalışmalar yapılmış olsa da, bu çalışmada deprem, zemin ve farklı depo hacim ve boyutları gibi birçok değişkenin tek bir çalışma içerisinde incelenerek sonuçların ortaya konulması amaçlanmıştır.

Aynı boyutlardaki depolarda farklı deprem bölgelerinde yer alan iller ve zemin sınıfları metraj hesaplamalarında belirleyici olmuştur.

Depoların toplam maliyetleri incelendiğinde maliyeti en çok etkileyen parametrenin donatı olduğu görülmüştür.

Ayrıca yapılan tüm maliyet hesaplamaları incelendiğinde kalıp, beton ve demir maliyetlerinin her birinde aynı çap/yükseklik oranlarına sahip tüm depolarda en düşük maliyetten başlayarak sırasıyla Konya ili ZA, Konya ili ZD, Kocaeli ili ZA ve en yüksek maliyetli deponun Kocaeli ili ZD zemin sınıfında olduğu görülmüştür.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Su depoları, geçmişten günümüze pek çok araştırmanın konusu olmuştur. Toplumlardaki yeri ve önemine göre pek çok şekil ve ebatlarda, farklı malzemeler kullanılarak su depoları tasarlanmıştır. Yapılan tasarımlarda sadece depoların yapı güvenliği ve yapı dinamiği hesaplanmamış aynı zamanda depoların şekillerine, boyutlarına ve kullanılan malzemelere göre maliyet analizi yapılarak optimum boyutlar elde edilmiştir.

Silindirik su depolarının tasarımı, hesap yöntemleri, projelendirmede dikkat edilecek hususlar pek çok araştırmada ele alınmıştır. Farklı çalışmalarda silindirik su depolarının maliyet hesabında optimum değerlere ulaşmak için farklı yarıçap, çap ve depo yüksekliği gibi depo boyutları ele alınarak farklı kombinasyonlar oluşturulmuş, bu kombinasyonlara göre hesaplamaları ve farklı programlarda analizi yapılarak literatüre kazandırılmıştır. Literatürde yer alan su depolarının tasarımı, hesap yöntemleri, yapı kapasitesi ve maliyet analizleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.1. Silindirik Su Depolarının Tasarımı ve Maliyet Analizi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Çelebioğlu (2005), yapmış olduğu çalışmada silindirik su depolarının hesap yöntemleri, öngerilme hesap esasları, projelendirmede dikkat edilecek hususlar, derzler, geçirimsizlik, çatlaklar gibi konuları ele almıştır. Mambran teoremi ile eğilmeli teori ayrıntılı olarak incelemiştir. Mambran teorisine göre hesabı yapılmış tek hazneli bir su deposunun SAP2000’de çözümü yapılmış ve çıkan sonuçlara göre betonarme hesabını yapmıştır. Öngerilmeli ve öngerilmesiz olarak iki uygulama yapılmış ve her ikisi de SAP2000 programı ile çözülmüştür. Öngerilme olmadığı için mevcut deponun boyutlarında hemen hemen 2 kat bir fark ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak kullanılacak depoda öngerilme uygulanabilirliği (işçilik vs.) açısından bir problem yok ise sıvı depolarında kullanılması tavsiye edilmiştir (Çelebioğlu, 2005).

Kozluca (2006), yapmış olduğu çalışmada 2. derece deprem bölgesinde sert kil zemin üzerine oturan betonarme silindirik sulama deposu tasarlayıp analiz etmiştir. SAP2000 programı ile sabit hacimli, silindirik üstü açık, betonarme su depolarında dinamik etkileri de göz önüne almak suretiyle tasarımlar oluşturularak maliyet

açısından optimum depo yarıçapı – depo yüksekliği (r/h_{depo}) oranını belirlemiştir. Optimum oranlara ulaşabilmek için oluşturulan tasarımları on iki farklı kombinasyon için tekrarlamıştır. Bu depoların üstleri açık, cidar kalınlıkları yükseklikleri boyunca sabittir. Cidar kalınlıkları ile radye kalınlıkları arasında herhangi bir oran bulunmamaktadır. Tasarımlar maliyete dönüştürülerek on iki farklı deponun maliyet sonuçları karşılaştırılmıştır.

(Kozluca, 2006).

Kadim (2012), çalışmasında üzeri açık betonarme dairesel silindirik su depoları için optimum ebatları ve donatı miktarını hesaplamak için bir bilgisayar programı oluşturmuştur. Tasarım, İngiliz Standartları B.S.'ye uygun olarak hem nihai hem de kullanılabilirlik sınır durumları için B.S. 8110 ve B.S. 5337. sınır durum yöntemine dayanmaktadır. Beton, çelik ve kalıp maliyetini dikkate almıştır. Su deposu, silindirik duvar ve dairesel tabandan oluşmakta olup aralarındaki mafsalları kısmen sabit kabul edilmiştir. Tasarım değişkenleri, yedi farklı durumdaki çelik içeriğine ek olarak deponun geometrik değişkenlerinden oluşturulmuştur. Su deposunun tasarım kapasitesinin, zeminin taşıma kapasitesinin, çelik ve betonun birim fiyatının ve son olarak kalıp birim maliyetinin etkisini incelemiştir. Zeminin taşıma kapasitesindeki azalmanın, deponun maliyetini doğrusal olarak artırdığı bulunmuştur. Beton ve çelik birim maliyetlerinin artması depo yüksekliğinin artmasına neden olurken, kalıp birim maliyetinin artması tank çapını artırarak optimum tasarıma ulaşmasını sağlamıştır. Depo yüksekliğinin artması, beton ve çelik birim maliyetlerinin artmasına neden olurken, depo çapının artması kalıp birim maliyetlerini artırarak deponun optimum tasarıma ulaşmasını sağlamıştır (Kadim, 2012).

Alfanda ve Farouk (2017) çalışmalarında, 40.000 litre kapasiteli dikdörtgen ve dairesel betonarme su depolarının tasarım şekillerine göre yaklaşık maliyet ve yapı kapasiteleri hakkında bilgi edinmeyi amaçlamışlardır. . Temel depo yapı malzemeleri, hazırlanan yapı çizimlerinden elde edilen çelik donatı, beton ve kalıptır. Çalışma sonuçları, dairesel deponun dikdörtgen depoya göre daha az malzeme tükettiğini ortaya çıkarmıştır. Dikdörtgen su tankının yapımı için ihtiyaç duyulan malzemelerin, dairesel olana göre nispeten daha fazla olduğu ancak yapım kolaylığı açısından, dikdörtgen su tankına göre dairesel su tankının daha zor olduğu açıkça görülmüştür (Alfanda ve Farouk, 2017).

Kushwaha ve Patel (2017), çalışmalarında; silindirik su deposu tasarımında benimsenecek en ekonomik H/D oranını belirlemek için sabit kapasiteli, farklı

yükseklik ve çaplara sahip su depolarının maliyet analizini yapmışlardır. Sonuçları optimize etmek ve tasarımın doğruluğunu kontrol etmek için, STAAD.Pro'da H / D oranını 0,50 ile 0,75 arasında değiştirerek 350 kL'lik altı silindirik su deposu tasarlamışlardır. Silindirik su depolarının çapları 10 metreden başlayarak 0,2 m'lik miktarda doğrusal olarak azaltılmıştır. Su depolarının 4 modeli minimum maliyetle en iyi sonucu göstermiştir. Maliyeti en az olan sonuç $H/D = 0,65$ olduğu durumdur. Bu durumda sağlanan yükseklik ve çap sırasıyla 6,11 m ve 9,40 m'dir (Kuswaha ve Patel, 2017).

Asha ve Glory (2018), yapmış oldukları çalışmada betonarme silindirik su depolarının dinamik davranışlarını ANSYS programı kullanarak incelemişlerdir. Su deposunun doğal titreşim frekansının, maksimum su derinliğinde en düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Su seviyesi düştükçe temel impulsif frekans artmış ve su deposu yüksekliğinin 1/3'ünden daha az su seviyesi için impulsif frekansta önemli bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Esnek ve rijit su depolarının modal analizi yapılarak duvar esnekliğinin su deposunun dinamik davranışına etkisini araştırmışlardır. Su deposunun El Centro depreminin yatay yer hareketi olarak geçici yüklemeye tepkisini çeşitli su yükseklikleri için incelemişlerdir. Su deposu üzerindeki su yüksekliği arttıkça, nihai maksimum sismik tepki parametrelerinin de arttığı gözlenmektedir (Asha ve Glory, 2018).

Chute ve arkadaşları (2019), çalışmalarında depo şekli tasarımı, depo türlerinin göreceli maliyet etkileri ve yapı kapasiteleri hakkında makul çıkarımlar yapmak için farklı kapasitelerde dikdörtgen veya dairesel depoların verimliliğini incelemiştir. Depo şekillerinin; depo tasarımında, gerilme dağılımında ve depo maliyetinde nasıl bir rol oynadığını araştırmışlardır. Tasarım ve analiz sonuçlarına göre, dairesel deponun dikdörtgen depoya göre daha az maliyetli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle dairesel depolar, dikdörtgen depolardan daha ekonomiktir. Ayrıca dairesel depolarda maksimum eğilme momentinin dikdörtgen depo tasarımına göre daha az olduğu görülmüştür (Chute ve ark., 2019).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

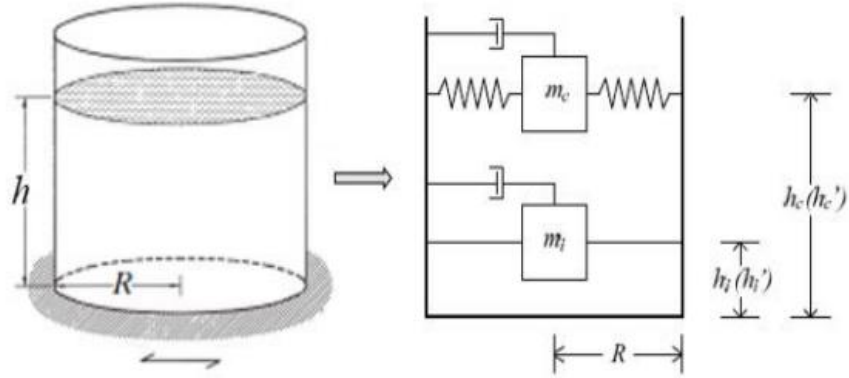
Yapılan çalışmada dikkate alınan parametreler Tablo 1. de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi 2500 m³ ve 7500 m³ olmak üzere iki farklı su hacmine sahip deponun, 3 farklı çap/yükseklik oranı dikkate alınarak tasarımı yapılmıştır. Farklı deprem etkilerinin dikkate alınabilmesi için her deponun Konya ve Kocaeli illeri için ayrı ayrı analizleri yapılmış, ayrıca zemin etkilerinin de davranış ve maliyet üzerindeki etkisinin gözlenebilmesi için ZA ve ZD olmak üzere iki farklı zemin sınıfı dikkate alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla 4 farklı parametre dikkate alınarak toplam 24 adet depo modelini oluşturulup tasarım yapılmıştır. Depolar SAP2000 v23 programı yardımı sonlu elemanlarla analiz edilmiştir. Tablo 3.1. den görüldüğü gibi depolanması hedeflenen su hacmi ve dikkate alınacak çap/yükseklik (D/H) oranlarına göre çap ve yükseklik değerleri belirlenmiş, ardından su kotu üstünde 1 m boşluk bırakılacağı düşünülerek nihai depo yüksekliği belirlenmiştir. Depo temelleri radye temel olarak modellenmiş ve farklı zemin sınıfları farklı yay katsayısına sahip yaylarla temel altına yerleştirilmiştir.

Tablo 3.1. Tez çalışmasına ait parametrik bilgiler

Su Hacmi (m ³)	D/H Oranı	D (m)	H _{SU} (m)	H _{DEPO} (m)	İl	Zemin Sınıfı	Perde Kalınlığı (m)	Radye Kalınlığı (m)	Toplam Model Sayısı
2500	3	21	7	8	KONYA	ZA	0,30	0,50	12
2500	6	27	4.5	5.5			0,25	0,45	
2500	9	30.5	3.4	4.4			0,20	0,40	
					KOCAELİ	ZD			
7500	3	30.5	10.2	11.2	KONYA	ZA	0,40	0,50	12
7500	6	38.5	6.5	7.5			0,35	0,45	
7500	9	44	4.9	5.9			0,30	0,40	
					KOCAELİ	ZD			

3.1. Dinamik Analiz

Sıvı depoları; dinamik bir etkiye maruz kaldığında, depo içindeki sıvının hareketi, asıl olarak iki kütleli hareketi olarak modellenmektedir. Bunlardan ilki deponun yapısal kısmı ile birlikte hareket eden sıvı kütlesi (impuls kütlesi), ikincisi yapısal kısımdan bağımsız olarak hareket eden ve impuls kütlelerine nazaran değişik periyotlarla salınım yapan sıvı kütlesi (salınım kütlesi)'dir. Bu model Şekil 3.1. de görülmektedir. Şekilde R silindirik depoların iç yarıçapını, h sıvının yüksekliğini göstermektedir. m_i ve m_c sırasıyla impuls ve salınım kütlelerini, h_i ve h'_i ise impuls kütlelerinin ve devrilme momenti hesabında etkili impuls yüksekliklerini temsil etmektedir. Benzer şekilde, h_c ve h'_c salınım kütlelerinin ve devrilme momenti hesabında etkili salınım yüksekliğini ifade etmektedir (Badradine ve Doğangün, 2018).



Şekil 3.1. Silindirik betonarme deponun dinamik modeli (Badradine ve Doğangün , 2018)

Deponun alt kısmındaki sıvının meydana getireceği etki impuls kuvveti, üst kısmındaki sıvının meydana getireceği etki ise salınım kuvveti ile temsil edilmektedir. İmpuls ve salınım titreşimini temsil eden toplanmış kütle kavramını kullanarak depoların dinamik analizi yapılabilmektedir. Bu modeller Housner tarafından geliştirilmiş ve matematiksel formülasyonlara dönüştürülerek yönetmeliklere girebilecek hale getirilmiştir (Badradine ve Doğangün , 2018).

Sıvı depolarının dinamik hesapları ile ilgili olarak ACI 350.3-06 (2006)'de toplanmış kütle yaklaşımı kullanılmaktadır. ACI 350.3-06 (2006) yönetmeliğine göre ilk olarak, sıvı deposunun geometrik şekline göre sıvı deposu içindeki toplam kütle belirlenmekte, daha sonra bu kütleyle bağlı olarak değişik katsayılar kullanılarak impuls ve salınım kütleleri hesaplanmaktadır. Bu nedenle deponun boyutlarına bağlı olarak bu kütlelerin oranları da değişmektedir.

Yer üstü ve silindirik sıvı depolarının dinamik hesaplamaları aşağıdaki bağıntılardan faydalanılarak yapılmıştır (Badratine ve Doğangün , 2018).

3.1.1. Toplam sıvı kütlesi hesabı

Silindirik sıvı depolarında toplam sıvı kütlesi hesabı Denklem 3.1 yardımıyla yapılmaktadır. Burada R deponun yarıçapı, h depodaki sıvı yüksekliği, ρ_l ise depodaki sıvının yoğunluğudur.

$$m_l = \pi \cdot R^2 \cdot h \cdot \rho_l \quad (3.1)$$

3.1.2. İmpuls kütlesi oranı

Silindirik sıvı depolarında impuls kütlesi hesabı Denklem 3.2 yardımıyla yapılmaktadır. Burada D deponun çapı, m_i ise impuls kütlesidir.

$$\frac{m_i}{m_l} = \frac{\tanh\left[0,866\frac{D}{h}\right]}{0,866\frac{D}{h}} \quad (3.2)$$

3.1.3. Salınım kütlesi oranı

Silindirik sıvı depolarında salınım kütlesi hesabı Denklem 3.3 yardımıyla yapılmaktadır. Burada m_c , salınım kütlesidir.

$$\frac{m_c}{m_l} = 0,230x \left(\frac{D}{h}\right) x \tanh\left(3,68\frac{h}{D}\right) \quad (3.3)$$

3.1.4. Depo duvar kütlesi

Silindirik sıvı depolarında depo duvar kütlesi hesabı Denklem 3.4 yardımıyla yapılmaktadır. Burada H_{Depo} , depo yüksekliğidir. Ayrıca t_w depo cidar kalınlığını, ρ ise depodaki sıvı yoğunluğunu ifade etmektedir.

$$m_w = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot H_{Depo} \cdot t_w \cdot \rho \quad (3.4)$$

3.1.5. İmpuls kütlesi etkiye yüksekliği oranı

Silindirik sıvı depolarında impuls kütlesi etkiye yüksekliği hesabı Denklem 3.5 ve Denklem 3.6 yardımıyla yapılmaktadır. Burada h_i , impuls kütlesi etkiye yüksekliğidir.

$$\frac{D}{h} \geq 1,333 \text{ ise } \frac{h_i}{h} = 0,375 \quad (3.5)$$

$$\frac{D}{h} < 1,333 \text{ ise } \frac{h_i}{h} = 0,5 - 0,09375 \left(\frac{h}{D} \right) \quad (3.6)$$

3.1.6. Salınım kütlesi etkiye yüksekliği oranı

Silindirik sıvı depolarında salınım kütlesi etkiye yüksekliği hesabı Denklem 3.7 yardımıyla yapılmaktadır. Burada h_c , salınım kütlesi etkiye yüksekliğidir.

$$\frac{h_c}{h} = 1 - \frac{\cosh\left[3,68x\frac{h}{D}\right] - 1}{3,68x\left(\frac{h}{D}\right) \sinh\left(3,68\frac{h}{D}\right)} \quad (3.7)$$

3.1.7. İmpuls periyodu

Silindirik sıvı depolarında impuls periyodu hesabı Denklem 3.8 yardımıyla yapılmaktadır. Burada E elastisite modülü, C_w ve C_l , periyot hesabında kullanılan katsayılar, g yerçekimi ivmesi, γ_c beton yoğunluğu, t_w depo duvar kalınlığı ve w_i açısız hızıdır.

$$C_l = C_w \times \sqrt{\frac{t_w}{10xR}} \quad \text{ve} \quad W_i = C_l \times \frac{1}{h} \sqrt{10^3 E g / \gamma_c}$$

$$C_w = 9,375 \cdot 10^{-2} + 0,2039 \left(\frac{h}{D}\right) - 0,1034 \left(\frac{h}{D}\right)^2 - 0,1253 \left(\frac{h}{D}\right)^3 + 0,1267 \left(\frac{h}{D}\right)^4 - 3,186 \cdot 10^{-2} \left(\frac{h}{D}\right)^5$$

$$T_i = \frac{2\pi}{W_i} \quad (3.8)$$

3.1.8. C_i ve C_c katsayılarının hesabı

Silindirik su depolarında impuls kuvveti hesabında kullanılan C_i katsayısı impuls periyoduna göre hesaplanır. C_i katsayısı Denklem 3.9 verilmiştir. Salınım kuvveti hesabında kullanılan C_c katsayısı ise salınım periyoduna göre hesaplanır. C_c katsayısı Denklem 3.10'da gösterilmiştir.

$$T_i \leq 0,31s \text{ ise } C_i = 2,5 ; T_i \geq 0,31s \text{ ise } C_i = \frac{1,25}{T_i^{2/3}} \quad (3.9)$$

$$T_c \geq 2,4 s \text{ ise } C_c = \frac{6}{T_c^2} \quad (3.10)$$

3.1.9. Salınım periyodu

Silindirik sıvı depolarında impuls periyodu hesabı Denklem 3.11 yardımıyla yapılmaktadır.

$$\lambda = \sqrt{3,68 \cdot g \cdot \tanh \left[3,68 \left(\frac{h}{D} \right) \right]} \text{ olmak üzere}$$

$$T_c = \frac{2\pi}{\lambda} x \sqrt{D} \quad (3.11)$$

3.1.10. Kesme kuvveti

Bir deponun toplam sismik tepkisi için doğal titreşim periyotları, kesme kuvveti ve devrilme momenti açısından analiz edilmesi gerekmektedir. ACI 350.3-06 (2006) yönetmeliğine göre kesme kuvveti hesabı Denklem 3.12'den hesaplanmıştır. Burada P_i impuls kuvveti, P_w duvar kütlesi ile oluşan kuvvet, P_r çatı kütlesi etkisiyle meydana gelen kuvvet ve P_c salınım kuvvetidir.

$$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c^2} \quad (3.12)$$

3.1.11. İmpuls kuvveti

Silindirik sıvı depolarında impuls kuvveti hesabı Denklem 3.13 yardımıyla yapılmaktadır (ACI 350.3-06 (2006)). Burada W_i impuls etkisinin oluşturduğu ağırlıktır. Z sismik alan faktörü olup Tablo 3.2. 'de, S zemin tipi katsayısı olup Tablo 3.3. 'de, I yapı önem faktörü olup Tablo 3.4. 'de ve R_{wi} depo tipine göre spektral davranış katsayısı olmakla beraber Tablo 3.5. 'de verilmiştir.

Tablo 3.2. de ABD için verilen sismik alan faktörü (Z) değeri TDBY 2018'e göre uyarlanarak Konya ve Kocaeli illeri için DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre (50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem) AFAD

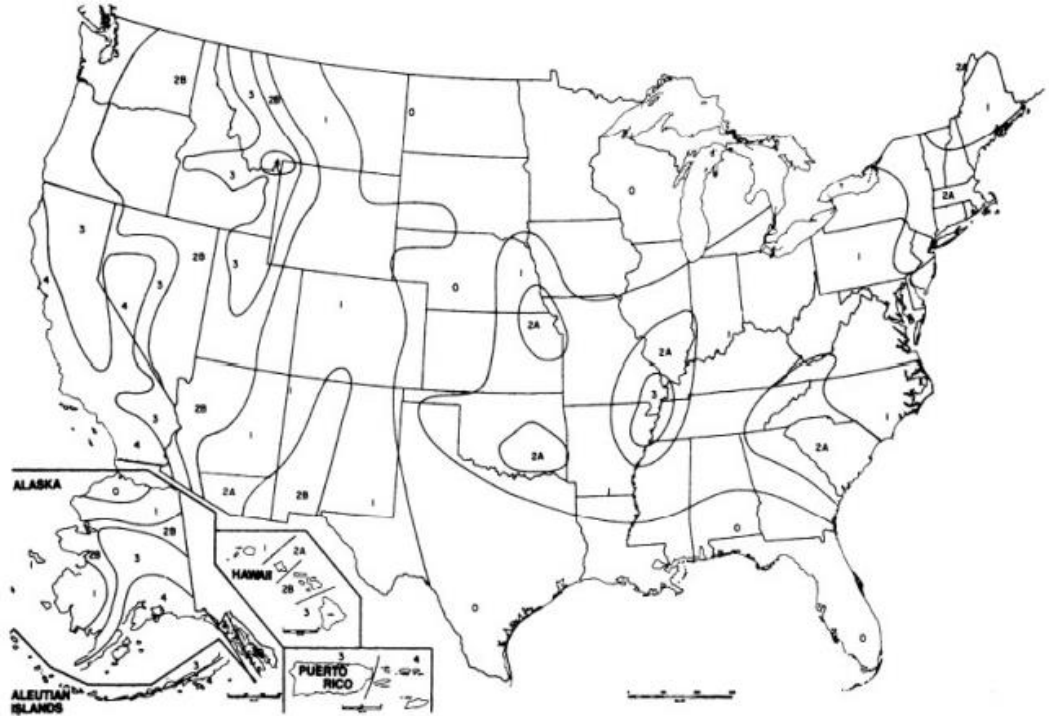
Türkiye Deprem Tehlike Haritaları web uygulamasından (AFAD, 2018) alınan PGA (en büyük yer ivmesi(g)) değerleri olarak dikkate alınmıştır (<https://tdth.afad.gov.tr/>).

Zemin tipi katsayısı olan S değeri ise TBDY 2018’e göre uyarlandığı zaman ZA zemin sınıfı için A zemin tipine, ZD zemin sınıfı için ise B zemin tipine tekabül etmektedir.

$$P_i = Z.S.I.C_i \cdot \frac{W_i}{R_{wi}} \quad (3.13)$$

Tablo 3.2. Sismik alan faktörü (ACI 350.3-06 (2006))

Sismik Alan Adı	Sismik Alan Faktörü, Z
1	0,075
2A	0,15
2B	0,2
3	0,3
4	0,4



Şekil 3.2. Amerika Birleşik Devletleri sismik alan adlandırılması (ACI 350.3-06 (2006))

Tablo3.3. Zemin tipi katsayısı (ACI 350.3-06 (2006))

Zemin Tipi	Açıklama	Zemin Katsayısı, S
A	İki tür zemin grubunu içerir; Kaya gibi malzemeler ve kesme dalgası hızı 762 m/s'den büyük olan zeminler veya b; orta yoğunlukta veya orta sertlikteki zemin şartlarını sağlayan ve derinliği 60960 mm'den az olan zeminler	1,0
B	Orta yoğunlukta veya orta sertlikte toprak koşullarında toprağın derinliğinin 60960 mm'yi aştığı yerlerdeki zemin tipi	1,2
C	6096 mm'den fazla orta sertlikte kil içeren fakat 12192 mm' yi aşmayan zemin tipi	1,5
D	152,4 m/s'den daha az kesme dalgası hızıyla karakterize edilmiş 12192 mm'den yumuşak kil içeren zemin tipi	2,0

Tablo 3.4. Yapı önem katsayısı (ACI 350.3-06 (2006))

Sıvı Deposu Tipi	Yapı Önem Faktörü, I
İçerisinde zararlı sıvılar bulunan depolar	1,5
Deprem sonrası acil amaçlar için kullanılan depolar veya yangın söndürme sisteminde kullanılan depolar	1,25
Ayaklı depolar	1,0

Tablo 3.5. Depo tipine göre spektral davranış katsayısı ACI 350.3-06 (2006))

Yapı Tipi	R _{wi} üstünde veya zemin yüzeyinde	Zemine gömülü	R _{wc}
Ankrajlı veya esnek tabanlı depolar	4,5	4,5	1,0
Sabitlenmiş veya tabanı mafsallı depolar	2,75	4,00	1,0
Ankajsız, dolu ve boş depolar	2,0	2,75	1,0
Ayaklı depolar	3,0	-	1,0

3.1.12. Duvar kütlesi etkisi ile oluşan kuvvet

Silindirik sıvı depolarında duvar kütlesi etkisi ile oluşan kuvveti hesabı Denklem 3.14 yardımıyla yapılmaktadır. Burada W_w duvar ağırlığı ve $\mathcal{E}$ duvar yükü etkisiyle oluşacak kuvvet hesabında kullanılan katsayıdır. $\mathcal{E}$ Denklem 3.15 yardımıyla hesaplanır (ACI 350.3-06 (2006)).

$$P_w = Z.S.I. \mathcal{E} \cdot C_i \cdot \frac{W_w}{R_{wi}} \quad (3.14)$$

$$\varepsilon = \left[0,0151 \left(\frac{D}{h} \right)^2 - 0,1908 \left(\frac{D}{h} \right) + 1,021 \right] \quad (3.15)$$

3.1.13. Çatı kütlesi etkisi ile oluşan kuvvet

Silindirik sıvı depolarında çatı kütlesi etkisi ile oluşan kuvveti hesabı Denklem 3.16 yardımıyla yapılmaktadır. Burada W_r çatı ağırlığıdır.

$$P_r = Z.S.I.C_i \cdot \frac{W_r}{R_{wi}} \quad (3.16)$$

3.1.14. Salınım kuvveti

Silindirik sıvı depolarında salınım etkisi ile oluşan kuvvet hesabı Denklem 3.17 yardımıyla yapılmaktadır. Burada W_c salınım etkisinin oluşturduğu ağırlıktır. R_{wc} depo tipine göre spektral davranış katsayısı olup Tablo 3.5’de verilmiştir.

$$P_c = Z.S.I.C_c \cdot \frac{W_c}{R_{wc}} \quad (3.17)$$

3.1.15. Eğilme momenti

Silindirik sıvı depolarında eğilme momenti Denklem 3.18 yardımıyla hesaplanmaktadır. Burada M_i impuls kuvvetinden oluşan impuls momenti, M_w duvar kütlesinden meydana gelen duvar momenti, M_r çatı kütlesinden meydana gelen duvar momenti ve M_c salınım kuvvetiyle oluşan salınım momentidir.

$$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_r)^2 + M_c^2} \quad (3.18)$$

3.1.16. İmpuls kuvvetiyle oluşan impuls momenti

Silindirik sıvı depolarında impuls kuvvetiyle oluşan impuls momenti hesabı Denklem 3.19 yardımıyla yapılmaktadır.

$$M_i = P_i \cdot h_i \quad (3.19)$$

3.1.17. Duvar kütlesinden meydana gelen duvar momenti

Silindirik sıvı depolarında duvar kütlesinden meydana gelen duvar momenti Denklem 3.20 yardımıyla hesaplanmaktadır. Burada h_w ; cidarın ağırlık merkezinin tabana olan uzaklığıdır.

$$M_w = P_w \cdot h_w \quad (3.20)$$

3.1.18. Çatı kütlesinden meydana gelen çatı momenti

Silindirik sıvı depolarında çatı kütlesinden meydana gelen çatı momenti Denklem 3.21 yardımıyla yapılmaktadır. Burada h_r depo tabanından depo çatısının ağırlık merkezine olan uzaklıktır.

$$M_r = P_r \cdot h_r \quad (3.21)$$

3.1.19. Salınım kuvvetiyle oluşan salınım momenti

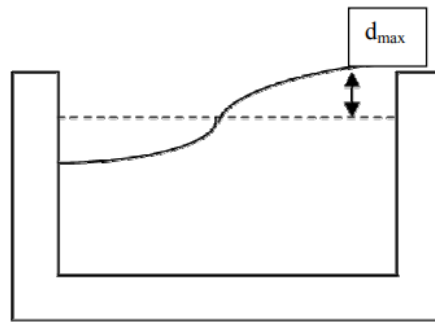
Silindirik sıvı depolarında salınım kuvvetiyle oluşan salınım momenti hesabı Denklem 3.22 yardımıyla yapılmaktadır.

$$M_c = P_c \cdot h_c \quad (3.22)$$

3.1.20. Maksimum oluşabilecek dalga yüksekliği

Silindirik sıvı deposunun üzeri açık olduğu için herhangi bir deprem anında sıvıda dalgalanma meydana gelir. Bu dalgalanma sonucu depoda oluşabilecek maksimum dalga yüksekliği Denklem 3.23 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$d_{max} = \left(\frac{D}{2}\right) \cdot (Z \cdot S \cdot I \cdot C_c) \quad (3.23)$$



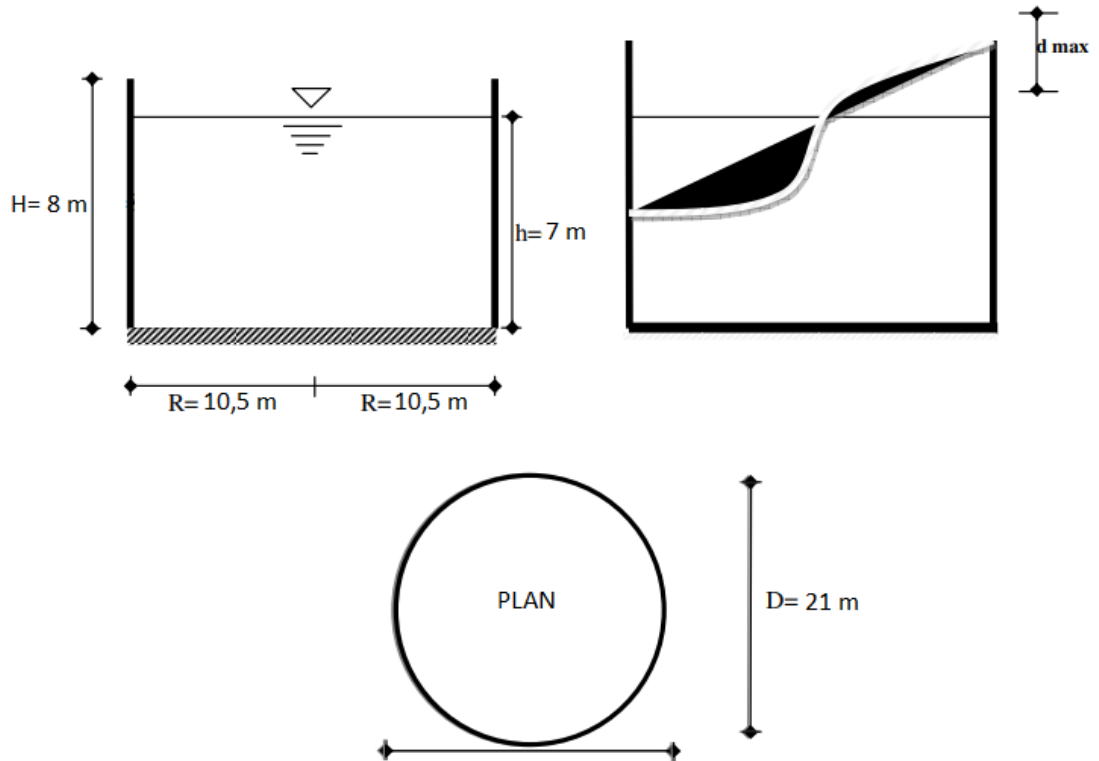
Şekil3.3. . En büyük dalga yüksekliği

3.2. Dinamik Yük Hesaplamaları

Betonarme silindirik sıvı depolarında dinamik yük hesaplamaları yukarıda anlatılan ACI 350.3-06 (2006) yönetmeliğine göre yapılmaktadır.

Tablo 3.1. de özetlendiği şekilde, parametre ve analiz sayısının fazlalığı sebebiyle, Konya ili, ZA zemin sınıfı, 2500 m³ hacimli su deposu (21 m çaplı ve 7 metre sıvı yüksekliğine sahip) için yapılan hesaplamalar ve elde edilen sonuçlar adım adım gösterilmiş, diğer depolara ait sonuçlar ise EK-1 de verilmiştir.

- ✓ Konya ili ve ZA zemin sınıfı
- ✓ $V_{su} = 2500 \text{ m}^3$
- ✓ $H_{Depo} = 8 \text{ m}$
- ✓ $H_{su} = 7 \text{ m}$
- ✓ $D = 21 \text{ m}$
- ✓ $R = 10,5 \text{ m}$



Şekil 3.4. Silindirik sıvı deposunun plan ve kesiti

3.2.1. Toplam sıvı kütlesi hesabı

Toplam sıvı kütlesi hesabı Denklem 3.1 yardımıyla yapılmıştır.

$$\rho_l = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$m_l = \pi \cdot 10,5^2 \cdot 7 \cdot 1000$$

$$m_l = 2424524,13 \text{ kg} = 24245,2413 \text{ KN}$$

3.2.2. İmpuls kütlesi oranı

Silindirik sıvı depolarında impuls kütlesi hesabı Denklem 3.2 yardımıyla yapılmıştır.

$$\frac{m_i}{2424524,13} = \frac{\tanh\left[0,866 \frac{21}{7}\right]}{0,866 \frac{21}{7}}$$

$$m_i = 922946,508 \text{ kg} = 9229,4650 \text{ KN}$$

3.2.3. Salınım kütlesi oranı

Silindirik sıvı depolarında salınım kütlesi hesabı Denklem 3.3 yardımıyla yapılmıştır.

$$\frac{m_c}{2424524,13} = 0,230x \left(\frac{21}{7}\right) x \tanh\left(3,68 \frac{7}{21}\right)$$

$$m_c = 1407947,31 \text{ kg} = 14079,4731 \text{ KN}$$

3.2.4. Depo duvar kütlesi

Silindirik sıvı depolarında depo duvar kütlesi hesabı Denklem 3.4. yardımıyla yapılmıştır. Su deposunun temeli 0,5 m kalınlığında radye temeldir. Dolayısıyla;

$$H_{\text{Depo}} = 8 \text{ m} - 0,5 \text{ m} = 7,5 \text{ m}$$

Depo duvar kalınlığı $tw = 0,3 \text{ m}$ alınmıştır.

$$m_w = 2 \cdot \pi \cdot 10,5 \cdot 7,5 \cdot 0,3 \cdot 1000 = 356256,646 \text{ kg} = 3562,5664 \text{ KN}$$

3.2.5. İmpuls kütlesi etkiye yüksekliği oranı

Silindirik sıvı depolarında İmpuls kütlesi etkiye yüksekliği hesabı Denklem 3.5 yardımıyla yapılmıştır.

$$\frac{D}{h} \geq 1,333 \text{ ise } \frac{h_i}{h} = 0,375$$

$$\frac{21}{7} \geq 3 \quad \frac{h_i}{7} = 0,375$$

$$h_i = 2,625 \text{ m}$$

3.2.6. Salınım kütlesi etkime yüksekliği oranı

Silindirik sıvı depolarında salınım kütlesi etkime yüksekliği hesabı Denklem 3.7 yardımıyla yapılmıştır.

$$\frac{h_c}{7} = 1 - \frac{\cosh\left[3,68x\frac{7}{21}\right]-1}{3,68x\left(\frac{7}{21}\right)x\sinh\left(3,68\frac{7}{21}\right)}$$

$$h_c = 3,881 \text{ m}$$

3.2.7. İmpuls periyodu

Silindirik sıvı depolarında İmpuls kütlesi etkime yüksekliği hesabı Denklem 3.5 yardımıyla yapılmıştır.

$$E = 32.10^9 \text{ N/m}^2 \text{ (C30 için)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$C_l = 0,147 \times \sqrt{\frac{0,3}{10 \times 10,5}} = 0,0078$$

$$W_i = 0,0078 \times \frac{1}{7} \sqrt{10^3 \cdot 32 \cdot 10^3 \cdot 9,81 / 2,4} = 12,84$$

$$C_w = 9,375 \cdot 10^{-2} + 0,2039 \left(\frac{7}{21}\right) - 0,1034 \left(\frac{7}{21}\right)^2 - 0,1253 \left(\frac{7}{21}\right)^3 + 0,1267 \left(\frac{7}{21}\right)^4 - 3,186 \cdot 10^{-2} \left(\frac{7}{21}\right)^5 = 0,147$$

$$T_i = \frac{2\pi}{12,84} = 0,489 \text{ s}$$

3.2.8. C_i katsayısı hesabı

Silindirik su depolarında C_i katsayısı impuls periyoduna göre hesaplanır. C_i katsayısı Denklem 3.9 verilmiştir. C_c katsayısı ise salınım periyoduna göre hesaplanır. C_c katsayısı Denklem 3.10 verilmiştir.

$$T_i = 0,489 \text{ s} \geq 0,31 \text{ s} \quad C_i = \frac{1,25}{0,489^{2/3}} = 2,012$$

3.2.9. Salınım periyodu

Silindirik sıvı depolarında impuls periyodu hesabı Denklem 3.11 yardımıyla yapılmaktadır.

$$\lambda = \sqrt{3,68 \cdot 9,81 \cdot \tanh \left[3,68 \left(\frac{7}{21} \right) \right]} = 5,512$$

$$T_c = \frac{2\pi}{5,512} x \sqrt{21} = 5,22 \text{ s}$$

3.2.10. C_c katsayısı hesabı

C_c katsayısı ise salınım periyoduna göre hesaplanır. C_c katsayısı Denklem 3.10 verilmiştir.

$$T_c = 5,22 \text{ s} \geq 2,4 \text{ s} \text{ ise } C_c = \frac{6}{5,22^2} = 0,219$$

3.2.11. İmpuls kuvveti

Silindirik sıvı depolarında impuls kuvveti hesabı Denklem 3.16 yardımıyla yapılmıştır. Burada Z sismik alan faktörü TBDY 2018'e göre uyarlanarak AFAD resmi sitesinden DD-2'ye göre alınan PGA değeri olup Konya ili için 0,133 ve Kocaeli ili için 0,604 değeridir. Zemin tipi katsayısı olan S değeri TBDY 2018'e göre uyarlanarak Tablo 3.3. 'den alınan ZA zemin sınıfı için 1 değeri ve ZD zemin sınıfı için 1,2 değeridir. Yapı önem faktörü olan I, Tablo 3.4'den ve depo tipine göre spektral davranış katsayısı olan R_{wi} Tablo 3.5'ten alınmıştır.

$$Z = 0,133$$

$$S = 1,0$$

$$I = 1,0$$

$$C_i = 2,012$$

$$R_{wi} = 2,75$$

$$P_i = 0,133 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,012 \cdot \frac{(922946,508 \cdot 9,81 \cdot 10^3)}{2,75} = 881,42 \text{ kN}$$

3.2.12. Duvar kütlesi ile oluşan kuvvet

Silindirik sıvı depolarında duvar kütlesi etkisi ile oluşan kuvveti hesabı Denklem 3.14 yapılmıştır. Burada W_w duvar ağırlığı ve $\mathcal{E}$ duvar yükü etkisiyle oluşacak kuvvet hesabında kullanılan katsayıdır. $\mathcal{E}$ Denklem 3.15 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\mathcal{E} = \left[0,0151 \left(\frac{21}{7} \right)^2 - 0,1908 \left(\frac{21}{7} \right) + 1,021 \right] = 0,5845$$

$$P_w = 0,133.1.1.0,5845.2,012. \frac{(356256,65.9,81.10^3)}{2,75} = 198,86 \text{ kN}$$

3.2.13. Çatı kütlesi etkisi ile oluşan kuvvet

Silindirik sıvı depolarında çatı kütlesi etkisi ile oluşan kuvveti hesabı Denklem 3.16 yardımıyla yapılmaktadır. Ancak silindirik sıvı depomuzda çatı olmadığı için $P_r=0$ alınmıştır.

3.2.14. Salınım kuvveti

Silindirik sıvı depolarında salınım etkisi ile oluşan kuvvet hesabı Denklem 3.17 yardımıyla yapılmıştır. R_{wc} depo tipine göre spektral davranış katsayısı olmakla beraber Tablo 3.5'te verilmiştir.

$$R_{wc} = 1,0$$

$$C_c = 0,219$$

$$P_c = 0,133.1.1.0,219. \frac{(1407947,31.9,81.10^3)}{1} = 403,93 \text{ kN}$$

3.2.15. Kesme kuvveti

ACI 350.3-06 (2006) yönetmeliğine silindirik sıvı depolarında kesme kuvveti hesabı Denklem 3.12'den hesaplanmıştır. Burada P_i impuls kuvveti, P_w duvar kütlesi ile oluşan kuvvet, P_r çatı kütlesi etkisiyle meydana gelen kuvvet ve P_c salınım kuvvetidir.

$$V = \sqrt{(881,42 + 198,42 + 0)^2 + 403,93^2} = 1153,34 \text{ KN}$$

3.2.16. İmpuls kuvvetiyle oluşan impuls momenti

Silindirik sıvı depolarında impuls kuvvetiyle oluşan impuls momenti hesabı Denklem 3.19 yardımıyla yapılmaktadır.

$$M_i = 881,42.2,625 = 231,72 \text{ KNm}$$

3.2.17. Duvar kütesinden meydana gelen duvar momenti

Silindirik sıvı depolarında duvar kütesinden meydana gelen duvar momenti Denklem 3.20 yardımıyla hesaplanmaktadır. Burada h_w , cidarın ağırlık merkezinin tabana olan uzaklığıdır. Depo yüksekliği 8,00 metre olduğu için h_w değeri 4,00 m'dir.

$$M_w = 198,86.4 = 795,44 \text{ KNm}$$

3.2.18. Çatı kütesinden meydana gelen çatı momenti

Silindirik sıvı depolarında çatı kütesinden meydana gelen çatı momenti Denklem 3.21 yardımıyla yapılmaktadır. Burada h_r depo tabanından depo çatısının ağırlık merkezine olan uzaklıktır. Tasarladığımız depoda çatı olmadığı için çatı momenti $M_r = 0$ 'dır.

3.2.19. Salınım kuvvetiyle oluşan salınım momenti

Silindirik sıvı depolarında salınım kuvvetiyle oluşan salınım momenti hesabı Denklem 3.22 yardımıyla yapılmaktadır.

$$M_c = 403,93.3,881 = 1567,65 \text{ KNm}$$

3.2.20. Eğilme momenti

Silindirik sıvı depolarında eğilme momenti Denklem 3.18 yardımıyla hesaplanmaktadır. Burada M_i impuls kuvvetinden oluşan impuls momenti, M_w duvar kütesinden meydana gelen duvar momenti, M_r çatı kütesinden meydana gelen duvar momenti ve M_c salınım kuvvetiyle oluşan salınım momentidir.

$$M_b = \sqrt{(231,72 + 795,44 + 0)^2 + 1567,65^2} = 1874,19 \text{ KNm}$$

3.2.21. Maksimum oluşabilecek dalga yüksekliği

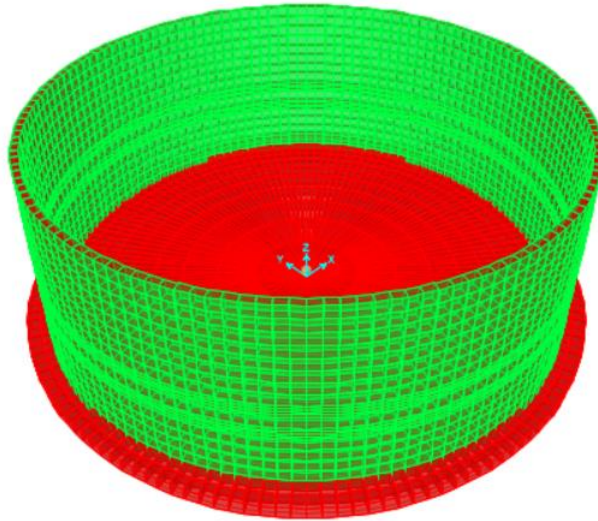
Silindirik sıvı deposunda meydana dalgalanma sonucu depoda oluşabilecek maksimum dalga yüksekliği Denklem 3.23 yardımıyla verilmiştir.

$$d_{max} = \left(\frac{21}{2}\right) \cdot (0,133.1.1.0,219) = 0,30 \text{ m}$$

4. TASARIM VE MODELLEME

24 adet su deposu SAP2000 v23 programı yardımıyla sonlu elemanlarla analiz edilmiştir. Programda modellenen depolar silindirik kabuk (cylindrical shell) sınıfındadır. Bina Önem Katsayısı (I) 1 alınmıştır. Depolar SAP2000 v23’de modellendikten sonra Response Spektrum sekmesinden, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) tanımlamaları göz önüne alınarak, programa, ilgili il ve zemin özelliklerine özgü davranış spektrumları tanımlanarak modal analiz yapılmıştır.

Sonlu elemanlar modeli oluşturmak için silindirik depo, Şekil 4.1’ de görüldüğü gibi düşeyde her bir dilimi 0,5 metre olmak üzere 16 dilime, dairesel tabanda 5 derecelik açılar olmak üzere toplamda 72 dilime ve tabanın merkezinden depo cidarına doğru radyal şekilde 12 dilime bölünerek tam daire sağlanmış ve en hassas çözüm yoluna gidilmiştir. Depo temeline 1 metre olacak şekilde ampartman yapılmıştır.

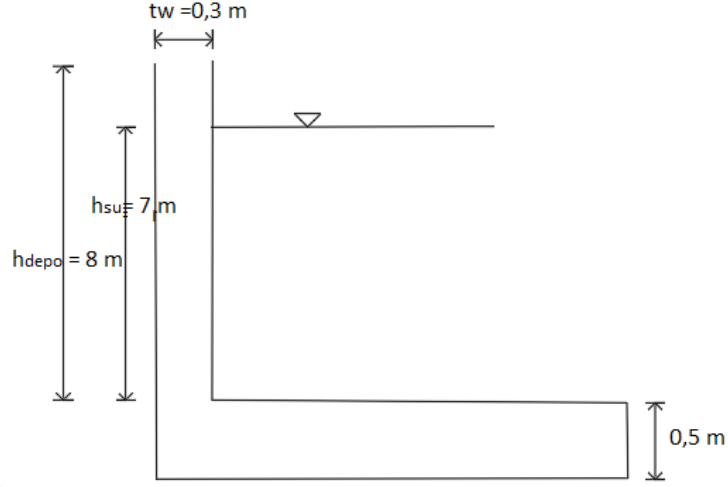


Şekil 4.1. Örnek depo sonlu elemanlar modeli

SAP 2000 v23 programında çalışan global eksen takımına göre x ve y eksenleri; yatay eksen, z eksen ise yerçekiminin tersi yönündeki düşey eksen ifade etmektedir.

