

**BETONARME BİNALARDA DEPREM
PERDELERİNİN BOYUTLANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş.Müh. Eser ANDİNÇ
(501021025)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Ocak 2005

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK
Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Tülay Aksu ÖZKUL
Doç.Dr. Necdet TORUNBALCI

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, binaların deprem boylarının belirli kriterler çerçevesinde tesbiti yapılmıştır.

Bu tez çalışmasının oluşum ve gelişim sürecinde, yönlendirici ve öğretici çalışmaları ile tez aşamalarını beraber yürüttüğüm Sn.Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK'e ve hayatımın her döneminde sabır ve destekleri ile yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Aralık, 2004

Eser ANDİNÇ

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. PERDELİ ve PERDE-ÇERÇEVELİ İSTEMLER	3
2.1. Perde Elemanı	3
2.2. Perdeli Sistemlerin Dünyadaki Şiddetli Depremlerdeki Davranışları	3
2.3. Konsol Perdelerin Davranışı	6
2.4. Konsol Perdelerin Göçme Şekilleri	9
2.5. Perde Kesitlerini Düzenleme Şekilleri	11
2.6. Perdelerin Planda Yerleştirilmesi	11
2.7. Yapı Özellikleri	14
2.7.1. Rijitlik	14
2.7.2. Dayanım	16
2.7.3. Süneklik	16
2.8. Perde-Çerçeve Sistem Etkileşimleri	18
3. TÜRKİYE AFET YÖNETMELİĞİ 98'DEKİ İLGİLİ BÖLÜMLER	20
3.1. Zemin Koşullarının Belirlenmesi	20
3.2. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması	22
3.3. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	23
3.4. Bina Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi	26
3.5. Yerdeğitirmelerin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri	28
3.6. Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları	29
3.6.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar	29
3.6.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler	30
4. BİNALARDAKİ DEPREM PERDE BOYLARI	36
4.1. Ortalama Düşey ve Yatay Yükler	37
4.1.1. Düşey Yükler	37
4.1.2. Yatay Yükler	38
4.2 Perde Boyutlandırılmasında Esas Alınan Kriterler	39
4.2.1. Katlar Arasındaki Görelî Yer Değiştirme	40
4.2.2. Perde Uç Bölge Donatıları	41
4.2.3. Perde Elemanlarında Süneklik	41
4.2.4. Perde Gövde Donatıları	42

4.2.5. Perdelerde Kesme Kontrolü	42
4.2.6. Perde En kesit Koşulları	43
4.3 Hesap Aşamaları	44
5.SAYISAL UYGULAMA	47
6.SONUÇLAR	64
KAYNAKLAR	67
EKLER	69
ÖZGEÇMİŞ	122

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Zemin grupları	21
Tablo 3.2. Yerel zemin sınıfları.....	21
Tablo 3.3. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0).....	22
Tablo 3.4. Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B).....	23
Tablo 3.5. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.....	23
Tablo 3.6. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).....	25
Tablo 4.1. E.Atımtay'ın perde alanları önerisi.....	36

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Konsol perde..... 7
Şekil 2.2	Perde kesitinde eğilme momenti-eğrilik değişimi..... 8
Şekil 2.3	Boyutları yükseklikle değişen perdeler 9
Şekil 2.4	Perdelerin göçme biçimleri..... 10
Şekil 2.5	Kesme kırılması altında histerik davranış..... 10
Şekil 2.6	Perde kesit şekilleri..... 11
Şekil 2.7	Tünel kalıp sistemleri..... 12
Şekil 2.8	Perdelerin planda düzenleme şekilleri..... 14
Şekil 2.9	Konsol perde üzerinde ötelenme rijitliğinin tanımlanması..... 15
Şekil 2.10	Moment – eğrilik ilişkisi üzerindeki eğilme rijitliği..... 16
Şekil 2.11	N-M- Φ ilişkisi..... 17
Şekil 2.12	Elasto plastik davranış..... 18
Şekil 2.13	Deprem azaltma katsayısı..... 18
Şekil 2.14	Perde-çerçeve yapısındaki yanal yük etkime durumu altında perde çerçeve etkileşimi..... 19
Şekil 3.1	Deprem kuvvetlerinin katlara dağıtılması..... 26
Şekil 3.2	Fiktif yükün katlara etkimesi..... 27
Şekil 3.3	Perde donatı düzeni..... 32
Şekil 3.4	Tasarım eğilme momentleri..... 34
Şekil 4.1	Tarafsız eksen derinliği..... 42
Şekil 5.1	13 Kat, 600m ² bina planı (Z3, 1.derece deprem bölgesi)..... 47
Şekil 5.2	Temel üstü momenti..... 48
Şekil 5.3	13 Kat, 600m ² bina planı, (Z1, 1.derece deprem bölgesi)..... 51
Şekil 5.4	18 Kat, 600m ² bina planı, (Z3, 1.derece deprem bölgesi)..... 53
Şekil 5.5	18 Kat, 600m ² bina planı, (Z1, 1.derece deprem bölgesi)..... 54
Şekil 5.6	8.Kat, 400m ² bina planı, (Z1, 1.derece deprem bölgesi)..... 56
Şekil 5.7	8 Kat, 400m ² bina planı, (Z1, 3.derece deprem bölgesi)..... 58
Şekil 5.8	15 Kat, 400m ² bina planı, (Z3, 1.derece deprem bölgesi)..... 60
Şekil 5.9	15 Kat, 400m ² bina planı, (Z3, 2.derece deprem bölgesi)..... 62

SEMBOL LİSTESİ

- A(T)** : Spektral ivme katsayısı
A₀ : Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesi alanı (m²)
A_{ch} : Boşluksuz perdenin, boşluksuz veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı (m²)
A_t : Birinci doğal titreşim modunun hesabında kullanılan eşdeğer alan (m²)
A_{wj} : Binanın temel üzerindeki ilk katında j'inci perdenin brüt enkesit alanı (m²)
A_{sh} : s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan b_k'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
ΣA_g : Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının brüt enkesitleri alanı toplamı
ΣA_p : Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
b_w : Kirişin veya perde parçasının plandaki uzunluğu
C_t : Eşdeğer deprem yükü yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı
d_{fi} : Binanın i'inci katında F fiktif yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
d_i : Binanın i'inci katında deprem yüklerine karşı hesaplanan yer değiştirme
f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck} : Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yd} : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk} : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywk} : Enine donatının karakteristik akma dayanımı
F_{fi} : Birinci doğal titreşim modunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
g : Yerçekim ivmesi (9.81 m/s²)
g_i : Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
h : Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyu
h_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği
H_{cr} : Kritik perde yüksekliği
H_i : Binanın i'inci katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği (m)

H_N	: Binanın temel üzerinden ölçülen toplam yüksekliği (m)
H_w	: Temel üzerinden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
L	: Binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki plan boyu
I	: Bina önem katsayısı
l_{wj}	: Binanın temel üzerindeki ilk katında j'inci perdenin, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki uzunluğu (m)
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
n_b	: Binanın bir katındaki perde sayısı
N	: Binanın temel üzerinden itibaren toplam kat sayısı
N_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenal kuvvet
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
q_i	: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
T	: Binanın doğal titreşim periyodu (s)
T_{1A}	: Binanın ampirik bağıntılarla hesaplanan doğal titreşim periyodu (s)
V_c	: Betonun kesme dayanımına katkısı
V_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_t	: Eşdeğer deprem yükü
V_r	: Perde kesitinin kesme dayanımı
W	: Binanın toplam ağırlığı
Δ_i	: Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelenmesi
$(\Delta_i)_{max}$	: Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelenmesi
ΔF_N	: Binanın N'inci katına etkiyen eşdeğer deprem yükü
θ_i	: i'inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
ϵ_{cu}	: Beton uç bölgesindeki birim kısalma
ϵ_y	: Beton donatısındaki birim uzama

BETONARME BİNALARDA DEPREM PERDELERİNİN BOYUTLANDIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada, yatay deprem yükleri altında, taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek perde ve perde-çerçeve olarak teşkil edilmiş betonarme binalardaki perde boylarının tespiti yapılmıştır.

Perdeler yatay rijitlikleri nedeni ile, deprem etkisi altında betonarme binalarda kullanılan etkili bir taşıyıcı sistem elemanıdır. Perde elemanının önemini kavratmak ve perde boylarının ön tespitinde bir kaynak sağlamak açısından, 20 kata (60m) kadar olan binalardaki çeşitli kat adetleri için bina alanı, zemin grubu, deprem bölgesi, perde genişliği ve malzeme dayanımına bağlı değişkenler için perde boyları belirlenmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde, çalışmanın amaç ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümde, betonarme perdeler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Yine bu bölümde, perdelerin yerleştirme ve modelleme esasları, depremdeki davranışları, göçme şekilleri, yer değiştirmeleri ve süneklikleri ile perde-çerçeve karşılıklı etkileşimleri gibi temel kavramlardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, yönetmelikteki süneklik düzeyi yüksek perde ve kolonlar için konstrüktif kurallar ve tezin hesap aşamasında deprem yüklerinin hesabını kolaylaştırması açısından kullanılan eşdeğer deprem yükü yöntemi özetlenmiştir.

Sonraki bölümde, perde boylarının teşkili için yapılan kabuller ve belirlenmesinde kullanılacak kriterler düzenlenmiş ve birkaç sayısal uygulama verilmiştir. Sonuç bölümünde ise, perdelerin önemi, deprem yönetmeliği kayıtları ile ilgili kıyaslamalar ile elde edilen grafikler yorumlanmıştır.

DETERMINATION OF SHEAR WALL DIMENSIONS FOR REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

SUMMARY

On this thesis, under the seismic loads, the dimension of shear walls are determined for the shear walls and wall-frame structural systems with high ductility level.

The shear walls are building members utilized effectively for the seismic resistant reinforced concrete structures because of their high lateral resistance. Dimension of shear walls are calculated for constituted the source and giving concept of importance to wall member with various floor level, plan area, soil groups, earthquake zones, materials and wide of walls till 20 floor level (60 meters).

In the first chapter of this study, aim of the study, content of the thesis, and earlier studies carried out on determination of the shear walls dimensions are presented.

In the second chapter, general knowledge about shear walls are given. Once again at the same part, its talked about arranging and the basis of shear walls, the behaviours, failure models for the seismic effect, general characteristics about structures arrangements and wall frame interactions between wall and frame are described.

In the third chapter, constructive details of the shear walls and columns with high ductility level are mention briefly also Equivalent Static Load Method summarized for using calculation level on thesis.

In the following part, acceptances and criterion for dimensioning of the shear walls with Turkish Earthquake Code and numerical applications are given. Finally, in the last chapter, the final conclusions are presented and added available graphics.

1. GİRİŞ

Deprem kuvvetlerine karşı yapılan projelendirmede temel amaç yapının kullanım şekli ve süresi doğrultusunda yapıya etkin olabilecek olan doğal afet hasarlarına karşı, yapının bu kuvvetler etkisindeki hareketinin, belirli kriterler çerçevesinde yapı içinde uyumunu sağlamaktır. Deprem sonrası kullanımında herhangi bir kısıtlama olması istenmeyen hastane, itfaiye bina ve tesisleri, haberleşme tesisleri v.b, yapıların deprem etkisinde taşıyıcı sisteminde herhangi bir hasara maruz kalması istenmez. Bunun yanında ekonomik zorunluluklar nedeni ile projelendirilen konut, işyerleri v.b yapıların orta şiddetteki depremlerden herhangi bir hasar almaması amaçlanmasına rağmen, büyük depremlerde hasar almaması koşulu aranmaz.

Türkiye sismik hareketler açısından dünyada oldukça aktif bir bölgede yer almaktadır. Ülke bölgesel anlamda % 92 oranında deprem bölgesinde yer alırken, yaşayan ülke nüfusunun % 95'i bu bölge içerisinde yer almaktadır. Ayrıca büyük sanayi merkezlerinin % 98'i ve barajlarımızın %93'ü bu sismik bölge içerisinde projelendirilmiştir [1].

Ülkemizdeki sosyo – ekonomik sorunlar neticesinde, büyük şehirlere olan göçler oldukça yüksek seviyeye ulaşmıştır. Şehir Belediyelerinin alt yapı ve ekonomik eksikliklerinin olması ve şehir merkezlerinin dışındaki yeraltı ve yerüstü yapılarına gereken önemi vermemesinden veya şehir dışına hizmeti sunamamasından dolayı oluşan bu göç etkisi, şehir merkezinde yüksek yapı yapma zorunluluğunu doğurmuştur.

Dünya'da ve Türkiye'de meydana gelen orta ve büyük şiddetteki depremlerden dolayı, özellikle ülkemiz son yıllarda çok büyük can, mal ve iş kaybına uğramıştır. Ülkemizde son yıllarda meydana gelen şiddetli depremlerin ardından binalarda yapılan incelemeler doğrultusunda, perdeli binaların depreme karşı olan direncinin çerçeveli sistemlere oranla çok daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bütün bunlara rağmen çerçeveli taşıyıcı sistemlerin perdeli sistemlere oranla çok daha fazla kullanıldığı ve bu binaların oldukça hasar aldığı gözlenmiştir.

Perdeler yatay kuvvetler doğrultusunda genel rijitlikleri göz önüne alındığında rölatif ve toplam yatay yer değiştirmeleri sınırlandırmaları açısından en uygun yapı elemanı olarak görülebilir. Özellikle 13~20 ve daha yüksek katlı binalarda yatay yer değiştirilmelerin

sınırlandırılması gerek ekonomik zorunluluklar gerekse bu koşulun sağlanabilirliği açısından, perdeli sistem teşkil etmek bir seçimden öte, bir zorunluluk halini almıştır. Bu yüzden gerek bu sınırlamalar gerekse daha iyi bir deprem davranışını elde etmek açısından perdeli sistemleri tercih etmek ve bu sistemin ilgili makam ve örgütlerce insanlara anlatılması ve bu sistemin belirli kriterlerine uyulması sonucunda daha az can, mal ve iş kaybına hasıl olunacağı aşîkardır.

Amaç ve Kapsam

Özellikle son yıllarda önemine daha çok işaret edilen perdeli sistemler yapıya tek başlarına uygulanabildikleri gibi, çerçevelerle birlikte de uygulanarak perde-çerçeve karşılıklı etkileşimi ile yapıya özellikle süneklilikle beraber kazandırılan dayanım sebebi ile tercih edilmektedir. Ayrıca perdeler depremden hasar gören yapıların onarımı için, en uygun ve ucuz bir yapı elemanıdır.

Ancak bir yapıda kullanılması gereken perde boyları için Türkiye Afet Yönetmeliğı 98'deki bilgilerin yeterli seviyede olmaması ve U.ERSOY'un perde boyları ön tesbiti hakkında, binaya etkiyen her deprem yönündeki perde boylarının (1-12 kat arasındaki konut ve iş yerleri için) kat alanının %1.5'i oranında teşkil edilmesini uygun gören yaklaşımı ve E.ATİMTAY'ın bu konuya kat adetlerine bağılı olarak bazı değerler vermesi; ancak bu çalışmaların çeşitli zemin ve deprem bölgeleri için bağımsız olmaları nedeni ile bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yapılan bu çalışma ile hangi kriterin –donatı oranı, süneklilik, deplasman vb.- etkin olduğunun araştırılması da yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanım genişliğı göz önüne alınarak seçilen çeşitli kat adedi ve plan alanlarına bağılı olarak, yönetmelikteki mevcut deprem bölgeleri ve zemin grupları çeşitliliğinde konut, işyeri v.b gibi yapılarda, yalnız perdeli ve perde-çerçeve olarak teşkil edilen sistemlere ait perde boyları grafiklerle teşkil edilmiştir.

Böylelikle projelendirmenin ön safhasında mühendise taşıyıcı sistemi oluşturmada ön fikir vermesi, ayrıca mimarın çizilecek mimari projeyi gereken perde boylarını göz önünde bulundurması ile mühendisin taşıyıcı sistemi oluşturmada karşılaşılabileceğı bazı kısıtlamaları ortadan kaldırması veya mimari projedeki zorunlu değışiklikleri engellemesi amaç edinilmiştir.

2. PERDELİ ve PERDE-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER

2.1. Perde Elemanı

Perdeler, plandaki uzun kenarının kısa kalınlığına oranı en az yedi olan, düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perdeler yatay yüklerin taşınmasında etkili olarak kullanılırlar. Bir yapıda çerçeveler ile beraber kullanılabildiği gibi, düşey yüklerin sadece perdeler tarafından taşındığı sistemler de vardır. Çerçeveler ile beraber kullanıldıklarında perdelerin rijitliği fazla olduğundan dolayı deprem veya rüzgardan oluşan yatay yüklerinin tamamına yakınına karşılarlar. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar.

Özellikle yüksek yapılarda yatay yükler altında kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması açısından, perdelerin kullanılması bazı durumlarda gerekli olur. Döşemeler düzlemlerinde çok rijit olmaları nedeni ile perdelerin birbirlerine göre rölatif hareketlerini engeller. Kirişli döşemelerde, rijit bir döşeme sistemi oluşmasında kirişler de etkili olurken, kirişsiz ve dışlı döşemelerde rölatif uyum sadece döşemeler tarafından sağlanır. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin yapının güvenliğini sağlaması ve kat yer değiştirmeleri sınırlandırarak yapısal hasarları önlemeleri açısından etkili davrandıkları belirlenmiştir. Bu nedenle gelecekte daha yüksek yapıların yapılması eğilimi ile taşıyıcı sistemlerde perdelerin daha yoğun kullanılacağı tahmin edilebilir.

Yüksek yapılarda kullanılan perdelerin yanında, bodrum katlarında binanın dış çevresindeki zemin itkisini karşılamak için de perdeler kullanılır. Bu tür perdelerde düşey düzlemde bulunur, ancak dış yükler, düzlemlerine dik ve yatay olarak ortaya çıkar. Bu bakımdan bu tip perdeler normal bina kat döşemelerine benzerler ve boyutlandırılmaları da benzer kurallarla kullanılarak yapılır [4].

2.2 Perdelerin Dünya'daki Şiddetli Depremlerdeki Davranışları

Perdeli sistemlerin Dünya'daki çeşitli depremler sonucunda gösterdiği davranışın incelenmesi amacı ile, aşağıdaki depremler ve sonuçları özetlenmiştir.

Şili (Mayıs 1960)

Perde duvarlarla ilgili olarak rapor edilen ilk gözlemler arasında, Portland Çimento Birliği tarafından yayınlanan, Gelişmiş Mühendislik Bülteni'nde değinilen 1960 Şili depremidir. Raporda '...Şili deneyimi, şiddetli depremlerde yasal olmayan hasarları kontrol etmek hususunda beton perde duvarların ne kadar uygun olduğunu teyit etmektedir. Perde duvarların çatlamasının söz konusu olduğu durumlar olmuştur; ancak bu, binaların bir bütün olarak performansını etkilememiştir. Gözlemlenen bütün durumlarda parçalanmadan sonra açığa çıkan çelik miktarları bir kural olarak yönetmeliklerde belirlenenden az olmasına rağmen donatılar, duvarları iki doğrultuda bir arada tutumuştur. Esas olarak, duvarlar hasar oluştuktan sonra da işlevlerini sürdürmüşlerdir...' denmektedir.

Üskup, Yugoslavya (Temmuz 1963)

Temmuz 1963'te, Üskup-Yugoslavya'daki depremde, bina boyunca veya çekirdekte donatısız beton duvarlı bazı binalarda guseli kirişlerin alt kısımlarında oluşan az miktarda ayrılmalar hariç, katlararası şekil bozukluklarının engellenmesi yüzünden hiçbir hasar meydana gelmemiştir. Bu durum, söz konusu binaların maruz kaldığı ve kayıtlara geçmiş şiddetli sarsıntılara rağmen oluşmuştur. Bu sarsıntıda bazı iskelet binalar çökmüş ve çoğu da hasara uğramıştır.

Karakas, Venezuela (Temmuz 1967)

Perde duvarlı binaların davranışlarına ilişkin dikkate değer bir diğer örnek de Karakas'taki 17 katlı Plaza One Binası'dır. Her iki yönde de duvarlardan müteşekkil bir yük taşıyıcı sisteme sahip olan Karakas'daki bu bina, çevredeki binalardan birkaçının çökmesi ve diğerlerinin büyük bazılarının tamiri mümkün olmayan hasarlara maruz kalmasına neden olan bir deprem neticesinde, depremi hiçbir şekilde hasara uğramaksızın atlattır.

Güney ve Orta Amerika'nın büyük bölümünde olduğu gibi Karakas'taki binalar, kırılğan kil tuğla bölme duvarları olan, nispeten esnek bir betonarme çerçeve içermektedir. Karakas'daki bu çok katlı binaların bir bölümü çökmüş ve diğer çok katlı çerçeve binaların çoğunda ise içi boş kil tuğladan bölme duvarlar çok büyük hasara uğramıştır.

San Fernando, California (Şubat 1971)

Perde-çerçeve karşılıklı etkileşim sistemli 6 katlı Indian Hill Tıp Merkezi, sadece orta derecede tamirat gerektirecek şekilde depremde ayakta kalabilmiştir. Öte yandan komşusu 8 katlı Holly Cross Hastanesi büyük ölçüde hasar görmüş ve yıkılmıştır.

Birçok bina ve köprüde büyük hasarlar meydana gelmiştir. Bunlar arasında mühendislik literatüründe en çok sözü edileni Olize View Hastanesi'dir.

Managua, Nikaragua (1972)

Managua'daki şiddetli deprem, perde duvarlı ve perde duvarsız binaların depreme dayanıklılık açısından farklarına ilişkin özellikle öğretici bir örnek olmuştur.

Managua Milli Tiyatrosu, salonu çerçeveleyen beton duvar sayesinde hiçbir hasara uğramamıştır. 18 katlı Banco de Amerika ve 16 katlı Banco Central hasara uğramış ve yıkılmak zorunda kalmıştır. Öte yandan, çekirdek duvarlı karşılıklı etkileşim sistemli ve perde duvar iskeletli bir yapı olan Banco de Amerika ise çok az hasara uğramıştır.

Aralarında belli bir masafe olmasına rağmen, Managua'da karşılaştırma yapabilecek diğer iki bina da büyük hasara uğrayan beş katlı betonarme çerçeveli Sigorta Binası ile çerçeveye ek olarak nispeten büyük bir çekirdek içeren 5 katlı Enaluf Binası'dır. Enaluf Binası depremi hemen hemen hiç hasara uğramadan atlattır.

Bükreş, Romanya (Mart 1977)

35 adet çok katlı binanın çöktüğü Bükreş'te, bazıları koridorlar diğerleri de binalar boyunca beton duvarlar içeren yüzlerce yüksek apartman, hiç bozulmadan ve çoğunlukla da hasarsız olarak kalmıştır.

Mexico City (Ekim 1985)

Mexico City'deki şiddetli deprem, çok katlı binaların beton çerçevelerini güçlendirmek için perde duvarlar ihtiva etmemesinin sonuçları hakkında daha fazla delil sağlamaktadır. Yaklaşık 280 adet, 6 ile 15 kat arası, bina bu depremde çökmüştür. Bunlardan hiçbirinde perde duvar bulunmamaktadır. Güney ve Orta Amerika ülkelerinin çoğunda olduğu gibi, sağlamlaştırıcı duvarlar olmaksızın betonarme çerçeveler çok katlı binalar için en yaygın yapı sistemleri olmuşlardır.

Şili (1985)

1985 Şili depremi, aynı yıl meydana gelen Meksika depremine yakın şiddette olmasına rağmen, mühendisler arasında daha az ilgi toplamıştır. Depremi mühendisler arasında az ilgi toplamasının temel nedeni, olayın şiddetine rağmen büyük ölçekli çökmelerin meydana gelmemesidir.

Bu derece küçük ölçüde hasar meydana gelmesinin en önemli sebebi, Şili’de yaygın olarak kullanılan ve kaymayı kontrol etmek amacı ile binalara beton duvarlar ilave edilmesi esasına dayanan mühendislik uygulamasıdır. Şili’deki perde duvarlar için uygulanan detayların genel olarak A.B.D.’deki sismik bölgelere ait düktil detay şartlarına uymadığını, fakat daha çok daha önceki ACI İnşaat Yönetmeliği’ndeki konvansiyonel detaylara uyduğunu kaydetmek gerekir.

1960 ve özellikle 1985 depremlerinde Şili’deki binaların son derece iyi bir performans göstermeleri, perde duvarların sağladığı kayma kontrolünün düktil olmayan iskelet elemanlarını koruyabileceğini göstermektedir.

Ermenistan (Aralık 1988)

Beton duvarları çok katlı yapılara ilave etmenin faydaları veya tam tersine, perde duvarları ihmal etmenin olumsuz sonuçları 1988 Ermenistan depreminde bir kez daha gözlenmiştir.

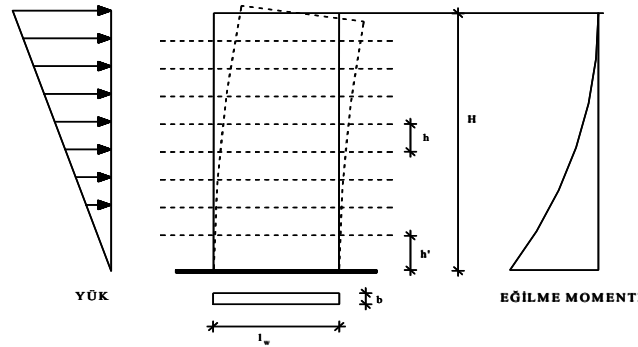
Bu depremde Leninakan, Spitak, Krikovan ve Stepanaman kentlerinde toplam olarak 72 çerçeveli tip bina çökmüş ve 149 bina da büyük ölçüde hasara uğramıştır. Aynı zamanda bu şehirlerdeki 21 büyük panel tip binanın tamamı depremi hiçbir hasar görmeden atlattır.

Hemen hemen tümüyle harap olan Spitak şehrinde ayakta kalan ve hasara uğramayan tek yapı, her iki yönde beton duvar panellere sahip, büyük panel yapı olarak inşa edilmiş olan 5 katlı bir binadır [2].

2.3. Konsol Perdelerin Davranışı

Perdeler yatay yükler altında konsol kiriş gibi davranırlar (Şekil 2.1). Perdeler, her kat seviyesinde kat döşemeleri ile rijit olarak bağlandığından dolayı, ince kesitlerine rağmen yanal burkulma tehlikesi minimum seviyededir. Kat döşemelerinin yanal diyafram gibi etkilerinden dolayı perdelerde burkulmaya neden olan kritik boyun perde yüksekliği

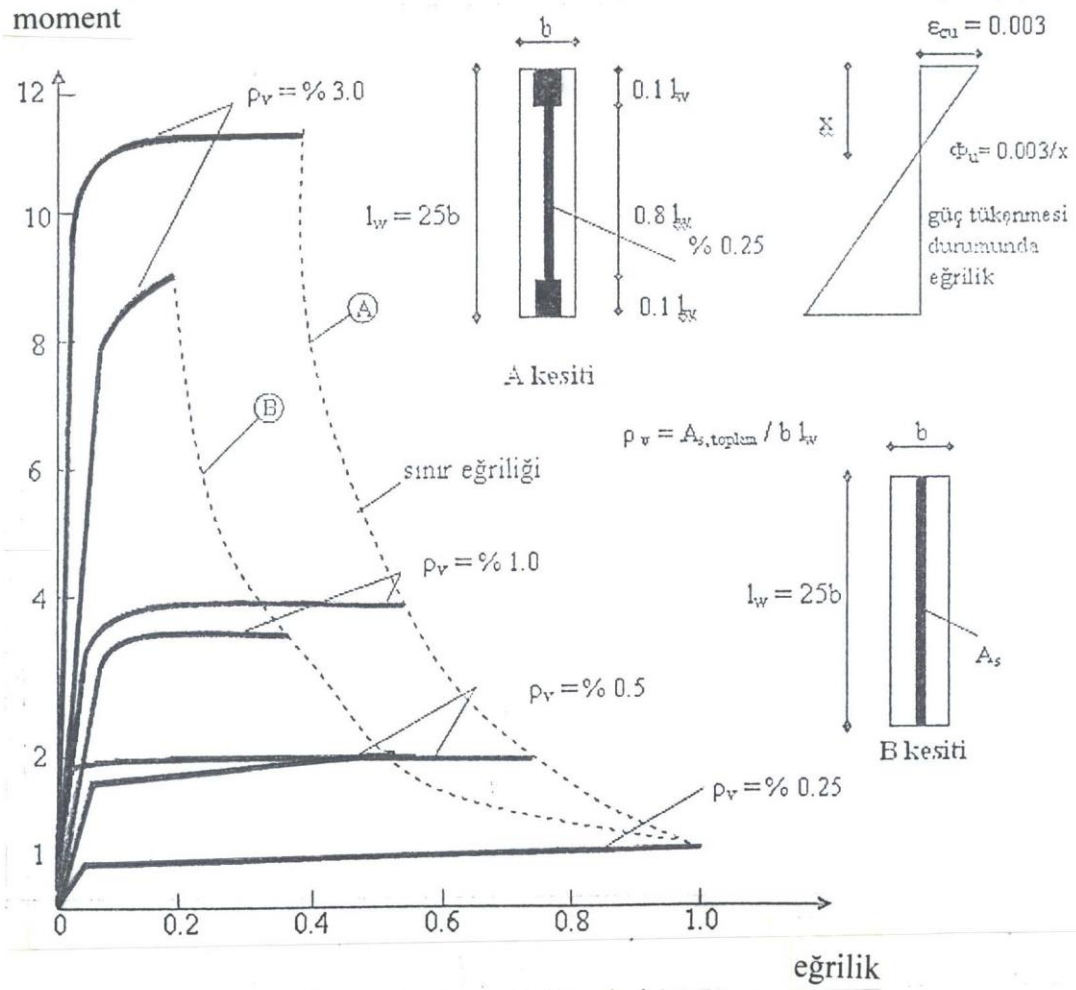
yerine, kat yüksekliğinin kabul edilmesi son derece uygundur. Konsol perdeler yatay yüklerden oluşan eğilme momenti yanında, düşey yüklerden gelen aksenal normal kuvvetin de etkisi altındadır.



Şekil 2.1 Konsol perde

Karşılıklı etki diyagramları ile perdelerin dayanımı bulunabilir [3]. Kesitin taşıma gücü elde edilirken gövdede bulunan düşey donatının da hesaba katılması ile ekonomik sonuç elde edilebilir. Kolonlarla kıyaslandığında, perde-çerçeve sistemlerde perdeler rijitlikleri nedeni ile önemli bir eğilme momenti taşıdıkları halde, taşıdıkları normal kuvvet o kadar büyük değildir. Bu nedenle kesitlerinde özellikle eğilme momentinin hakim olduğu bir durum vardır. Özellikle bu durum perdenin temellerinde bir problem olarak ortaya çıkar. Normal kuvvet küçük olduğu için, çekme gerilmelerinin olduğu alanı azaltmak amacı ile büyük perde temeli yapılması veya komşu kolonları da içine alan ve bu suretle normal kuvveti arttıran bir temel yapılması gerekli olabilir. Bu nedenle perdelerin temelinde yeterli normal kuvvetin sağlanması ve her kat döşemesinden yatay kuvvetlerin alınabilmesi için, döşeme ile perde arasında gerekli bağın oluşturulması önemlidir.

Yüksekliği az olan yapılarda deprem kuvvetleri küçük olduğu için ve perdeler genellikle katın mimari düzenine uygun olarak çoğu durumlarda da gereğinden büyük yerleştirildiği için aşırı zorlanmazlar. Böyle durumlarda iki doğrultuda %0.25 oranında bir konstrüktif donatı tavsiye edilir. Böylece perdenin moment taşıma özelliği sağlandığı gibi, sünekliği de önemli ölçüde artar. Gövdede bulunan donatının kuvvet kolu küçük olduğundan etkili bir şekilde kullanılmaz. Perdelerde gövde donatısının arttırılması ile taşınacak moment büyütülse de kesitin göçme durumunda ulaşabileceği eğrilik, yani kesitin sünekliği azalır (Şekil 2.2).

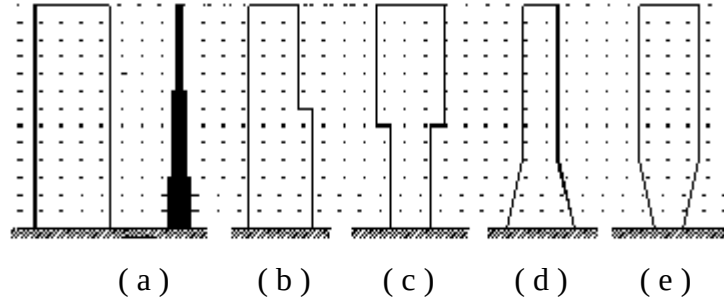


Şekil 2.2 Perde Kesitinde Eğilme Momenti-Eğrilik Değişimi

Perdenin en çok zorlandığı mesnet kesitinde betonun en büyük kışalmasını büyütmek ve böylece kesitin sünekliğini arttırmak için, kolonlardaki gibi mesnetten yukarı bölgede perdenin plandaki boyutuna yakın yükseklik boyunca etriyelerin sıklaştırılması uygundur. Bunun yanında perdelerde de boyuna donatıların burkulmasını önlemek için, kolonlardaki gibi bütün yükseklik boyunca yatay donatılara ihtiyaç vardır. Perdelerin eleman olarak burkulmasını önlemek, uç bölgelerinde beton basınç bölgesini büyütmek ve zorlamayı hafifletmek için, özellikle binaların bodrum katlarında ve kritik perde yüksekliği boyunca, perde başlık bölgesi düzenlenmesi tavsiye edilir. Bir perdenin dik doğrultuda başka bir perde ile birleşmiş olması durumunda, başlık bölgesi doğrudan oluşturulmuş olur. Başlık bölgesi yatay yükün belirli bir yönü için tamamen basınç etkisi altında olacağından, bu bölgenin kolonlardaki konstrüktif kurallara uyularak donatılması yerinde olur. Başlık

bölgesinin bulunması perdenin eğilme momenti kapasitesini önemli derecede artırır. Hatta kesme kuvvetini eğilme momentinden daha kritik duruma getirebilir [4].

Bina yüksekliği boyunca perdelerin boyu ve genişlikleri sabit olduğu gibi, perde boyları bazen genişlikleri ile beraber üst katlara doğru azaltılabilir (Şekil 2.3a). Kesitlerin boyutlarındaki azalmalar ile gerçekleşecek rijitlikleri, karşılıklı etkileşimi olan perdelerin bulunması durumunda hesaba katmak gerekir. Perde genişliklerinin ani (Şekil 2.3b) veya sürekli (Şekil 2.3d) değiştiği durumlarda, rijitliklerinde daha büyük değişiklikler meydana gelir. Yukarı doğru incelen perdeler yapısal açıdan oldukça etkilidir ancak oluşabilecek plastik mafsalların boylarını ve yerlerini belirlemede oldukça dikkatli olunmalıdır. Buna rağmen mimari açıdan tercih edilebilecek olan, yükseklik boyunca kalınlaşan perdelerin (Şekil 2.3c ve Şekil 2.3e) yapılmasının yapısal olarak çok etkili olmadığı da açıktır. Plastik mafsallın perdenin temelinde gerekmesi halinde, plastik mafsall boyunu önemli derecede sınırlandırmak gerekecektir. Bu yüzden süneklik talebi için aşırı eğrilikli bir sünekliğe ihtiyaç duyulacaktır. Bu tip perdeler süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle kullanılırsa, plastik mafsallın perde tabanında oluşması açısından bir avantaj sağlayacaktır [5].



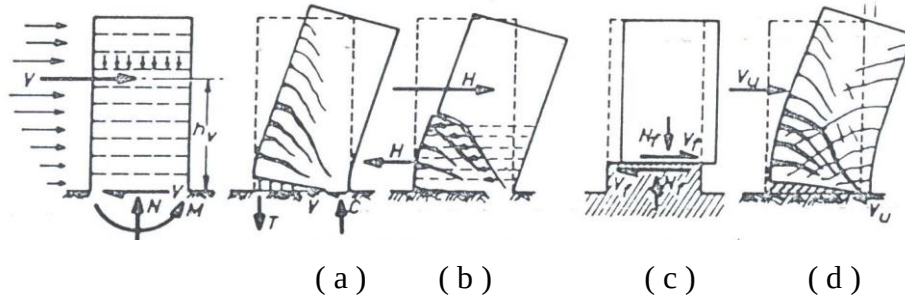
Şekil 2.3 Boyutları Yükseklikle Değişen Perdeler

2.4. Konsol Perdelerin Göçme Şekilleri

Sünek perdelerin tasarımında kapasite ve plastik şekil değiştirmelerden dolayı oluşan enerji sönümlemesi, plastik mafsall bölgelerinde oluşacak eğilme yer değiştirmesinin kontrol etmesi istenir. Böylelikle bu temel tasarım ilkesi gevrek göçme mekanizmasının veya sınırlı sünekliğin oluşmasına izin vermez. Bu durum kapasite boyutlandırma yöntemleri ile güç tükenmesi için istenen düzeni sağlayarak ve oluşabilecek plastik mafsall bölgelerinin uygun şekilde detaylandırılmasını sağlamakla mümkün olur.

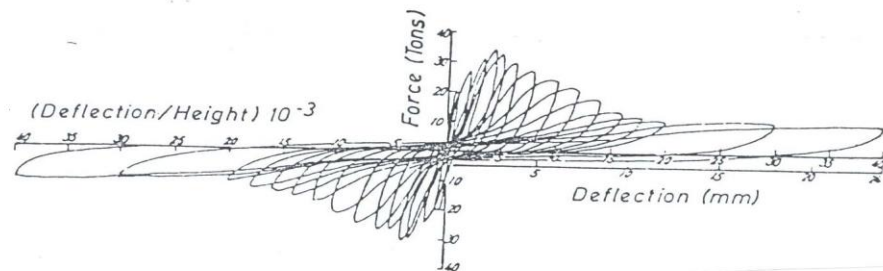
Perdelerin göçme biçimleri çeşitli şekillerde olabilir. Bunlardan ilki eğilme göçmesi, perdenin en büyük moment kısmındaki donatı elastik sınırı geçerek yatay plastik sınır

içinde uzar ve akma platosundaki belirli bir uzamadan sonra pekleşme sınırına girilir ve donatıdaki sabit gerilme -tekrar- yükselmeye başlar. Bunun sonucu olarak donatıdaki çekme kuvveti şiddeti de artar. Kesit içindeki kuvvet çiftlerinin büyümesi ile, kesitin taşıyabileceği moment de artar. Oluşan bu pekleşmeli momentin ardından perde kesitindeki deformasyonlara bağlı göçme meydana gelir (Şekil 2.4a). Bir diğer göçme biçimi kesme kırılması, betonun kesme dayanımı yüksektir gerçekte betonda kesme kuvvetlerine bağlı olarak ortaya çıkan eğik asal çekme gerilmelerinden dolayı kesit kesme kapasitesine ulaşarak göçer (Şekil 2.4b). Diğer göçme biçimi perde ve temel birleşiminde kayma ile meydana gelir. Yanal deprem kuvvetinden dolayı oluşan gerilmelere bağlı perde-temel birleşiminde yeterli filiz donatısının olmaması nedeni ile perdenin rijit bir kütle hareketi yaparak yatay düzlem üzerinde kayması sonucu oluşan göçmedir (Şekil 2.4c). Son göçme şekli de eğilme ve taban kaymasının bir arada olması ile meydana gelen göçme şeklidir.



Şekil 2.4 Perdelerin Göçme Biçimleri

Tekrarlı yükler altındaki perdenin kaymadan dolayı oluşacak istenmeyen bir davranışa örnek verilmiştir. Özellikle enerji sönümleme yeteneği ve dayanım azalma hali oldukça şiddetlidir. Aslında dikkatlice dizayn edilmiş, eğilme sünekliği için boyutlandırılmış ve kapasite tasarım ilkeleri ile kayma göçmesine karşı boyutlandırılmış perdeler oldukça iyi davranış sergiler. Yer değiştirme sünekliği yaklaşık olarak 4 olduğunda çok iyi bir davranış elde edildiği görülür. Örnek perdenin ise %3 yanal değiştirmede, yalnızca ikinci tekrardan sonra bu değerin 6 olduğunu gözlemlemekteyiz (Şekil 2.5).

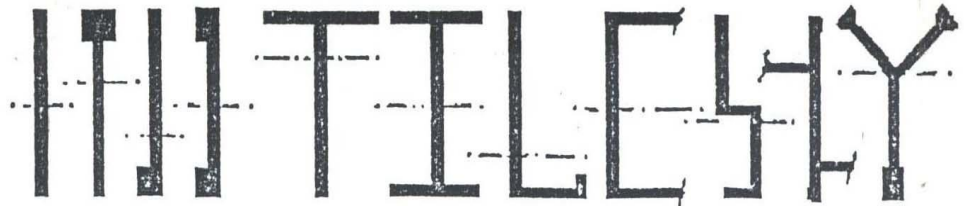


Şekil 2.5 Kesme Kırılması Altında Histerik Davranış

2.5. Perde Kesitlerini Düzenleme  ekilleri

Perde kesitleri gerek mimari kısıtlamalar, gerekse her iki deprem doğrultusunda da yeterli etkinlikte çalışmasını sağlamak amacı ile I, T, L, H, C, U, Y gibi tasarlanabilir ( ekil2.6). Bu perdelerin minimum kalınlıkları betonun işlenebilirliği, yerleştirilmesini sağlamak ve yangın riskini en aza indirmek için yönetmelikler tarafından belirlenmiştir. Deprem anında yatay kuvvetler perdeler üzerine etkili olmaya başladığında, kayma dayanımını ve stabiliteyi sağlamak için kalınlığı arttırmak gerekebilir. Ancak perde kesitinin iki ucunda gerilmeler büyük olacağı için donatı perde uç bölgelerinde yoğunlaşır ve buralarda kalınlığın artması ile perde uç elemanları oluşturulur. Perde ucuna diğer doğrultuda başka bir perdenin birleşmesi durumunda, uç elemanı bu perde içinde oluşturulabilir.

Uç elemanlı perdeler kirişlerin mesnetlenmelerini kolaylaştırdıkları gibi, eğilme donatılarının yerleştirilmesinde de kolaylık sağlar. Bunun yanında uç elemanlar perdenin yanal burkulma stabilitesini arttırır ve potansiyel plastik mafsallarda bölgelerindeki basın a maruz betonun daha iyi sarılmasını sağlarlar. Böylelikle plastik mafsallarda bölgelerinde sıkışan betonun erken dağılması  nlenmiş olur. Perdelerin dik açı ile birleşmesi sonucunda, kanatlı perde şekilleri oluşur. Bu şekildeki perdeler, binanın iki ana doğrultusunda da dayanım gösterir. Böyle perdeler genellikle büyük potansiyel dayanım sağlar. Kanatlar basınçta olduğu zaman oldukça sünek davranırlarken, T ve L kesitli perdelerde kanatlar çekmeye zorlandığında oldukça sınırlı sünekliliğe sahiptirler.



Şekil 2.6 Perde Kesit  ekilleri

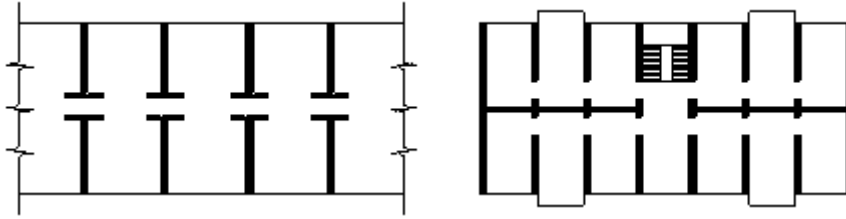
2.6. Perdelerin Planda Yerleştirilmesi

Perdeler yatay, düşey ve burulma etkisi altındadır. Perdenin şekline ve plandaki yerine göre perdenin eğilme momenti ve burulma dayanımı değişir. Bu durumda bazen perdelerin yerleri taşıyıcı sistem açısından pek uygun olmayabilir. Binanın mimari düzeni ve döşemelerin büyüklüğü perde yerinin belirlenmesine etkili olur. Bir binadaki perdelerin yerleri genellikle mimari gereksinim ihtiyaçlara göre belirlenir, bu açıdan perde yerlerinin

belirlenmesinde mimar ve inşaat mühendisinin birlikte çalışması depreme karşı taşıyıcı sistemin düzenlenmesi açısından daha uygundur.

Perdeler tek başlarına düşünüldüğünde burkulma stabilitesine sahip, rijitlikleri simetrik ve temelde devrilmeye karşı yeterli güvenlikte olmalıdır. Perdeleri planda yerleştirirken beklenen plastik şekil değiştirmelerin tüm bina planında düzgün bir şekilde dağılmasını sağlamak en akılcı çözüm olacaktır. Aksi durumda bazı perdeler aşırı zorlanırken, bazıları da kapasitelerinin altında zorlanacaktır. Perdeli bir yüksek yapıda yeterli rijitlik sağlanabilmesi için, sistem çizgileri bir noktadan geçmeyen en az üç perde teşkil edilmelidir.

Bazen yapılar deprem yüklerinin fazla olması ve özellikle deplasman koşulunu sağlamak üzere yalnız perdelerden teşkil edilebilir. Bu tip yapılardan, taşıyıcı sistemi tünel kalıp sistemi ile oluşturulan binalarda (Şekil 2.7), yatay yüklerin taşınması diğer perdeli sistemlerdeki gibi perdeler tarafından sağlanırken, düşey yüklerin taşınması da diğer sistemlerden farklı olarak yine perdeler tarafından sağlanır. Yatay ve düşey yükleri taşımak için sadece perdelerden yararlanılması birçok perde ile sağlanabileceğinden, yapının özellikle deprem altındaki elastik davranışının sağlanması genellikle yönetmeliklerdeki minimum donatı şartlarına uyulması ile mümkündür.



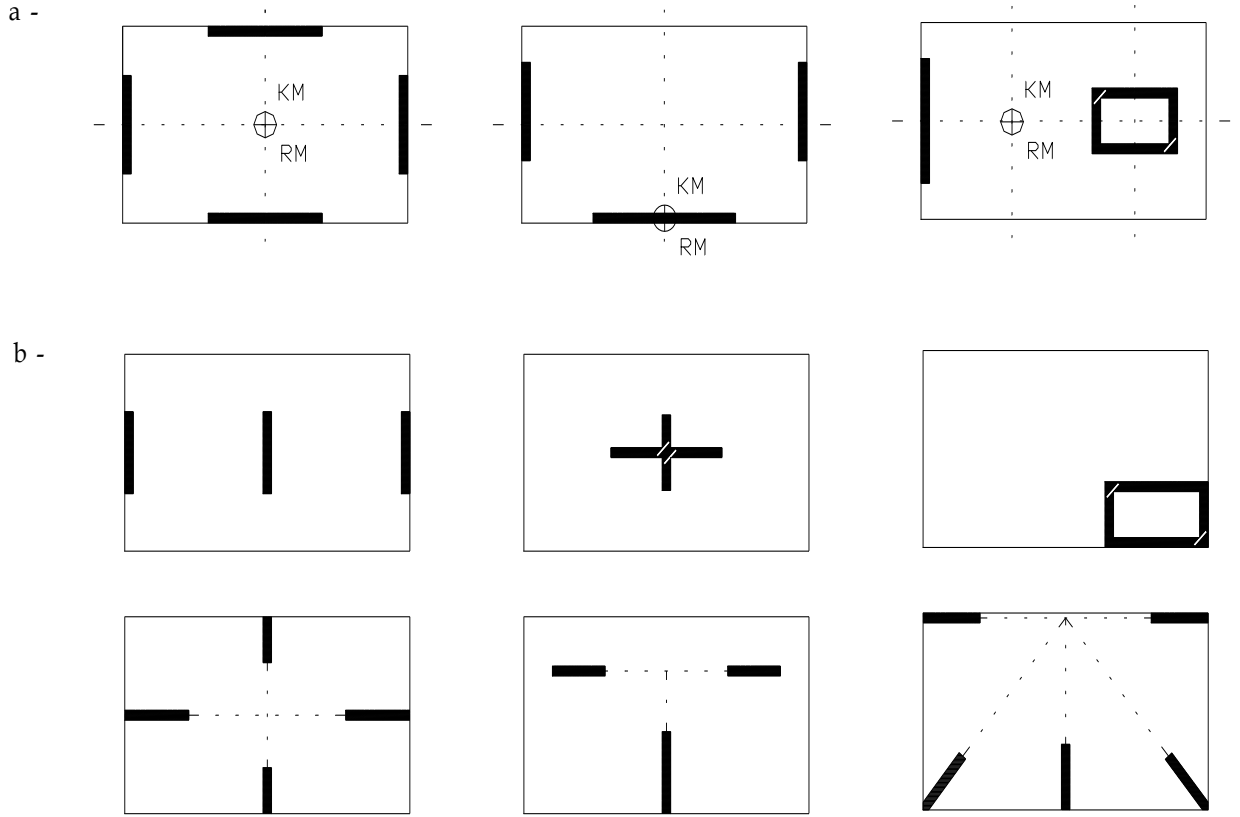
Şekil 2.7 Tünel Kalıp Sistemleri

Taşıyıcı sistemin uygunluğu, yapının yatay ve düşey yüklere olan dayanımının uygun bir şekilde belirlenmesinin yanında, özellikle yatay yükleri taşımada kullanılan ve yapının rijitlik merkezini belirlemede öncelikli etkisi bulunan perdelerin yerleşim düzeni de son derece önemlidir. Yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezinin birbirine yakın olması sistemin stabilitesini geliştiren önemli bir ayrıntıdır. Ayrıca sistemin kütle merkezi ile rijitlik merkezinin birbirine yaklaştırılmasında, perdelerin burulma rijitliğine dikkat edilmesi gerekir. Kattaki burulma etkisi, düşey elemanların üzerine etkiyen kesme kuvvetinin moment koluyla çarpılması olduğuna göre, moment kolu en büyük olan perde veya çerçevede burulma etkisi daha büyük olacaktır [5].

Bu nedenle perdelere etkiyen kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki ekzantrisiteden oluşacak etkileri azaltmak için perde sistemlerinin ideal şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (Şekil 2.8a). Buna göre;

- a- Yapıya en büyük burkulma rijitliğinin sağlanması için perde duvarlar yapının çevresine dağıtılmalıdır. Aynı düzlem içinde kalan perde duvarlar tek başlarına konsol giriş gibi çalışabildikleri gibi, birbirlerine bağ girişleri ile bağlanarak perde çifti olarak da düzenlenebilirler.
- b- Perde duvarlar kat planı içinde döşeme yüklerinin olabildiğince yüksek kısmını eksenel kuvvet olarak, temele aktaracak gibi düzenlenmelidir. Bu yapıldığı takdirde, duvarlarda kullanılacak eğilme momentine karşı donatı miktarı da azalır. Bu durum perde duvarın etkileşim diyagramına bakılarak anlaşılabilir.
- c- Çok katlı yapılarda yapının deprem direncinin yalnız bir kaç perde duvarda yoğunlaştırılması, temel sistemini yalnız bir kaç noktada çok büyük deprem etkisine maruz bırakır. Bundan korunmak için ekonomik olmayan ağır bir temel sistemi gerekebilir. Bundan kaçınılmalıdır.
- d- Perde duvarlar çok katlı bir yapı içinde her iki yönde de yerleştirilmelidir. Bu şekilde depremin güçlü yönde etkimesi durumunda bile, rijitlik merkezinin herhangi bir tarafında oluşabilecek olan mafsallaşmadan dolayı, rijitlik merkezinin kütle merkezi ile olan mesafesi artacak ve oluşacak burulmaya yardım edebilecek olan depreme dik yöndeki perdelerin yardımcı olması sağlanamayacaktır (Şekil 2.8b).
- e- Perde duvarlar, simetrisi bozuk ve kat içinde belli bir bölgeye yoğunlaştırılmamalıdır. Ayrıca perdelerin sistem çizgilerinin bir noktada kesişmeleri de mutlak suretle engellenmelidir (Şekil 2.8b) [7].

Mimari açıdan uygun bir seçim olan merdiven kovaları, asansör shaftları betonarme çekirdekleri oluşturur. Çok katlı binalarda, yatay kuvvetlere karşı dayanımı sağlamak için, çoğu zaman bu çekirdeklerden faydalanılmıştır. Ancak binalardaki burulma etkisine karşı ilave perdeler veya bina çevresinde çerçevelerin oluşturulması gerekebilir. Perde kesit şekilleri bulundukları yere ve isteğe göre, değişik şekillerde düzenlenebilir. Yatay kuvvetlerin profil kesitli perdelerle taşınması halinde, temel hesap yöntemleri ile kesit hesabı yapmak mümkün değildir ve bunun için özel yöntemlerle hesap yapmak gerecektir.



Şekil 2.8 Perdelerin Planda Düzenlenme Şekilleri

2.7. Yapı Özellikleri

2.7.1. Rijitlik

Yatay yükten kaynaklanan deformasyon rijitlik ölçüsü olarak tanımlanır. Aynı yanal yük etkisindeki elemanlardan az deformasyon yapan bir elemanın diğerine göre daha rijit olduğu belirtilebilir. Bu yatay yükler etkisindeki şekil değiştirme miktarını kontrol etmek amacı ile çıkan bu rijitlik kavramı neticesinde, rijitlik ile binaların kullanılabilirlik sınır durumlarında oluşacak ötelenmeler belirlenir.

Rijitlik unsuru deprem altındaki davranışlarda hafif ve orta şiddetteki depremlerde yanal ötelenmelerin kalıcı ve büyük olmamasını, şiddetli sismik etkiler altında ise rijitliğin küçülebilmesi ve bina doğal periyodunun büyüterek sismik kuvvet oluşumunu aza indirmesini amaçlar.

Depreme dayanıklı bir yapı yeterli rijitliğe sahip olmalıdır. Bu kavram ötelenme ve eğilme rijitliği olarak düşünülebilir.

a) Ötelenme Rijitliği

Ötelenme rijitliği yapıya etkiyen kuvvet ile yapının bu kuvvet altında ötelenmesi arasında ilişki kurar. Ötelenme rijitliği kolon, kiriş ve perdelerin kesit özelliklerinin yanında elemanların açıklık / uzunluk ve mesnet şartlarına da bağlı bir kavramdır.

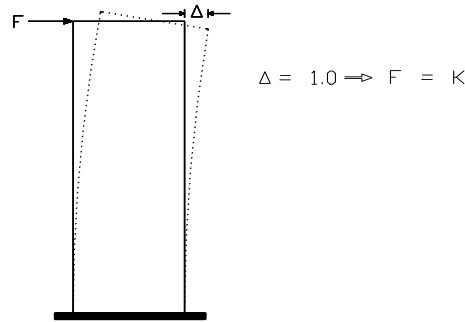
$K_{\Delta}(\Delta) = F$ olarak tanımlanan rijitlikte,

$K_{\Delta} = \text{Rijitlik}$

$F = \text{Kuvvet}$

$\Delta = \text{Ötelenme}$ olarak tanımlanır.

$\Delta = 1.0$ değerinde $K_{\Delta} = F$ olarak tanımlanır ve bu ötelenme rijitliği tanımıdır (Şekil 7).

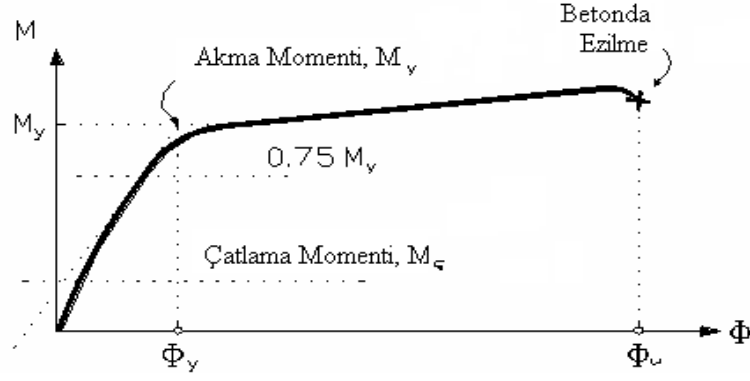


Şekil 2.9 Konsol Perde Üzerinde Ötelenme Rijitliğinin Tanımlanması

b) Eğilme Rijitliği

Eğilme rijitliği yapıyı oluşturan elemanların kesit özellikleri ile ilgili bir kavramdır. Eğilme rijitliği, eleman kesiti üzerinde geliştirilen moment – eğrilik ilişkisi olarak ifade edilebilir. Eğilme rijitliğinin ölçüsü olan EI bu eğri üzerinde tanımlanır (Şekil 2.10). Kullanılabilir sınır durumunun hesabında alınacak rijitlik akma dayanımında kesitin taşıyabileceği momentin %75'i oranındaki kuvvetin ölçüsüdür.

$$K = \frac{0.75 F_y}{\Delta_y}$$



Şekil 2.10 Moment – Eğrilik İlişkisi Üzerindeki Eğilme Rijitliği

2.7.2. Dayanım

Bir yapı kullanılabilirlik sınır durumu, hasarın sınırlandırılması sınır durumu ve yapı göçmesi sınır durumları olarak deprem etkisi altında boyutlandırılır. İlk sınır durumunda sık oluşan deprem etkilerinde yapıdaki kullanım durumunu etkileyecek sehim ve çatlakların oluşmaması istenir. Bunun için bu deprem etkileri altında taşıyıcı sistem elastik davranacak şekilde boyutlandırılır. İkinci durumda orta şiddetteki depremleri yapının güçlendirme kabul edebilecek hasarla karşılaşması istenir. Bu durumda kesitlerin yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Bu dayanım hesabında malzemenin elastik olmayan davranışı göz önünde alınır. Ancak yapının plastik davranışının çözümü zor olması nedeni ile deprem yükü azaltma katsayısı kullanımı ile elastik çözüm yaklaşımı yapılır. Üçüncü sınır durumunda yapının göçme durumu kontrol edilir ve buna göre statik hesapları esas olan büyük deprem durumunda hasar kabul edilir, fakat göçme kontrolü esas alınarak yapılır.

2.7.3. Süneklik

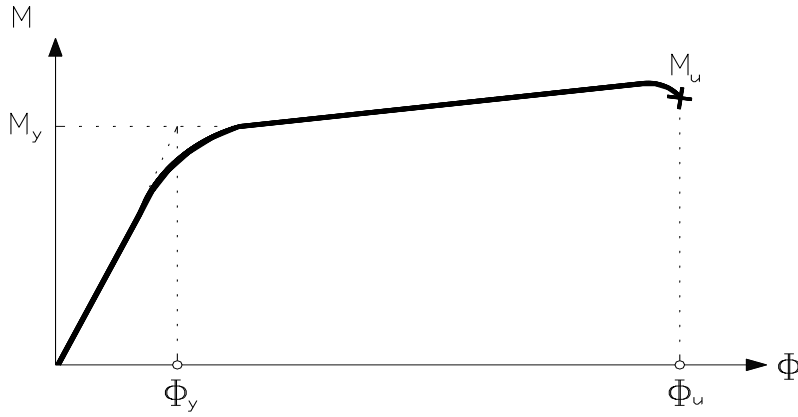
Perde duvarların dayanımı kadar sünekliğide çok önemlidir. Her türlü deprem etkileri altında perde duvar sünek olarak eğilme kırılması oluşturmmalıdır. Betonarme taşıyıcı sistemlerde eğrilik sünekliği ve ötelenme sünekliği gibi iki tür süneklikten söz edilebilir.

Eğrilik sünekliği taşıyıcı elemanın kesit özellikleri ile ilgilidir. Ötelenme sünekliği ise yapının eleman kesitleri kadar plan özellikleri, boy kesit özellikleri, açıklıkları, yükseklikler ve mesnet şartlarının oluşturduğu ötelenme rijitliği ile ilgilidir.

a) Eğrilik sünekliği

Eğrilik sünekliği N-M- Φ ilişkisi üzerinde tanımlanabilir (Şekil 2.11). Eğrilik sünekliğinin tanımlanabilmesi için çekme donatısının akmasına tekabül eden Φ_y ve basınç altında betonun ezilmesine tekabül eden Φ_u değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu değerler çizilen N-M- Φ ilişkisinden (Denklem 2.1) ile hesap edilir ve bu değer yaklaşık 12 olması ideal durum olarak nitelendirilir.

$$\mu_{\Phi} = \frac{\Phi_u}{\Phi_y} \quad (2.1)$$



Şekil 2.11 N-M- Φ ilişkisi

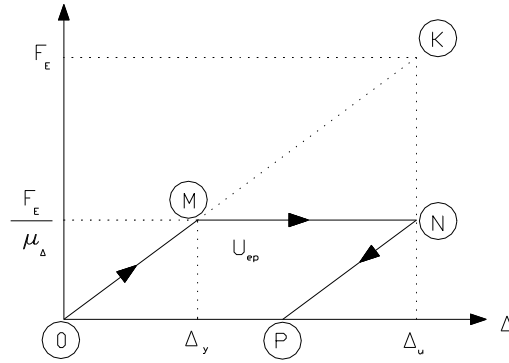
b) Ötelenme Sünekliği

Elasto-plastik sistemde plastik mafsallın oluştuğu M noktasına tekabül eden ötelenme Δ_y 'dir. Bu durumda Δ_u ile Δ_y arasındaki oran, taşıyıcı sistemin ötelenme sünekliği olarak tanımlanır. Deprem hesaplarında en iyi ötelenme sünekliği için, μ_{Δ} 'nın yaklaşık 4~5 olması istenir. Başka bir ifadeyle plastik mafsallının oluşması anında Δ_y 'nin taşıyıcı sistemde tüm güç tükenmesinin oluştuğu Δ_u 'ya ulaşmaya kadar 4~5 kez büyümelidir.

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \cong 4 \sim 5 \quad (2.2)$$

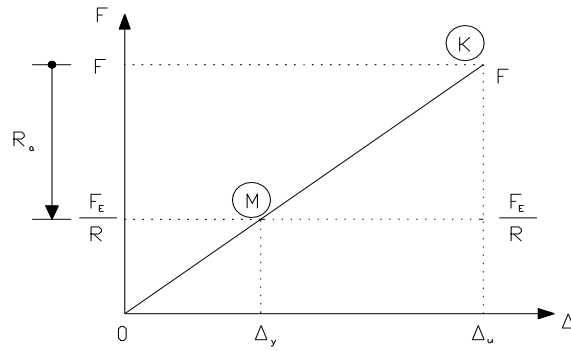
Elasto-plastik sistem M noktasında plastik konuma geldiği için kütleye etki eden eylemsizlik kuvveti de M noktasında sınırlı kalır. Bu kuvvet doğal olarak K noktasındaki F kuvvetinden defalarca küçüktür (Şekil 2.12).

(Nokta K; F_E , Nokta M; $\frac{F_E}{\mu_\Delta}$ )



Şekil 2.12 Elasto Plastik Davranış

Elasto-plastik sistemde oluşan eylemsizlik kuvveti, elastik sistemde oluşandan defalarca küçüktür, μ_Δ kez, bu katsayı deprem yükü azaltma kat sayısı, R_a , olarak tanımlanır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Deprem Azaltma Katsayısı

2.8. Perde-Çerçevesel Sistem Etkileşimleri

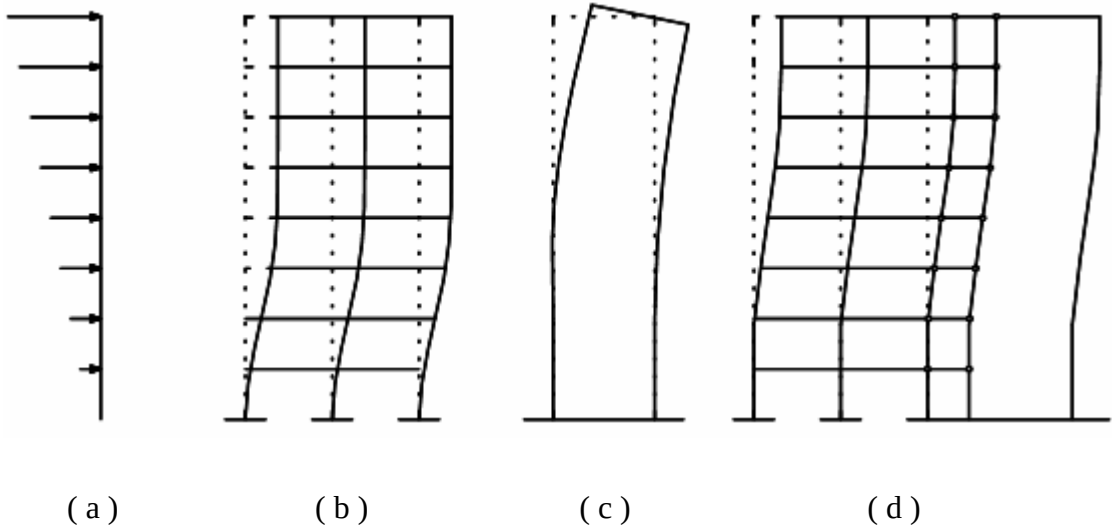
Bir yapıda yatay yüklerin karşılanması yalnızca perdeler veya çerçeveler ile teşkil edilebileceği gibi, her iki taşıyıcının birlikte kullanılması ile de sistem yatay yüklere karşı dizayn edilebilir. Bu şekilde kullanılan çerçeve ve perdelerin birlikte kullanıldığı sistemlere karma sistemler denir. Yüksek yapıların çoğunluğu bu şekilde inşa edilmektedir.

Çerçeve ve perdeli sistemlerin birlikte kullanılması ile oluşan karma sistemler neticesinde, her iki sisteminde avantajları birleştirilmiş olur. Alt uçlarından ankastre perdeler çok rijit olduğundan deprem sırasında alt katlarda kat yer değiştirmelerinin küçük kalmasını sağlarlar. Ayrıca kolon mafsallarını içeren kat mekanizmasının oluşmasını kolayca bertaraf

edebilir. Buna karşılık perelerle birlikte teşkil edilen sünek çerçeveler ise, üst katlarda enerji dağılımının büyük bir kısmını karşılayarak deplasmanı azaltır.

Karma sistemlerin faydalı özelliklerine ve sık uygulanmasına rağmen, bu sistemlerin sismik zorlamalar etkisinde hesap esasları hakkında yeterli çalışma mevcut değildir. Mevcut bir kaç analitik çalışma ve deprem zorları altında ortaya çıkan elastik olmayan davranış ile ilgili sarsma tablası deneyi yapılmıştır. Uygulanan hesap yöntemi sistemin etkili elemanlarına bağlıdır ve bu nedenle karma bir taşıyıcı sisteme sahip yapı, sadece sünek çerçeveler veya sadece sünek perdelerle teşkil edilen taşıyıcı sistemler için verilen katsayılardan bağımsız değildir. Hesapların mümkün suretle basit olmasına dikkat edilirken sadece sünek çerçeveli bir sistemden karma bir sisteme veya sadece perdeli bir sisteme geçişte sünekliğin sağlanmasına da dikkat edilmelidir.

Yatay kuvvetler etkisinde bir çerçeve, öncelikli olarak kesme modunda bir yer değiştirme yapar (Şekil 2.14b). Buna karşın perde, öncelikle eğilme yer değiştirmeleri ile bir düşey konsol gibi davranacaktır (Şekil 2.14c). Şekil değiştirmelerin uyumluluğu, çerçeve ve perdelerin her katta belirli yanal yer değiştirmesi sağlamasını gerektirir. (Şekil 2.14d) karma sistemin karşılıklı etkileşim sonucundaki hareketi gözlemlenmektedir.



Şekil 2.14 Perde-Çerçeve Yapısındaki Yanal Yük Etkime Durumu Altında
Perde Çerçeve Etkileşimi

3. TÜRKİYE AFET YÖNETMELİĞİ 98'DEKİ İLGİLİ BÖLÜMLER

Bu bölümde işlenecek olan Türkiye Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik 98'in [8] ve TS500'e [9] yapılan atıfların yalnızca tez çalışmasını kapsayacak olan bilgilerine yer verilecektir.

Afet Yönetmeliğın amacı; deprem yer hareketine maruz kalacak bina ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı için gerekli minimum koşulları tanımlamaktır.

Yönetmelikteki ana ilke, hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir.

Afet Yönetmeliğinde esas alınan tasarım depremi, yukarıda tanımlanan şiddetli depreme karşı gelmektedir. Bina Önem Katsayısı $I=1$ olan binalar için tasarım depreminin 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10'dur.

Afet Yönetmeliğının hükümleri, betonarme (yerinde dökülmüş ve ön gerilmeli veya ön gerilmesiz prefabrike) yeni yapılacak binalar için olduğu kadar aynı zamanda değiştirilecek, büyültülecek, deprem öncesi veya sonrasında onarılacak ya da güçlendirilecek binalar için de geçerlidir.

3.1. Zemin Koşullarının Belirlenmesi

Yerel zemin koşullarının belirlenmesi için esas alınacak zemin grupları Tablo 3.1'de, yerel zemin sınıfları ise Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Zemin Grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar. 2. Çok sıkı kum, çakıl. 3. Sert kil ve siltli kil.
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar. 2. Sıkı kum, çakıl. 3. Çok katı kil ve siltli kil.
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar. 2. Orta sıkı kum, çakıl..... 3. Katı kil ve siltli kil.....
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları. 2. Gevsek kum. 3. Yumuşak kil, siltli kil.....

Tablo 3.2 Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50 \text{ m}$ olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$H_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

3.2. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması : Spektral İvme Katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik Tasarım İvme Spektrumu'nun yerçekimi ivmesi g 'ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı $A(T)$, Denklem (3.1) ile hesaplanır.

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.1)$$

Burada,

A_0 : Etkin Yer İvmesi Katsayısı

I : Yapı Önem Katsayısı

$S(T)$: Spektrum Katsayısı'nı gösterir.

Denklem (3.1)'de yer alan Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_0 , Tablo 3.3'de tanımlanmıştır

Tablo 3.3 Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Denklem (3.1)'de yer alan Bina Önem Katsayısı, konut, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları için 1 olarak tanımlanmıştır.

Denklem (3.1)'de yer alan Spektrum Katsayısı, $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak Denklem (3.2), (3.3) ve (3.4) ile belirlenir.

$$S(T) = 1 + 1.5 T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.2)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (3.3)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (3.4)$$

Buradaki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Tablo 3.2 ile tanımlanan Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

3.3. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

a) Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulama Sınırları

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar Tablo 3.5'de özetlenmiştir. Tablo 3.5'in kapsamına girmeyen binaların deprem hesabında, Mod Birleştirme Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri kullanılacaktır.

Tablo 3.5 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

b) Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Deprem Yüğüünün Belirlenmesi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) V_t , Denklem (3.5) ile belirlenecektir.

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 A_0 I W \quad (3.5)$$

V_t hesabında yer alan ve binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak gözönüne alınacak olan W , Denklem (3.6) ile belirlenir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.6)$$

Burada,

w_i : Binanın i 'inci katının ağırlığı

N : Kat adedi'ni gösterir.

Bu bağıntıdaki i 'inci katın ağırlığı Denklem (3.7)'e göre bulunur.

$$w_i = g_i + n q_i \quad (3.7)$$

Burada,

g_i : Binanın i 'inci katındaki sabit yükleri

q_i : Binanın i 'inci katındaki hareketli yükleri

n : Hareketli yük arttırım katsayısı'nı gösterir.

Elastik Deprem Yüğüleri bulunurken, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Eşdeğer Deprem Yüğü hesaplanırken kullanılacak Taşıyıcı Sistem Davranış katsayısı R , (3.8) ve (3.9) ile hesaplanır.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.8)$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A) \quad (3.9)$$

(3.8) ve (3.9) ifadelerinin hesabı için Tablo 3.6 'daki değerler kullanılacaktır.

Tablo 3.6 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
<u>YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR</u>		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
(1.2) Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar...	4	7

c) Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) > 0.10 A_0 I W$ ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denklem (3.10) ile hesaplanır.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.10)$$

$H_N > 25$ m için binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N 'in değeri, birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e bağlı olarak Denklem (3.11) ile hesaplanarak binanın damper etkisi olarak etkitilir.

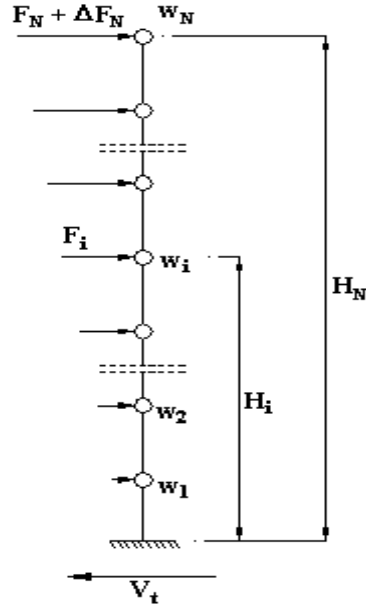
$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.2 V_t \quad (3.11)$$

($H_N \leq 25$ m için $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.)

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına,

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (3.12)$$

şeklinde dağıtılır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Deprem Kuvvetlerinin Katlara Dağıtılması

3.4. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, Denklem (3.13)'den hesaplanacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N (F_{fi} d_{fi})} \right]^{1/2} \quad (3.13)$$

Bu bağıntıda,

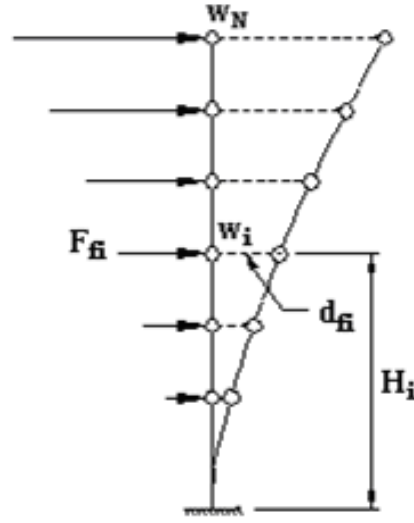
m_i : i'inci katın kütlesi (3.13) ifadesine göre bulunur.

$$m_i = w_i / g \quad (3.13)$$

F_{fi} : i'inci kata etkiyen fiktif yükü

F_{fi} , (3.12) denkleminde $(V_t - \Delta F_N)$ yerine herhangi bir değer (örneğin birim değer) konularak Denklem (3.14) ile elde edilecektir (Şekil 3.2).

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (3.14)$$



Şekil 3.2 Fiktif Yükün Katlara Etkimesi

Her katta fiktif yükler, gözönüne alınan deprem doğrultusunda gerçek kütle merkezine veya tekil kütlelere etki ettirilecektir. d_{fi} , bu fiktif yüklerin etkisi altında aynı noktalarda deprem doğrultusunda hesaplanan yer değiştirmeleri göstermektedir.

Ancak birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N \leq 25$ m koşulunu sağlayan binaların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu yaklaşık bir bağıntı olan Denklem (3.15) ile hesaplanır.

$$T_1 = T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.15)$$

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N > 25$ m olması durumunda, Denklem (3.16)'nın uygulanması zorunludur.

Deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda C_t değeri,

$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad (3.16)$$

ile hesaplanır. Bu denklemdeki A_t değeri Denklem (3.17)'ye göre belirlenir.

$$A_t = \sum_j A_{wj} [0.2 + (\lambda_{wj} / H_N)^2] \quad (3.17)$$

(3.17) bağıntısında (λ_{wj} / H_N) oranının en büyük değeri 0.9 olarak gözönüne alınacaktır.

Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t=0.07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t=0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t=0.05$ alınacaktır.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu, Denklem (3.15)'e göre hesaplanacak ve bulunan periyodun $T_{1A}>1.0$ s olması durumunda, Denklem (3.10)'den elde edilen T_1 'in deprem hesabında göz önüne alınacak en büyük değeri, T_{1A} 'nın 1.30 katından daha fazla olmayacaktır.

3.5. Yer değiştirmelerin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

a) Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden göreli kat ötelemesi Δ_i , Denklem (3.18)'e göre belirlenecektir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (3.18)$$

Burada,

d_i ve d_{i-1} : Binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i 'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denklem (3.18) ile hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri olan $(\Delta_i)_{maks}$, (3.19) veya (3.20) ifadelerinden elverişsiz olanını sağlayacaktır.

$$(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.0035 \quad (3.19)$$

$$(\Delta_i)_{maks} / h_i \leq 0.02 / R \quad (3.20)$$

Bu koşulların binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların, elde edilen göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesaplama doğrulanmalıdır.

b) İkinci Mertebe Etkileri

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça ikinci mertebe etkileri göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, Denklem (3.21) ile hesaplanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri θ_i 'nin, Denklem (3.18) koşulunu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (3.21)$$

Burada,

V_i =Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın 1. katına etkiyen kat kesme kuvveti

$(\Delta_i)_{\text{ort}}$ = i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeridir.

Denklem (3.21)'deki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

3.6. Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

Bu bölümde belirtilen kural ve koşullar, yerinde dökme monolitik betonarme binalar ile, aksi belirtilmedikçe taşıyıcı sistemi betonarme ve/veya öngerilmeli beton elemanlardan oluşan prefabrike binalar için geçerlidir. Bu bölümün kapsamı içindeki betonarme binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri; sadece çerçevelerden, sadece perdelerden veya çerçeve ve perdelerin birleşiminden oluşabilir. Bu bölümdeki ifadeler beton kalitesinin C50'den daha az dayanıma sahip olduğu yapılar için geçerlidir.

3.6.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

Kolonlarda boyuna donatı brüt alanı kesitin %1'inden az, %4'ünden fazla olmayacaktır. En az donatı, dikdörtgen kesitli kolonlarda 4Ø16 veya 6Ø14, dairesel kolonlarda ise 6Ø14 olacaktır. Bindirmeli ek yapılan kesitlerde boyuna donatı oranı % 6'yı geçmeyecektir.

Kolonun brüt enkesit alanı,

$$A_c \geq N_{dmax} / (0.50 f_{ck}) \quad (3.22)$$

Kolon normal kuvveti,

$$N_d \leq 0.9 f_{cd} A_c \quad (3.23)$$

koşullarını sağlayacaktır.

3.6.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

a) Enkesit Koşulları

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Deprem yüklerinin tümünün bina yüksekliği boyunca sadece perdeler tarafından taşındığı binalarda,

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0.002 \quad (3.24)$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} \quad (3.25)$$

ifadeleri ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde duvar kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.

Bu özel durumun dışında, perde kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Ancak $H_w/\lambda_w > 2.0$ olan perdelerde, kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/12'sinden az olmayacaktır.

Bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

b) Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği

$H_w / \lambda_w > 2.0$ olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır. Perde uç bölgeleri, perdenin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde de düzenlenebilir (Şekil 3.3).

Temel üstünden itibaren kritik perde yüksekliği $2\lambda_w$ değerini aşmamak üzere,

$$H_{cr} \geq \lambda_w \quad (3.26)$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \quad (3.27)$$

koşullarından elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru göz önüne alınacaktır. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin katın altındaki ilk bodrum katının yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılacaktır.

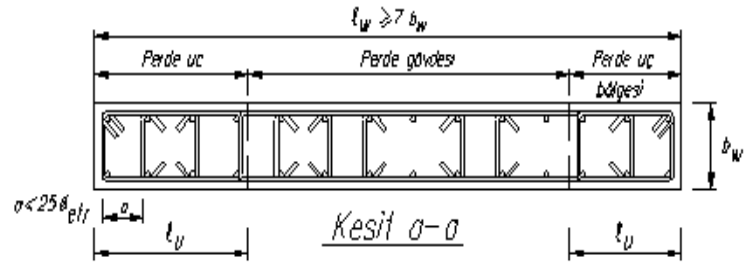
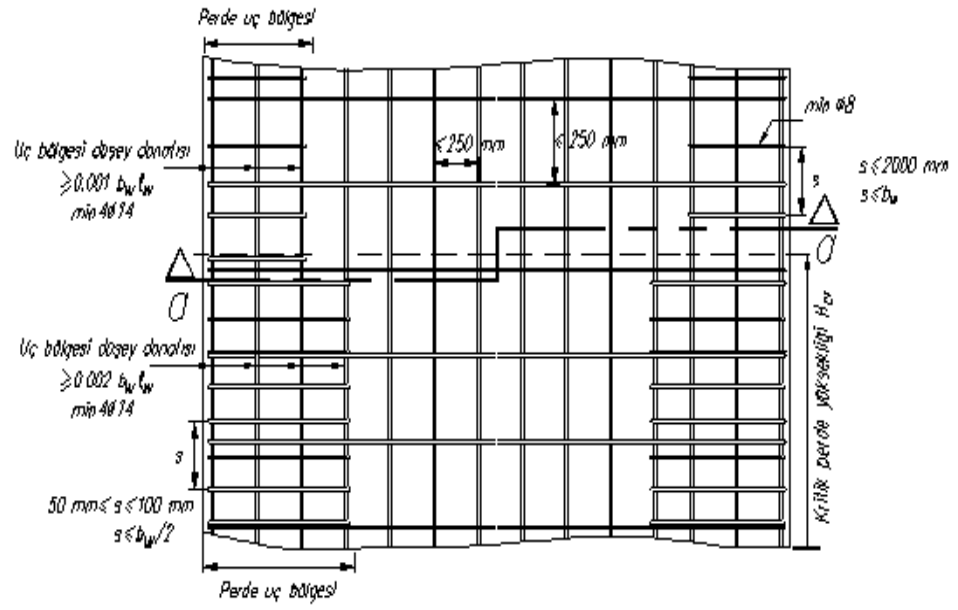
Dikdörtgen kesitli perdelerde, Denklem (3.26) ve (3.27) ile tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır. Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır (Şekil 3.3).

Perde uç bölgelerinin perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda her bir perde uç bölgesinin en kesit alanı en az dikdörtgen kesitli perdeler için yukarıda tanımlanan alana eşit olacaktır.

c) Gövde Donatısı Koşulları

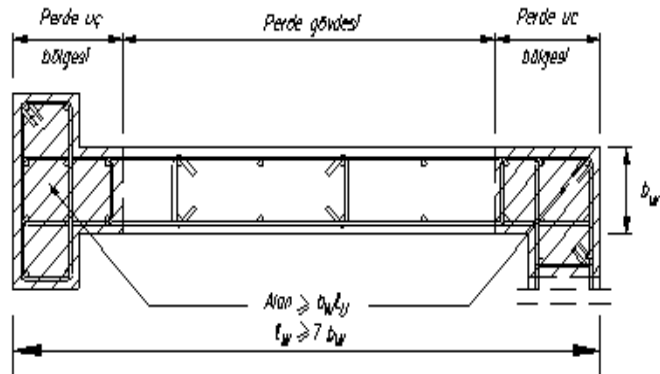
Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam en kesit alanı düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt en kesit alanının %0.25'inden az olmayacaktır. $H_w/\lambda_w \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak göz önüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır (Şekil 3.3).

(3.24) ve (3.25) koşullarının her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının herbiri %0.15'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmeyecektir.



$$\left. \begin{array}{l} l_u \geq 2 b_w \\ l_u \geq 0.2 l_w \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Kritik perde} \\ \text{yüksekliği boyunca} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \geq 10 \text{ adet / m}^2 \\ \text{özel deprem şerhizü} \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} l_u \geq b_w \\ l_u \geq 0.1 l_w \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Kritik perde} \\ \text{yüksekliği dışında} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \geq 4 \text{ adet / m}^2 \\ \text{özel deprem şerhizü} \end{array} \right.$$



Şekil 3.3 Perde Donatı Düzeni

d) Gövde Donatılarının Düzenlenmesi

Perdelerin yatay gövde donatıları, Şekil 3.3’de belirtildiği şekilde düzenlenebilir. Bu şekilde düzenlenen yatay gövde donatıları, kritik perde yüksekliği boyunca aŗađıdaki perde uç bölgelerine konulacak sargı donatısının belirlenmesinde hesaba katılabilir.

a- Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karŗı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır.

b- Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan $\supset$ biçiminde yatay donatılar yerleŗtirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin i sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır.

e) Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koŗulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt en kesit alanına oranı %0.1’den az olmayacaktır. Ancak, kritik perde yüksekliği boyunca bu oran %0.2’ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4Ø14’den az olmayacaktır (Şekil 3.3).

Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar aŗađıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya irozlardan oluŗan enine donatılarla sarılacaktır.

a- Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm’den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık etriye ve iroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.

b- Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için, sünek kolonlarda kullanılan minimum enine donatılarının en az 2/3’ konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya iroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm’den daha fazla, 50 mm’den daha az olmayacaktır (Şekil 3.3). Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

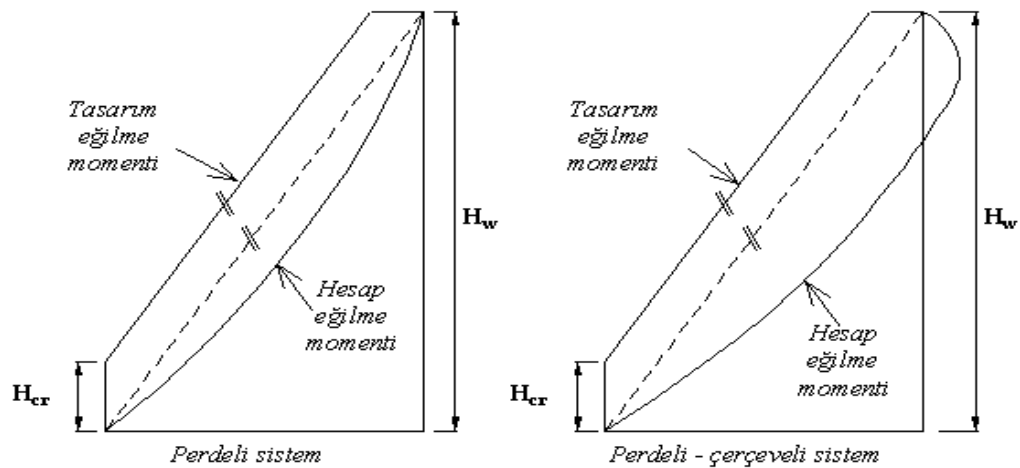
c- Kritik perde yüksekliğinin dıŗında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya iroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm’den daha fazla olmayacaktır

(Şekil 3.3). Ancak perde uç bölgelerindeki enine donatının çapı ve aralığı hiçbir zaman perde gövdesindeki yatay donatıdan az olmayacaktır.

f) Tasarım Eğilme Momentleri

$H_w / \lambda_w > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri, kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak perde tabanında hesaplanan eğilme momentine eşit alınacaktır. Kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesitin üstünde ise, perdenin tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır (Şekil 3.4). Çevresinde rijit perdeler bulunan bodrumlu binalarda sabit perde momenti kritik perde yüksekliği boyunca göz önüne alınacaktır.

$H_w / \lambda_w > 2.0$ olması durumunda her bir katta perde kesitlerinin taşıma gücü momentlerinin, perdenin güçlü doğrultusunda kolonlar için kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunu sağlaması zorunludur. Aksi durumda perde boyutları ve/veya donatıları artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.



Şekil 3.4 Tasarım Eğilme Momentleri

g) Perdelerin Kesme Güvenliği

Perde veya perde parçalarındaki enine donatının hesabında V_d kesme kuvveti esas alınacaktır.

Perde kesitlerinin kesme dayanımı V_r ,

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd}) \quad (3.28)$$

İfadesi ile hesaplanacaktır.

V_d kesme kuvveti (3.29) ve (3.30) koşullarını sağlamak zorundadır.

$$V_d \leq V_r \quad (3.29)$$

$$V_d \leq 0.22 A_{ch} f_{cd} \quad (3.30)$$

Yukarıdaki koşulların sağlanmadığı durumda perde kesit boyutları, bu koşullar sağlanmak üzere arttırılacaktır.

Temele bağlantı düzeyinde ve üst katlarda yapılacak inşaat derzlerinde, aktarılan kesme kuvveti için, Denklem (3.31) de sağlamalıdır.

$$V_r \leq A_{wf} f_{yd} \mu \quad (3.31)$$

Burada,

A_{wf} : Kesme – sürtünme donatısı kesit alanı

μ : Kesme sürtünme katsayısı

4. BİNALARDAKİ DEPREM PERDE BOYLARI

Ülkemiz dünya deprem aktivitesinin oldukça yoğun olduğu bir kuşakta yer almaktadır. Son yıllarda depremlerin ülkemizde oldukça yıkıcı olması ve can ve mal kaybına ilave olarak iş kaybındaki büyük zararın da etkisi ile ekonomik açıdan da yıpratıcı olmuştur. Depremler sonrasında yıkılan veya hasar gören yapılarda öncelikle beton kalitesinin, donatı düzeninin, kolon-kiriş birleşimlerinin etriye ve donatı bakımından yetersiz olduğu, kuvvetli kiriş-zayıf kolon düzenlemesinin yapıldığı ve uygulamadaki bir takım sorunların olduğuna dikkat çekilmiştir. Ancak salt betonarme çerçeve ile teşkil edilen binaların deprem sonrasında çok daha fazla hasar aldığı ve perdeli sistemlerin teşkil edildiği yapıların çerçeve sistemlerdeki hasarla kıyaslanmayacak kadar az olduğu sonucu elde edilmiştir [1,2]. Taşıyıcı sistemi yalnız perdeli veya perde-çerçeve olarak teşkil edilen yapıların deprem direncinin çok iyi olduğu bu sonuçlar neticesinde ulaşılan genel bir kabul halini almıştır.

Perdeli sistemlerin bu gerekliliği ve bazı yapılar için kullanımının oldukça ekonomik sonuçlar doğurmasına rağmen, ülkemizde kullanılan Afet Yönetmeliği 98'in binaların perde boylarındaki ön tesbiti açısından oldukça yetersiz kaldığı ve ülkemizde perde boylarının minimum teşkili açısından yapılan çalışmalardan, U.ERSOY'un 2-10 katlı konut ve işyerleri olarak kullanılan binalarda her iki doğrultuda perde boylarının plan alanının %1.5'i olacak şeklindeki perde önerisi [10], E.ATIMTAY'ın Tablo 4.1'deki gibi bir tablo önermesi (n : kat adedi, $\Sigma A_g / \Sigma A_p$: kattaki perde alanının plan alanına oranı) [7], kriterlerin çeşitliliği -deprem bölgesi, zemin çeşidi, perde genişlikleri, malzeme kalitesi, kat adedi, bina plan alanı- göz önüne alındığında ülkemizdeki yoğun deprem aktivitesi nedeniyle yetersiz kalabilmektedir.

Tablo 4.1 Binalardaki Gerekli Perde Alanları Önerisi

n	1	2	3	4	5	6
$\Sigma A_g / \Sigma A_p$	0.0013	0.0025	0.0038	0.0050	0.0063	0.0079
n	7	8	9	10	15	20
$\Sigma A_g / \Sigma A_p$	0.0088	0.0101	0.0114	0.0126	0.019	0.025

Bu yüzden bu çalışmada konut, işyeri olarak kullanılan binalarda 3m kat yüksekliği genel kabul olarak belirlenmiş, süneklik düzeyi yüksek perde ve perde-çerçeve sistemler için, 20 kata (60m) kadar olan çeşitli kat adetlerinde, 800m² 'ye kadar olan kat alanları için ve deprem bölgeleri, zemin grupları, perde kalınlıkları, malzeme çeşitleri açısından değerlendirilmiştir. Perde kalınlıkları ve malzeme çeşitleri kat yükseklikleri baz alınarak kullanımlarındaki uygulama genişlikleri ile değerlendirilmiş ve bu neticede seçim yapılmıştır. Ayrıca 4.Derece Deprem Bölgesi, deprem riskinin az olması ve aşırı grafik oluşumunu engellemek açısından Z2 zemin sınıfına ait grafikler değerlendirilmemiştir.

Hesaplanan grafik değerleri deprem yönetmeliğinde, temel üstü belirtilen kritik perde yüksekliği boyunca belirlenmiş ve üst katlarda bu perde boylarının genişlikleri ile beraber azaltılabileceği tahmin edilmektedir.

4.1. Ortalama Düşey ve Yatay Yükler

Yapıya etkiyen yatay yük ve normal kuvvet hesabında kullanılacak kat ağırlıkları için, aşağıda verilen yaklaşım değerleri esas alınmıştır.

4.1.1. Düşey Yükler

İnşa edilmiş çeşitli kat yükseklikleri ve kat alanlı, konut ve işyeri olarak kullanılan binalar üzerinde yapılan incelemeler, bir katın 1m² 'sinin deprem esnasında;

$$m_i = 12.0 \text{ kN / m}^2 \quad (4.1)$$

olarak kabul edilebileceğini gösterir [7-9]. Bu kabul ile bina temel üstü kat ağırlığı (4.2) ile hesap edilir.

$$W = N m_i A_p \quad (4.2)$$

Burada,

N = Kat Adedi

A_p = Bina Plan Alanı, olarak ifade edilebilir.

Temel üzerindeki perdelerin taşıdığı normal kuvvetin, yalnız perdeli sistem olarak teşkil edildiği sistemlerde, bina üzerine etkiyen normal kuvvetin tamamı perdelerle olacağı

düşüncesinden hareketle, perde normal kuvvetinin bina ağırlığının %100'ü olacağı şeklinde bir kabul öngörülmüştür. Ancak bazı mimari gereksinimler veya döşeme kalınlıklarının az olması istendiğinde, sisteme ilave edilecek kolonlar ve çerçeveler ile perdelerin üzerindeki normal kuvvetleri azaltma yoluna gidilmektedir. Ancak bu kolon ve çerçevelerin deprem direnci göz ardı edilmiştir. Bu prensipten hareketle, perde normal kuvvetlerinin bina ağırlığının %75'ini taşıyacak şeklindeki ikinci bir durum da ortaya konulmuştur. Buna göre temel üzerinde perdelerin taşıdığı normal kuvvet W_p , (4.3) ve (4.4) ile ifade edilebilir.

$$W_p = 0.75 W = 0.90 N A_p \quad (4.3)$$

$$W_p = 1.00 W = 1.20 N A_p \quad (4.4)$$

Perde-çerçevesi olarak teşkil edilen binalarda da perdelerin maruz kalabileceği normal kuvvet, perdelerin kat içerisindeki düzenleme şekilleri ile doğrudan ilişkilidir. Perdelerin mimari durumlardan hareketle veya moment alma kapasitelerini arttırmak amacı ile, bina dış çevresine yerleştirilmesi durumunda perdeler üzerine etkiyen normal kuvvet; perdelerin yapının daha çok bina iç kısımlarına yerleştirilmesi ile perdelerin taşıyacağı normal kuvvetten daha azdır. Perdelerin plandaki yerleştirme prensibine dayanarak elde edilecek olan bu kriter sayesinde perde üzerine etkiyen normal kuvvetin bina ağırlığının %50 ve %75'i olması gibi, (4.5) ve (4.6) ifadelerindeki iki durum açısından incelenmiştir.

$$W_p = 0.50 W = 0.60 N A_p \quad (4.5)$$

$$W_p = 0.75 W = 0.90 N A_p \quad (4.6)$$

4.1.2. Yatay Yükler

Yatay yüklerin hesabında, kat yüksekliklerinin en fazla 60m (20kat) seçilmesi ve genel hesap tarzını basitleştirmek amacı ile Türkiye Afet Yönetmeliği 98'de belirtilen Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılmıştır.

Eşdeğer deprem yükü etkisinde binaya etkiyecek yatay kuvvet, (4.7) ile belirlenecektir.

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 A_o I W \quad (4.7)$$

Formüldeki bina ağırlığı W , (4.2) denkleminde hesap edilecektir.

Denklem (4.8) ile hesaplanan spektral ivme katsayısı $A(T_1)$,

$$A(T_1) = A_0 I S(T) \quad (4.8)$$

A_0 , çeşitli deprem bölgeleri göz önüne alınarak, her bir deprem bölgesi için Tablo 3.3'den, I , hesapların yalnız konut, işyerleri v.s için yapılması nedeni ile 1 olarak alınır.

Spektrum katsayısı $S(T)$ hesabında kullanılacak olan (4.9) ifadesi ile hesap edilen bina periyotları için,

Taşıyıcı sistemin yalnız perdelerden teşkil edildiği binalarda,

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (4.9)$$

formülündeki C_t katsayısı 0.030~0.040 aralığında kabul edilmiş ve taşıyıcı sistemin perde çerçeveli olarak teşkil edildiği binalarda C_t katsayısı 0.050 olarak alınmıştır.

Bina temel üstü kat yüksekliğinin 25m'den büyük olması durumunda Denklem (4.10), bina periyodu tahminine ilave bir referans sağlamıştır [13].

$$T_{1A} = \frac{0.09 \times H_N}{\sqrt{L}} \quad (4.10)$$

H_N = Bina Toplam Yüksekliği

L = Deprem Doğrultusundaki binanın uzunluğu

$R_a(T_1)$ katsayısı, yalnız perdelerle teşkil edilen binalarda 6, perde-çerçeveli olarak teşkil edilen binalarda 7 olarak alınmıştır.

4.2. Perde Boyutlandırılmasında Esas Alınan Kriterler

Perde boyutları, Türkiye Afet Yönetmeliği 98 ve TS500 'deki sınır şartlar ile boyutlandırma için belirlenen kriterler çerçevesinde yapılmıştır.

4.2.1. Katlar Arasındaki Göreli Yer Değiştirme

Yapılarda, Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması koşulu, Denklem (4.11) ile belirlenir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (4.11)$$

Hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri olan $(\Delta_i)_{\text{maks}}$, (4.12) veya (4.13) denklemlerindeki elverişsiz olanını sağlamalıdır.

$$(\Delta_i)_{\text{maks}} / h_i \leq 0.0035 \quad (4.12)$$

$$(\Delta_i)_{\text{maks}} / h_i \leq 0.02 / R \quad (4.13)$$

Deprem yüklerinin yalnız perdeler tarafından taşındığı binalarda $R = 6$ olması nedeni ile,

$$(\Delta_i)_{\text{maks}} / h_i \leq 0.0033 \quad (4.14)$$

Deprem yüklerinin perde-çerçeve sistemler tarafından taşındığı binalarda $R = 7$ olması nedeni ile,

$$(\Delta_i)_{\text{maks}} / h_i \leq 0.0028 \quad (4.15)$$

koşulları aranacaktır.

Bina perde boylarının tesbitinin ilk aşaması, binalardaki deplasman koşulunun sağlanmasını sağlayan perde boylarının hesabıdır. Yukarıda belirlenen kriterler çerçevesinde binaya etkiyen eşdeğer deprem yükünün, konsol giriş şeklinde idealize edilen perdeye etkitilmesi sonucunda, Denklem (4.16) ile ifade edilen virtüel iş teoremi ile hesaplama yoluna gidilmiştir [11, 12].

$$\Delta_i = \int \frac{M \overline{M}}{EI_b} \quad (4.16)$$

Denklem (4.17)'deki perde genişliği, b_w , için o katta kabul edilen değer yazılmış ve buradan Denklem (4.16)'daki atalet momentine sahip perde boyu, l_1 , Denklem (4.17) ile hesap edilmiştir.

$$I_b = \frac{b_w l_1^3}{12} \quad (4.17)$$

Denklem (4.17) ile hesap edilen l_1 perde boyu değeri tek bir perde için geçerli olup, tek bir perdenin betonarme sistemlerde kullanılması, gerek mimari gerekse taşıyıcı sistem davranışı açısından oldukça kullanışsızdır. Bunun neticesinde bina planındaki perde sayısı, n_b , 3, 4, 6 ve 8 olarak belirlenmiş ve deplasman koşulu ile belirlenen perde boyunun (l_1) sahip olduğu atalet momenti oranında, aynı b_w perde genişliği için Denklem (4.18) ile l_1 perde boyu, n_b adet perdeye bölünerek boyutlandırma yapılmıştır.

$$l_w = \frac{l_1}{n_b^{1/3}} \quad (4.18)$$

4.2.2. Perde Uç Bölge Donatıları

Perde uç bölgeleri, sünekliği ve dayanımı arttırmak amacı ile gerekli durumlarda kolon gibi donatılabilir. Bu uç bölgelerinin donatılabilmesinde minimum ve maksimum koşulları belirlemede Afet Yönetmeliği 98 ve TS500'deki süneklik düzeyi yüksek kolonlar ve perdeler uç bölgeleri donatı koşulları ile tanımlanan koşullar kullanılacaktır. Perde uç bölgelerindeki maksimum donatı koşulları

$$\rho_{\max} = 0.04 \quad (4.19)$$

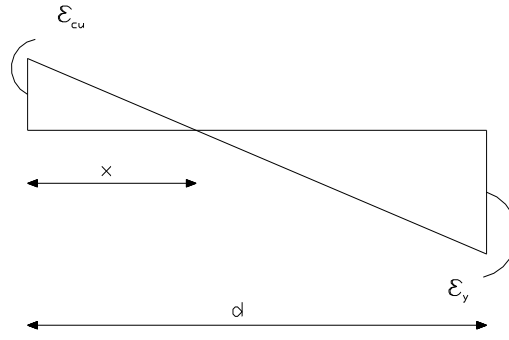
Bindirmeli ek yerlerinde,

$$\rho_{\max} = 0.06 \quad (4.20)$$

sınır koşulları ile tanımlanır.

4.2.3. Perde Elemanlarında Süneklik

Süneklik düzeyi yüksek perdelerin süneklik koşulunu sağlaması için birim deformasyon sünekliği kullanılmıştır. Bu sünekliği sağlamak amacı ile perdelerdeki basınç bölgesi üst lifinin, perde tarafsız eksenine uzaklığı olarak tanımlanan (Şekil 4.1) ve Denklem (4.21) ile hesaplanan k_x değeri (4.22) ifadesi ile tanımlanan ortalama bir değer olarak kabul edilerek, perdelerdeki süneklik koşulunun yeterli olması sağlanmıştır [7, 14].



Şekil 4.1 Tarafsız Eksen Derinliği

$$k_x = \frac{x}{d} \quad (4.21)$$

$$k_x = (\epsilon_{cu} / \epsilon_{cu} \epsilon_s) \leq 0.423 \quad (4.22)$$

Bu şart altında betonun ezilme anındaki donatı uzaması ϵ_s , S420a çeliğinin akma sınırının yaklaşık 2.21 katıdır.

Ayrıca ilave edilecek yatay donatılar ile sünekliğin daha da fazla artması yoluna gidilebilir.

4.2.4. Perde Gövde Donatıları

Perde gövde donatıları, Bölüm 3.6.2 de ifade edilen, gövde donatısı koşullarını sağlamalıdır.