Tablo 3.1’den görüldüğü gibi depolanması hedeflenen su hacmi ve dikkate alınarak çap/yükseklik (D/H) oranlarına göre çap ve yükseklik değerleri belirlenmiş, ardından su kotu üstünde 1 m boşluk bırakılacağı düşünülerek nihai depo yüksekliği belirlenmiştir. Bu durumda, Konya ilinde ZA zemin sınıfında bulunan ve depo hacmi 2500 m^3 olarak verilen deponun boyutları Şekil 4.2’de gösterildiği gibi, depo yüksekliği $h_{Depo} = 8$ metre ve su yüksekliği $h_{su} = 7$ metre şeklindedir. Yapılan analizler sonucu

optimum radye temel yüksekliği ve depo kalınlığı belirlenerek Şekil 4.2’de gösterildiği gibi radye temel kalınlığı $h_{radye}=0,5$ metre ve depo kalınlığı $tw=0,3$ metre olarak seçilmiştir.



Şekil 4.2. SAP 2000 v23 programı model boyutları

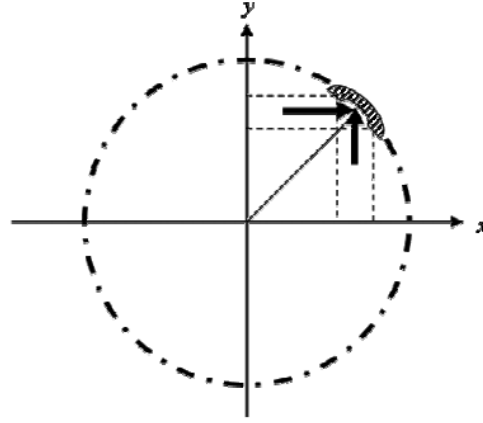
Depoda kullanılacak malzeme karakteristikleri C30 beton ve S420 nervürlü donatıdır.

G; sabit yük (ölü yük) deponun kendi ağırlığını ifade etmekte, kesit ve eleman boyutları ve malzemenin karakteristik değerlerine bağlı olarak program kendisi hesaplamaktadır.

Q; hareketli yükü, depo içinde su yüksekliğine bağlı olarak perdeye üçgen yayılı hidrostatik basınç olarak etkimektedir. Hidrostatik su basıncı tabanda üniformdur. Su yükü, perdede ve tabanda tüm yüzeye yüzey basıncı (surface pressure) şeklinde etkitilmektedir. Ayrıca Q hareketli yükü depo içindeki suyun dinamik basıncıdır. Dinamik basınç verilen denklemler sonucundaki ulaşılan yüksekliklere impuls ve salınım yükü olarak üzere iki ayrı şekilde uygulanmıştır.

Ayrıca depolara (E) deprem yükü tanımlanmıştır. Response spektrum analizi ile 2018 Türk deprem yönetmeliğine göre (TBDY, 2018) programa yatay ve düşey elastik ivme spektrumları tanımlanmıştır. Perdede dinamik analiz sırasında her tabandan yükseklik ve φ açısı için hesaplanan P_{max} , maksimum hidrodinamik basınçlar, sorumlu oldukları alanlar ile çarpılarak eşdeğer yatay statik deprem kuvvetlerine dönüştürülmüştür ($F = P \cdot A$). Bu kuvvetler E yüklemesi altında perdedeki tüm düğüm noktalarına global eksen takımına göre x ve y doğrultularında etkitilmiştir. Deprem yüklerinin hesabında taşıyıcı sistem davranış katsayısı 4 olarak dikkate alınmıştır.

Şekil 4.3' de tabandan herhangi bir yükseklikteki bir φ açısına sahip perde düğüm noktasına etkiyen eşdeğer yatay statik deprem kuvvetleri görülmektedir. x eksenini doğrultusundaki kuvvet F_x kuvveti; y eksenini doğrultusundaki kuvvet F_y kuvvetidir (Kozluca, 2006).



Şekil 4.3. Eşdeğer statik deprem kuvvetleri (Kozluca, 2006)

Son olarak G (sabit yük etkileri), Q (hareketli yük etkileri) ve E (deprem yükü etkileri) yük etkileri yük katsayıları ile çarpılarak tasarımda kullanılacak kombinasyonlar oluşturulmuştur. TS 500'e göre akışkan basıncı bulunan durumlarda, bu basınç 1,4 yük katsayısıyla çarpılarak içinde hareketli yük bulunan tüm yük birleşimlerine eklenmelidir. Dolayısıyla $1.4 G + 1.4 Q$, $G + 1.4Q + E_d^H + 0.3 E_d^Z$ yük birleşimleri ile tasarım iç kuvvetleri elde edilmiştir. Burada düşey deprem etkisi E_d^Z , özel bir hesap yapılmaksızın 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre Denklem 4.1'de gösterildiği gibi yaklaşık olarak hesaplanmıştır.

$$E_d^Z \approx (2/3)S_{DS}G \quad (4.1)$$

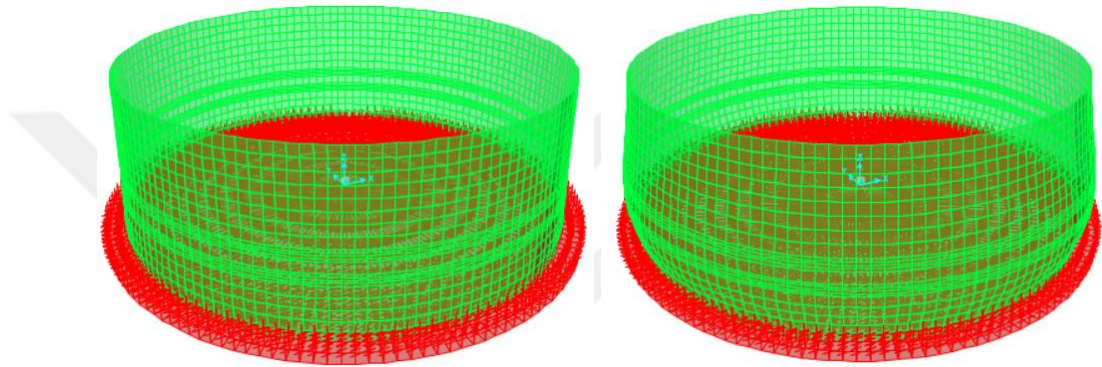
Denklemden G sabit yük etkisini, S_{DS} ise kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını göstermektedir.

Tüm değerler SAP 2000 v23 programına girildikten sonra model analiz edilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Sabit yük (G) ve hareketli yük (Q) etkisi incelendiğinde bu yüklemeler altında elde edilen kesit tesirleri yalnızca deponun yerden yüksekliğine bağlı olduğu için tüm depo cidarı boyunca aynı yükseklikte aynı değeri vermektedir. Tabanda ise aynı şekilde

merkezden aynı uzaklıktaki tüm noktalarda kesit tesirleri aynıdır. Aynı şekilde $1,4G+1,4Q$ kombinasyonunun oluşturduğu yüklemelerde kesit tesirleri, perdede aynı yükseklikteki tüm noktalarda, tabanda ise merkezden aynı uzaklıktaki tüm noktalarda aynı değeri vermektedir.

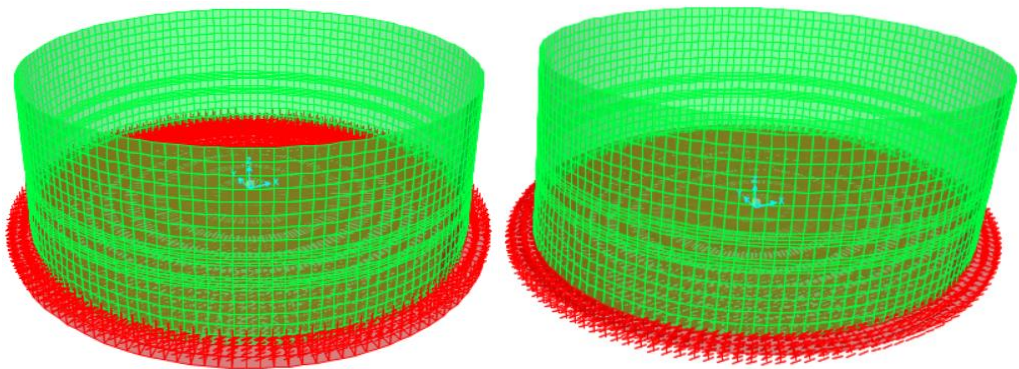
Şekil 4.4'de $1,4G + 1,4Q$ yük kombinasyonundaki şekil değişimi görülmektedir. Bu kombinasyonda hidrostatik ve hidrodinamik yük etkisiyle oluşan şekil değiştirme fıçılama şeklindedir. Deponun şekil değiştirmemiş hali Şekil 4.4(a)'da, şekil değiştirmiş hali ise Şekil 4.4(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 (a) Şekil değiştirmemiş depo

Şekil 4.4 (b) Şekil değiştirmiş depo

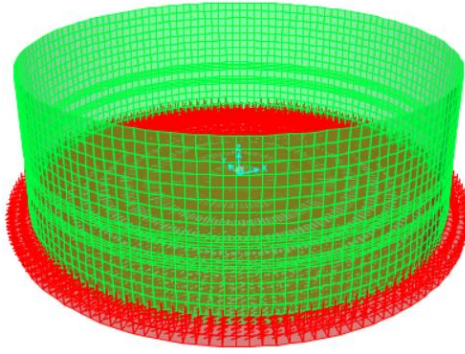
E_x deprem yüklemesinde ise deprem $-x$ yönünden $+x$ yönüne doğru geldiği için şekilde $+x$ yönünde bir kayma meydana gelmiştir. Oluşan şekil değişimi Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



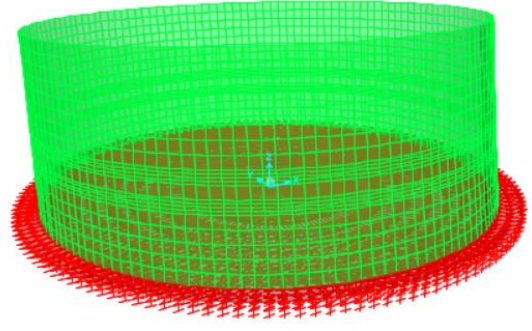
Şekil 4.5 (a) Şekil değiştirmemiş depo

Şekil 4.5(b) Şekil değiştirmiş depo

E_y deprem yüklemesinde ise deprem $-y$ yönünden $+y$ yönüne doğru geldiği için modelde $+y$ yönünde bir ötelenme profili oluşmaktadır. Oluşan şekil değişimi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

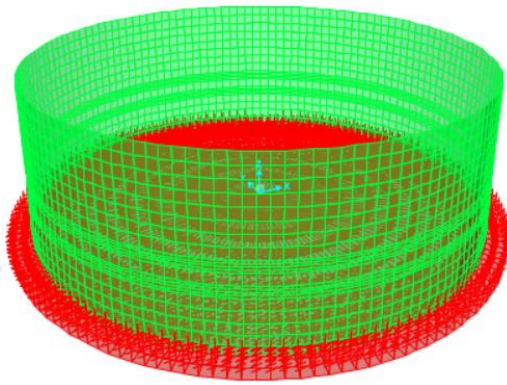


Şekil 4.6 (a) Şekil değiştirmemiş depo

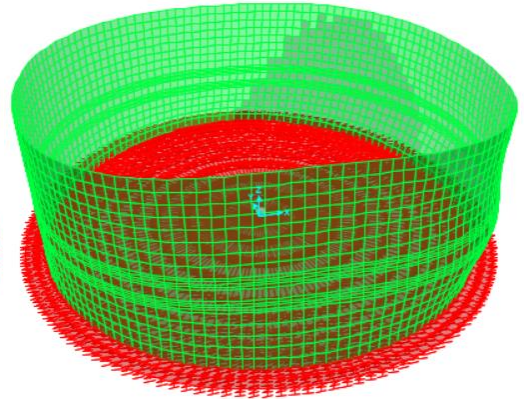


Şekil 4.6 (b) Şekil değiştirmiş depo

Dinamik kuvvetin oluşturduğu impuls x ve salınım x yüklemelerinde ise yük etkileri depoda x yönünde bombeleşme ve y yönünde bir daralma meydana getirmiştir. Oluşan şekil değişimi Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

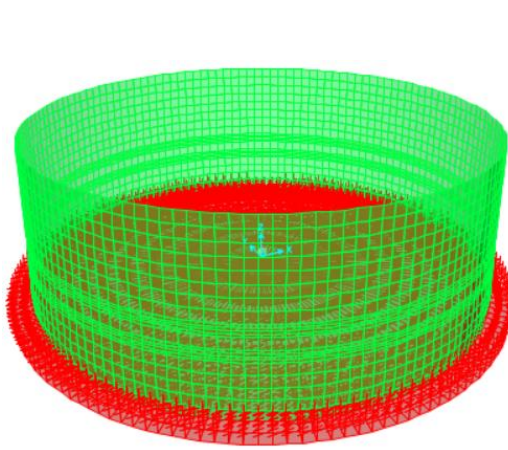


Şekil 4.7 (a) Şekil değiştirmemiş depo

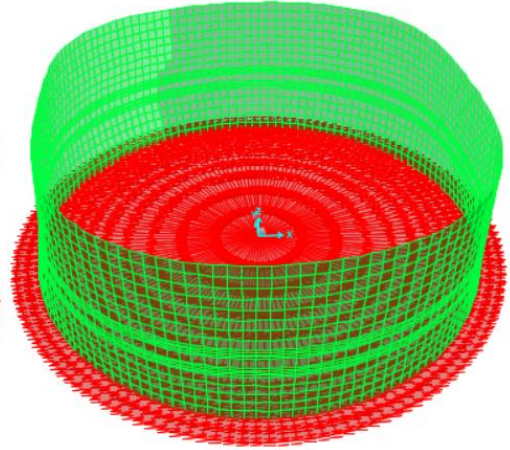


Şekil 4.7 (b) Şekil değiştirmiş depo

İmpuls y ve salınım y yüklemelerinde ise yük etkileri depoda y yönünde bombeleşme ve x yönünde bir daralma meydana getirmiştir. Oluşan şekil değişimi Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

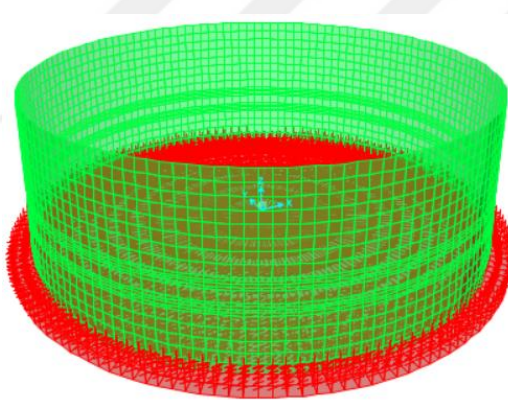


Şekil 4.8 (a) Şekil değiştirmemiş depo

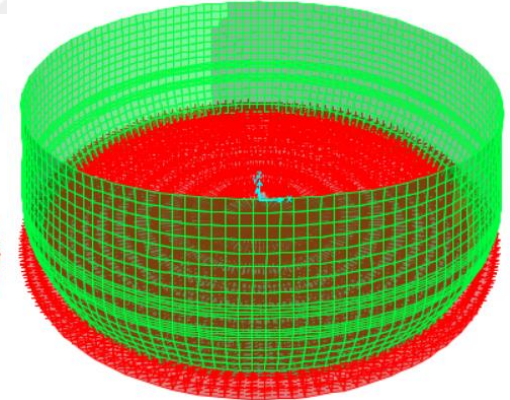


Şekil 4.8 (b) Şekil değiştirmiş depo

Depoya etki eden x yönündeki kuvvetlerin oluşturduğu kombinasyonda $(G+1,4Q+E_x+\dot{IMPULS}_x + SALINIM_x + 0,3E_{DÜŞEY})$ yük etkileri depoda x yönünde kısmi bombeleşme ve y yönünde kısmi bir daralma meydana getirmiştir. Oluşan şekil değişimi Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

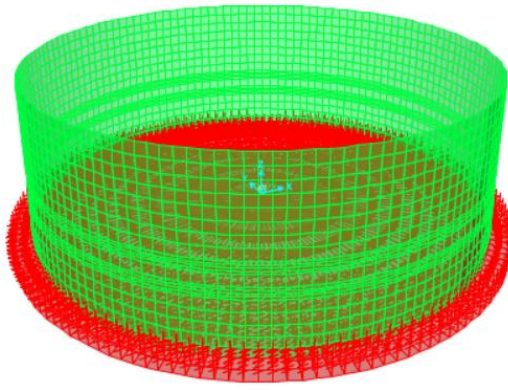


Şekil 4.9 (a) Şekil değiştirmemiş depo

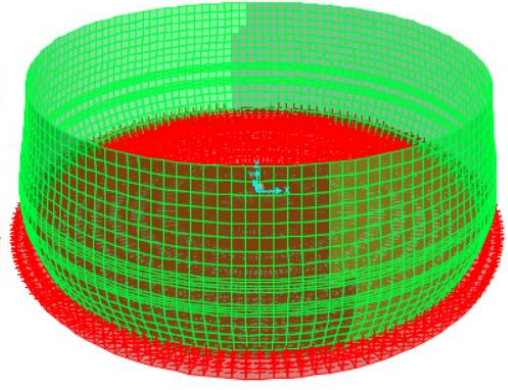


Şekil 4.9 (b) Şekil değiştirmiş depo

Depoya etki eden y yönündeki kuvvetlerin oluşturduğu kombinasyonda $(G+1,4Q+E_y+\dot{IMPULS}_y + SALINIM_y + 0,3E_{DÜŞEY})$ yük etkileri depoda y yönünde kısmi bombeleşme ve x yönünde kısmi bir daralma meydana getirmiştir. Oluşan şekil değişimi Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

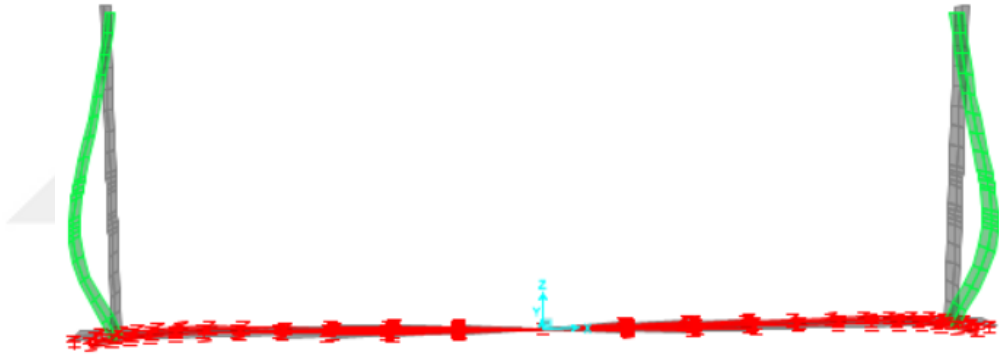


Şekil 4.10 (a) Şekil değiştirmemiş depo



Şekil 4.10 (b) Şekil değiştirmiş depo

Suyun deponun cidarında oluşturduğu basıncın etkisiyle cidarda Şekil 4.11'deki gibi şekil değişimi meydana gelmektedir. $G+1,4Q+E_Y+\dot{I}MPULS_Y + SALINIM_Y + 0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonunda oluşan maksimum deplasman 0,465 mm'dir.



Şekil 4.11. Su yatay kuvvetin cidarda oluşturduğu deplasman

Yapılan SAP 2000 v23 analizleri sonucunda elde edilen maksimum moment ve kesme kuvvetlerine göre donatı hesapları yapılmıştır.

5. BETONARME HESAPLAMALAR

Yapılan betonarme hesaplarda SAP 2000 v23 programıyla oluşturulan 24 adet silindirik su deposunun 3. ve 4. bölümdeki esaslara göre modellenip, ilgili yüklerin ve kombinasyonların etkisi altındaki analiz sonuçları kullanılmıştır. Her kombinasyondan elde edilen maksimum kesme kuvveti ve moment değerlerine göre donatı hesabı yapılmıştır. Donatı hesaplarında, çatlak genişliği ile ilgili sınırlamalar, kurumlar arasında farklılık gösterdiği için dikkate alınmamıştır. Yapılan modellemede C30 beton ve S420 donatı çeliği kullanılmıştır. Aşağıda örnek olarak ele alınan, Konya ilinde ZA zemin sınıfında inşa edilen, 2500 m³ hacimli, D/H oranı 3 olan ($D = 21$ m, $H_{su} = 7$ m, $H_{depo} = 8$ m) su deposuna ait hesap detayları verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda deponun optimum perde kalınlığı (t_w) 30 cm ve temel yüksekliği 50 cm olarak alınmıştır. Ayrıca perdede paspayı 4 cm, temelde ise paspayı 5 cm alınmıştır. Depo cidarında eğilme ve eksenel yükleri alması için boyuna donatılar, çevresel çekme kuvvetlerini alması için enine donatılar kullanılmaktadır. Depo tabanında ise hasır ve çember donatılar bulunmaktadır. (Celep ve Kumbasar, 1998).

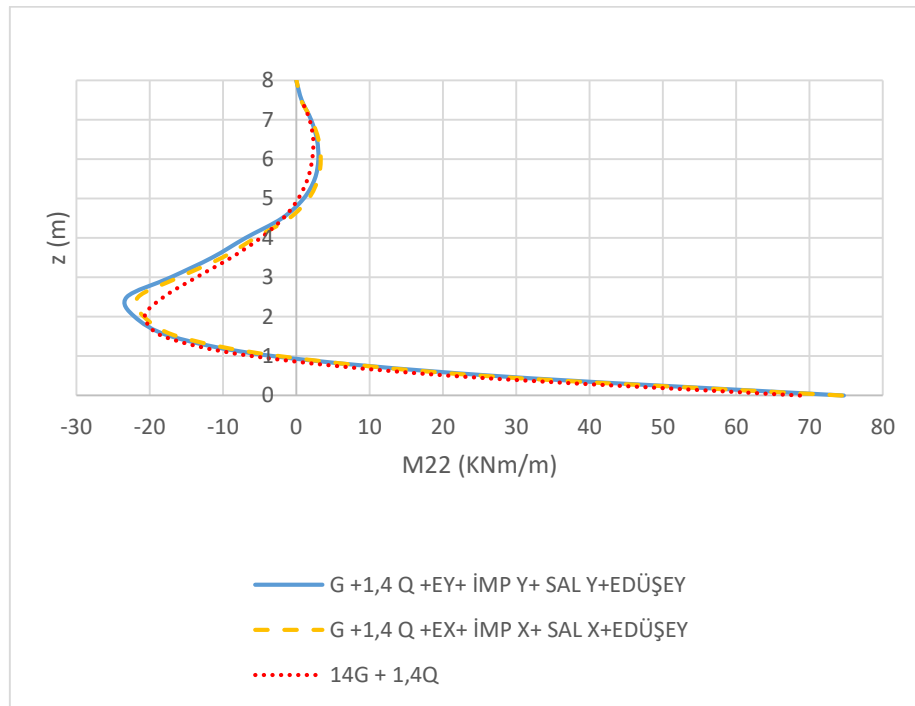
5.1.Perde Boyuna Donatılarının Belirlenmesi

Perdede oluşan momentler incelendiği zaman M11 momentinin x yönünde M22 momentinin ise y yönünde olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle perde boyuna donatı hesabında düşey yönde meydana gelen M22 momentini kullanmamız gerekir. Perde yüksekliği 50 cm'lik bölmelere ayrıldığı için temelden her bir 50cm'lik yükseklikteki düğüm noktalarında M22 momentleri her kombinasyon için tek tek alınarak Çizelge 5.1 oluşturulmuştur.

Çizelge 5.1'e bakıldığında $G+1,4Q+E_Y+\dot{I}MPULS_Y+SALINIM_Y+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonunun oluşturduğu momentlerin $1,4G+1,4Q$ kombinasyonu ve $G+1,4Q+E_X+\dot{I}MPULS_X+SALINIM_X+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonundaki momentlere göre daha büyük olduğu görülmektedir. Çizelge 5.1'deki değerlerin grafiksel gösterimi ve perde yüksekliği boyunca moment değişimi Şekil 5.1'de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Perdede oluşan moment değerleri

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +E _X + İMP X+ SAL X+0,3 E _{DÜŞEY}		G +1,4 Q +E _Y + İMP Y+ SAL Y+0,3 E _{DÜŞEY}	
t.y. (m)	M22(kNm)	M11(kNm)	M22(kNm)	M11(kNm)	M22(kNm)	M11(kNm)
0,00	68,711	13,742	74,446	14,941	74,672	14,369
0,50	21,147	3,785	25,581	4,537	26,89	4,570
1,00	-6,007	-2,375	-2,252	-1,965	-3,102	-1,977
1,50	-18,150	-5,600	-16,124	-5,657	-17,003	-5,719
2,00	-20,60	-6,658	-20,785	-7,233	-22,025	-7,420
2,50	-18,121	-6,414	-21,583	-8,147	-23,102	-7,833
3,00	-13,638	-5,517	-16,023	-7,133	-17,122	-7,048
3,50	-8,895	-4,395	-10,138	-5,776	-11,493	-5,763
4,00	-4,874	-3,294	-5,611	-4,553	-6,925	-4,583
4,50	-1,791	-2,246	-0,978	-3,135	-1,957	-3,254
5,00	0,267	-1,490	1,666	-1,965	1,000	-2,279
5,50	1,540	-0,776	2,974	-1,246	2,529	-1,599
6,00	2,163	-0,379	3,335	-0,942	3,025	-1,146
6,50	2,306	-0,018	3,027	-0,672	2,830	-0,876
7,00	1,805	0,200	2,104	-0,569	2,039	-0,763
7,50	0,709	0,235	0,666	-0,614	0,749	-0,812
8,00	0,029	0,307	0,031	-0,603	0,006	-0,803



Şekil 5.1. Perde yüksekliği boyunca moment değerlerinin değişimi

Perdede temel seviyesinden 1 metre yükseklikte ve 5 metre yükseklikte moment işaretler değiştirmiştir. Moment değerlerinin işaret değiştirdiği yerlerde depo; alt bölge, orta bölge ve üst bölge olmak üzere 3 bölüme ayrılmaktadır. Perdeyi bu şekilde bölümlere ayırmaktaki amacımız perde boyunca gereksiz donatı yığılmalarını engellemektir. Moment değerlerinin işaret değişimine göre $z=0,00-1,00$ alt bölge, $z=1,00-5,00$ orta bölge ve $z=5,00-8,00$ üst bölgedir.

Depremi geliş yönüne göre (x ve y) cidardaki bölgeler kimi yerde çekmeye kimi yerde de basınca çalışacaktır. Bu durum cidarın tamamında geçerli olduğu için cidar çekme ve basınç bölgesi diye ayrılmayıp donatılar her iki yüzde de karşılıklı olacak şekilde yerleştirilmelidir.

Donatı hesabı yapılırken güvenli tarafta kalmak için hesap yapılan bölgedeki donatılar belirlenmiş ve orta bölgedeki donatı alt bölgeye ve radye içerisine uzatılmıştır. Eğer alt bölgeye uzatılan donatı yeterli gelmezse ilave donatı atılmalıdır.

5.1.1. Orta bölge boyuna donatı hesabı

Orta kısımdaki en büyük moment değeri $M=-23,102$ kNm/m ve tabandan 2,5 metre yüksekliktedir. Yapılan hesaplamalar sonucu gerekli olan donatı miktarı $\phi 12/20$ ($5,65 \text{ cm}^2/\text{m}$)'dir.

Gerekli donatı miktarı belirlendikten sonra donatı oranı ve donatı aralığı kontrolleri yapılmıştır.

$$\rho = \frac{A_s}{b_w.d}$$

$$\rho = \frac{5,65}{100.26} = 0,0021$$

$$\rho = 0,0021 \geq 0,0015$$

Donatı aralığı kontrolünde ise $s \leq 1,5t$ olmalıdır.

$$s=20 \text{ cm} \leq 1,5t$$

$$s=20 \text{ cm} \leq 1,5.30$$

$$s=20 \text{ cm} \leq 45 \text{ cm olduğu için } s=20 \text{ cm seçilir.}$$

Orta bölgeye uzun doğrultuda yerleştirilecek donatı boyu hesabı aşağıda anlatılan şekilde yapılmaktadır.

Orta bölge moment değerlerinin işaret değiştirdiği $z=1-5$ metre arasındır ancak orta bölgede bulunan donatılar alt bölgeye de uzatılacağı için toplam uzunluk 5 metre düşünülmelidir. Aynı zamanda radye içerisine de donatılar kıvrılacağı için radye

içerisindeki donatı boyu da eklenmelidir. Radye içerisine kıvrılan donatı boyu, radye kalınlığının yarısından paspayı düşürülerek bulunur.

Radye içerisindeki donatı boyu;

$$0,50 - 0,05 = 0,45 \text{ m}$$

$$(0,50/2) - 0,05 = 0,20 \text{ m}$$

Bu durumda donatılar 20 cm radye içerisine kıvrılmaktadır.

Orta bölge toplam boyuna donatı boyu;

$$5,00 + 0,45 + 0,20 = 5,65 \text{ m bulunur.}$$

Donatılar üst bölgedeki donatılara bindirileceği için ayrıca bindirme boyu da eklenmelidir.

Betonarme yapılarda bindirme boyu l_o , temel kenetlenme boyu l_b 'ye göre belirlenmelidir (TS 500, 2000).

Bindirme boyu Denklem 5.1'de verilen eşitlik ile bulunur.

$$l_o = \alpha_1 \cdot l_b \quad (5.1)$$

Kenetlenme boyu (5.2)'de verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır (TS 500,2000).

$$l_b = (0,12 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \phi) \quad (5.2)$$

$$f_{yd} = 365 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctd} = 1,25 \text{ Mpa}$$

Verilen değerler Denklem 5.2 yerine yazıldığında kenetlenme boyu,

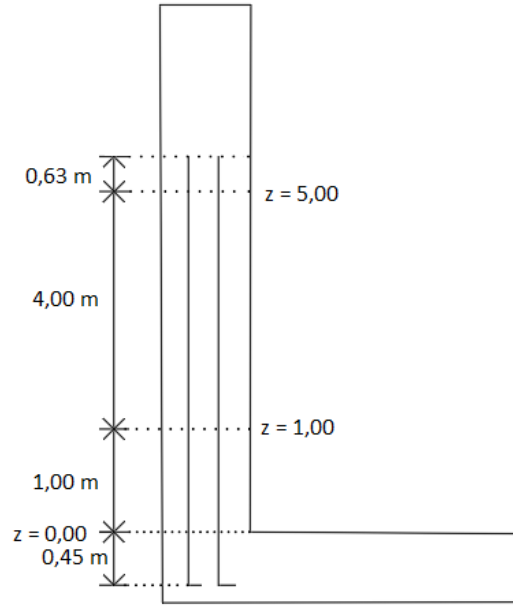
$$l_b = (0,12 \frac{365}{1,25} 0,012) = 0,42 \text{ metre bulunur.}$$

Denklem 5.1'de verilen eşitlikte α_1 , ekleme yapılacak olan donatının toplam donatıya oranını veren bir katsayı olup $1,3 \leq \alpha_1 \leq 1,6$ aralığında seçilmelidir. Hesaplarda ise $\alpha_1 = 1,5$ alınmalıdır. Bu durumda bindirme boyu;

$$l_o = 1,5 \times 0,42 = 0,63 \text{ metredir.}$$

Toplam boy;

$$L = (5,65 + 0,63) = 6,28 \text{ metre olarak bulunur.}$$



Şekil 5.2. Orta bölge boyuna donatıları

5.1.2. Alt bölge boyuna donatı hesabı

Alt bölgede $z=0,00-1,00$ aralığında maksimum moment değeri $G+1,4Q+E_Y+\dot{I}MPULS_Y+SALINIM_Y+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonundaki $M_{22}=74,672$ KNm/m'dir. Yapılan hesaplamalar sonucu gerekli olan donatı miktarı $8,06 \text{ cm}^2/\text{m}$ 'dir.

Orta bölgede yer alan boyuna donatılar alt bölgeye uzatılacağı için gerekli donatı miktarından mevcut donatı miktarı çıkarılarak ilave donatı hesabı yapılır.

$$8,06-5,65=2,41 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{ek} = 2,41 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen donatı: } \phi 12/20 (5,65 \text{ cm}^2/\text{m})$$

İlave donatılar alt bölgede, orta bölgeden gelen donatılara eklenecek şekilde ve karşılıklı simetrik olarak yerleştirilmelidir.

Donatı oranı $\rho \geq 0,0015$ olmalıdır.

$$\rho = \frac{A_s}{b_w.d}$$

$$\rho = \frac{5,65+5,65}{100.26} = 0,0043$$

$$\rho = 0,0043 \geq 0,0015$$

Donatı aralığı kontrolünde ise $s \leq 1,5t$ olmalıdır.

$$s=20 \text{ cm} \leq 1,5t$$

$$s=20 \text{ cm} \leq 1,5.30$$

$s=20 \text{ cm} \leq 45 \text{ cm}$ olduğu için $s=20 \text{ cm}$ seçilir.

Alt bölge $z=0,00-1,00$ aralığında olduğu için bu bölgeye yerleştirilen donatı boyu 1 metredir. Ayrıca donatılar radye içerisine 20 cm kıvrılacağı için radye içerisindeki donatı boyu;

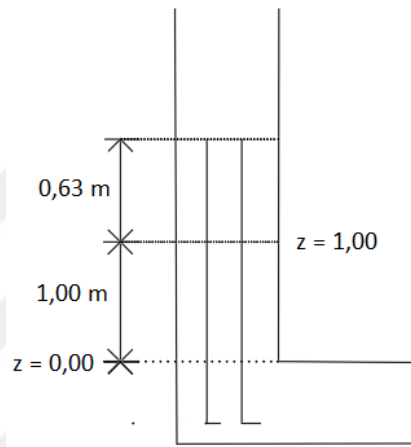
$$(0,50 - 0,05) + 0,20 = 0,65 \text{ m olmaktadır.}$$

Üst bölgede yer alan donatılarla bağlantı için gerekli olan donatı miktarı;

$$6,28 - 5,65 = 0,63 \text{ metredir.}$$

Ek donatıların toplam boyu;

$$L = 1,00 + 0,65 + 0,63 = 2,28 \text{ metredir.}$$



Şekil 5.3. Alt bölge boyuna donatıları

5.1.3. Üst bölge boyuna donatı hesabı

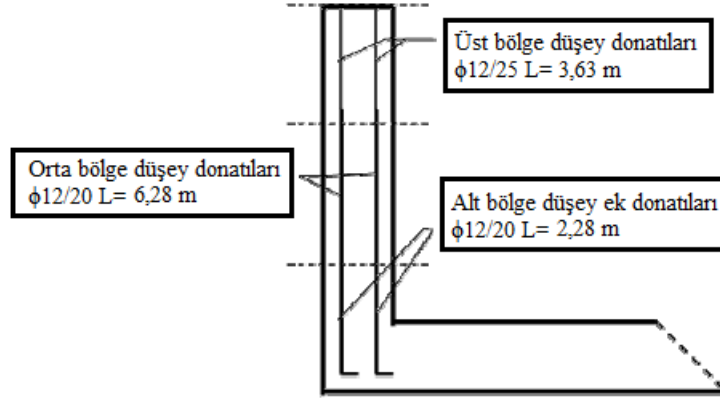
Cidarda $z=5,00-8,00$ arası üst bölgedir. $z=5,00$ 'den sonra moment değeri sıfıra yaklaştığı için bu kısımda konstrüktif donatı kullanılmaktadır. Kullanılabilecek minimum donatı çapı $\phi 12$ 'dir. Uzun doğrultularda yerleştirilen donatılarda en büyük donatı aralığı 25 cm'dir. Bu nedenle bu kısımda kullanılması gereken minimum donatı $\phi 12/25$ 'dir.

Üst bölge $z=5,00-8,00$ aralığında olduğu için bu bölgeye yerleştirilecek olan donatı boyu 3 metredir. Bu bölgedeki donatılar orta bölgedeki donatılara bağlanacağı için bindirme boyu da eklenmelidir. $\phi 12$ 'lik donatı için gerekli olan bindirme boyu;

$$l_o = 1,5 \left(0,12 \frac{365}{1,25} 0,012 \right) = 0,63 \text{ m}$$

Gerekli olan üst bölge boyuna donatı boyu;

$$L = 3 + 0,63 = 3,63 \text{ m'dir.}$$



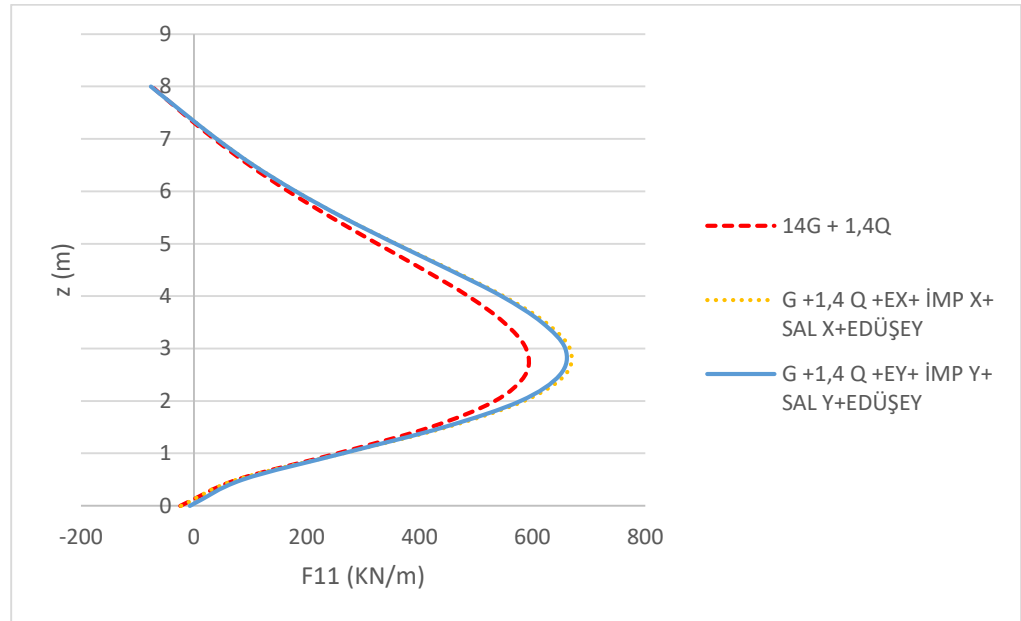
Şekil 5.4. Boyuna donatılar

5.2. Perde Enine Donatılarının Belirlenmesi

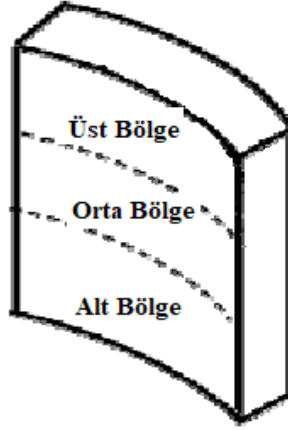
Cidarda enine donatılar çekme kuvvetlerini karşılamaktadır. Cidar boyunca oluşan çekme kuvvetleri SAP2000 v23 modellerinden alınarak Çizelge 5.2 oluşturulmuştur. Çizelge 5.2 incelendiğinde maksimum kuvvetlerin F11 olduğu görülmüş ve hesaplamalarda F11 kuvvetleri kullanılmıştır. Her kombinasyon için depo yüksekliğine bağlı olarak F11 kuvvetlerinin grafik gösterimi Şekil 5.5’de gösterilmiştir. Şekil 5.5’de verilen eğriye bakıldığı zaman maksimum F11 kuvvetlerinin $G+1,4Q+E_X+\dot{I}MPULS_X+SALINIM_X+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonunda olduğu görülmüş ve buradaki değerler hesaplamalarda kullanılmıştır. Depo, hesap kolaylığı açısından Şekil 5.6’da gösterildiği gibi 3 ayrı bölüme ayrılmış ve her bölümdeki enine donatı hesabı ayrı ayrı yapılmıştır. Alt bölge $z=0,00-3,50$ m orta bölge $z=3,50-5,00$ m ve üst bölge $z=5,00-8,00$ m arasındır.

Çizelge 5.2. Perdede oluşan kesme kuvveti değerleri

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +E _x + İMP X+ SAL X+0,3 E _{DÜŞEY}		G +1,4 Q +E _y + İMP Y+ SAL Y+0,3 E _{DÜŞEY}	
t.y. (m)	F22(kN)	F11(kN)	F22(kN)	F11(kN)	F22(kN)	F11(kN)
0,00	-118,72	-23,844	-113,66	-22,732	-113,66	-6,856
0,50	-99,436	76,825	-94,497	75,543	-94,497	86,466
1,00	-72,504	253,99	-65,641	263,518	-65,641	263,516
1,50	-55,924	419,16	-46,788	447,982	-46,788	442,853
2,00	-47,53	533,463	-35,53	584,995	-35,614	578,851
2,50	-44,553	587,712	-31,334	658,094	-29,991	649,041
3,00	-41,515	589,047	-27,517	666,57	-27,517	658,5
3,50	-43,395	549,697	-30,3	623,701	-30,416	617,025
4,00	-35,117	486,7	-23,227	549,429	-23,535	545,593
4,50	-35,247	408,253	-25,641	456,662	-25,641	453,716
5,00	-31,729	325,6	-24,119	359,106	-24,119	357,646
5,50	-27,512	244,256	-21,448	265,742	-21,448	265,238
6,00	-22,761	167,95	-17,819	180,987	-18,016	180,983
6,50	-17,573	98,567	-13,797	106,174	-14,006	105,78
7,00	-11,749	36,285	-9,51	40,665	-9,51	40,819
7,50	-5,908	-20,63	-4,756	-18,204	-4,756	-18,244
8,00	-8,68	-74,231	-8,039	-72,843	-8,154	-75,842



Şekil 5.5. Perde boyunca oluşan çekme kuvvetleri



Şekil 5.6. Cidarda enine donatıların yerleştirilmesi

5.2.1. Alt bölge enine donatı hesabı

Alt bölge $z = 0,00-3,50$ m aralığıdır. Bu bölgedeki enine donatı hesabı için bu aralıktaki en büyük F11 değeri kullanılır. Bu aralıktaki en büyük F11 değeri $z = 3,00$ yüksekliğinde ve $666,57$ KN/m'dir.

$$F11 = 666,57 \text{ KN/m}$$

$$A_s = F / f_{yd}$$

$$A_s = 666,57 / 36,5 = 18,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Donatılar cidarın her iki yüzüne de eşit konulacağı için;

$$A_s = 18,26/2 = 9,13 \text{ cm}^2/\text{m}'\text{dir}$$

$$\text{Seçilen donatı} = \phi 10/8 (9,82 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Enine donatıların boyları hesaplanırken cidarın her iki yüzünde donatı yerleştirileceği için cidarın depo içine yakın ve depo dışına yakın olarak iki farklı donatı boyu hesaplanmalıdır.

$$V = \pi \cdot r_{iç}^2 \cdot h$$

$$2500 = \pi \cdot r_{iç}^2 \cdot 7$$

$$r_{iç} = 10,66 \text{ m}$$

Cidar kalınlığı 30 cm olduğu için deponun iç yarıçapına cidar kalınlığı eklenerek cidar dış yarıçapı bulunur.

$$r_{dış} = r_{iç} + t_w$$

$$r_{dış} = 10,66 + 0,30 = 10,96 \text{ cm}$$

Bu durumda her iki yüz için toplam donatı boyu;

$$L = 2\pi(r_{iç} + r_{dış})$$

$$L = 2\pi (10,66 + 10,96)$$

$$L = 135,869 \text{ m}'\text{dir.}$$

Enine donatılarda da boyuna donatılarda olduğu gibi bindirme yapılmalıdır. Standart donatı boyu 11 metre olduğu için toplam kaç adet bindirme yapıldığı bulunmalıdır.

Bindirme sayısı;

$$135,842 / 11 = 12,35 \approx 13 \text{ adet bindirme vardır.}$$

10'luk donatı için bindirme boyu;

$$l_o = 1,5(0,12 \frac{365}{1,25} 0,010) = 0,53 \text{ m}$$

Toplam bindirme boyu;

$$13 \times 0,53 = 6,83 \text{ m}$$

Toplam enine donatı boyu;

$$L = 135,869 + 6,83 = 142,70 \text{ m'dir.}$$

5.2.2. Orta bölge enine donatı hesabı

Enine donatılarda orta bölge aralığı $z = 3,50\text{-}5,00$ aralığı seçilmiştir. Bu aralıkta en büyük F11 kuvveti 623,701 KN/m ve $z = 3,50$ yüksekliğindedir.

$$F_{11} = 623,701 \text{ KN/m}$$

$$A_s = F / f_{yd}$$

$$A_s = 623,701 / 36,5 = 17,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Donatılar cidarın her iki yüzüne de eşit konulacağı için;

$$A_s = 17,08/2 = 8,54 \text{ cm}^2/\text{m'dir}$$

$$\text{Seçilen donatı} = \phi 10/9 (8,73 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\text{Donatı boyu } L = 135,842 \text{ m}$$

$$\text{Bindirme sayısı} = 135,869 / 11 = 12,35 \approx 13 \text{ adet bindirme vardır.}$$

10'luk donatı için bindirme boyu;

$$l_o = 1,5(0,12 \frac{365}{1,25} 0,010) = 0,53 \text{ m}$$

Toplam bindirme boyu;

$$13 \times 0,53 = 6,83 \text{ m}$$

Toplam enine donatı boyu;

$$L = 135,869 + 6,83 = 142,70 \text{ m'dir.}$$

5.2.3. Üst bölge enine donatı hesabı

Enine donatı hesabında üst bölge aralığı $z = 5,00-8,00$ aralığı seçilmiştir. Bu aralıkta en büyük F11 kuvveti 359,106 KN/m ve $z = 5,00$ m yüksekliğindedir.

$$F_{11} = 359,106 \text{ KN/m}$$

$$A_s = F / f_{yd}$$

$$A_s = 359,106 / 36,5 = 9,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Donatılar cidarın her iki yüzüne de eşit konulacağı için;

$$A_s = 9,83/2 = 4,92 \text{ cm}^2/\text{m}'\text{dir}$$

$$\text{Seçilen donatı} = \phi 10/15 \text{ (} 5,24 \text{ cm}^2/\text{m} \text{)}$$

$$\text{Donatı boyu } L = 135,842 \text{ m}$$

$$\text{Bindirme sayısı} = 135,869 / 11 = 12,35 \approx 13 \text{ adet bindirme vardır.}$$

10'luk donatı için bindirme boyu;

$$l_o = 1,5 \left(0,12 \frac{365}{1,25} 0,010 \right) = 0,53 \text{ m}$$

Toplam bindirme boyu;

$$13 \times 0,53 = 6,83 \text{ m}$$

Toplam enine donatı boyu;

$$L = 135,869 + 6,83 = 142,70 \text{ m}'\text{dir.}$$

5.3. Temel Donatılarının Belirlenmesi

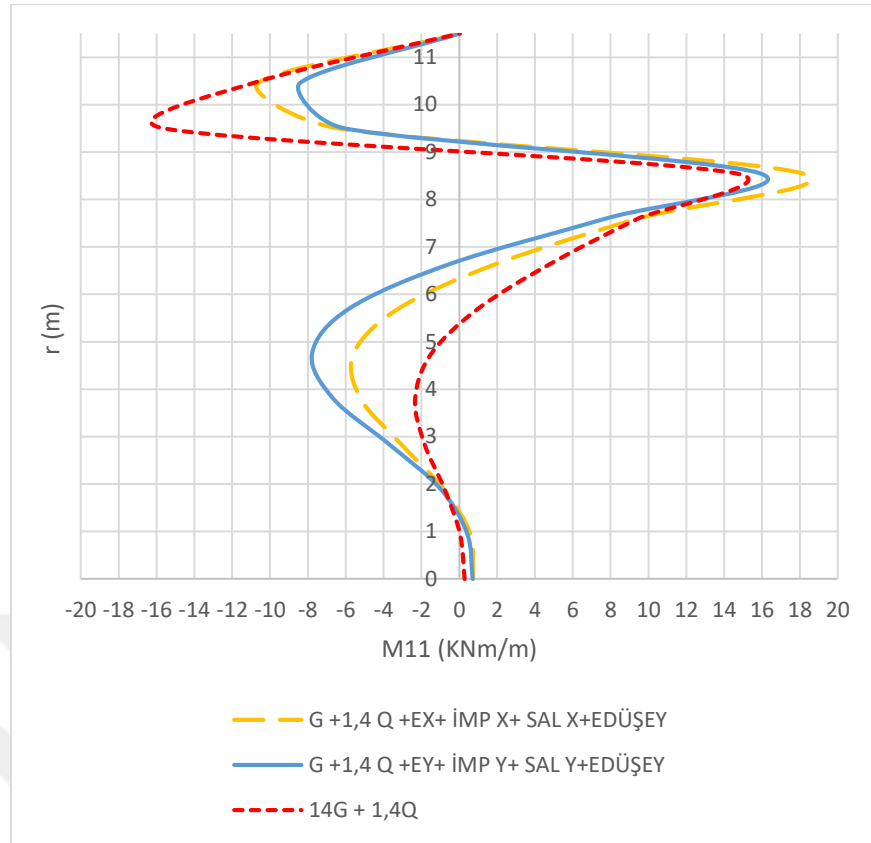
Temel donatı hesabında kullanılacak olan moment değerleri SAP2000 v23 programından alınarak Çizelge 5.3 oluşturulmuştur. Çizelge 5.3 incelendiğinde tabanın dairesel olması nedeniyle $G+1,4Q+E_X+\dot{\text{IMPULS}}_X+\text{SALINIM}_X+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonundaki M11 moment değerlerinin $G+1,4Q+E_Y+\dot{\text{IMPULS}}_Y+\text{SALINIM}_Y+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonundaki M22 değerleri ile aynı ve $1,4G + 1,4Q$ kombinasyonundaki moment değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Her kombinasyon için moment değerlerinin olduğu grafik çizilmiş ve bu grafik Şekil 5.7'de gösterilmiştir. Şekil 5.7'de verilen eğriye bakıldığında zaman maksimum moment değerinin 18,109 KNm/m olduğu görülmüş ve bu değer hesaplamalarda kullanılmıştır.

Çizelge 5.3. Temelde oluşan moment değerleri

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3 EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3 EDÜŞEY	
r (m)	M22(kNm)	M11(kNm)	M22(kNm)	M11(kNm)	M22(kNm)	M11(kNm)
0	0,288	0,288	0,699	0,728	0,728	0,699
0,95	0,042	0,043	0,565	0,575	0,575	0,416
1,90	-0,73	-0,782	-0,033	-0,842	-0,842	-0,999
2,85	-1,741	-1,838	-1,123	-3,095	-3,095	-3,742
3,80	-2,224	-2,327	-2,260	-5,211	-5,211	-6,661
4,75	-1,449	-1,472	-2,828	-5,588	-5,588	-7,784
5,70	0,851	1,006	-2,472	-3,211	-3,211	-5,822
6,65	4,436	4,843	-1,140	2,001	2,001	-0,434
7,60	8,725	9,461	0,934	9,455	9,455	7,754
8,55	13,601	14,629	3,583	18,109	18,109	15,891
9,50	-14,455	-15,615	-0,749	-6,398	-6,398	-6,064
10,45	-10,253	-10,929	-3,018	-10,657	-10,657	-8,442
11,50	-0,027	0,031	-1,175	0,104	0,104	0,029

Temelde modelleme yapılırken taban, merkezden ($r=0,00$ m) cidara doğru ($r=r'$) 12 bölüme ayrılmıştır. Ampatmanla birlikte temel yarıçapı 11,50 metre olduğu için her bölme yaklaşık 0,95 metredir.

Temelde kesitin üst kısmında çekme bölgesi merkezde iken, kesitin alt kısmında cidar altlarında yani uçlardadır.



Şekil 5.7. Temelde merkezden uzaklık – moment ilişkisi

5.3.1. Kesit üstü donatı hesabı

Kesit üstünde çekme bölgesi merkezde olduğu için donatılar merkeze yakın yerleştirilmelidir. Temel merkezinde momentler çok düşük olduğu için minimum donatılar yeterlidir. Radye yüksekliği 50 cm ve paspayı 5 cm olduğu için faydalı yükseklik;

$$d = 500 - 50 = 450 \text{ mm' dir.}$$

$$A_s^{\min} = 12,6 \text{ cm}^2/\text{m' dir.}$$

$$\text{Seçilen donatı} = \phi 14/12 (12,83 \text{ cm}^2/\text{m})' \text{ dir.}$$

Kesitin üst kısmına yerleştirilecek olan donatılar merkezden uçlara kadar uzatılmakta ve radyenin altına kıvrılmaktadır.

$$r_{dış} = 10,96 \text{ m olduğu için donatı boyu;}$$

$$L = ((10,96 - 0,05) \times 2) + 0,45 \times 2 = 22,72 \text{ metre olmaktadır.}$$

Burada 0,05 değeri paspayı, 0,45 değeri ise radye içerisindeki faydalı yüksekliktir (0,50 - 0,05 = 0,45).

5.3.2. Kesit altı donatı hesabı

Kesit altına da kesit üstündeki donatı miktarı kadar donatı yerleştirilmelidir. Kesit üstünde kullanılan hasır donatı $\phi 14/12$ 'dir. Kesit altı donatılar cidar altlarına kadar uzatılmalı ve uçları kıvrılmalıdır.

Temelde merkezden uçlara doğru gidildikçe moment değerleri arttığı için merkezden gelen donatılar uçları karşılamaya yetmeyebilir. Bu durumda uçlara ek donatı ilave edilmelidir.

Ek donatılar, temelde meydana gelen ve en büyük moment değerine göre hesaplanmalıdır. Temelde oluşan en büyük moment değeri $M_{\max}=18,109$ KNm/m ve $r=8,55$ metrededir (Bkz. Çizelge 5.3)

Yapılan hesaplamalar sonucu radyede kesit altı için gerekli donatı miktarı;

$A_s=6,75$ cm²/m'dir. Mevcut olan donatı miktarı ise $A_s=12,6$ cm²/m olduğu için donatı ihtiyacını karşılamaktadır ve ilave donatıya ihtiyaç yoktur.

5.3.3. Çember donatıları hesabı

Temelde çevresel çekme kuvvetlerini karşılamak için çember donatılar kullanılmaktadır. Bu donatılar temeldeki maksimum F11 kuvvetlerinden faydalanarak hesaplanmalıdır. $1,4G+1,4Q$ kombinasyonunda maksimum çevresel çekme kuvveti $F11= 593,898$ KN/m iken $G+1,4Q+E_X+\dot{IMPULS}_X+SALINIM_X+0,3E_{DÜŞEY}$ ve $G+1,4Q+E_Y+\dot{IMPULS}_Y+SALINIM_Y+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonlarında maksimum kuvvetler eşit ve $F11= 704,736$ KN/m'dir. Bu durumda hesaplamalarda $F11= 704,736$ KN/m değeri kullanılmalıdır.

$$A_s = F/f_{yd}$$

$$A_s = 704,736/36,5$$

$$A_s = 19,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$A_s = 19,3$ cm²/m $>$ $A_s=12,6$ cm²/m olduğu için seçilmesi gereken donatılar $A_s=19,3$ cm²/m'ye göre hesaplanmalıdır. Çember donatılar hem kesit altında hem de kesit üstünde karşılıklı olacak şekilde yerleştirilmelidir.

$$A_s = 19,3 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ için seçilen donatı } \phi 18/13 (19,57 \text{ cm}^2/\text{m})' \text{ dir.}$$

Donatının boyu, cidarda bulunun enine donatının boyu olan $L=135,842$ m'dir.

Bindirme sayısı $135,869/11= 12,35 \approx 13$ adet bindirme vardır. 18'lik donatı için bindirme boyu;

$$l_o=1,5(0,12\frac{365}{1,25}+0,018)=0,95 \text{ m}$$

Toplam bindirme boyu;

$$13 \times 0,95 = 12,35 \text{ m}$$

Toplam çember donatı boyu;

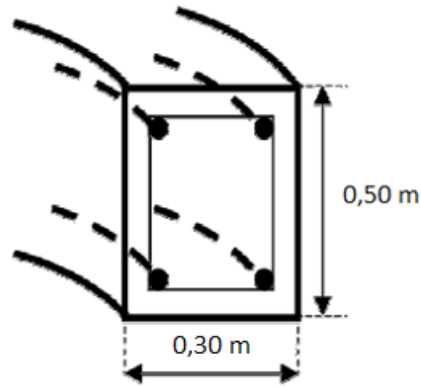
$$L = 135,869 + 12,35 = 148,219 \text{ m'dir.}$$

5.4. Donatıların Birbirine Bağlanması

Temelde ve perdede donatıları birbirine bağlamak için metrekareye 4 adet düşecek şekilde çiroz kullanılmalıdır. Boyları ise temelde radye yüksekliği kadar; cidarda, cidar kalınlığı kadar olmalıdır. Çember donatılarını birbirine bağlamak için cidar altlarında etriyeler kullanılmalıdır ($\phi 10/100$) (Kozluca, 2006).

Etriye boyu;

$$L = ((0,50 - (0,05 + 0,05))) \times 2 + ((0,30 - ((0,05 + 0,05))) \times 2 = 1,20 \text{ metre}$$



Şekil 5.8. Çember donatıları bağlayan etriyeler

5.5. Kesme Kuvveti Kontrolü

Betonarme hesaplamalarda beton kesitinin kesme kuvvetini karşılaması gerekmektedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre en büyük kesme kuvveti alınarak kesme kuvveti kontrolü yapılmalıdır. Kesme kuvveti hesabı temelde ve cidarda ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Bu durumda temelde elde edilen en büyük kesme kuvveti $G+1,4Q+E_X+\dot{I}MPULS_X+SALINIM_X+0,3E_{DÜŞEY}$ ve $G+1,4Q+E_Y+\dot{I}MPULS_Y+SALINIM_Y+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonlarında eşit ve $V_{max} = 99,307 \text{ KN/m}$ değerindedir.

Kesme kuvveti Denklem 5.3'de verilen bağıntı ile bulunur.

$$V_d \leq 0,22 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \quad (5.3)$$

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_{mc} = 30/1,5 = 20 \text{ Mpa} = 20 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$d = 0,50 - 0,05 = 0,45 \text{ m}$$

$$V_d \leq 0,22 \times 20 \cdot 10^3 \times 1 \times 0,45$$

$$V_d \leq 1980 \text{ KN/m}$$

99,307 KN/m $\leq$ 1980 KN/m olduğu için 50 cm yüksekliğindeki temel kesiti yeterlidir, artırmaya gerek yoktur.

Perdede oluşan en büyük kesme kuvveti değeri $G+1,4Q+E_X+\dot{I}MPULS_X + SALINIM_X+0,3E_{DÜŞEY}$ ve $G+1,4Q+E_Y+\dot{I}MPULS_Y+SALINIM_Y+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonlarında eşit ve $V_{max} = 99,307 \text{ KN/m}$ değerindedir.

$$V_d \leq 0,22 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_{mc} = 30/1,5 = 20 \text{ Mpa} = 20 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$d = 0,30 - 0,04 = 0,26 \text{ m}$$

$$V_d \leq 0,22 \times 20 \cdot 10^3 \times 1 \times 0,26$$

$$V_d \leq 1144 \text{ KN/m}$$

99,307 KN/m $\leq$ 1144 KN/m olduğu için 30 cm kalınlığındaki cidar kesiti yeterlidir.

6. METRAJ HESAPLAMALARI

6.1. Donatı Metraji

6.1.1. Boyuna donatı miktarı

Boyuna donatılar cidar boyunca uzun doğrultuda yerleştirilmelidir. İki doğrultuda çalışan plaklarda uzun doğrultudaki faydalı yükseklik; $d_u = t - (pp + 12/2)$ 'dir. t ; cidar kalınlığı, pp ; paspayı ve d_u ; düşey donatıların ağırlık merkezinden kesitin üst kısmına kadar olan mesafedir.

Cidar kalınlığı, 30 cm ve paspayı 4 cm ve kullanılan donatı ϕ olduğuna göre faydalı yükseklik;

$$d_u = 300 - (40 + 12/2) = 254 \text{ mm'dir.}$$



Şekil 6.1. Uzun doğrultuda faydalı yükseklik (Kozluca, 2006)

Cidarda boyuna donatı hesabı yapılırken donatıların uzunlukları bilinmelidir. Boyuna donatılar cidarda depo içine yakın ve depo dışına yakın olmak üzere iki farklı uzunluktadır.

Depo içine yakın donatılarda donatı; $2\pi(r_{dis} - d_u)$, depo dışına yakın donatılarda ise donatı $2\pi(r_{dis} + d_u)$ uzunlukları boyunca yerleştirilmektedir. Donatı adedi ise ilgili uzunlukların donatı aralığına bölünmesi ile elde edilir.

Depo içine yakın yerleştirilen donatıların adedi;

$$2\pi(10,96 - 0,254) = 67,267 \text{ m}$$

$$\text{Alt bölge: } \phi 12/20 \quad L = 2,28 \text{ m} \quad n = 67,267 / 0,20 = 337 \text{ adet}$$

$$\text{Orta bölge: } \phi 12/20 \quad L = 6,28 \text{ m} \quad n = 67,267 / 0,20 = 337 \text{ adet}$$

Üst bölge: $\phi 12/25$ $L=3,63$ m $n = 67,267 / 0,25 = 270$ adet

Depo dışına yakın yerleştirilen donatıların adedi;

$$2\pi(10,66 + 0,254) = 68,57 \text{ m}$$

Alt bölge: $\phi 12/20$ $L= 2,28$ m $n = 68,57 / 0,20 = 343$ adet

Orta bölge: $\phi 12/20$ $L= 6,28$ m $n = 68,57 / 0,20 = 343$ adet

Üst bölge: $\phi 12/25$ $L=3,63$ m $n = 68,57 / 0,25 = 275$ adet

Toplam boyuna donatı adedi;

Alt bölgede: $337 + 343 = 680$ adet

Orta bölgede: $337 + 343 = 680$ adet

Üst bölgede: $270 + 275 = 545$ adet

Toplam boyuna donatı boyu;

Alt bölgede: $2,28 \times 2 = 4,56$ m

Orta bölgede: $6,28 \times 2 = 12,56$ m

Üst bölgede: $3,63 \times 2 = 7,26$ m

Toplam boyuna donatı miktarı;

Alt bölgede: $680 \times 4,56 \times 0,888 = 2753,51$ kg

Orta bölgede: $680 \times 12,56 \times 0,888 = 7584,23$ kg

Üst bölgede: $545 \times 7,26 \times 0,888 = 3514,24$ kg

Toplam = $2753,51 + 7584,23 + 3514,24 = 13851,98$ kg = 13,852 ton

6.1.2. Enine donatı miktarı

Alt bölge: $\phi 10/8$ $L=142,70$ m

Orta bölge: $\phi 10/9$ $L=142,70$ m

Üst bölge: $\phi 10/15$ $L=142,70$ m

Enine donatılar, donatıların bulunduğu aralık boyunca aşağıdan yukarı olacak şekilde yerleştirilmelidir.

Alt bölge: $n = ((3,50-0,00))/0,08 = 44$ adet

Orta bölge: $n = ((5,00-3,50))/0,09 = 17$ adet

Üst bölge: $n = ((8,00-5,00))/0,15 = 20$ adet

Toplam enine donatı miktarı;

$$\text{Alt bölgede: } 44 \times 142,7 \times 0,617 = 3874,02 \text{ kg}$$

$$\text{Orta bölgede: } 17 \times 142,7 \times 0,617 = 1496,78 \text{ kg}$$

$$\text{Üst bölgede: } 20 \times 142,7 \times 0,617 = 1760,91 \text{ kg}$$

$$\text{Toplam} = 3874,02 + 1496,78 + 1760,91 = 7131,71 \text{ kg} = 7,131 \text{ ton}$$

6.1.3. Çiroz miktarı

Silindirik su depolarında çiroz miktarı, cidarın yüzey alanı bulunarak hesaplanır. Yüzey alanı ise bir kenarı cidarın çevresi diğer kenarı ise cidarın yüksekliği olacak şekilde dikdörtgen şekil çizilip alan hesabı yapılarak bulunur. Çirozlar $\phi 8$ olacak şekilde her metrekareye 4 adet yerleştirilmelidir.

Yüzey alanı;

$$A_{\text{cidar}} = 2\pi r \times h_{\text{cidar}}$$

$$h_{\text{cidar}} = 8,0 \text{ m} \quad r_{\text{cidar}} = (10,66 + 10,96) / 2 = 10,81 \text{ m}$$

$$A_{\text{cidar}} = 2\pi \times 10,81 \times 8,0 = 543,37 \text{ m}^2$$

$$\text{Çiroz adedi: } n = 543,37 \times 4 = 2174 \text{ adet}$$

$$L = 30 \text{ cm (Cidar kalınlığı)}$$

$$\text{Çiroz miktarı} = W = 2174 \times 0,3 \times 0,395 = 0,257 \text{ ton}$$

✓ Cidarda bulunan toplam donatı miktarı;

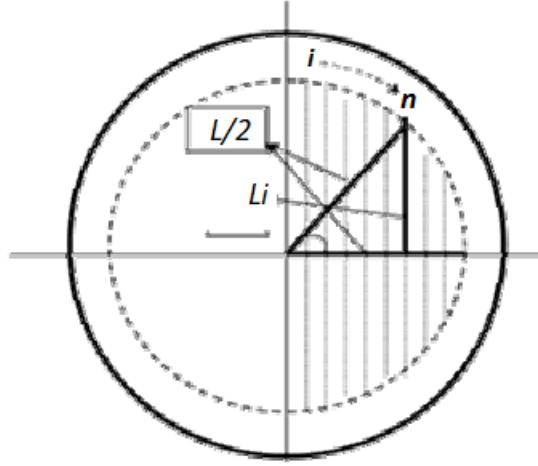
$$W_{\text{cidar}} = 13,852 + 7,131 + 0,257 = 21,24 \text{ ton.}$$

6.1.4. Temel donatıları

6.1.4.1. Temel – kesit üstü ve kesit altı donatıları

Radye içerisine yerleştirilen donatı uzunluğuna, donatının radye içerisine kıvrıldığı uzunluk da ilave edilmiştir. Bu nedenle radye merkezinden geçen hasır donatı uzunluğu $L = 22,72 - (0,45 \times 2) = 21,82$ metredir. Burada 22,72 m merkezden geçen hasır donatının boyu, 0,45 m ise radye faydalı yüksekliğidir.

Radyede kesit üzerine yerleştirilen donatı aralığı 13 cm'dir. Temelde tek bir çeyrek dairede $n = (21,82/2)/0,13 = 84$ adet donatı bulunmaktadır. Her bir çeyrek daire için birim açı $90/84 = 1,07^\circ$ olmaktadır. i . sırada yer alan donatıya karşılık gelen açı, $\theta_i = ((84-i) \times 1,07)^\circ$ 'dir. Her bir çeyrek dairede yer alan donatı boyları Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Radye hasır donatılarının yerleşimi (Kozluca, 2006)

Çeyrek dairede yer alan her sıradaki donatının boyu sinüs teoremi ile bulunmaktadır.

$$\frac{L/2}{\sin 90} = \frac{Li}{\sin \theta i} \quad (6.1)$$

Tek bir çeyrek daire için bulunan toplam donatı boyu 4 ile çarpılarak tüm dairenin donatı boyu bulunur. Yapılan hesaplamalar sonucunda radye kesit üstünde 9,41 tonluk aynı şekilde radye kesit altında da 9,41 tonluk hasır donatı kullanılmaktadır.

6.1.4.2. Çember donatıları

Yapılan hesaplamalar sonucunda çember donatılar $\phi 18$ olacak şekilde seçilmiştir. Çember donatılar kesit altında ve kesit üstünde cidar altlarında depo içine yakın ve depo dışına yakın olacak şekilde 4 adettir. Çember donatı uzunluğu $L=148,169$ metre olduğuna göre donatı ağırlığı;

$$W=4 \times 148,169 \times 1,998 = 1,184 \text{ tondur.}$$

6.1.4.3. Radye çirozu

Radye içerisinde donatıları birbirine bağlamak için her m^2 'ye 4 tane gelecek şekilde 8'lik çirozlar kullanılmalıdır.

$$\text{Radye yüzey alanı} = \pi(r_{\text{dış}})^2 = \pi(10,96)^2 = 377,523 \text{ m}^2$$

$$\text{Çiroz adedi } n = 377,52 \times 4 = 1511 \text{ adet}$$

$$L = 50 \text{ cm (Temel yüksekliği)}$$

$$\text{Çiroz miktarı} = W = 1511 \times 0,50 \times 0,395 = 0,298 \text{ ton}$$

6.1.4.4. Temel etriyeleri

Çember donatıları birbirine bağlamak için cidar altlarında ϕ 10/10 olacak şekilde etriyeler kullanılmaktadır. Etriye uzunluğu da $L=1,20$ m olacak şekilde hesaplanmıştır.

Etriyenin dizildiği uzunluk;

$$2\pi r = 2\pi((10,66+10,96)/2) = 67,935 \text{ m}$$

Bu durumda;

Etriye aralığı $s = 10 \text{ cm}$

Etriye sayısı $n = 67,935 / 0,10 = 680 \text{ adet}$

Etriye miktarı $= W = 680 \times 1,20 \times 0,617 = 0,50 \text{ ton.}$

✓ Temelde bulunan toplam donatı miktarı;

$$W_{\text{Temel}} = 9,41 + 9,41 + 1,184 + 0,298 + 0,50 = 20,80 \text{ ton}$$

✓ **Cidarda ve temelde bulunan toplam donatı miktarı;**

$$W_{\text{Toplam}} = 21,24 + 20,80 = 42,04 \text{ ton}$$

6.2. Beton Metraji

✓ Cidar için gerekli beton miktarı;

$$V_{\text{cidar}} = A_{\text{cidar}} \times t_w = 543,37 \times 0,30 = 163,01 \text{ m}^3$$

✓ Temel için gerekli beton miktarı;

$$V_{\text{Temel}} = A_{\text{Temel}} \times t$$

Temelde ampartman uzunluğunun eklenmesiyle çap 1 metre artmıştır. Bu nedenle temel alanı;

$$A_{\text{Temel}} = \pi (r_{\text{dış}})^2 = \pi (11,5)^2 = 415,475 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{Temel}} = A_{\text{Temel}} \times t = 415,475 \times 0,50 = 207,737 \text{ m}^3$$

✓ **Cidar ve temel için gerekli toplam beton miktarı;**

$$V = V_{\text{cidar}} + V_{\text{Temel}} = 163,01 + 207,737 = 370,747 \text{ m}^3$$

6.3. Kalıp Metraji

Cidarda kalıp metraji bulunurken cidarın içe yakın ve dışa yakın yüzeylerdeki alanı bulunmalıdır.

✓ Cidar için gerekli kalıp miktarı;

$$A_{\text{Cidar}} = 2 \times \pi \times (10,66) \times 8,0 + 2 \times \pi \times (10,96) \times 8,0$$

$$A_{\text{Cidar}} = 2 \times \pi \times 8,0 \times (10,66 + 10,96) = 1086,74 \text{ m}^2$$

✓ Temel için gerekli kalıp miktarı;

$$A_{\text{Temel}} = 2 \times \pi \times (11,50) \times 0,5 = 36,128 \text{ m}^2$$

✓ **Cidar ve temel için gerekli toplam kalıp miktarı;**

$$A = A_{\text{Cidar}} + A_{\text{Temel}} = 1086,74 + 36,128 = 1122,87 \text{ m}^2$$

6.4. Toplam Maliyet

Maliyet hesaplarında gerçekçi sonuçlar elde edilebilmesi için güncel fiyatlar dikkate alınmıştır. Nervürlü İnşaat Demiri Fiyatı $\phi 8$ mm ve $\phi 32$ mm arası 1 ton fiyatı ortalama 15.750,00 TL olarak hesaplanmaktadır.

Bu durumda depo için gerekli olan demir maliyeti;

$$42,04 \times 15.750,00 = 662.130,00 \text{ TL}$$

Depo için gerekli C30 hazır betonun 1 m³ fiyatı 535,00 TL olarak belirlenmiştir.

Bu durumda depo için gerekli olan beton maliyeti;

$$370,747 \times 535,00 = 198.350,00 \text{ TL}$$

Depoda kullanılacak olan plywood beton kalıbının 1 m² fiyatı ortalama 120,00 TL'dir.

Bu durumda depo için gerekli olan kalıp maliyeti;

$$1122,87 \times 120,00 = 134.745,00 \text{ TL}$$

Toplam maliyet;

$M = 662.130,00 + 198.350,00 + 134.745,00 = 995.225,00 \text{ TL}$ olarak belirlenmiştir.

7. BOYUTLANDIRMANIN MALİYETE ETKİSİ

Tablo 3.1’de gösterildiği gibi Konya ve Kocaeli illerinde ZA ve ZD zemin sınıflarına göre 2500 m³ ve 7500 m³ hacimli farklı uzunluk ve çaplarda optimum perde kalınlığı ve temel yüksekliğine sahip olacak şekilde su depoları tasarlanmıştır. Bu depoların optimum perde kalınlığı ve temel yüksekliğine göre SAP 2000 v23 programında yapılan analizlerine göre ortaya çıkan metraj hesaplamaları Tablo 7.1’ de verilmiştir. Detaylı veriler Ekler bölümünde sunulmuştur.

Tablo 7.1’de verilen değerlere bakıldığında zaman aynı boyutlarda olan depoların kalıp ve beton metrajlarının aynı olduğu fakat donatı metrajlarının değişken olduğu görülmektedir. Tablonun tamamında aynı boyutlardaki deponun, Konya ilindeki donatı metrajının Kocaeli ilindeki donatı metrajından daha az olduğu görülmektedir. Ayrıca aynı boyut ve aynı ildeki depoların metrajları incelendiğinde ZA zemin sınıfında yer alan depoların donatı metrajlarının ZD zemin sınıfında yer alan donatı metrajlarından daha az olduğu görülmektedir. Kısacası aynı boyutlardaki depolarda deprem etkisi ve zemin sınıfları donatı metrajlarında belirleyici olmaktadır.

Aynı hacimdeki depolarda, depo yüksekliği azalıp depo çapı arttığı takdirde optimum perde kalınlığı ile optimum temel yüksekliği ve kalıp metrajlarında azalma olurken beton metrajlarında artma gözlemlenmektedir.

Yapılan tüm modellemelerin metraj hesaplamalarında maksimum momentler M_{22} değerlerinde, maksimum kesme kuvvetleri F_{11} değerlerinde bulunmaktadır. Ayrıca $G+1,4Q+E_X+\dot{I}MPULS_X+SALINIM_X+0,3E_{DÜŞEY}$ ve $G+1,4Q+E_Y+\dot{I}MPULS_Y+SALINIM_Y+0,3E_{DÜŞEY}$ kombinasyonundaki iç kuvvetlerin, $1,4G+1,4Q$ kombinasyonundan daha büyük olduğu görülmekte ve bu değerler hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Depoların Tablo 7.1’de verilen metraj değerlerine göre maliyet hesaplamaları Tablo 7.2’de verilmiştir.

Tablo 7.1. Optimum perde kalınlığı ve temel yüksekliğinde su depolarının metraj hesaplamaları

SU HACMİ (M ³)	D (M)	H _{SU} (M)	H _{DEPO} (M)	İL	ZEMİN SINIFI	PERDE KALINLIĞI (M)	RADYE KALINLIĞI (M)	KALIP METRAJİ (M ²)	BETON METRAJİ (M ³)	DEMİR METRAJİ (TON)
2500	21	7	8	KONYA	ZA	0,30	0,50	1122,87	370,747	42,040
2500	21	7	8	KONYA	ZD	0,30	0,50	1122,87	370,747	46,106
2500	21	7	8	KOCAELİ	ZA	0,30	0,50	1122,87	370,747	64,972
2500	21	7	8	KOCAELİ	ZD	0,30	0,50	1122,87	370,747	78,245
2500	27	4,5	5,5	KONYA	ZA	0,25	0,45	892,828	403,713	28,629
2500	27	4,5	5,5	KONYA	ZD	0,25	0,45	892,828	403,713	38,828
2500	27	4,5	5,5	KOCAELİ	ZA	0,25	0,45	892,828	403,713	56,302
2500	27	4,5	5,5	KOCAELİ	ZD	0,25	0,45	892,828	403,713	68,243
2500	30,5	3,4	4,4	KONYA	ZA	0,20	0,40	814,866	409,233	36,223
2500	30,5	3,4	4,4	KONYA	ZD	0,20	0,40	814,866	409,233	37,642
2500	30,5	3,4	4,4	KOCAELİ	ZA	0,20	0,40	814,866	409,233	70,160
2500	30,5	3,4	4,4	KOCAELİ	ZD	0,20	0,40	814,866	409,233	73,693
7500	30,5	10,2	11,2	KONYA	ZA	0,40	0,50	2135,014	831,580	153,890
7500	30,5	10,2	11,2	KONYA	ZD	0,40	0,50	2135,014	831,580	160,610
7500	30,5	10,2	11,2	KOCAELİ	ZA	0,40	0,50	2135,014	831,580	263,800
7500	30,5	10,2	11,2	KOCAELİ	ZD	0,40	0,50	2135,014	831,580	298,164
7500	38,5	6,5	7,5	KONYA	ZA	0,35	0,45	1770,604	879,548	120,296
7500	38,5	6,5	7,5	KONYA	ZD	0,35	0,45	1770,604	879,548	133,686
7500	38,5	6,5	7,5	KOCAELİ	ZA	0,35	0,45	1770,604	879,548	220,560
7500	38,5	6,5	7,5	KOCAELİ	ZD	0,35	0,45	1770,604	879,548	259,932
7500	44	4,9	5,9	KONYA	ZA	0,20	0,40	1593,736	895,150	90,386
7500	44	4,9	5,9	KONYA	ZD	0,20	0,40	1593,736	895,150	97,607
7500	44	4,9	5,9	KOCAELİ	ZA	0,20	0,40	1593,736	895,150	139,313
7500	44	4,9	5,9	KOCAELİ	ZD	0,20	0,40	1593,736	895,150	146,502

Tablo 7.2. Optimum perde kalınlığı ve temel yüksekliğinde su depolarının maliyet hesaplamaları

V _{SU} (m³)	D (m)	H _{SU} (m)	D/H	İL	Zemin Sınıfı	t _w (m)	H _{Temel} (m)	Kalıp Maliyeti (TL)	Beton Maliyeti (TL)	Demir Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
2500	21	7	3	Konya	ZA	0,30	0,50	134.745,00	198.350,00	662.130,00	995.225,00
2500	21	7	3	Konya	ZD	0,30	0,50	134.745,00	198.350,00	726.178,00	1.059.273,0
2500	21	7	3	Kocaeli	ZA	0,30	0,50	134.745,00	198.350,00	1.023.307,0	1.356.402,0
2500	21	7	3	Kocaeli	ZD	0,30	0,50	134.745,00	198.350,00	1.232.369,0	1.565.464,0
2500	27	4,5	6	Konya	ZA	0,25	0,45	107.139,0	215.986,0	450.908,00	774.033,00
2500	27	4,5	6	Konya	ZD	0,25	0,45	107.139,0	215.986,0	611.544,00	934.670,00
2500	27	4,5	6	Kocaeli	ZA	0,25	0,45	107.139,0	215.986,0	886.769,00	1.209.895,0
2500	27	4,5	6	Kocaeli	ZD	0,25	0,45	107.139,0	215.986,0	1.074.828,0	1.397.954,0
2500	30,5	3,4	9	Konya	ZA	0,20	0,40	97.783,00	218.939,0	570.520,00	887.243,00
2500	30,5	3,4	9	Konya	ZD	0,20	0,40	97.783,00	218.939,0	592.864,00	909.587,00
2500	30,5	3,4	9	Kocaeli	ZA	0,20	0,40	97.783,00	218.939,0	1.105.029,0	1.421.753,0
2500	30,5	3,4	9	Kocaeli	ZD	0,20	0,40	97.783,00	218.939,0	1.160.669,0	1.477.393,0
7500	30,5	10,2	3	Konya	ZA	0,40	0,50	256.202,0	444.896,0	2.423.775,0	3.124.873,0
7500	30,5	10,2	3	Konya	ZD	0,40	0,50	256.202,0	444.896,0	2.529.621,0	3.230.719,0
7500	30,5	10,2	3	Kocaeli	ZA	0,40	0,50	256.202,0	444.896,0	4.154.853,0	4.855.951,0
7500	30,5	10,2	3	Kocaeli	ZD	0,40	0,50	256.202,0	444.896,0	4.696.088,0	5.397.186,0
7500	38,5	6,5	6	Konya	ZA	0,35	0,45	212.472,0	470.558,0	1.894.664,0	2.577.694,0
7500	38,5	6,5	6	Konya	ZD	0,35	0,45	212.472,0	470.558,0	2.105.556,0	2.788.587,0
7500	38,5	6,5	6	Kocaeli	ZA	0,35	0,45	212.472,0	470.558,0	3.473.832,0	4.156.863,0
7500	38,5	6,5	6	Kocaeli	ZD	0,35	0,45	212.472,0	470.558,0	4.093.934,0	4.776.965,0
7500	44	4,9	9	Konya	ZA	0,20	0,40	191.248,0	478.905,0	1.423.581,0	2.093.735,0
7500	44	4,9	9	Konya	ZD	0,20	0,40	191.248,0	478.905,0	1.537.321,0	2.207.475,0
7500	44	4,9	9	Kocaeli	ZA	0,20	0,40	191.248,0	478.905,0	2.194.194,0	2.864.348,0
7500	44	4,9	9	Kocaeli	ZD	0,20	0,40	191.248,0	478.905,0	2.307.405,0	2.977.559,0

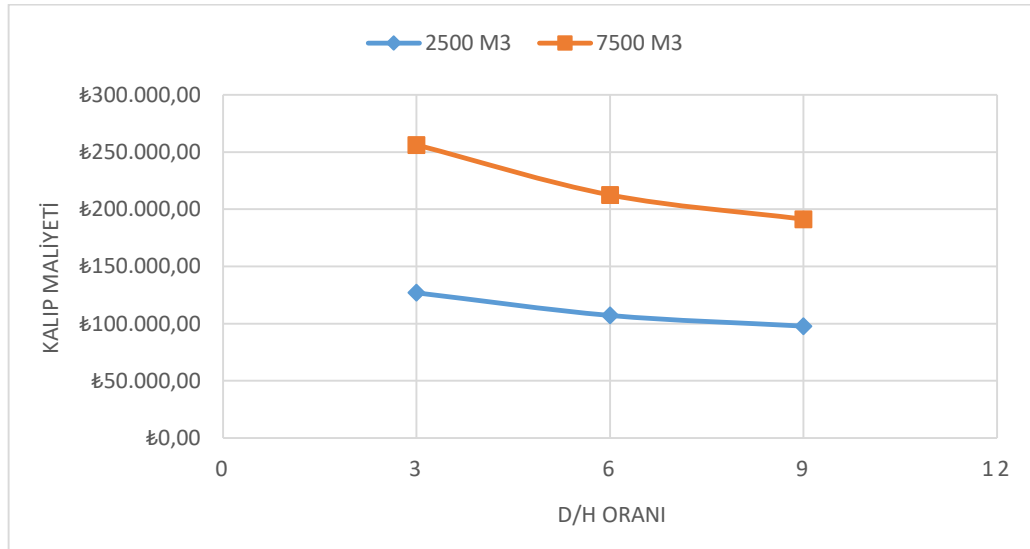
Tablo 7.2'ye bakıldığı zaman depoların maliyetinde depo hacmi, çapı, yüksekliği, deponun yapılacağı yerin zemin sınıfı ve deprem riski gibi pek çok parametre etkili olmuştur. Aynı hacim, çap ve yüksekliklerdeki depolarda, deponun inşa edileceği iller (deprem etkisi) ve zemin sınıfları belirleyici olmuştur. 2500 m³ ve 7500 m³ hacimli depolarda çap/yükseklik oranları Tablo 7.2'de gösterildiği üzere 3, 6 ve 9 dikkate alınmıştır. Bu oranlara göre depoların maliyetleri aşağıda kıyaslanmıştır.

7.1. D/H Oranının Kalıp Maliyetine Etkisi

Aynı hacim ve aynı D/H oranındaki tüm depolarda (Konya/ZA – Konya/ZD – Kocaeli/ZA – Kocaeli/ZD) boyutlandırma aynı olacağı için kalıp maliyetleri de aynıdır. 2500 m³ ve 7500 m³ olmak üzere 2 farklı depo hacmi ve 3, 6 ve 9 olmak üzere 3 farklı çap/yükseklik oranı çalışmada mevcuttur (Tablo 7.3). Bu parametreler göz önüne alınarak Şekil 7.1 de farklı D/H oranlarına sahip depoların kalıp maliyeti değişimleri görülmektedir. .

Tablo 7.3. Kalıp maliyeti – D/H oranı

D/H	KALIP MALİYETİ	
	2500 M ³	7500 M ³
3	₺134.745,00	₺256.202,00
6	₺107.139,00	₺212.472,00
9	₺97.783,00	₺191.248,00



Şekil 7.1. Kalıp maliyetinin D/H oranına bağlı değişimi

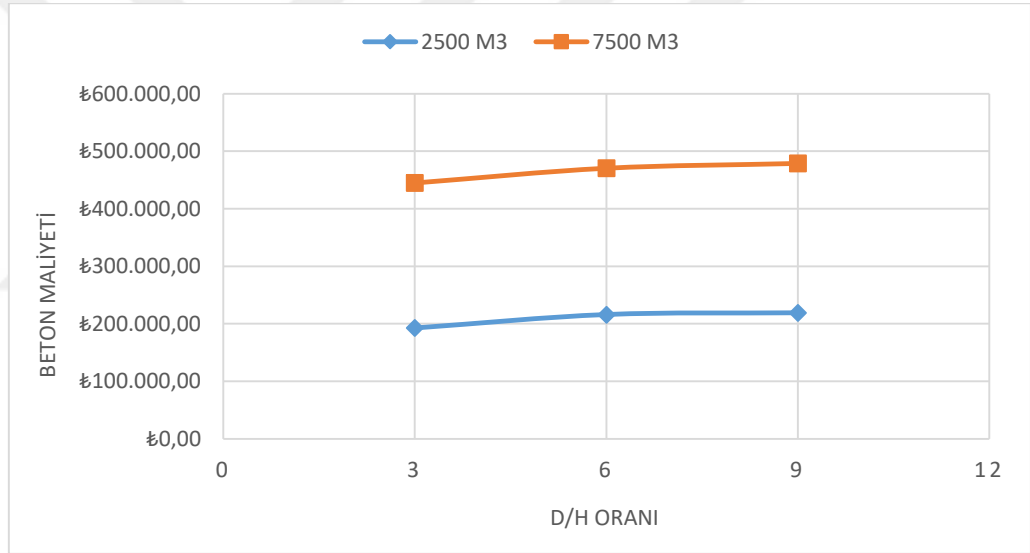
Şekil 7.1'deki grafikten de görüldüğü üzere depo hacmi arttıkça kalıp maliyeti de artmakta aynı zamanda her iki depo hacminde de (2500 m³ ve 7500 m³) depoların çap/yükseklik oranları arttıkça kalıp maliyetlerinde azalma olduğu görülmektedir.

7.2. D/H Oranının Beton Maliyetine Etkisi

Aynı hacim ve aynı D/H oranındaki tüm depolarda (Konya/ZA – Konya/ZD – Kocaeli/ZA – Kocaeli/ZD) boyutlandırma aynı olacağı için beton maliyetleri de aynı olacaktır. 2500 m³ ve 7500 m³ olmak üzere 2 farklı depo hacmi ve 3, 6 ve 9 olmak üzere 3 farklı çap/yükseklik oranlarındaki beton maliyetleri Tablo 7.4’de verilmiştir. Tablo 7.4’deki parametreler göz önüne alınarak Şekil 7.2’deki grafik oluşturulmuştur.

Tablo 7.4. Beton maliyeti – D/H oranı

D/H	BETON MALİYETİ	
	2500 M ³	7500 M ³
3	₺198.350,00	₺444.896,00
6	₺215.986,00	₺470.558,00
9	₺218.939,00	₺478.905,00



Şekil 7.2. Beton maliyetinin D/H oranına bağlı değişimi

Şekil 7.2’deki grafikte de görüldüğü gibi 7500 m³ hacmindeki depoların beton maliyeti 2500 m³ hacmindeki depoların beton maliyetinden ortalama % 120 daha fazladır. Ayrıca her iki farklı hacimdeki depolarda da (2500 m³ ve 7500 m³) çap/yükseklik oranı arttıkça beton maliyetlerinde de artma olduğu görülmektedir.

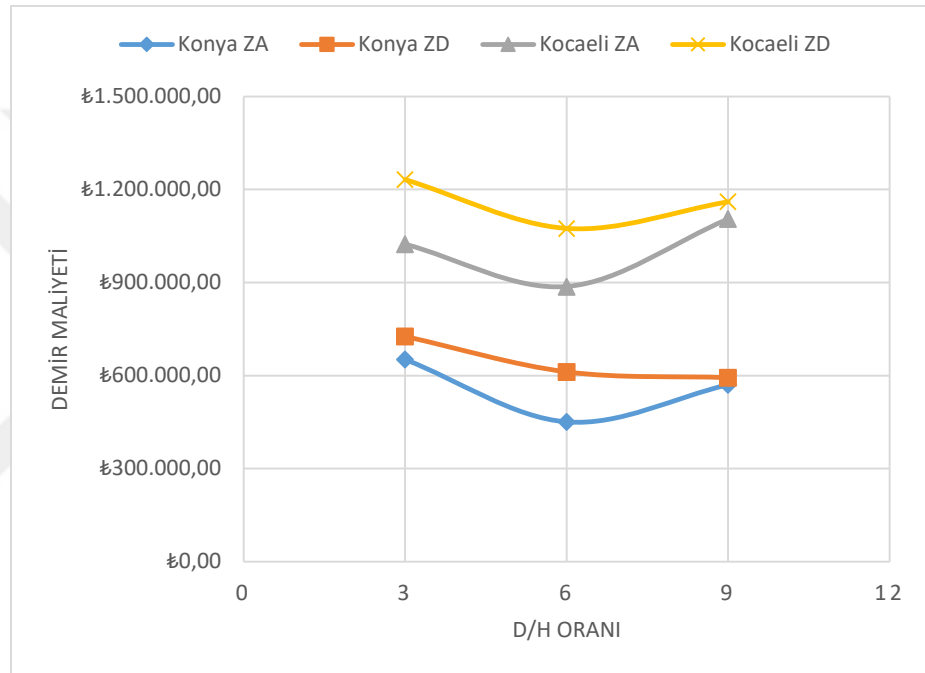
7.3. D/H Oranının Demir Maliyetine Etkisi

Depoların demir maliyeti hesaplamalarında, depoların yapılacağı il ve zemin sınıfı da belirleyici olacağı için her iki farklı hacimdeki depo için ayrı karşılaştırma yapılmıştır.

2500 m³ hacminde Konya ve Kocaeli illerinde ZA ve ZD zemin sınıflarına göre inşa edilecek, çap/yükseklik oranı 3, 6 ve 9 olmak üzere 12 farklı deponun demir maliyetleri Tablo 7.5’de verilmiştir. Tablo 7.5’deki parametreler göz önüne alınarak Şekil 7.3’deki grafik oluşturulmuştur.

Tablo 7.5. 2500 m³ hacmindeki depoların demir maliyeti – D/H oranı

	DEMİR MALİYETİ (2500 M ³)			
D/H	Konya ZA	Konya ZD	Kocaeli ZA	Kocaeli ZD
3	₺662.130,00	₺726.178,00	₺1.023.307,00	₺1.232.368,00
6	₺450.908,00	₺611.544,00	₺886.769,00	₺1.074.828,00
9	₺570.520,00	₺592.864,00	₺1.105.029,00	₺1.160.669,00



Şekil 7.3. 2500 m³ hacmindeki depoların demir maliyeti – D/H oranı değişimi

Tablo 7.5 incelendiğinde çap/yükseklik oranları aynı olan depoların demir maliyeti yönünden, en düşük maliyetten başlayarak sırasıyla Konya ili ZA, Konya ili ZD, Kocaeli ili ZA ve Kocaeli ili ZD zemin sınıfında olduğu görülmektedir.

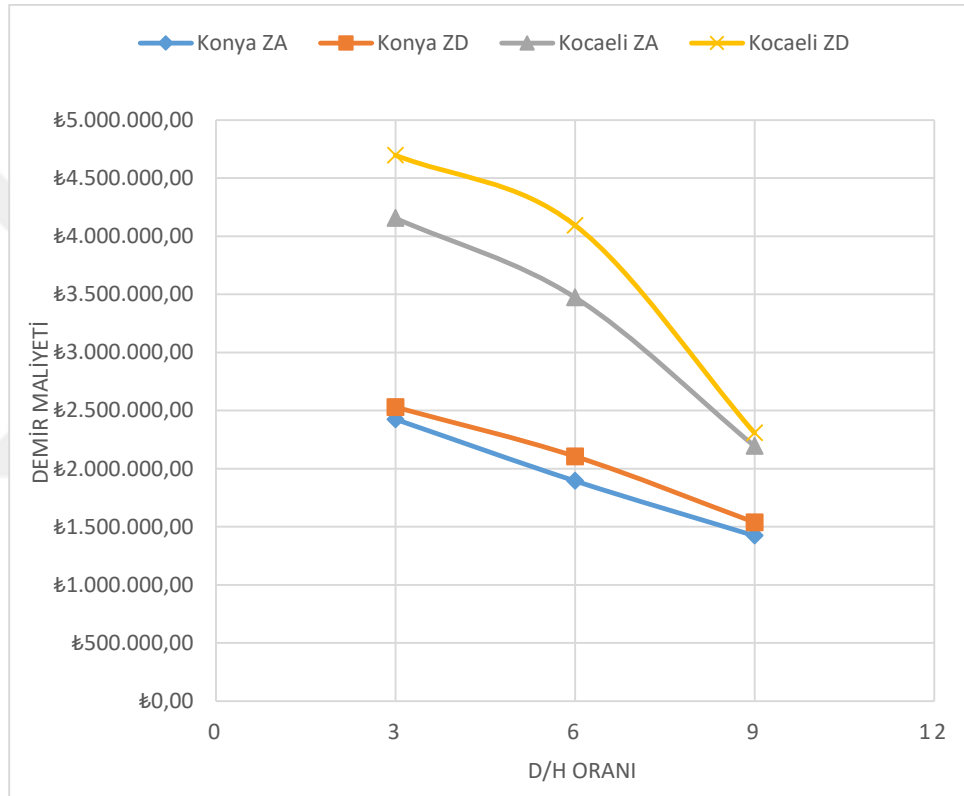
Aynı il ve aynı zemin sınıfında farklı çap/yükseklik oranlarındaki depolar incelendiği zaman en ekonomik depo boyutlarının D/H = 6 oranında olduğu görülmekte ve yalnızca Konya ili ZD zemin sınıfındaki depo boyutunun D/H=9 oranında olduğu görülmektedir.

Şekil 7.3’deki grafik incelendiğinde 2500 m³ hacmindeki en ekonomik deponun Konya ili ZA zemin sınıfında yapıldığı ve depo boyutlarının çap/yükseklik oranının 6 olduğu görülmektedir.