4.2.5. Perdelerde Kesme Kontrolü

Temel olarak perdelerin deprem etkisindeki kesme kuvvetlerinin tamamını karşılaması istenmektedir. Perdelerin karşılaması istenen kesme kuvvetlerinde, perde veya perde parçalarındaki enine donatının hesabında V_d kesme kuvveti esas alınır ve Denklem (4.23)'deki koşulun Denklem (4.24), (4.25) ve (4.26) için sağlanması istenir.

$$V_d \leq V_r \quad (4.23)$$

koşulu,

$$V_d \leq 0.22 A_{ch} f_{cd} \quad (4.24)$$

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd}) \quad (4.25)$$

$$V_r \leq A_{wf} f_{yd} \mu \quad (4.26)$$

4.2.6. Perde Enkesit Koşulları

Perdelerde kısa kenarın uzunluğunun uzun kenara olan uzunluğu, (4.27) ifadesini sağlamak zorundadır.

$$\frac{b_w}{l_w} \leq 7 \quad (4.27)$$

Deprem yüklerinin yalnız perdeler tarafından taşındığı binalarda (4.28) ve (4.29) ifadelerinin sağlandığı durumlarda, (4.30) ve (4.31) ifadelerinin perdelerde minimum koşul olarak tanımlanması yeterlidir.

$$\Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0.002 \quad (4.28)$$

$$V_t / \Sigma A_g \leq 0.5 f_{ctd} \quad (4.29)$$

$$b_w \leq \frac{H_w}{20} \quad (4.30)$$

$$b_w \geq 150 \text{ mm} \quad (4.31)$$

Ancak çalışmada minimum perde genişliği, gerek kalıplama gerekse betonun yerleştirilmesi açısından, uygulamadaki en genel alt durum olarak teşkil edilen minimum 200mm olarak belirlenmiştir. Denklem (4.28) ve (4.29)'da belirtilen özel durum dışında perde kalınlığının belirlenmesinde (4.32) ve (4.33) ifadelerinin her ikisini de sağlamak zorundadır.

$$b_w \geq \frac{H_w}{15} \quad (4.32)$$

$$b_w \geq 200\text{mm} \quad (4.33)$$

Ancak $H_w / l_w > 2.0$ olan perdelerde perde kalınlığı (4.34) ifadesini kritik perde yüksekliği boyunca sağlamalıdır.

$$b_w \geq \frac{H_w}{12} \quad (4.34)$$

4.3. Hesap Aşamaları

Perde boylarının bulunması ve bulunan bu perde boylarının belirlenen kriterlere uygunluğunun sağlanması ile elde edilen grafikler Ek'de sunulmuştur.

Perde boylarının belirlenmesinde ilk başta kullanılan kriter olan deplasman kontrolü ile bu kriteri sağlayan tek bir perde elde edilmiştir. Perde boylarının tek bir perde olarak verilmesi mimari ve sistem davranışları açısından oldukça kullanışsızdır. Bunun neticesinde bina planındaki perde sayısı, n_b , 3, 4, 6 ve 8 olarak belirlenmiş ve deplasman koşulu ile belirlenen l_1 boyundaki perde, aynı atalet momentine sahip olacak şekilde n_b adet perdeye bölünmüştür.

Bölünen bu perdeler bina üzerine etkiyen normal kuvvet ve moment perdeler dağıtılarak, konulması gereken donatı miktarlarının yönetmelikteki uç bölgelerindeki donatı koşullarına uygunluğu kontrol edilmiş ve kriterin sağlanmadığı durumlarda perde boylarının artırılması yoluna gidilmiştir.

Donatı koşulunun sağlanması için değiştirilen perde boylarının, beton ve donatıdaki uzalma ve kısalma miktarlarının hesaplanması ile, süneklik koşulu olarak belirlenen kriter uygunluğu kontrol edilmiştir. Yine bu koşulun sağlanmadığı durumlarda perde boyları büyütülerek perdelerin sünekliği uygun sınır durumuna getirilmiştir.

Yapıya etkiyen kesme kuvveti etkisinde bulunan l_w boyları için, kesme kuvveti kontrolü yapılmıştır. Bulunan perde boylarının, Denklem (4.24)'ü genellikle sağladığı ancak 3, 5 ve bazı 8 katlı binalarda, binalardaki perde sayısının 3 ve 4 olması durumlarında perdelerin, Denklem(4.25)'de ρ_{min} değeri için yeterli kesme dayanımına sahip olamadığı, ancak yatay donatının artırılarak kabul edilebilir sınırlar dahilinde bu koşulun da sağlandığı görülmüştür. Ayrıca temele bağlantı düzeyinde ve üst katlarda yapılacak inşaat derzlerinde aktarılan kesme kuvveti için yapılan sürtünme kesmesi kontrolünün herhangi bir kritik bölge içinde yer almadığı tesbit edilmiştir.

Ek’de verilen grafiklerin elde edilmesinde;

Deplasman koşulu genellikle 8 kat ve üzerindeki binalardaki, genellikle plan alanının az olduğu durumlarda daha etkin olarak ortaya çıktığı, bu binalarda kat alanlarının artması ile perde uç bölgesi donatı koşulları ve süneklik kriteri çerçevesinde perdelerin boyutlandırılması gerektiği görülmüştür.

Daha az katlı binalarda deplasman koşulunun, yalnızca bazı deprem bölgesi ve bina alanlarının az olduğu durumlar için etkidliği, ancak genel anlamda süneklik ve donatı ile ilgili koşulların perde boyutlandırılmasında etkin olarak rol aldığı gözlenmiştir. Özellikle normal kuvvetin %50’sini perdeler tarafından alındığı kabul edilen yapılarda moment taşıma kapasitesinin azalmasına bağlı bir durum şeklinde ortaya çıkan maksimum donatı oranı temel kriter olmuştur. Bunun yanı sıra plandaki perde adedinin 3 ve 4 olması durumunda perde enkesit koşulları ile ilgili kriteri sağlamadığı ve bu kriterin perde boylarında etkin olduğu belirlenmiştir.

Böylelikle her bir perde için, tüm kriterlerin sağlanması yoluna gidilmiş ve hazırlanan grafikler Ek’te sunulmuştur. Buna göre,

Yalnız perdeli teşkil edilen sistemlerde normal kuvvetin tamamının perdeler tarafından taşınması durumu için,

Z1 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (1-3)’de, Z3 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (4-6)’da, Z4 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (7-9)’da,

Yukarıdaki zemin sınıfları ve deprem bölgelerinde 13, 15, 18, 20 katlar için farklı perde genişlikleri kullanılması durumunda Şekil (10-14)’de,

Yalnız perdeli teşkil edilen sistemlerde normal kuvvetin %75’inin perdeler tarafından taşınması durumu için,

Z1 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (15-17)’de, Z3 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler

Şekil (18-20)'de, Z4 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (21-23)'de,

Perde-çerçevesiz olarak teşkil edilen sistemlerde normal kuvvetin %75'inin perdeler tarafından taşınması durumu için,

Z1 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (24-26)'da, Z3 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (27-29)'da, Z4 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (30-32)'de,

Yukarıdaki zemin sınıfları ve deprem bölgelerinde 13, 15, 18, 20 katlar için farklı perde genişlikleri kullanılması durumunda Şekil (33-37)'de,

Perde-çerçevesiz olarak teşkil edilen sistemlerde normal kuvvetin %50'sinin perdeler tarafından taşınması durumu için,

Z1 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (38-40)'de, Z3 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (41-43)'de, Z4 zemin sınıfı için kat adedinin 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 olması durumunda 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için olan grafikler Şekil (44-46)'da gerekli perde boyları grafiklerle teşkil edilmiştir.

Ayrıca 10 katlı, Z1 zemin sınıfı ve 1. ve 2. deprem bölgesinde, yalnız perdeli teşkil edilen ve normal kuvvetin tamamının perdelerle taşındığı binalarda, 8.katlı Z1 zemin sınıfı ve 1. ve 3. deprem bölgesinde perde-çerçevesiz olarak teşkil edilen ve normal kuvvetin %50'sinin perdeler tarafından taşındığı binalarda limit durumlara ait grafikler verilmiştir.

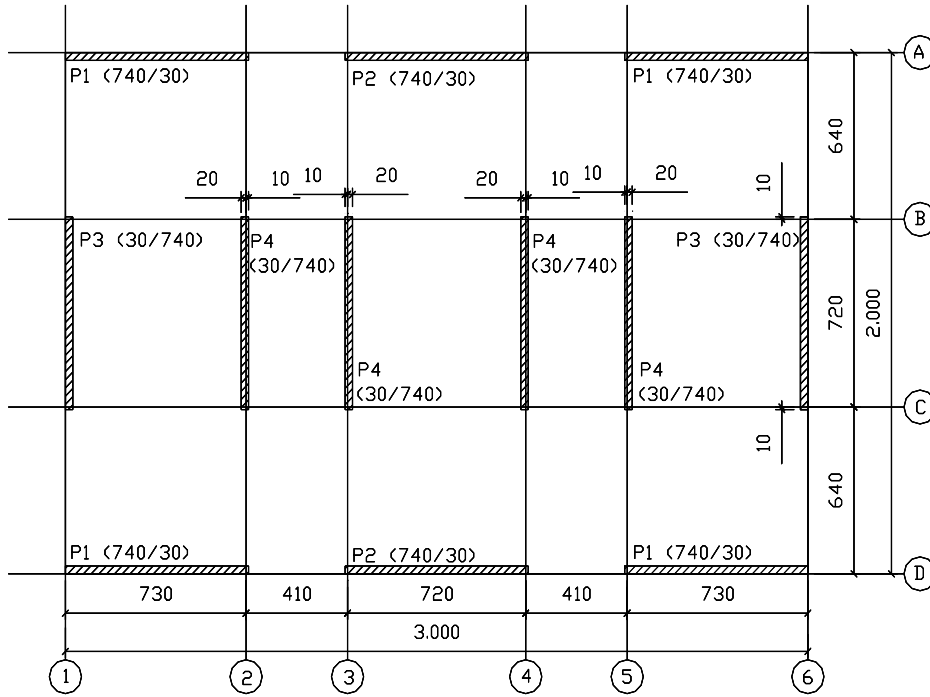
Ekte verilen grafikler üzerinde kat sayısı, zemin sınıfı tanımlanmış ve grafikteki perde genişliği b_w , deprem bölgesi A_0 , perde boyu ordinatta l_w ve bina plan alanı apsiste A_p , o kat için kullanılan perde sayısı n_b ile belirtilmiştir.

5. SAYISAL UYGULAMA

1) Bu sayısal uygulamada 600m^2 kat alanına sahip, taşıyıcı sistemi yalnız perdelerle teşkil edilmiş bir konutun çeşitli kat alanı, zemin sınıfı ve perde genişlikleri değişken alınarak, tez ekinde sunulan grafikler ile perde kesitlerinin boyutlandırılması yapılacaktır.

a) 1.Derece Deprem Bölgesi ve Z3 Zemin Sınıfında inşa edilecek olan 13 katlı, 600m^2 kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.1) eteki grafikler yardımı ile belirlenen kesitlerde seçilerek kontrolü yapılacaktır.

Her iki doğrultuda perde sayısı, $n_b = 6$ olarak seçilmiş ve ekte sunulan Şekil10'daki 13 kat, 600m^2 için verilen grafikteki perde genişliği, $b_w = 30\text{cm}$ için perde boyları, $l_w = 740\text{cm}$ seçilmiştir.



Şekil 5.1 13 Kat, 600m^2 Bina Planı

Bina ağırlığı, $W = N m_i A_p = 13 \times 12 \times 600 = 96300 \text{ kN}$.

Bina periyodu ve Spektrum Katsayısı,

$$T_1 = 2\pi \left[\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2) \right] / \sum_{i=1}^N (F_{fi} d_{fi})^{1/2} = 0.784 \text{ sn}$$

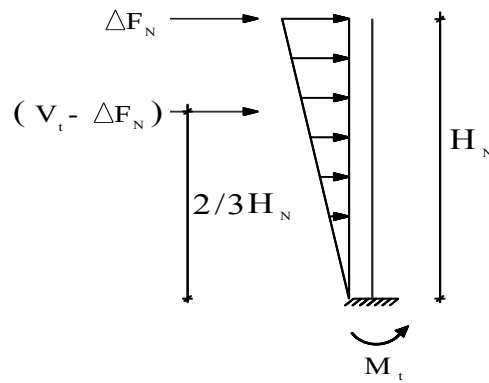
$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} = 2.5 (0.6 / 0.784)^{0.8} = 2.018$$

Kesme Kuvveti,

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) = 93600 \times (0.4 \times 1 \times 2.018) / 6 = 12590 \text{ kN}$$

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t = 0.07 \times 0.784 \times 12590 = 691 \text{ kN}$$

Şekil 5.2'deki gibi hesaplanacak olan temel üstü momenti ile,



Şekil 5.2 Temel Üstü Momenti

$$M_t = 2/3 (V_t - \Delta F_N) H_N + \Delta F_N H_N = 2/3 \times 11899 \times 39 + 691 \times 39 = 336323 \text{ kNm}$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü ;

P1 Perdesi (740/30)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12 \times 13 \times 3.30 \times 9.33}{0.3 \times 7.4 \times 16667} = 0.130$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l_w^2 f_{cd}} = \frac{336323}{6 \times 0.3 \times 7.4^2 \times 16667} = 0.204$$

$$k_x = (\varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s)) = (3 / (3+7)) = 0.300 \leq 0.423$$

$$\omega = 0.15; \rho = \omega / (0.2 \times (f_{yd} / f_{cd})) , \rho = 0.15 / (0.2 \times 21.9) = \% 3.4$$

P2 Perdesi (740/30)

$$n = \frac{12 \times 13 \times 3.30 \times 11.35}{0.3 \times 7.4 \times 16667} = 0.158$$

$$m = \frac{336323}{6 \times 0.3 \times 7.4^2 \times 16667} = 0.204$$

$$k_x = (\varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s)) = (3 / (3+6)) = 0.333 \leq 0.423$$

$$\omega = 0.145, \rho = 0.165 / (0.2 \times 21.9) = \% 3.3$$

P3 Perdesi (30/740)

$$n = \frac{12 \times 13 \times 3.70 \times 13.40}{0.3 \times 7.4 \times 16667} = 0.208$$

$$m = \frac{336323}{6 \times 0.3 \times 7.4^2 \times 16667} = 0.204$$

$$k_x = (\varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s)) \leq 0.423, k_x = (3 / (3+5.5)) \leq 0.423, k_x = 0.353 \leq 0.423$$

$$\omega = 0.135$$

$$\rho = \frac{\omega}{(0.2 \times (f_{yd} / f_{cd}))} , \rho = \frac{0.135}{(0.2 \times 21.9)} , \rho = \% 3.1$$

P4 Perdesi (30/740)

$$n = \frac{1.2 \times 13 \times 5.35 \times 13.40}{0.3 \times 7.4 \times 16667} = 0.302$$

$$m = \frac{32734}{6 \times 0.3 \times 7.4^2 \times 16667} = 0.204$$

$$k_x = (\varepsilon_{cu} / (\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s)) \leq 0.423, k_x = (3 / (3+4.5)) \leq 0.400, k_x = 0.400 \leq 0.423$$

$$\omega = 0.125$$

$$\rho = \frac{\omega}{(0.2 \times (f_{yd} / f_{cd}))} , \rho = \frac{0.125}{(0.2 \times 21.9)} , \rho = \% 2.9$$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Perde sayıları ve boyları her iki yönde de eşit olduğu için kontrolün herhangi bir doğrultuda yapılması yeterlidir.

$$V_d = (V_t / n_b) = (12590 / 6) = 2098 \text{ kN}$$

$$V_d \leq V_r ;$$

$$V_r = 0.22 A_{ch} f_{cd} = 0.22 (0.3 \times 7.4) \times 16667 = 8140 \text{ kN}$$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0.0025 alınarak kontrol yapılırsa,

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd}), V_r = (0.3 \times 7.4) (0.65 \times 1200 + 0.0025 \times 365200), V_r = 3758 \text{ kN}$$

$$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 2 \times 0.0143 \times 365200 \times 0.06 = 6260 \text{ kN}$$

Sürtünme kesmesi hesabı için yalnızca uç bölgelerindeki donatıların hesaba katılması yeterlidir. Gövde donatılarının kritik durumu daha aşağıya çekeceği aşıkardır. μ katsayısı TS500'e göre 0.6 alınmıştır.

Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması Koşulu,

$$\Delta_{i \max} = 0,00333 \leq 0,00333$$

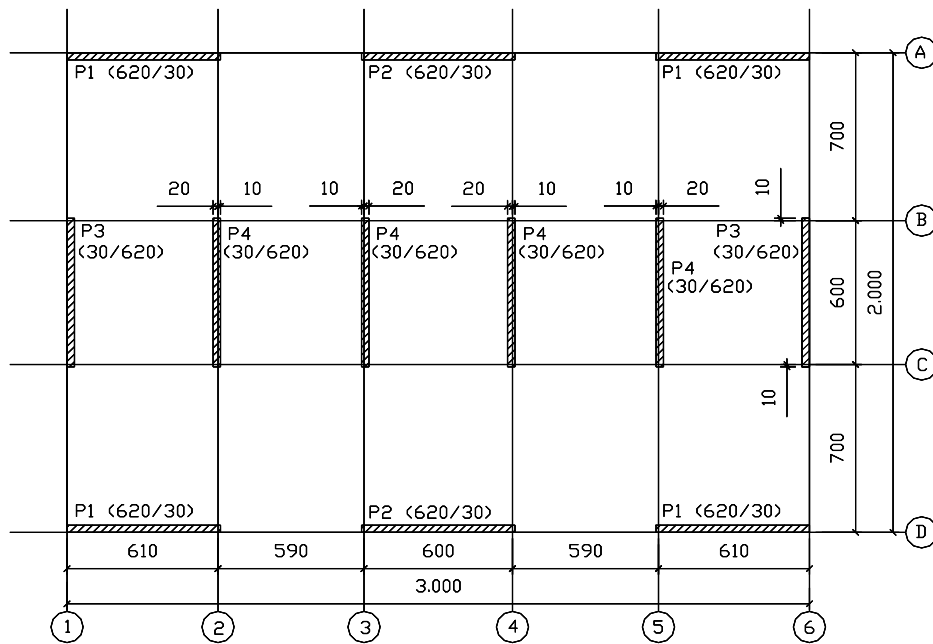
Minimum Kesit Kontrolü,

$$(H_w / l_w) = (39 / (6 \times 7.4)) = 0.878 < 2.0, (b_w / h) = (30 / 300) = 1 / 10 \geq 1 / 15$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu, süneklik ve donatı oranlarının limit durumunda olmadığı ve perde kesitlerinin belirlenmesinde, görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması koşulunun ekstrem koşulu oluşturduğu gözlemlenmiştir.

b) 1.Derece Deprem Bölgesi ve Z1 Zemin Sınıfında inşa edilecek olan; 13 katlı, 600m² kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.3) ekte grafikler yardımı ile belirlenen kesitlerde seçilerek, kontrolü yapılacaktır.

Her iki doğrultuda, perde sayısı, $n_b = 6$ olarak seçilmiş ve ekte sunulan Şekil10'daki 13 kat, 600 m² için verilen grafikteki perde genişliği, $b_w = 30$ cm için perde boyları, $l_w = 620$ cm seçilmiştir.



Şekil 5.3 13 Kat, 600m² Bina Planı

$$W = 96300 \text{ kN}$$

$$T_1 = 0.779 \text{ sn}, S(T) = 1.165,$$

$$V_t = 7277 \text{ kN}, \Delta F_N = 397 \text{ kN}, M_t = 194363 \text{ kNm}$$

P1 Perdesi (620/30); $n = 0.173, m = 168, k_x = 0.300 \leq 0.423, \omega = 0.14, \rho = \% 3.2$

P2 Perdesi (620/30); $n = 0.227, m = 0.168, k_x = 0.353 \leq 0.423, \omega = 0.135, \rho = \% 3.1$

P3 Perdesi (30/620); $n = 0.199, m = 0.168, k_x = 0.333 \leq 0.423, \omega = 0.135, \rho = \% 2.1$

P4 Perdesi (30/620); $n = 0.350, m = 0.168, k_x = 0.476 > 0.423, \omega = 0.125, \rho = \% 2.9$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

$$V_d = 1213 \text{ kN}, V_d \leq V_r,$$

$V_r = 6820 \text{ kN}$, ρ_{sh} , minimum değer olan 0.0025 alınarak kontrol yapılırsa $V_r = 3149 \text{ kN}$, Sürtünme kesmesi değeri, $V_r = 2930 \text{ kN}$ bulunarak yukarıdaki kriterin sağlandığı görülür.

Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması Koşulu,

$$\Delta_{i \max} = 0,00333 \leq 0,00333$$

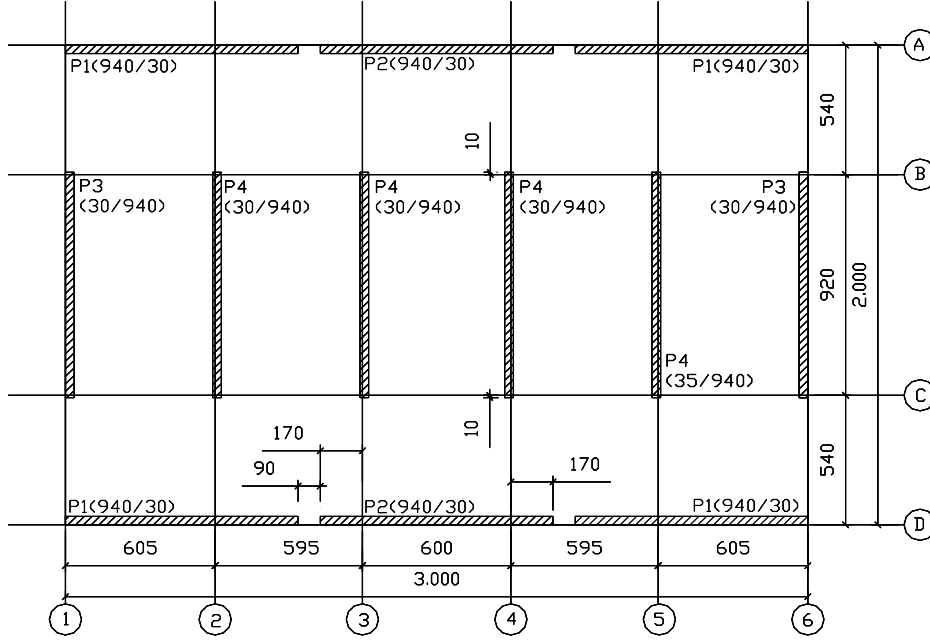
Minimum Kesit Kontrolü,

$$(H_w / l_w) = (39 / (6 \times 6.2)) = 1.048 < 2.0, (b_w / h) = (30 / 300) = 1 / 10 \geq 1 / 15$$

Seçilen planda P4 perdelerinin her birinin taşıdığı normal kuvvet, perdelerin plandaki yerleştirme düzenlerinin farklı olmasından dolayı bina ağırlığının %11'i mertebesinde oluşmuştur. Bu durum perdeler üzerindeki normal kuvvetin, ekte bulunan perde boyları hesabı için kullanılan normal kuvvetten %32 daha fazla olması sonucunu doğurmakta ve sünekliği azaltmaktadır. Bu nedenle P4 perdelerinin kesiti süneklik kriteri için yetersiz gelmiştir. Sorunun çözümü, perdelerin normal kuvveti daha orantılı bir şekilde alması yolunda bina planını değiştirmek veya P4 perdesinin boyunu arttırmaktır.

c) 1.Derece Deprem Bölgesi ve Z3 Zemin Sınıfında inşa edilecek olan; 18 katlı, 600m² kat alanına sahip, C30 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.4) ekteki grafikler yardımı ile belirlenen kesitlerde seçilerek, kontrolü yapılacaktır.

Her iki doğrultuda, perde sayısı, $n_b = 6$ olarak seçilmiş ve ekte sunulan Şekil4'deki 18 kat, 600 m² için verilen grafikteki perde genişliği, $b_w = 30\text{cm}$ için perde boyları, $l_w = 940\text{cm}$ seçilmiştir.



Şekil 5.4 18 Kat, 600m² Bina Planı

$$W = 129600 \text{ kN},$$

$$T_1 = 0.998 \text{ sn}, S(T) = 1.664, V_t = 14365 \text{ kN}, \Delta F_N = 1004 \text{ kN}, M_t = 535212 \text{ kNm}$$

P1 Perdesi (940/30); $n = 0.096, m = 0.168, k_x = 0.250 \leq 0.423, \omega = 0.12, \rho = \% 3.4$

P2 Perdesi (940/30); $n = 0.103, m = 0.168, k_x = 0.300 \leq 0.423, \omega = 0.12, \rho = \% 3.4$

P3 Perdesi (30/940); $n = 0.162, m = 0.168, k_x = 0.315 \leq 0.423, \omega = 0.11, \rho = \% 3.2$

P4 Perdesi (30/940); $n = 0.320, m = 0.168, k_x = 0.423 \cong 0.423, \omega = 0.08, \rho = \% 2.3$

Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması Koşulu,

$$\Delta_{i \max} = 0,00333 \leq 0,00333$$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

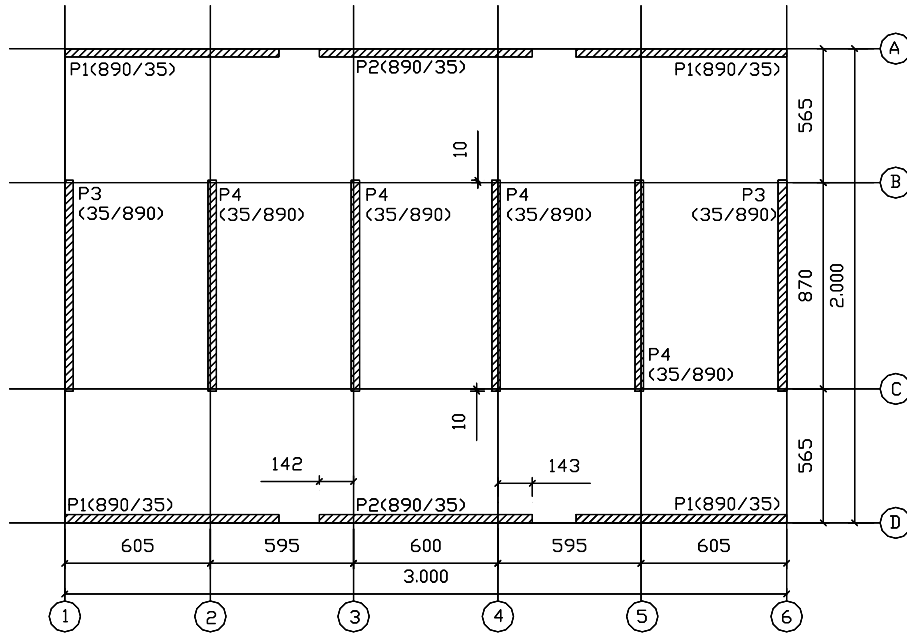
$V_d = 2394 \text{ kN}, V_d \leq V_r, V_r = 13706 \text{ kN}, \rho_{sh}$, minimum değer olan 0.0025 alınarak kontrol yapılırsa $V_r = 3282 \text{ kN}$, Sürtünme kesmesi en az donatılan kesit için, $V_r = 8074 \text{ kN}$ bulunarak yukarıdaki kriterin sağlandığı görülür.

Minimum Kesit Kontrolü,

$$(H_w / l_w) = (54 / (6 \times 9.4)) = 0.957 < 2.0, (b_w / h) = (30 / 300) = 1 / 10 \geq 1 / 15$$

d) 1.Derece Deprem Bölgesi ve Z1 Zemin Sınıfında inşa edilecek olan; 18 katlı, 600m² kat alanına sahip, C30 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.5) ekte grafikler yardımı ile belirlenen kesitlerde seçilerek, kontrolü yapılacaktır.

Her iki doğrultuda, perde sayısı, $n_b = 6$ olarak seçilmiş ve ekte sunulan Şekil10'daki 18 kat, 600 m² için verilen grafikteki perde genişliği, $b_w = 35\text{cm}$ için perde boyları, $l_w = 890\text{cm}$ seçilmiştir.



Şekil 5.5 18 Kat, 600m² Bina Planı

$$W = 129600 \text{ kN}$$

$$T_1 = 0.999 \text{ sn}, S(T) = 1.663,$$

$$V_t = 14363 \text{ kN}, \Delta F_N = 1004 \text{ kN}, M_t = 535140 \text{ kNm}$$

P1 Perdesi (890/35); $n = 0.087, m = 0.160, k_x = 0.231 \leq 0.423, \omega = 0.13, \rho = \% 3.6$

P2 Perdesi (890/35); $n = 0.094, m = 0.160, k_x = 0.231 \leq 0.423, \omega = 0.13, \rho = \% 3.6$

P3 Perdesi (35/890); $n = 0.147$, $m = 0.190$, $k_x 0.273 \leq 0.423$, $\omega = 0.12$, $\rho = \% 3.4$

P4 Perdesi (35/890); $n = 0.294$, $m = 0.190$, $k_x = 0.415 > 0.423$, $\omega = 0.10$, $\rho = \% 2.8$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

$$V_d = 2394 \text{ kN}, V_d \leq V_r,$$

$V_r = 13703 \text{ kN}$, ρ_{sh} , minimum değer olan 0.0025 alınarak kontrol yapılırsa $V_r = 3688 \text{ kN}$, Sürtünme kesmesi en az donatılan kesit için, $V_r = 9010 \text{ kN}$ bulunarak yukarıdaki kriterin sağlandığı görülür.

Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması Koşulu,

$$\Delta_{i \max} = 0,00333 \leq 0,00333$$

Minimum Kesit Kontrolü,

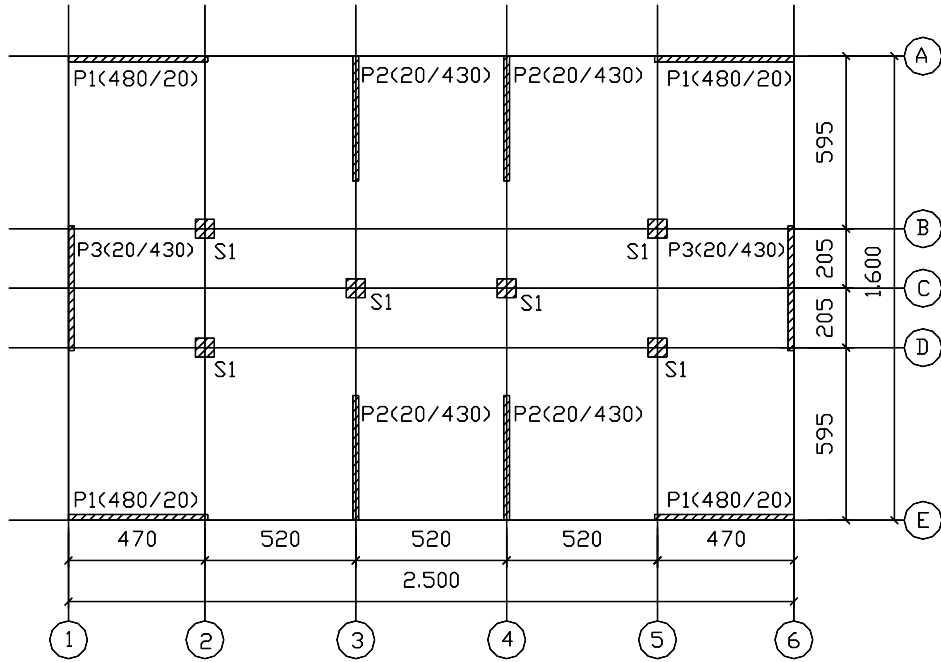
$$(H_w / l_w) = (54 / (6 \times 8.9)) = 1.01 < 2.0, (b_w / h) = (35 / 300) = 1 / 8.6 \geq 1 / 15$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu, ancak 1.c örneğindeki perde boylarının plan alanına oldukça büyük gelmesi nedeni ile perde genişliğinin 5cm arttırılarak tekrarlandığı bu örnekte de perde boyunun çok fazla olduğu sonucu elde edilmiştir. Plan belirleme aşamasında mimari kısıtlamaların da etkin bir kriter olarak ilave olabileceği düşünüldüğünde, profil perde yapılması veya teşkil edilebilecek bir çekirdek ile yapının deprem kuvvetlerinin karşılanması yoluna gidilebilmesi önerilebilir.

2) Bu sayısal uygulamada 400m^2 kat alanına sahip, deprem kuvvetlerinin yalnız perdeler tarafından alındığı ve normal kuvvetin perdeler ve kolonlar ile taşındığı bir konutun çeşitli kat alanı, deprem bölgesi ve perde genişlikleri değişken alınarak, tez ekinde sunulan grafikler ile perde kesitleri belirlenerek kontrolleri yapılacaktır.

a) 1.Derece Deprem Bölgesi ve Z1 Zemin Sınıfında inşa edilecek olan; 8 katlı, 400m^2 kat alanına sahip, C20 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.6) ekteki grafikler yardımı ile belirlenen kesitlerde seçilerek, kontrolü yapılacaktır.

x doğrultusunda perde sayısı $n_b = 4$ seçilirken, y doğrultusunda perde sayısı $n_b = 6$ olarak seçilmiştir. Plandaki kolonlar göz önünde alınarak bina yükünün %75'inin perdeler, %25'inin kolonlar tarafından alındığı durumda elde edilen grafikler yardımı ile perde kesitleri seçilmiştir. Şekil 15'deki 8 kat, 400 m^2 için verilen grafikteki perde genişliği, $b_w = 20 \text{ cm}$ için perde boyları, x yönünde $l_w = 480 \text{ cm}$, y yönünde $l_w = 430 \text{ cm}$ seçilmiştir.



Şekil 5.6 8.Kat, 400 m^2 Bina Planı

Yatay Yük Hesabı;

$$W = 38400 \text{ kN}$$

Bina Periyodu ve Spektrum Katsayısı,

x doğrultusunda hesap,

$$A_t = \sum_j A_{wj} [0.2 + (l_{wj} / H_N)^2] = 4 (0.2 \times 4.8) [0.2 + (4.8 / 24)^2] = 0.922$$

$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} = 0.075 / (0.922)^{1/2} \leq 0.05; C_t = 0.05$$

$$T_1 = C_t H_N^{3/4} = 0.05 (24)^{3/4} = 0.542 \text{ sn}$$

$$S(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.8} = 2.5 (0.30 / 0.542)^{0.8} = 1.558$$

y doğrultusunda hesap,

$$A_t = 0.922, C_t = 0.05, T_1 = 0.542, S(T) = 1.558$$

$$V_t = V_{tx} = V_{ty} = W A(T_1) / R_d(T_1) = 38400 \times (0.4 \times 1 \times 1.558) / 6 = 3990 \text{ kN}$$

$$M_t = 63840 \text{ kNm}$$

P1 Perdesi (480/20); $n = 0.170, m = 0.260, k_x = 0.333 \leq 0.423, \omega = 0.22, \rho = \% 4$

P2 Perdesi (20/430); $n = 0.200, m = 0.216, k_x = 0.353 \leq 0.423, \omega = 0.17, \rho = \% 3.1$

P3 Perdesi (20/430); $n = 0.221, m = 0.216, k_x = 0.375 \leq 0.423, \omega = 0.16, \rho = \% 2.9$

Görelı Kat Ötelemelerının Sınırlandırılması Koşulu,

$$\Delta_{i \max} = 0,00270 \leq 0,00333$$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

x doğrultusundaki perde sayılarının alanı, y doğrultusundaki perde alanından daha küçük olması nedeni ile, yalnızca x doğrultusunda kesme kuvveti kontrolü yapılması yeterlidir.

$$V_d = 998 \text{ kN}, V_d \leq V_r,$$

$V_r = 2815 \text{ kN}$, ρ_{sh} , minimum değeri olan 0.0025 alınarak kontrol yapılırsa $V_r = 1544 \text{ kN}$, Sürtünme kesmesi en az donatılan kesit için, $V_r = 3370 \text{ kN}$ bulunarak yukarıdaki kriterin sağlandığı görülür.

Minimum Kesit Kontrolü,

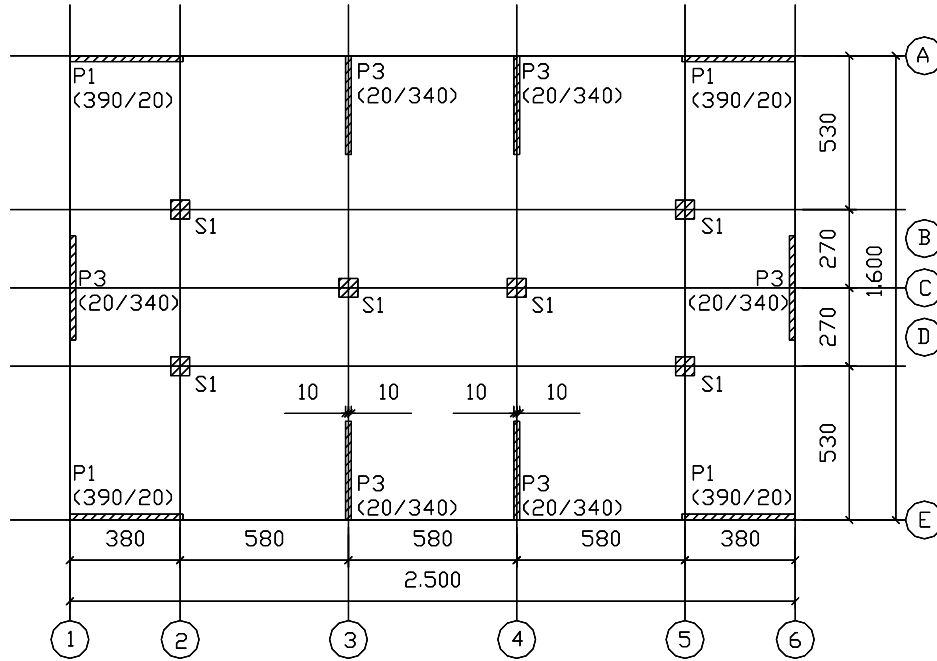
Yalnızca x yönünde perde kesit kontrolü yeterlidir.

$$(H_w / l_w) = (24 / (4 \times 4.8)) = 1.25 < 2.0, (b_w / h) = (20 / 300) = 1 / 15 \geq 1 / 15$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, seçilen perde kesitlerinin yeterli veya kabul edilebilir seviyede olduğu ve kritik durumun donatı oranındaki sınırlamalar olduğu gözlenmiştir.

b) 3.Derece Deprem Bölgesi ve Z1 Zemin Sınıfında inşa edilecek olan; 8 katlı, 400m² kat alanına sahip, C20 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.7) ekteki grafikler yardımı ile belirlenen kesitlerde seçilerek, kontrolü yapılacaktır.

x doğrultusunda perde sayısı $n_b = 4$ seçilirken, y doğrultusunda perde sayısı $n_b = 6$ olarak seçilmiştir. Plandaki kolonlar göz önünde alınarak bina yükünün %75'inin perdeler, %25'inin kolonlar tarafından alındığı durumda elde edilen grafikler yardımı ile perde kesitleri seçilmiştir. Şekil 17'deki 8 kat, 400 m² için verilen grafikteki perde genişliği, $b_w = 20\text{cm}$ için perde boyları, x yönünde $l_w = 390\text{cm}$, y yönünde $l_w = 340\text{cm}$ seçilmiştir.



Şekil 5.7 8 Kat, 400m² Bina Planı

Yatay Yük Hesabı;

$$W = 38400 \text{ kN}$$

Bina Periyodu ve Spektrum Katsayısı,

x doğrultusunda hesap,

$$A_t = 0.706, C_t = 0.05, T_1 = 0.542\text{sn}, S(T) = 1.558$$

y doğrultusunda hesap,

$$A_t = 0.898, C_t = 0.05, T_1 = 0.542 \text{ sn}, S(T) = 1.558$$

$$V_t = V_{tx} = 1990 \text{ kN}$$

$$M_t = 31840 \text{ kNm}$$

$$\textbf{P1 Perdesi (390/20)}; n = 0.117, m = 0.196, k_x = 0.300 \leq 0.423, \omega = 0.16, \rho = \% 2.9$$

$$\textbf{P2 Perdesi (20/340)}; n = 0.196, m = 0.172, k_x = 0.353 \leq 0.423, \omega = 0.14, \rho = \% 2.6$$

$$\textbf{P3 Perdesi (20/340)}; n = 0.280, m = 0.172, k_x = 0.375 \leq 0.423, \omega = 0.11, \rho = \% 2.1$$

Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması Koşulu,

$$\Delta_{i \max} = 0,00333 \leq 0,00333$$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Kontroller x doğrultusunda yapılırsa,

$$V_d = 498 \text{ kN}, V_d \leq V_r,$$

$V_r = 2220 \text{ kN}$, ρ_{sh} , minimum değeri olan 0.0025 alınarak kontrol yapılırsa $V_r = 1220 \text{ kN}$, Sürtünme kesmesi en az donatılan kesit için, $V_r = 6573 \text{ kN}$ bulunarak yukarıdaki kriterin sağlandığı görülür.

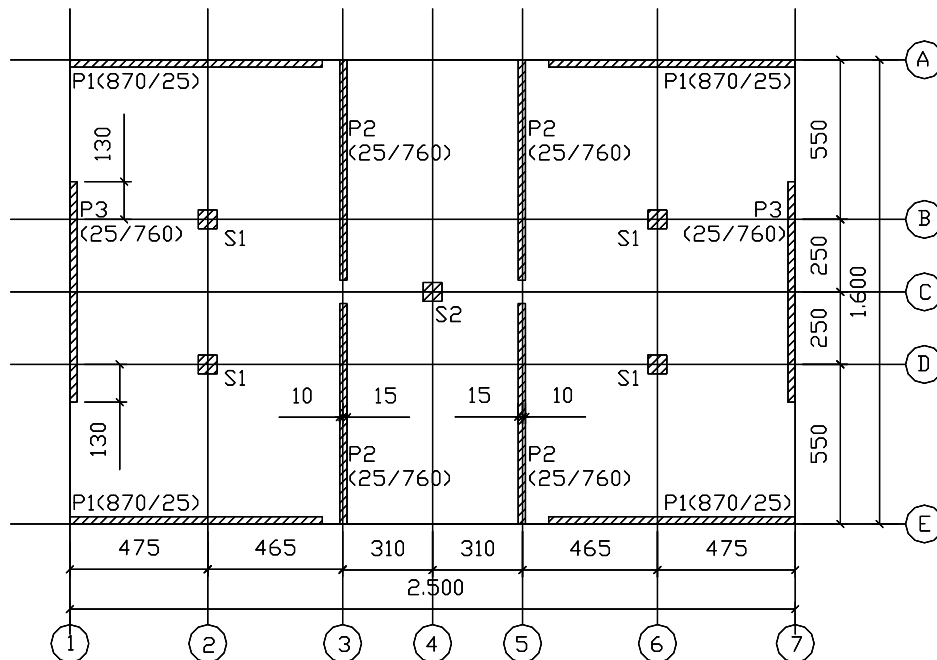
Minimum Kesit Kontrolü,

Yalnızca x yönünde perde kesit kontrolü yeterlidir.

$$(H_w / l_w) = (24 / (4 \times 3.4)) = 1.55 < 2.0, (b_w / h) = (20 / 300) = 1 / 15 \geq 1 / 15$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu ve perde boylarının belirlenmesinde kritik durumun, katlar arası görelî deplasman koşulu olduğu gözlemlenmiştir.

x doğrultusunda perde sayısı $n_b = 4$ seçilirken, y doğrultusunda perde sayısı $n_b = 6$ olarak seçilmiştir. Plandaki kolonlar göz önünde alınarak bina yükünün %75'inin perdeler, %25'inin kolonlar tarafından alındığı durumda elde edilen grafikler yardımı ile perde kesitleri seçilmiştir. Şekil 18'deki 15 kat, 400 m^2 için verilen grafikteki perde genişliği, $b_w = 25 \text{ cm}$ için perde boyları, x yönünde $l_w = 870 \text{ cm}$, y yönünde $l_w = 760 \text{ cm}$ seçilmiştir.



Şekil 5.8 15 Kat, 400m² Bina Planı

Yatay Yük Hesabı;

$$W = 72000 \text{ kN}$$

Bina Periyodu ve Spektrum Katsayısı,

$$T_1=1.02\text{sn}, T_{1Ax}=0.868 \times 1.3=1.13\text{sn} > 1.02, T_{1Ay}=0.807 \times 1.31=1.05 > 1.02, S(T)=1.635$$

$$V_t = 7850 \text{ kN}, \Delta F_N = 560 \text{ kN}$$

$$M_t = 243900 \text{ kNm}$$

P1 Perdesi (870/25); $n = 0.144$, $m = 0.161$, $k_x = 0.300 \leq 0.423$, $\omega = 0.125$, $\rho = \% 3.4$

P2 Perdesi (25/760); $n = 0.212$, $m = 0.140$, $k_x = 0.333 \leq 0.423$, $\omega = 0.11$, $\rho = \% 3.0$

P3 Perdesi (25/760); $n = 0.272$, $m = 0.140$, $k_x = 0.375 \leq 0.423$, $\omega = 0.07$, $\rho = \% 1.9$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Kontroller x doğrultusunda yapılırsa,

$V_d = 1963 \text{ kN}$, $V_d \leq V_r$, $V_r = 9570 \text{ kN}$, ρ_{sh} , minimum değer olan 0.0025 alınarak kontrol yapılırsa $V_r = 5809 \text{ kN}$, Sürtünme kesmesi en az donatılan kesit için, $V_r = 7910 \text{ kN}$ bulunarak yukarıdaki kriterin sağlandığı görülür.

Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması Koşulu,

$$\Delta_{i \max} = 0,00333 \leq 0,00333$$

Minimum Kesit Kontrolü,

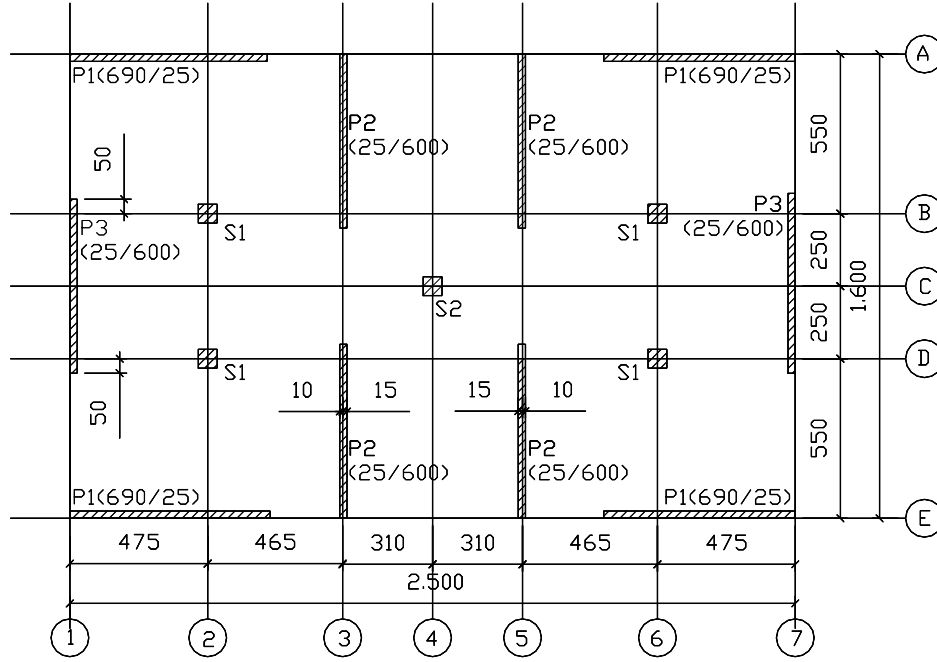
Yalnızca x yönünde perde kesit kontrolü yeterlidir.

$$(H_w / l_w) = (45 / (4 \times 8.7)) = 1.29 < 2.0, (b_w / h) = (25 / 300) = 1 / 12 \geq 1 / 15$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu gözlenmiş ancak 1.c ve 1.d örneklerinde olduğu gibi perde boylarının fazla olması nedeni ile perde genişliklerini büyötmek veya profil perde teşkil ederek aynı perdeden her iki deprem doğrultusunda da yararlanılabilmesi akılcı bir mimari çözüm oluşturabilmektedir.

d) 3.Derece Deprem Bölgesi ve Z3 Zemin Sınıfında inşa edilecek olan; 15 katlı, 400m² kat alanına sahip, C30 beton sınıfı ve S420a beton çeliğı kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.9) ektaki grafikler yardımı ile belirlenen kesitlerde seçilerek, kontrolü yapılacaktır.

x doğrultusunda perde sayısı $n_b = 4$ seçilirken, y doğrultusunda perde sayısı $n_b = 6$ olarak seçilmiştir. Plandaki kolonlar göz önünde alınarak bina yükünün %75'inin perdeler, %25'inin kolonlar tarafından alındığı durumda elde edilen grafikler yardımı ile perde kesitleri seçilmiştir. Şekil 20'deki 15 kat, 400 m^2 için verilen grafikteki perde genişliği, $b_w = 25 \text{ cm}$ için perde boyları, x yönünde $l_w = 690 \text{ cm}$, y yönünde $l_w = 600 \text{ cm}$ seçilmiştir.



Şekil 5.9 15 Kat, 400 m^2 Bina Planı

Yatay Yük Hesabı;

$$W = 72000 \text{ kN}$$

Bina Periyodu ve Spektrum Katsayısı,

$$T_1 = 1.02 \text{ sn}, T_{1Ax} = 0.868 \times 1.3 = 1.13 \text{ sn} > 1.02, T_{1Ay} = 0.807 \times 1.31 = 1.05 > 1.02, S(T) = 1.635$$

$$V_t = 3930 \text{ kN}, \Delta F_N = 280 \text{ kN}$$

$$M_t = 122100 \text{ kNm}$$

P1 Perdesi (690/25); $n = 0.188, m = 0.128, k_x = 0.250 \leq 0.423, \omega = 0.08, \rho = \% 2.2$

P2 Perdesi (25/600); $n = 0.292, m = 0.113, k_x = 0.400 \leq 0.423, \omega = 0.05, \rho = \% 1.1$

P3 Perdesi (25/600); $n = 0.272$, $m = 0.140$, $k_x = 0.400 \leq 0.423$, $\omega = 0.05$, $\rho = \% 1.1$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Kontroller x doğrultusunda yapılırsa,

$$V_d = 983 \text{ kN}, V_d \leq V_r,$$

$V_r = 7590 \text{ kN}$, ρ_{sh} , minimum değer olan 0.0025 alınarak kontrol yapılırsa $V_r=4509\text{kN}$, Sürtünme kesmesi en az donatılan kesit için, $V_r = 1446 \text{ kN}$ bulunarak yukarıdaki kriterin sağlandığı görülür.

Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması Koşulu,

$$\Delta_{i \max} = 0,00333 \leq 0,00333$$

Minimum Kesit Kontrolü,

Yalnızca x yönünde perde kesit kontrolü yeterlidir.

$$(H_w / l_w) = (45 / (4 \times 6.9)) = 1.63 < 2.0, (b_w / h) = (25 / 300) = 1 / 12 \geq 1 / 15$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu perde boylarının, bu örnekteki 3.derece deprem bölgesinde olan yapının 2.c örneğinde 1.derece deprem bölgesinde olan yapıdan mimari açıdan daha makul bir düzeye ulaştığı gözlenmektedir.