7500 m³ hacminde Konya ve Kocaeli illerinde ZA ve ZD zemin sınıflarına göre inşa edilecek, çap/yükseklik oranı 3, 6 ve 9 olmak üzere 12 farklı deponun demir maliyetleri Tablo 7.6'da verilmiştir. Tablo 7.6'daki parametreler göz önüne alınarak Şekil 7.4'deki grafik oluşturulmuştur.

Tablo 7.6. 7500 m³ hacmindeki depoların demir maliyeti – D/H oranı

	DEMİR MALİYETİ (7500 M ³)			
D/H	Konya ZA	Konya ZD	Kocaeli ZA	Kocaeli ZD
3	₺2.423.775,00	₺2.529.621,00	₺4.154.853,00	₺4.696.088,00
6	₺1.894.664,00	₺2.105.556,00	₺3.473.832,00	₺4.093.934,00
9	₺1.423.581,00	₺1.537.321,00	₺2.194.194,00	₺2.307.405,00



Şekil 7.4. 7500 m³ hacmindeki depoların demir maliyeti – D/H oranı değişimi

Tablo 7.5 incelendiğinde çap/yükseklik oranları aynı olan tüm depolarda en düşük maliyetten başlamak üzere Konya ili ZA, Konya ili ZD, Kocaeli ili ZA ve en yüksek maliyetli deponun Kocaeli ili ZD zemin sınıfında olduğu görülmektedir.

Aynı il ve aynı zemin sınıfında farklı çap/yükseklik oranlarındaki depolar incelendiği zaman tüm depolarda çap/yükseklik oranı arttıkça demir maliyetlerinde azalma olduğu görülmektedir.

Şekil 7.4'deki grafik incelendiğinde 7500 m³ hacmindeki en ekonomik deponun Konya ili ZA zemin sınıfında yapıldığı ve depo boyutlarının çap/yükseklik oranının 9 olduğu görülmektedir.

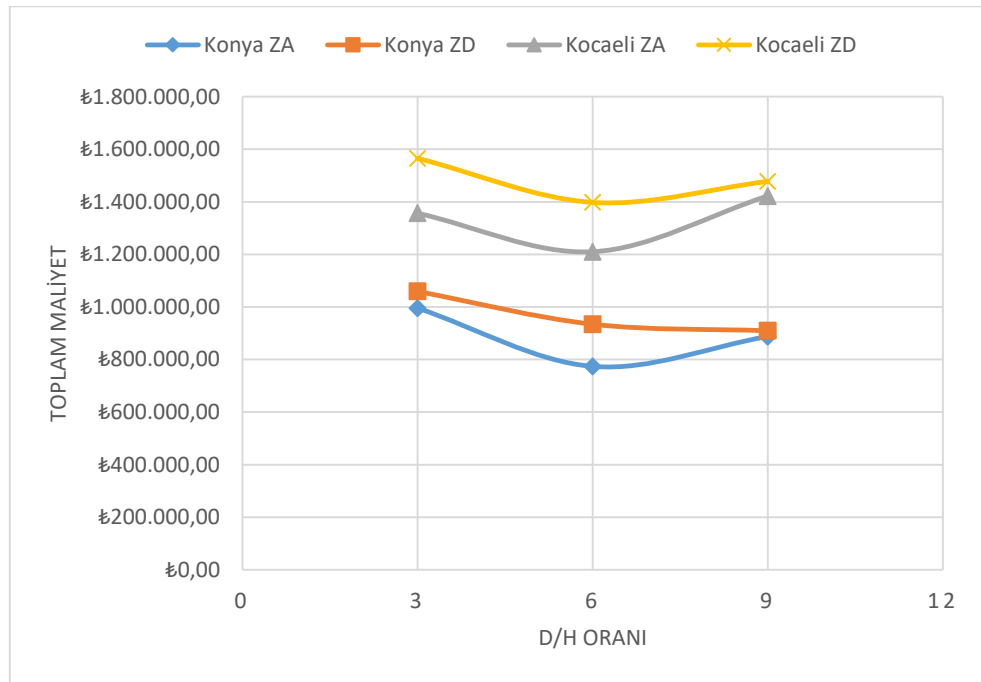
7.4. D/H Oranının Toplam Maliyete Etkisi

Depoların toplam maliyetinde en belirleyici faktör demir miktarı olmuştur (Tablo 7.2). Bu nedenle toplam maliyetin çap/yükseklikle ilişkisini incelerken demir maliyeti hesabında da yapıldığı gibi her 2 ayrı hacimdeki depolar için ayrı ayrı değerlendirme yapılmalıdır.

2500 m³ hacminde, Konya ve Kocaeli illerinde ZA ve ZD zemin sınıflarına göre inşa edilecek, çap/yükseklik oranı 3, 6 ve 9 olmak üzere 12 farklı deponun toplam maliyetleri Tablo 7.7'da verilmiştir. Tablo 7.7'deki parametreler göz önüne alınarak Şekil 7.5'deki grafik oluşturulmuştur.

Tablo 7.7. 2500 m³ hacmindeki depoların toplam maliyeti – D/H oranı

	TOPLAM MALİYET 2500 M3			
	Konya ZA	Konya ZD	Kocaeli ZA	Kocaeli ZD
3	₺995.225,00	₺1.059.273,00	₺1.356.402,00	₺1.565.464,00
6	₺774.033,00	₺934.670,00	₺1.209.895,00	₺1.397.954,00
9	₺887.243,00	₺909.587,00	₺1.421.753,00	₺1.477.393,00



Şekil 7.5. 2500 m³ hacmindeki depoların toplam maliyeti – D/H oranı grafiği

Tablo 7.7'ye bakıldığı zaman aynı çap/yükseklik oranına sahip depoların hepsinde en düşük maliyetin sırasıyla Konya ili ZA, Konya ili ZD, Kocaeli ili ZA ve en yüksek maliyetli deponun Kocaeli ili ZD zemin sınıfında olduğu görülmektedir.

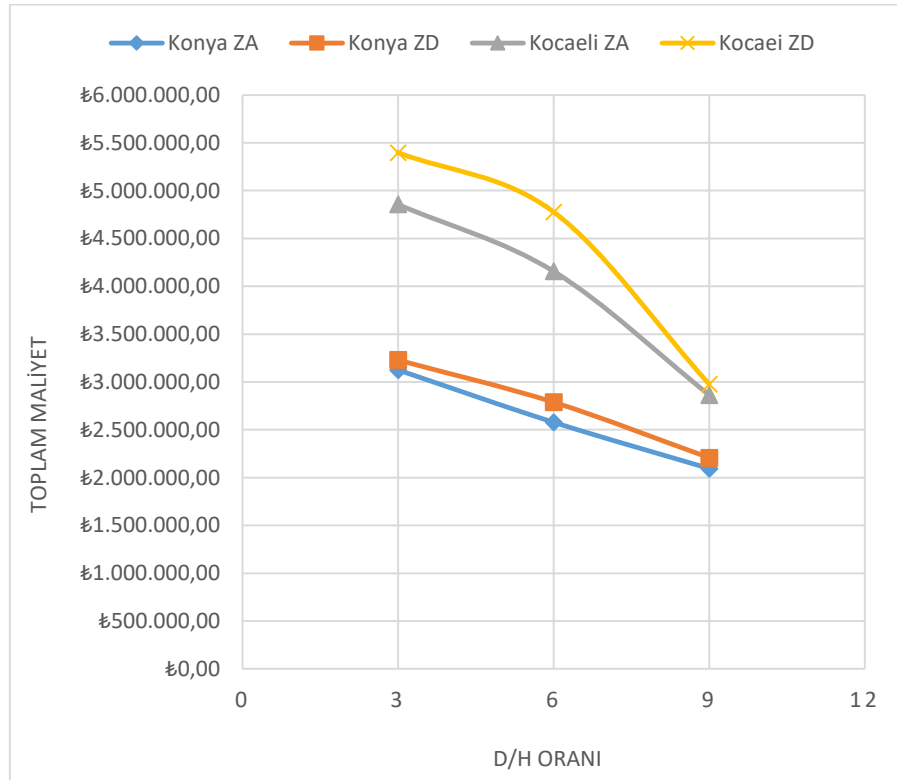
Aynı il ve aynı zemin sınıfında farklı çap/yükseklik oranlarındaki depolar incelendiği zaman en ekonomik depo boyutlarının $D/H = 6$ oranında olduğu görülmekte ve yalnızca Konya ili ZD zemin sınıfındaki depo boyutunun $D/H=9$ oranında olduğu görülmektedir.

Şekil 7.5'deki grafik incelendiğinde 2500 m^3 hacmindeki en ekonomik deponun Konya ili ZA zemin sınıfında yapıldığı ve depo boyutlarının çap/yükseklik oranının 6 olduğu görülmektedir.

7500 m^3 hacminde, Konya ve Kocaeli illerinde ZA ve ZD zemin sınıflarına göre inşa edilecek, çap/yükseklik oranı 3, 6 ve 9 olmak üzere 12 farklı deponun toplam maliyetleri Tablo 7.8'de verilmiştir. Tablo 7.8'deki parametreler göz önüne alınarak Şekil 7.6'daki grafik oluşturulmuştur.

Tablo 7.8. 7500 m^3 hacmindeki depoların toplam maliyeti – D/H oranı

	TOPLAM MALİYET (7500 M^3)			
D/H	Konya ZA	Konya ZD	Kocaeli ZA	Kocaeli ZD
3	₺3.124.873,00	₺3.230.719,00	₺4.855.951,00	₺5.397.186,00
6	₺2.577.694,00	₺2.788.587,00	₺4.156.863,00	₺4.776.965,00
9	₺2.093.735,00	₺2.207.475,00	₺2.864.348,00	₺2.977.559,00



Şekil 7.6. 7500 m^3 hacmindeki depoların toplam maliyeti – D/H oranı grafiği

Tablo 7.5 incelendiğinde aynı çap/yükseklik oranlarına sahip tüm depolarda en düşük maliyetin sırasıyla Konya ili ZA, Konya ili ZD, Kocaeli ili ZA ve en yüksek maliyetli deponun Kocaeli ili ZD zemin sınıfında olduğu görülmektedir.

Aynı il ve aynı zemin sınıfında, farklı çap/yükseklik oranlarındaki depolar incelendiği zaman tüm depolarda çap/yükseklik oranı arttıkça toplam maliyetlerde azalma olduğu görülmektedir.

Şekil 7.6'daki grafik incelendiğinde 7500 m³ hacmindeki en ekonomik deponun Konya ili ZA zemin sınıfında yapıldığı ve depo boyutlarının çap/yükseklik oranının 9 olduğu görülmektedir.

Grafiklerden de görüldüğü üzere depo maliyet hesaplamalarında deponun yapılacağı il (deprem etkisi), zemin sınıfı ve boyutlandırmaları etkili birer faktör olmuştur. Aynı hacim ve aynı çap/yükseklik oranlarındaki depolarda (Konya ZA, Konya ZD, Kocaeli ZA ve Kocaeli ZD) boyutlandırma aynı olacağı için beton ve kalıp maliyetleri hepsinde aynı olacaktır. Bu durumda toplam maliyetler için belirleyici faktörün demir miktarı olduğu anlaşılmaktadır.

8. DEPOLARDA TAGUCHİ METODU UYGULAMASI

Birden fazla faktörün etki ettiği deneyleri yapmak için her bir faktörün ayrı ayrı değiştirilerek deneylerin defalarca tekrarlanması gerekmektedir. Bu da hem harcanan zamanı hem de maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle en az deney yaparak maliyetleri en düşük seviyede tutma prensibine dayanan taguchi metodu kullanılmaktadır. Taguchi metodu, üründe ve proseste, değişkenliği oluşturan ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı, kontrol edilebilen faktörlerin düzeylerinin en uygun kombinasyonunu seçerek, ürün ve prosesteki değişkenliği en aza indirmeye çalışan bir deneysel tasarım metodudur (Arvasi, 2022). Bu metod çalışma için gereken zaman ve çabayı en aza indirirken, hedef sonuçlara ulaşmak için gereken deney sayısını azaltarak en çok tercih edilen yöntemlerden biri haline gelmiştir. Taguchi deneysel tasarım yöntemi aynı anda birden fazla faktörün göz önünde bulundurulmasını sağlamakta ve daha az deney yapılarak en optimum sonucun elde edilmesini de sağlamaktadır. Dr. Taguchi ürün ve proses tasarımı için sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımı olmak üzere üç kalite aşaması tanımlamıştır.

8.1. Kalite Aşamaları

8.1.1. Sistem tasarımı

Sistem tasarımı taguchi metodunun ilk adımıdır. Bu adımda bütün veriler, teknolojik metotlar ve yeni teknolojiler değerlendirilerek sisteme uygunluğu ve kullanılabilirliği araştırılır (Sabırlı, 2020).

8.1.2. Parametre tasarımı

Sistem tasarımından sonraki adım parametre tasarımıdır. Buradaki amaç sisteme etki eden bütün parametreleri ve bu parametrelere en uygun seviyeleri seçmektir. Bu tasarım aşamasında aynı zamanda sisteme etki eden ve kontrol edilemeyen faktörleri de belirleyerek etkilerinin en aza düşürülmesi hedeflenmektedir. Bu nedenle etkin parametreler Taguchi ortogonal dizilerinden faydalanılarak bloklanmaktadır. Bütün parametreler ve seviyeleri belirlendikten sonra Taguchi ortogonal dizilerinden en uygun dizinin seçilerek sinyal gürültü oranı (S/N) analizi ile sisteme ait hesaplamalar yapılmaktadır.

8.1.3. Tolerans tasarımı

Parametre tasarımı aşaması yeterli olmadığında tolerans tasarım aşaması uygulanır. Bu tasarım aşamasında, yapılan gözlemler ele alınır ve sistemin hedef değerine göre oluşan sapmalar bulunarak azaltılır.

8.2. S/N (Sinyal / Gürültü) Oranı

Taguchi, varyasyonu azaltmayı hedefleyen ve deney tasarımında performans kriteri olarak kullanılan, bir dizi istatistik geliştirmiş ve buna sinyal/gürültü (S/N) oranı adını vermiştir (Sabırlı, 2020). En basit hali ile S/N oranı, ortalamanın (sinyal) standart sapmaya (gürültü) oranıdır. S/N oranı özellikleri üç kategoriye ayrılabilir.

8.2.1. En düşük en iyi olduğu durum

Bu tür problemlerde, kalite değişkeni Y'nin hedef değeri sıfırdır. Bu durumda, S/N oranı bulunurken kullanılan Denklem 8.1' de verilmiştir (Erkuş, 2021). Burada;

n : Deney tekrar sayısı

y : Parametrenin deneysel olarak bulunan değeridir.

$$\frac{S}{N}: -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (8.1)$$

8.2.2. En yüksek (büyük) en iyi olduğu durum

Bu durumda y'nin hedef değeri sonsuzdur. S/N oranı bulunurken kullanılan Denklem 8.2'de verilmiştir (Erkuş, 2021).

$$\frac{S}{N}: -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (8.2)$$

8.2.3. Nominal en iyi olduğu durum

Bu tür problemlerde, y için belli bir hedef değer (örneğin, ürün boyutları gibi) verilmiştir. Bu durumda, S/N oranı bulunurken kullanılan Denklem 8.3'de verilmiştir (Erkuş, 2021). Burada; s değeri varyansı ve $\bar{y}$ değeri ise gözlem değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir.

$$\frac{S}{N}: 10 \log \left(\frac{\bar{y}}{s^2} \right) \quad (8.3)$$

Burada daha yüksek bir S/N oranı daha iyi kalite özelliklerine karşılık gelir.

8.3. Uygun Ortogonal Dizinin Seçilmesi

Taguchi, çok sayıda deneysel durumu açıklamak için ortogonal dizileri kullanmıştır. Ortogonal dizinin çok kullanılmasının en önemli nedeni birçok faktörün en az sayıda test edilmesi ve aynı anda faktör seviyelerinin değiştirilmesine izin vermesidir. Ortogonal diziler problemin karakterine göre 2 aşamalı, 3 aşamalı, 2 ve 3 aşamalı olarak belirlenir. Ortogonal dizilere tasarım matrisi de denir. Genel gösterimi Denklem 8.4’de verilmiştir (Erkuş, 2021). Burada;

d: Toplam deney sayısı

a: Faktörlerin düzey sayısı

k: Faktör sayısı

L: Ortogonal diziyi temsil eder.

$$L_d(a)^k \text{ ya da } L_d \quad (8.4)$$

Kullanılan diziler genellikle; 2 düzey için L4, L8, L16 ve L32 ve 3 düzey için L9, L18 ve L27’dir. Serinin seçimi seviye sayısına ve toplam serbestlik derecesine göre yapılır. Ortogonal dizi, ürün ortalamasını ve varyansını etkileyen birçok faktörle aynı anda ve daha kısa sürede çalışmayı sağlar. L9 tasarım matrisi örnek olarak Tablo 8.1’de verilmiştir (Erkuş, 2021).

Tablo 8.1. L9 tasarım matrisi (Peace, 1992).

	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Ortogonal Diziler, tam faktöriyel tasarım için gereken deneme sayısını büyük ölçüde düşürür. Tablo 8.1 için, tam faktör tasarımına göre $3^4 = 81$ deneme gerekirken, ortogonal diziler sayesinde deneme sayısı 9'a düşmektedir. Ortogonal dizinin seçiminde, faktör grubunun toplam serbestlik derecesi dikkate alınır. Faktör grubunun serbestlik derecesi, tüm faktörlerin ve etkileşimlerin serbestlik derecelerinin toplamıyla bulunur (Erkuş, 2021).

8.4. Sonuçların Analiz Edilmesi

Ürün performansını etkileyen faktörler ve bunların uygun seviyeleri belirlendikten sonra, sadece kritik faktörlerin ve/veya etkileşimlerin dâhil edilmesi için bir model oluşturulur ve analiz edilir (Erkuş, 2021).



9. TAGUCHİ ANALİZLERİNDE MODELLERİN ÖN TASARIM VE BOYUTLANDIRILMASI

Çalışmanın bu bölümünde güçlü bir optimizasyon tekniği olan Taguchi yöntemiyle betonarme silindirik su depolarının maliyetini etkileyen tasarım faktörlerinin analizi yapılmıştır. Bunun için depo yüksekliği $H(m)$, depo çapı $D(m)$, deponun inşa edileceği bölgenin depremselliği S_s , deponun inşa edileceği zemin sınıfı $K(kN/m^3)$ 'nı içeren 4 farklı tasarım parametrelerinin 3 farklı seviyelerde seçilerek analizler yapılmıştır.

Analizlerde kullanılan parametreler ve seviyeleri Çizelge 9.1'de verilmiştir.

P1: Depo Yüksekliği

P2: Depo Çapı

P3: Depo İnşa Yerinin Depremselliği

P4: Depo İnşa Yerinin Zemin Sınıfı

Çizelge 9.1. Yapıların Analizinde Dikkate Alınacak Parametreler ve Seviyeleri

Depo Yüksekliği(m)	Depo Çapı (m)	Deprem Bölgesi (S_s)	Zemin Yatak Katsayısı (kN/m^3)
4	10	1.7018	100000
10	20	0.8505	40000
16	30	0.178	10000

Analizlerde depo yerinin deprem tehlikesi bakımından çok riskliden az riskliye doğru 3 farklı bölge seçilmiştir

9.1. Modellerin Ön Tasarımı Ve Boyutlandırılması

Betonarme silindirik depoların analizlerinde çalışmanın diğer bölümlerinde bahsedildiği üzere SAP2000 v23 bilgisayar programı kullanılmıştır.

9.2. Hazırlanan Analiz Modelleri

Bu çalışmada 9 adet model hazırlanmış ve analizleri yapılmıştır. Çalışmada L9 ortogonal dizin tablosu Çizelge 9.2. ve Çizelge 9.3'de verilmiştir.

Çizelge 9.2. L9 ortogonal dizin tablosu

Tasarım No	H	D	Deprem (Ss)	Zemin Yatak Katsayısı
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Çizelge 9.3. L9 ortogonal dizin değerleri

Tasarım No	H (m)	D (m)	Deprem (Ss)	Zemin Yatak Katsayısı (kN/m ³)
1	4	10	0.178	100000
2	4	20	0.8505	40000
3	4	30	1.7018	10000
4	10	10	0.8505	10000
5	10	20	1.7018	100000
6	10	30	0.178	40000
7	16	10	1.7018	40000
8	16	20	0.178	10000
9	16	30	0.8505	100000

9.2.1. L9 analiz sonuçları ve metrajlar

Taguchi L9 ortogonal dizisine göre planlanan tasarımların analizleri yapıldıktan sonra her bir tasarım sonucunun metrajları ayrı ayrı çıkartılarak, Minitab V18 yazılımı yardımıyla S/N analizleri ile ANOVA analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda betonarme silindirik su depolarının kalıp, donatı, beton metrajları çıkartılarak depoların toplam kaba yapı maliyetleri, depolarda 1m³ beton içerisindeki donatı yoğunluğu, 1m depo yüksekliğinin maliyeti ve 1 m³ deponun kaba yapı maliyetleri çıkartılmıştır. Maliyet hesaplarında güncel birim fiyatlar kullanılmıştır. 9 adet analizin metrajları Çizelge 9.4’de, maliyetleri Çizelge 9.5’de verilmiştir.

Çizelge 9.4. L9 ortogonal dizi analizinin metrajları

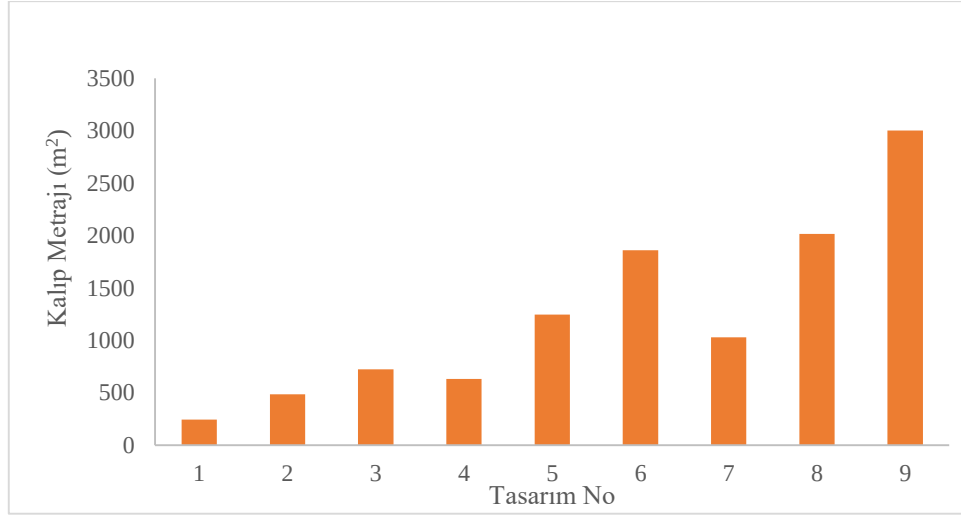
Tasarım No	Kalıp (m ²)	Donatı (ton)	Beton (m ³)
1	245,798	7,361	68,311
2	484,559	20,905	197,744
3	723,32	47,918	390,01
4	633,659	19,267	148,77
5	1246,27	89,751	371,823
6	1858,88	123,564	673,416
7	1028,934	44,124	269,121
8	2015,395	100,99	622,865
9	3001,855	345,627	1070,856

Çizelge 9.5. L9 ortogonal dizi analizinin maliyetleri

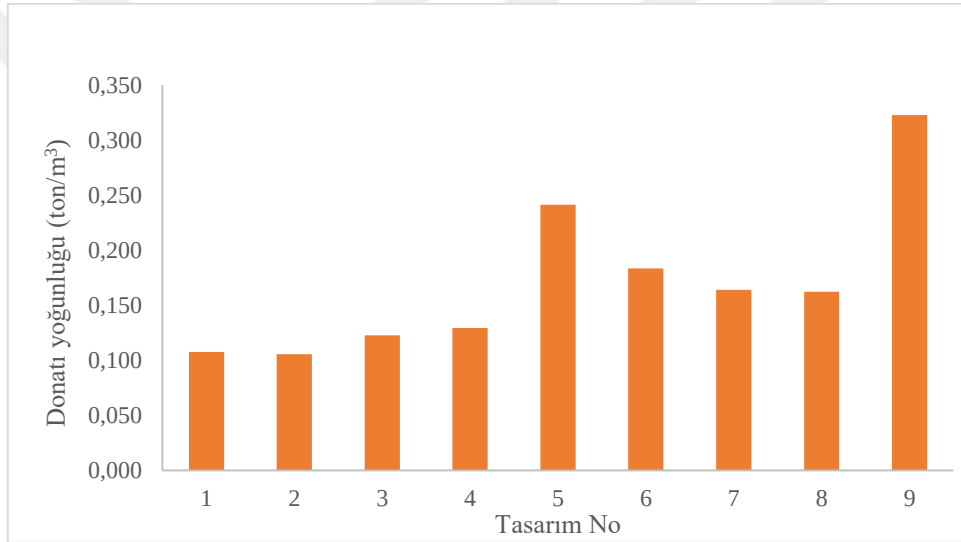
Tasarım No	Toplam Maliyet (TL)	1 m ³ Betondaki Donatı Yoğunluğu (ton/m ³)	1m Depo Yüksekliğinin Maliyeti (TL/m)	1 m ³ Deponun Maliyeti (TL/m ³)
1	181.990,90	0,108	45.497,73	579,30
2	493.205,40	0,106	123.301,35	392,48
3	1.050.167,00	0,123	262.541,75	371,42
4	459.095,80	0,130	45.909,58	584,54
5	1.762.065,00	0,241	176.206,50	560,88
6	2.529.485,35	0,183	252.948,54	357,85
7	962.414,13	0,164	60.150,88	765,86
8	2.165.674,00	0,162	135.354,63	430,85
9	6.376.767,00	0,323	398.547,94	563,83

9.3. Taguchi Metodu Araştırma Sonuçları

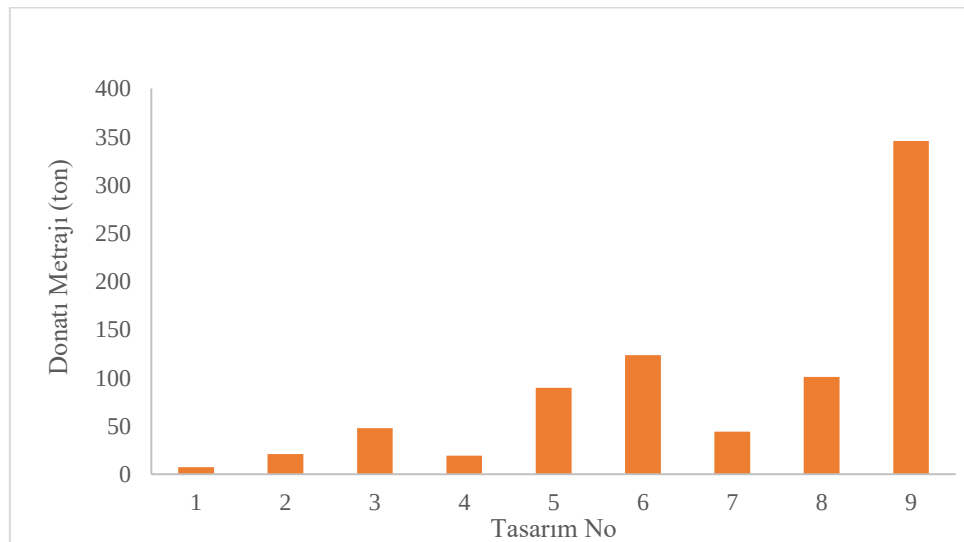
Çalışmanın bu bölümünde yapılan 9 adet analiz sonuçlarından elde edilen kalıp, donatı, beton metrajları ile toplam depo kaba yapı maliyeti, depoda kullanılan beton içerisindeki donatı yoğunluğu, 1 m depo yüksekliğinin maliyeti ve 1 m³ deponun maliyetlerini içeren grafikler Şekil 9.1 - Şekil 9.7’de verilmiştir.



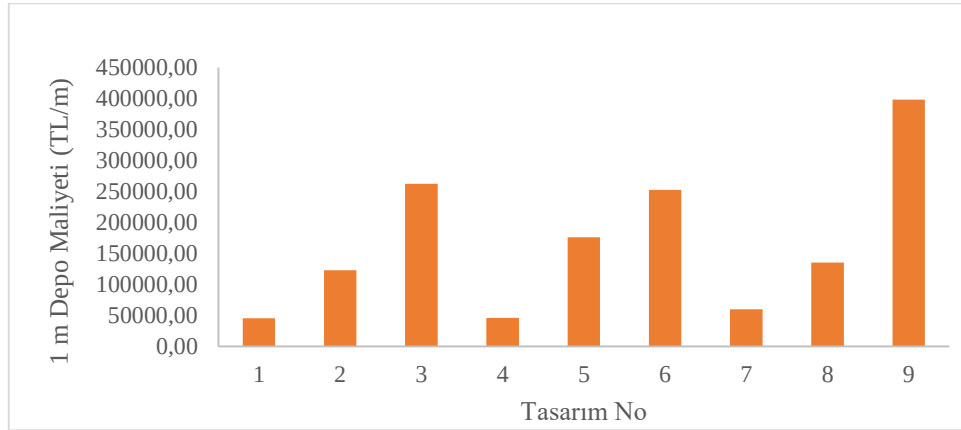
Şekil 9.1. Taguchi analiz sonuçlarına göre kalıp metrajları



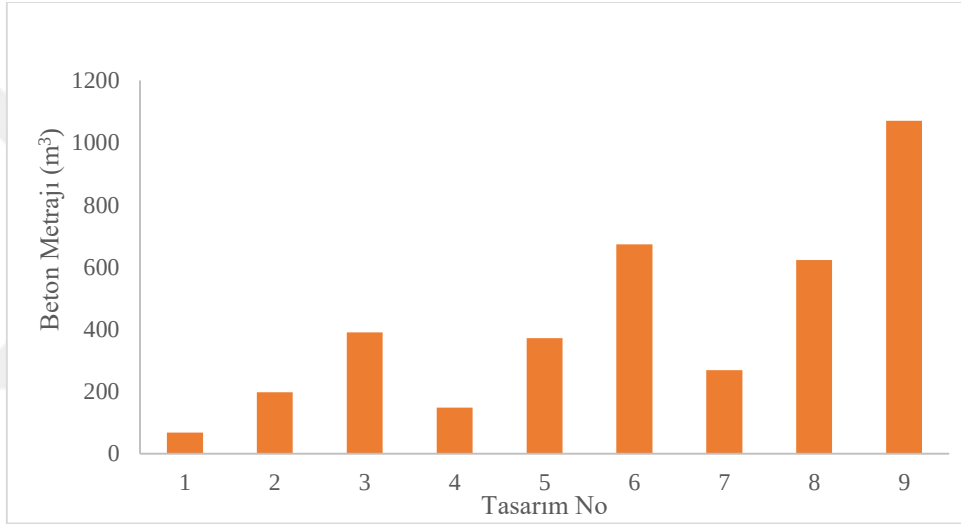
Şekil 9.2. Taguchi analiz sonuçlarına göre 1 m³ betondaki donatı yoğunluğu



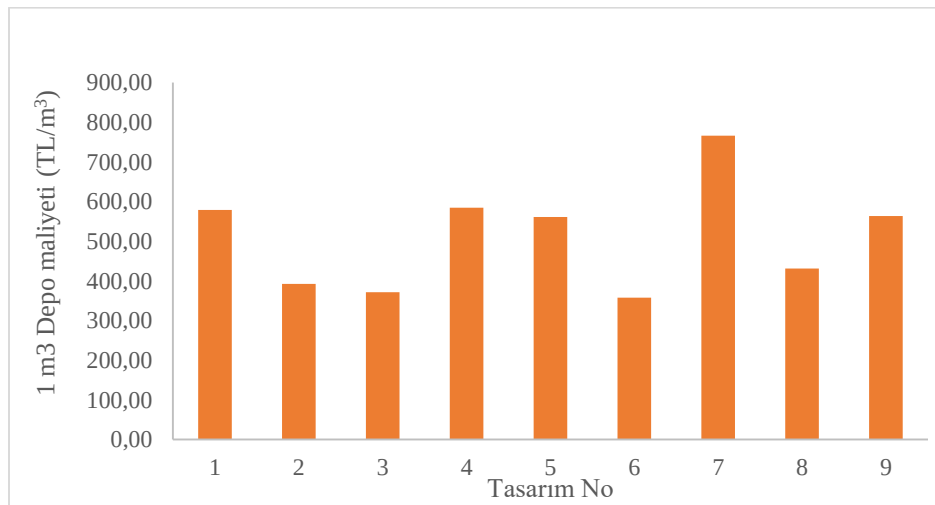
Şekil 9.3. Taguchi analiz sonuçlarına göre donatı metrajı



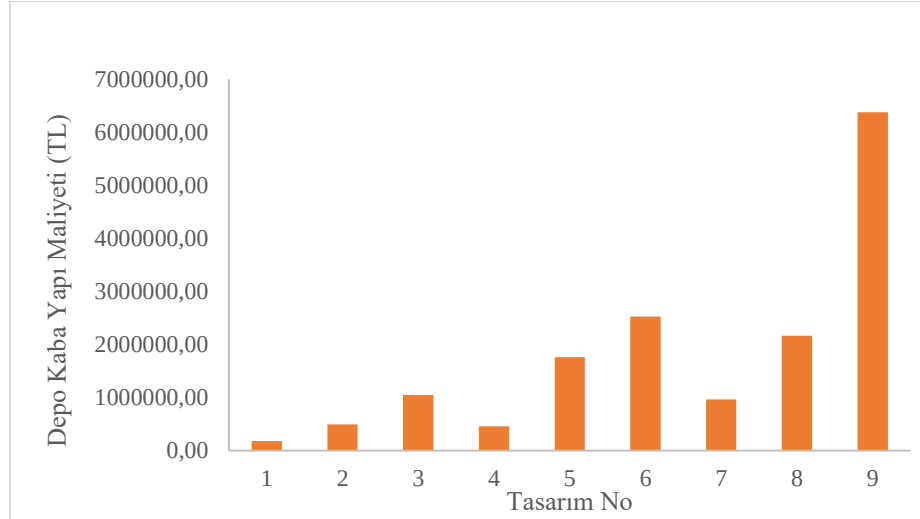
Şekil 9.4. Taguchi analiz sonuçlarına göre 1 m depo maliyeti



Şekil 9.5. Taguchi analiz sonuçlarına göre beton metrajları

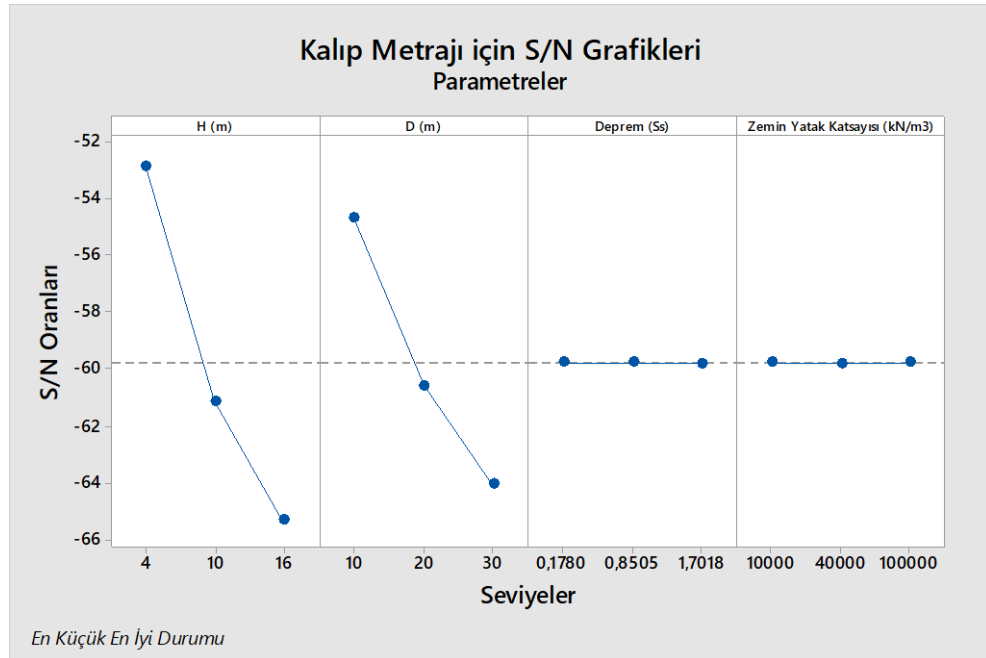


Şekil 9.6. Taguchi analiz sonuçlarına göre 1 m³ depo maliyeti

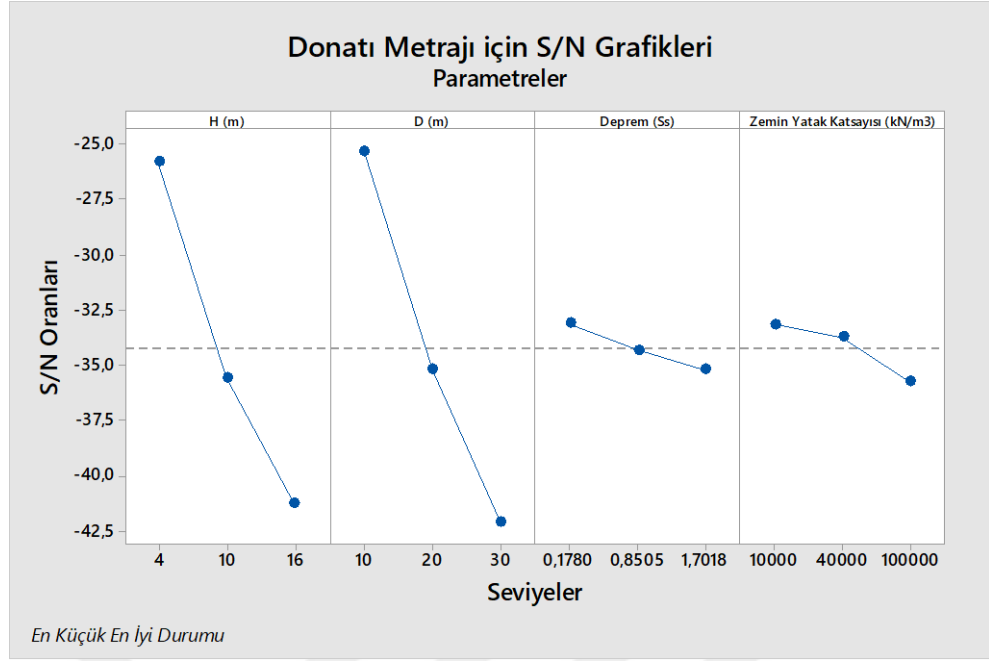


Şekil 9.7. Taguchi analiz sonuçlarına göre toplam depo kaba yapı maliyeti

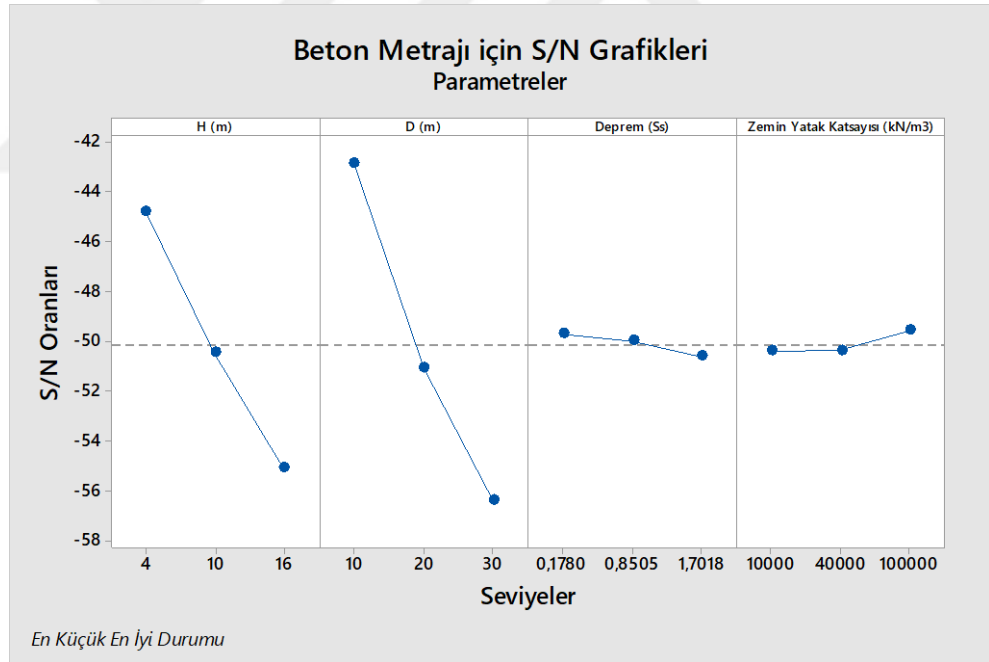
Bütün parametreler ve seviyeleri belirlendikten sonra Taguchi ortogonal dizilerinden en uygun dizinin seçilerek sinyal gürültü oranı (S/N) analizi ile sisteme ait hesaplamalar yapılmıştır. 9 adet analiz sonuçlarından elde edilen kalıp, donatı, beton metrajları ile toplam depo kaba yapı maliyeti, depoda kullanılan beton içerisindeki donatı yoğunluğu, 1 m depo yüksekliğinin maliyeti ve 1 m³ deponun maliyetlerini içeren S/N grafikleri Şekil 9.8 – Şekil 9.14’de verilmiştir.