6.SONUÇLAR

Perdeler planda uzun kenarı ile kısa kenarı arasındaki oranı en az 7 olan yatay yüklerin karşılanmasında etkin olarak kullanılan düşey taşıyıcı elemanlardır. Yatay yüklerin tamamının perdeler tarafından karşılandığı sistemlerin yanı sıra perdeler, çerçeve sistemlerdeki yatay yük davranışlarını iyileştirmek için karma sistemler içerisinde de kullanılabilir. Kat yüksekliğinin artması durumunda yatay deplasmanların sınırlandırılması için gerek ekonomik gerekse yönetmeliklerdeki kriterlerin sağlanması açısından perdelerin kullanılması bir seçimden öte bir zorunluluk halini almıştır.

Yatay yükler altında perdeler en etkili taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Depremlerdeki davranışlarının da incelenmesi ile perdeli yapılara önem verilmesi gerektiği tekrar tekrar gözlemlenmekte ancak yapılarda perde kullanımına ilişkin kesin bir zorlama yoluna gidilmemektedir. Türkiye Afet Yönetmeliği 98’de özellikle 1. ve 2. deprem bölgelerinde belirli yükseklikteki katlardan sonra mutlaka perdeli sistem teşkiline gidilmesi vurgulanmalı ve özendirilmelidir. Bu bölgelerde yalnız çerçeve sistem yapımının güvenilirlik açısından yeterli olmadığı, yeterli güvenilirliğin ve kriterlerin sağlanması ise özellikle yüksek yapılarda ekonomik açıdan oldukça zorlayıcı olduğu bilinmelidir.

Gerekli perde miktarının kullanımına ilişkin çalışmalardan, U.ERSOY’un plan alanlarına ilişkin her iki yönde %1,5 oranında perde kullanımını önermesi ve E.ATIMTAY’ın perde alanlarını kat adedine bağlı olarak vermesi (Tablo 4.1), önemini vurguladığımız perdelerin kullanımının hassasiyeti açısından önemlidir. Ancak belirtilen perde miktarlarının çeşitli deprem bölgeleri, zemin grupları ve kat yükseklikleri eksikliğinin bulunması açısından oldukça kısıtlı kalmıştır. Ancak unutulmamalıdır ki binalardaki gerekli perde miktarının kullanılmasına ilişkin en önemli koşul, mühendisin taşıyıcı sistemi teşkil etmesi ile taşıyıcı sistemin deprem durumundaki göstereceği davranıştır.

Perde boyları hesaplanırken öncelikle perdeleri boyutlandırmada kullanabileceğimiz kriterler açısından bir değerlendirme yapmak gerekmiştir. Perde boylarının tespiti, seçilen bu kriterler çerçevesinde etkin olmuştur.

Bu boyutlandırmada, perdeler her kat için plan alanına bağlı olarak belirli sayıda yapılması yoluna gidilmiştir ($n_b = 3, 4, 6, 8$). Bulunan bu perde sayılarının haricinde bir perde

sayısının kullanılması durumunda grafik değerlerinde bir iterasyon yapmak yeterli olacaktır.

Kat adetlerinin ve plandaki bina alanının da kriterler içerisine konulması, perde boylarının kat adedi ve kat alanına bağlı olarak mutlak bir şekilde artış gösterdiğinden dolayıdır. Aynı plan alanına sahip az katlı bir bina ile farklı kat alanlarına sahip çok katlı binalar arasındaki perde boylarının farkı muazzam seviyededir.

Malzeme ve perde genişliklerinin çeşitlenmesi, bina yüksekliklerine bağlı olarak kullanılması mümkün olan malzeme ve perde genişliklerine yapılan tahminler sonucunda geliştirilmiştir. Bu sayede grafiksel açıdan aşırı derecede çeşitliliğin oluşması engellenmiş ve kullanılabilirlik koşulları da göz önüne alınarak mantıklı bir dizin oluşturulmuştur. Ayrıca yüksek katlardaki malzeme ve perde genişliklerinin artması ile perde boylarının daha kullanılabilir bir düzeye çekildiği, böylece mimari kısıtlamaların da önemli bir sorun olarak yapı dizilişine etkin olması engellenmiştir.

Deprem bölgesi perde boylarının belirlenmesinde çok önemli bir değişken olarak düşünülmüş ve 1., 2. ve 3. deprem bölgeleri için perde boyları çeşitlenmiştir. Belirlenen perde boyları neticesinde, deprem bölgelerindeki farklılıklardan dolayı değişen deprem boylarına dikkat çekilmesi gerekir.

Zemin de her eleman gibi yapının bir elemanıdır. Zeminlerin özellikleri yapılara etkileyen deprem yüklerinin belirlenmesinde özellikle yüksek katlardaki bina periyodunun fazla olması nedeni ile oldukça önemlidir. Bu nedenle zemin çeşitliliğinin de deprem perde boylarının tespitinde kullanılması uygun görülmüştür.

Binalarda perdelerin boyutlandırılmasında normal kuvvet etkisinde kesitin taşıyabileceği eğilme momentinin artması, bunun yanında sünekliliğin azalması nedeni ile perdeler etkileyen normal kuvvetler de bir değişken olarak görülmüştür. Bu nedenle yalnız perdeli olarak yapılan sistemlerdeki normal kuvvetin tamamının ve mimari gereksinimlerden dolayı konulabileceği düşünülen kolonların da etkisi ile azalabilecek olan normal kuvvetin %75'inin etkidiği 2 durum için hesaplar geliştirilmiştir. Perde-çerçeve olarak tasarlanan sistemlerde perde yerlerindeki değişkenlikten kaynaklanabilecek -örneğin perdelerin bina dış kesimlerine yerleşmesi ile perdeler etkileyen normal kuvvetin azalması, bina iç kısımlarında perdelerin yoğun olarak kullanılması ile perde üzerindeki normal kuvvetlerin

artması- olan çeşitlilikten dolayı perde-çerçeveli olarak düşünülen yapılarda perde üzerindeki normal kuvvetler bina ağırlığının %50 ile %75'i oranında teşkil edilmiştir.

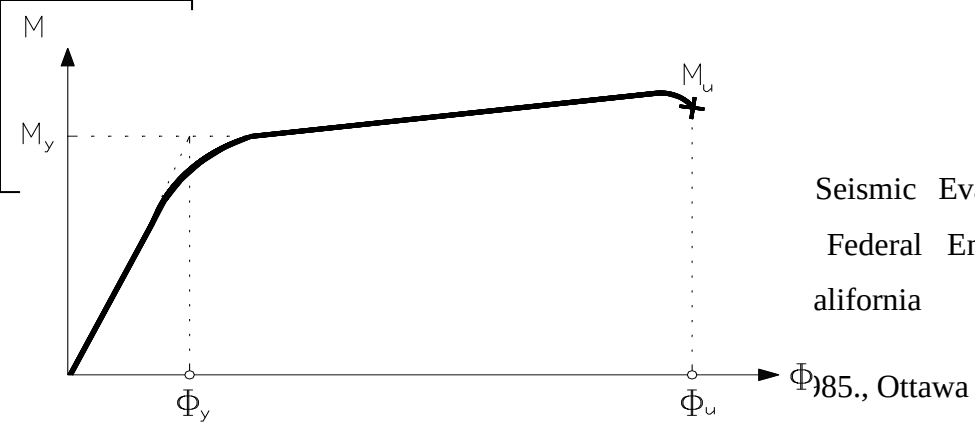
Bulunan perde boyları belirli genişlik ve uzunluğu olan dikdörtgen perdelerdir. Ancak yapıdaki iki yöndeki perdeler kullanılırken perdeler bazen iç içe girerek I, T, L, H, C, U, Y şeklinde perdeler oluşturulabilir. Bu durum, perdelerin her iki yönde de etkili bir şekilde çalışmasını sağlaması ve perdelerin içi içe girmesi ile oluşan başlık bölgelerinin oldukça yüksek bir dayanım oluşturması açısından gayet istenen ve olumlu bir durumdur. Ayrıca binalarda belli yükseklikten sonra asansör boşluğu kullanma zorunluluğu [9] ve merdiven boşluklarının çevresinin perde ile teşkil edilmesi ile oluşan bir çekirdek neticesinde bulunan bu perde boyları önemli ölçüde azalabilir.

Ayrıca hesaplanan perde boyları, Türkiye Afet Yönetmeliği 98'de belirtilen, kritik perde yüksekliği boyunca olması nedeni ile perde boyları ve genişlikleri üst katlarda, sınır koşullarının değişmesi ve belirlenen kriterlerin daha az etkili olması ile azalması beklenmektedir.

Perde alanlarının tanımlanmasında ve teşkilindeki belirlenen kriterler çerçevesinde, bina perde boylarının değişkenlik göstereceği aşıkardır. Ancak unutulmaması önemli, gerek perdeli sistemler gerekse perde-çerçeveli sistemlerde, taşıyıcı sistemin teşkili gerekli perde miktarlarının belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Bu nedenle verilen grafiklerdeki değerler yalnızca öneri değerleri olup, hiçbir şekilde taşıyıcı sistemin olumsuz ve olumlu yanları göz önünde bulundurulmamıştır. Asıl çözümün mühendisin taşıyıcı sistemi teşkili aşamasında yapılacağını bilmek ve bu bilinç çerçevesinde belirtilen perde boylarını kullanmak son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Celeb, Z. ve Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta, İstanbul.
- [2] **Fintel, M.**, 1991. Shearwalls an Answer For Seismic Resistance, Concrete International
- [3] **İTÜ Betonarme Yapılar Çalışma Grubu.**, 2004. Betonarme Tablo ve Abaklar, İTÜ İnşaat Mühendisliği Matbaası, İstanbul
- [4] **Celeb, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme Yapılar, Beta, İstanbul.
- [5] **Paulay, T. ve Priestly, M.J.N.**, 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonary Building, John Wiley & Sons Inc., USA.
- [6] **Atımtay E.**, 2000. Açıklamar ve Örneklerle Afey Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (Betonarme Yapılar) C1., Bizim Büro, Ankara
- [7] **Atımtay E.**, 2000. Açıklamar ve Örneklerle Afey Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (Betonarme Yapılar) C2., Bizim Büro, Ankara
- [8] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik**, 1998, *İnşaat Mühendisleri Odası*, İstanbul Şubesi
- [9] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [10] **Ersoy, U.**, 1993. 1992 Erzincan Depreminden Alınması Gereken Dersler, *2.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, ss 395-403, İstanbul
- [11] **Çetmeli, E. ve Çakıroğlu, A.**, 1996. Yapı Statiği C1., Beta, İstanbul.
- [12] **Çetmeli, E. ve Çakıroğlu, A.**, 1996. Yapı Statiği C2., Beta, İstanbul.



EKLER

ŞEKİL LİSTESİ

Perdelerin taşıdığı normal kuvvet **N=1.00W** olan yalnız perdeli sistemler için perde boyları.

Şekil 1	Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 2	Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 3	Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 4	Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 5	Z3 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 6	Z3 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 7	Z4 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 8	Z4 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 9	Z4 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 10	Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 11	Z4 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 12	Z2 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat Z3 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 13	Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat Z2 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 14	Z4 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat

Perdelerin taşıdığı normal kuvvet **N=0.75W** olan yalnız perdeli sistemler için perde boyları.

Şekil 15	Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 16	Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 17	Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 18	Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 19	Z3 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 20	Z3 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 21	Z4 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 22	Z4 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 23	Z4 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat

Perdelerin taşıdığı normal kuvvet **N=0.75W** olan perde-çerçeve sistemler için perde boyları.

Şekil 24	Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 25	Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 26	Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat

Şekil 27	Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 28	Z3 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 29	Z3 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 30	Z4 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 31	Z4 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 32	Z4 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 33	Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 34	Z4 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 35	Z2 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat Z3 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 36	Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat Z2 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 37	Z4 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 13, 15, 18, 20 kat

Perdelerin taşıdığı normal kuvvet $N=0.50W$ olan perde-çerçeve sistemler için perde boyları.

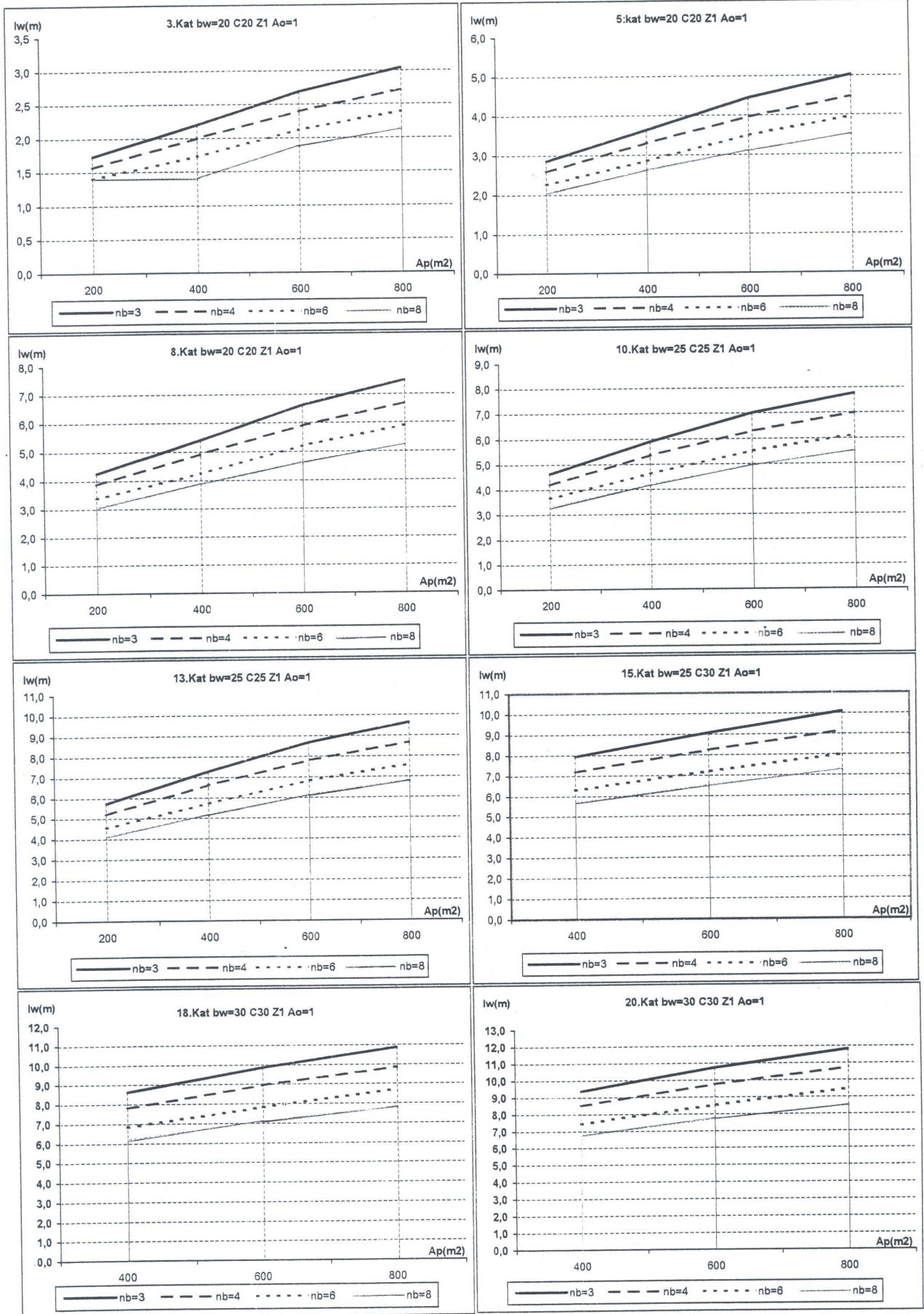
Şekil 38	Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 39	Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 40	Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 41	Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 42	Z3 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 43	Z3 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 44	Z4 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 45	Z4 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat
Şekil 46	Z4 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 20 kat

Perdelerin taşıdığı normal kuvvet $N=1.00W$ olan yalnız perdeli sistemler için, perde boylarının belirlenmesinde kullanılan sınır durumlar.

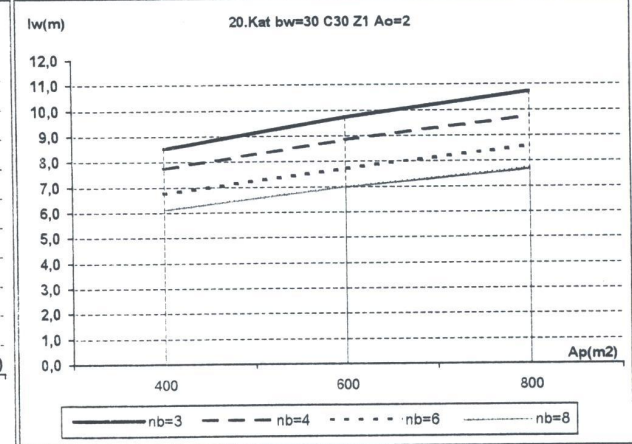
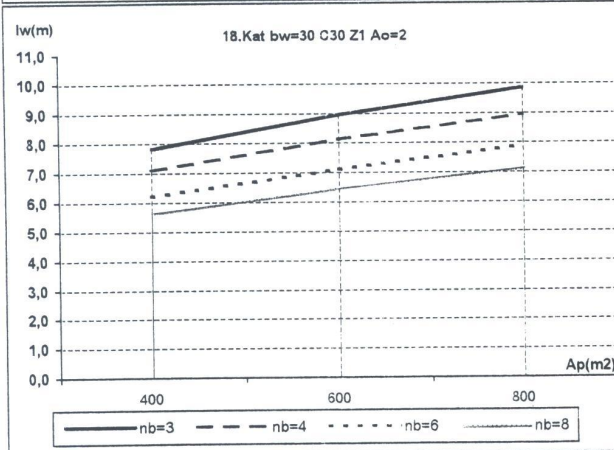
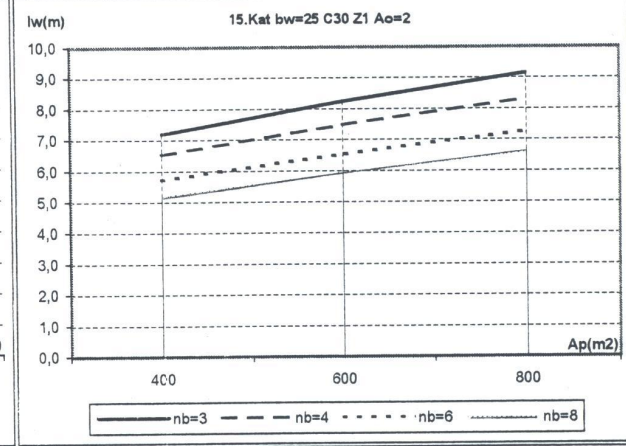
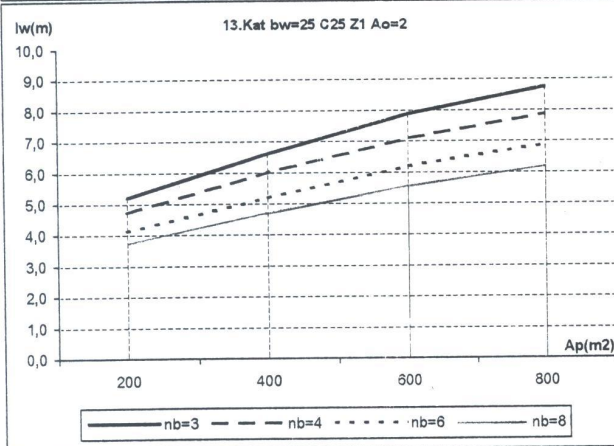
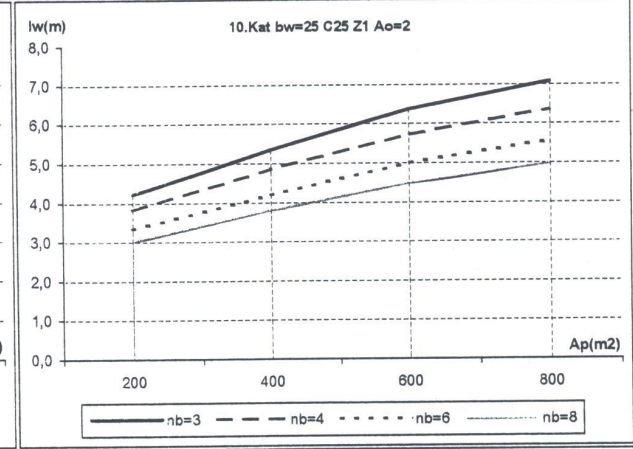
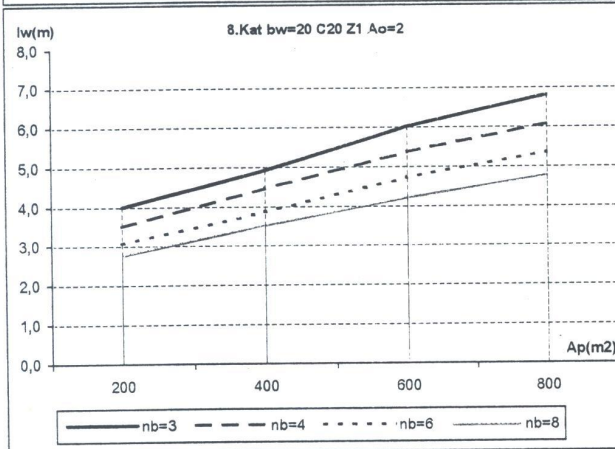
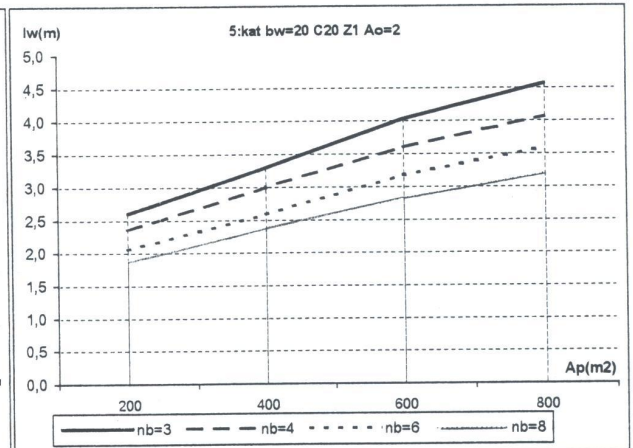
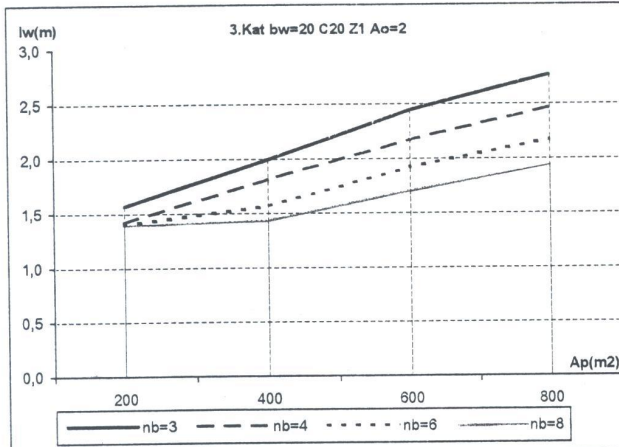
Şekil 47	Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 10 kat
Şekil 48	Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 10 kat

Perdelerin taşıdığı normal kuvvet $N=0.50W$ olan perde-çerçeve sistemler için, perde boylarının belirlenmesinde kullanılan sınır durumlar.

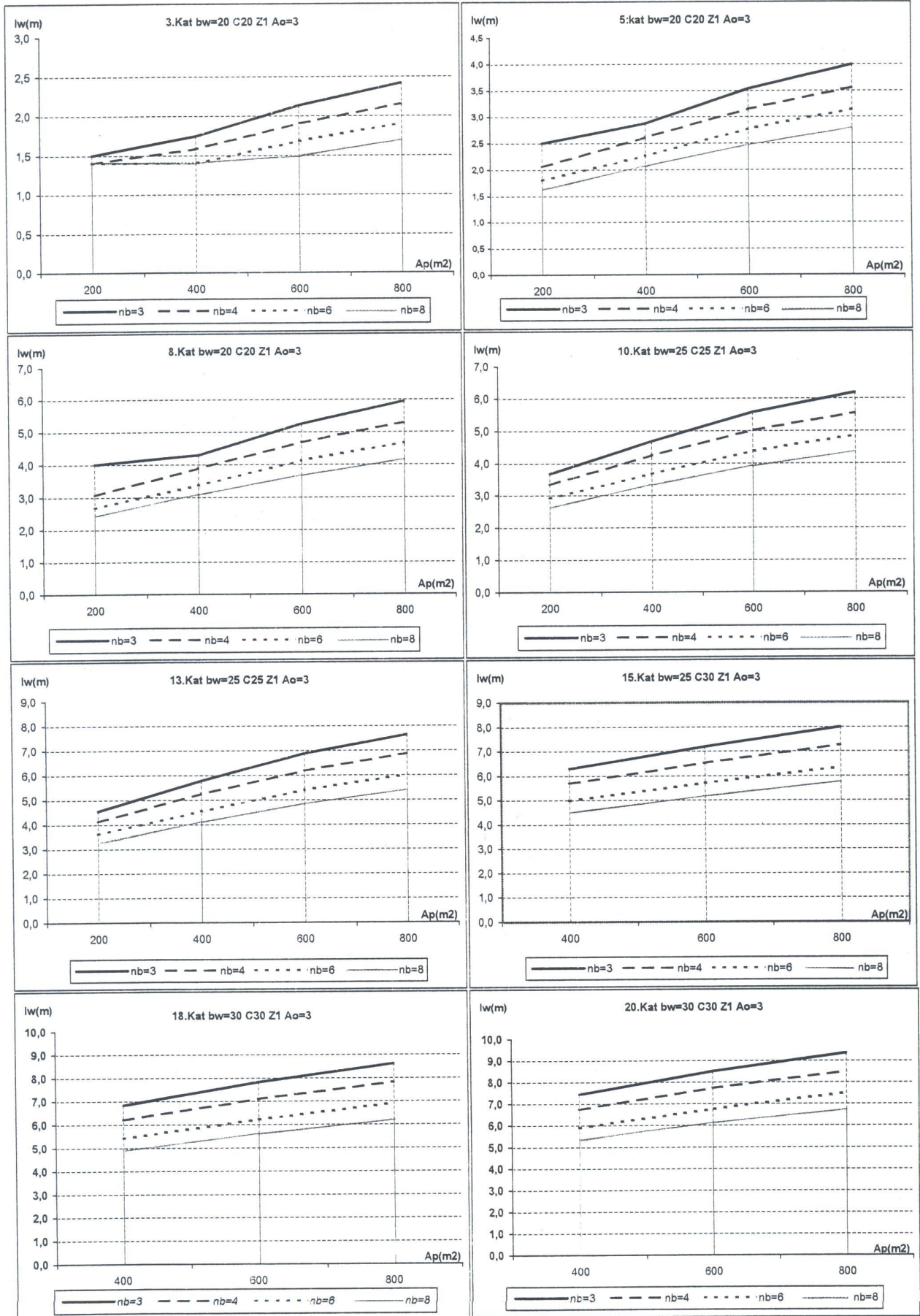
Şekil 49	Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 8 kat
Şekil 50	Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 8 kat



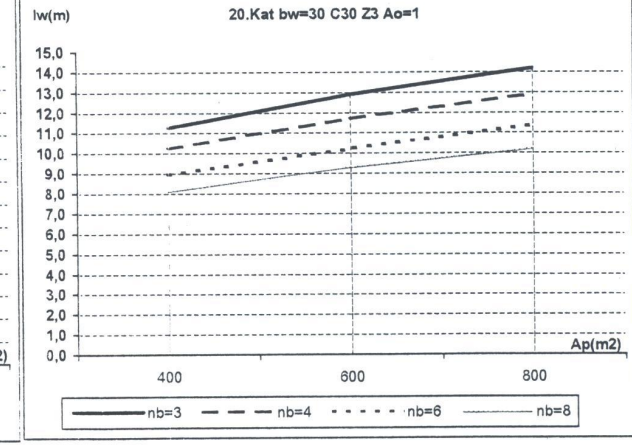
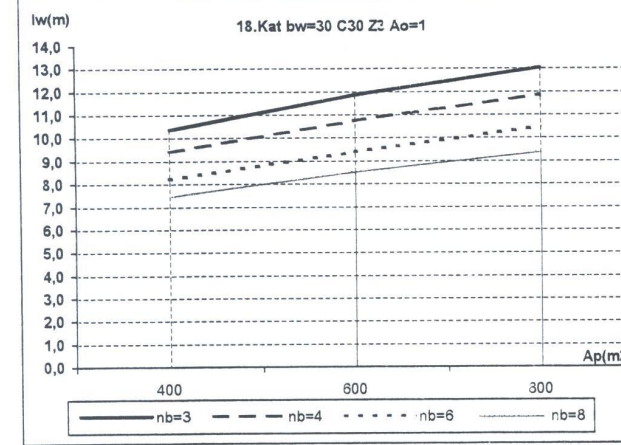
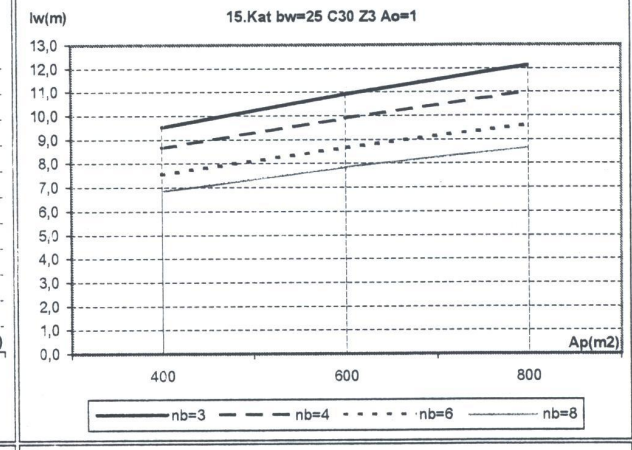
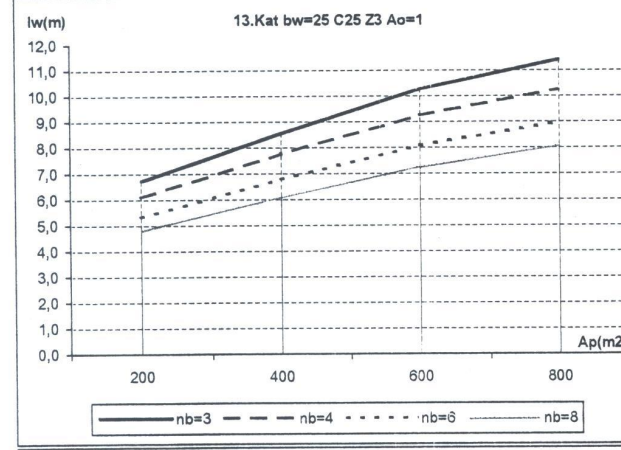
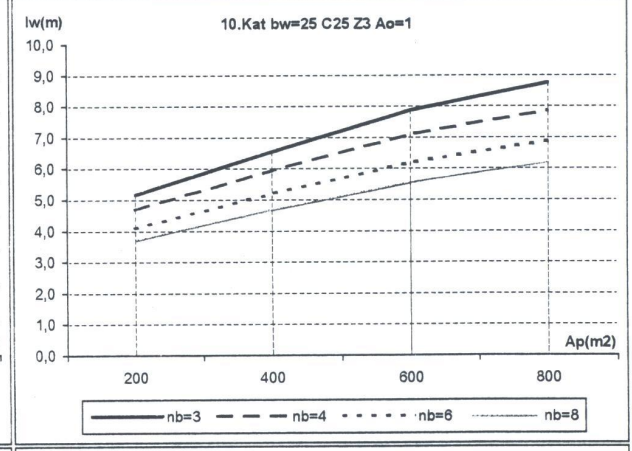
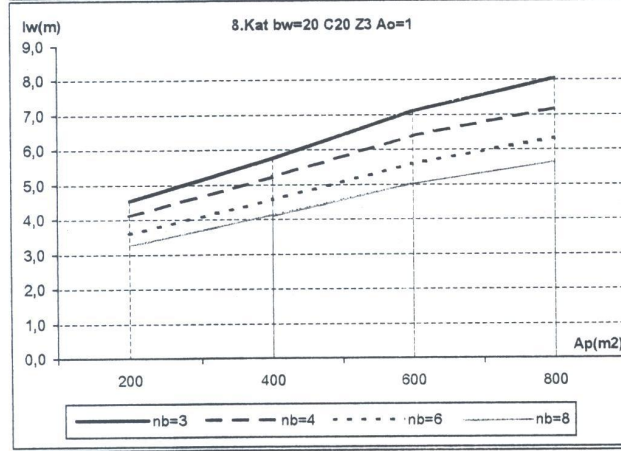
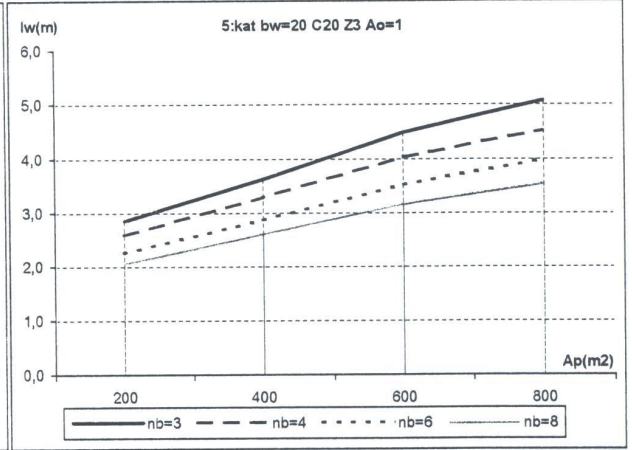
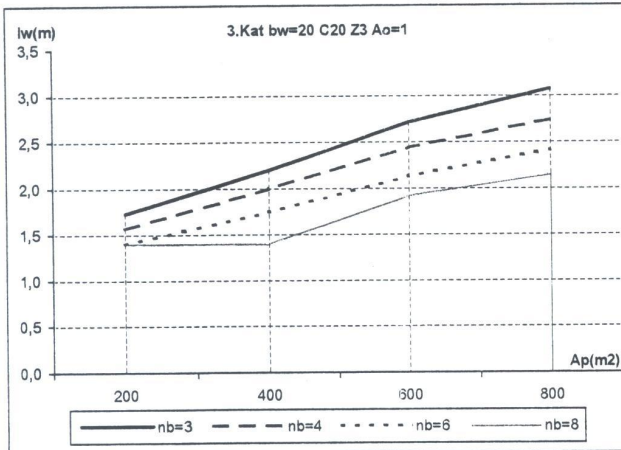
Şekil 1



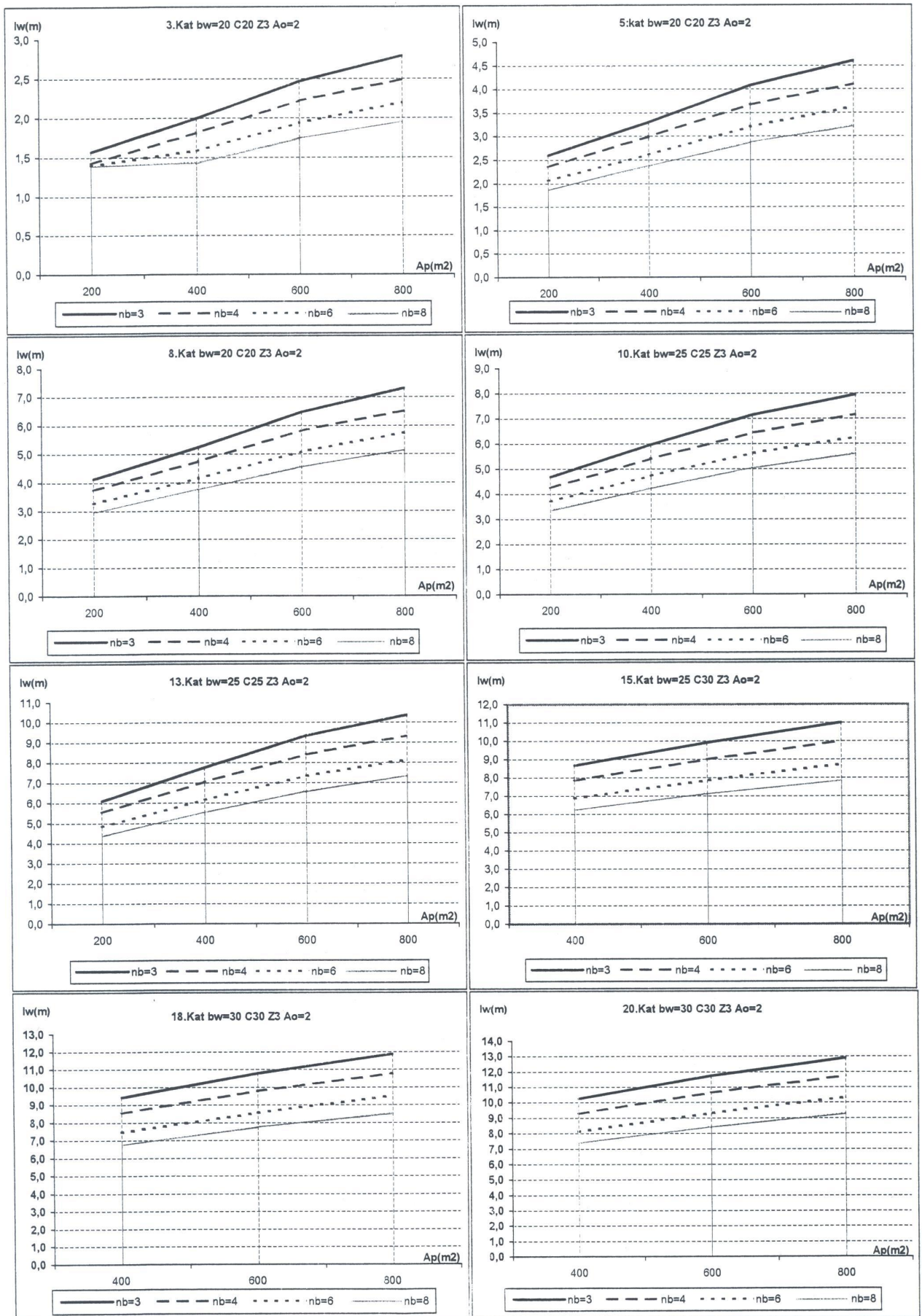
Şekil 2



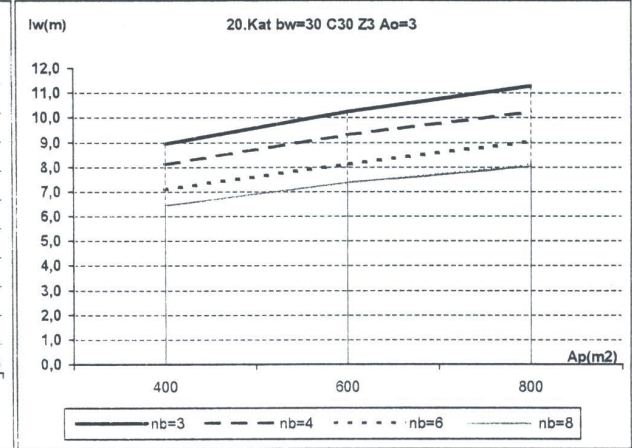
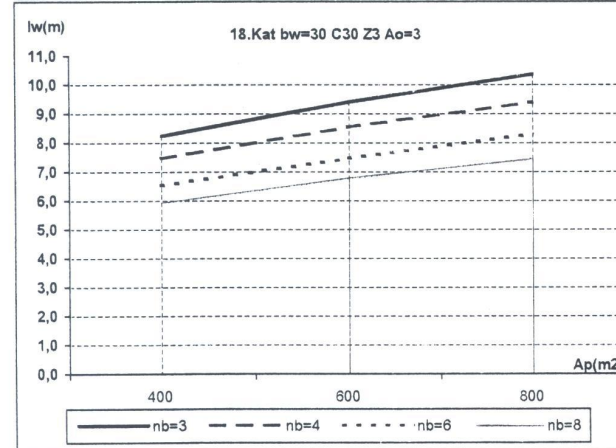
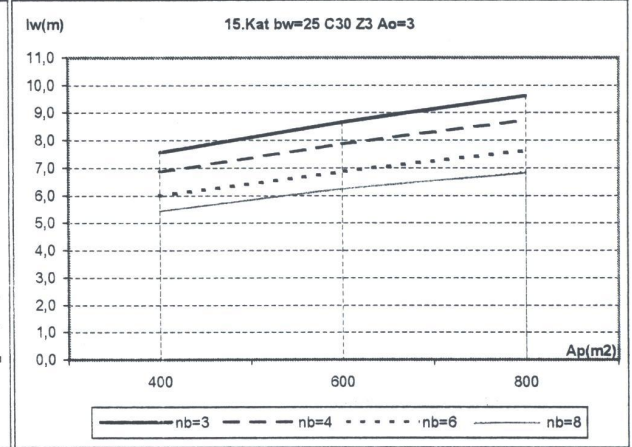
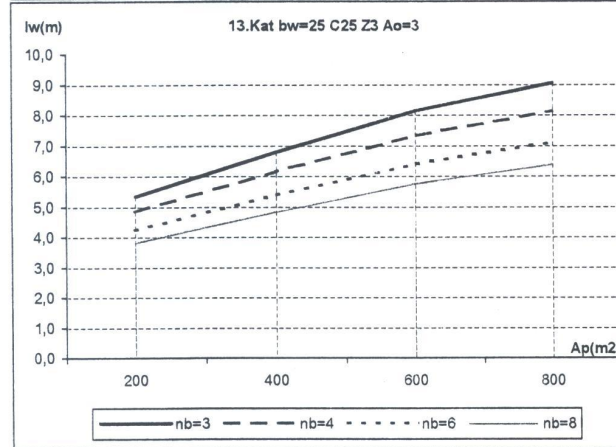
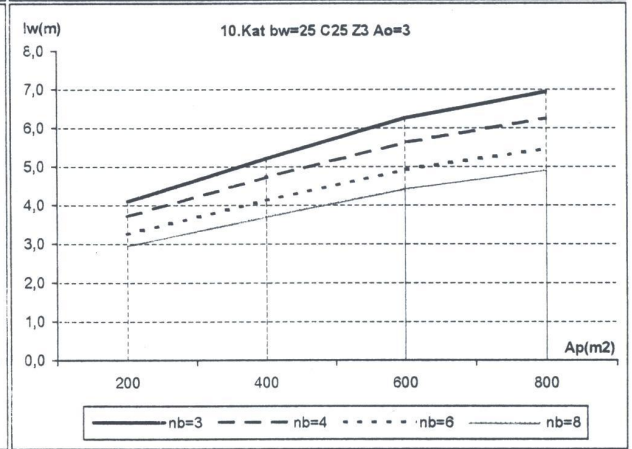
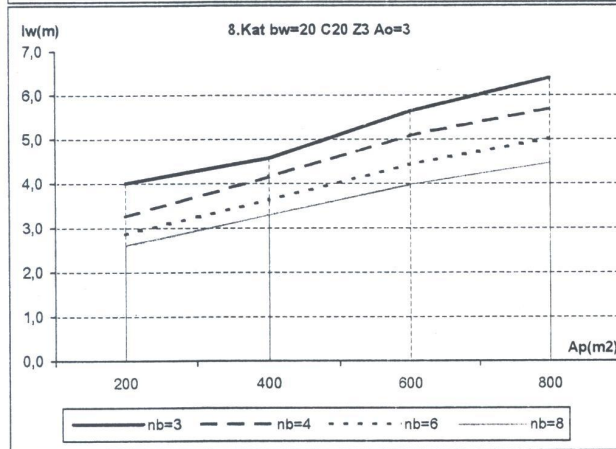
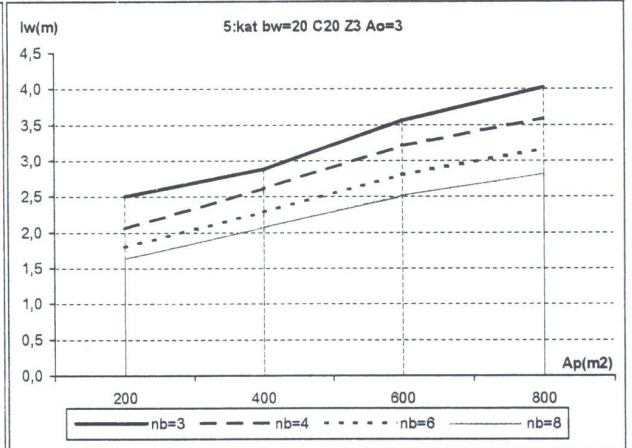
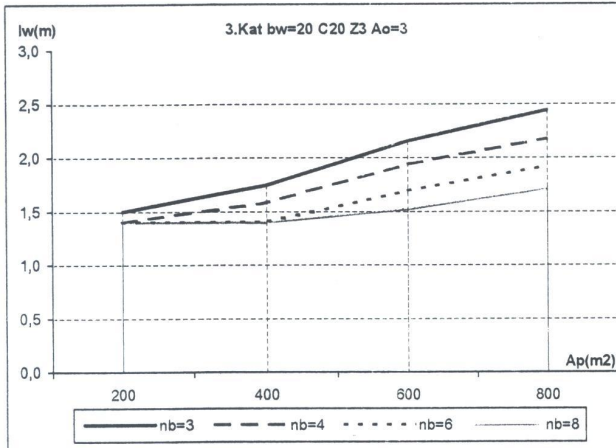
Şekil 3



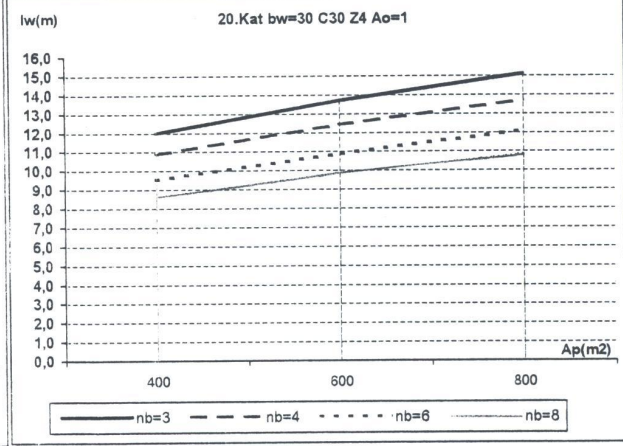
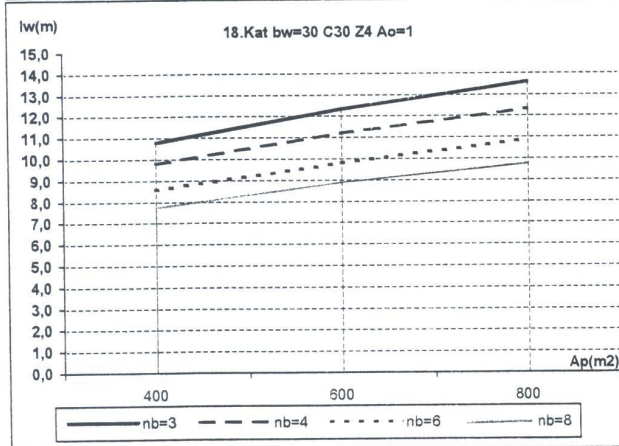
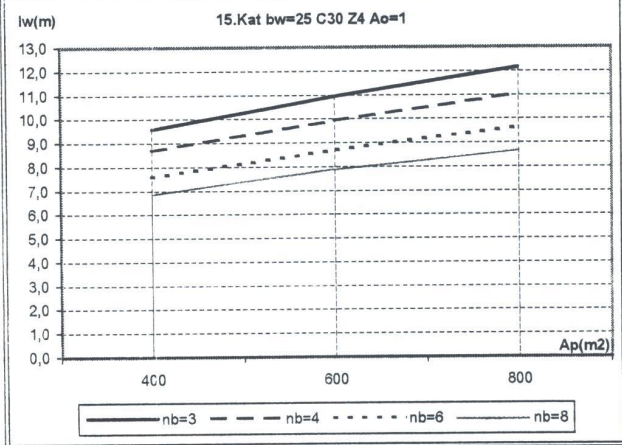
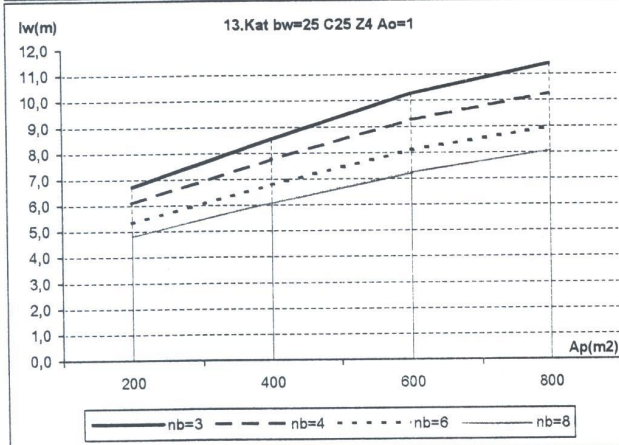
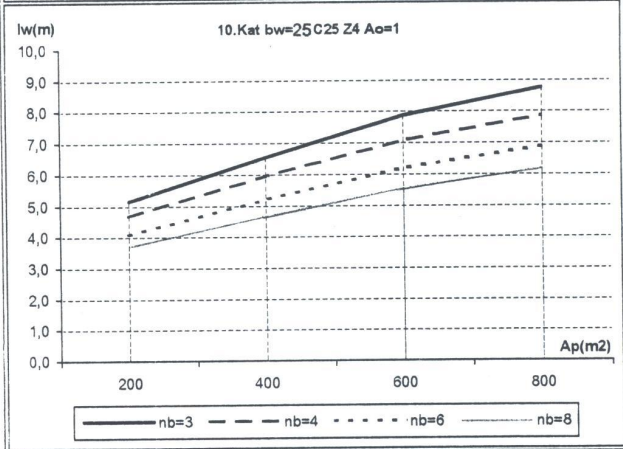
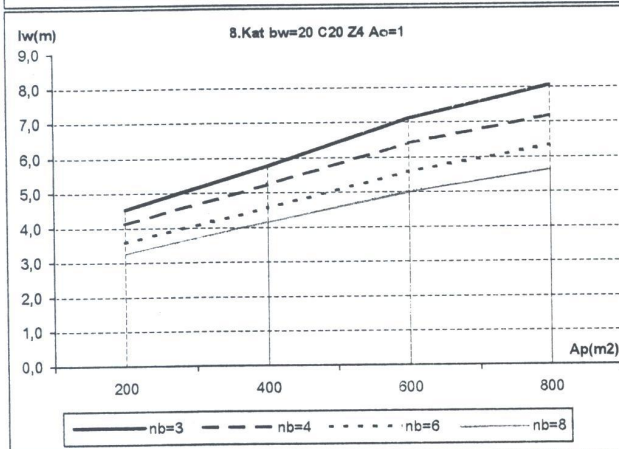
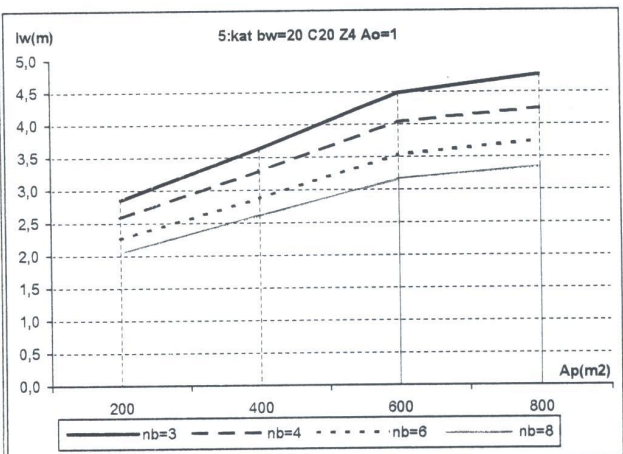
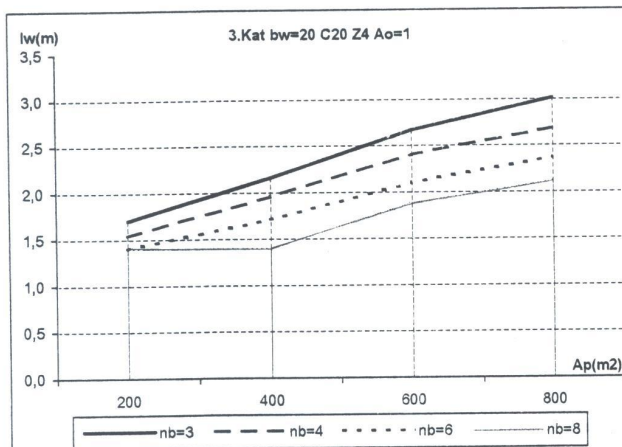
Şekil 4



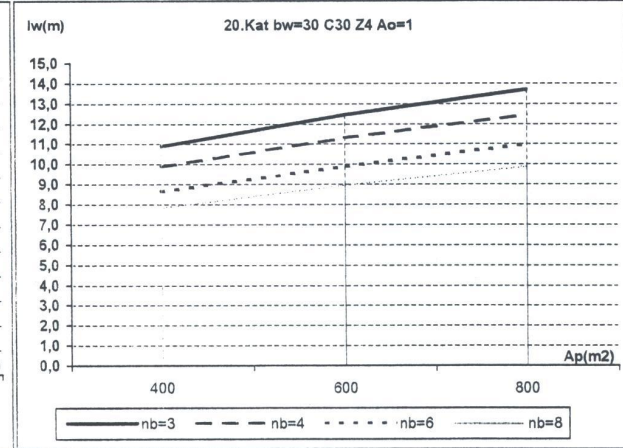
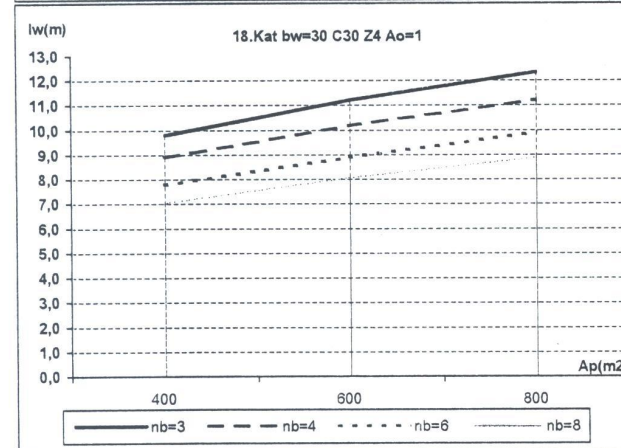
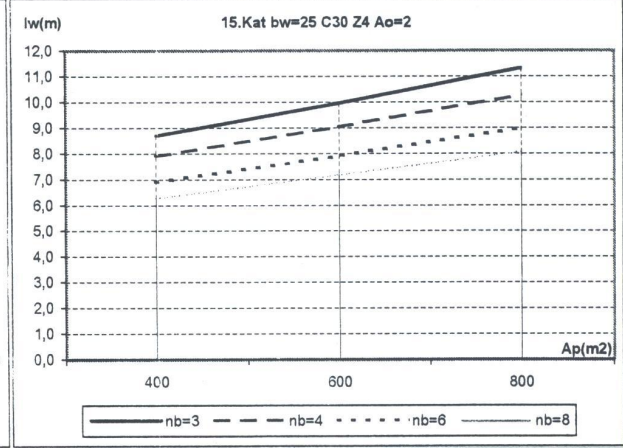
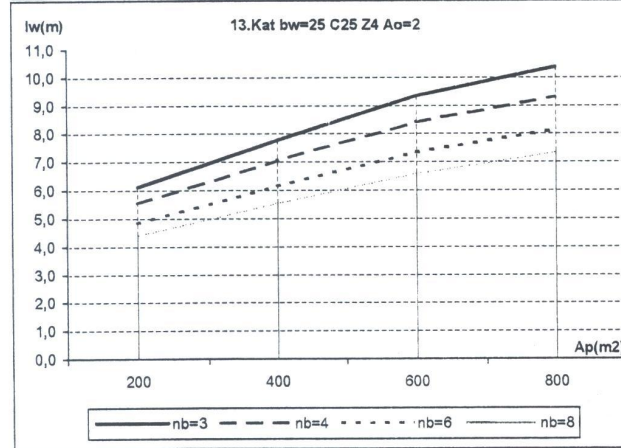
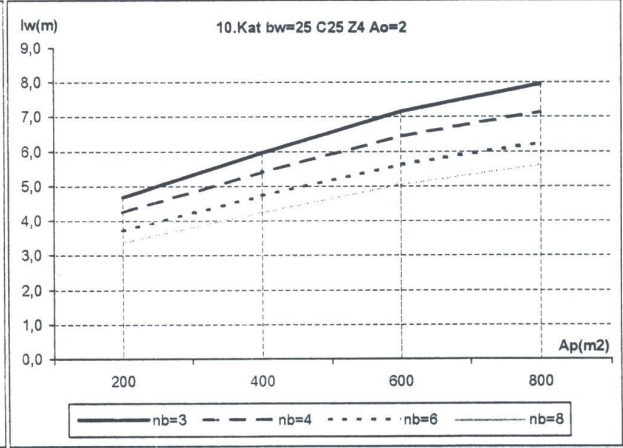
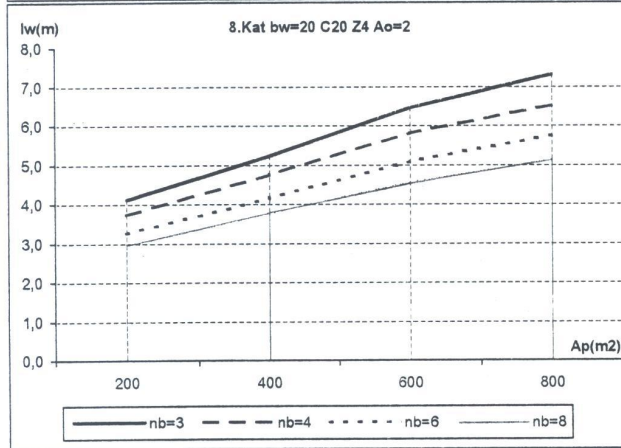
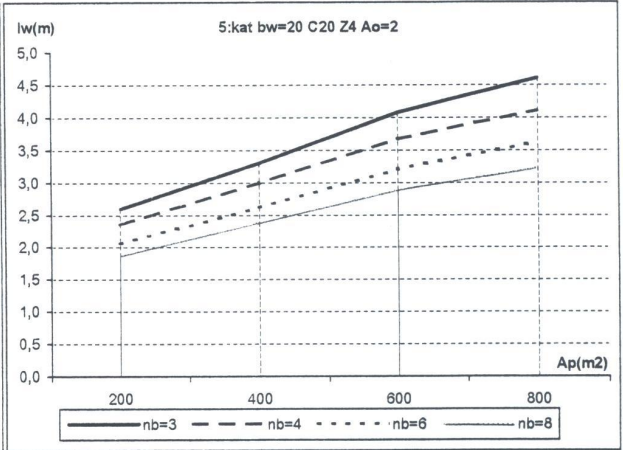
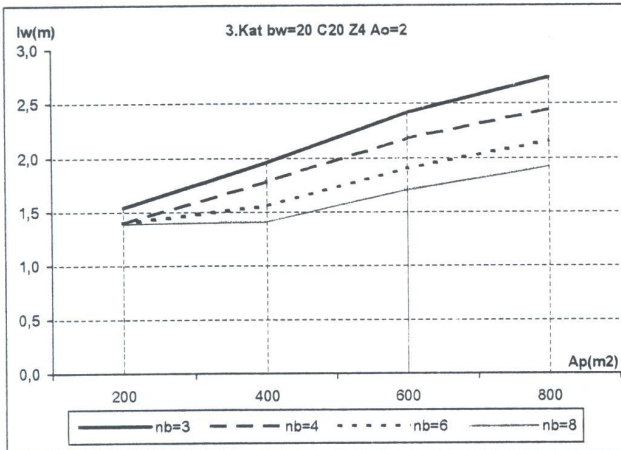
Şekil 5



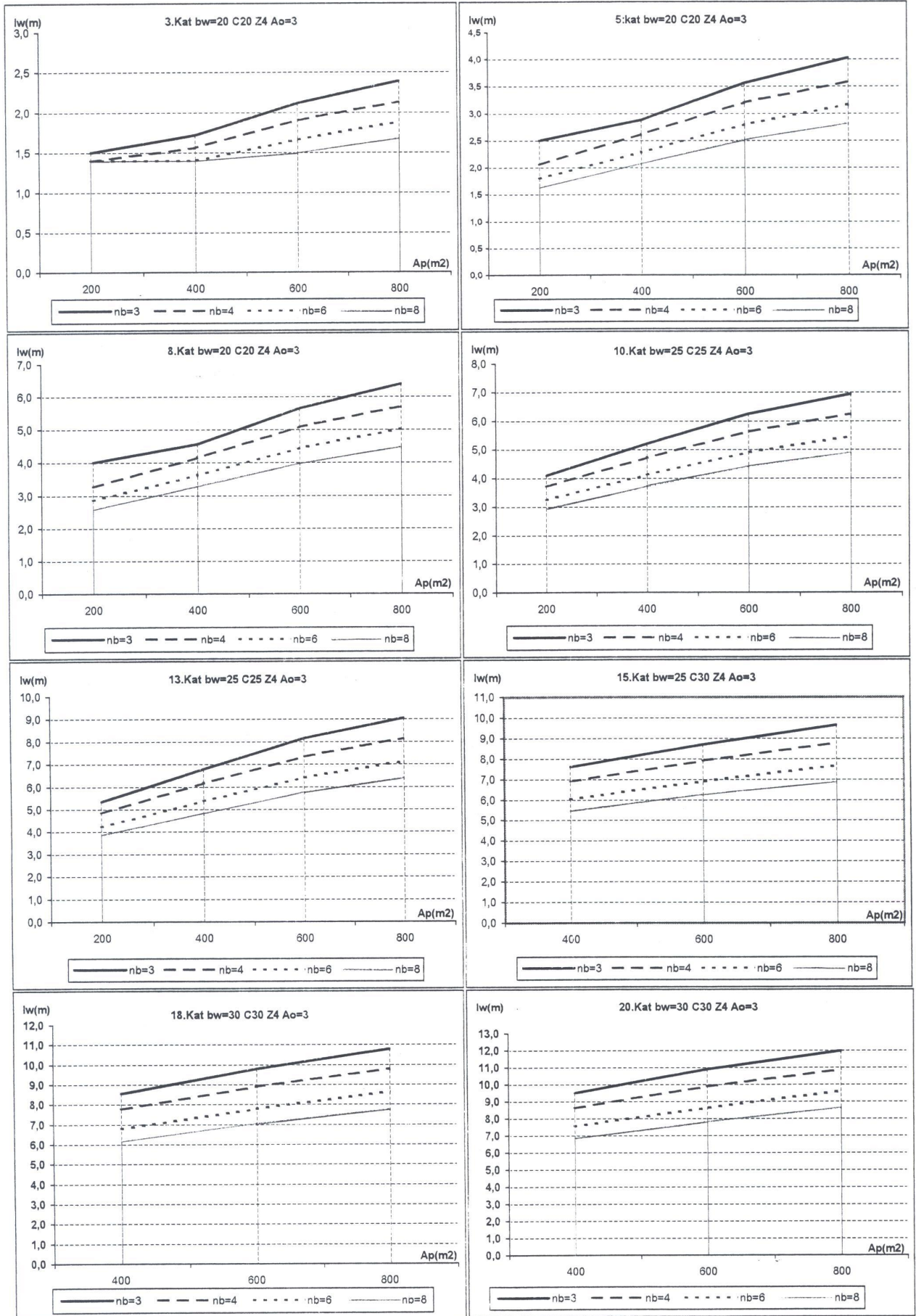
Şekil 6



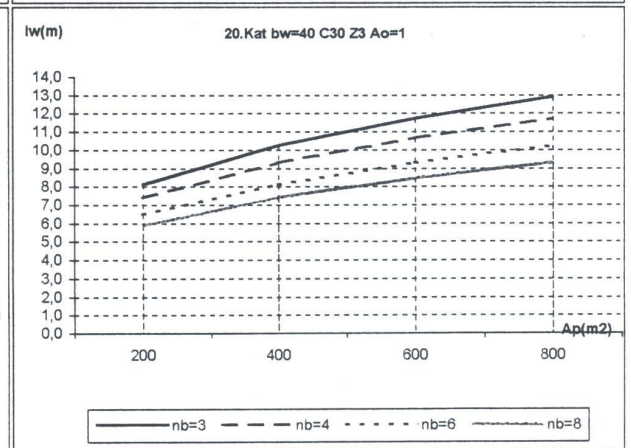
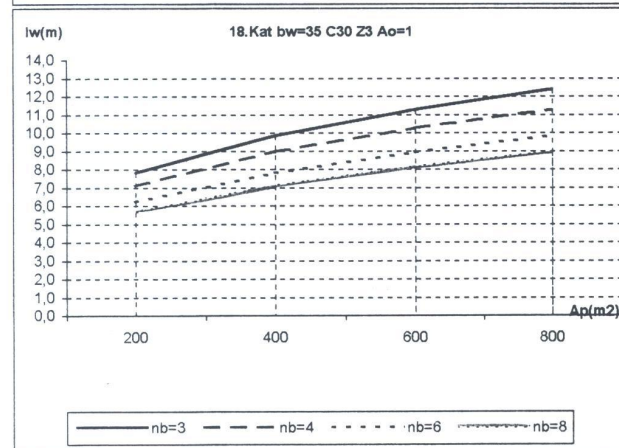
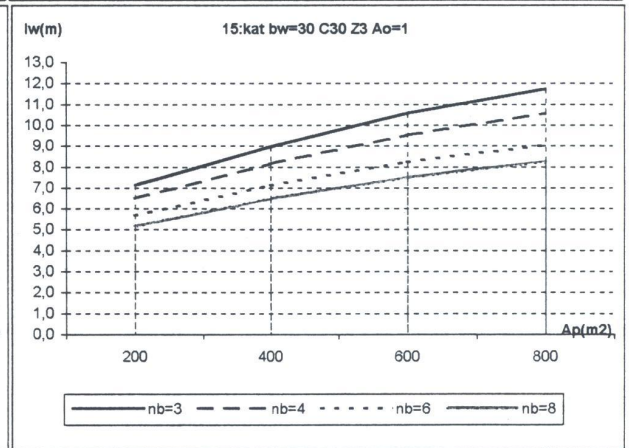
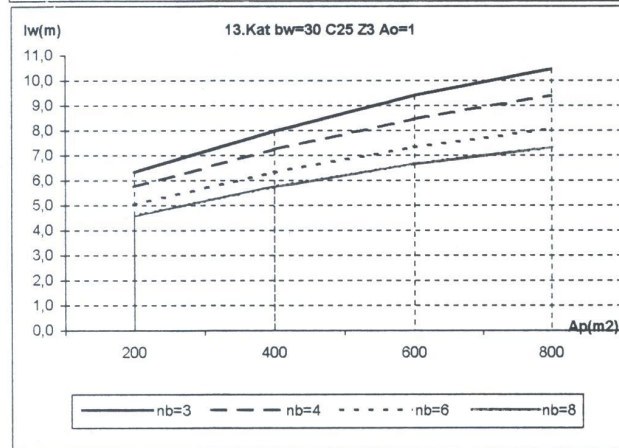
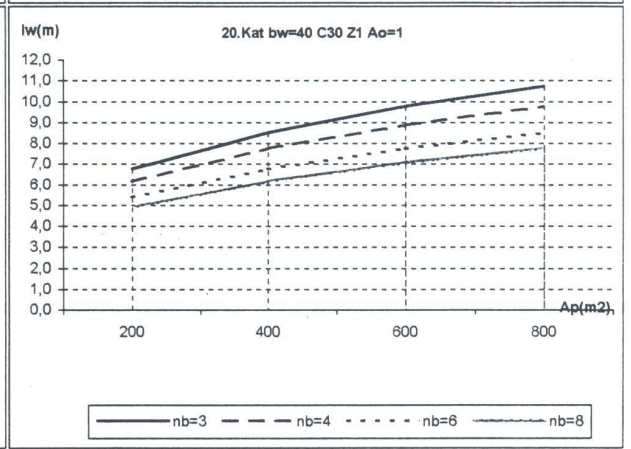
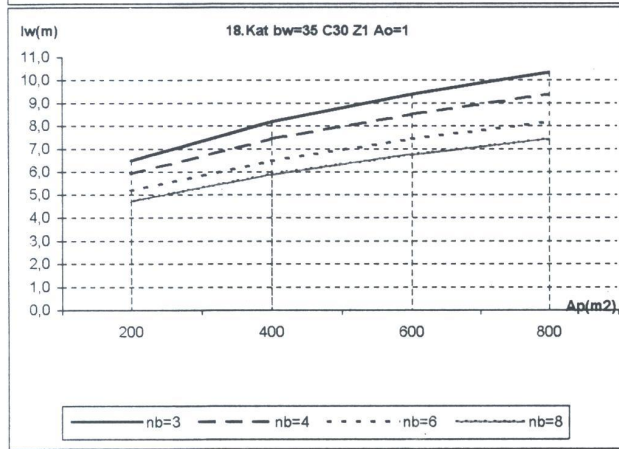
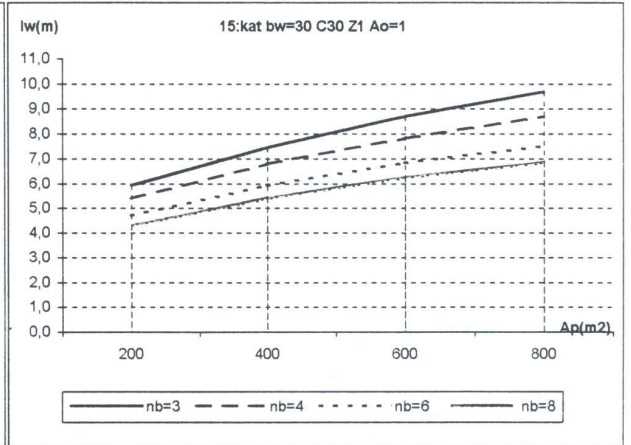
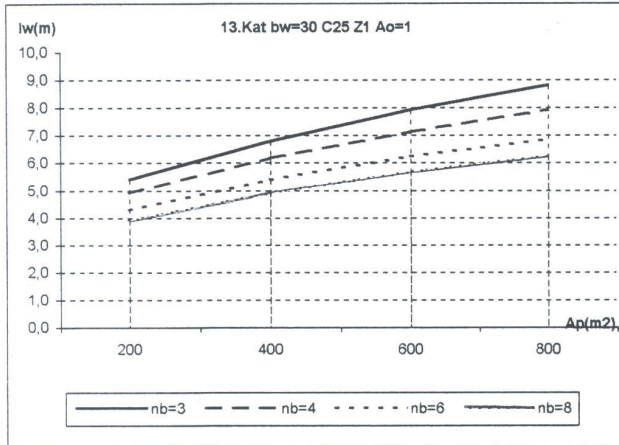
Şekil 7



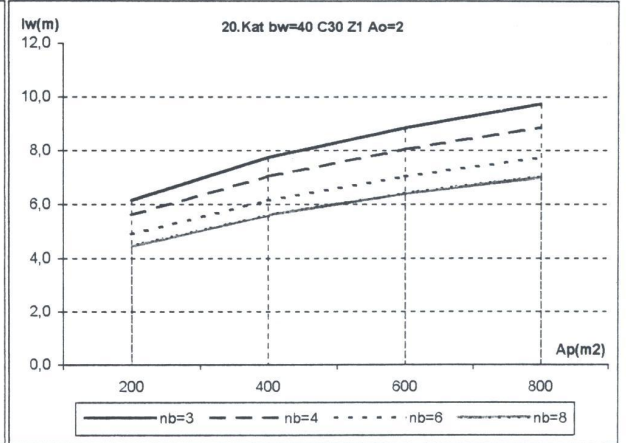
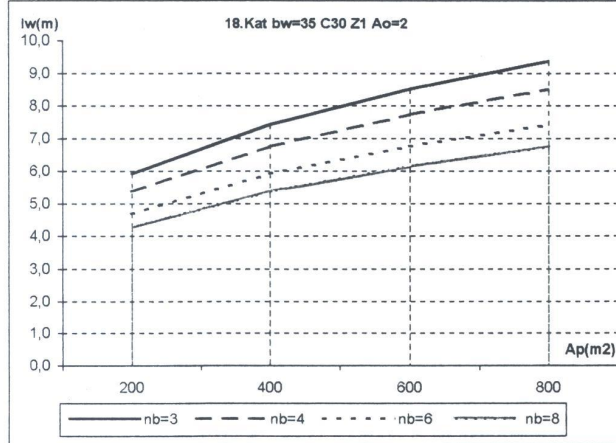
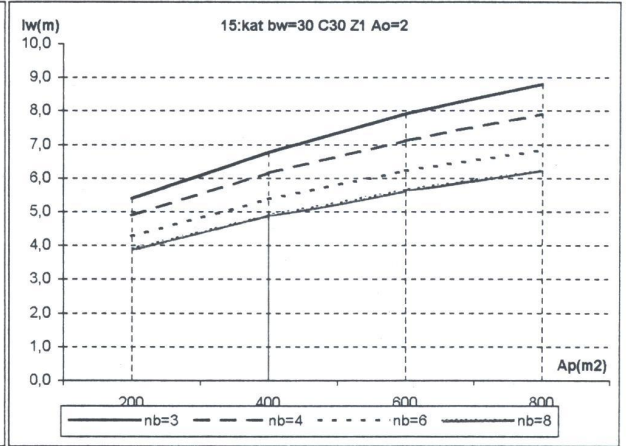
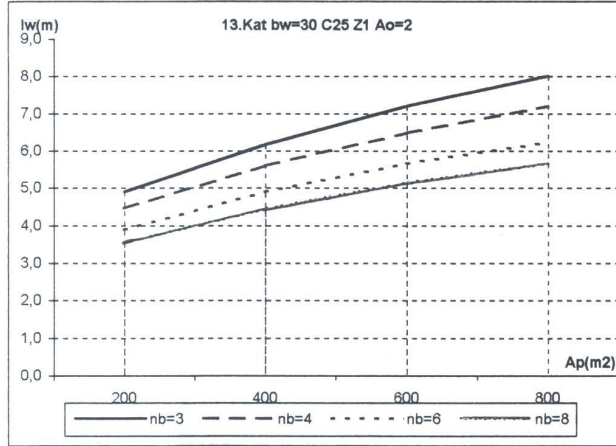
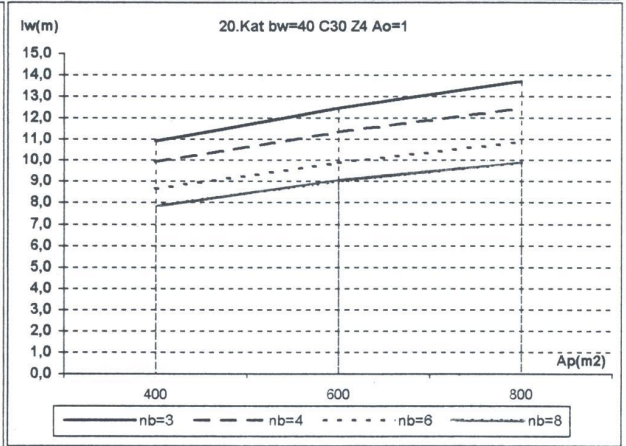
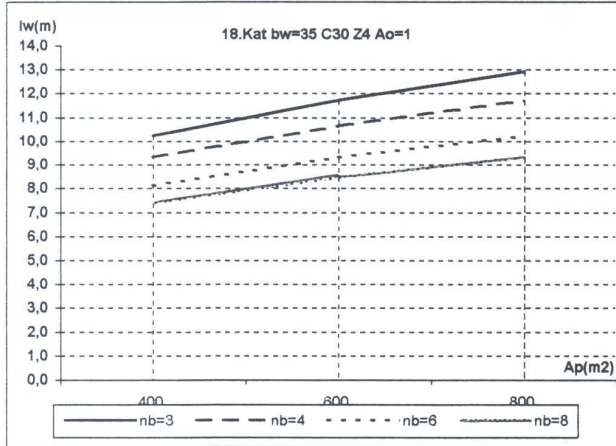
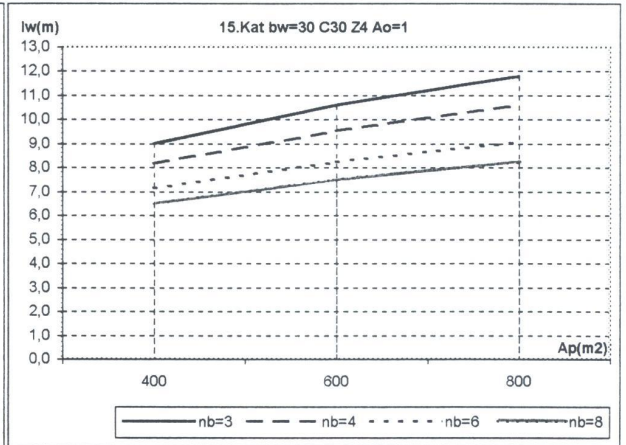
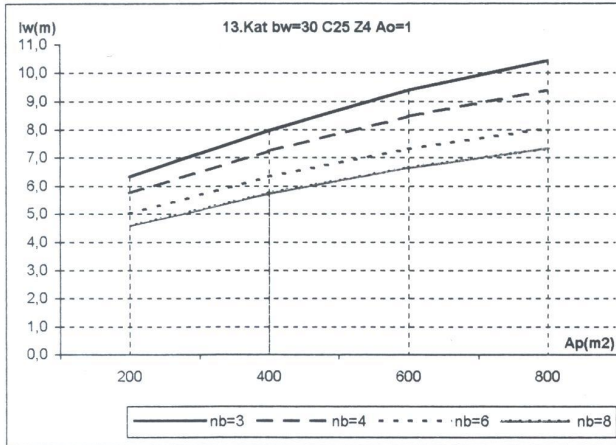
Şekil 8



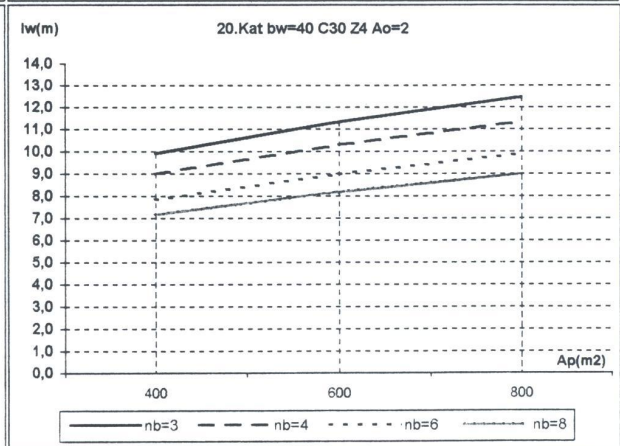
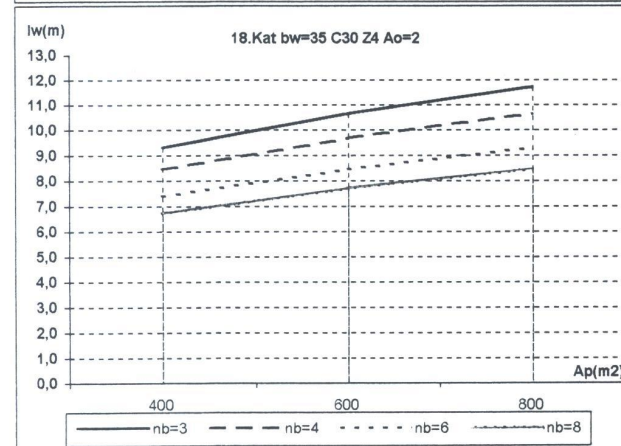
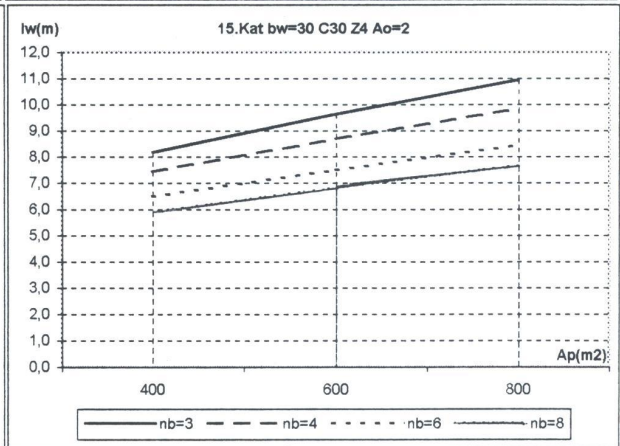
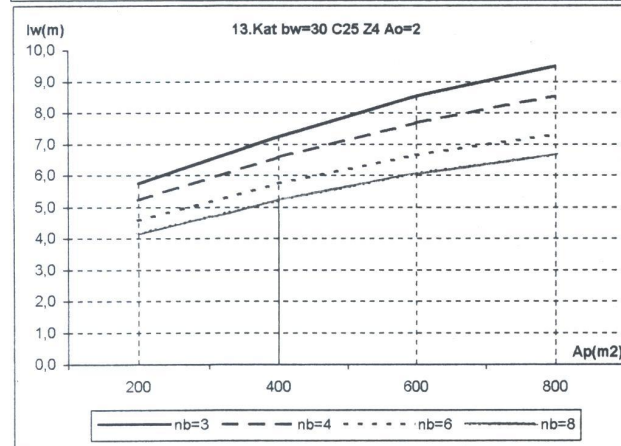
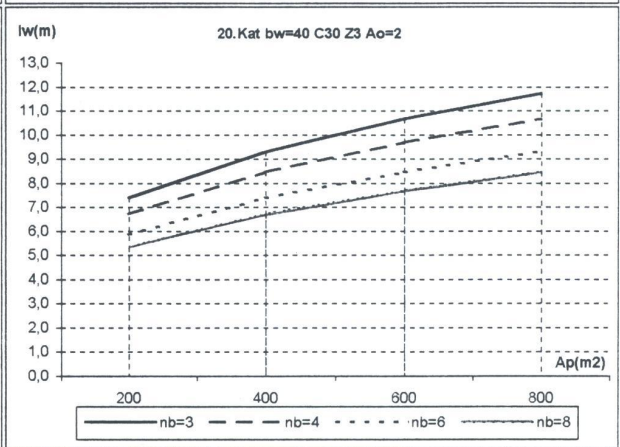
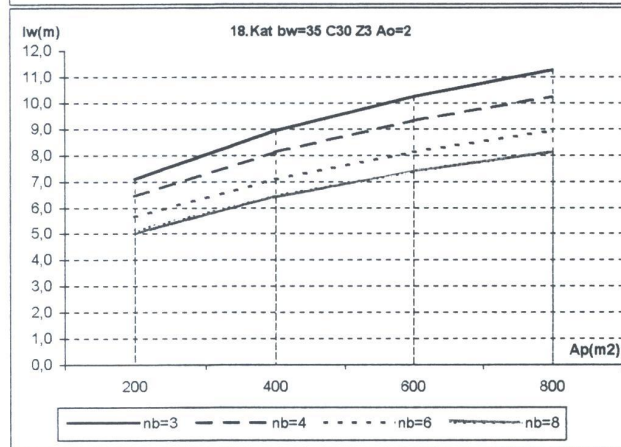
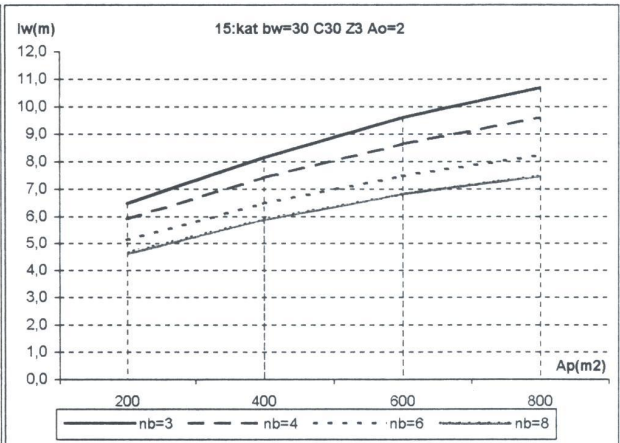
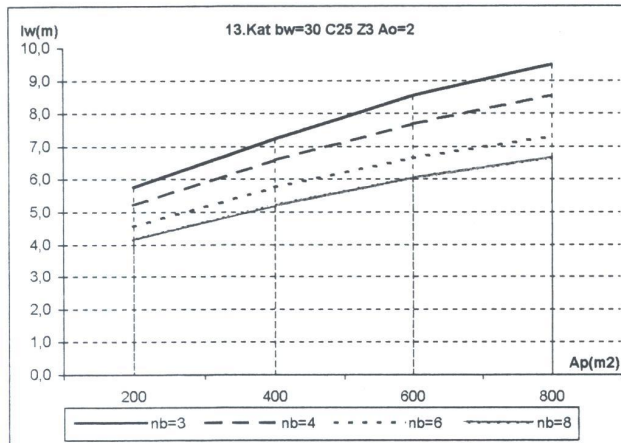
Şekil 9



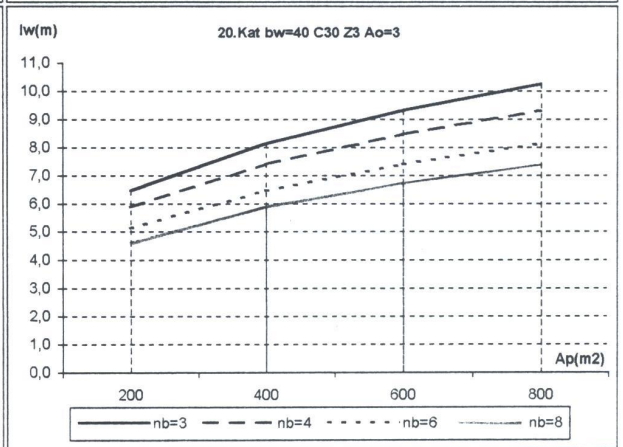
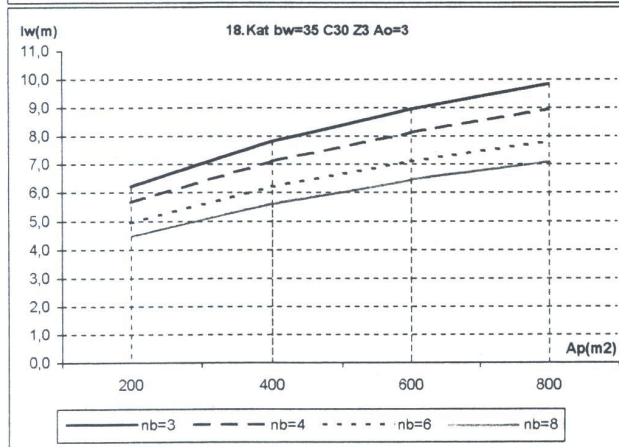
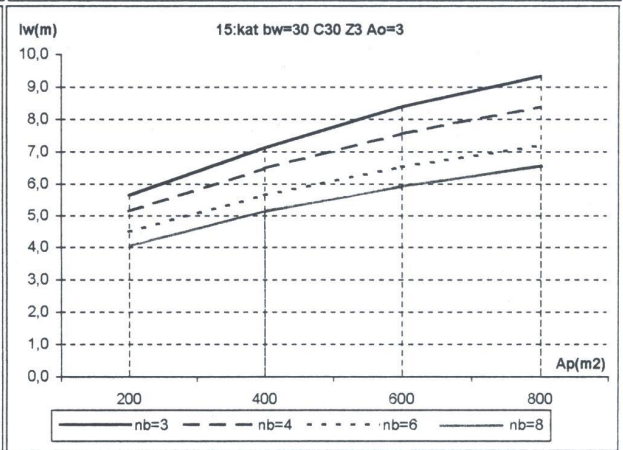
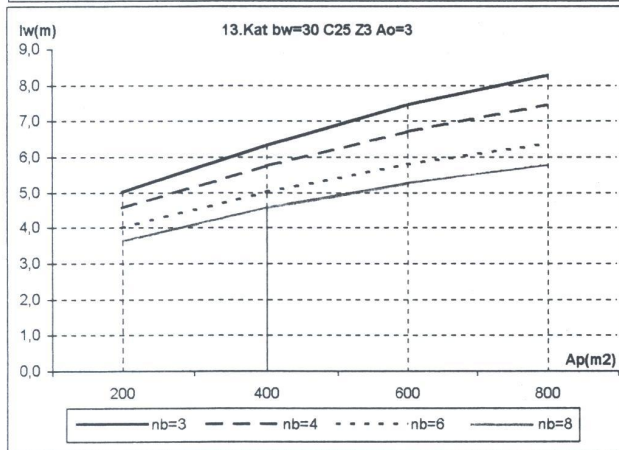
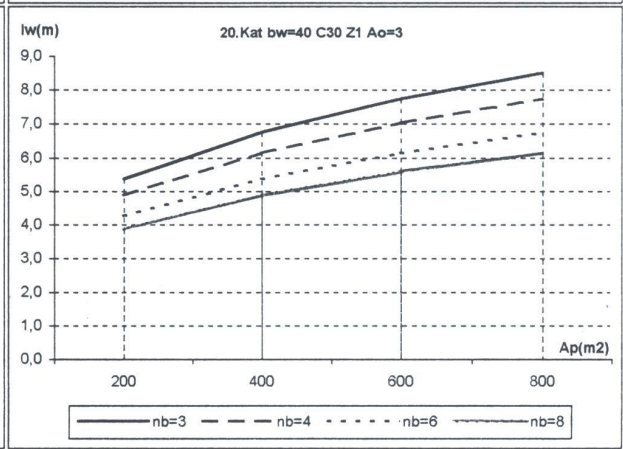
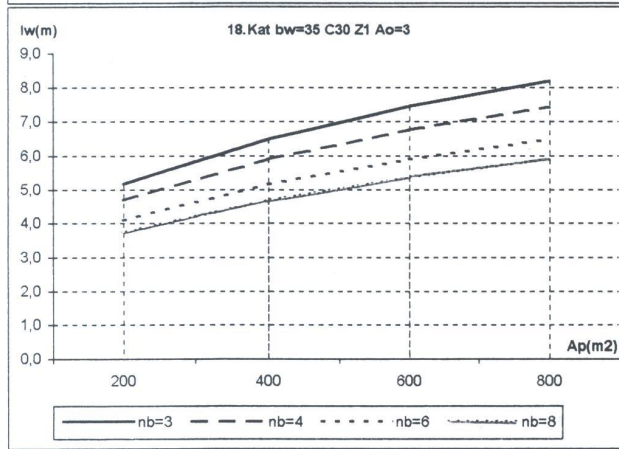
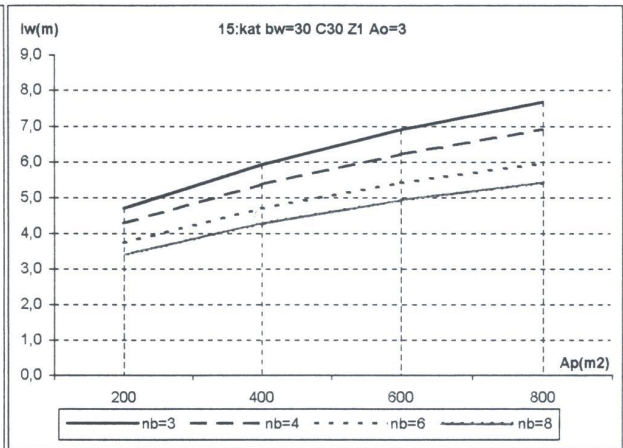
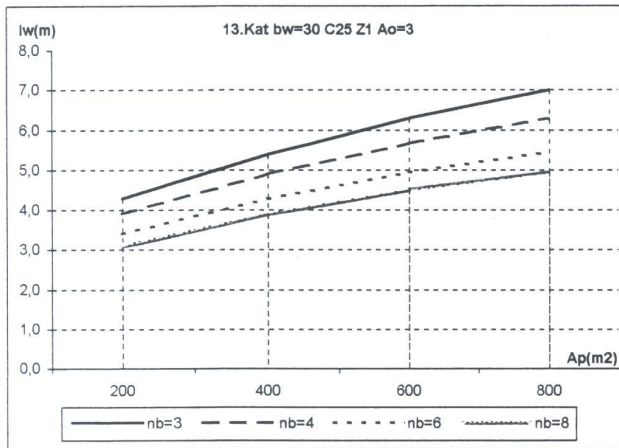
Şekil 10



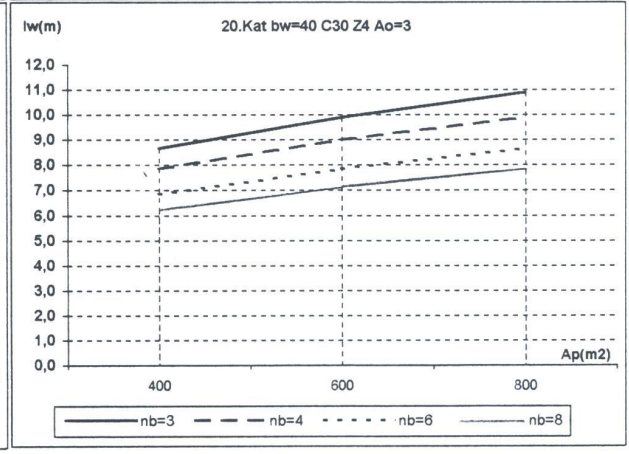
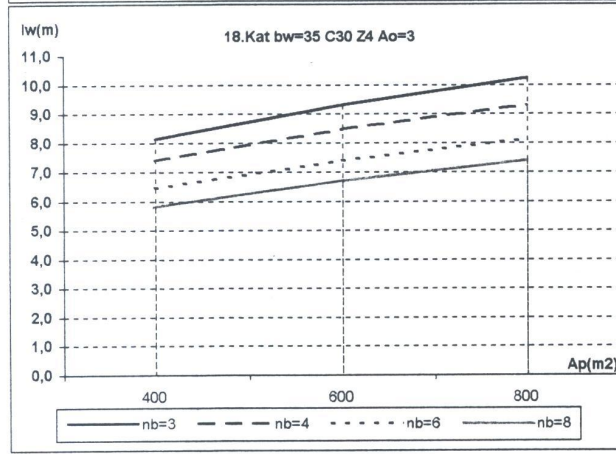
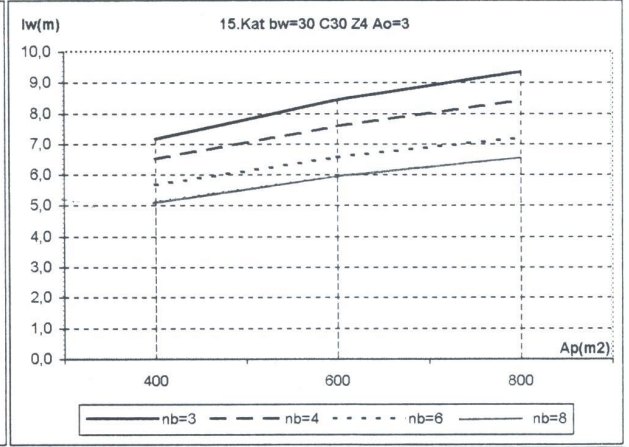
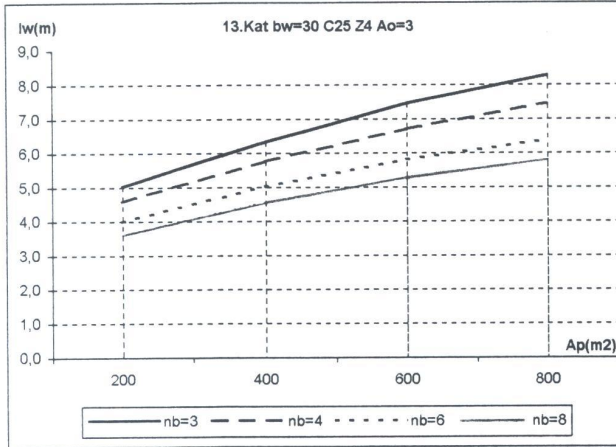
Şekil 11



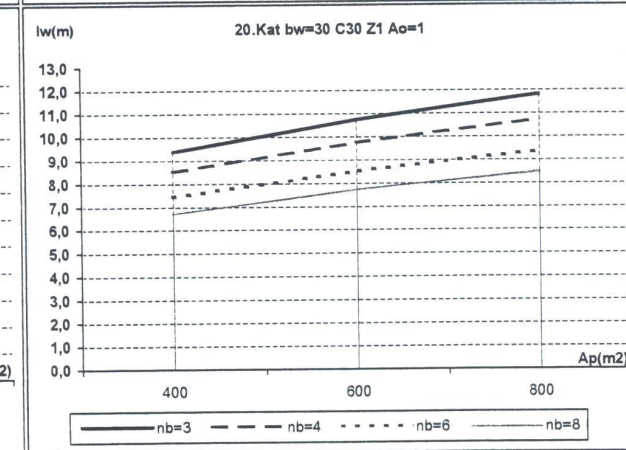
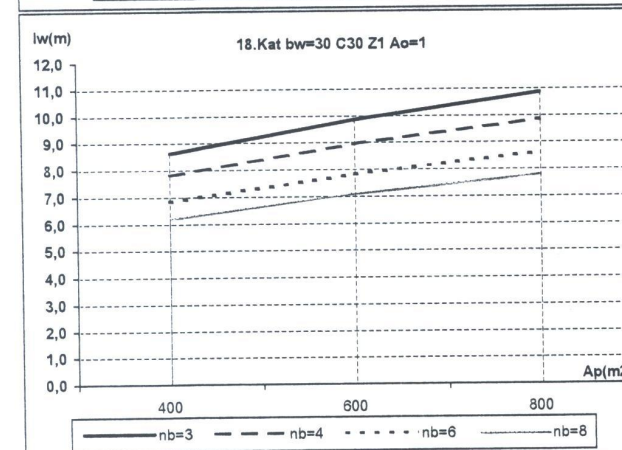
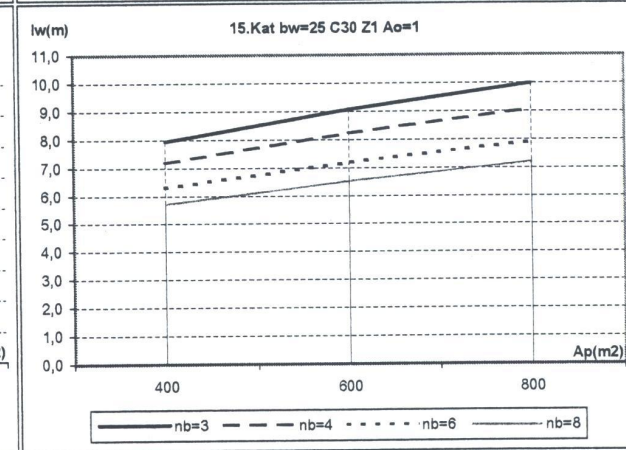
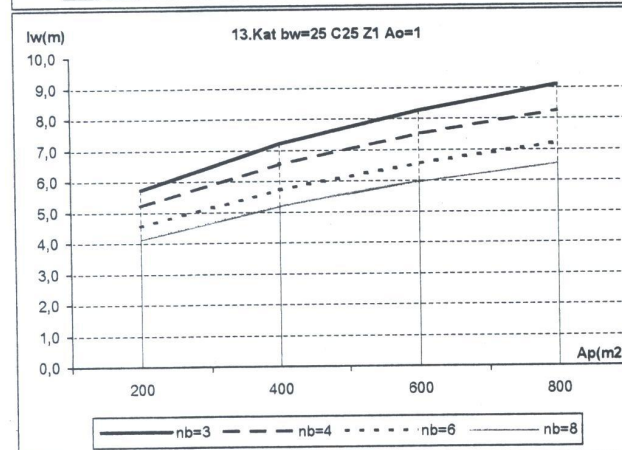
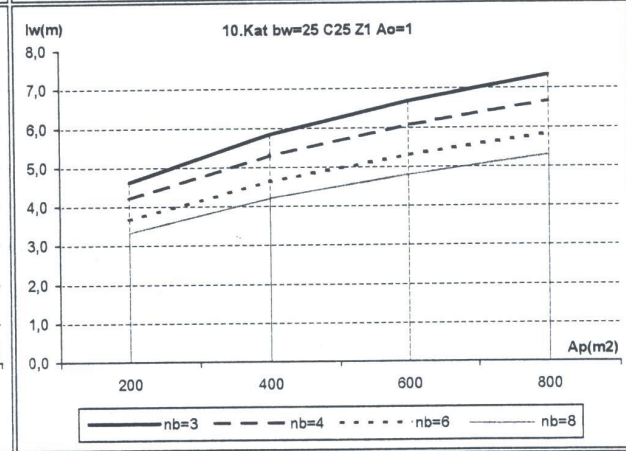
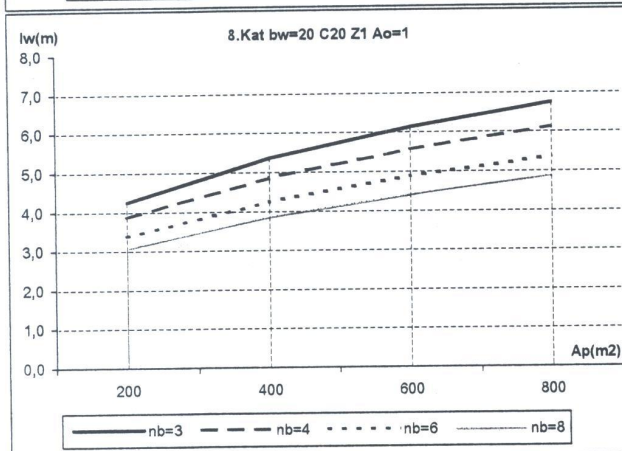
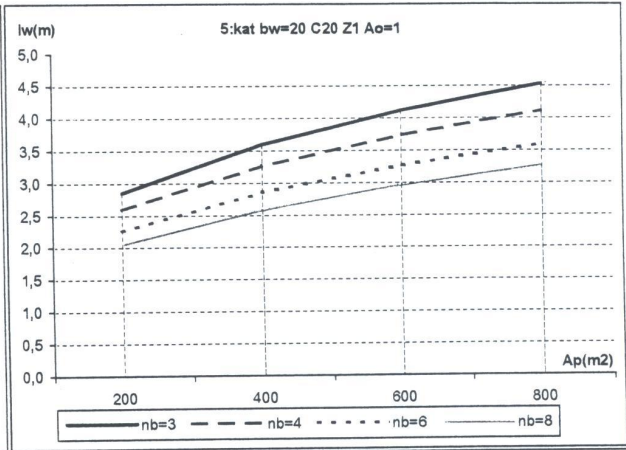
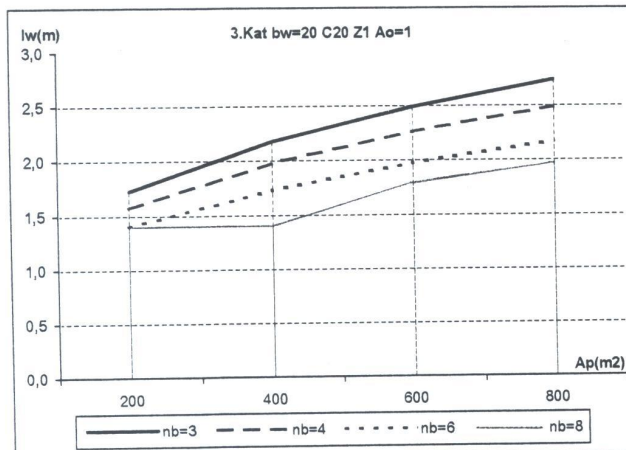
Şekil 12