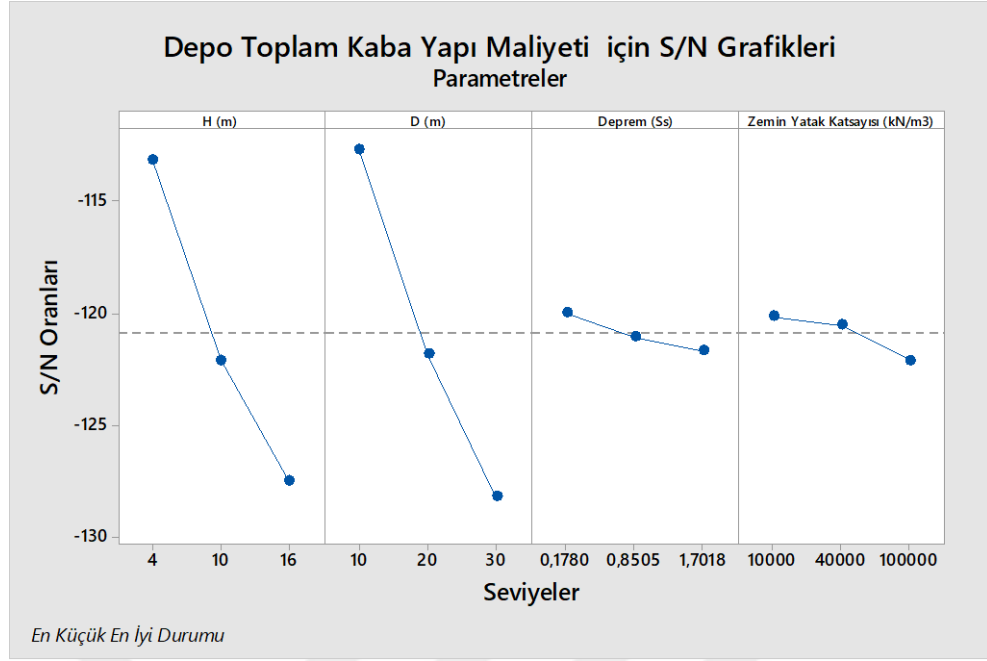
Şekil 9.8. Kalıp metrajı için S/N grafikleri



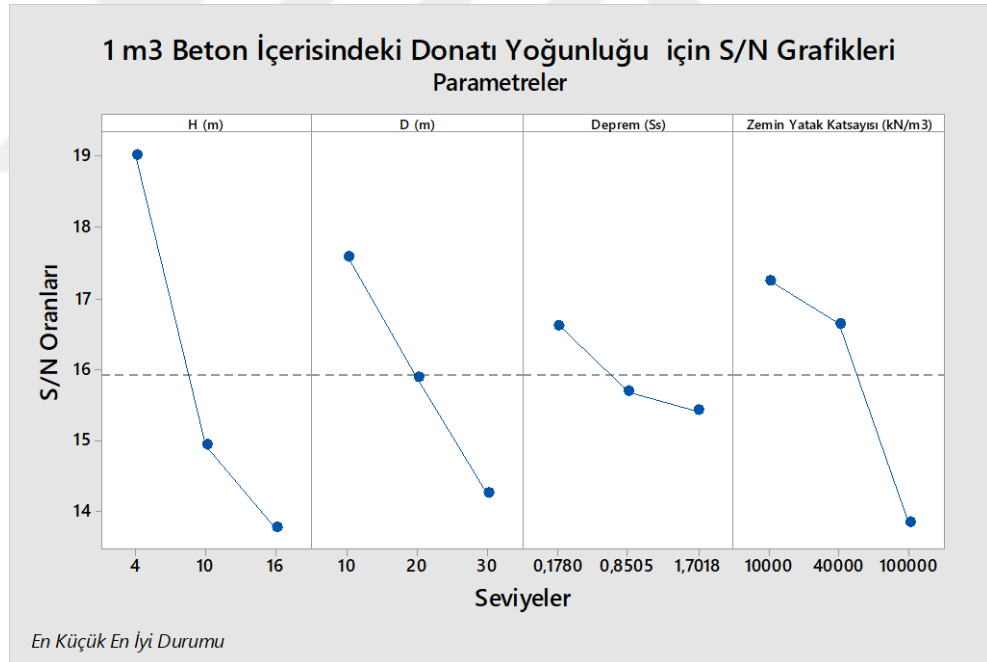
Şekil 9.9. Donatı metraji için S/N grafikleri



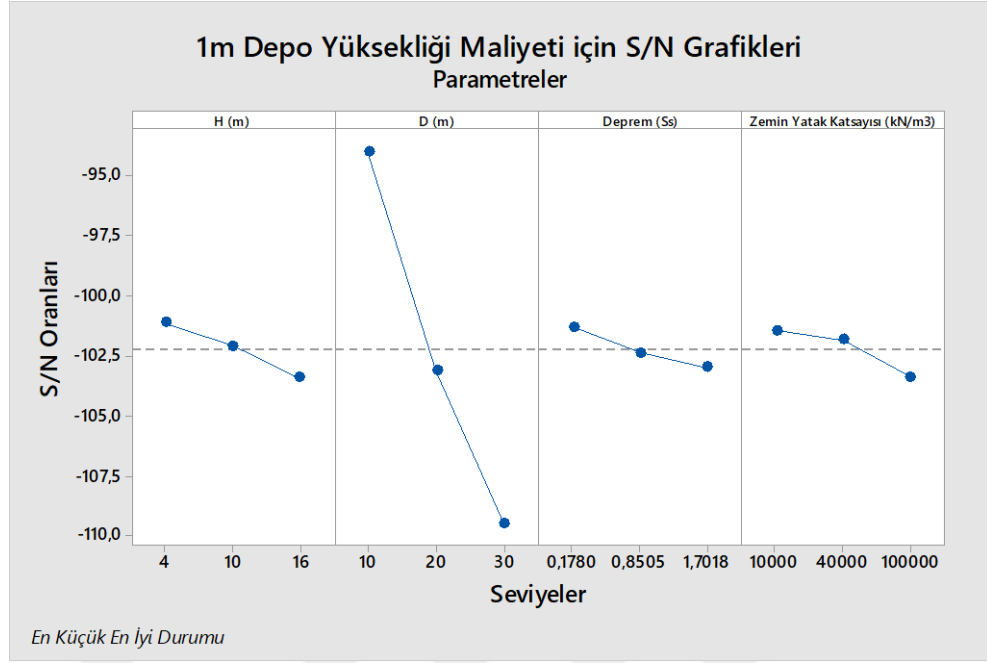
Şekil 9.10. Beton metraji için S/N grafikleri



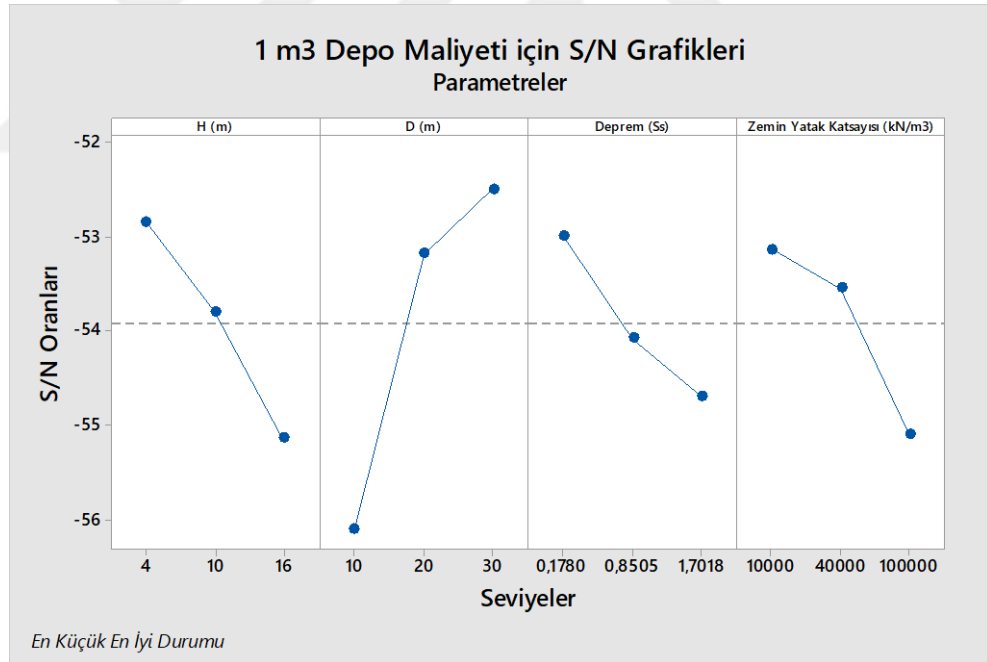
Şekil 9.11. Depo toplam kaba yapı maliyeti için S/N grafikleri



Şekil 9.12. 1 m³ beton içerisindeki donatı yoğunluğu için S/N grafikleri



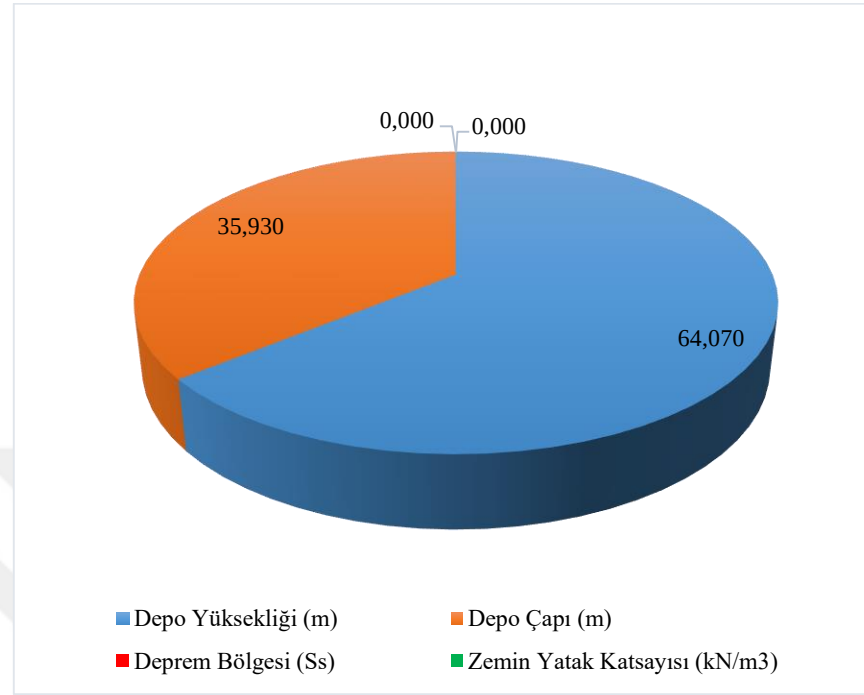
Şekil 9.13. 1 m depo yüksekliği maliyet için S/N grafikleri



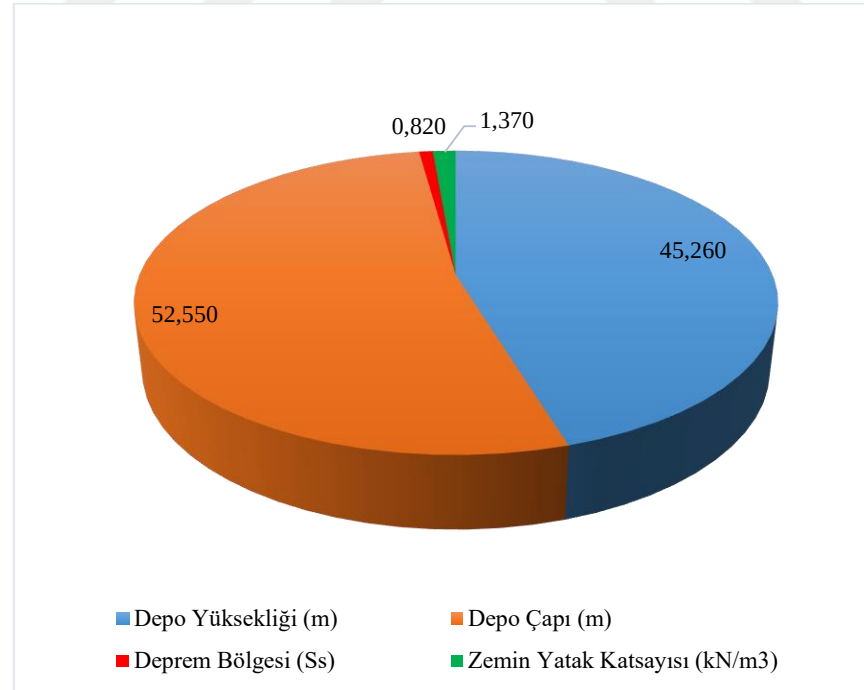
Şekil 9.14. 1 m³ depo maliyeti için S/N grafikleri

Elde edilen S/N grafik sonuçlarına göre toplam kalıp, toplam donatı, toplam beton metrajları ile toplam depo kaba yapı maliyeti, depoda kullanılan beton içerisindeki donatı yoğunluğu, 1 m depo yüksekliğinin maliyeti ve 1 m³ deponun

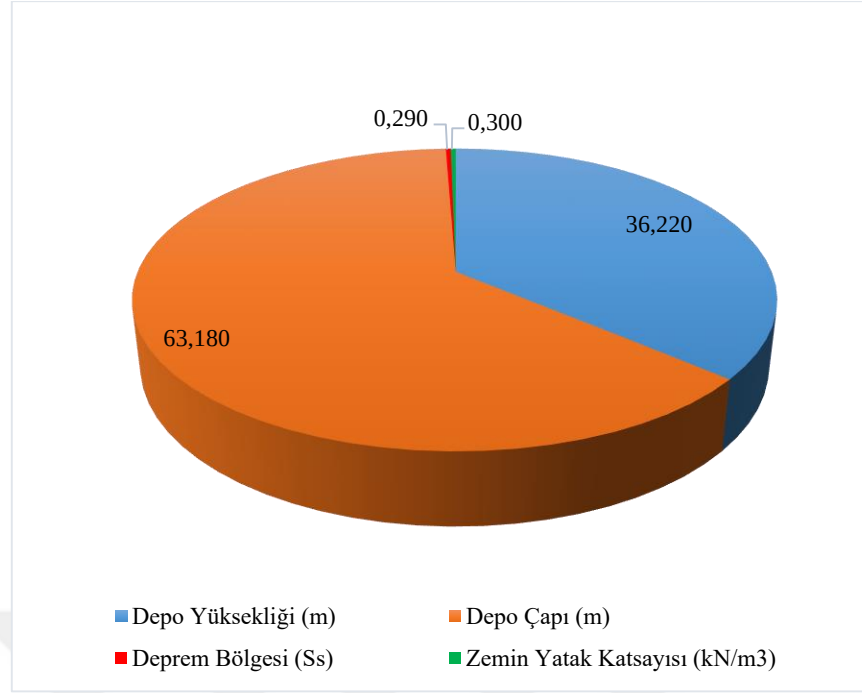
maliyetlerini içeren en küçük en iyi durumu için parametrelerin etki oranını gösteren grafikler Şekil 9.15 – Şekil 9.21’de verilmiştir.



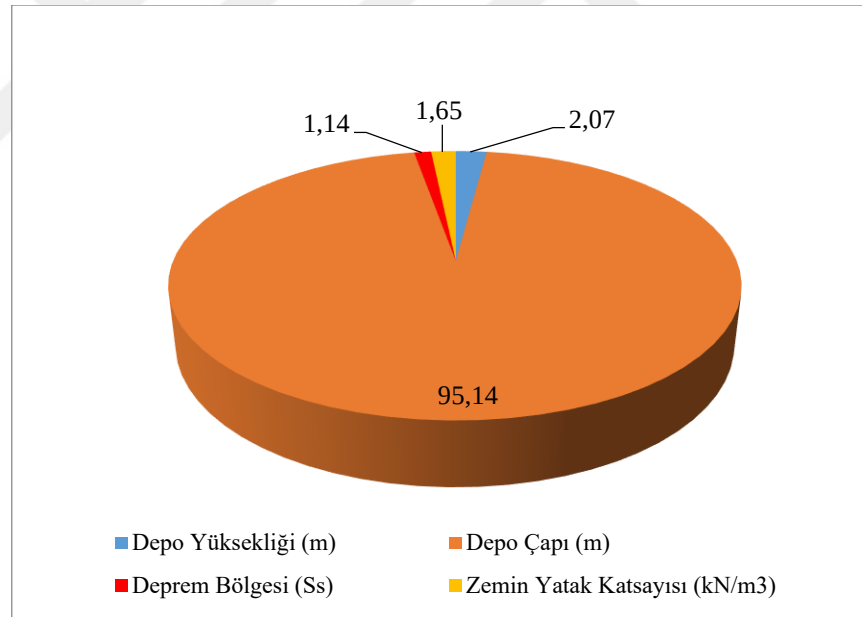
Şekil 9.15. Toplam kalıp metrajı (m²) en düşük en iyi durumu için parametrelerin etki oranı (%)



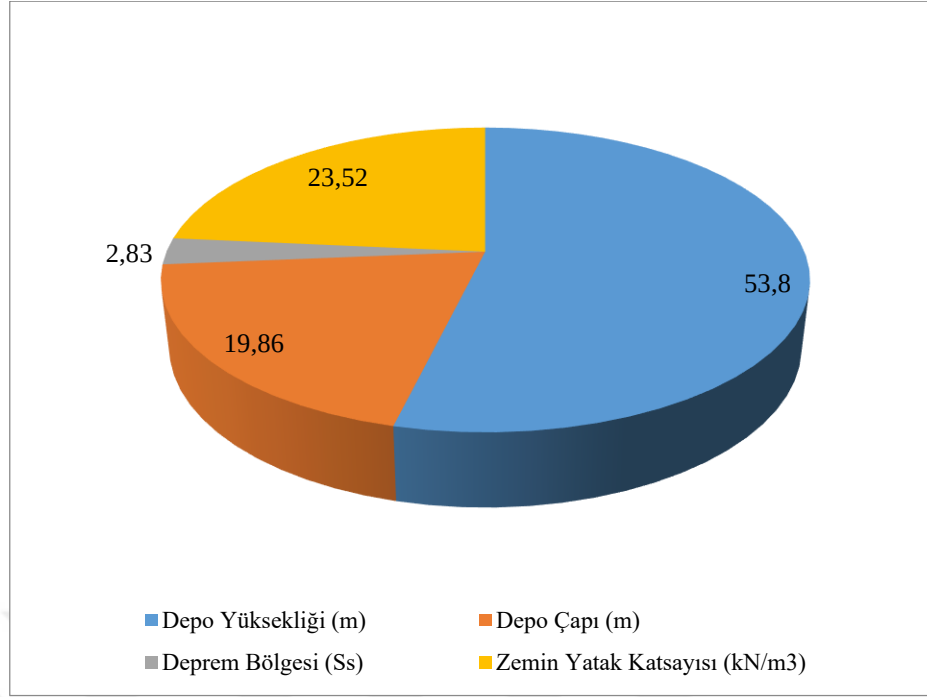
Şekil 9.16. Toplam donatı metrajı (ton) en düşük en iyi durumu için parametrelerin etki oranı (%)



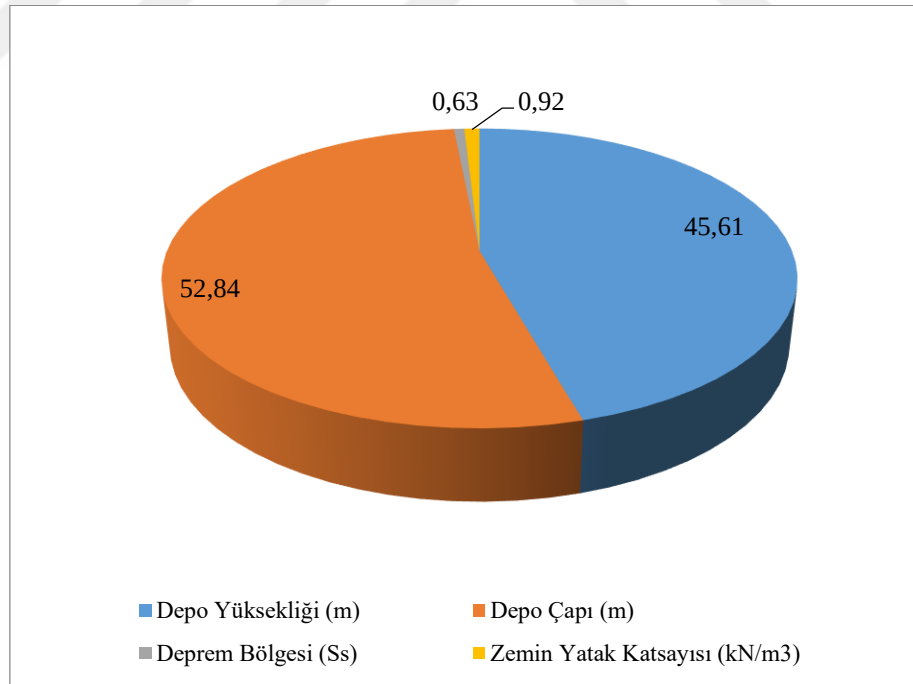
Şekil 9.17. Toplam beton metrajı (m³) en düşük en iyi durumu için parametrelerin etki oranı (%)



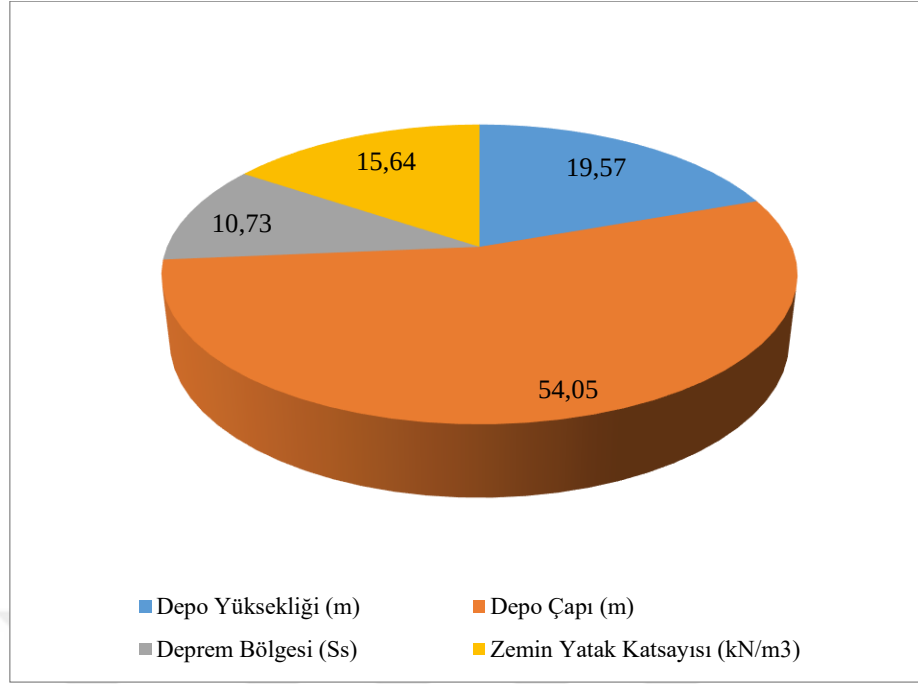
Şekil 9.18. 1 m depo yüksekliği maliyeti en düşük en iyi durumu için parametrelerin etki oranı (%)



Şekil 9.19. 1 m³ beton içerisinde kullanılan donatı yoğunluğu (kg/m³) en düşük en iyi durumu için parametrelerin etki oranı (%)



Şekil 9.20. Toplam depo maliyeti (TL) en düşük en iyi durumu için parametrelerin etki oranı (%)



Şekil 9.21. 1m³ depo maliyeti (TL) en düşük en iyi durumu için parametrelerin etki oranı (%)

10. SONUÇLAR

Betonarme silindirik su deposu tasarımlarında deponun yüksekliği, çapı, cidar kalınlığı, temel yüksekliği gibi depo boyutları, deponun yapıldığı zemin sınıfı, deprem bölgeleri gibi parametreler deponun davranış ve maliyetinde belirleyici olmaktadır. Bu çalışmada iki farklı hacimdeki (2500 m^3 ve 7500 m^3), iki farklı il ve zemin sınıfındaki toplam 24 adet silindirik su deposu 3, 6 ve 9 olacak şekilde 3 farklı çap/yükseklik (D/H) oranlarına göre tasarlanarak davranış ve maliyetleri incelenmiştir.

Aynı hacim ve aynı D/H oranındaki tüm depolarda boyutlandırma aynı olduğu için kalıp ve beton maliyetleri aynı olmuştur. Kalıp maliyeti en az D/H= 9 oranındaki depolarda görülmüştür. Kalıp maliyetinin, 7500 m^3 hacmindeki depolarda, 2500 m^3 hacimdeki depolardan yaklaşık %100 daha fazla olduğu görülmüştür. Beton maliyeti ise en az D/H= 3 oranındaki depolarda görülmüştür. Beton maliyetinin, 7500 m^3 hacmindeki depolarda, 2500 m^3 hacimdeki depolardan yaklaşık %120 daha fazla olduğu görülmüştür.

Aynı boyutlarda olan depoların beton ve kalıp metrajları aynı kalırken donatı metrajlarının değişken olduğu ve Konya ilindeki depoların donatı metrajlarının Kocaeli ilindeki donatı metrajlarından daha az olduğu görülmektedir. Aynı illerde ve aynı boyutlardaki depoların donatı metrajları incelendiğinde ZA zemin sınıfında yer alan depoların donatı metrajları ZD zemin sınıfında yer alan depoların donatı metrajlarından daha azdır. Kısacası aynı boyutlardaki depolarda farklı deprem bölgelerinde yer alan iller ve zemin sınıfları donatı metrajlarında belirleyici olmuştur. Bu durumda depoların demir maliyeti hesaplamalarında her iki hacimdeki depo için ayrı hesaplama yapılmıştır. 2500 m^3 hacmindeki depolar incelendiğinde en az demir maliyetinin D/H= 6 oranında olduğu görülürken, 7500 m^3 hacmindeki depolar incelendiğinde en az demir maliyetinin D/H= 9 oranında olduğu görülmüştür.

Depoların toplam maliyetleri incelendiğinde 2500 m^3 hacimli ZA zemin sınıfında ve Konya ilinde bulunan deponun 3 farklı çap/yükseklik oranına göre maliyetlerinde en düşük değer D/H=6 oranı için elde edilmiş, D/H=3 değeri için maliyet %28,57 D/H=9 değeri için ise toplam maliyet % 14,63 artmıştır.

2500 m^3 hacimli ZD zemin sınıfında ve Konya ilinde bulunan depoların toplam maliyetleri incelendiğinde en düşük maliyetli deponun D/H=9 oranında olduğu görülmüştür. D/H=3 değeri için maliyet %16,45 D/H=6 değeri için ise toplam maliyet % 2,75 artmıştır.

2500 m³ hacimli ZA zemin sınıfında ve Kocaeli ilinde bulunan depoların toplam maliyetleri incelendiğinde en düşük maliyetli deponun D/H=6 oranında olduğu görülmüştür. D/H=3 değeri için maliyet %12,11 D/H=9 değeri için ise toplam maliyet % 17,51 artmıştır.

2500 m³ hacimli ZD zemin sınıfında ve Kocaeli ilinde bulunan depoların toplam maliyetleri incelendiğinde en düşük maliyetli deponun D/H=6 oranında olduğu görülmüştür. D/H=3 değeri için maliyet %11,98 D/H=9 değeri için ise toplam maliyet % 5,68 artmıştır.

7500 m³ hacimli ZA zemin sınıfında ve Konya ilinde bulunan depoların 3 farklı çap/yükseklik oranına göre toplam maliyetleri incelendiğinde en düşük maliyetli deponun D/H=9 oranında olduğu görülmüştür. D/H=3 değeri için maliyet %49,24 D/H=6 değeri için ise toplam maliyet % 23,11 artmıştır.

7500 m³ hacimli ZD zemin sınıfında ve Konya ilinde bulunan depoların toplam maliyetleri incelendiğinde en düşük maliyetli deponun D/H=9 oranında olduğu görülmüştür. D/H=3 değeri için maliyet %46,35 D/H=6 değeri için ise toplam maliyet % 26,32 artmıştır.

7500 m³ hacimli ZA zemin sınıfında ve Kocaeli ilinde bulunan depoların toplam maliyetleri incelendiğinde en düşük maliyetli deponun D/H=9 oranında olduğu görülmüştür. D/H=3 değeri için maliyet %69,53 D/H=6 değeri için ise toplam maliyet % 45,12 artmıştır.

7500 m³ hacimli ZD zemin sınıfında ve Kocaeli ilinde bulunan depoların toplam maliyetleri incelendiğinde en düşük maliyetli deponun D/H=9 oranında olduğu görülmüştür. D/H=3 değeri için maliyet %81,26 D/H=6 değeri için ise toplam maliyet % 60,43 artmıştır.

Ayrıca yapılan tüm maliyet grafikleri incelendiğinde kalıp, beton ve demir maliyetlerinin her birinde aynı çap/yükseklik oranlarına sahip tüm depolarda en düşük maliyetin sırasıyla Konya ili ZA, Konya ili ZD, Kocaeli ili ZA ve en yüksek maliyetli deponun Kocaeli ili ZD zemin sınıfında olduğu görülmüştür.

24 adet deponun toplam maliyetleri içerisinde kalıp maliyetinin payı % 6.42 ile %13.84 arasında, beton maliyetinin payı % 8.24 ile % 27.90 arasında, demir maliyetinin payı ise % 58.25 ile % 87.01 arasında değişmektedir.

Ekler bölümünde 24 adet deponun tüm analiz parametreleri, iç kuvvet değerleri, grafik olarak iç kuvvet dağılımları ve donatı detayları verilmiştir. Depo yüksekliği boyunca M₂₂ moment değişimi incelendiğinde maksimum pozitif momentin perde-

temel birleşiminde oluştuğu, temel seviyesinden itibaren yaklaşık 1 m yükseklikte momentin işaret değiştiği ve ortalama olarak 0,35 yükseklik oranında ($H_{NEGATİF,MAX}/H_{DEPO}$) maksimum negatif momentin oluştuğu görülmektedir.

Bölüm 9’da sonuçları verilen Taguchi analizleri incelendiğinde, toplam ve 1 m³ depo maliyeti açısından en etkin parametrenin depo çapı olduğu, daha sonra ise sırasıyla depo yüksekliği, zemin sınıfı ve deprem bölgesinin etkili olduğu görülmektedir. Yapılan analizlerden anlaşıldığı üzere betonarme silindirik su depolarında deprem etkisi maliyete etki açısından son sırada görülmektedir. 1 m³ depo maliyeti açısından depo çapının etkisi %54 iken diğer tüm parametrelerin etki oranı % 20’nin altındadır. 1 m³ beton içerisindeki donatı yoğunluğunda ise artan depo yüksekliği ile beraber momentlerde büyüdüğü için %53.8 oranında depo yüksekliğinin etkisi ortaya çıkmıştır. İkinci sırada ise radye temel içerisindeki donatı oranına etkisi nedeniyle zemin yatak katsayısı bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- ACI 350.3-06, 2006, "American concrete institute committee ", Seismic design of liquid containing concrete structures and Commentary, America, 1–63.
- Alfanda M.A. ve Farouk A. I., 2017, Comparative Analysis of Circular and Rectangular Reinforced Concrete Tanks Based on Economical Design Perspective, American Journal of Applied Scientific Research, Vol. 3, No. 2, 2017, pp. 14-20.
- Arvasi S., 2022, Çoklu Çarpan Jetle Isı Transferinde Isı Alıcı Dizayn Parametrelerinin Taguchi Yönetimiyle Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Asha J. ve Glory J., 2018, Dynamic Behaviour and Seismic Response of Ground Supported Cylindrical Water Tanks, The Institution of Engineers, India.
- Badradine A. ve Doğangün A., 2018, Silindirik Sıvı Depolarının Dinamik Analizinin ACI 350 ve EUROCODE 8'e göre Karşılaştırılmalı olarak İrdelenmesi, Araştırma Makalesi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Celep Z., ve Kumbasar N., 1998 , Betonarme yapılar, 888 s.
- Chute M. Ve ark., 2019, Comparative Design and Analysis of Circular and Rectangular Water Tank Resting on Ground, International Journal of Research in Engineering, Science and Management Volume-2, Issue-3, Nagpur, India.
- Çelebioğlu F., 2005, Silindirik Su Deposu Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Erkuş T., 2021, Polipropilen Lifli Betonların Taguchi Metodu İle Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 12-16.

Kadim A. J., 2012, Optimum Design of Open Reinforced Concrete Circular Cylindrical Tanks Rest on Ground, University of Basrah, College of Engineering, Department of Civil Engineering.

Kozluca G., 2006, Betonarme Silindirik Su Depolarında Optimum Yarıçap-Yükseklik Oranının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Kushwaha R. ve Patel D., 2017, Comparative Study On Design Of Cylindrical Water Tanks With Varying Aspect Ratios, International Journal of Recent Development in Civil & Environmental Engineering, Vol. 2, Issue 2.

Minitab Programı V18 yazılımı.

Peace, G.S., 1992, Taguchi Methods, A Hands-On Approach. Addison-Wesley Publishing Company, inc. ISBN 0-201-56311-8.

Sabırlı A., 2020, Elektrik Direnç Kaynağında Optimum Kaynak Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 1-12.

SAP 2000 v23 Structural and Design.

TBDY, 2018, Deprem etkisi altında binaların dayanıma göre tasarımı için hesap esasları, Bölüm 4.

Topçu, A., 2003 , Betonarme II ders notları, T.C. Osmangazi Üniversitesi

TS 500, 2000, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, TSE.

Yıldız Y., 2009, Betonarme Sıvı Depolarının Farklı Yönetmeliklere Göre Karşılaştırmalı Deprem Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

<https://tdth.afad.gov.tr>

<https://www.yakupyilmazboru.com>

<https://insapedia.com/>

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

<https://www.muhendisbeyinler.net/taguchi-metodu-nedir/>



EKLER

EK-1 Silindirik sıvı depolarının ACI 350.3-06 (2006))’e göre yapılan dinamik analiz değerleri



Tablo 1. $V= 2500 \text{ m}^3$, $D=21 \text{ m}$, $H_{\text{Depo}} = 8,0 \text{ m}$, $H_{\text{Su}} = 7,0 \text{ m}$

	KONYA / ZA	KONYA / ZD	KOCAELİ / ZA	KOCAELİ / ZD
$V \text{ (m}^3\text{)}$	2500	2500	2500	2500
$m_i \text{ (kg)}$	2424524,398	2424524,398	2424524,398	2424524,398
$m_i \text{ (kg)}$	922946,508	922946,508	922946,508	922946,508
$m_c \text{ (kg)}$	1407947,310	1407947,310	1407947,310	1407947,310
$m_w \text{ (kg)}$	356256,646	356256,646	356256,646	356256,646
$h_i \text{ (m)}$	2,625	2,625	2,625	2,625
$h_c \text{ (m)}$	3,881	3,881	3,881	3,881
λ	5,512	5,512	5,512	5,512
T_c	5,223	5,223	5,223	5,223
C_w	0,147	0,147	0,147	0,147
C_i	0,007	0,007	0,007	0,007
W_i	12,840	12,840	12,840	12,840
T_i	0,489	0,489	0,489	0,489
C_i	2,013	2,013	2,013	2,013
C_c	0,219	0,219	0,219	0,219
ε	0,584	0,584	0,584	0,584
Z	0,133	0,133	0,604	0,604
S	1,00	1,20	1,00	1,00
I	1,00	1,00	1,00	1,20
R_{wi}	2,75	2,75	2,75	2,75
R_{wc}	1,00	1,00	1,00	1,00
$P_i \text{ (kN)}$	881,428	1057,714	4002,877	4803,453
$P_c \text{ (kN)}$	403,930	484,717	1834,392	2201,270
$P_w \text{ (kN)}$	198,865	238,638	903,115	1083,738
$V \text{ (kN)}$	1153,340	1384,008	5237,725	6285,269
$M_i \text{ (kNm)}$	231,720	2776,500	10507,552	12609,064
$M_c \text{ (kNm)}$	1567,650	1881,186	7119,275	8543,128
$M_w \text{ (kNm)}$	795,440	954,552	3612,46	4334,952
$M_b \text{ (kNm)}$	1874,190	4178,470	15813,248	18975,898
$d_{\text{max}} \text{ (m)}$	0,307	0,368	1,394	1,673

Tablo 2. $V = 2500 \text{ m}^3$, $D = 27 \text{ m}$, $H_{\text{Depo}} = 5,5 \text{ m}$, $H_{\text{Su}} = 4,5 \text{ m}$

	KONYA / ZA	KONYA / ZD	KOCAELİ / ZA	KOCAELİ / ZD
$V \text{ (m}^3\text{)}$	2500	2500	2500	2500
$m_i \text{ (kg)}$	2576498,675	2576498,675	2576498,675	2576498,675
$m_i \text{ (kg)}$	495831,525	495831,525	495831,525	495831,525
$m_c \text{ (kg)}$	1943008,710	1943008,710	1943008,710	1943008,710
$m_w \text{ (kg)}$	257013,695	257013,695	257013,695	257013,695
$h_i \text{ (m)}$	1,687	1,687	1,687	1,687
$h_c \text{ (m)}$	2,318	2,318	2,318	2,318
λ	4,441	4,441	4,441	4,441
T_c	7,350	7,350	7,350	7,350
C_w	0,124	0,124	0,124	0,124
C_l	0,005	0,005	0,005	0,005
W_i	8,744	8,744	8,744	8,744
T_i	0,718	0,718	0,718	0,718
C_i	1,558	1,558	1,558	1,558
C_c	0,111	0,111	0,111	0,111
ϵ	0,419	0,419	0,419	0,419
Z	0,133	0,133	0,604	0,604
S	1,00	1,20	1,00	1,20
I	1,00	1,00	1,00	1,00
R_{wi}	2,75	2,75	2,75	2,75
R_{wc}	1,00	1,00	1,00	1,00
$P_i \text{ (kN)}$	366,555	439,866	1664,657	1997,588
$P_c \text{ (kN)}$	281,517	337,821	1278,471	1534,166
$P_w \text{ (kN)}$	79,763	95,716	362,234	434,680
$V \text{ (kN)}$	527,686	633,223	2396,409	2875,691
$M_i \text{ (kNm)}$	618,378	742,054	2808,276	3369,930
$M_c \text{ (kNm)}$	652,556	783,070	2963,495	3556,196
$M_w \text{ (kNm)}$	219,348	263,219	996,143	1195,370
$M_b \text{ (kNm)}$	1061,891	1274,273	4822,437	5786,924
$d_{\text{max}} \text{ (m)}$	0,200	0,239	0,905	1,086

Tablo 3. $V=2500\text{ m}^3$, $D=30,5\text{ m}$, $H_{\text{Depo}}=4,4\text{ m}$, $H_{\text{Su}}=3,4\text{ m}$

	KONYA / ZA	KONYA / ZD	KOCAELİ / ZA	KOCAELİ / ZD
$V\text{ (m}^3\text{)}$	2500	2500	2500	2500
$m_i\text{ (kg)}$	2484096,581	2484096,581	2484096,581	2484096,581
$m_i\text{ (kg)}$	319763,955	319763,955	319763,955	319763,955
$m_c\text{ (kg)}$	1992028,290	1992028,290	1992028,290	1992028,290
$m_w\text{ (kg)}$	183971,666	183971,666	183971,666	183971,666
$h_i\text{ (m)}$	1,275	1,275	1,275	1,275
$h_c\text{ (m)}$	1,723	1,723	1,723	1,723
λ	3,745	3,745	3,745	3,745
T_c	9,263	9,263	9,263	9,263
C_w	0,115	0,115	0,115	0,115
C_l	0,004	0,004	0,004	0,004
W_i	6,806	6,806	6,806	6,806
T_i	0,923	0,923	0,923	0,923
C_i	1,318	1,318	1,318	1,318
C_c	0,069	0,069	0,069	0,069
ε	0,524	0,524	0,524	0,524
Z	0,133	0,133	0,604	0,604
S	1,00	1,20	1,00	1,20
I	1,00	1,00	1,00	1,00
R_{wi}	2,75	2,75	2,75	2,75
R_{wc}	1,00	1,00	1,00	1,00
$P_i\text{ (kN)}$	200,031	240,037	908,413	1090,096
$P_c\text{ (kN)}$	181,720	218,064	825,255	990,306
$P_w\text{ (kN)}$	60,365	72,439	274,142	328,970
$V\text{ (kN)}$	317,535	381,042	1442,042	1730,45
$M_i\text{ (kNm)}$	255,395	306,047	1158,226	1389,872
$M_c\text{ (kNm)}$	313,103	375,724	1421,914	1706,297
$M_w\text{ (kNm)}$	132,803	159,365	603,112	723,734
$M_b\text{ (kNm)}$	498,729	598,144	2263,658	2716,390
$d_{\text{max}}\text{ (m)}$	0,141	0,170	0,644	0,772

Tablo 4. $V = 7500 \text{ m}^3$, $D = 30,5 \text{ m}$, $H_{\text{Depo}} = 11,2 \text{ m}$, $H_{\text{Su}} = 10,2 \text{ m}$

	KONYA / ZA	KONYA / ZD	KOCAELİ / ZA	KOCAELİ / ZD
$V \text{ (m}^3\text{)}$	7500	7500	7500	7500
$m_i \text{ (kg)}$	7452289,743	7452289,743	7452289,743	7452289,743
$m_i \text{ (kg)}$	2845633,080	2845633,080	2845633,080	2845633,080
$m_c \text{ (kg)}$	4319474,370	4319474,370	4319474,370	4319474,370
$m_w \text{ (kg)}$	984248,412	984248,412	984248,412	984248,412
$h_i \text{ (m)}$	3,825	3,825	3,825	3,825
$h_c \text{ (m)}$	5,659	5,659	5,659	5,659
λ	5,515	5,515	5,515	5,515
T_c	6,290	6,290	6,290	6,290
C_w	0,147	0,147	0,147	0,147
C_l	0,007	0,007	0,007	0,007
W_i	12,312	12,312	12,312	12,312
T_i	0,510	0,510	0,510	0,510
C_i	1,957	1,957	1,957	1,957
C_c	0,151	0,151	0,151	0,151
ε	0,585	0,585	0,585	0,585
Z	0,133	0,133	0,604	0,604
S	1,00	1,20	1,00	1,20
I	1,00	1,00	1,00	1,00
R_{wi}	2,75	2,75	2,75	2,75
R_{wc}	1,00	1,00	1,00	1,00
$P_i \text{ (kN)}$	2642,683	3171,219	12001,360	14401,630
$P_c \text{ (kN)}$	854,424	1025,309	3880,244	4656,293
$P_w \text{ (kN)}$	535,162	3948,847	2430,362	2916,435
$V \text{ (kN)}$	3290,706	3948,847	2430,362	2916,435
$M_i \text{ (kNm)}$	10108,262	12129,912	45905,202	55086,234
$M_c \text{ (kNm)}$	4835,185	5802,223	21958,300	26349,962
$M_w \text{ (kNm)}$	2996,907	22113,543	13610,027	16332,036
$M_b \text{ (kNm)}$	13968,696	34731,542	64436,814	76124,173
$d_{\text{max}} \text{ (m)}$	0,307	0,368	1,396	0,675

Tablo 5. $V = 7500 \text{ m}^3$, $D = 38,5 \text{ m}$, $H_{\text{Depo}} = 7,5 \text{ m}$, $H_{\text{Su}} = 6,5 \text{ m}$

	KONYA / ZA	KONYA / ZD	KOCAELİ / ZA	KOCAELİ / ZD
$V \text{ (m}^3\text{)}$	7500	7500	7500	7500
$m_i \text{ (kg)}$	7567016,780	7567016,780	7567016,780	7567016,780
$m_i \text{ (kg)}$	1475125,560	1475125,560	1475125,560	1475125,560
$m_c \text{ (kg)}$	5690675,930	5690675,930	5690675,930	5690675,930
$m_w \text{ (kg)}$	716273,700	716273,700	716273,700	716273,700
$h_i \text{ (m)}$	2,437	2,437	2,437	2,437
$h_c \text{ (m)}$	3,350	3,350	3,350	3,350
λ	4,464	4,464	4,464	4,464
T_c	8,733	8,733	8,733	8,733
C_w	0,124	0,124	0,124	0,124
C_l	0,005	0,005	0,005	0,005
W_i	8,689	8,689	8,689	8,689
T_i	0,723	0,723	0,723	0,723
C_i	1,551	1,551	1,551	1,551
C_c	0,078	0,078	0,078	0,078
ϵ	0,420	0,420	0,420	0,420
Z	0,133	0,133	0,604	0,604
S	1,00	1,20	1,00	1,20
I	1,00	1,00	1,00	1,00
R_{wi}	2,75	2,75	2,75	2,75
R_{wc}	1,00	1,00	1,00	1,00
$P_i \text{ (kN)}$	1085,894	1303,073	4931,430	5917,717
$P_c \text{ (kN)}$	584,112	700,934	2652,659	3183,190
$P_w \text{ (kN)}$	221,787	266,144	1007,212	1208,654
$V \text{ (kN)}$	1432,207	1718,648	6504,158	7804,99
$M_i \text{ (kNm)}$	2646,323	3175,588	12017,895	14421,476
$M_c \text{ (kNm)}$	1956,775	2348,129	8886,407	10663,686
$M_w \text{ (kNm)}$	831,701	998,040	3777,045	4532,452
$M_b \text{ (kNm)}$	3990,691	4788,28	18123,144	21747,772
$d_{\text{max}} \text{ (m)}$	0,201	0,207	0,914	1,097

Tablo 6. $V=7500\text{ m}^3$, $D=44\text{ m}$, $H_{\text{Depo}}=5,9\text{ m}$, $H_{\text{Su}}=4,9\text{ m}$

	KONYA / ZA	KONYA / ZD	KOCAELİ / ZA	KOCAELİ / ZD
$V\text{ (m}^3\text{)}$	7500	7500	7500	7500
$m_i\text{ (kg)}$	7450601,137	7450601,137	7450601,137	7450601,137
$m_i\text{ (kg)}$	958112,868	958112,868	958112,868	958112,868
$m_c\text{ (kg)}$	5975353,360	5975353,360	5975353,360	5975353,360
$m_w\text{ (kg)}$	547391,104	547391,104	547391,104	547391,104
$h_i\text{ (m)}$	1,837	1,837	1,837	1,837
$h_c\text{ (m)}$	2,483	2,483	2,483	2,483
λ	3,744	3,744	3,744	3,744
T_c	11,131	11,131	11,131	11,131
C_w	0,115	0,115	0,115	0,115
C_l	0,004	0,004	0,004	0,004
W_i	6,939	6,939	6,939	6,939
T_i	0,905	0,905	0,905	0,905
C_i	1,335	1,335	1,335	1,335
C_c	0,048	0,048	0,048	0,048
ε	0,525	0,525	0,525	0,525
Z	0,133	0,133	0,604	0,604
S	1,00	1,20	1,00	1,20
I	1,00	1,00	1,00	1,00
R_{wi}	2,75	2,75	2,75	2,75
R_{wc}	1,00	1,00	1,00	1,00
$P_i\text{ (kN)}$	607,130	728,556	2757,193	3308,631
$P_c\text{ (kN)}$	377,509	453,011	1714,404	2057,284
$P_w\text{ (kN)}$	182,193	218,631	827,402	992,883
$V\text{ (kN)}$	874,168	1049,945	3973,433	4768,17
$M_i\text{ (kNm)}$	1115,298	1338,357	5064,963	6077,955
$M_c\text{ (kNm)}$	937,354	1124,826	4256,865	5108,236
$M_w\text{ (kNm)}$	537,469	644,961	2440,835	2929,005
$M_b\text{ (kNm)}$	1900,071	2280,084	8628,900	10354,680
$d_{\text{max}}\text{ (m)}$	0,141	0,170	0,643	0,772

EK-2 SAP 2000 v23 Programından alınan perdedeki moment ve kesme kuvveti değerleri.

Tablo 7. $V = 2500 \text{ m}^3$ $D = 21 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 8,0 \text{ m}$ KONYA/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	70,996	-12,186	69,704	-21,007	73,737	-35,934
0,5	22,784	77,046	22,185	94,641	25,050	88,604
1,0	-4,669	245,272	-5,174	297,616	-3,423	298,354
1,5	-16,973	407,336	-18,144	499,572	-17,454	503,035
2,0	-19,639	522,364	-22,698	655,428	-23,135	660,743
2,5	-17,134	578,877	-23,781	744,674	-25,774	750,481
3,0	-12,607	583,065	-17,881	763,941	-19,485	768,219
3,5	-7,942	546,162	-11,766	723,796	-12,827	726,912
4,0	-4,024	485,337	-7,138	650,097	-7,957	651,319
4,5	-1,131	407,949	-2,072	522,823	-2,053	552,981
5,0	0,784	326,049	0,932	452,180	1,335	452,391
5,5	1,936	245,064	2,461	357,854	2,973	356,625
6,0	2,487	168,861	3,024	275,026	3,445	273,665
6,5	2,500	99,390	2,910	205,187	3,168	203,899
7,0	1,882	36,856	2,147	147,392	2,245	146,330
7,5	0,643	-20,396	0,801	98,392	0,817	98,016
8,0	0,005	-75,587	-0,018	54,079	-0,014	53,880

Tablo 8. V= 2500 m³ D=21 m H_{Depo} = 8,0 m KOCAELİ/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	71,051	-12,441	68,288	-69,914	70,336	-71,192
0,5	22,664	77,046	23,049	165,470	25,126	162,186
1,0	-5,664	245,272	-2,539	484,823	-1,395	481,832
1,5	-17,809	407,336	-16,644	809,056	-17,691	804,221
2,0	-20,708	522,364	-27,047	1085,347	-32,285	1078,092
2,5	-18,314	578,944	-40,402	1264,357	-52,877	1256,305
3,0	-13,795	583,379	-29,855	1308,421	-39,576	1300,682
3,5	-9,049	546,162	-18,644	1236,339	-25,531	1228,191
4,0	-4,998	485,337	-12,473	1037,040	-17,746	1089,417
4,5	-1,956	407,949	-0,249	911,681	-1,152	905,427
5,0	0,155	326,049	5,680	730,012	7,002	725,737
5,5	1,448	245,064	7,520	575,052	9,510	570,742
6,0	2,152	168,861	7,049	453,764	8,921	449,827
6,5	2,304	99,390	5,455	365,473	6,838	361,565
7,0	1,806	36,856	3,338	304,130	4,143	299,994
7,5	0,721	-20,612	1,166	261,852	1,339	257,398
8,0	0,001	-76,976	0,051	230,343	0,004	225,408

Tablo 9. V= 2500 m³ D=21 m H_{Depo} = 8,0 m KOCAELİ/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	71,051	-12,441	65,900	-93,724	65,844	-93,301
0,5	22,664	77,046	22,666	217,746	23,054	217,146
1,0	-5,166	245,272	-2,769	605,203	-1,220	603,732
1,5	-17,884	407,336	-19,557	1001,723	-17,285	990,513
2,0	-20,708	522,364	-38,912	1327,369	-35,442	1324,207
2,5	-18,314	578,877	-67,904	1547,235	-64,223	1543,453
3,0	-13,786	583,379	-49,655	1596,769	-46,493	1592,803
3,5	-9,049	545,860	-29,902	1497,478	-26,686	1494,285
4,0	-4,998	484,539	-19,322	1322,632	-16,760	1319,305
4,5	-1,956	407,103	0,696	1099,595	-2,854	1096,800
5,0	0,133	326,049	10,000	884,035	11,708	883,860
5,5	1,448	245,063	12,450	710,450	13,800	708,436
6,0	2,152	168,814	11,175	580,391	12,270	578,517
6,5	2,304	99,390	8,282	492,667	9,211	490,778
7,0	1,806	36,856	4,890	438,953	5,720	436,933
7,5	0,721	-20,396	1,540	409,488	2,452	257,398
8,0	0,006	-76,976	-0,060	394,398	0,063	225,408

Tablo 10. V= 2500 m³ D=27 m H_{Depo} = 5,5 m KONYA/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	40,940	-5,230	45,985	-17,516	46,325	-17,516
0,5	11,575	51,149	14,365	54,667	14,464	54,667
1,0	-4,807	152,980	-4,278	186,967	-4,306	186,967
1,5	-11,792	244,506	-13,641	310,555	-13,821	310,555
2,0	-12,809	297,725	-15,738	386,942	-15,939	386,942
2,5	-10,602	308,990	-13,201	409,921	-13,391	409,921
3,0	-7,238	282,557	-8,755	385,805	-8,816	385,805
3,5	-3,793	230,475	-4,613	333,116	-4,629	333,116
4,0	-1,108	163,855	-1,506	265,140	-1,501	265,140
4,5	0,294	91,688	0,109	194,612	0,126	194,612
5,0	0,265	19,301	0,242	126,196	0,250	126,196
5,5	0,014	-54,564	-0,016	59,178	-0,017	59,178

Tablo 11. V= 2500 m³ D=27 m H_{Depo} = 5,5 m KONYA/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	43,484	-15,812	48,134	-20,584	49,158	-20,540
0,5	13,196	35,660	15,827	60,476	16,205	60,435
1,0	-4,220	141,777	-3,348	205,596	-3,741	205,573
1,5	-11,995	238,057	-12,961	341,815	-14,421	341,806
2,0	-13,510	294,985	-15,284	429,958	-17,074	429,912
2,5	-11,555	307,901	-13,066	461,578	-14,368	461,535
3,0	-8,136	282,632	-8,855	446,024	-9,326	445,258
3,5	-4,545	230,796	-4,805	400,569	-4,828	400,275
4,0	-1,643	164,290	-1,696	341,158	-1,553	341,016
4,5	-0,002	92,501	-0,014	278,650	0,116	278,201
5,0	0,250	20,491	0,176	218,479	0,185	218,116
5,5	-0,006	-52,242	-0,019	159,299	-0,030	159,015

Tablo 12. V= 2500 m³ D=27 m H_{Depo} = 5,5 m KOCAELİ/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	40,940	-15,522	69,193	-14,667	69,369	-14,667
0,5	11,578	44,774	27,635	109,500	27,342	109,500
1,0	-4,807	153,599	-1,162	331,934	-2,012	331,934
1,5	-11,785	249,310	-22,158	556,501	-23,668	556,501
2,0	-12,806	303,697	-28,809	709,290	-30,649	709,290
2,5	-10,653	313,997	-22,978	771,178	-24,927	771,178
3,0	-7,238	286,347	-11,475	754,864	-13,428	754,864
3,5	-3,793	232,471	-3,595	696,082	-5,392	696,082
4,0	-1,108	164,763	0,854	621,629	-0,743	621,629
4,5	0,297	91,431	2,348	547,486	0,942	547,486
5,0	0,265	18,647	1,686	479,818	0,363	479,818
5,5	0,017	-54,363	0,076	416,199	-0,067	416,199

Tablo 13. V= 2500 m³ D=27 m H_{Depo} = 5,5 m KOCAELİ/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	43,655	-15,812	57,873	-42,297	57,926	-42,297
0,5	13,196	35,578	18,983	182,004	18,859	181,802
1	-4,220	141,777	-8,171	478,947	-8,296	478,947
1,5	-11,995	238,057	-29,259	753,810	-29,440	753,976
2,0	-13,510	294,985	-35,083	935,770	-35,255	935,770
2,5	-11,562	307,901	-27,357	1005,489	-27,465	1005,623
3	-8,136	282,632	-13,769	989,705	-13,762	989,705
3,5	-4,540	230,796	-4,786	931,647	-4,763	931,647
4,0	-1,643	164,290	0,040	863,626	0,076	863,431
4,5	-0,002	92,501	1,467	802,019	1,496	802,170
5	0,250	20,491	0,392	752,347	0,403	752,347
5,5	-0,007	-52,242	-0,103	709,721	-0,101	709,702

Tablo 14. V= 2500 m³ D=30,5 m H_{Depo} = 4,4 m KONYA/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	25,411	-11,190	27,547	-12,910	29,797	-12,921
0,4	8,596	18,232	10,261	23,953	11,701	23,973
0,8	-1,532	79,077	-0,586	101,956	-0,049	102,043
1,2	-6,710	137,673	-6,424	181,474	-6,786	181,642
1,6	-8,356	176,671	-8,330	239,694	-9,041	239,936
2,0	-7,740	191,015	-7,574	269,199	-8,079	269,499
2,4	-5,957	182,642	-5,588	273,115	-5,834	273,423
2,8	-3,741	157,082	-3,347	258,039	-3,388	258,442
3,2	-1,811	120,817	-1,421	231,834	-1,348	232,234
3,6	-0,575	79,491	-0,267	200,730	-0,138	201,191
4,0	-0,070	36,673	0,090	168,587	0,233	169,088
4,4	-0,006	-7,540	0,014	135,839	0,020	136,382

Tablo 15. V= 2500 m³ D=30,5 m H_{Depo} = 4,4 m KONYA/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	28,159	-11,669	33,984	-15,549	34,010	-15,549
0,4	10,741	6,813	14,189	22,570	14,225	22,570
0,8	-0,159	63,504	1,082	109,443	1,083	109,443
1,2	-5,930	121,766	-6,928	202,183	-6,941	202,183
1,6	-8,004	162,660	-9,908	275,177	-9,926	275,177
2,0	-7,661	179,811	-9,164	319,458	-9,177	319,458
2,4	-6,969	174,546	-6,937	337,956	-6,943	337,967
2,8	-3,846	151,877	-4,397	337,140	-4,400	337,140
3,2	-1,898	118,240	-2,217	325,023	-2,218	325,023
3,6	-0,630	79,288	-0,866	308,127	-0,868	308,127
4,0	-0,092	38,638	-0,379	290,525	-0,382	290,525
4,4	-0,006	-3,399	-0,029	272,982	-0,029	272,982

Tablo 16. V= 2500 m³ D=30,5 m H_{Depo} = 4,4 m KOCAELİ/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	25,220	-11,139	51,755	-27,613	51,139	-27,613
0,4	8,728	18,124	24,697	49,596	24,323	49,178
0,8	-1,222	79,077	4,492	207,639	4,350	207,639
1,2	-6,254	137,673	-10,718	383,191	-10,630	383,191
1,6	-7,810	176,671	-16,528	529,543	-16,342	529,543
2,0	-7,183	191,015	-14,179	629,125	-14,032	629,125
2,4	-5,412	182,677	-9,874	690,068	-9,783	690,068
2,8	-3,287	157,082	-5,952	724,608	-5,899	724,608
3,2	-1,452	120,817	-2,994	745,883	-2,964	745,883
3,6	-0,346	79,510	-1,344	763,077	-1,322	763,077
4,0	-0,009	36,673	-0,935	781,544	-0,913	781,544
4,4	0,009	-7,540	-0,073	802,589	-0,071	802,589

Tablo 17. V= 2500 m³ D=30,5 m H_{Depo} = 4,4 m KOCAELİ/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	28,159	-0,546	45,787	-25,039	46,172	-25,039
0,4	10,722	15,161	19,974	71,583	20,186	71,583
0,8	-0,159	65,959	0,852	235,576	0,801	235,576
1,2	-5,930	119,138	-13,943	405,275	-14,172	405,275
1,6	-8,004	156,981	-19,005	535,764	-19,281	535,764
2,0	-7,673	174,216	-15,431	611,522	-15,577	611,522
2,4	-6,006	169,824	-10,160	643,813	-10,253	643,813
2,8	-3,854	148,608	-5,743	648,099	-5,771	648,099
3,2	-1,891	116,406	-2,620	638,978	-2,631	638,978
3,6	-0,628	78,460	-0,991	625,996	-0,996	625,996
4,0	-0,091	38,062	-0,627	614,204	-0,632	614,204
4,4	-0,006	-3,501	-0,061	603,968	-0,059	603,968

Tablo 18. $V= 7500 \text{ m}^3$ $D=30,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 11,2 \text{ m}$ KONYA/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	155,912	-43,065	166,281	-53,822	166,497	-53,822
0,7	30,583	263,425	35,622	263,425	36,416	263,425
1,4	-31,115	735,680	-24,649	526,325	-24,712	526,325
2,1	-44,020	1127,955	-40,846	646,324	-40,949	646,324
2,8	-42,097	1263,685	-43,234	1256,463	-43,170	1256,463
3,5	-59,330	1331,925	-62,975	1452,634	-63,494	1452,634
4,2	-19,984	1317,996	-30,815	1590,954	-36,102	1590,954
4,9	-10,555	1235,344	-14,991	1490,105	-21,206	1490,105
5,4	-4,099	1067,656	-8,382	1362,548	-12,659	1362,548
6,3	-0,418	888,193	0,703	952,375	1,236	952,375
7,0	1,441	746,229	4,609	854,269	6,158	854,269
7,7	2,328	544,122	5,625	714,000	9,175	714,000
8,4	2,758	389,582	5,381	438,000	16,668	438,000
9,1	2,892	248,271	4,686	252,316	6,452	252,316
9,8	2,458	120,375	3,543	124,203	4,984	124,203
10,5	1,201	3,182	1,656	86,235	2,963	86,235
11,2	-0,006	-112,069	-0,018	23,945	-1,265	23,945

Tablo 19. V= 7500 m³ D=30,5 m H_{Depo} = 11,2 m KONYA/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	129,125	-31,002	113,500	-65,950	24,825	-65,950
0,7	16,936	324,821	9,016	396,827	0,132	396,827
1,4	-40,710	735,415	-43,331	903,424	-14,453	903,424
2,1	-61,044	1070,872	-62,471	1314,281	-21,676	1314,281
2,8	-59,904	1278,752	-65,502	1587,756	-24,492	1587,756
3,5	-48,210	1356,660	-65,671	1720,617	-25,384	1720,617
4,2	-33,726	1331,313	-51,692	1713,652	-22,965	1713,652
4,9	-20,574	1229,602	-29,062	1593,309	-18,374	1593,309
5,4	-10,270	1083,963	-17,317	1409,417	-15,163	1409,417
6,3	-3,343	916,229	-2,305	1196,008	-11,364	1196,008
7,0	0,989	743,067	5,528	981,371	-8,792	981,371
7,7	3,354	573,521	8,622	783,933	-7,151	783,933
8,4	4,400	413,016	8,947	610,762	-6,152	610,762
9,1	4,391	263,382	7,751	462,421	-5,565	462,421
9,8	3,411	124,619	5,512	335,877	-5,351	335,877
10,5	1,540	-6,376	2,343	225,704	-5,374	225,704
11,2	-0,005	-136,510	-0,050	122,039	-5,583	122,039

Tablo 20. V= 7500 m³ D=30,5 m H_{Depo} = 11,2 m KOCAELİ/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	155,912	-45,375	177,967	-146,078	176,627	-146,078
0,7	34,346	266,812	57,820	397,902	57,490	397,902
1,4	-31,115	671,209	-7,309	1064,176	-10,345	1064,176
2,1	-57,189	1013,161	-43,891	1735,182	-48,412	1735,182
2,8	-59,330	1237,831	-74,222	2305,018	-80,831	2305,018
3,5	-49,351	1331,912	-120,681	2692,085	-128,684	2692,085
4,2	-35,538	1317,996	-112,616	2807,763	-119,921	2807,763
4,9	-22,345	1225,309	-56,807	2662,208	-64,430	2662,208
5,4	-11,783	1084,367	-38,011	2366,281	-44,819	2366,281
6,3	-4,258	919,124	5,374	2000,412	-0,422	2000,412
7,0	0,400	746,229	25,926	1642,932	21,005	1642,932
7,7	3,057	576,247	31,755	1335,276	27,697	1335,276
8,4	4,260	414,912	29,525	1011,552	26,156	1011,552
9,1	4,370	264,560	23,585	934,075	20,730	934,075
9,8	3,419	124,938	16,055	821,607	13,704	821,607
10,5	1,548	-6,623	8,333	747,818	5,823	747,818
11,2	-0,005	-138,333	0,169	692,576	-0,101	692,576

Tablo 21. V= 7500 m³ D=30,5 m H_{Depo} = 11,2 m KOCAELİ/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	129,125	-44,400	-2,659	-164,552	-1,884	-164,552
0,7	16,936	320,486	-56,227	805,972	-56,227	805,972
1,4	-40,710	743,217	-71,783	1647,400	-71,779	1647,400
2,1	-61,232	1082,243	-74,763	2337,453	-74,763	2337,453
2,8	-59,904	1290,675	-90,417	2866,603	-90,417	2866,603
3,5	-48,210	1366,734	-138,600	3193,387	-138,600	3193,387
4,2	-33,597	1337,830	-127,160	3228,025	-127,160	3228,025
4,9	-20,574	1233,066	-62,868	3000,447	-62,868	3000,447
5,4	-10,366	1085,940	-43,904	2628,811	-43,904	2628,811
6,3	-3,343	917,104	4,967	2197,090	5,012	2197,090
7,0	0,989	742,762	27,119	1782,056	27,119	1782,056
7,7	3,354	572,710	32,522	1447,456	32,522	1447,456
8,4	4,371	412,009	29,038	1196,905	29,038	1196,905
9,1	4,391	261,964	21,877	1026,302	21,877	1026,302
9,8	3,386	123,308	13,738	919,714	13,738	919,714
10,5	1,540	-7,135	5,421	859,030	5,429	859,030
11,2	-0,005	-137,498	-0,174	824,279	-0,145	824,279

Tablo 22. V= 7500 m³ D=38,5 m H_{Depo} = 7,5 m KONYA/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	99,568	-21,267	110,714	-25,548	112,088	-34,502
0,5	40,132	86,354	48,486	95,478	49,626	106,341
1,0	-23,565	145,348	5,132	152,347	5,634	178,245
1,5	-35,389	330,568	-24,045	354,203	-24,208	398,548
2,0	-38,693	452,536	-38,133	458,340	-39,216	476,331
2,5	-36,474	559,347	-46,190	568,265	-47,848	596,266
3,0	-30,963	630,485	-41,860	650,416	-43,254	702,348
3,5	-24,178	720,468	-35,717	726,305	-36,876	758,613
4,0	-17,091	759,364	-26,596	871,256	-27,140	880,131
4,5	-10,639	723,649	-17,955	820,345	-18,073	846,931
5,0	-5,366	694,235	-10,529	756,359	-10,393	786,359
5,5	-1,635	450,457	-4,753	576,348	-4,490	581,166
6,0	0,203	353,236	-0,866	368,346	-0,592	412,382
6,5	-1,635	135,138	-0,172	158,343	-0,090	164,537
7,0	0,228	52,349	0,196	65,988	0,263	98,405
7,5	0,025	-48,256	-0,034	-35,210	-0,037	-37,541

Tablo 23. V= 7500 m³ D=38,5 m H_{Depo} = 7,5 m KONYA/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	87,212	-26,987	95,173	-33,393	95,436	-33,393
0,5	30,195	109,591	34,647	151,707	34,136	151,707
1,0	-7,464	288,337	-6,223	384,065	-6,734	384,065
1,5	-29,700	461,112	-32,096	612,273	-32,508	612,273
2,0	-40,115	599,534	-47,199	802,551	-47,660	802,551
2,5	-42,400	689,199	-53,260	935,546	-53,609	935,546
3,0	-39,370	729,462	-48,665	1007,799	-48,930	1007,799
3,5	-33,381	723,206	-41,061	1022,125	-41,065	1022,125
4,0	-26,050	677,546	-30,136	989,485	-30,138	989,485
4,5	-18,609	601,572	-20,237	922,473	-20,222	922,473
5,0	-11,850	504,272	-12,006	833,629	-11,931	833,629
5,5	-6,304	393,637	-5,762	732,910	-5,666	732,910
6,0	-2,342	276,159	-1,655	627,777	-1,567	627,777
6,5	-0,184	156,375	0,240	522,998	0,301	522,998
7,0	0,302	36,562	0,197	420,608	0,216	420,608
7,5	-0,013	-86,100	-0,053	317,538	-0,057	317,538

Tablo 24. $V= 7500 \text{ m}^3$ $D=38,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 7,5 \text{ m}$ KOCAELİ/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	100,252	-27,685	164,388	-64,979	163,984	-64,979
0,5	39,865	83,914	82,906	162,446	82,411	162,446
1,0	-0,619	250,631	21,146	497,895	21,028	497,895
1,5	-25,155	420,200	-25,919	864,773	-26,390	864,773
2,0	-37,516	560,380	-63,718	1203,202	-63,724	1203,202
2,5	-41,193	654,675	-88,115	1465,484	-87,719	1465,484
3,0	-39,130	701,230	-80,650	1631,784	-80,242	1631,784
3,5	-33,633	701,432	-69,372	1702,352	-69,101	1702,352
4,0	-26,663	661,412	-46,384	1697,127	-46,236	1697,127
4,5	-19,301	591,215	-28,015	1639,960	-27,950	1639,960
5,0	-12,454	497,520	-14,365	1553,408	-14,431	1553,408
5,5	-6,805	391,316	-5,376	1457,765	-5,385	1457,765
6,0	-2,680	276,916	-0,322	1360,314	-0,334	1360,314
6,5	-0,361	159,171	1,221	1268,348	1,213	1268,348
7,0	0,241	42,182	0,038	1183,692	0,043	1183,692
7,5	-0,016	-77,216	-0,144	1102,136	-0,143	1102,136

Tablo 25. $V= 7500 \text{ m}^3$ $D=38,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 7,5 \text{ m}$ KOCAELİ/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	87,614	-26,987	90,743	-70,487	90,839	-70,487
0,5	30,195	109,591	25,770	353,042	25,770	353,042
1,0	-7,528	288,337	-21,190	809,336	-21,197	809,336
1,5	-29,621	461,112	-56,576	1245,658	-56,867	1245,658
2,0	-40,106	599,534	-86,790	1617,192	-86,866	1617,192
2,5	-42,365	689,356	-105,896	1886,104	-105,678	1886,104
3,0	-39,354	729,476	-90,968	2040,048	-90,968	2040,048
3,5	-33,327	722,539	-74,502	2087,019	-74,392	2087,019
4,0	-26,056	677,546	-46,256	2054,373	-46,256	2054,373
4,5	-18,609	601,572	-24,995	1970,793	-24,256	1970,793
5,0	-11,850	504,272	-10,328	1864,004	-10,328	1864,004
5,5	-6,311	393,637	-1,402	1751,842	-1,402	1751,842
6,0	-2,342	276,159	2,740	1645,093	2,740	1645,093
6,5	-0,184	156,375	3,008	1548,660	3,008	1548,660
7,0	0,302	36,266	0,522	1462,827	0,522	1462,827
7,5	-0,015	-86,100	-0,161	1382,496	-0,175	1382,496

Tablo 26. V= 7500 m³ D=44 m H_{Depo} = 5,9 m KONYA/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	66,629	-6,924	106,586	-30,520	106,842	-30,455
0,5	24,773	59,570	48,765	97,997	48,580	98,150
1,0	-2,680	161,771	5,099	302,082	5,042	301,690
1,5	-18,804	264,112	-27,908	517,784	-27,943	516,963
2,0	-25,883	341,901	-48,672	694,977	-48,694	684,391
2,5	-26,910	389,645	-50,846	807,540	-50,854	805,883
3,0	-23,896	401,491	-39,232	853,078	-39,129	850,958
3,5	-18,641	382,912	-27,662	846,090	-27,507	842,838
4,0	-12,615	339,606	-17,391	803,092	-17,384	799,968
4,5	-6,982	278,952	-9,278	738,917	-9,270	735,289
5,0	-2,856	209,810	-3,922	664,824	-3,863	660,684
5,5	-0,677	135,874	-1,424	588,022	-1,407	583,360
5,9	-0,023	58,276	-0,072	509,423	-0,071	504,217

Tablo 27. V= 7500 m³ D=44 m H_{Depo} = 5,9 m KONYA/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	62,072	-19,075	72,050	-20,042	72,118	-20,042
0,5	21,226	61,282	27,300	76,825	27,072	76,825
1,0	-5,216	176,817	-2,940	217,192	-2,977	217,192
1,5	-20,327	287,900	-22,011	356,967	-22,120	356,967
2,0	-26,900	370,965	-31,711	466,194	-31,873	466,194
2,5	-27,404	417,200	-32,630	532,550	-32,771	532,550
3,0	-24,075	425,839	-27,470	554,733	-27,514	554,733
3,5	-18,624	401,833	-20,677	539,067	-20,660	539,067
4,0	-12,514	352,808	-13,653	497,587	-13,593	497,587
4,5	-6,924	287,047	-7,500	437,934	-7,493	437,934
5,0	-2,797	212,767	-3,107	369,334	-3,104	369,334
5,5	-0,653	134,582	-0,914	296,490	-0,920	296,490
5,9	-0,023	54,085	-0,040	223,692	-0,040	223,692

Tablo 28. V= 7500 m³ D=44 m H_{Depo} = 5,9 m KOCAELİ/ZA

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	66,629	-6,924	106,586	-30,520	106,842	-30,455
0,5	24,773	59,570	48,765	97,997	48,580	98,150
1,0	-2,680	161,771	5,099	302,082	5,042	301,690
1,5	-18,804	264,112	-27,908	517,784	-27,943	516,863
2,0	-25,883	341,901	-48,672	694,977	-48,694	684,391
2,5	-26,910	389,645	-50,846	807,540	-50,854	805,853
3,0	-23,896	401,4961	-39,232	853,078	-30,129	850,958
3,5	-18,641	382,912	-27,662	846,090	-27,507	842,838
4,0	-12,615	339,606	-17,391	803,092	-17,384	799,968
4,5	-6,982	278,952	-9,278	738,917	-9,270	735,289
5,0	-2,856	209,810	-3,922	664,824	-3,863	660,684
5,5	-0,677	135,874	-1,424	588,022	-1,407	583,360
5,9	-0,023	58,276	-0,072	509,423	-0,071	504,217

Tablo 29. V= 7500 m³ D=44 m H_{Depo} = 5,9 m KOCAELİ/ZD

	14G + 1,4Q		G +1,4 Q +EX+ İMP X+ SAL X+0,3EDÜŞEY		G +1,4 Q +EY+ İMP Y+ SAL Y+0,3EDÜŞEY	
t.y. (m)	M22(kNm)	F1(kN)	M22(kNm)	F11(kN)	M22(kNm)	F11(kN)
0	62,072	-19,075	89,940	-29,146	89,656	-29,146
0,5	21,226	61,282	34,285	163,754	33,618	163,754
1,0	-5,216	176,817	-7,540	392,262	-6,818	392,262
1,5	-20,403	287,900	-38,776	624,211	-38,336	624,211
2,0	-26,900	370,965	-58,585	802,594	-57,788	802,594
2,5	-27,393	417,166	-57,911	903,852	-57,472	903,852
3,0	-24,103	425,532	-43,210	927,292	-42,762	927,292
3,5	-18,552	401,833	-29,327	892,393	-29,087	892,393
4,0	-12,426	352,808	-17,723	820,426	-17,612	820,426
4,5	-6,852	287,235	-9,010	725,805	-8,931	725,805
5,0	-2,797	212,767	-3,471	622,456	-3,517	622,456
5,5	-0,651	134,860	-1,117	516,105	-1,101	516,105
5,9	-0,023	54,085	-0,067	407,239	-0,066	407,239

EK-3 SAP 2000 v23 Programından alınan temeldeki maksimum moment ve kesme kuvveti değerleri.

Tablo 30. $V= 2500 \text{ m}^3$ $D=21 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 8,0 \text{ m}$

	$M_{11\text{max}}$ (kNm)	$F_{11\text{max}}$ (kN)	$F_{11\text{min}}$ (kN)	V_{max} (kN)
Konya/ZA	18,109	704,736	-212,367	99,307
Konya/ZD	46,624	806,747	-314,45	102,226
Kocaeli/ZA	106,402	1313,752	-454,322	138,894
Kocaeli /ZD	152,164	1600,087	-639,679	157,849

Tablo 31. $V= 2500 \text{ m}^3$ $D=27 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,5 \text{ m}$

	$M_{11\text{max}}$ (kNm)	$F_{11\text{max}}$ (kN)	$F_{11\text{min}}$ (kN)	V_{max} (kN)
Konya/ZA	10,983	409,837	-178,894	64,590
Konya/ZD	16,453	461,182	-274,667	66,648
Kocaeli /ZA	21,402	782,545	-349,542	105,700
Kocaeli /ZD	48,532	1005,871	-864,101	145,997

Tablo 32. $V= 2500 \text{ m}^3$ $D=30,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 4,4 \text{ m}$

	$M_{11\text{max}}$ (kNm)	$F_{11\text{max}}$ (kN)	$F_{11\text{min}}$ (kN)	V_{max} (kN)
Konya/ZA	7,891	273,521	-156,229	46,593
Konya/ZD	13,044	338,240	-283,204	49,442
Kocaeli /ZA	21,402	845,717	-802,590	93,759
Kocaeli /ZD	18,617	952,316	-646,292	84,780

Tablo 33. $V=7500\text{ m}^3$ $D=30,5\text{ m}$ $H_{\text{Depo}}=11,2\text{ m}$

	$M_{11\text{max}}$ (kNm)	$F_{11\text{max}}$ (kN)	$F_{11\text{min}}$ (kN)	V_{max} (kN)
Konya/ZA	62,655	1600,384	-301,041	180,300
Konya/ZD	72,483	1733,149	-423,292	189,379
Kocaeli /ZA	120,095	2810,645	-1059,988	344,012
Kocaeli /ZD	270,460	3250,673	-1236,430	362,72

Tablo 34. $V=7500\text{ m}^3$ $D=38,5\text{ m}$ $H_{\text{Depo}}=7,5\text{ m}$

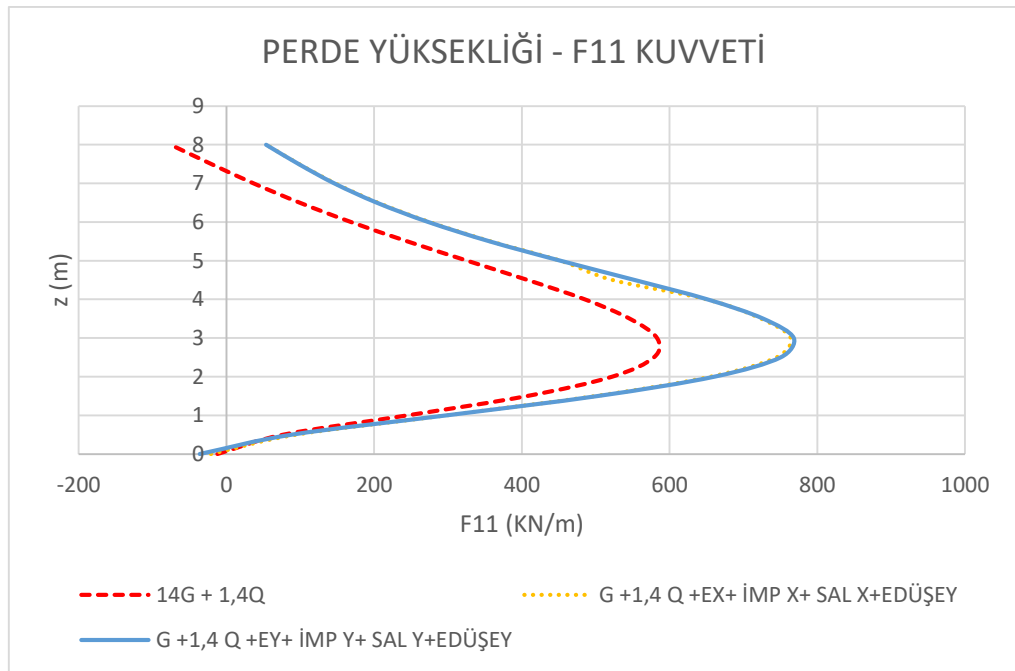
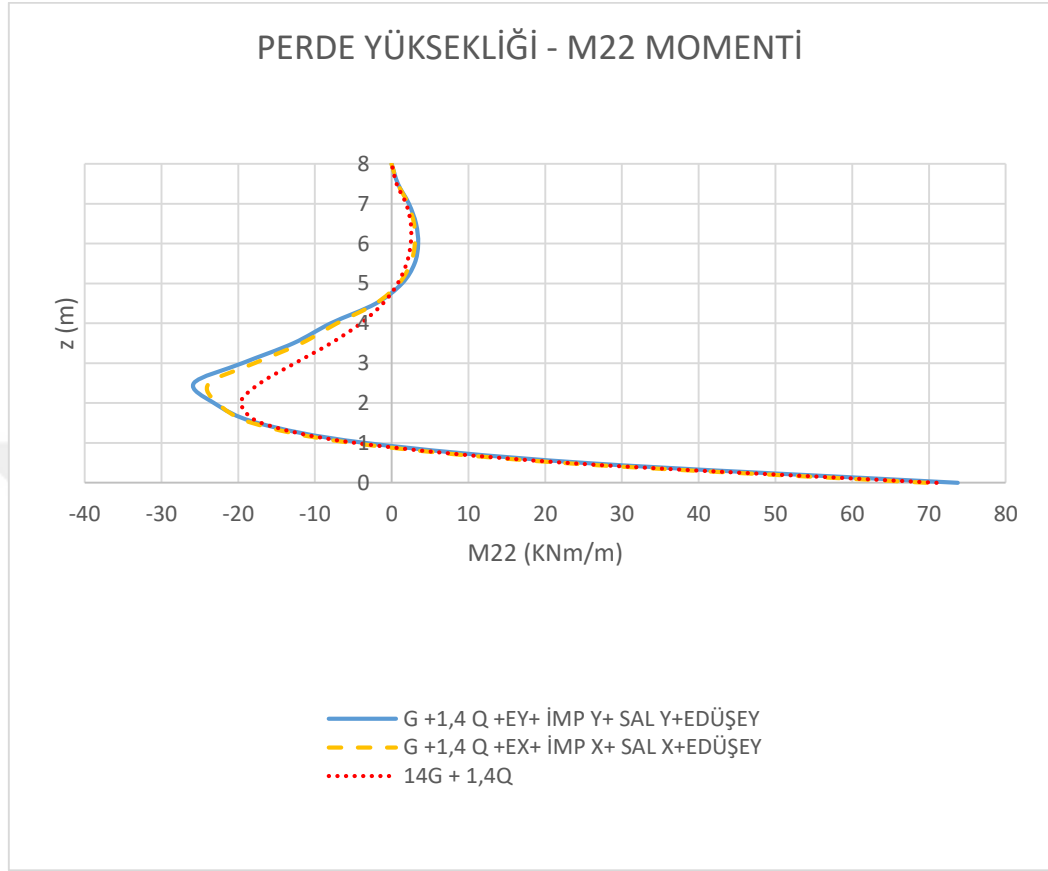
	$M_{11\text{max}}$ (kNm)	$F_{11\text{max}}$ (kN)	$F_{11\text{min}}$ (kN)	V_{max} (kN)
Konya/ZA	39,411	881,201	-306,384	129,591
Konya/ZD	40,370	1022,996	-506,378	124,411
Kocaeli /ZA	69,490	1702,516	-1380,707	385,105
Kocaeli /ZD	99,701	2087,961	-1697,408	471,237

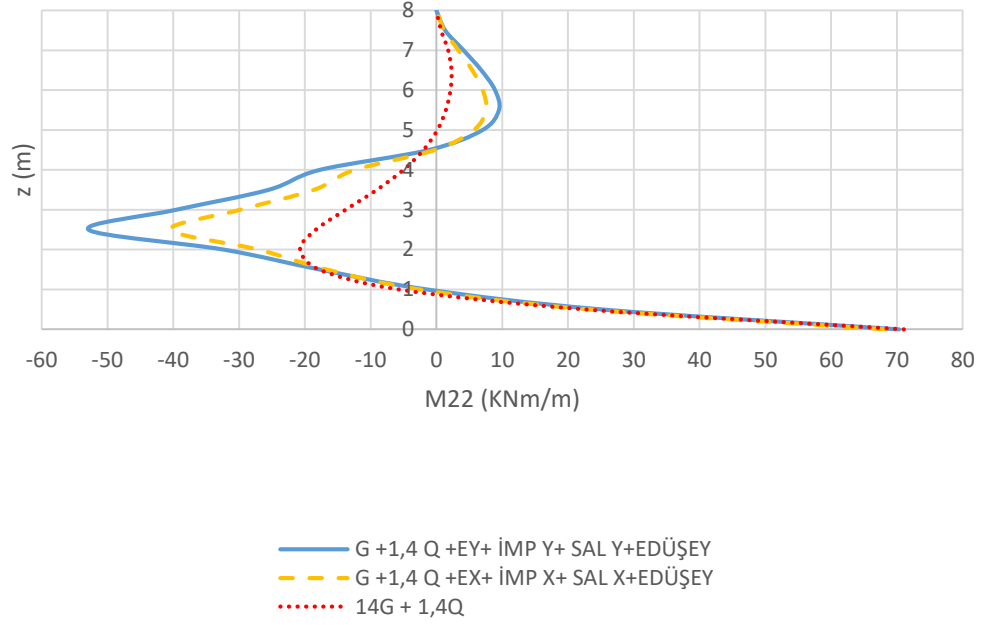
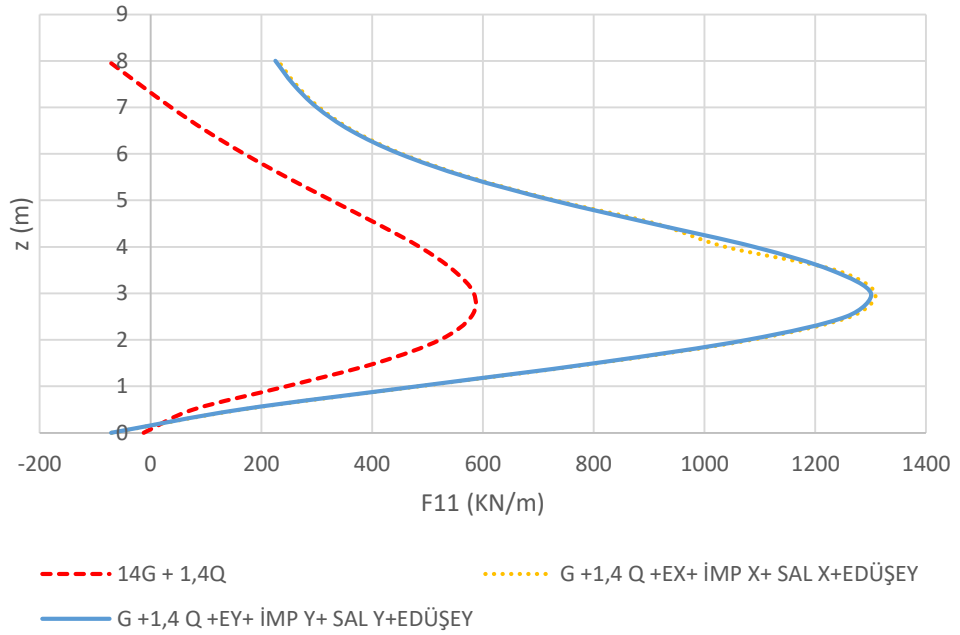
Tablo 35. $V=7500\text{ m}^3$ $D=44\text{ m}$ $H_{\text{Depo}}=5,9\text{ m}$

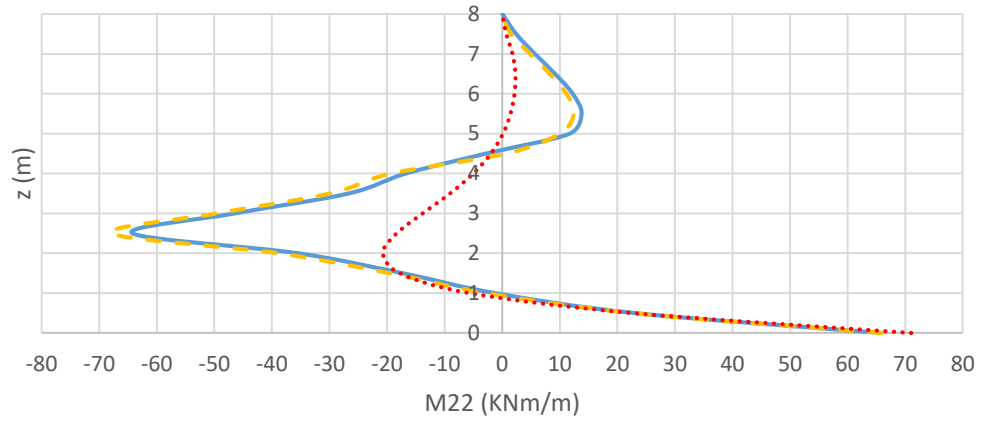
	$M_{11\text{max}}$ (kNm)	$F_{11\text{max}}$ (kN)	$F_{11\text{min}}$ (kN)	V_{max} (kN)
Konya/ZA	19,552	491,546	-98,458	93,896
Konya/ZD	25,870	554,947	-114,241	91,124
Kocaeli /ZA	35,818	854,098	-414,724	118,254
Kocaeli /ZD	23,685	927,957	-331,296	113,180

EK-4 SAP 2000 v23 Programından alınan perdedeki moment ve kesme kuvveti değerleri grafikleri.

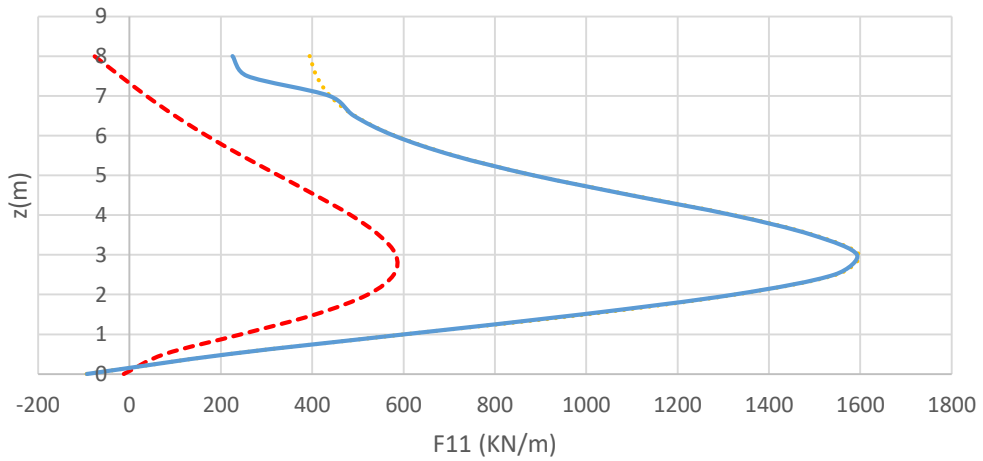
Tablo 36. $V= 2500 \text{ m}^3$ $D=21 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 8,0 \text{ m}$ KONYA/ZD



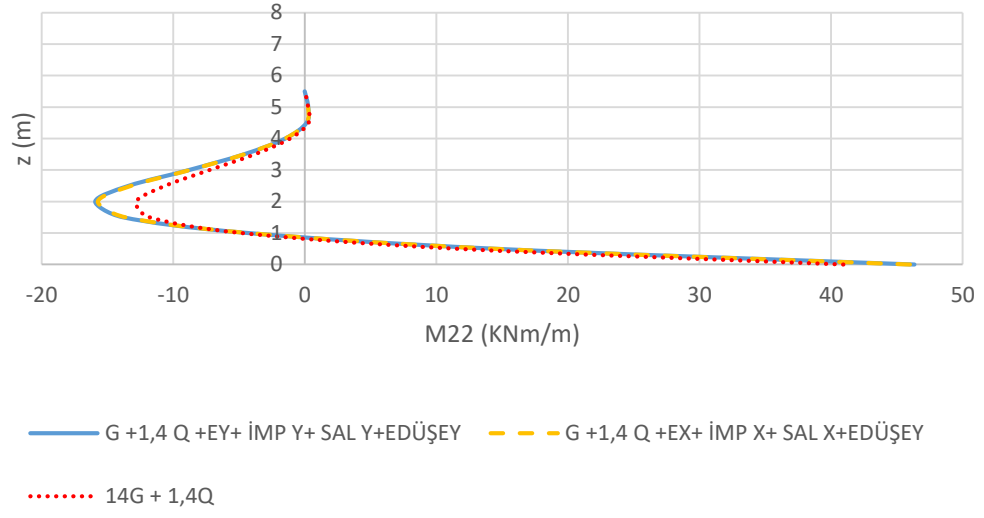
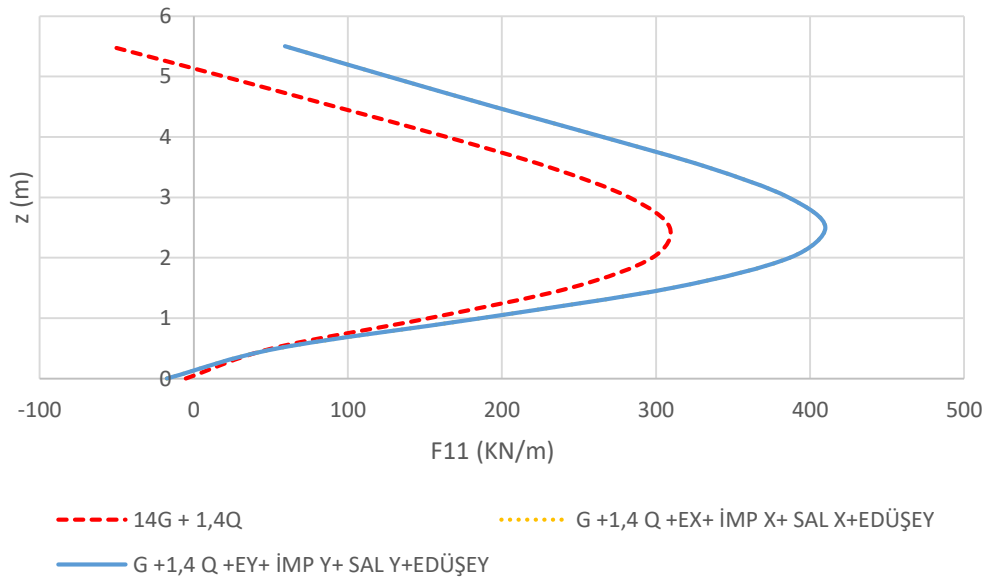
Tablo 37. $V=2500 \text{ m}^3$ $D=21 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}}=8,0 \text{ m}$ KOCAELİ/ZA**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

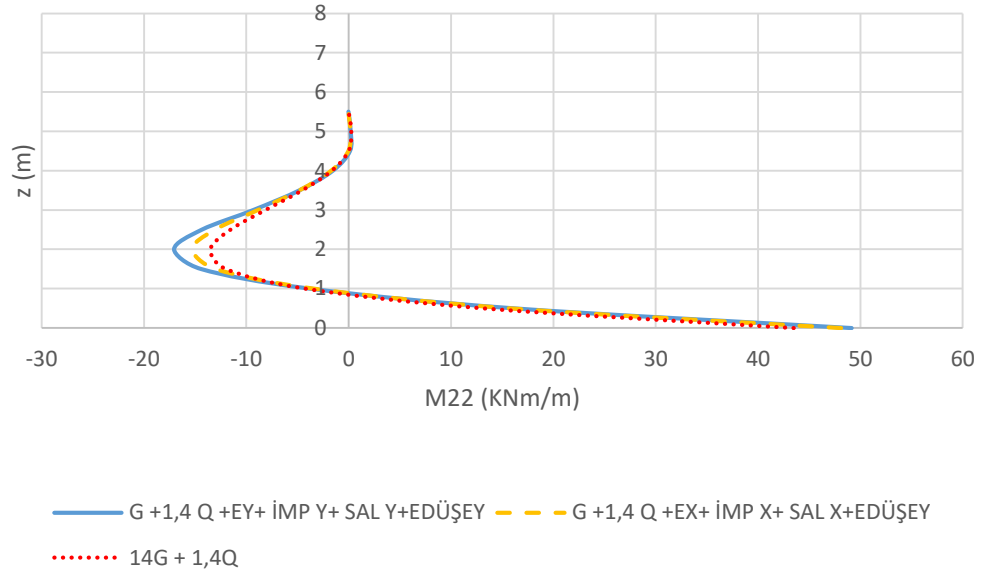
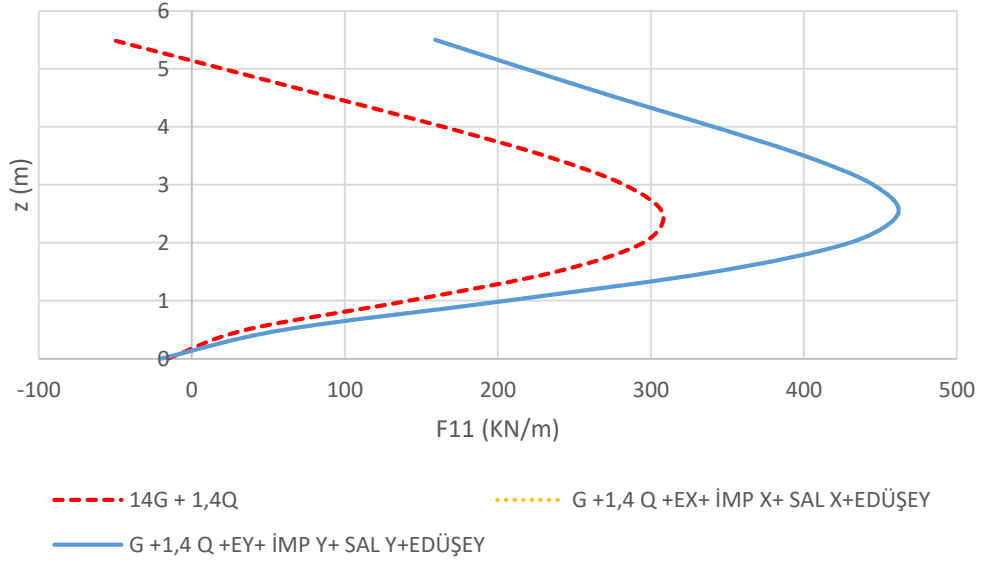
Tablo 38. $V = 2500 \text{ m}^3$ $D = 21 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 8,0 \text{ m}$ KOCAELİ/ZD**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ**

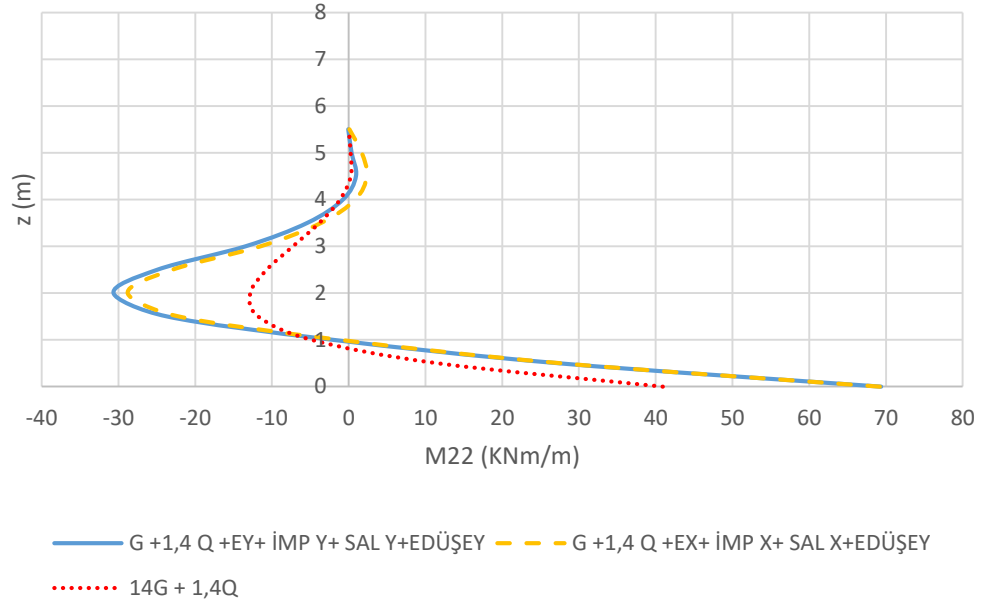
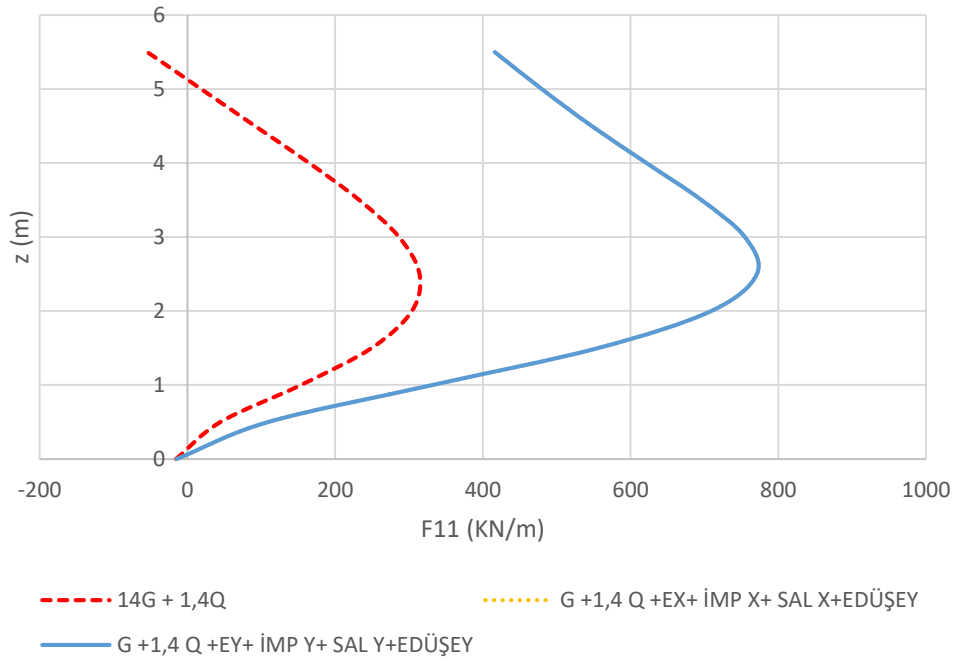
— $G + 1,4 Q + EY + \text{İMP Y} + \text{SAL Y} + \text{EDÜŞEY}$ - - $G + 1,4 Q + EX + \text{İMP X} + \text{SAL X} + \text{EDÜŞEY}$
 $14G + 1,4Q$