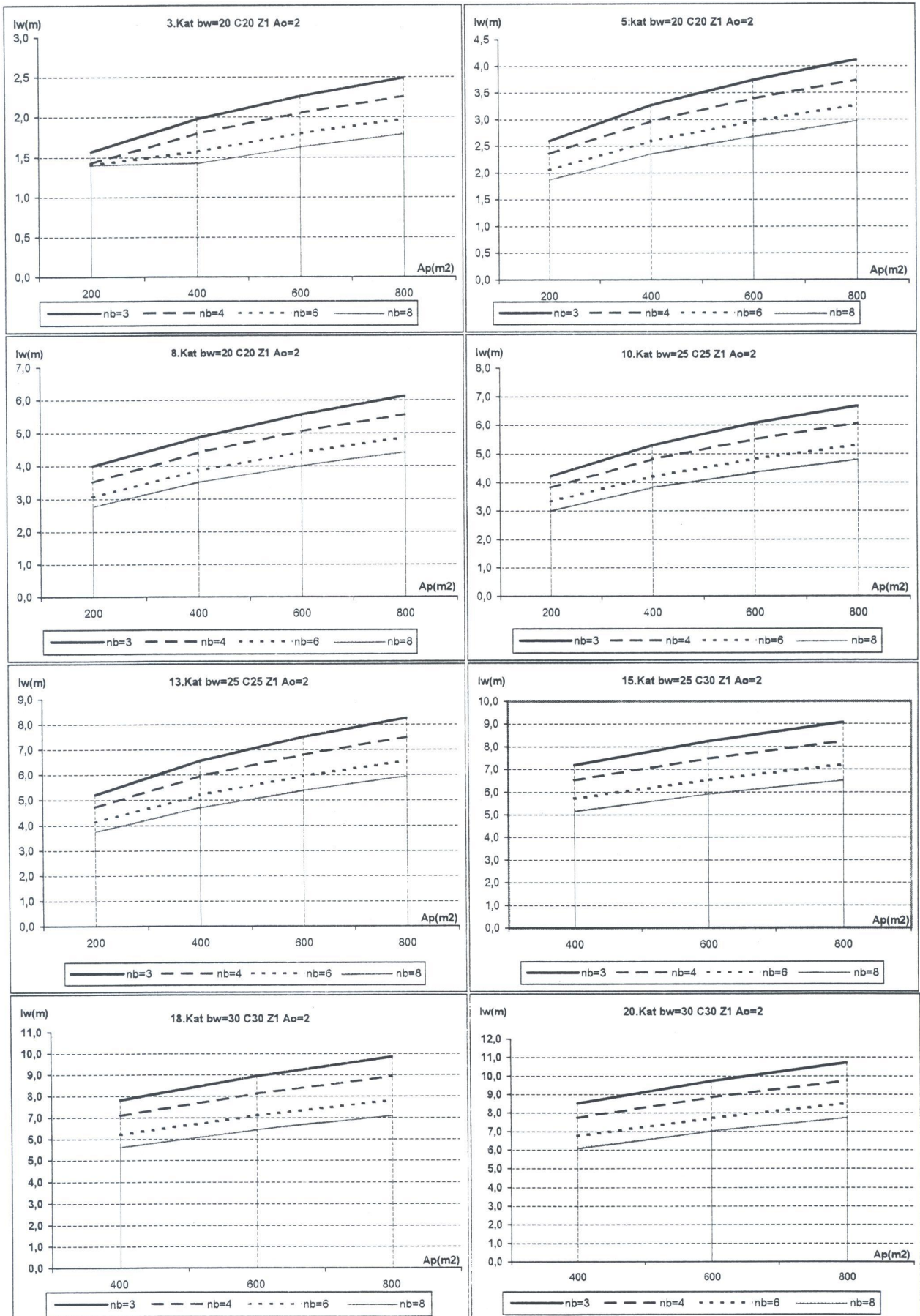
Şekil 13



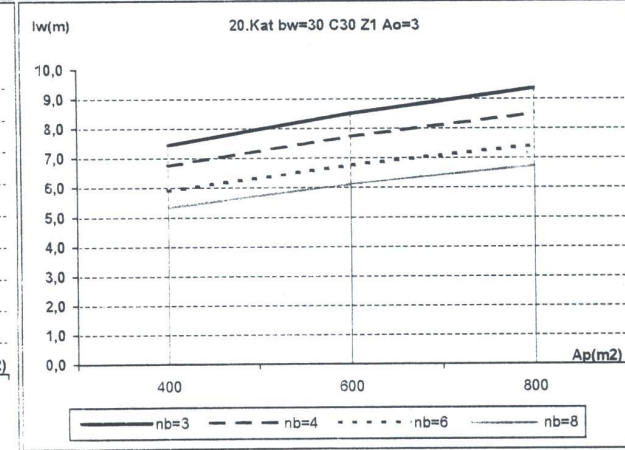
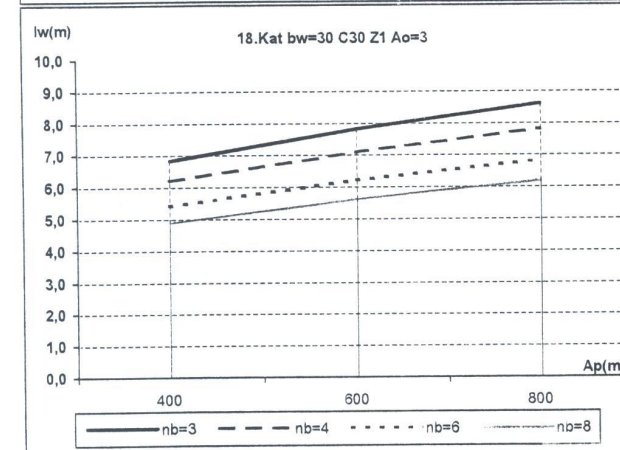
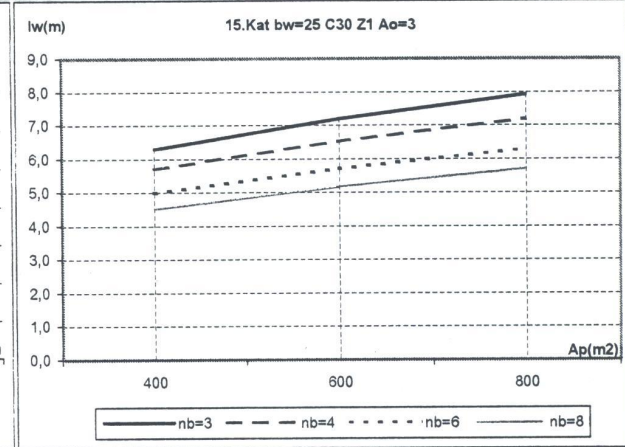
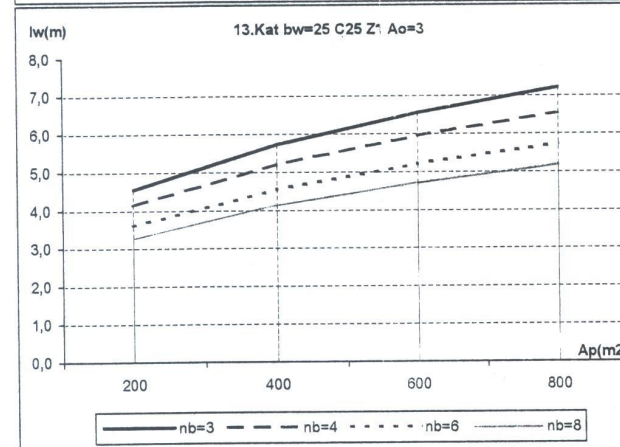
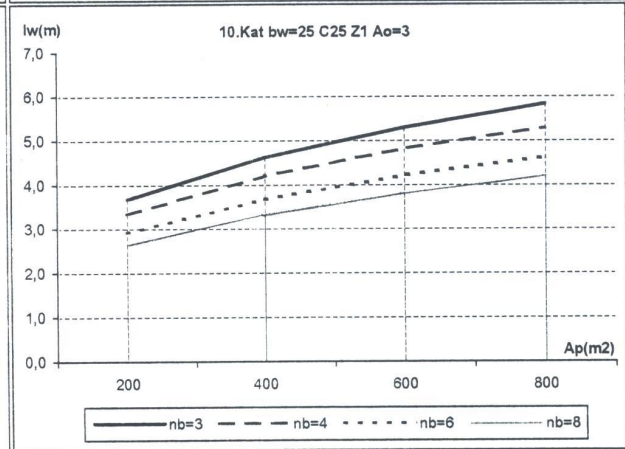
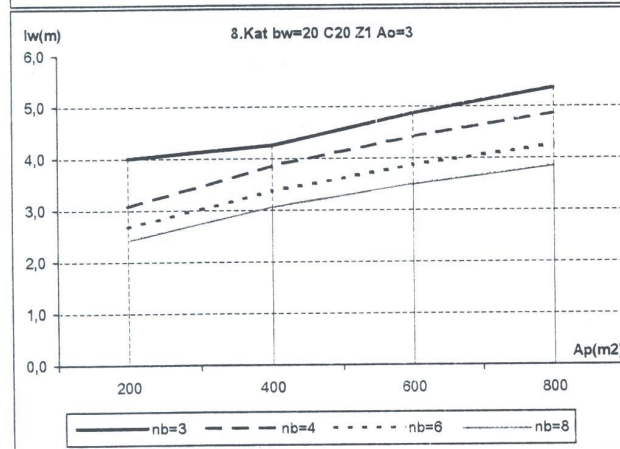
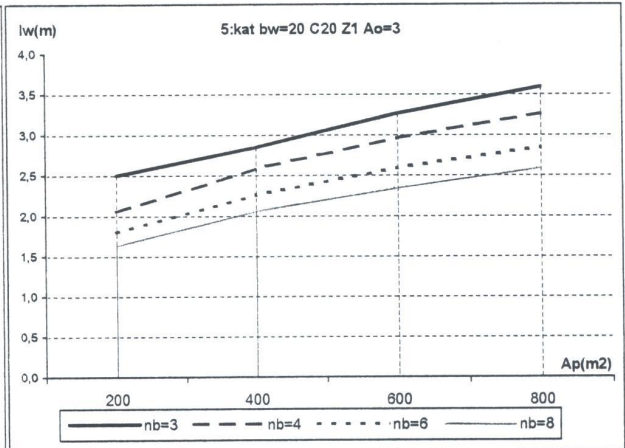
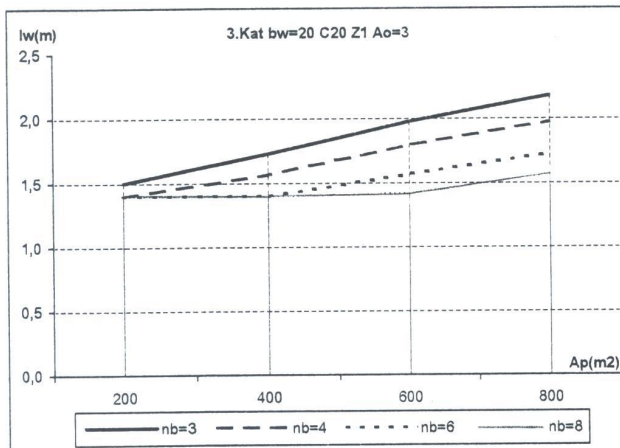
Şekil 14



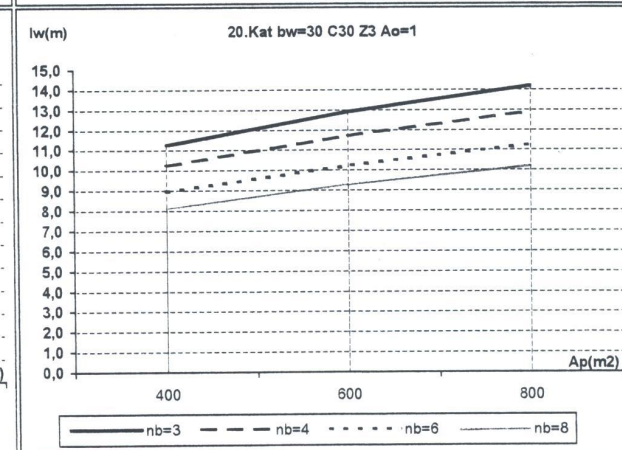
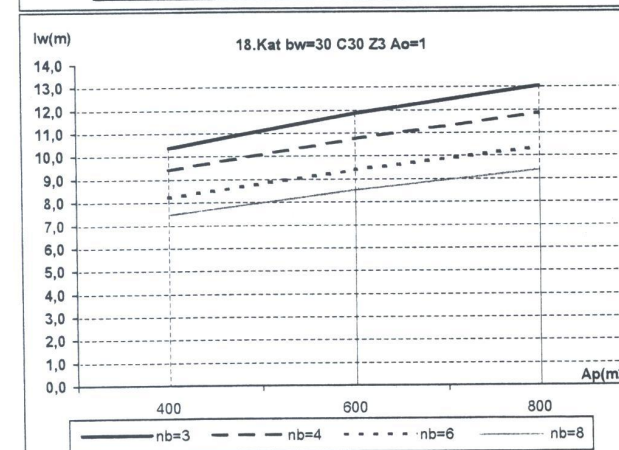
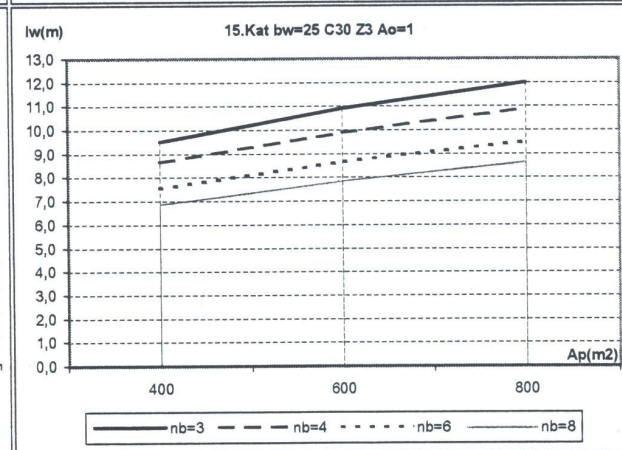
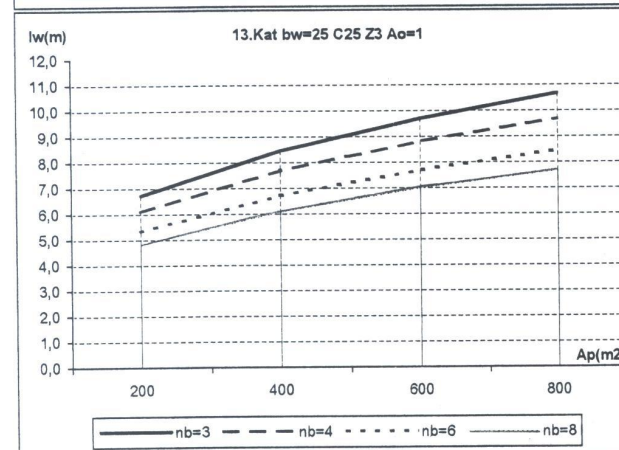
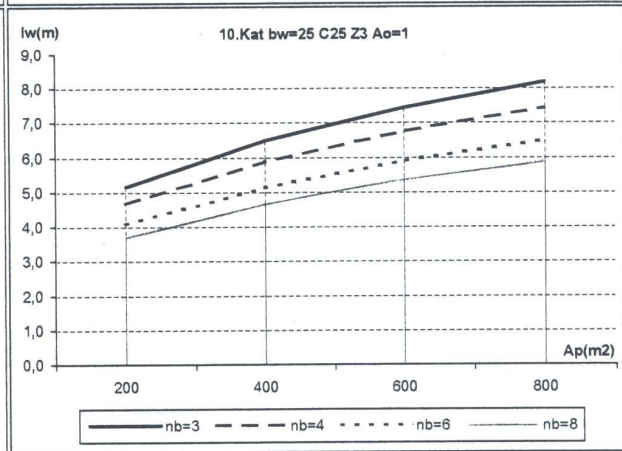
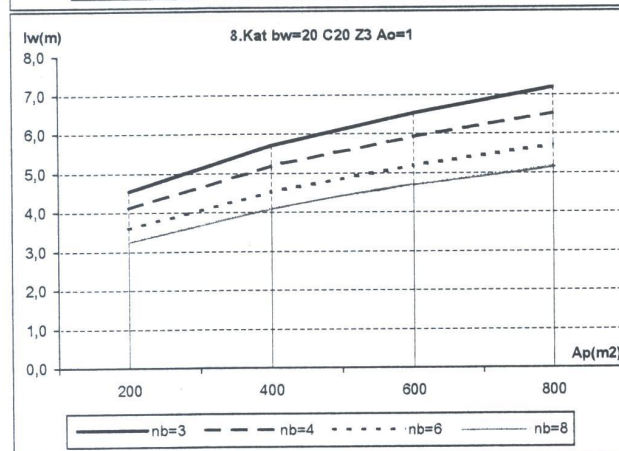
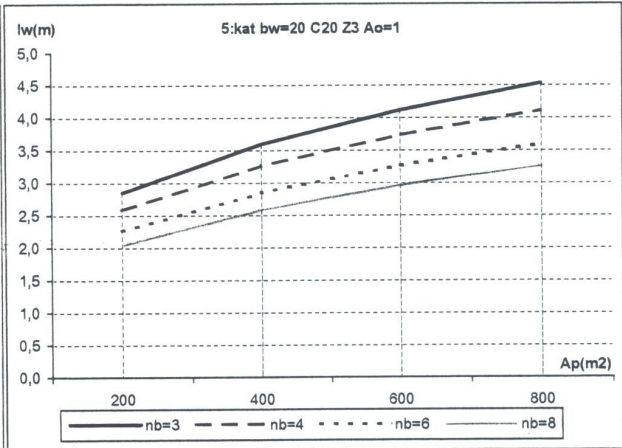
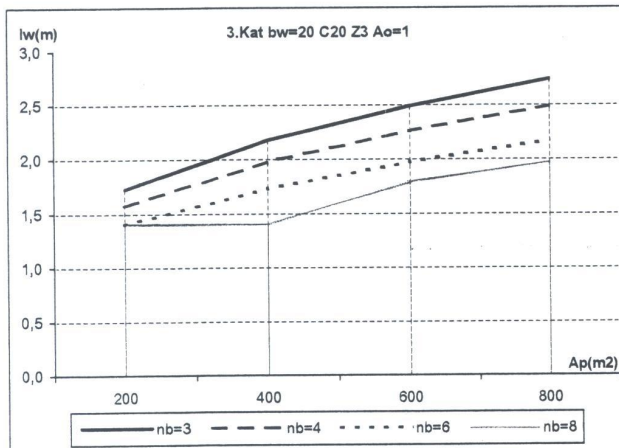
Şekil 15



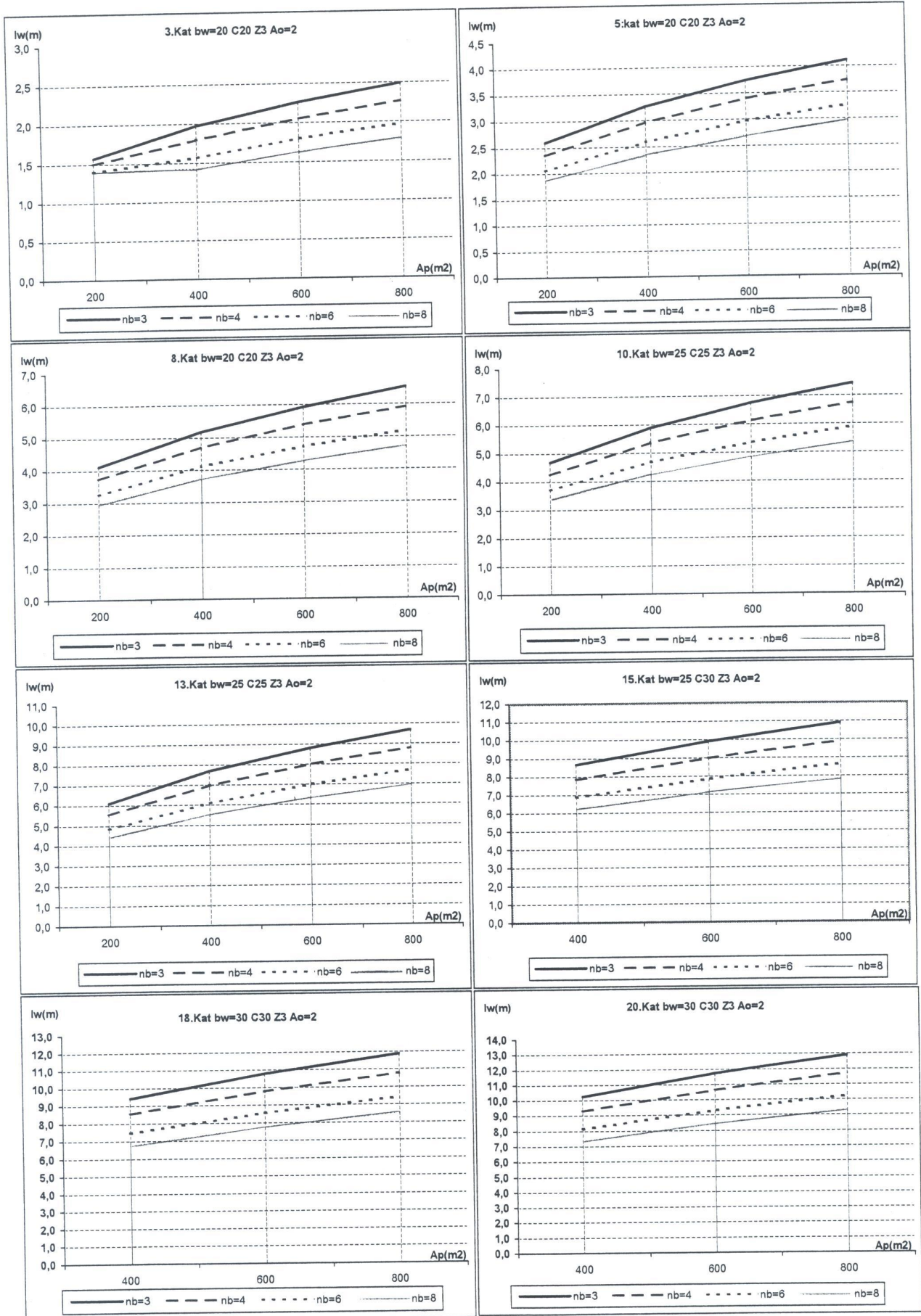
Şekil 16



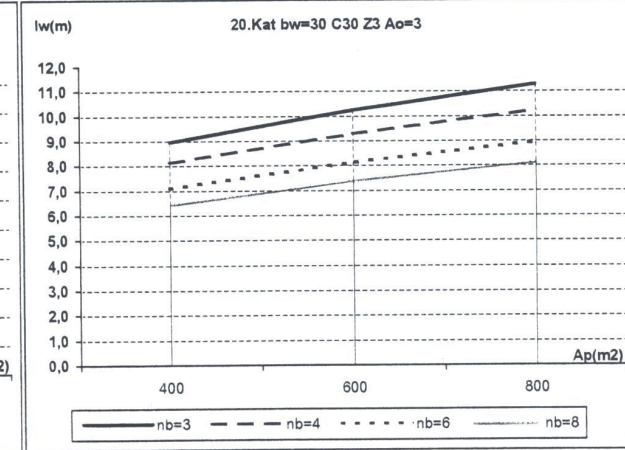
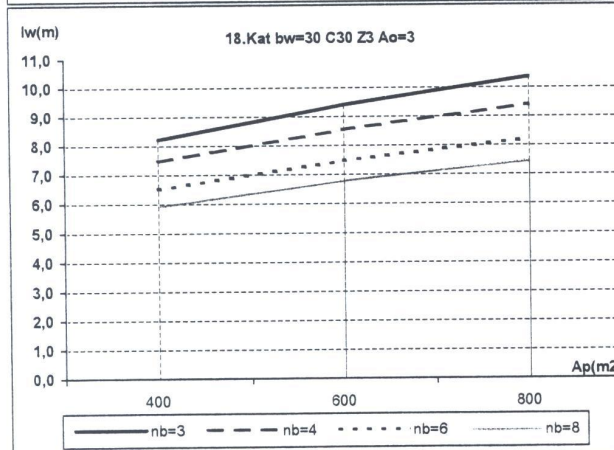
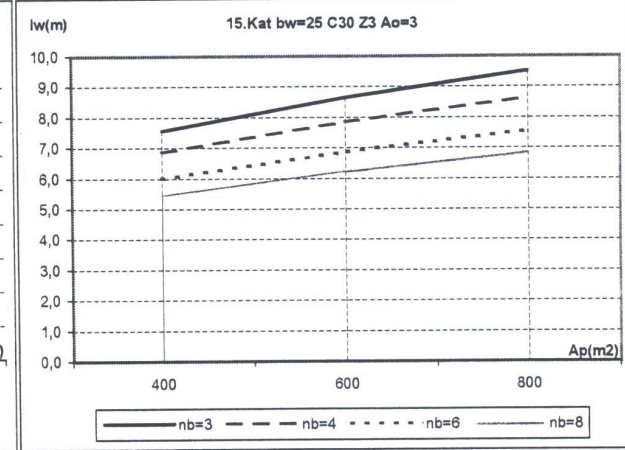
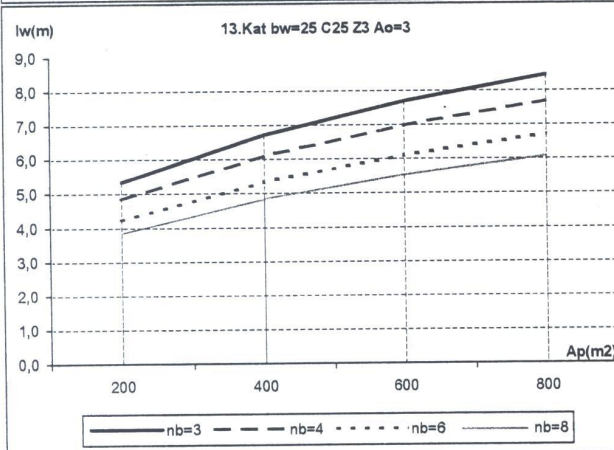
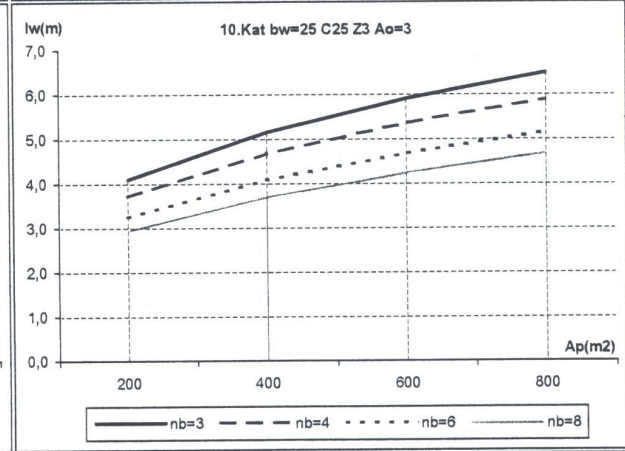
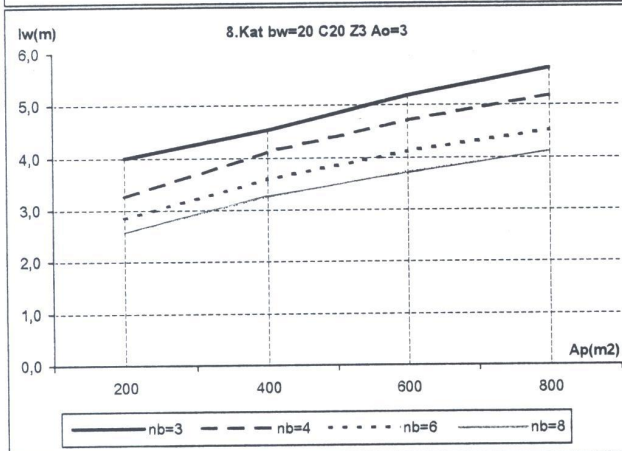
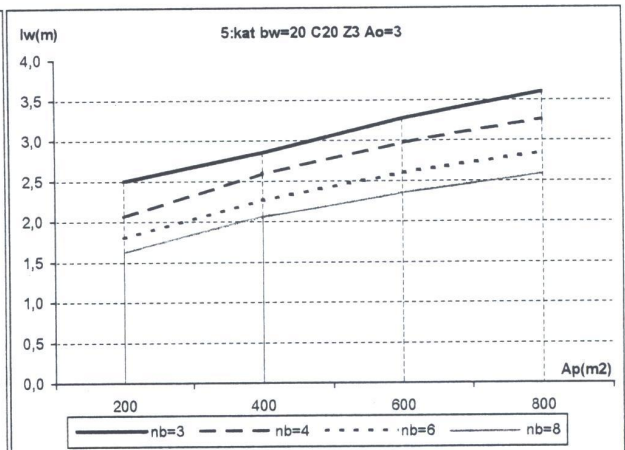
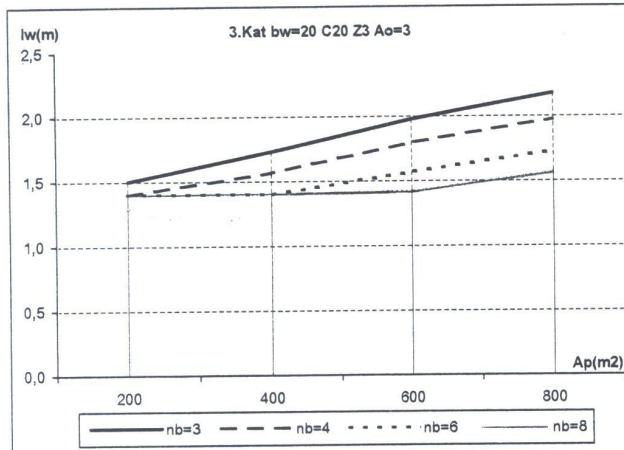
Sekil 17



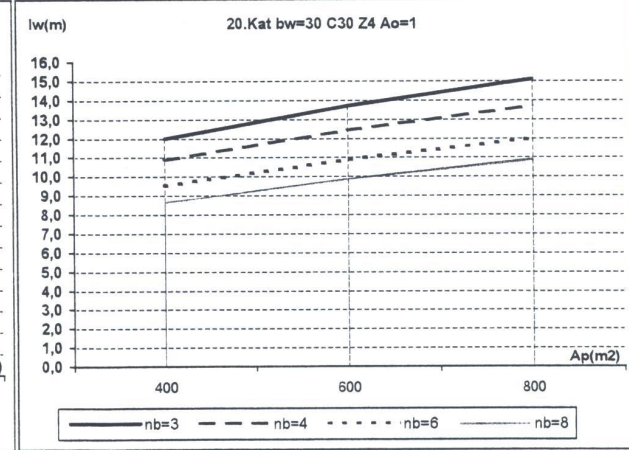
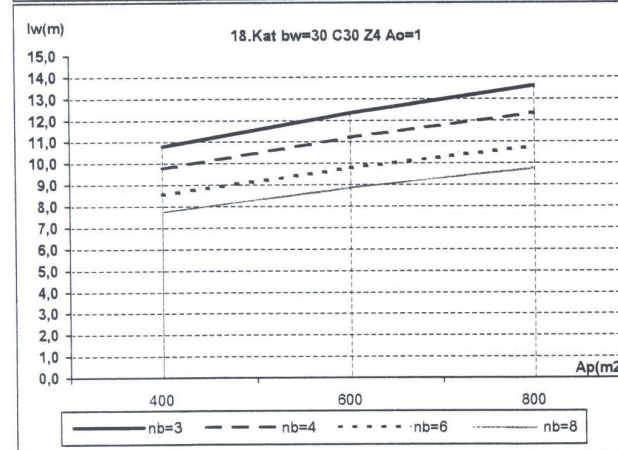
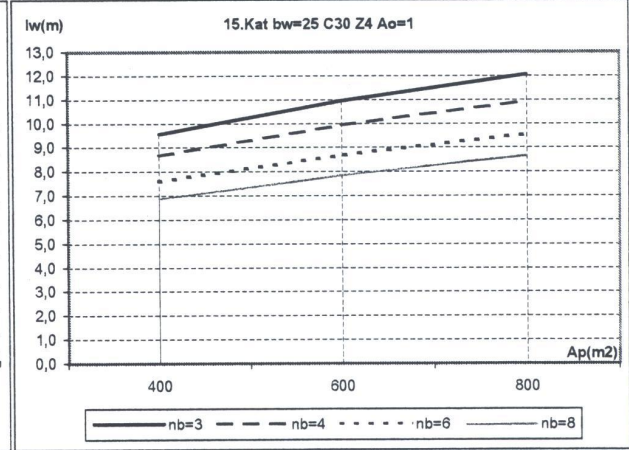
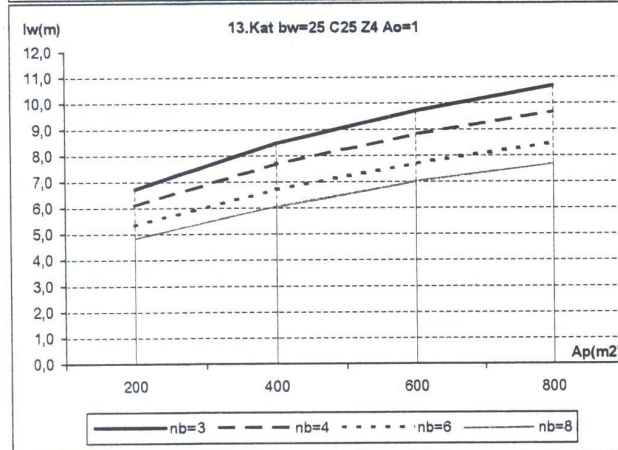
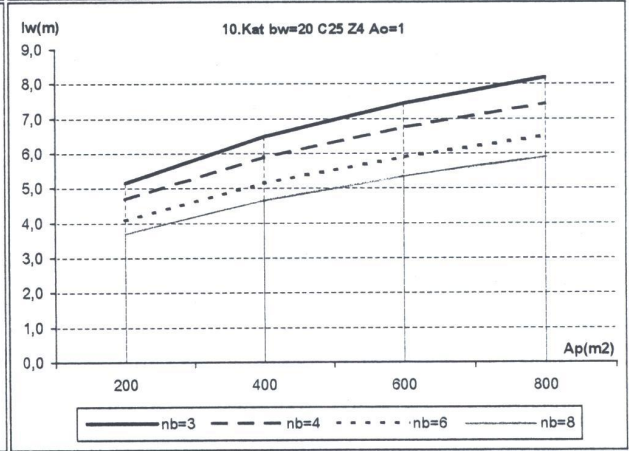
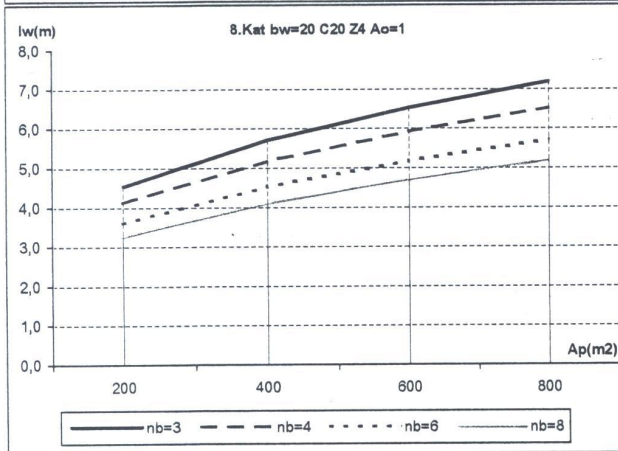
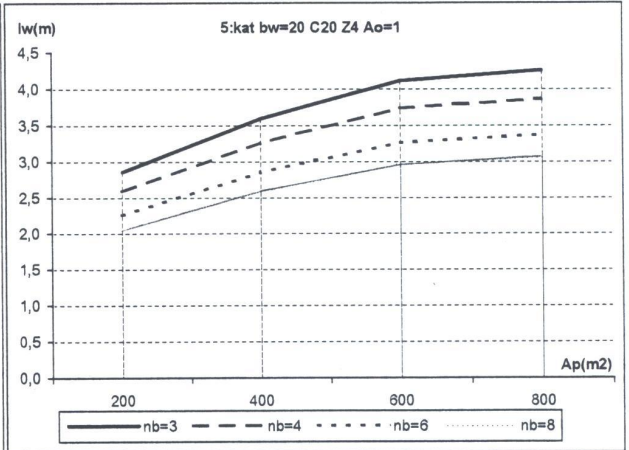
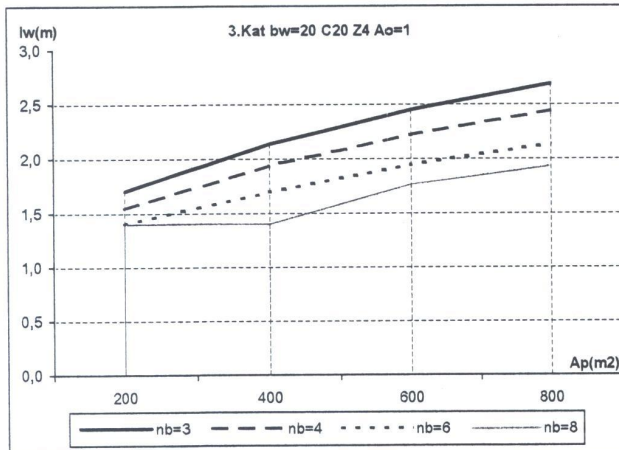
Şekil 18



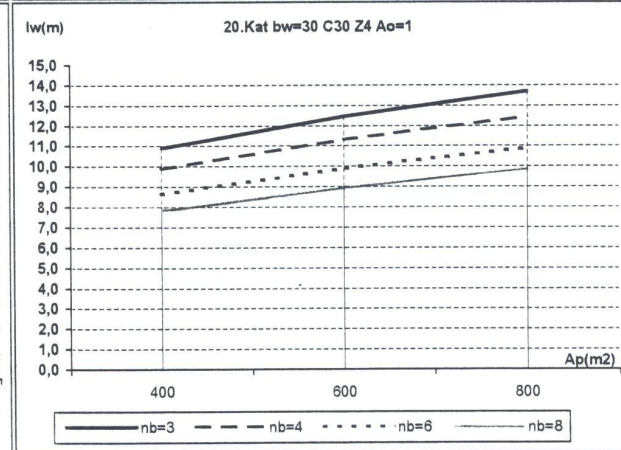
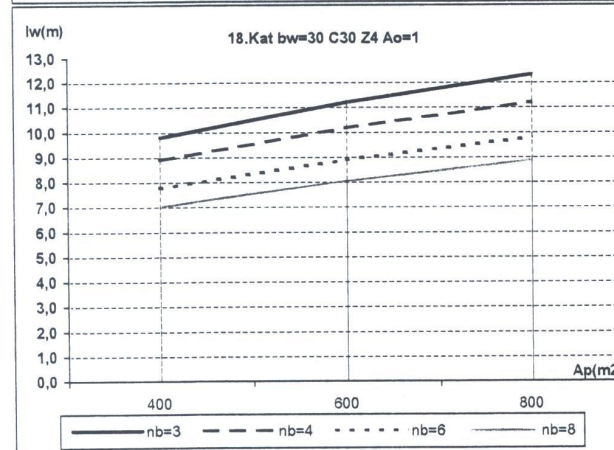
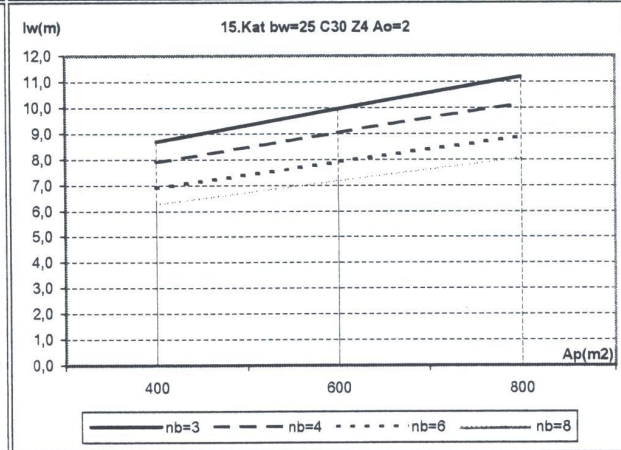
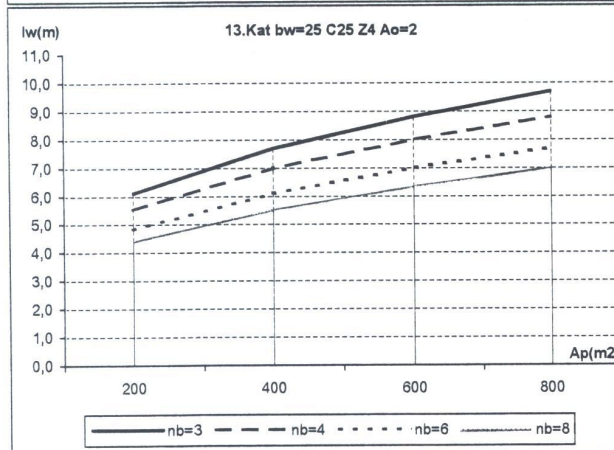
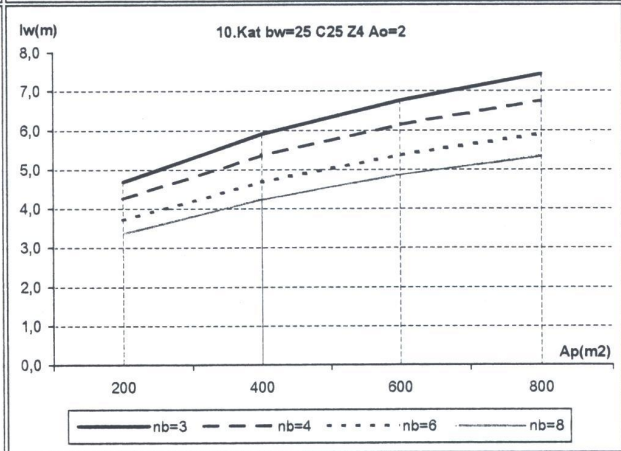
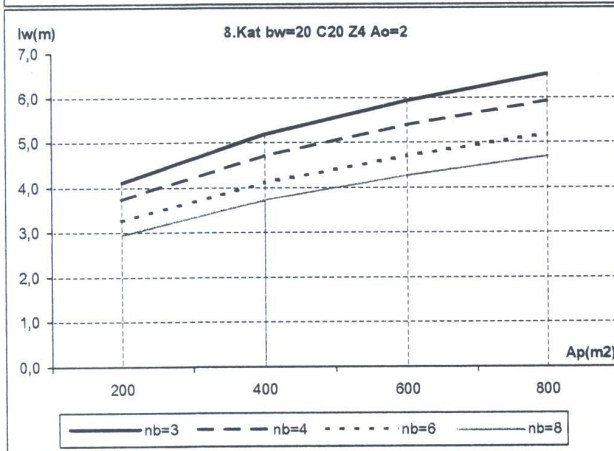
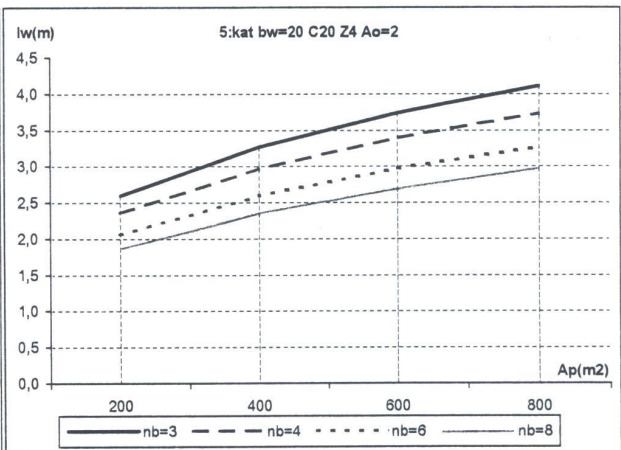
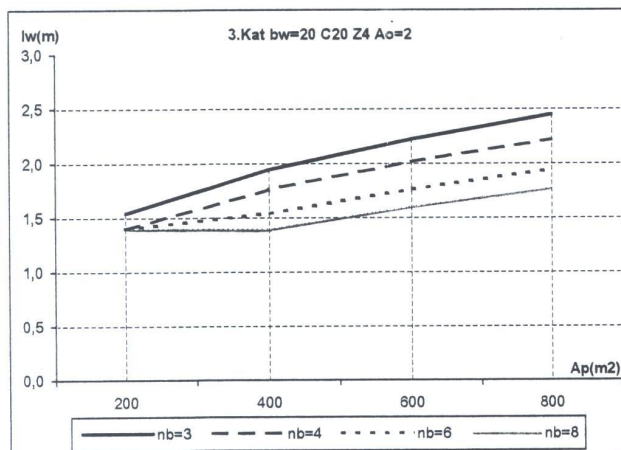
Şekil 19

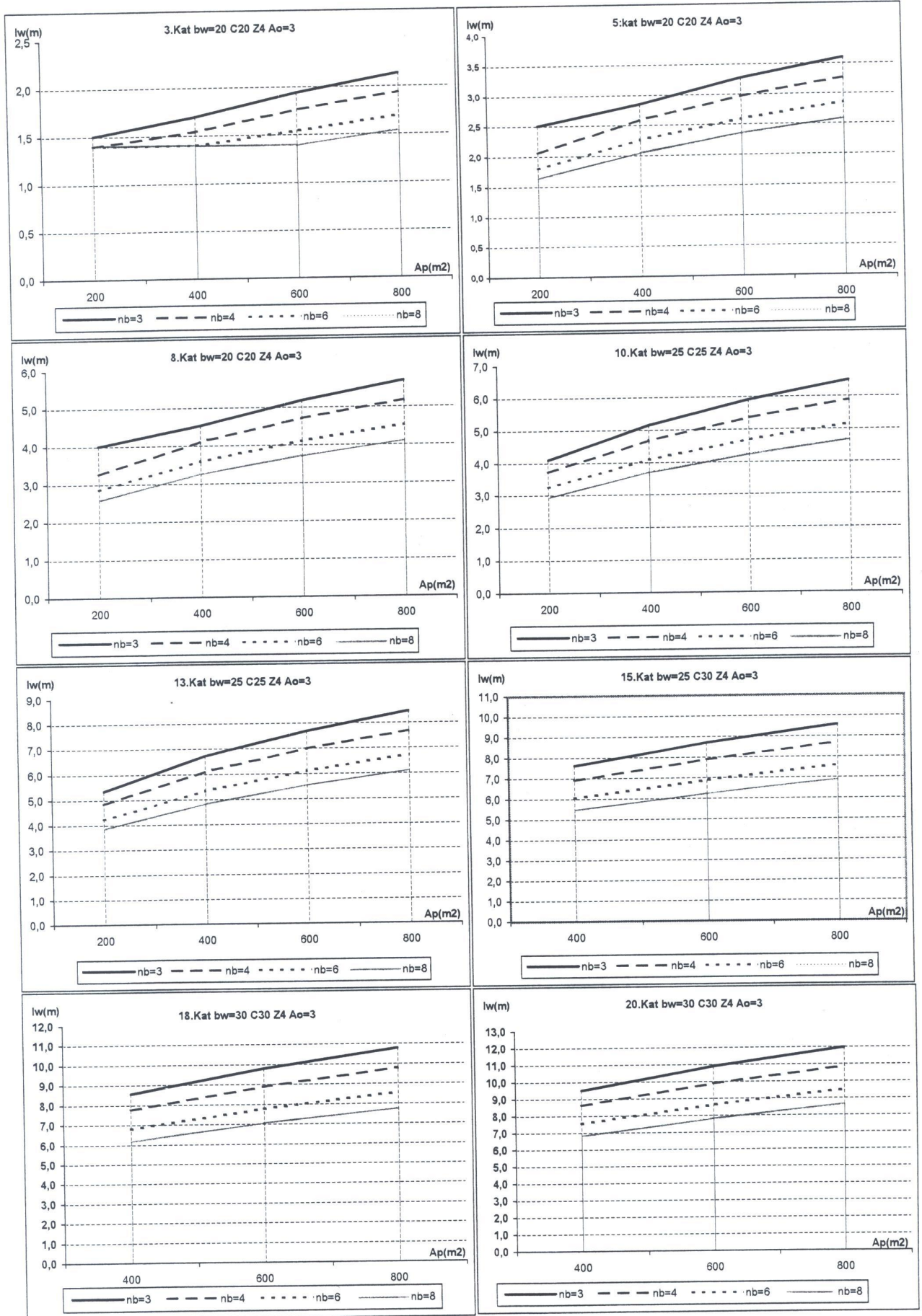


Şekil 20

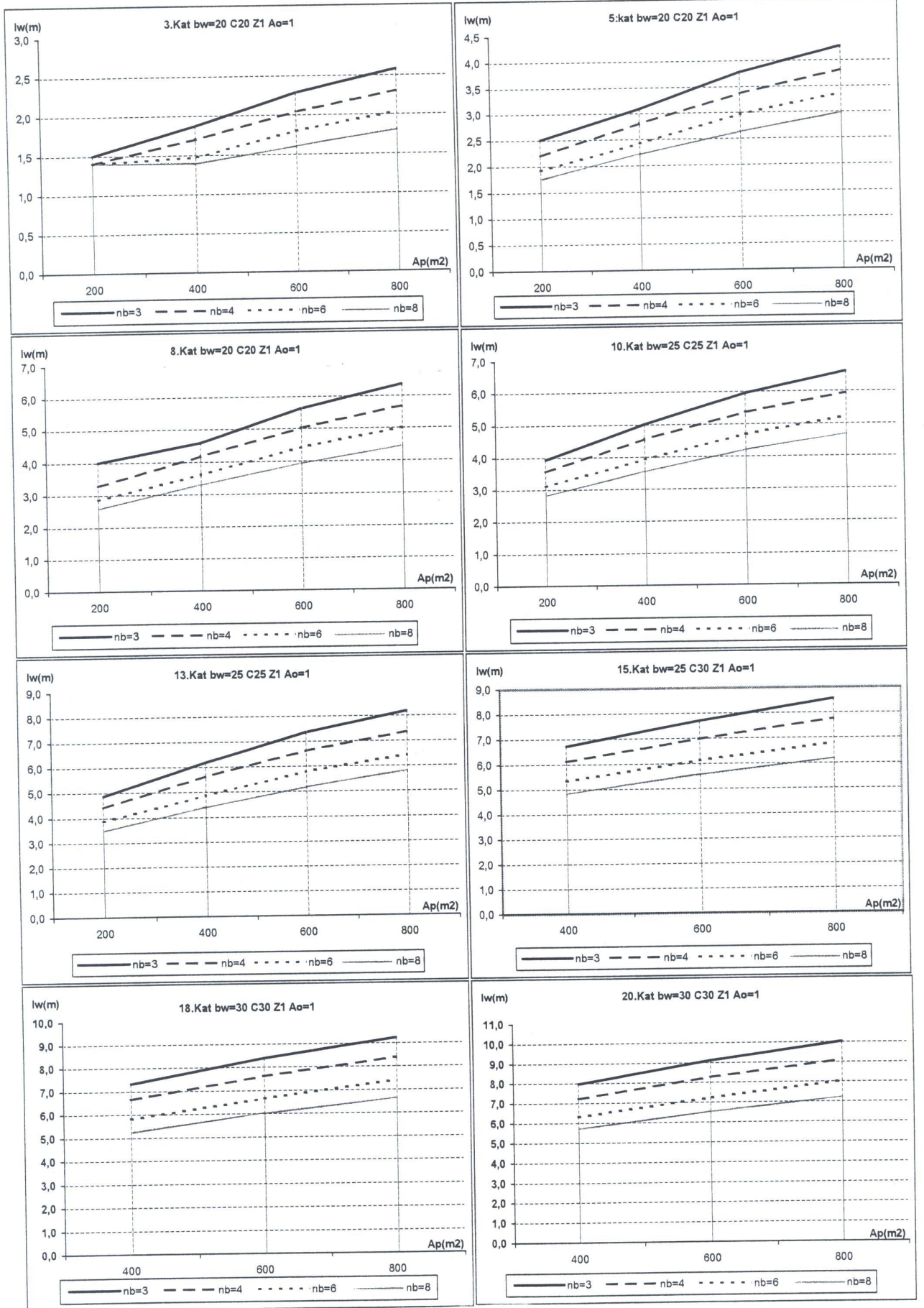


Şekil 21

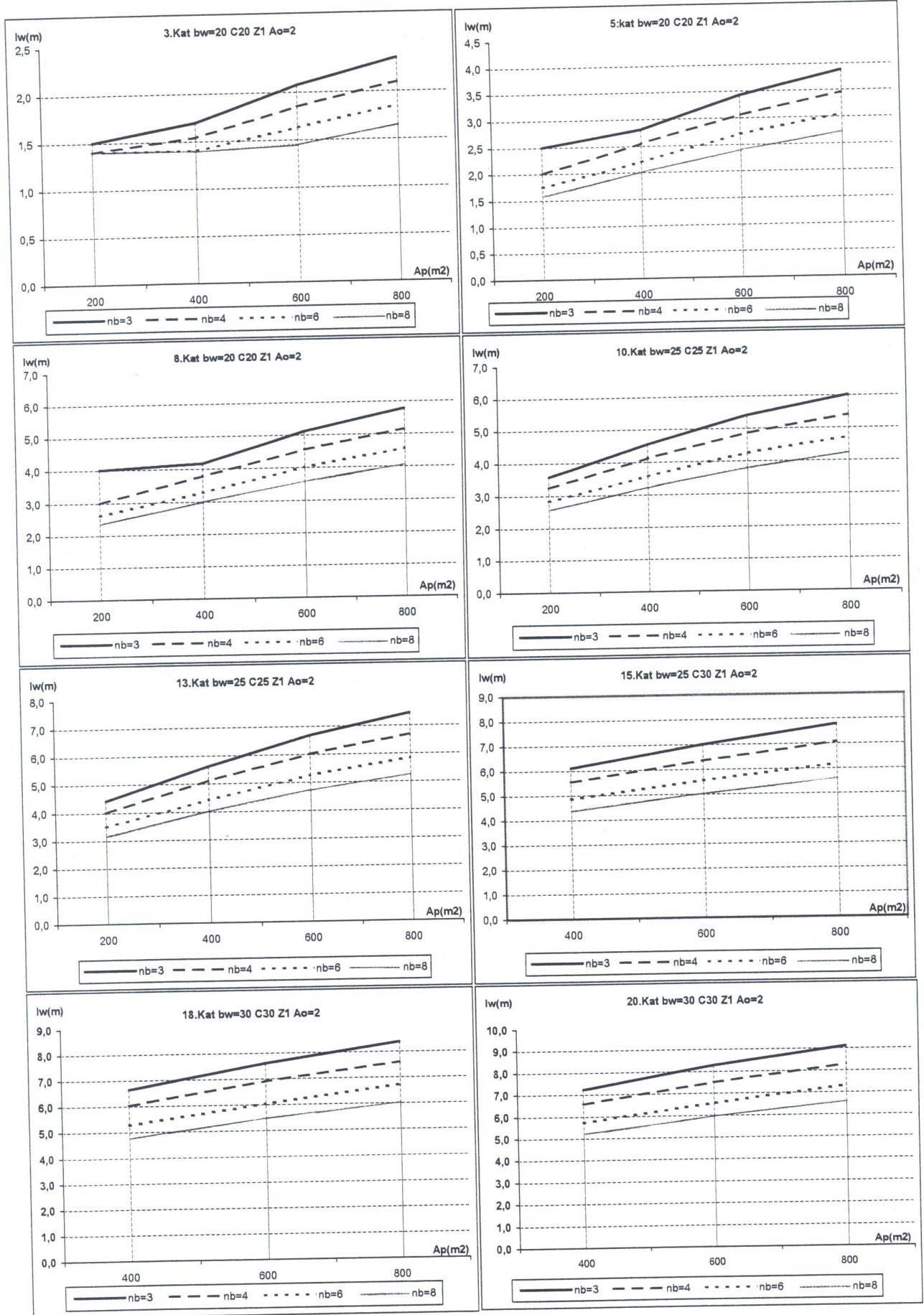




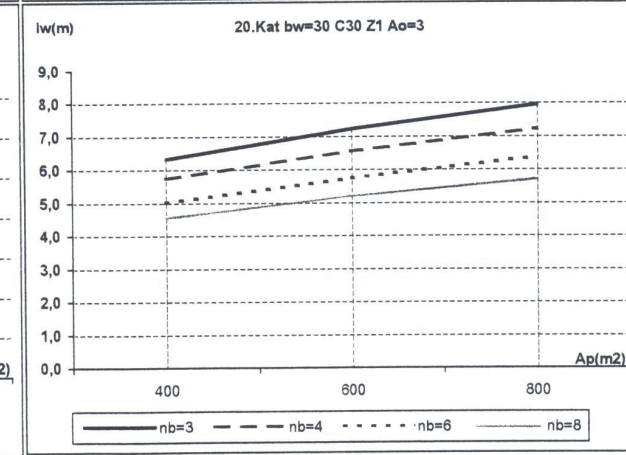
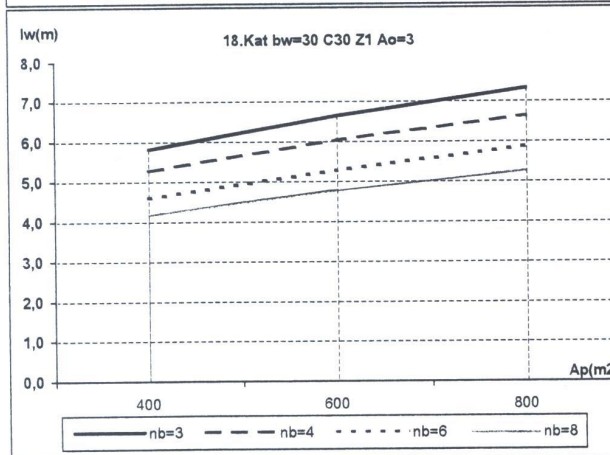
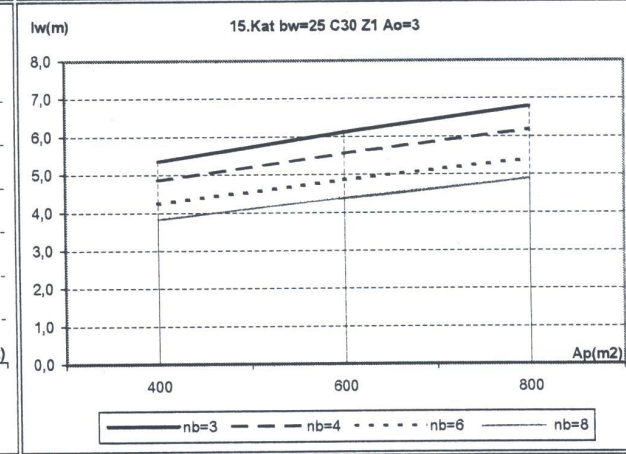
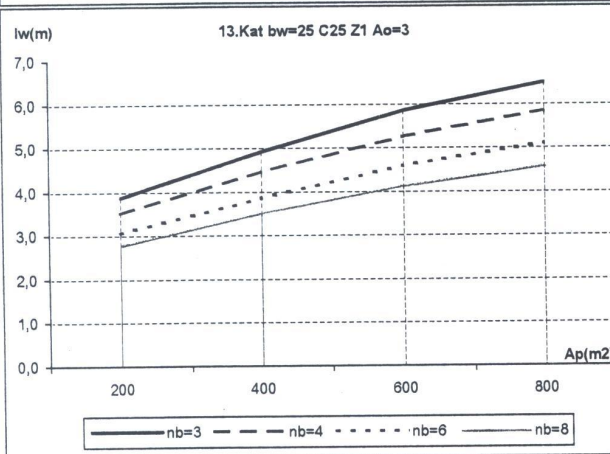
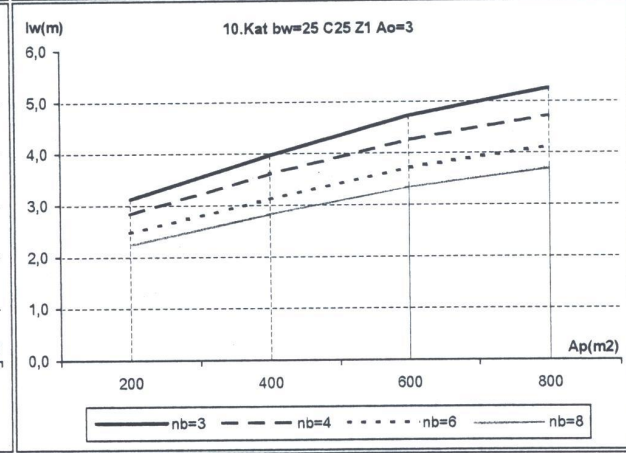
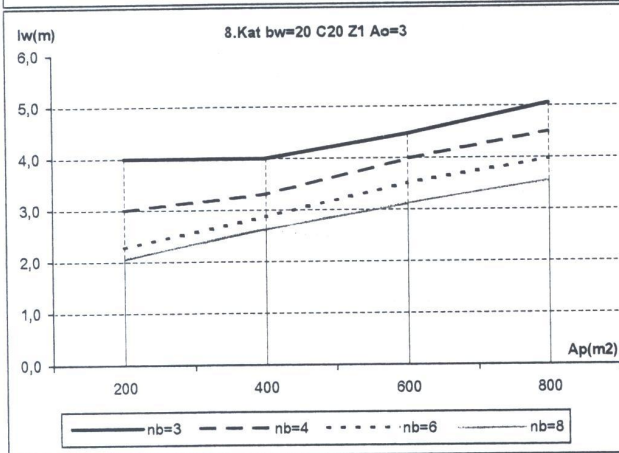
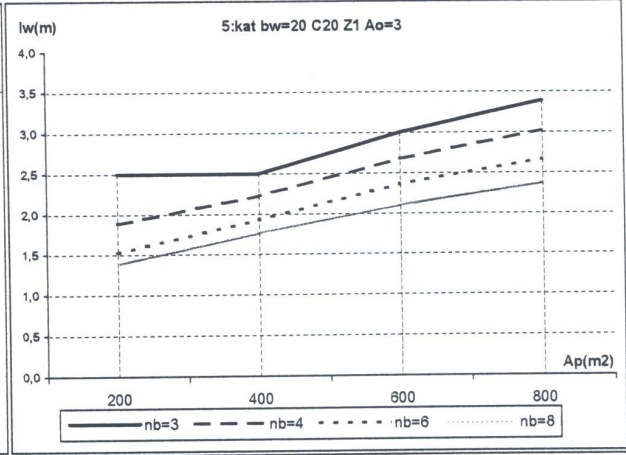
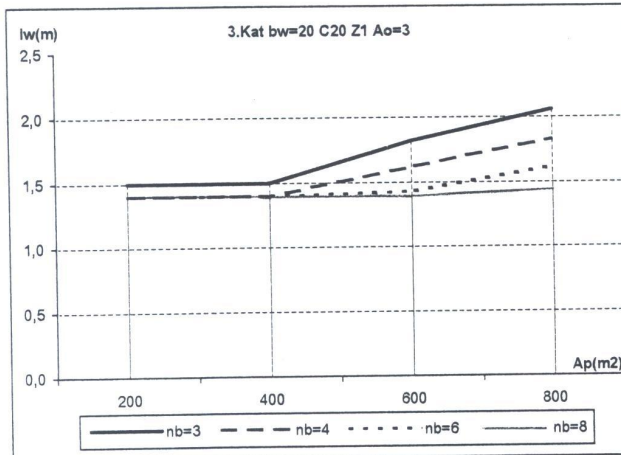
Şekil 23



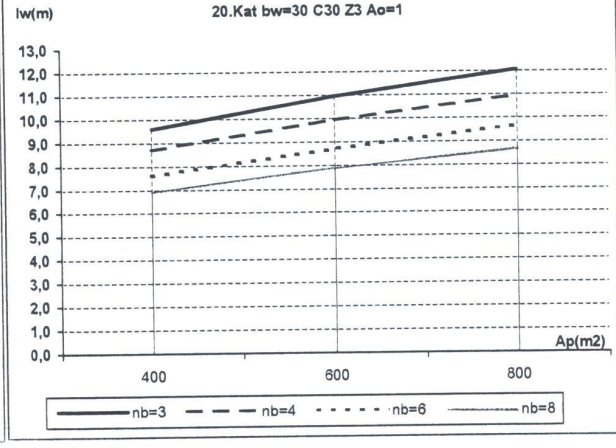
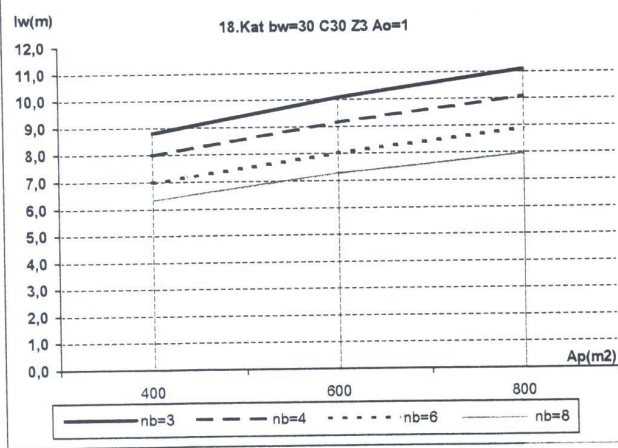
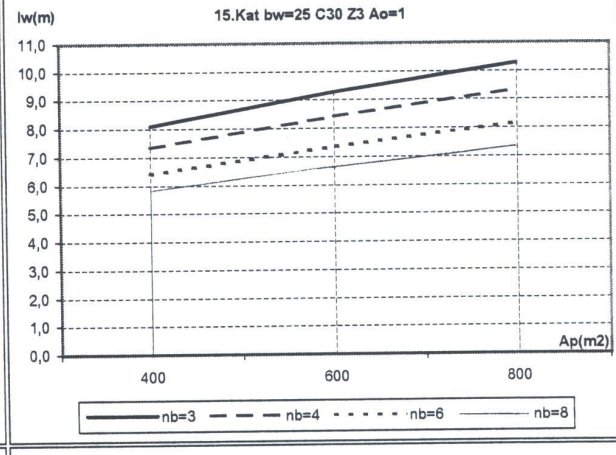
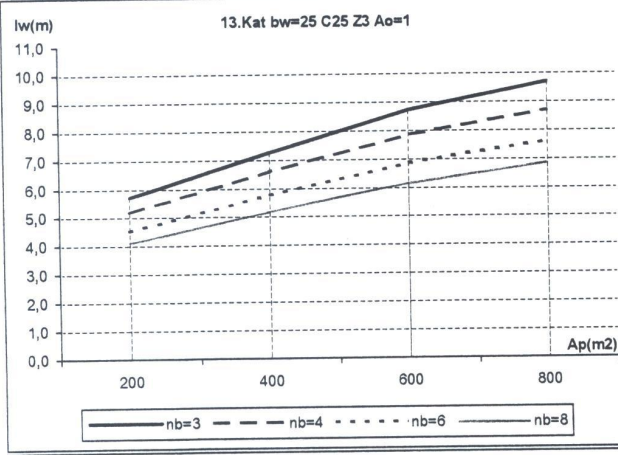
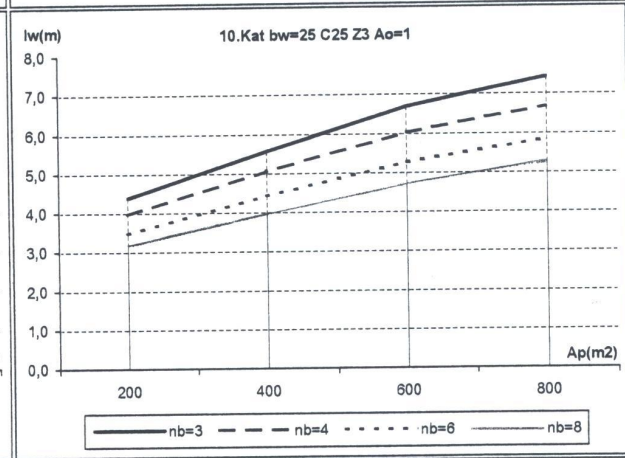
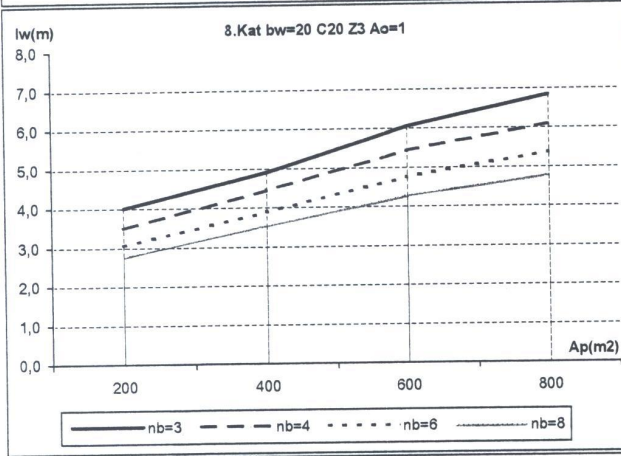
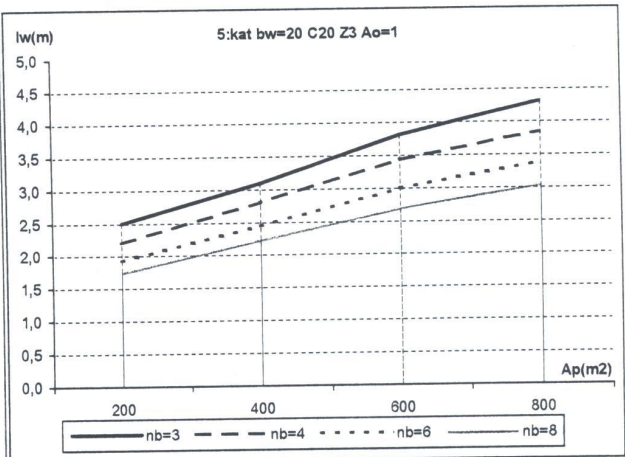
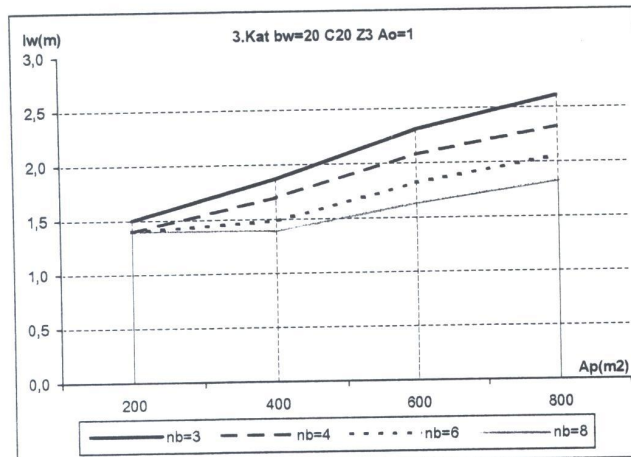
Şekil 24



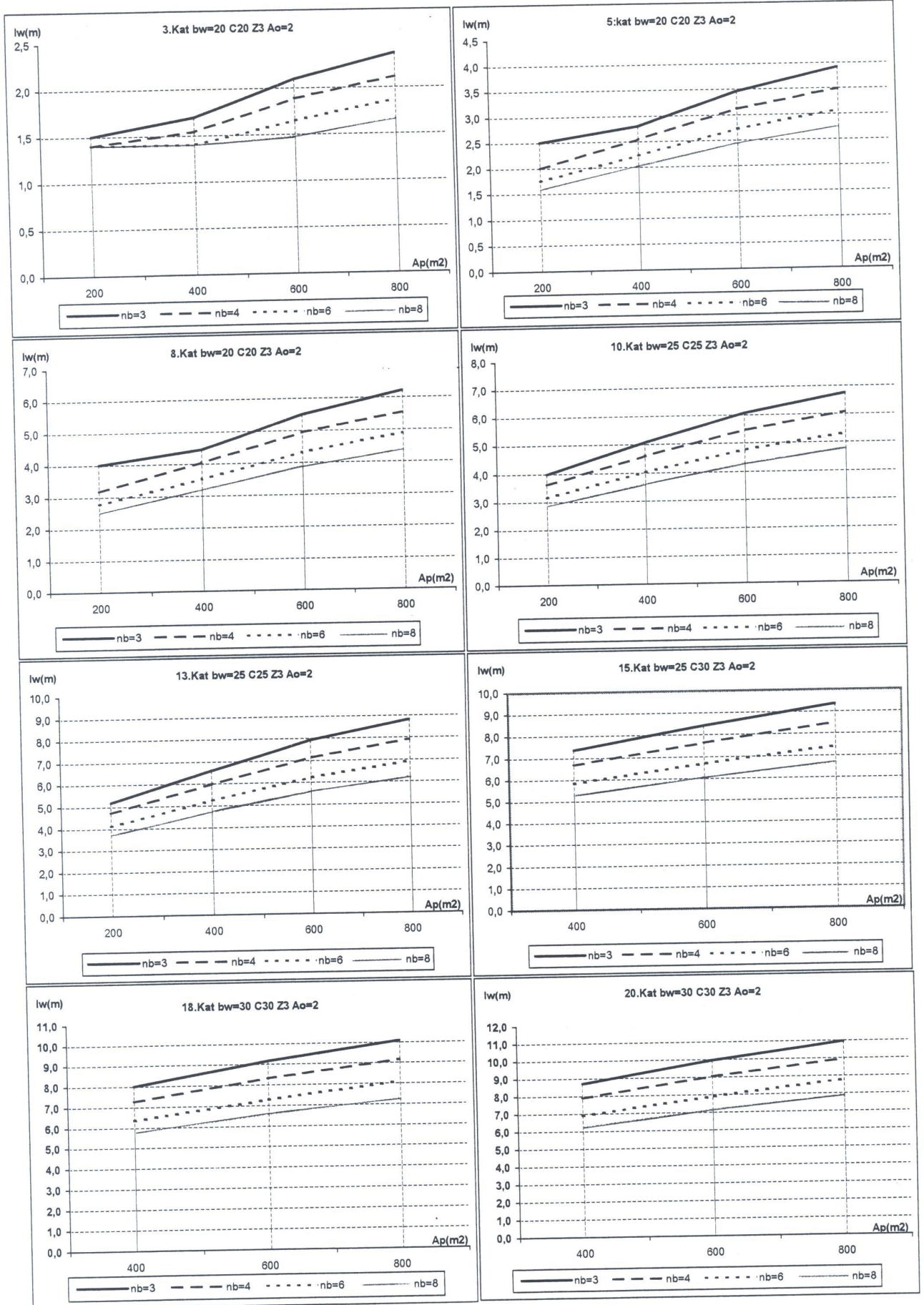
Şekil 25



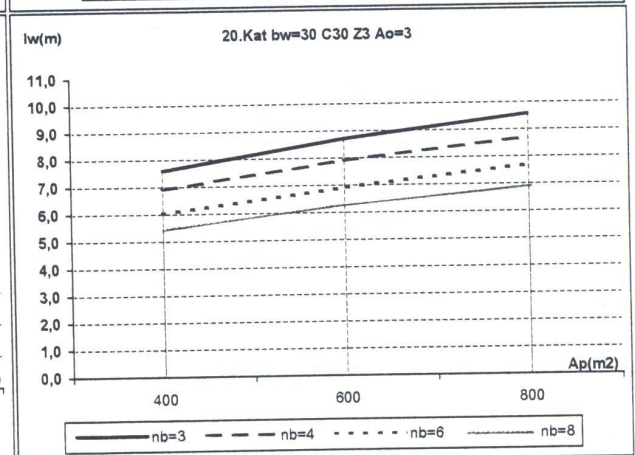
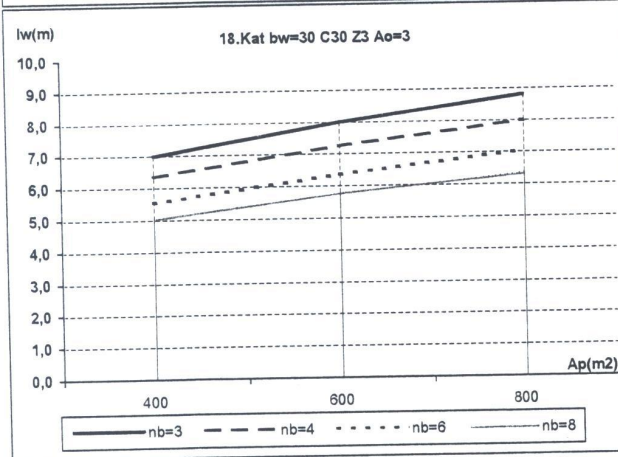
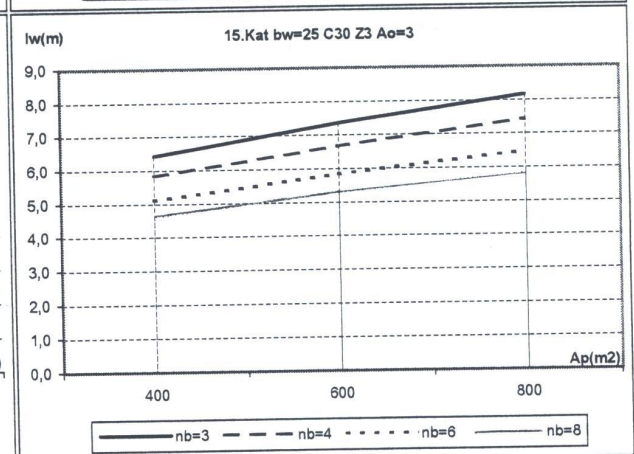
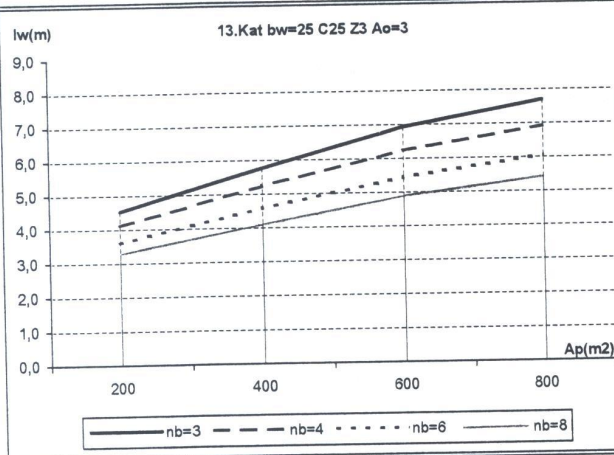
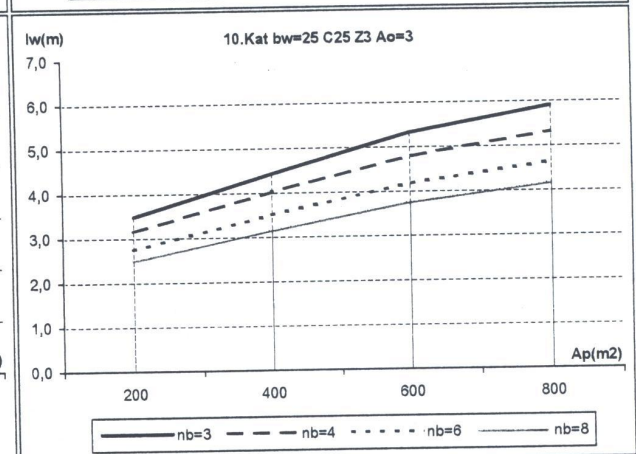
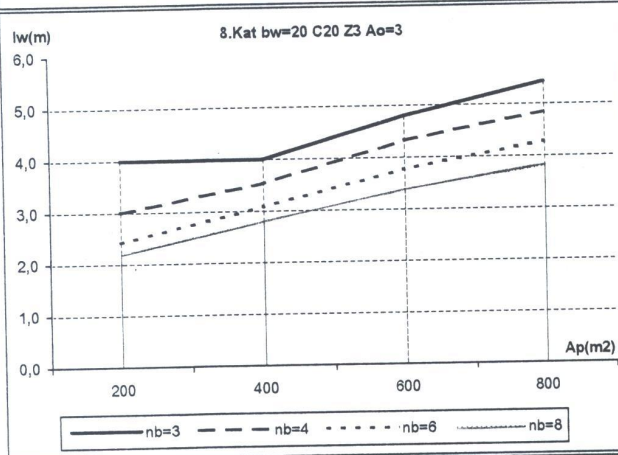
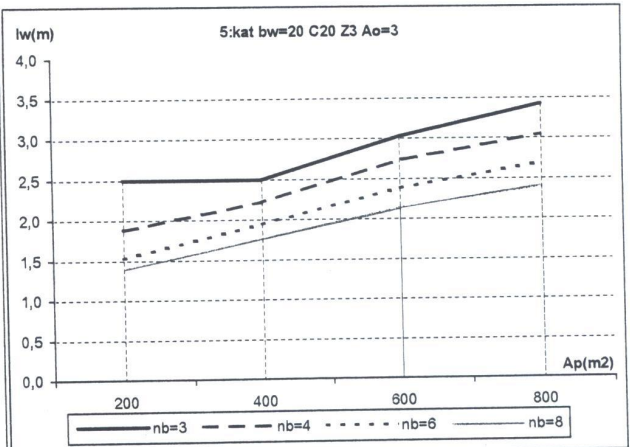
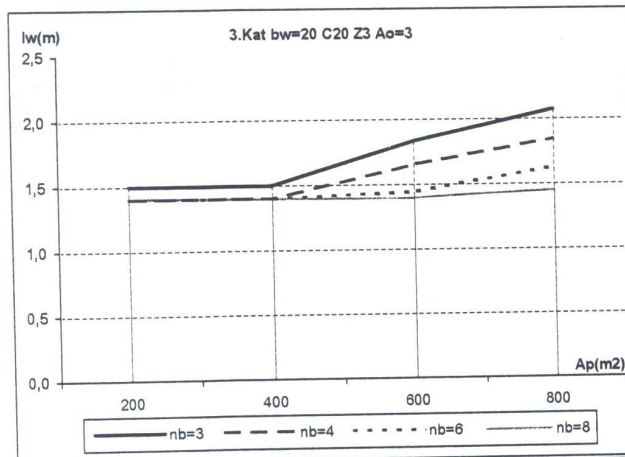
Şekil 26



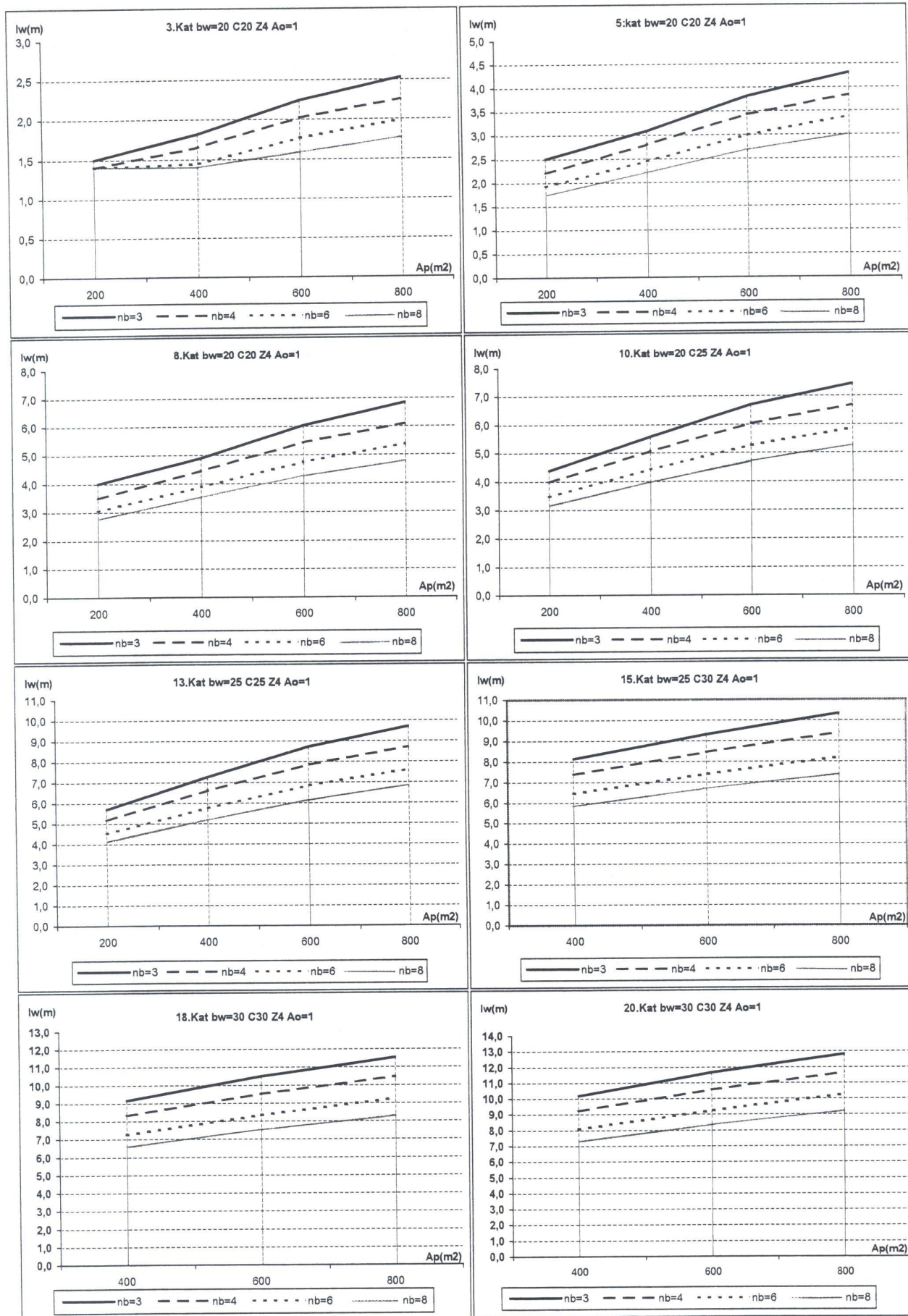
Şekil 27

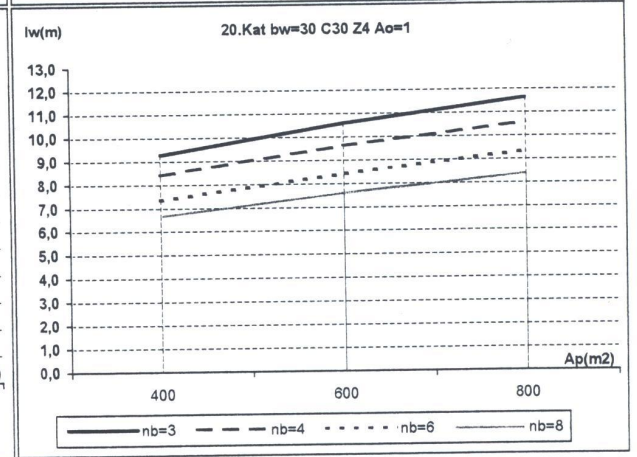
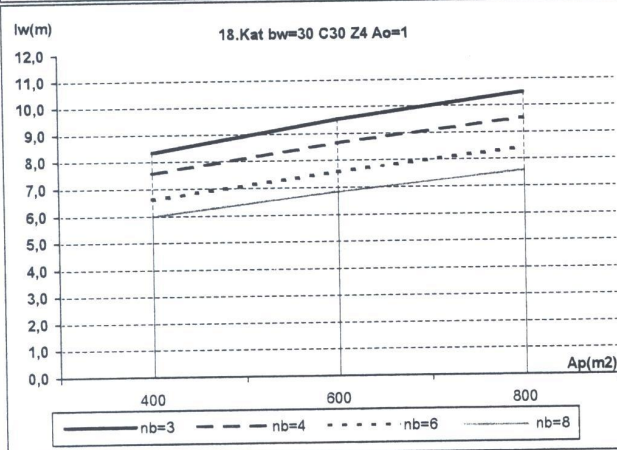
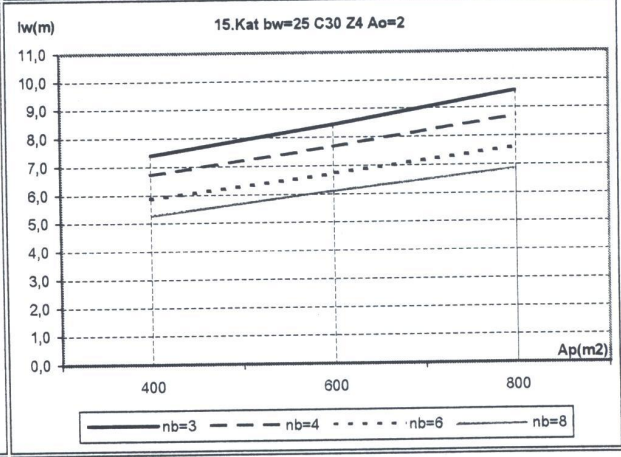
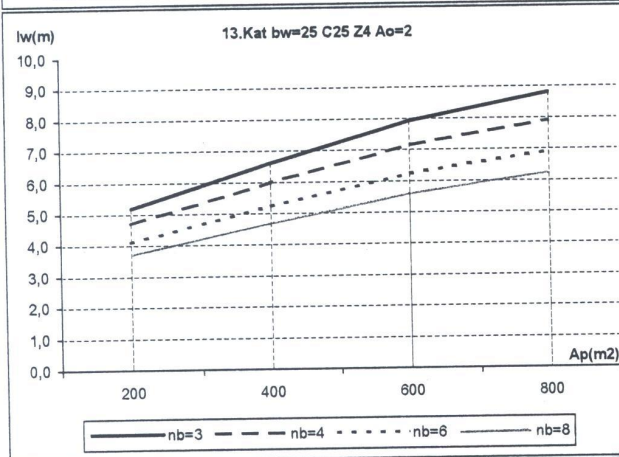
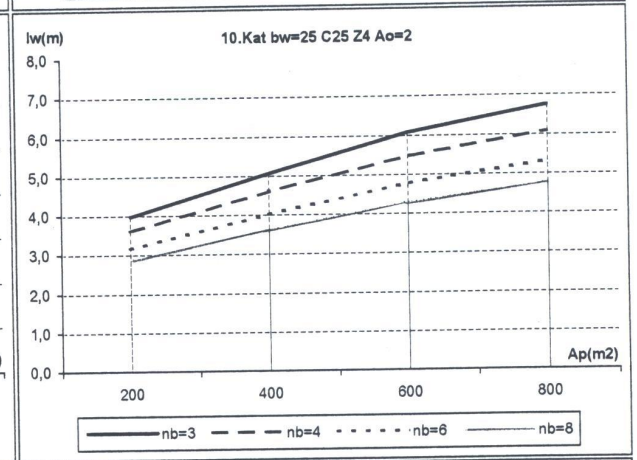
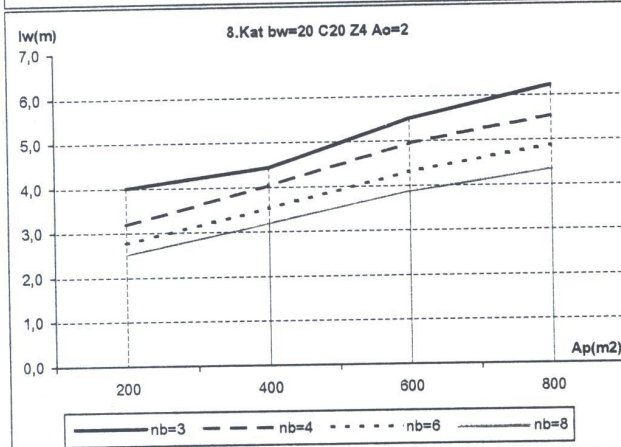
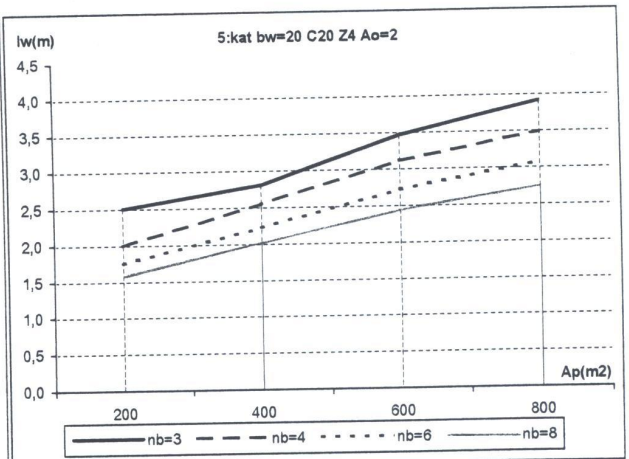
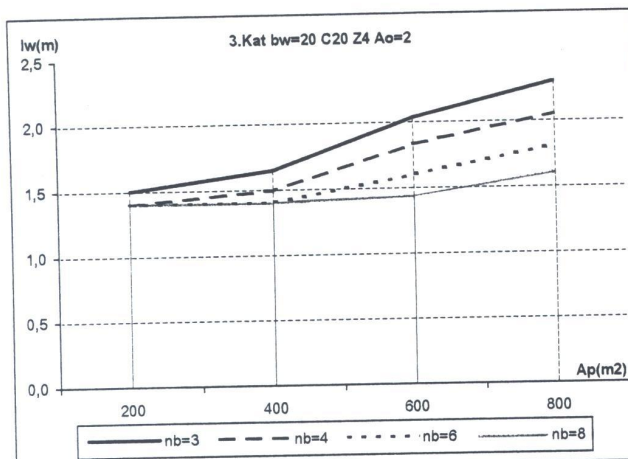


Şekil 28

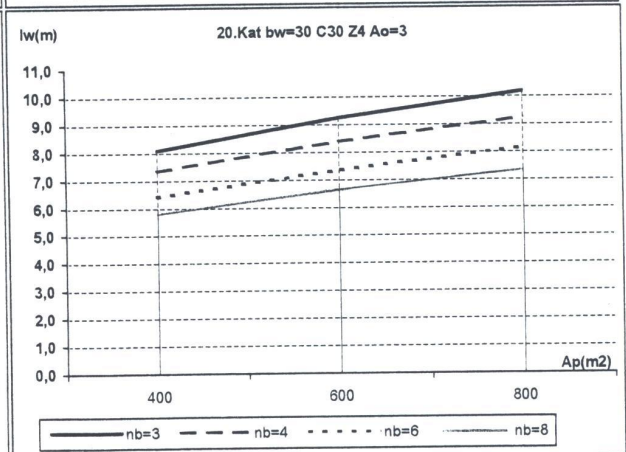
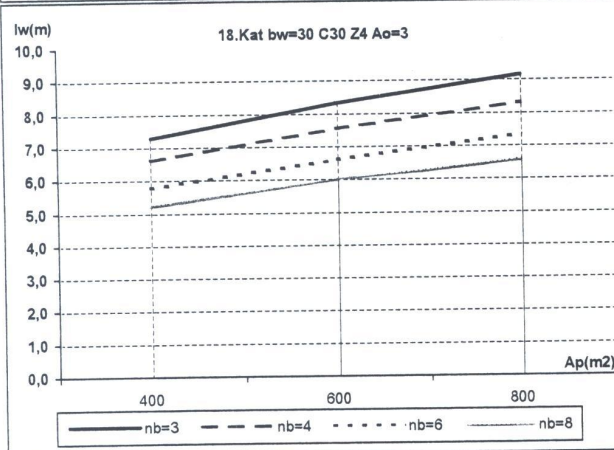
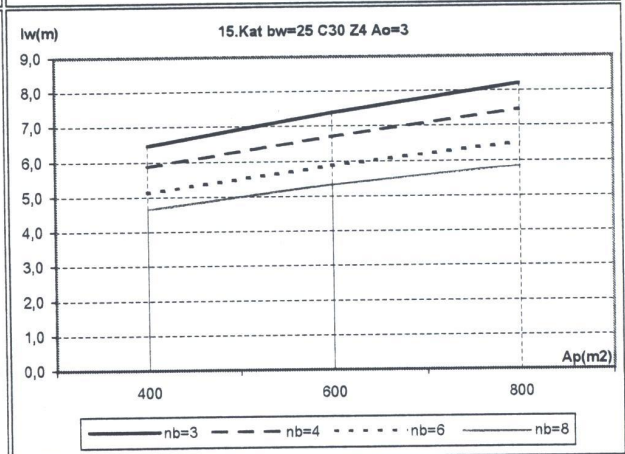
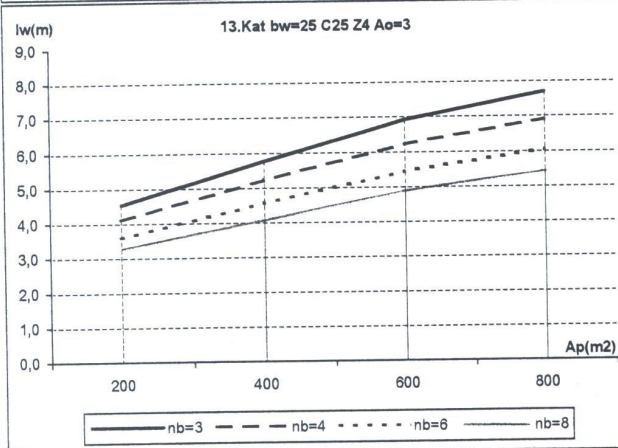
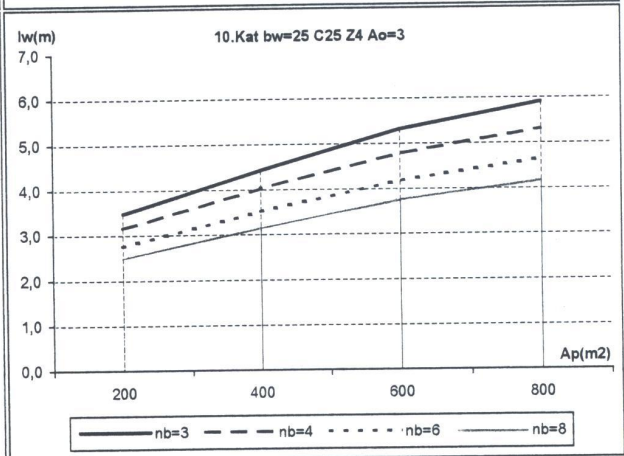
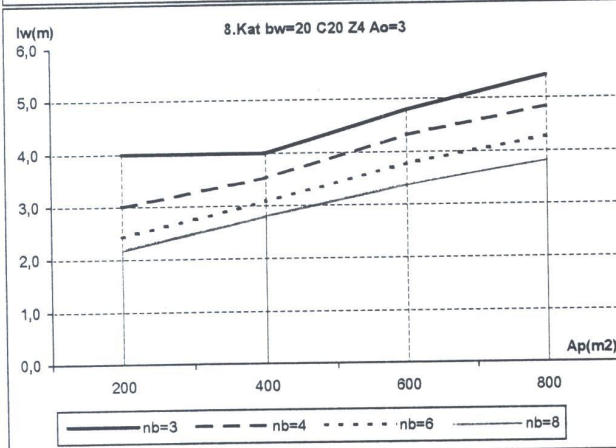
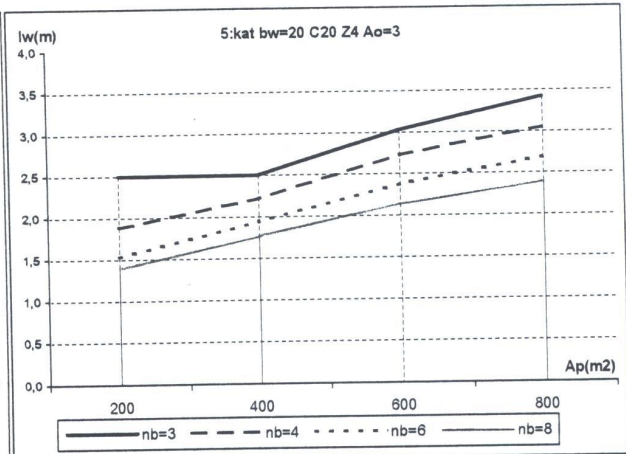
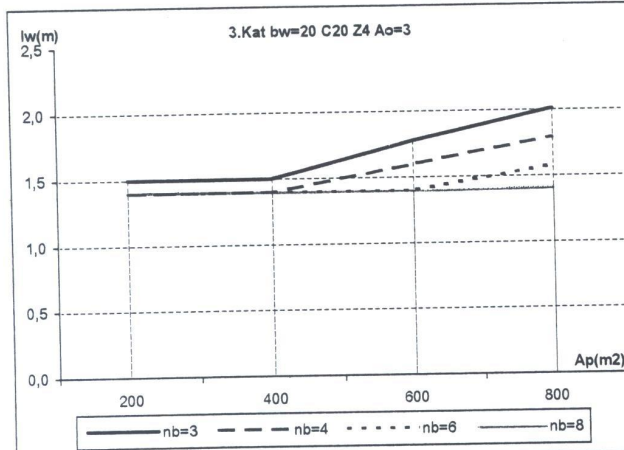