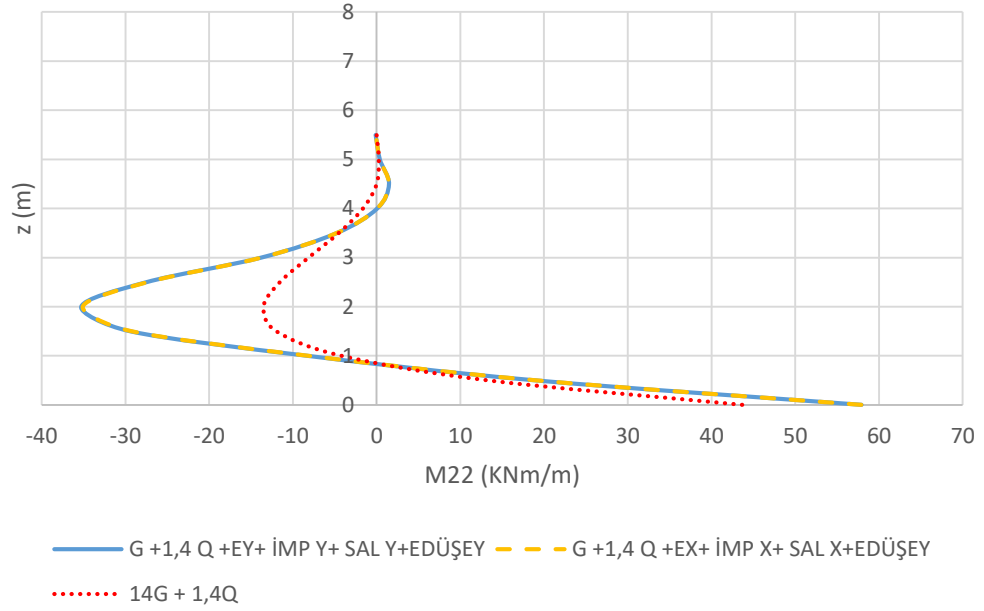
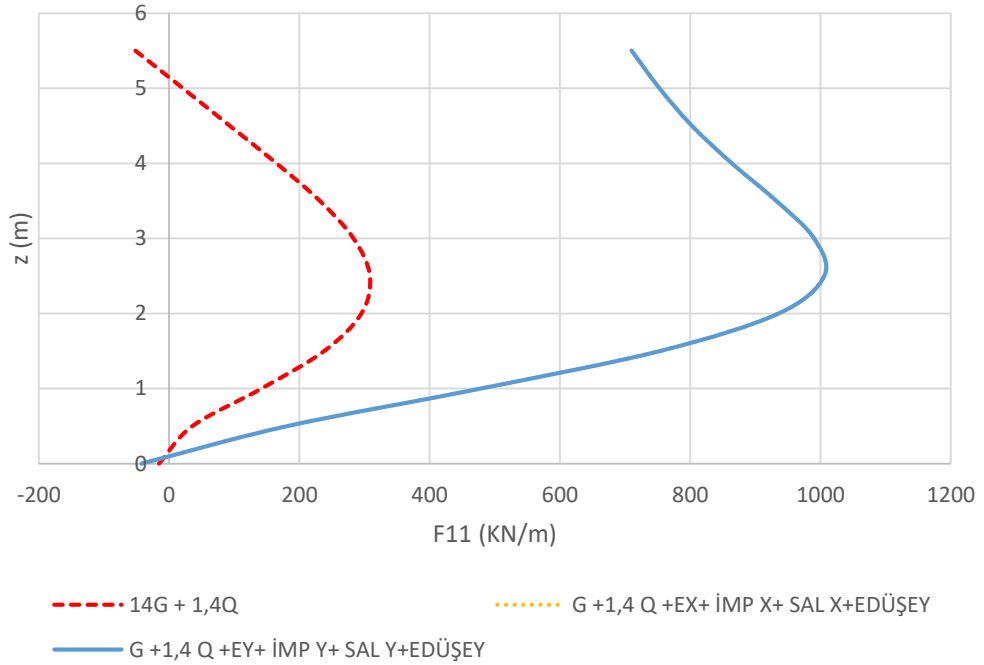
PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ

- - $14G + 1,4Q$ $G + 1,4 Q + EX + \text{İMP X} + \text{SAL X} + \text{EDÜŞEY}$
 — $G + 1,4 Q + EY + \text{İMP Y} + \text{SAL Y} + \text{EDÜŞEY}$

Tablo 39. $V= 2500 \text{ m}^3$ $D=27 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,5 \text{ m}$ KONYA/ZA**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

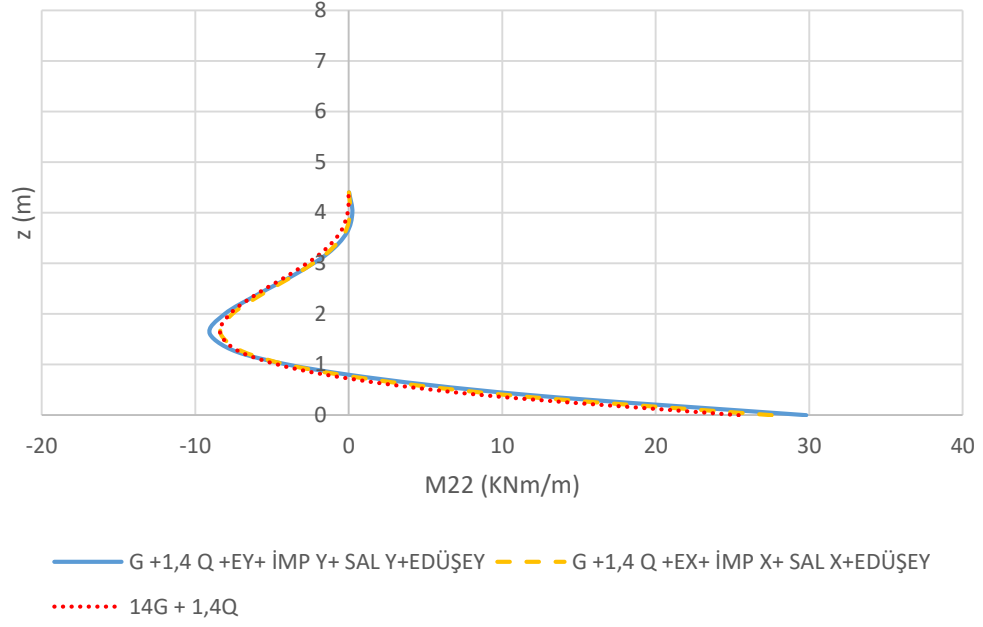
Tablo 40. $V= 2500 \text{ m}^3$ $D=27 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,5 \text{ m}$ KONYA/ZD**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

Tablo 41. $V = 2500 \text{ m}^3$ $D = 27 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,5 \text{ m}$ KOCAELİ/ZA**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

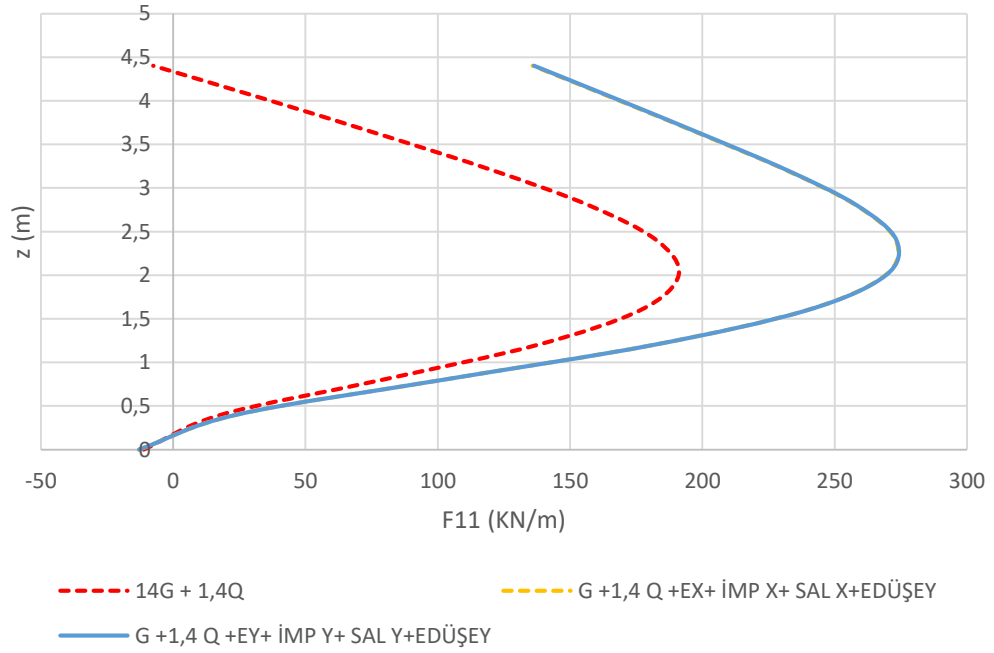
Tablo 42. $V = 2500 \text{ m}^3$ $D = 27 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,5 \text{ m}$ KOCAELİ/ZD**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

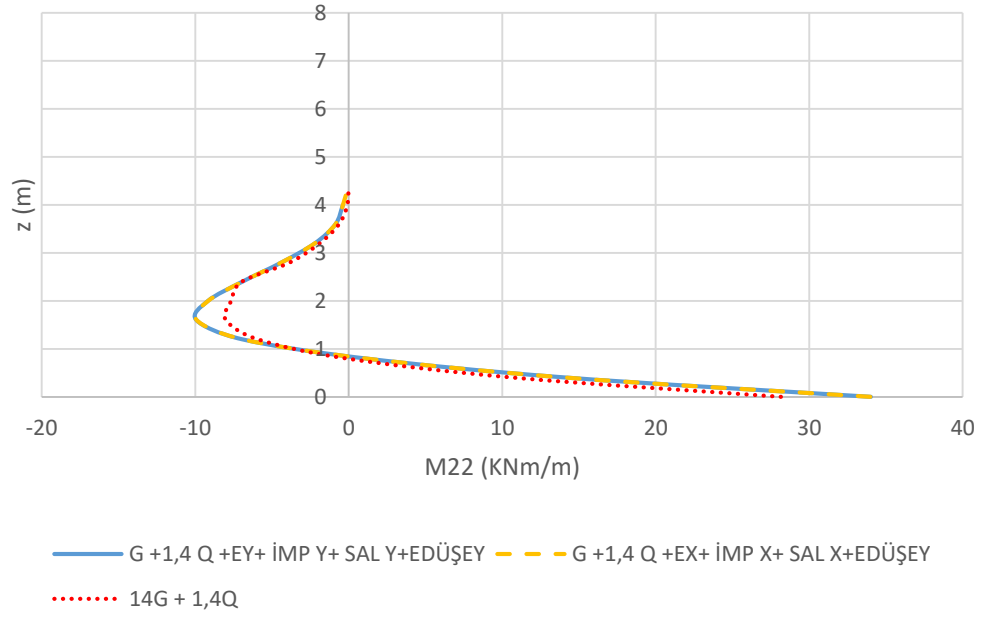
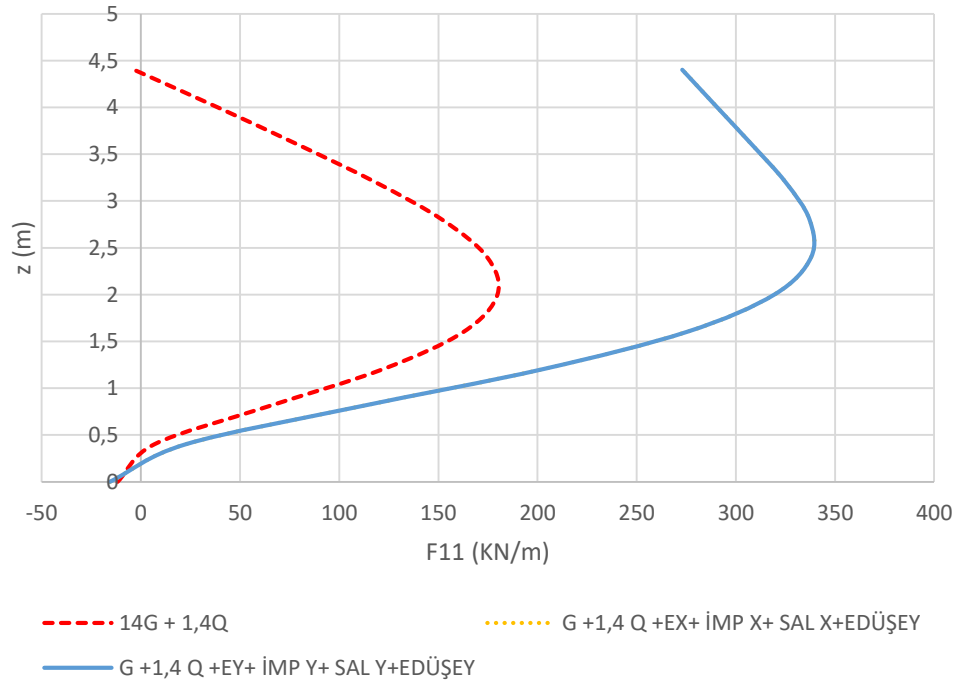
Tablo 43. $V = 2500 \text{ m}^3$ $D = 30,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 4,4 \text{ m}$ KONYA/ZA

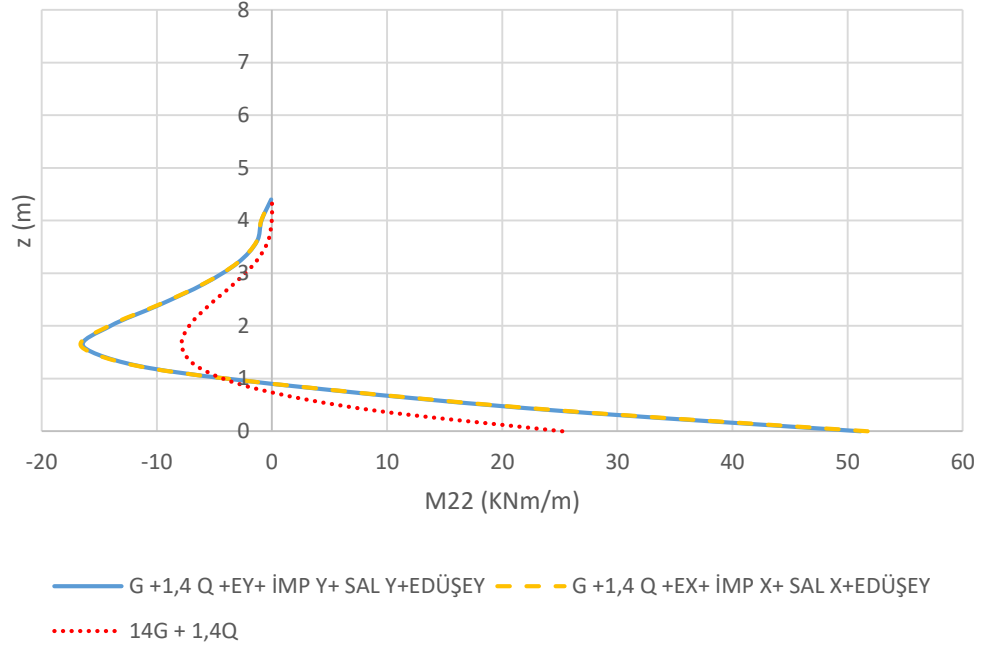
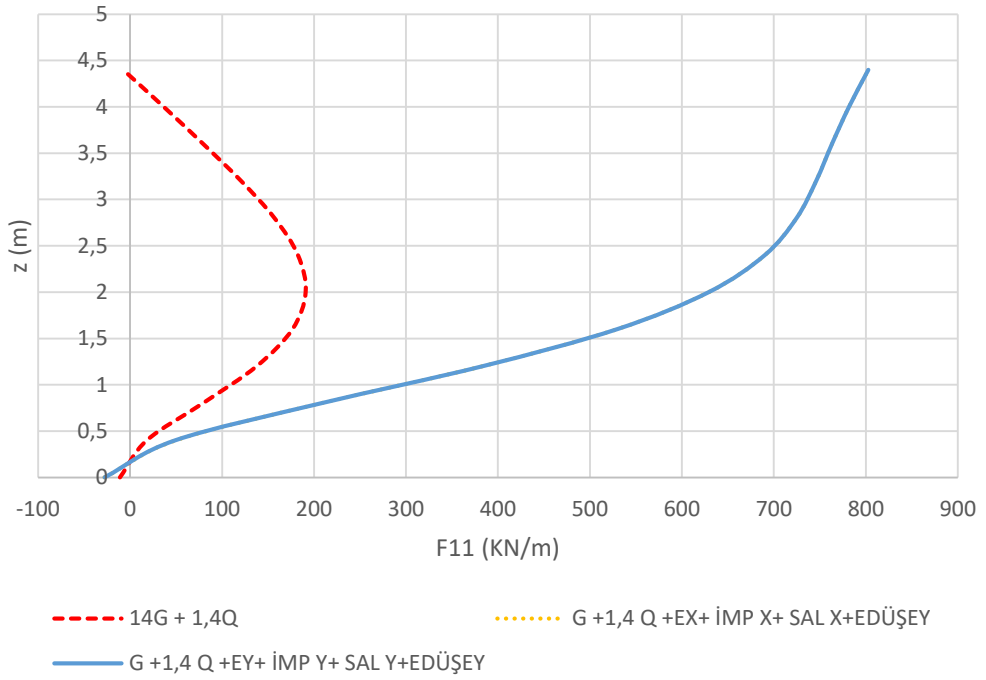
PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ

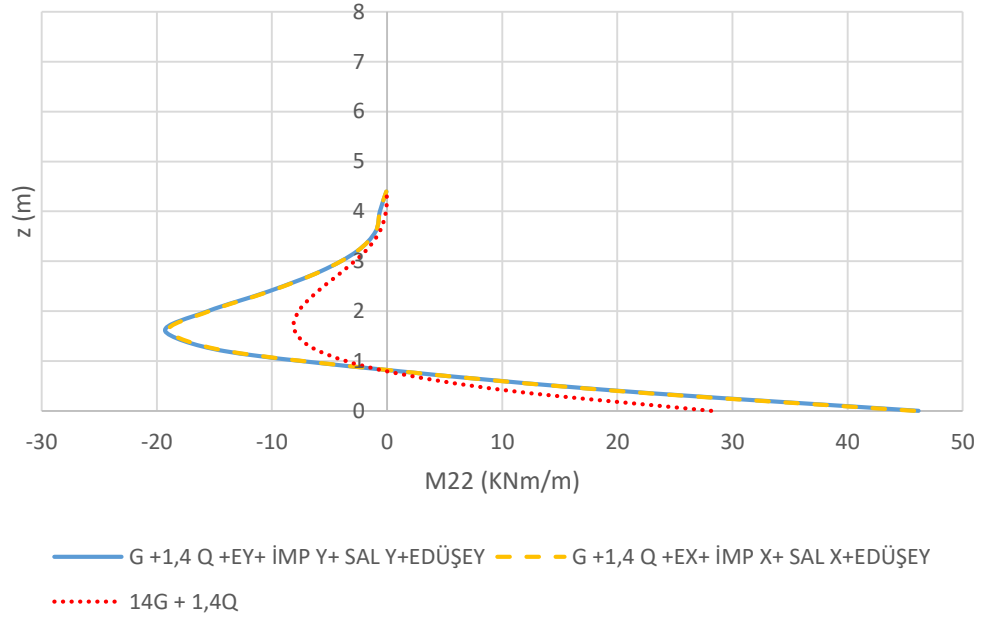
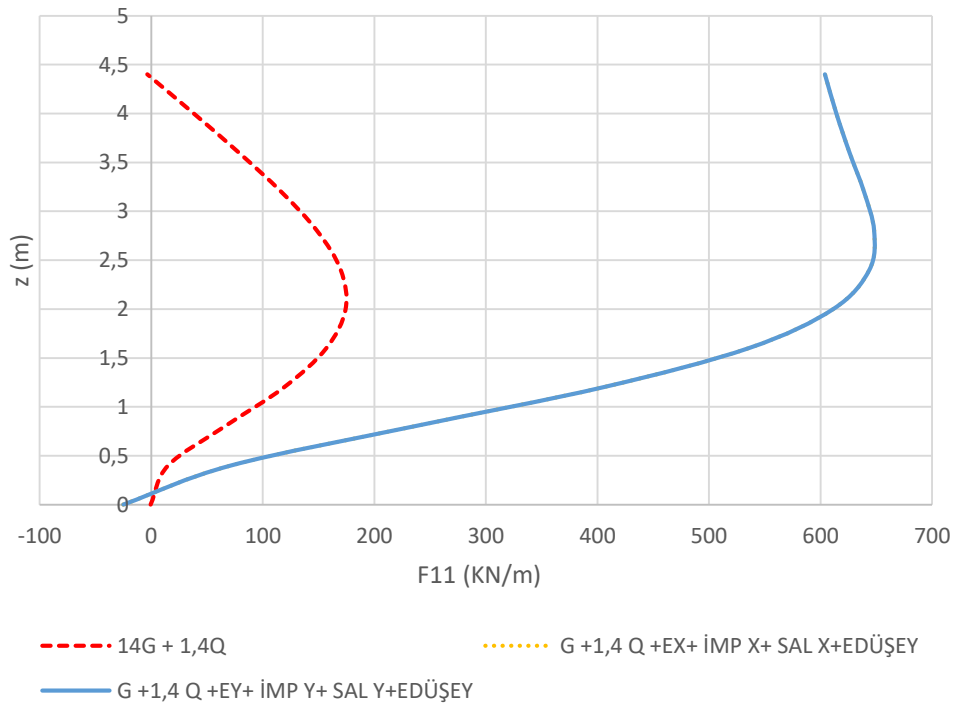


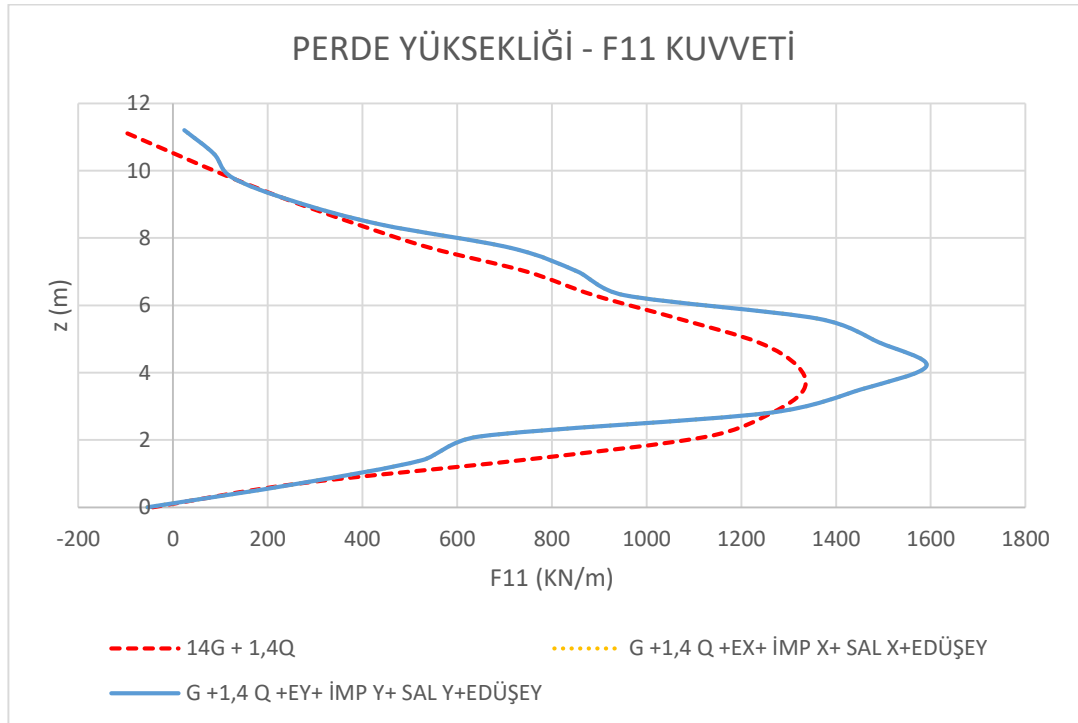
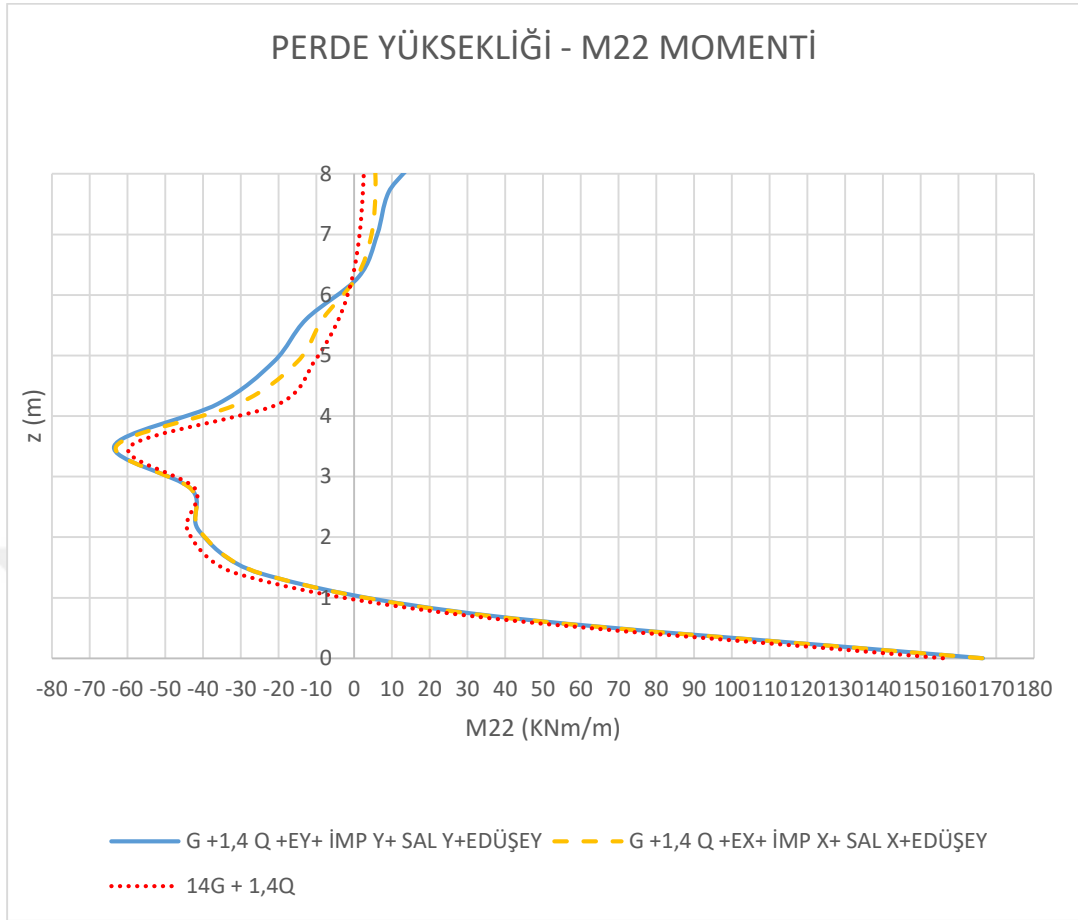
PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ

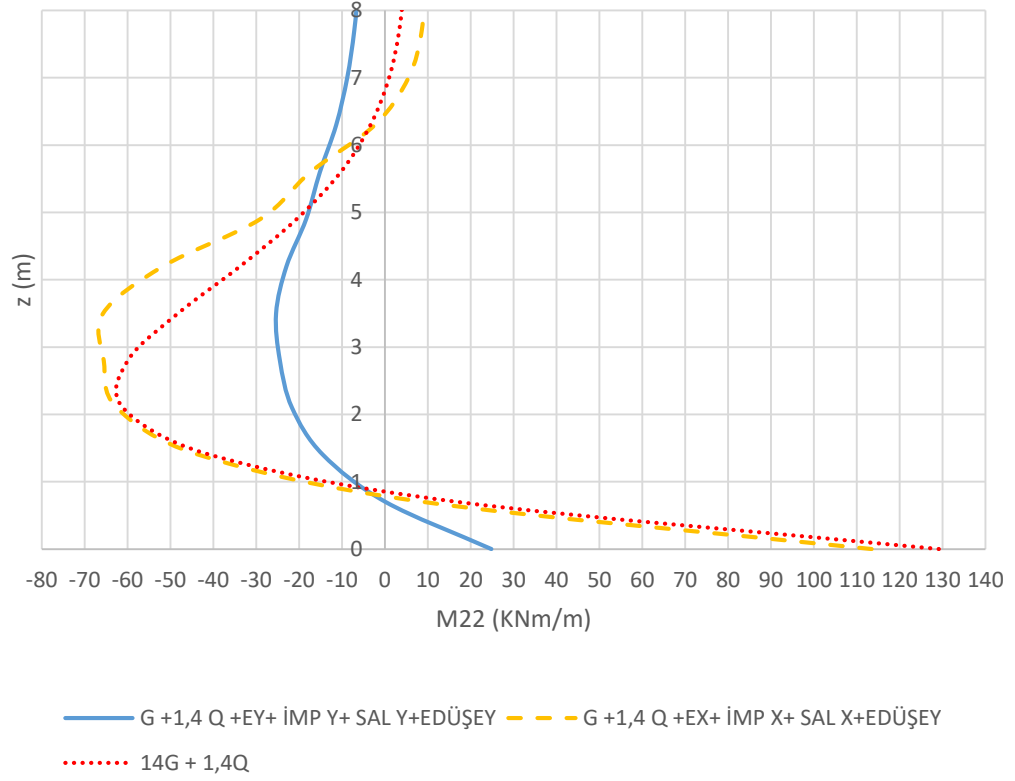
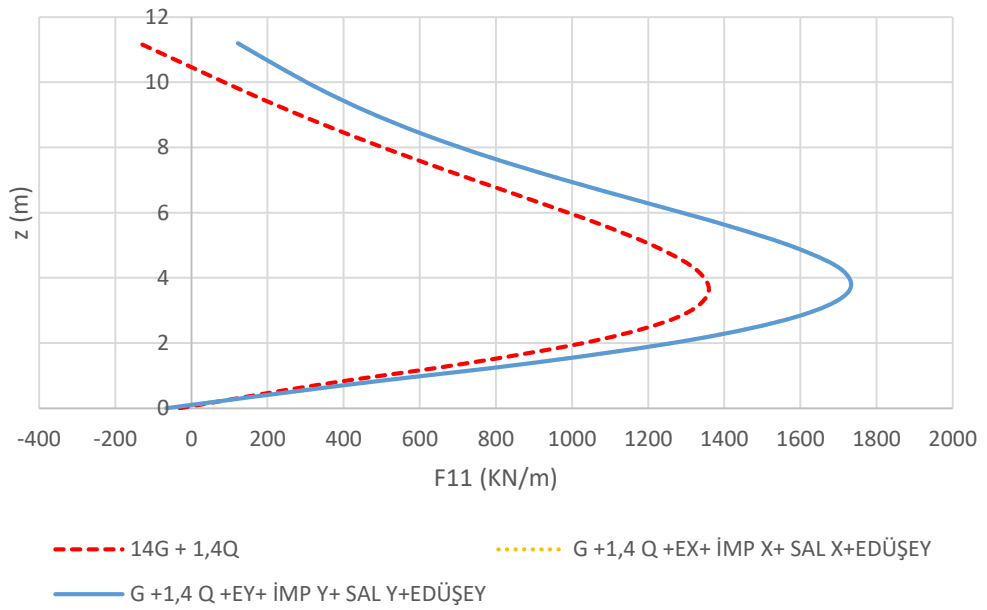


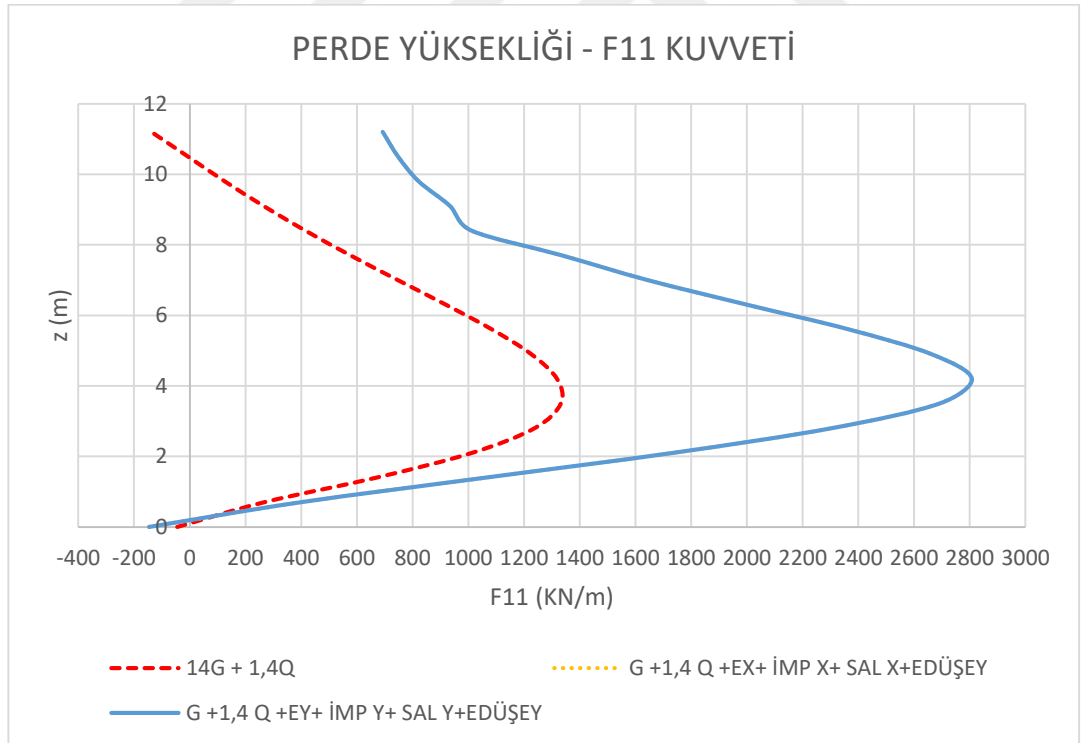
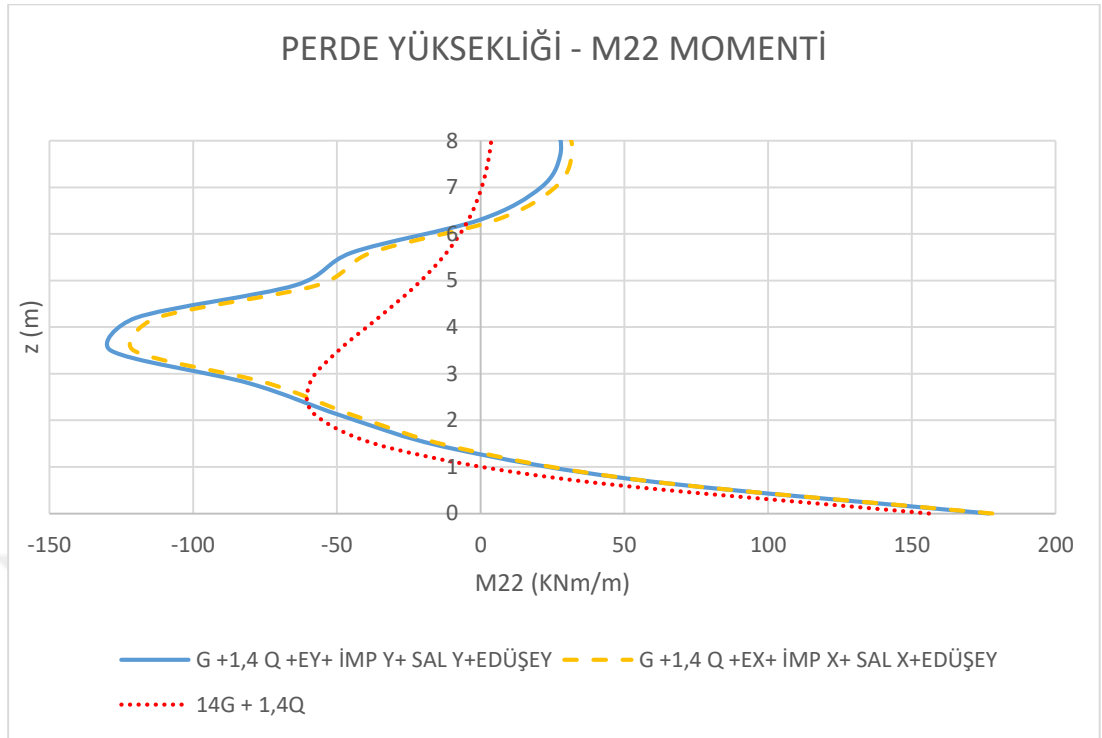
Tablo 44. $V = 2500 \text{ m}^3$ $D = 30,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 4,4 \text{ m}$ KONYA/ZD**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

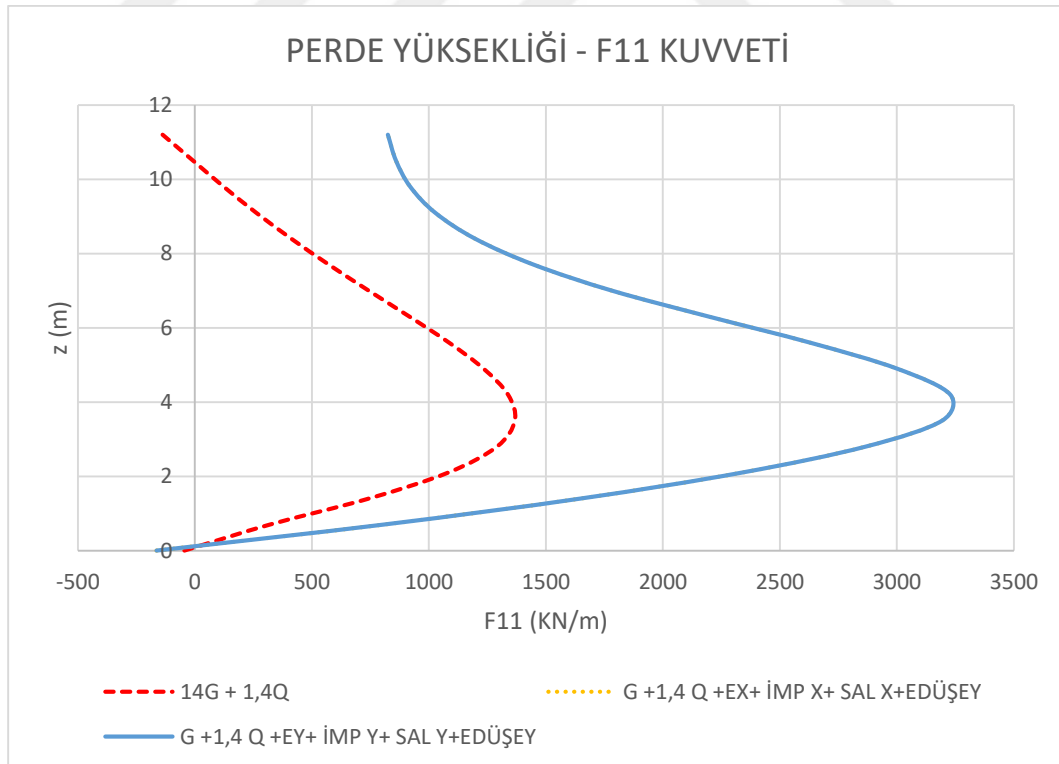
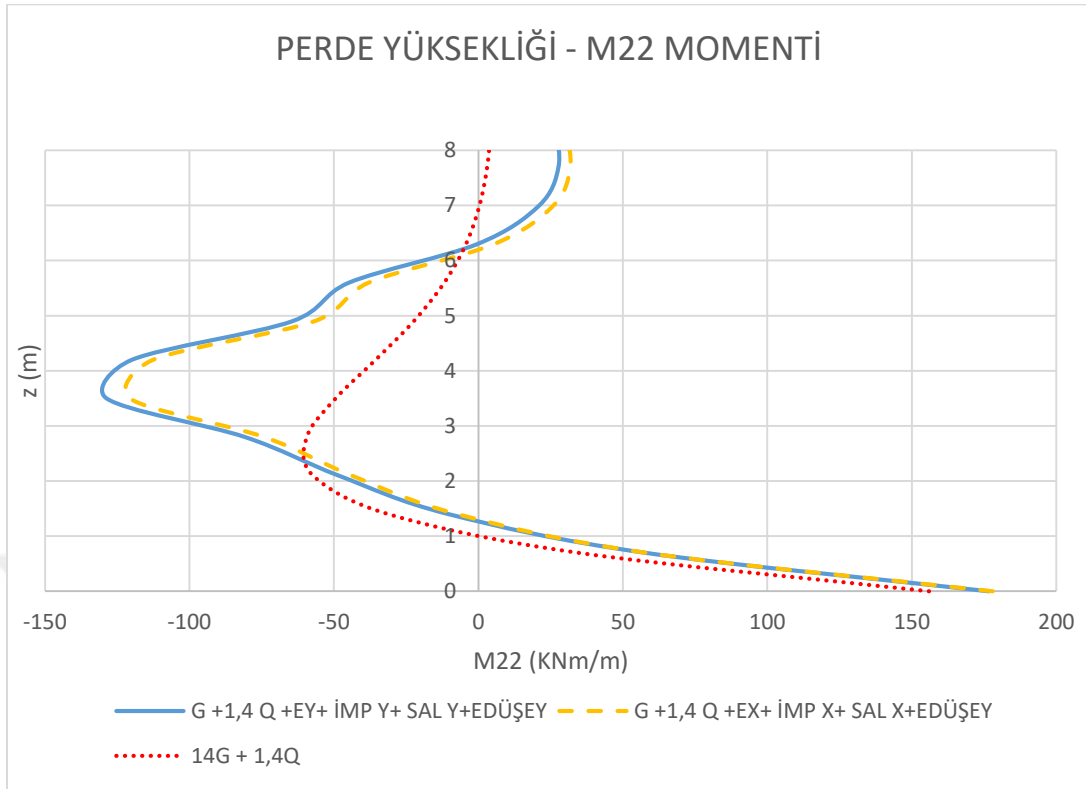
Tablo 45. $V= 2500 \text{ m}^3$ $D=30,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 4,4 \text{ m}$ KOCAELİ/ZA**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

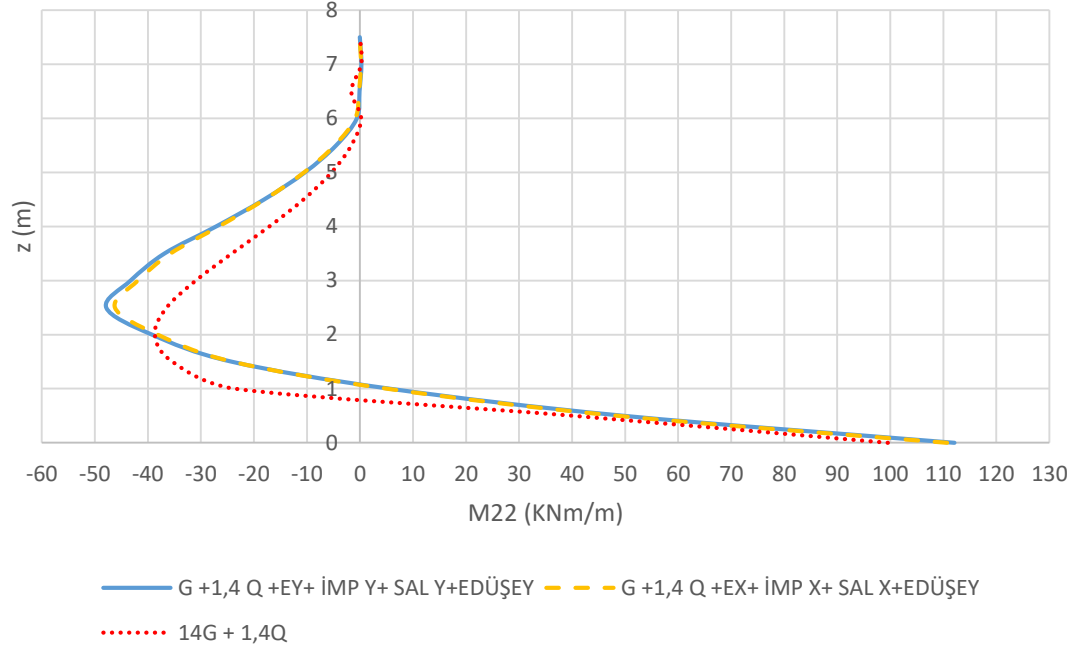
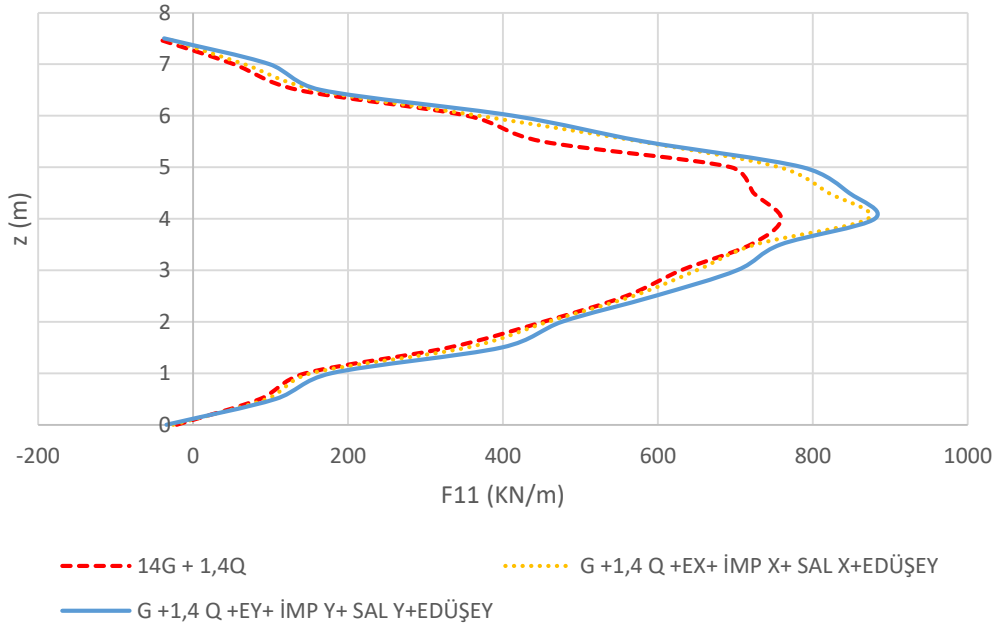
Tablo 46. $V= 2500 \text{ m}^3$ $D=30,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 4,4 \text{ m}$ KOCAELİ/ZD**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

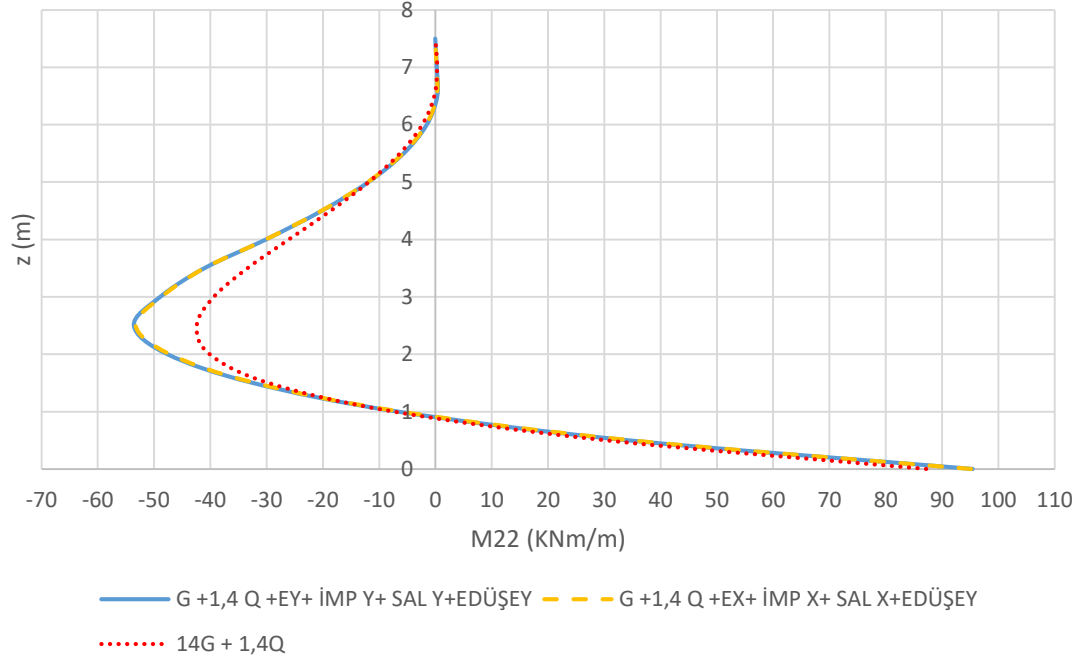
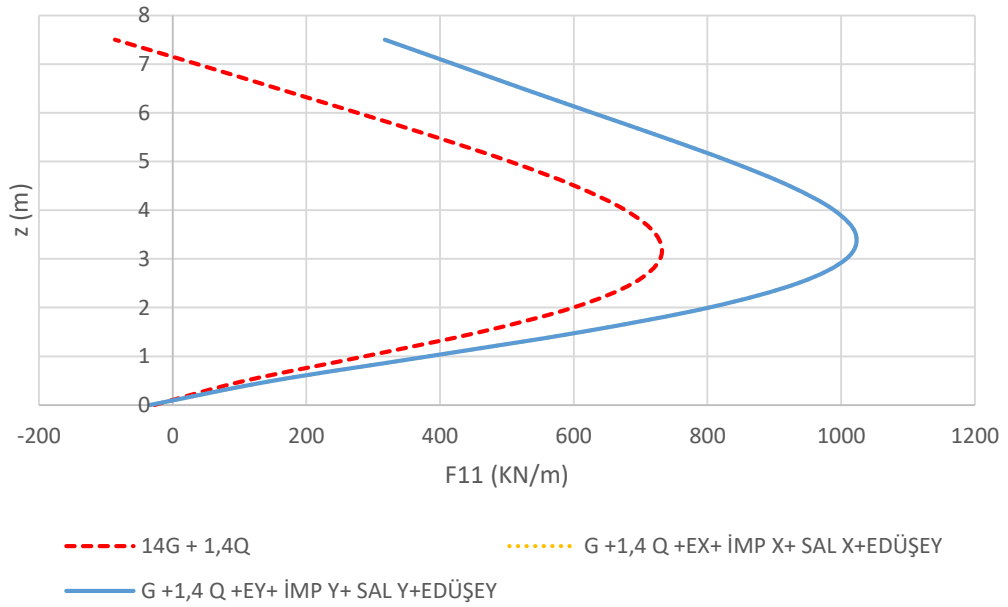
Tablo 47. $V=7500\text{ m}^3$ $D=30,5\text{ m}$ $H_{\text{Depo}}=11,2\text{ m}$ KONYA/ZA

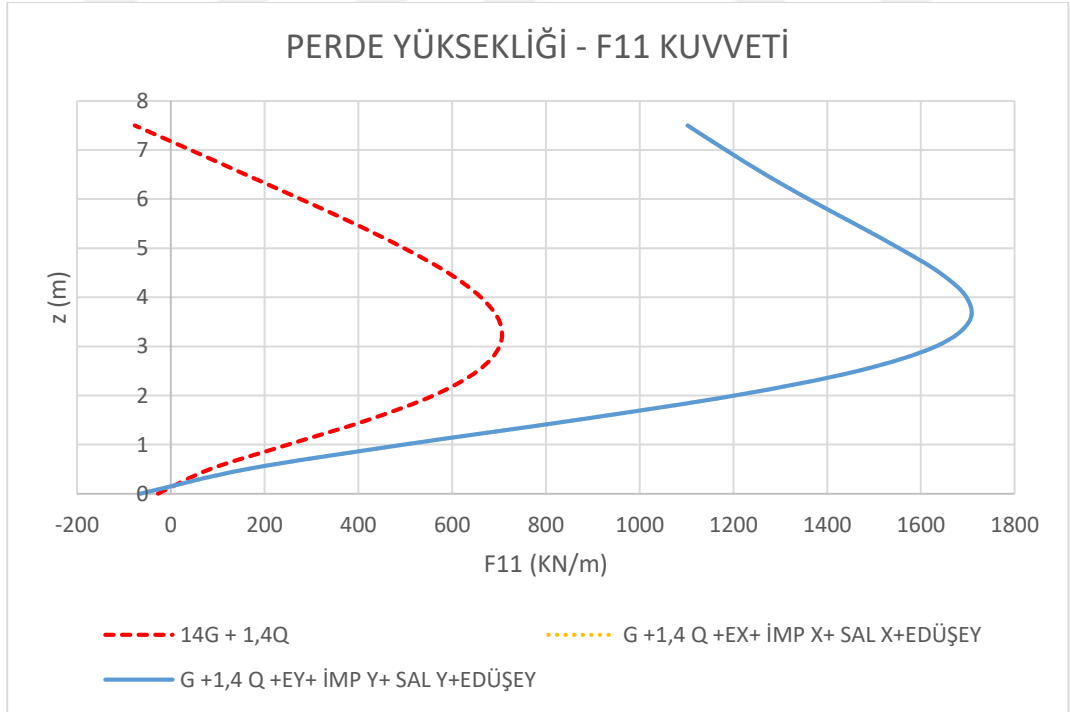
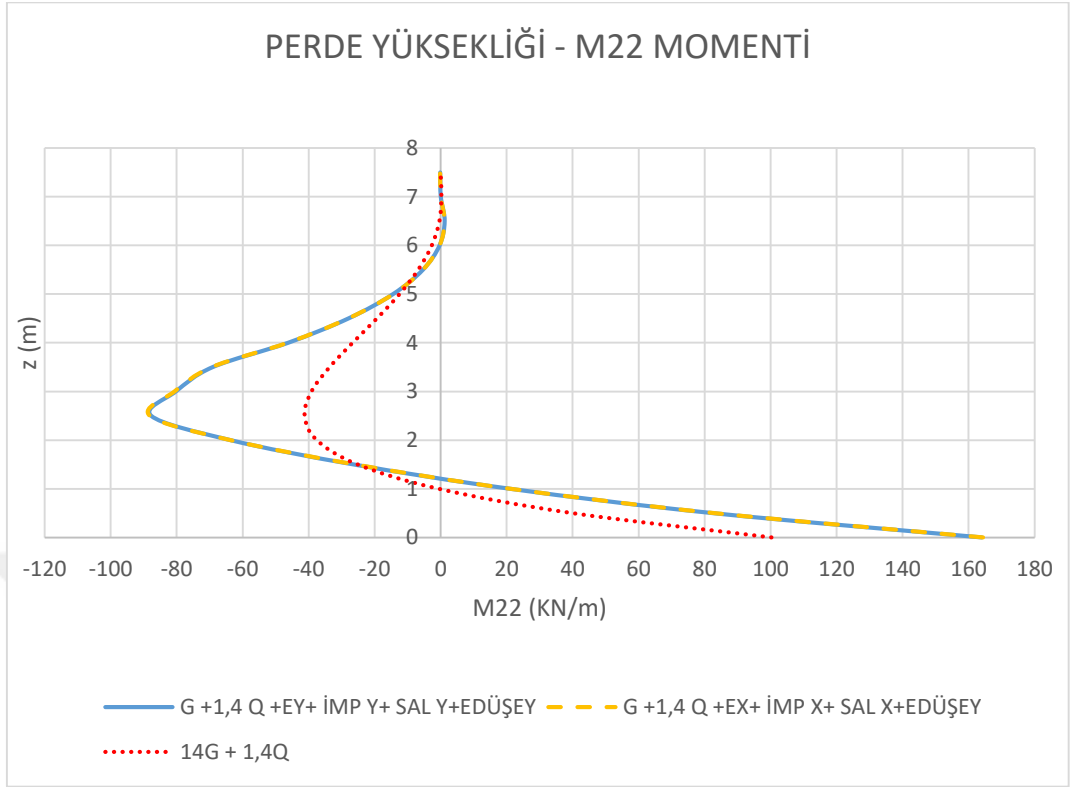
Tablo 48. $V=7500 \text{ m}^3$ $D=30,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}}=11,2 \text{ m}$ KONYA/ZD**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

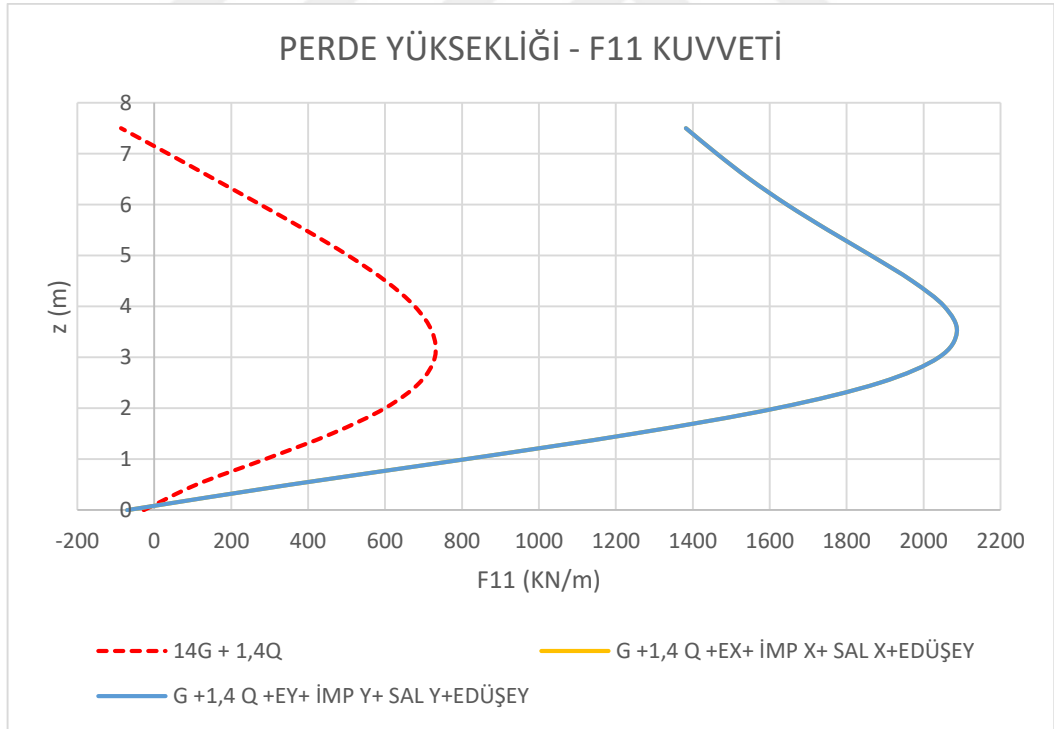
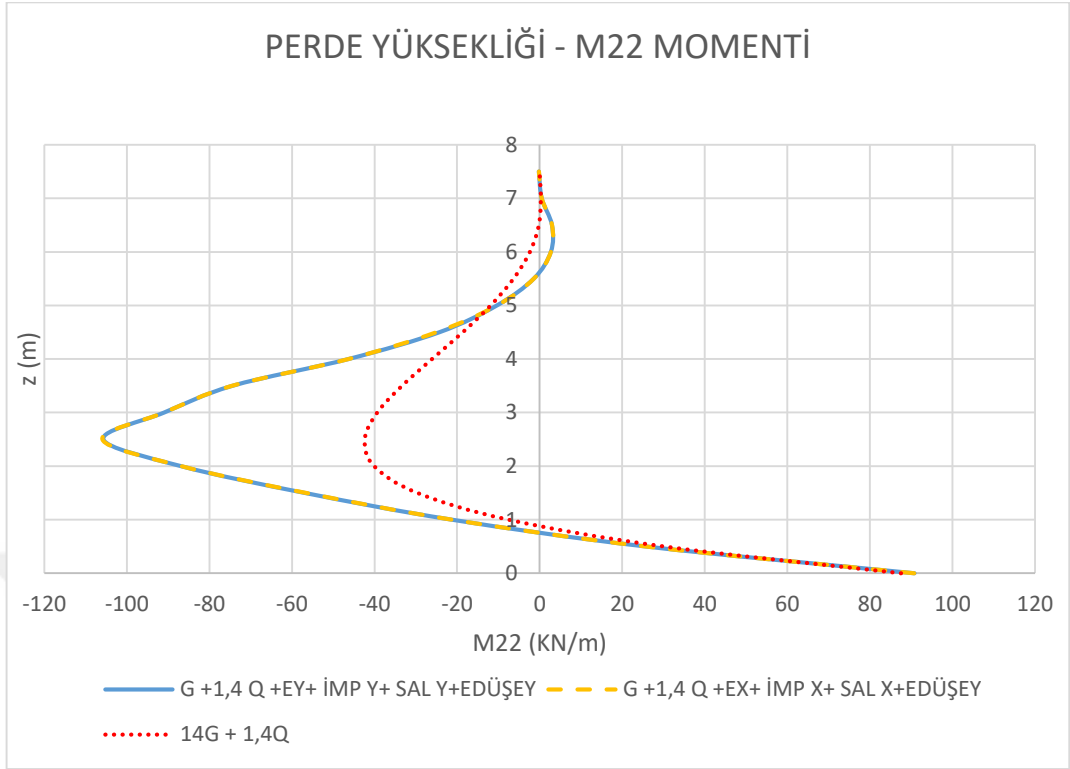
Tablo 49. $V= 7500 \text{ m}^3$ $D=30,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 11,2 \text{ m}$ KOCAELİ/ZA

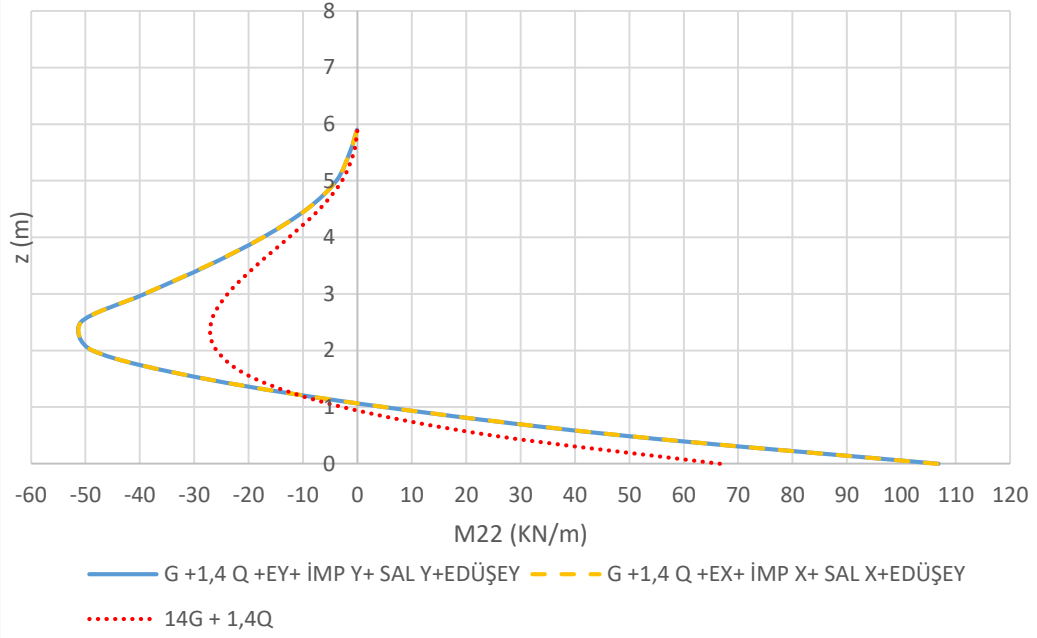
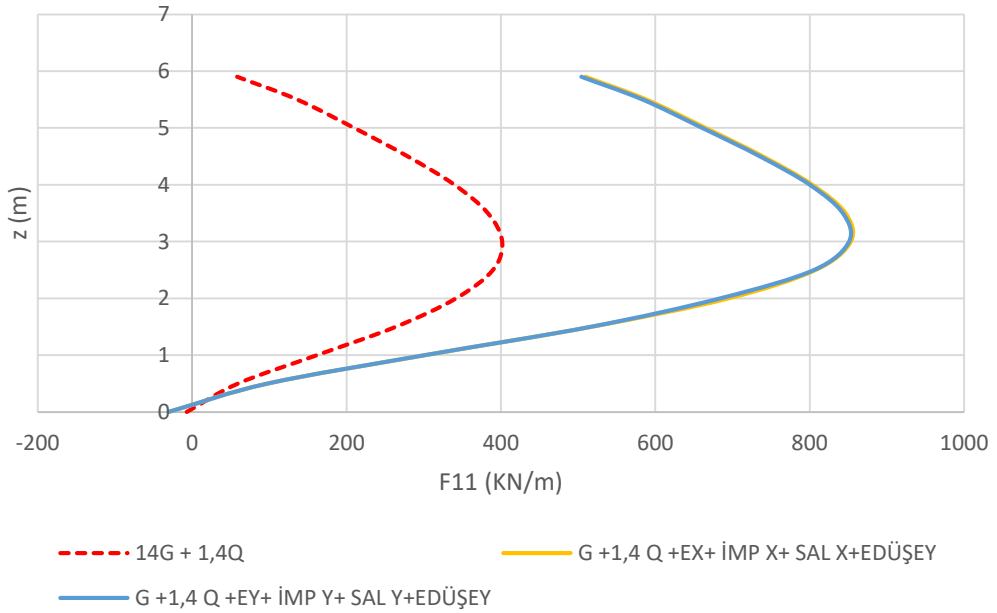
Tablo 50. $V=7500\text{ m}^3$ $D=30,5\text{ m}$ $H_{\text{Depo}}=11,2\text{ m}$ KOCAELİ/ZD

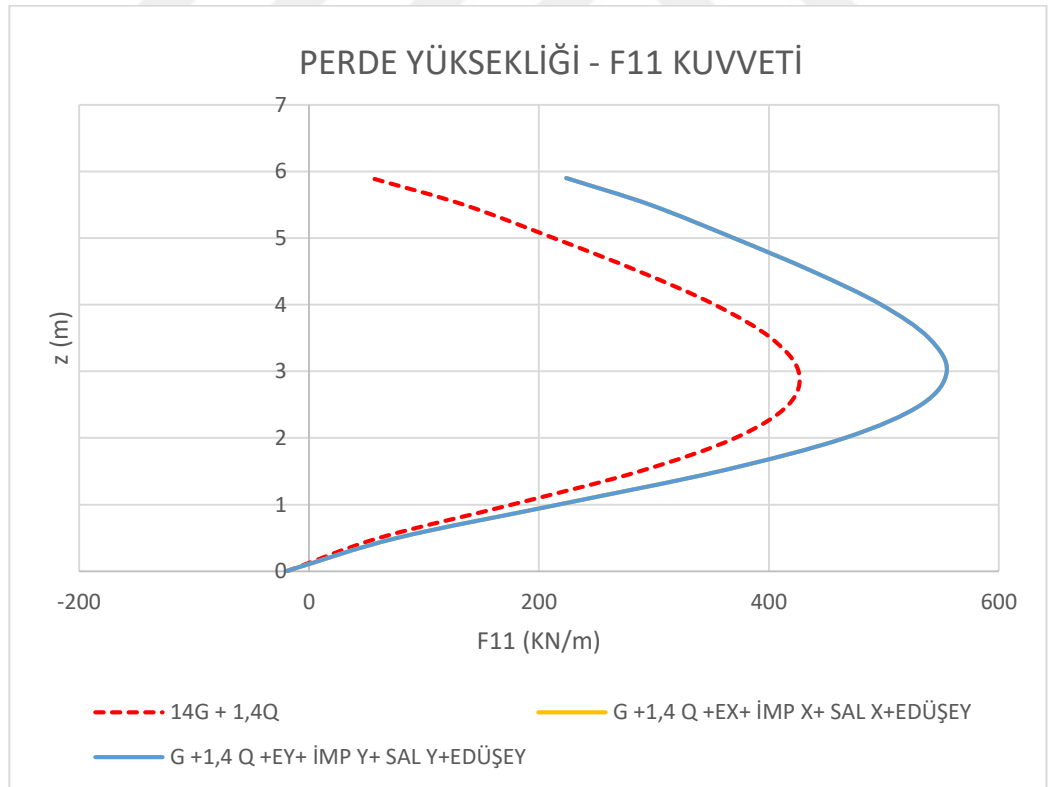
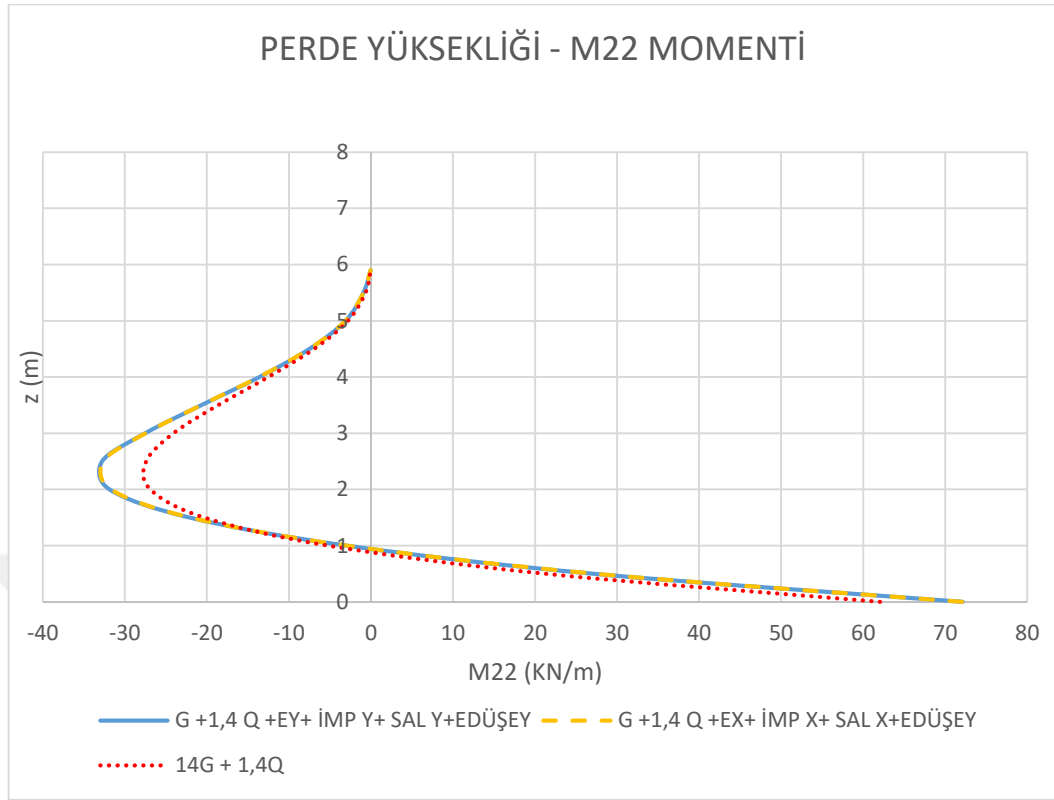
Tablo 51. $V=7500\text{ m}^3$ $D=38,5\text{ m}$ $H_{\text{Depo}}=7,5\text{ m}$ KONYA/ZA**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

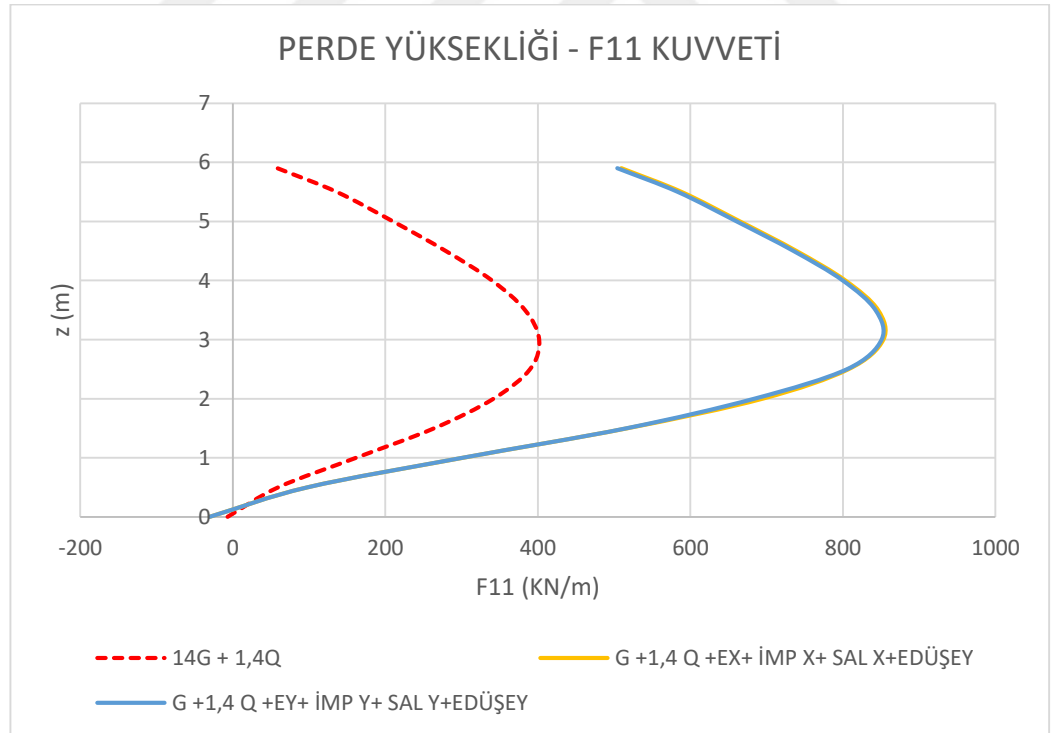
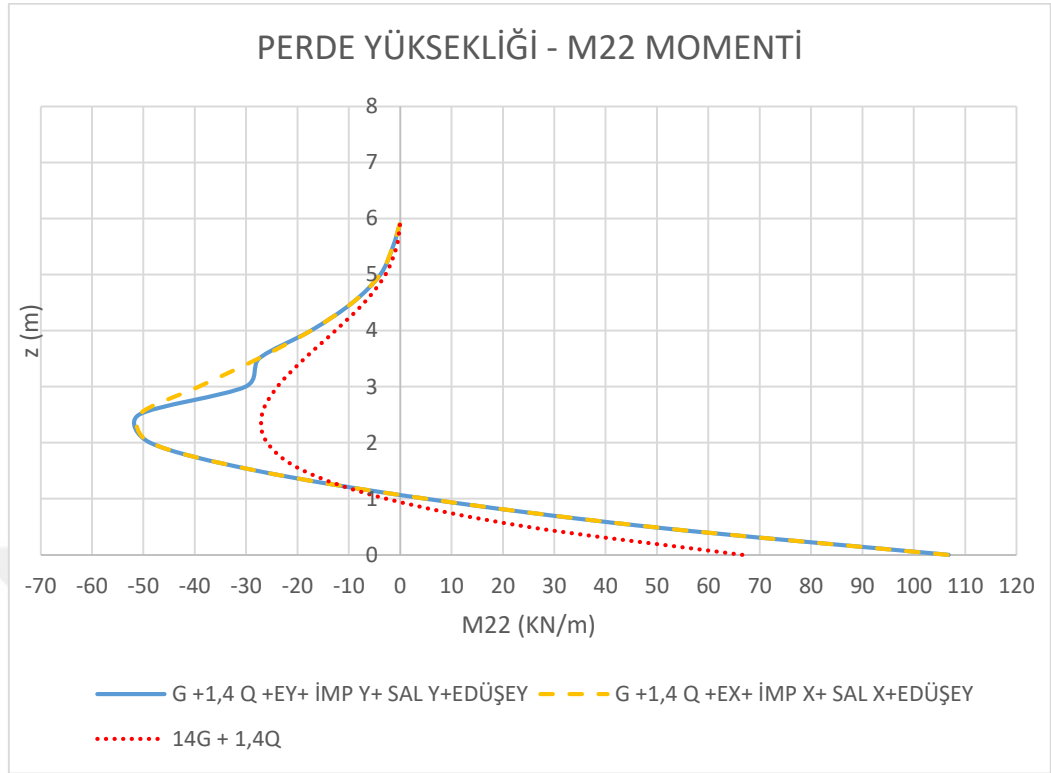
Tablo 52. $V = 7500 \text{ m}^3$ $D = 38,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 7,5 \text{ m}$ KONYA/ZD**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

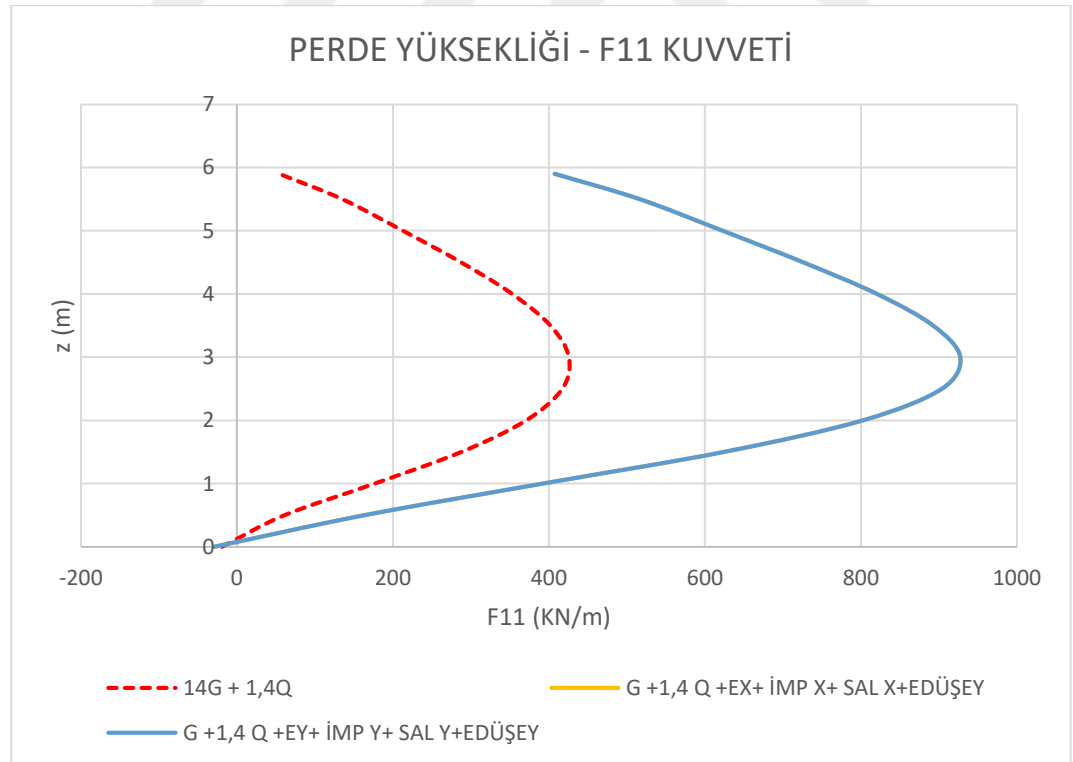
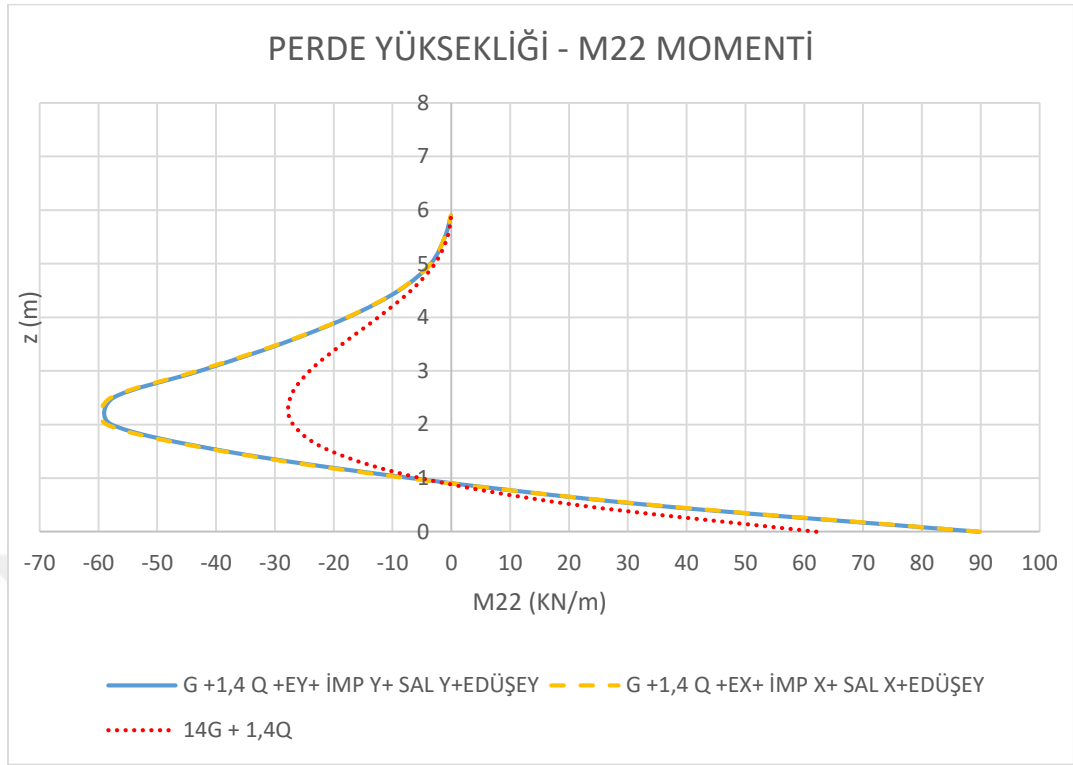
Tablo 53. $V= 7500 \text{ m}^3$ $D=38,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 7,5 \text{ m}$ KOCAELİ/ZA

Tablo 54. $V= 7500 \text{ m}^3$ $D=38,5 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 7,5 \text{ m}$ KOCAELİ/ZD

Tablo 55. $V= 7500 \text{ m}^3$ $D=44 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,9 \text{ m}$ KONYA/ZA**PERDE YÜKSEKLİĞİ - M22 MOMENTİ****PERDE YÜKSEKLİĞİ - F11 KUVVETİ**

Tablo 56. $V= 7500 \text{ m}^3$ $D=44 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,9 \text{ m}$ KONYA/ZD

Tablo 56. $V = 7500 \text{ m}^3$ $D = 44 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,9 \text{ m}$ KOCAELİ/ZA

Tablo 57. $V = 7500 \text{ m}^3$ $D = 44 \text{ m}$ $H_{\text{Depo}} = 5,9 \text{ m}$ KOCAELİ/ZD

EK-5 Perdelerdeki boyuna ve enine donatı metrajları

DEPO ÖZELLİKLERİ					PERDE ALT KISIM BOYUNA DONATILAR				
SU HACMİ (M ³)	H _{DEPO} (M)	D (M)	İL	ZEMİN SINIFI	M22 (kNm)	DONATI	L (M)	ADET	MİKTAR (TON)
2500	8,00	21	KONYA	ZA	74,672	φ12/20	4,06	680	2,452
2500	8,00	21	KONYA	ZD	73,737	φ12/20	4,06	680	2,452
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZA	70,336	φ12/20	4,06	680	2,452
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZD	65,900	φ12/20	4,06	680	2,452
2500	5,50	27	KONYA	ZA	46,325	φ12/20	3,96	844	2,968
2500	5,50	27	KONYA	ZD	49,158	φ12/20	3,96	844	2,968
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZA	69,369	φ12/20	3,96	844	2,968
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZD	57,926	φ12/20	3,96	844	2,968
2500	4,40	30,5	KONYA	ZA	29,797	φ12/20	3,46	969	2,978
2500	4,40	30,5	KONYA	ZD	34,010	φ12/20	4,26	969	3,666
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZA	51,755	φ12/20	4,26	969	3,666
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZD	46,172	φ12/20	4,26	969	3,666
7500	11,20	30,5	KONYA	ZA	166,497	φ12/14	4,86	1393	6,013
7500	11,20	30,5	KONYA	ZD	113,500	φ12/20	4,86	975	4,209
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZA	177,967	φ12/20	5,07	975	4,391
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZD	138,600	φ12/20	14,66	975	12,693
7500	7,50	38,5	KONYA	ZA	112,088	φ12/20	4,96	1216	5,357
7500	7,50	38,5	KONYA	ZD	95,436	φ12/20	3,96	1216	4,277
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZA	164,388	φ12/16	5,17	1520	6,980
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZD	90,839	φ12/20	4,17	1216	4,504
7500	5,90	44	KONYA	ZA	73,230	φ12/20	3,86	1398	4,793
7500	5,90	44	KONYA	ZD	72,118	φ12/20	3,86	1398	4,793
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZA	106,842	φ12/18	4,86	1553	6,704
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZD	89,940	φ12/20	3,86	1398	4,793

DEPO ÖZELLİKLERİ					PERDE ORTA KISIM BOYUNA DONATILAR				
SU HACMİ (M ³)	H _{DEPO} (M)	D (M)	İL	ZEMİN SINIFI	M22 (kNm)	DONATI	L (M)	ADET	MİKTAR (TON)
2500	8,00	21	KONYA	ZA	23,102	φ12/20	12,06	680	7,283
2500	8,00	21	KONYA	ZD	25,774	φ12/20	12,06	680	7,283
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZA	52,877	φ12/19	12,06	716	7,668
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZD	67,904	φ12/15	11,06	906	8,899
2500	5,50	27	KONYA	ZA	15,939	φ12/20	10,96	844	8,215
2500	5,50	27	KONYA	ZD	17,074	φ12/20	10,96	844	8,215
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZA	30,646	φ12/20	10,96	844	8,215
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZD	35,255	φ12/20	9,96	844	7,465
2500	4,40	30,5	KONYA	ZA	9,041	φ12/20	9,86	969	8,485
2500	4,40	30,5	KONYA	ZD	9,926	φ12/20	9,86	969	8,485
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZA	16,528	φ12/20	9,86	969	8,485
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZD	19,281	φ12/20	9,86	969	8,485
7500	11,20	30,5	KONYA	ZA	63,494	φ12/20	14,66	975	12,693
7500	11,20	30,5	KONYA	ZD	65,671	φ12/20	16,06	975	13,905
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZA	120,681	φ14/16	14,87	1218	21,881
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZD	29,038	φ12/20	23,06	975	19,966
7500	7,50	38,5	KONYA	ZA	47,848	φ12/20	15,96	1216	17,235
7500	7,50	38,5	KONYA	ZD	53,609	φ12/20	14,96	1216	16,155
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZA	88,115	φ14/18	15,17	1351	24,760
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZD	105,678	φ14/16	14,17	1520	26,021
7500	5,90	44	KONYA	ZA	30,062	φ12/20	11,86	1398	14,725
7500	5,90	44	KONYA	ZD	32,771	φ12/20	11,86	1398	14,725
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZA	50,854	φ12/20	11,86	1398	14,725
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZD	58,585	φ12/18	11,86	1553	16,357

DEPO ÖZELLİKLERİ					PERDE ÜST KISIM BOYUNA DONATILAR			
SU HACMİ (M ³)	H _{DEPO} (M)	D (M)	İL	ZEMİN SINIFI	DONATI	L (M)	ADET	MİKTAR (TON)
2500	8,00	21	KONYA	ZA	φ12/25	7,26	545	3,514
2500	8,00	21	KONYA	ZD	φ12/25	7,26	545	3,514
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZA	φ12/25	7,26	545	3,514
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZD	φ12/25	8,26	545	3,998
2500	5,50	27	KONYA	ZA	φ12/25	3,26	676	1,957
2500	5,50	27	KONYA	ZD	φ12/25	3,26	676	1,957
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZA	φ12/25	3,26	676	1,957
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZD	φ12/25	4,26	676	2,558
2500	4,40	30,5	KONYA	ZA	φ12/25	2,06	775	1,418
2500	4,40	30,5	KONYA	ZD	φ12/25	2,06	775	1,418
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZA	φ12/25	2,06	775	1,418
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZD	φ12/25	2,06	775	1,418
7500	11,20	30,5	KONYA	ZA	φ12/25	11,06	780	7,661
7500	11,20	30,5	KONYA	ZD	φ12/25	9,66	780	6,691
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZA	φ12/25	11,06	780	7,661
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZD	φ12/25	2,66	780	1,843
7500	7,50	38,5	KONYA	ZA	φ12/25	2,26	974	1,955
7500	7,50	38,5	KONYA	ZD	φ12/25	3,26	974	2,820
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZA	φ12/25	3,26	974	2,820
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZD	φ12/25	4,26	974	3,685
7500	5,90	44	KONYA	ZA	φ12/25	3,06	1118	3,039
7500	5,90	44	KONYA	ZD	φ12/25	3,06	1118	3,039
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZA	φ12/25	3,06	1118	3,039
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZD	φ12/25	3,06	1118	3,039

DEPO ÖZELLİKLERİ					PERDE ALT KISIM ENİNE DONATILAR				
SU HACMİ (M ³)	H _{DEPO} (M)	D (M)	İL	ZEMİN SINIFI	F11(kN)	DONATI	L (M)	ADET	MİKTAR (TON)
2500	8,00	21	KONYA	ZA	666,57	φ10/8	142,70	44	3,874
2500	8,00	21	KONYA	ZD	768,22	φ14/14	145,44	25	4,392
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZA	1308,42	φ14/8	145,44	44	7730
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZD	1596,77	φ14/7	145,44	50	8784
2500	5,50	27	KONYA	ZA	409,92	φ12/20	178,77	15	2,341
2500	5,50	27	KONYA	ZD	461,57	φ12/17	178,77	18	2,858
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZA	771,18	φ14/14	180,45	22	4,686
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZD	1005,49	φ16/14	182,13	22	6,179
2500	4,40	30,5	KONYA	ZA	273,42	φ10/20	202,97	14	1,753
2500	4,40	30,5	KONYA	ZD	337,96	φ10/16	202,97	18	2,191
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZA	690,07	φ14/16	206,75	18	4,370
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZD	648,10	φ14/17	206,75	19	4,701
7500	11,20	30,5	KONYA	ZA	1490,10	φ14/7	211,79	45	18,850
7500	11,20	30,5	KONYA	ZD	1720,61	φ16/8	209,90	53	17,389
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZA	2807,76	φ18/6	211,79	82	34,558
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZD	3228,02	φ26/12	219,36	41	37,333
7500	7,50	38,5	KONYA	ZA	880,13	φ16/16	262,37	25	10,350
7500	7,50	38,5	KONYA	ZD	1022,12	φ12/8	257,53	50	11,434
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZA	1631,78	φ20/14	267,21	29	18,826
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZD	2040,04	φ22/13,5	269,62	26	20,858
7500	5,90	44	KONYA	ZA	491,17	φ10/11	292,93	28	4,929
7500	5,90	44	KONYA	ZD	554,733	φ14/20	298,39	18	6,308
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZA	853,078	φ16/17	301,13	21	9,783
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZD	927,292	φ18/20	303,86	18	10,624

DEPO ÖZELLİKLERİ					PERDE ORTA KISIM ENİNE DONATILAR				
SU HACMİ (M ³)	H _{DEPO} (M)	D (M)	İL	ZEMİN SINIFI	F11(kN)	DONATI	L (M)	ADET	MİKTAR (TON)
2500	8,00	21	KONYA	ZA	623,70	φ10/9	142,70	17	1,496
2500	8,00	21	KONYA	ZD	726,91	φ14/15	145,44	10	1,756
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZA	1236,34	φ14/9	145,44	17	2,986
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZD	1497,47	φ14/7	145,44	22	3,777
2500	5,50	27	KONYA	ZA	385,80	φ10/14	177,09	11	1,201
2500	5,50	27	KONYA	ZD	446,02	φ12/18	178,77	9	1,349
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZA	754,86	φ14/14	180,45	11	2,397
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZD	989,70	φ16/14	182,13	11	3,161
2500	4,40	30,5	KONYA	ZA	258,44	φ10/20	202,97	4	0,500
2500	4,40	30,5	KONYA	ZD	337,14	φ10/17	202,97	5	0,589
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZA	724,60	φ14/15	206,75	6	1,332
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZD	638,978	φ14/17	206,75	5	1,175
7500	11,20	30,5	KONYA	ZA	1490,10	φ14/7	208,01	50	12,563
7500	11,20	30,5	KONYA	ZD	1713,65	φ16/8	209,90	44	14,445
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZA	2662,20	φ16/5	209,90	70	23,185
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZD	3000,44	φ26/11	217,47	32	24,711
7500	7,50	38,5	KONYA	ZA	846,93	φ14/13	259,95	12	3,623
7500	7,50	38,5	KONYA	ZD	989,48	φ18/18	264,79	9	4,408
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZA	1702,35	φ16/8	262,37	19	7,762
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZD	2087,02	φ16/7	269,62	22	8,871
7500	5,90	44	KONYA	ZA	472,66	φ10/12	292,93	13	2,259
7500	5,90	44	KONYA	ZD	539,06	φ12/15	295,66	10	2,625
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZA	846,09	φ16/17	301,13	9	4,192
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZD	892,89	φ14/12	298,86	13	4,505

DEPO ÖZELLİKLERİ					PERDE ÜST KISIM ENİNE DONATILAR				
SU HACMİ (M ³)	H _{DEPO} (M)	D (M)	İL	ZEMİN SINIFI	F11(kN)	DONATI	L (M)	ADET	MİKTAR (TON)
2500	8,00	21	KONYA	ZA	359,10	φ10/15	142,70	20	1,760
2500	8,00	21	KONYA	ZD	452,39	φ12/18	144,07	17	2,132
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZA	730,01	φ14/15	145,44	20	3,513
2500	8,00	21	KOCAELİ	ZD	884,03	φ14/12	145,44	25	4,392
2500	5,50	27	KONYA	ZA	194,61	φ8/18	175,41	6	0,415
2500	5,50	27	KONYA	ZD	218,75	φ8/16	175,41	7	0,450
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZA	479,81	φ12/17	178,77	6	0,952
2500	5,50	27	KOCAELİ	ZD	752,34	φ16/19	182,13	6	1,580
2500	4,40	30,5	KONYA	ZA	273,42	φ10/20	201,07	5	0,352
2500	4,40	30,5	KONYA	ZD	308,12	φ10/18	202,97	5	0,556
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZA	763,08	φ14/14	206,75	6	1,427
2500	4,40	30,5	KOCAELİ	ZD	614,20	φ14/18	206,75	3	0,555
7500	11,20	30,5	KONYA	ZA	538,00	φ10/10	204,22	28	3,528
7500	11,20	30,5	KONYA	ZD	783,93	φ16/18	209,90	20	6,440
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZA	1101,55	φ14/10	208,01	28	7,035
7500	11,20	30,5	KOCAELİ	ZD	3228,02	φ26/12	211,79	19	7,644
7500	7,50	38,5	KONYA	ZA	581,16	φ12/14	257,53	15	3,267
7500	7,50	38,5	KONYA	ZD	732,91	φ16/20	262,37	10	4,140
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZA	1553,40	φ20/14	267,21	15	9,413
7500	7,50	38,5	KOCAELİ	ZD	1751,84	φ20/13	267,21	20	12,671
7500	5,90	44	KONYA	ZA	291,90	φ10/19	292,93	8	1,332
7500	5,90	44	KONYA	ZD	369,33	φ10/15	292,93	6	1,84
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZA	664,82	φ14/16	298,39	6	2,028
7500	5,90	44	KOCAELİ	ZD	622,45	φ14/18	298,39	5	1,802

EK-6 Nervürlü inşaat demiri birim ağırlıkları

Çap (mm)	Ağırlık (kg/m)
8	0,395
10	0,617
12	0,888
14	1,208
16	1,578
18	1,998
20	2,466
22	2,984
24	3,551
26	4,168
28	4,834
30	5,549
32	6,313
34	7,127
36	7,990
38	8,903
40	9,865