Şekil 29

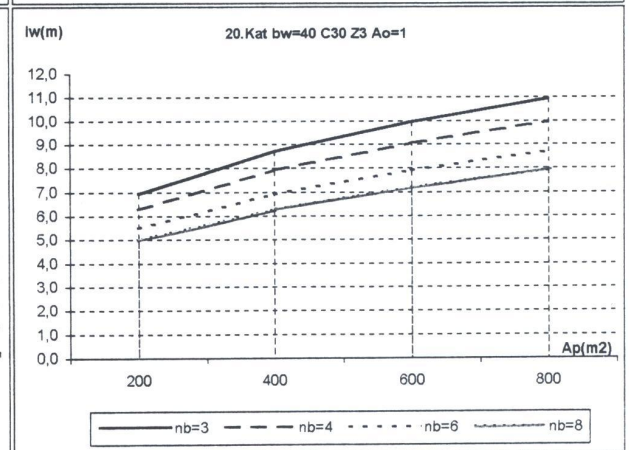
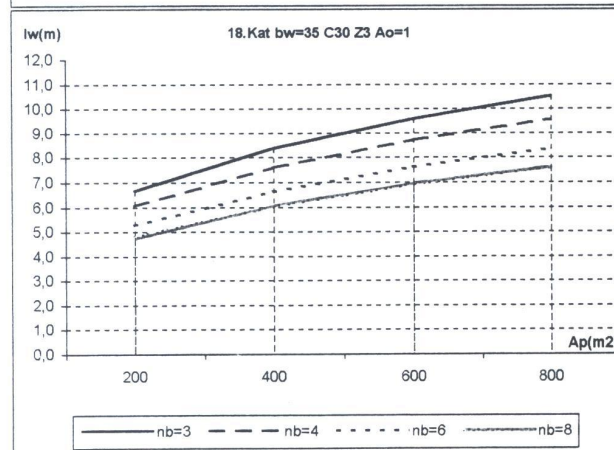
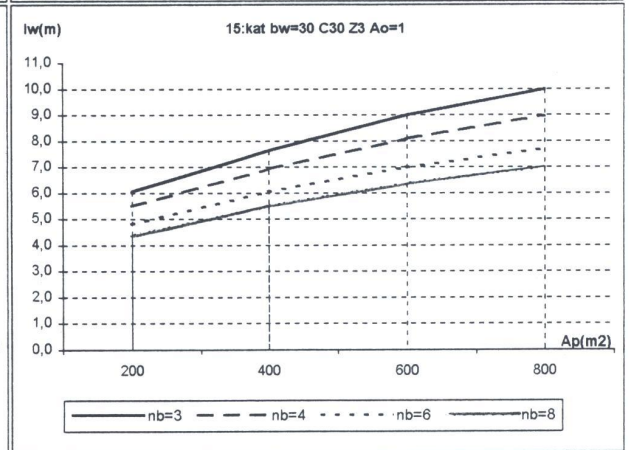
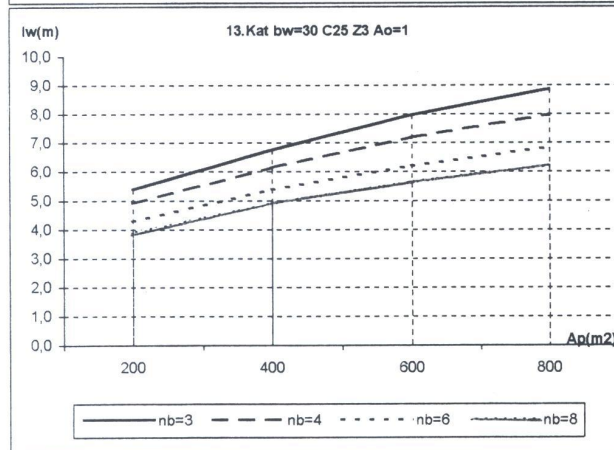
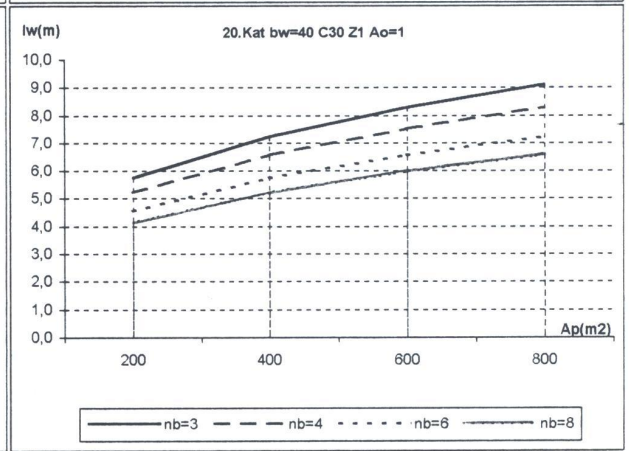
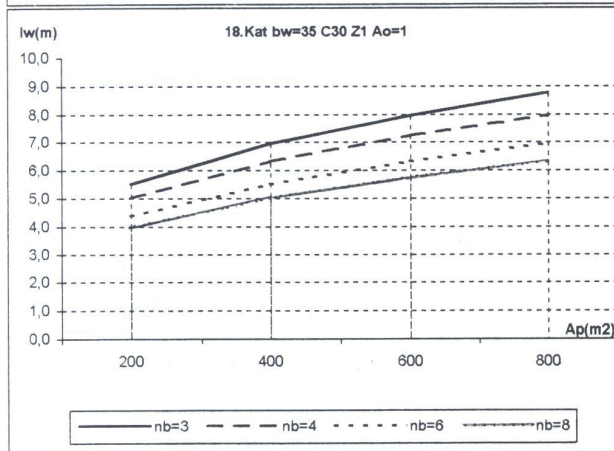
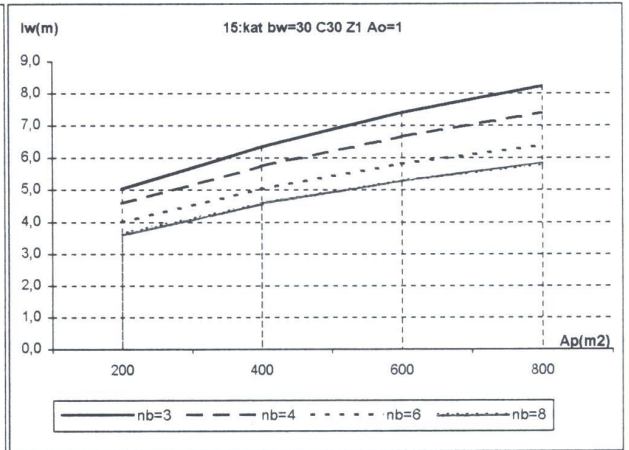
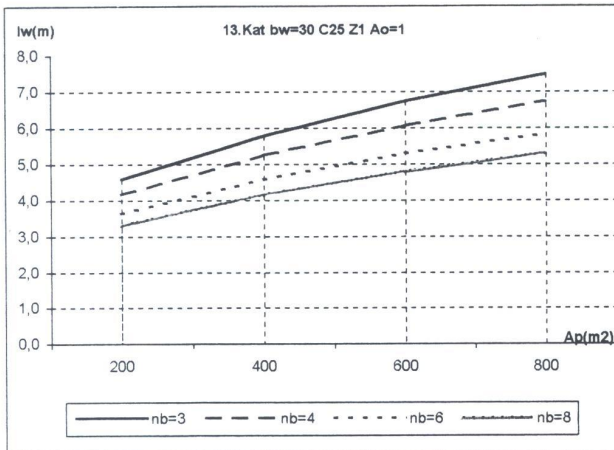




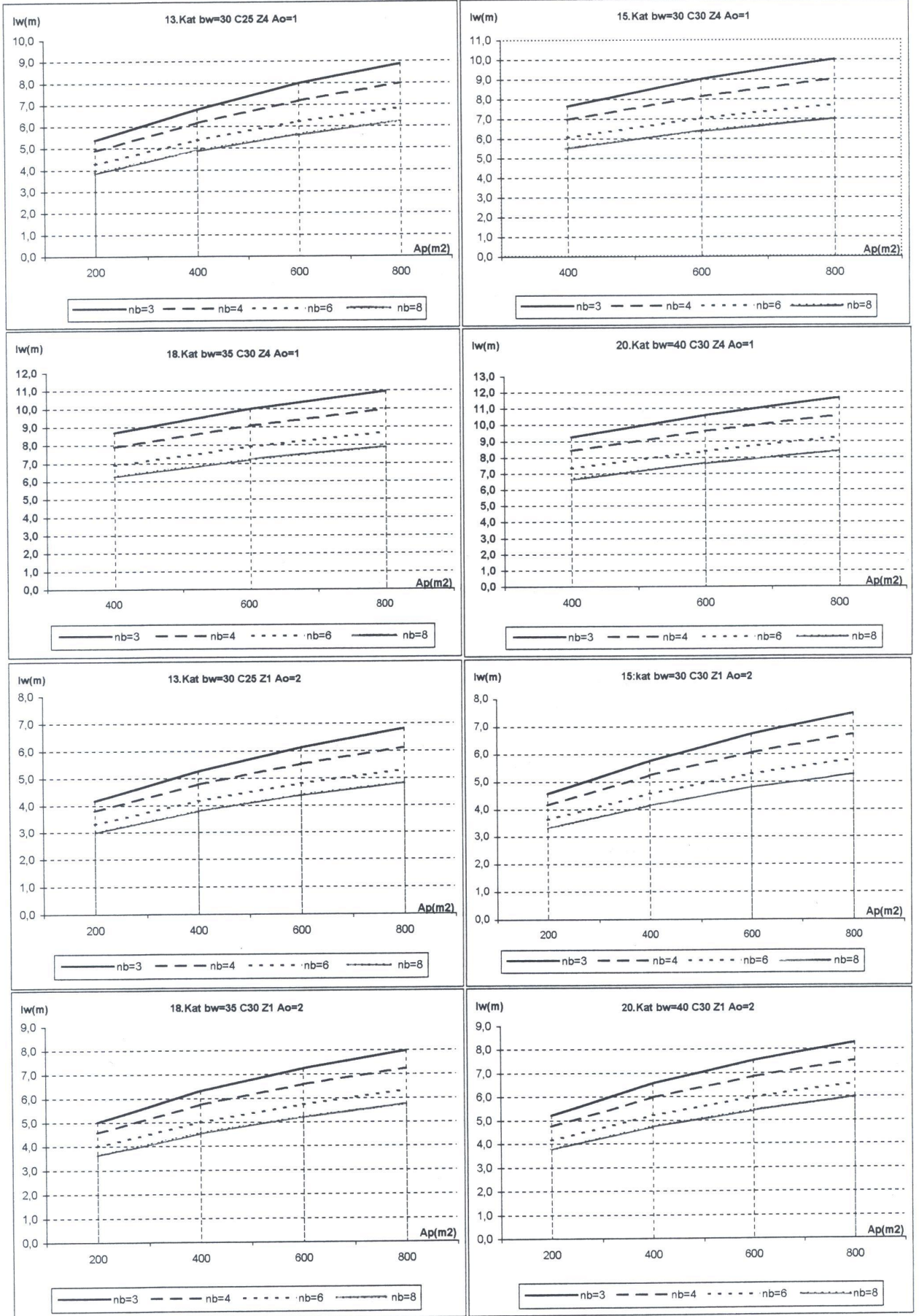
Şekil 31



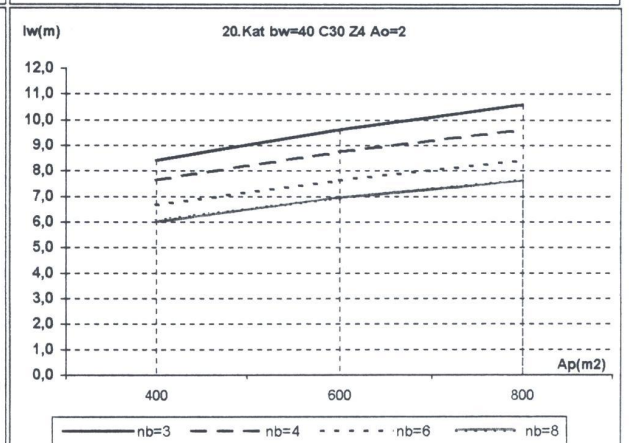
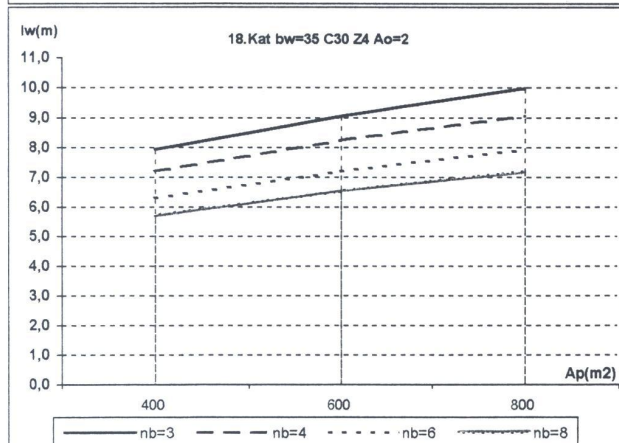
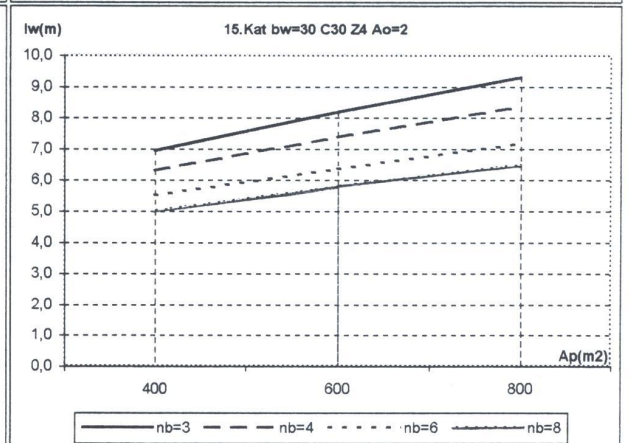
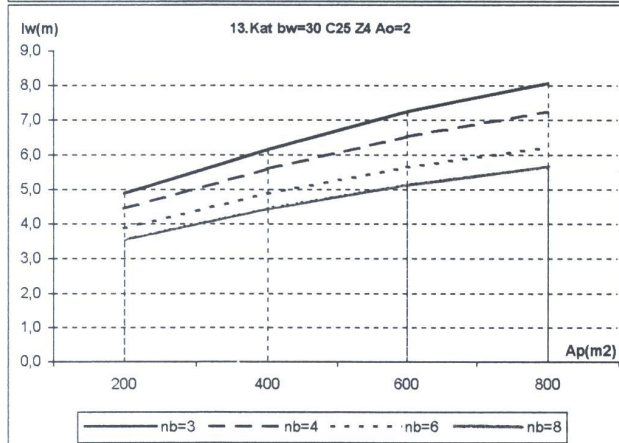
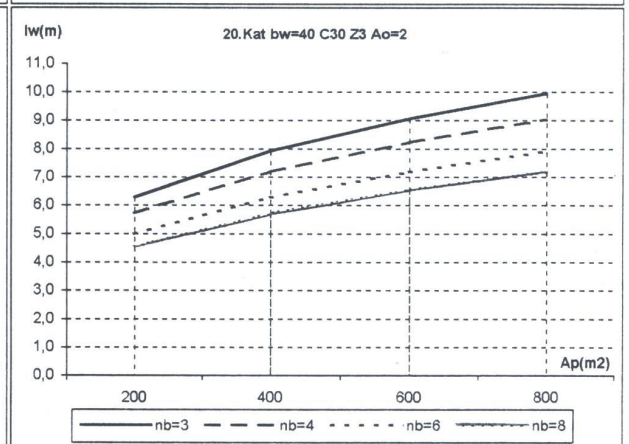
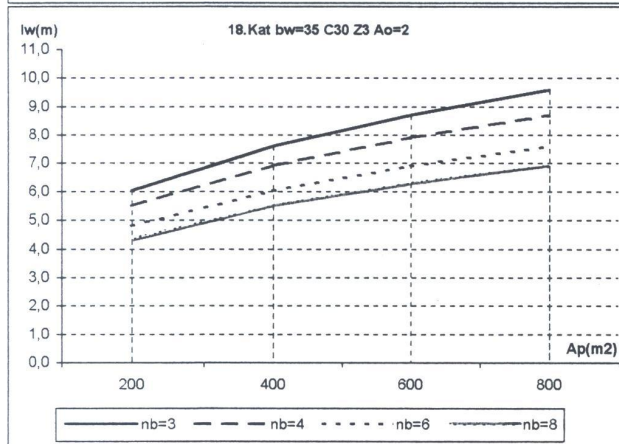
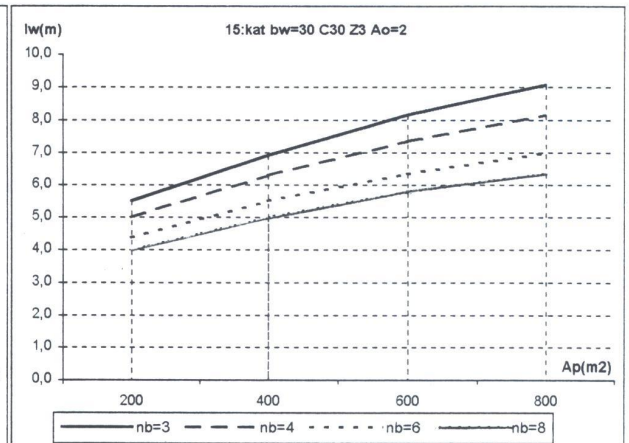
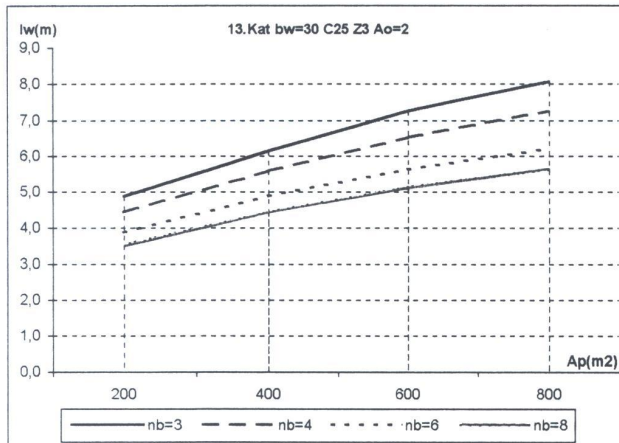
Şekil 32



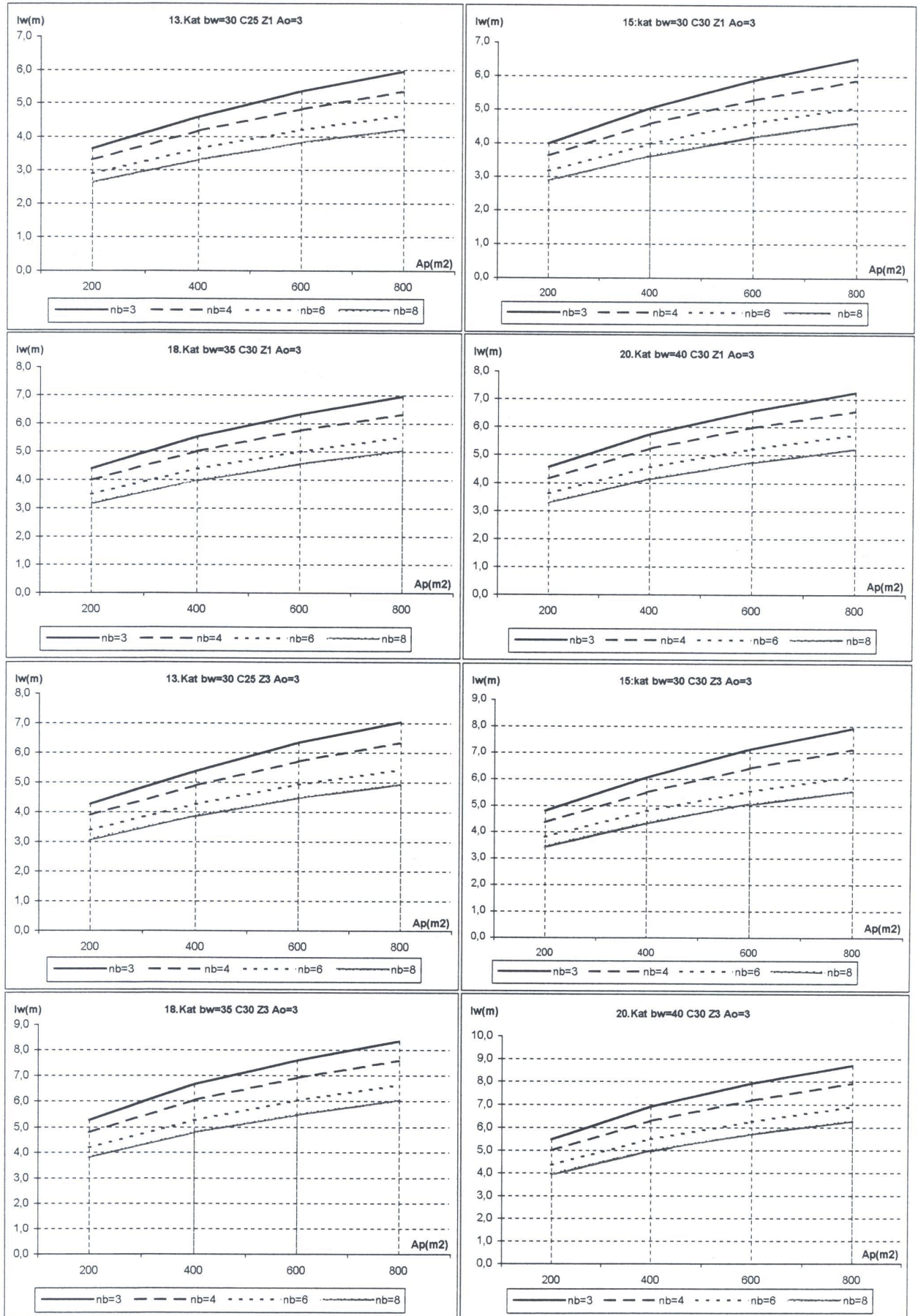
Şekil 33



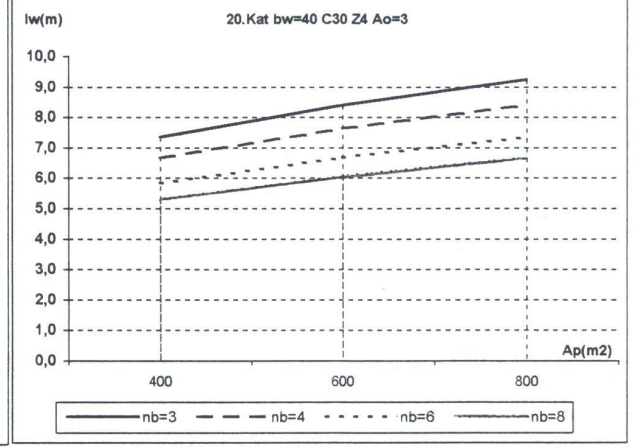
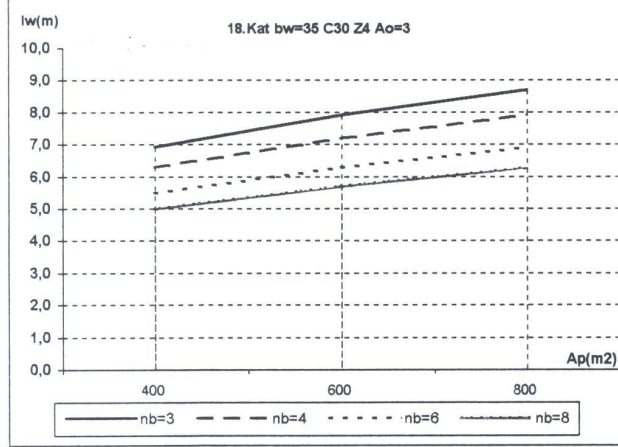
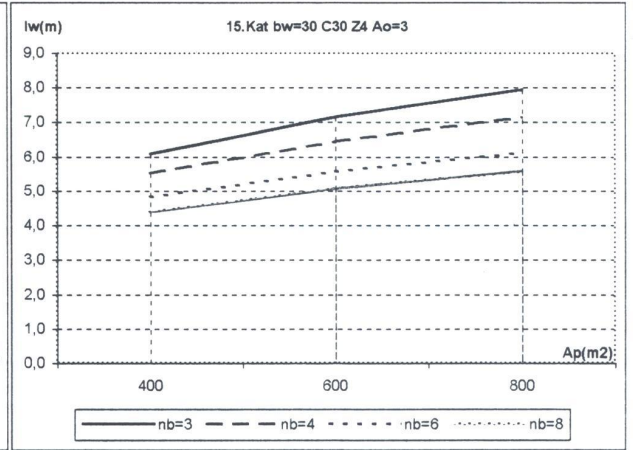
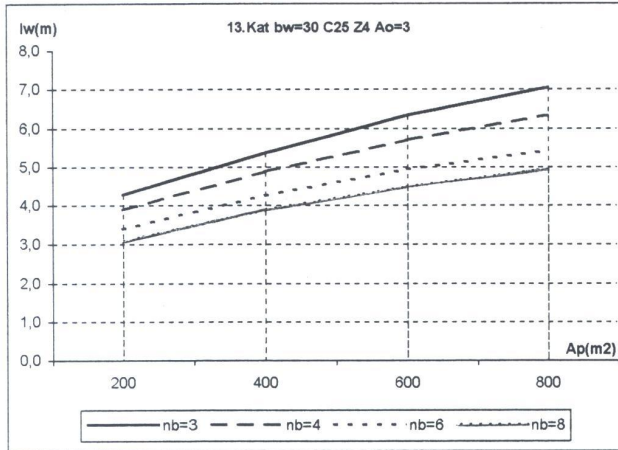
Şekil 34

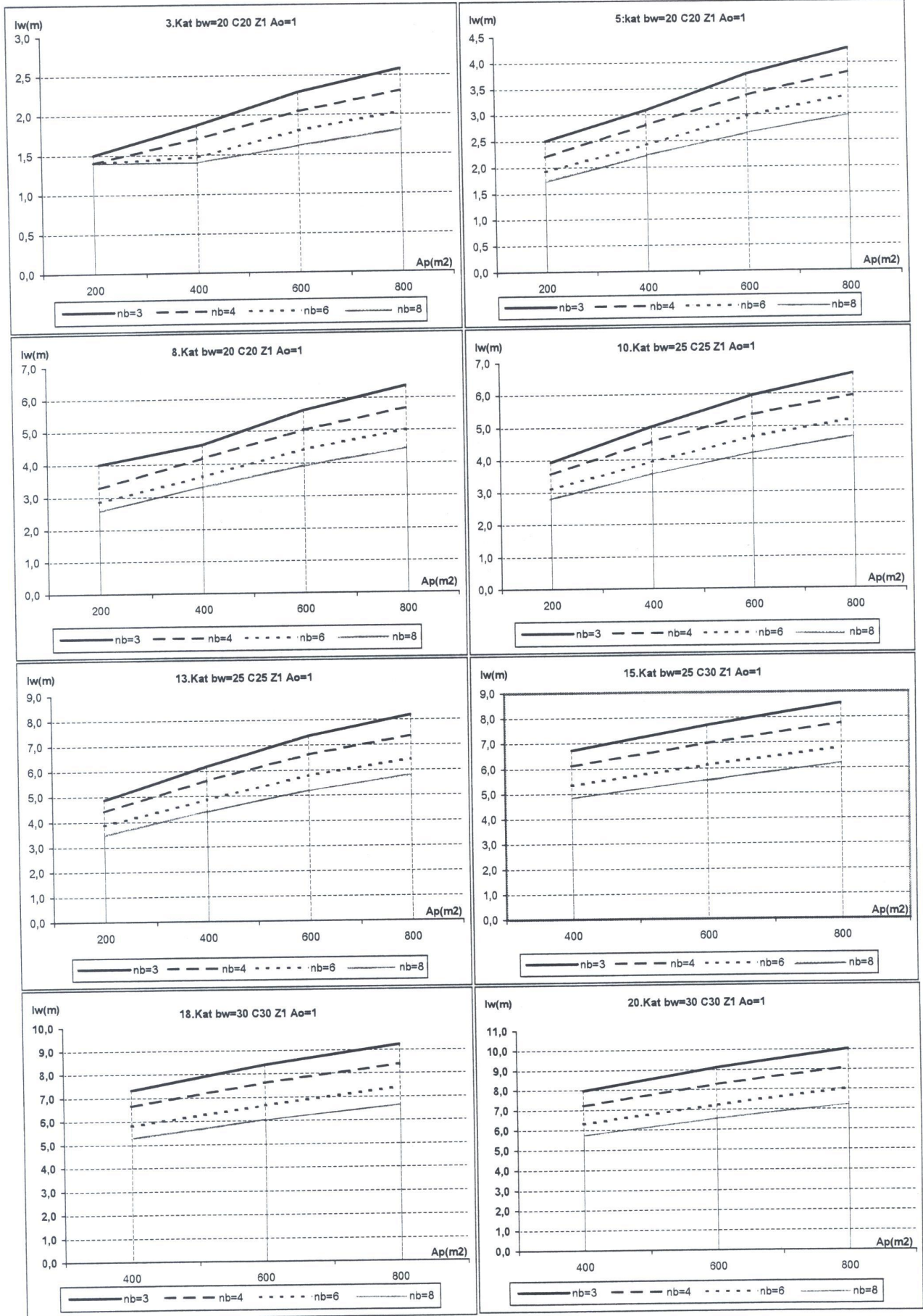


Şekil 35

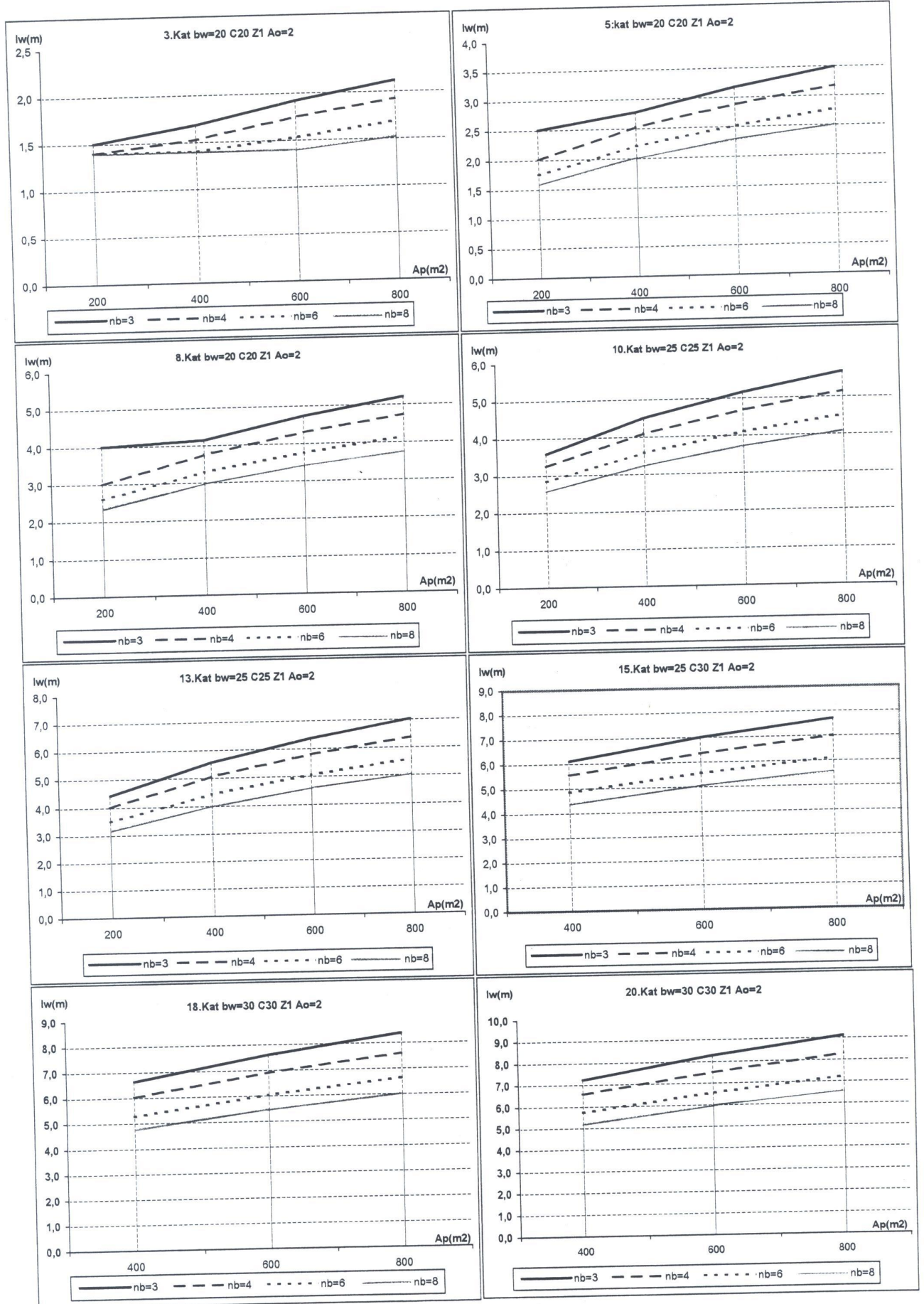


Şekil 36

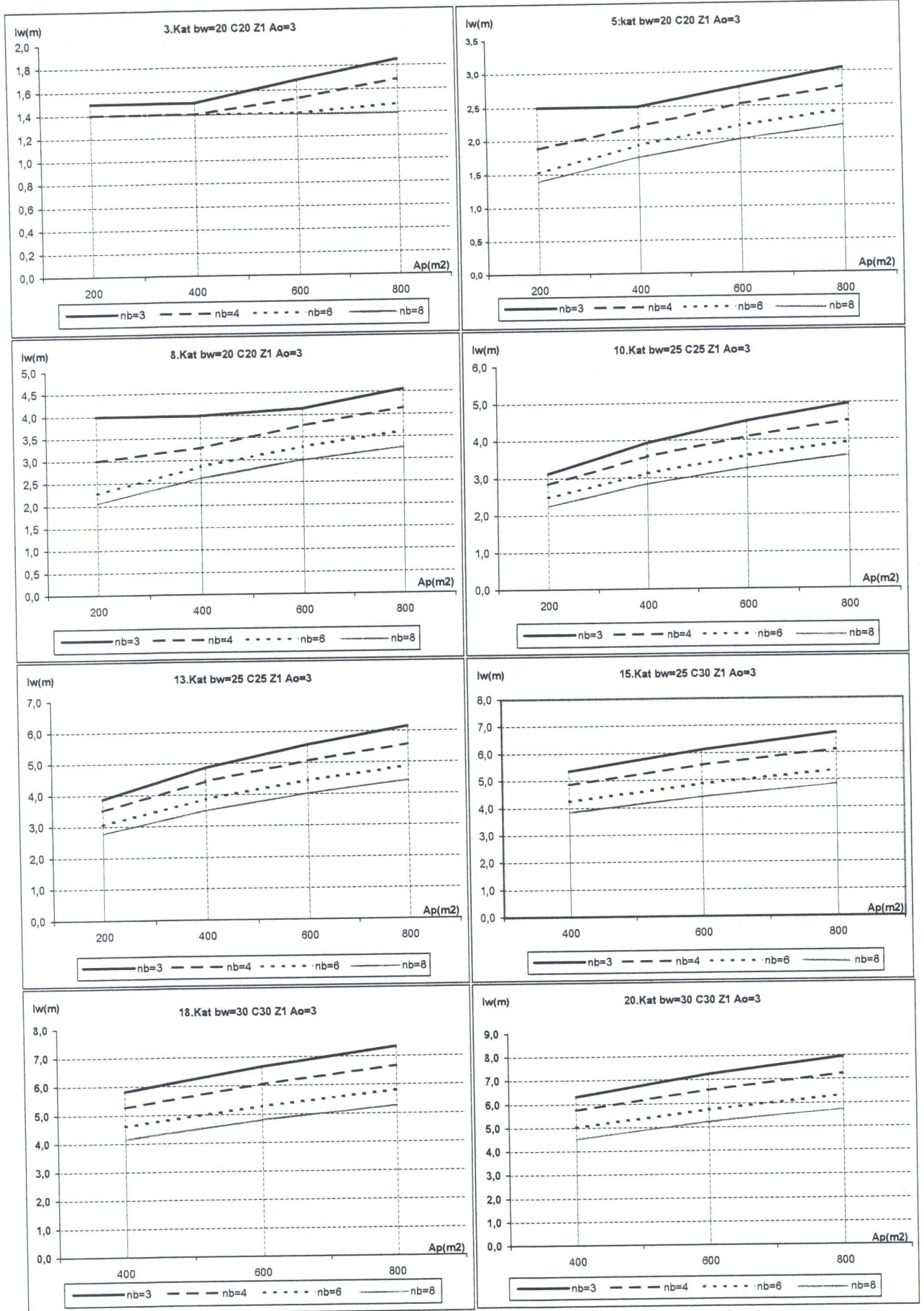




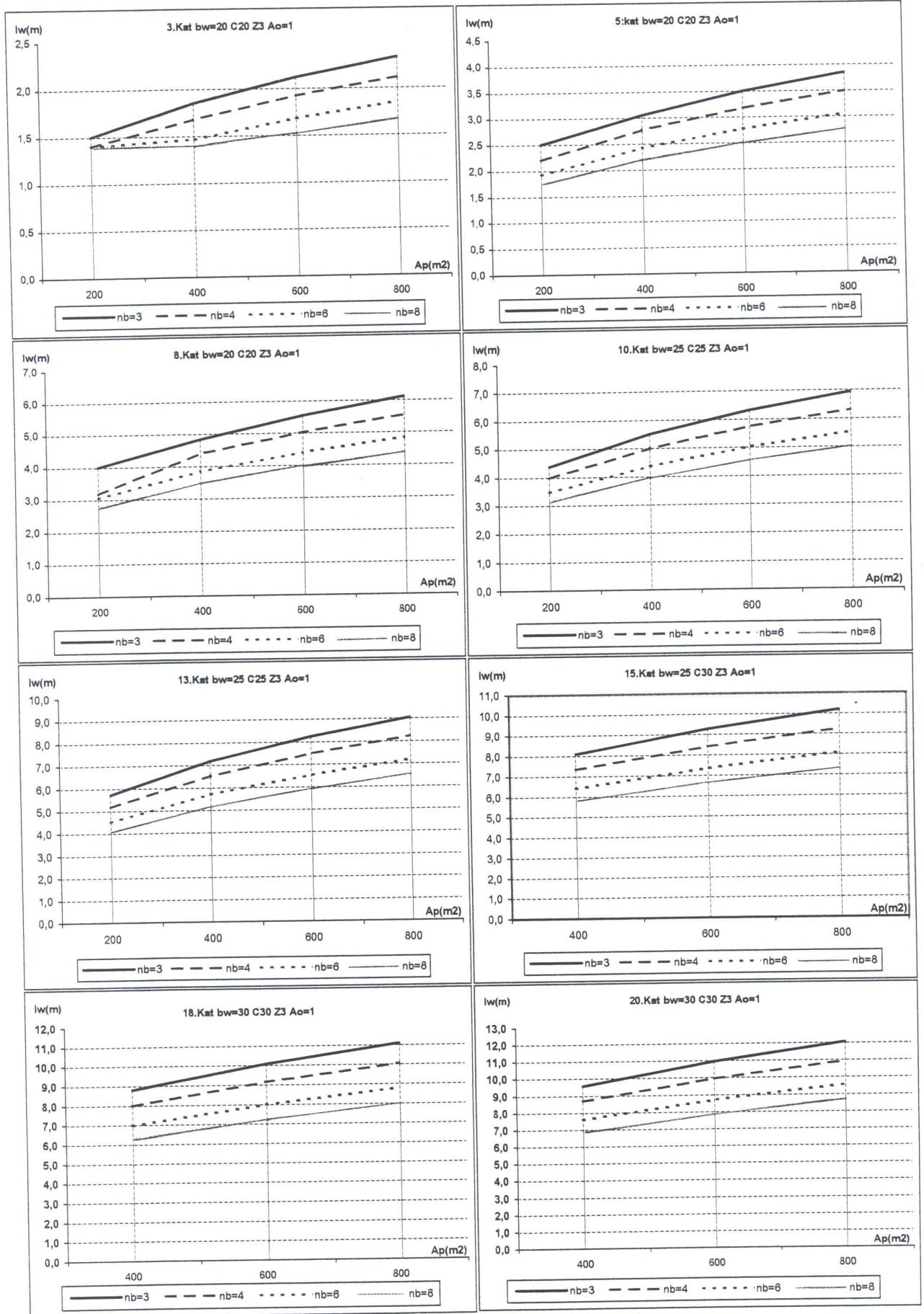
Şekil 38



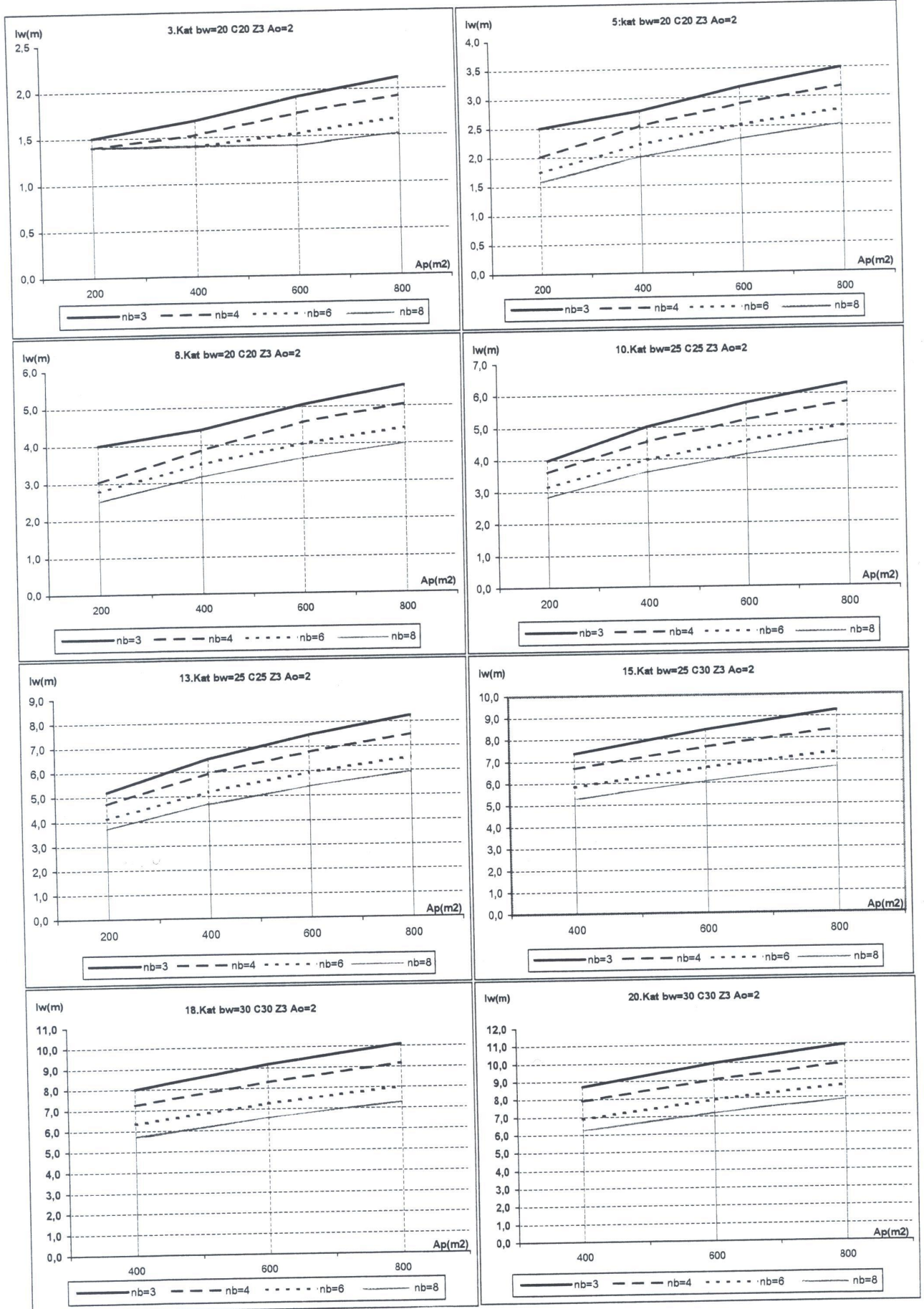
Şekil 39



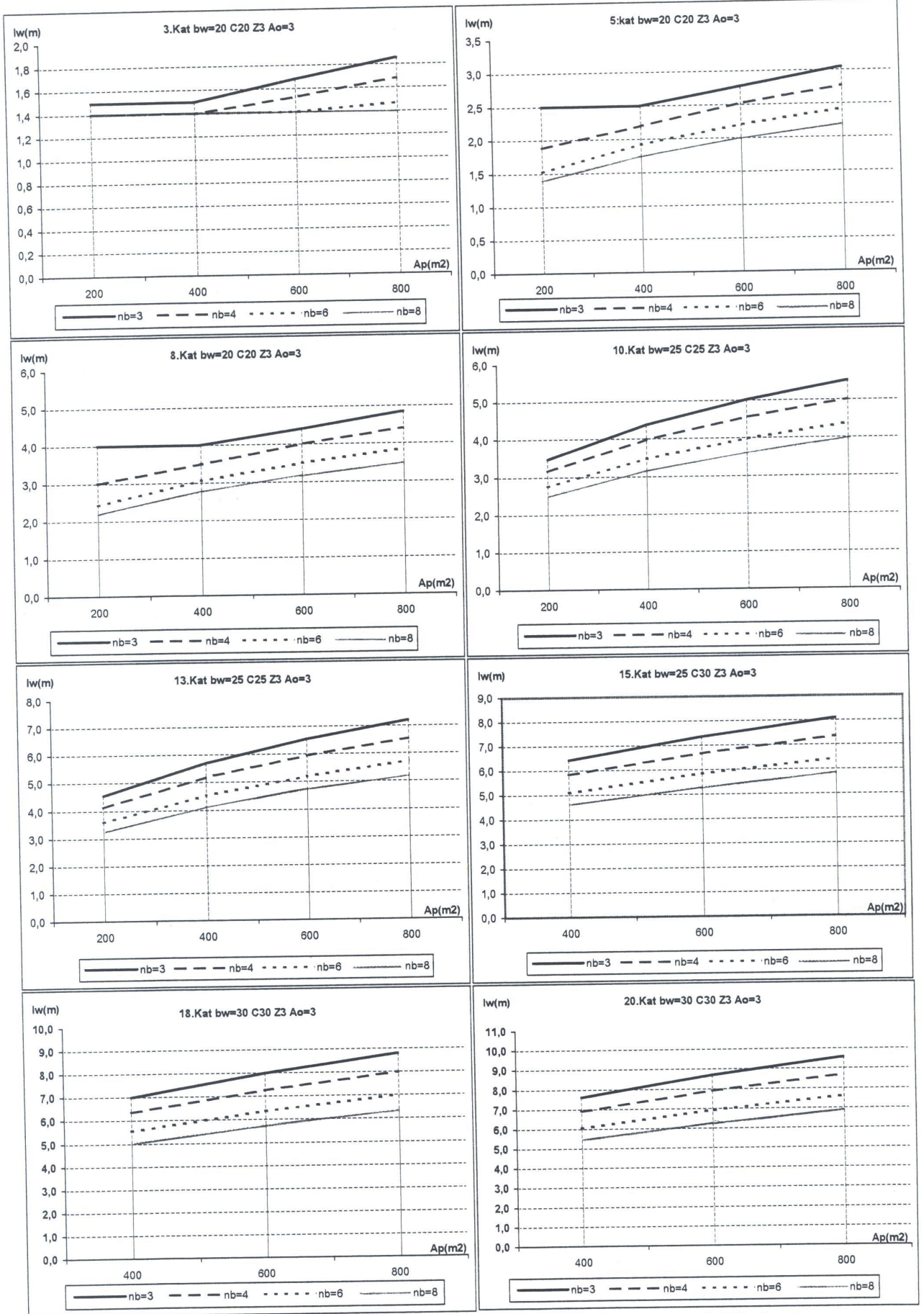
Şekil 40



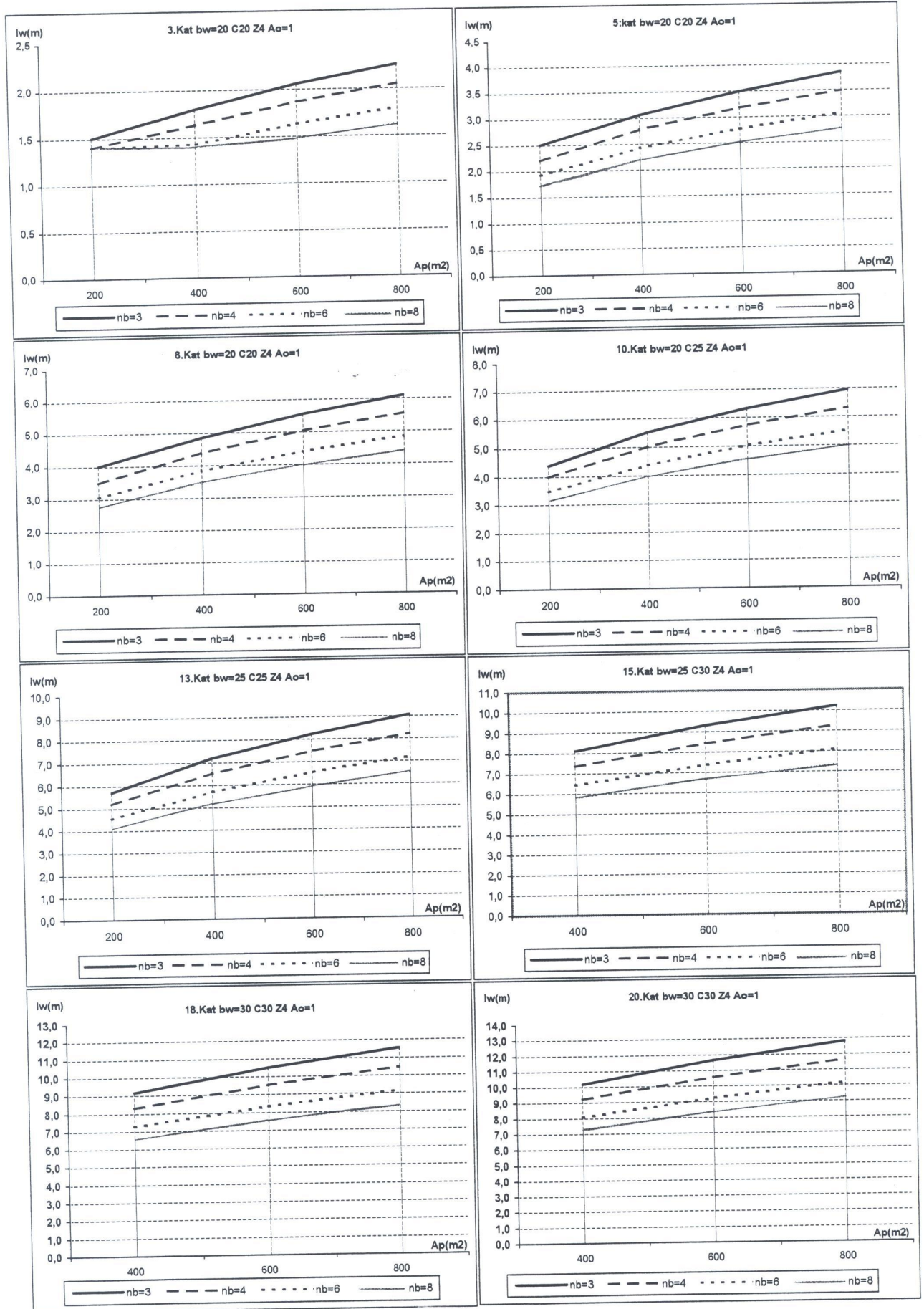
Şekil 41



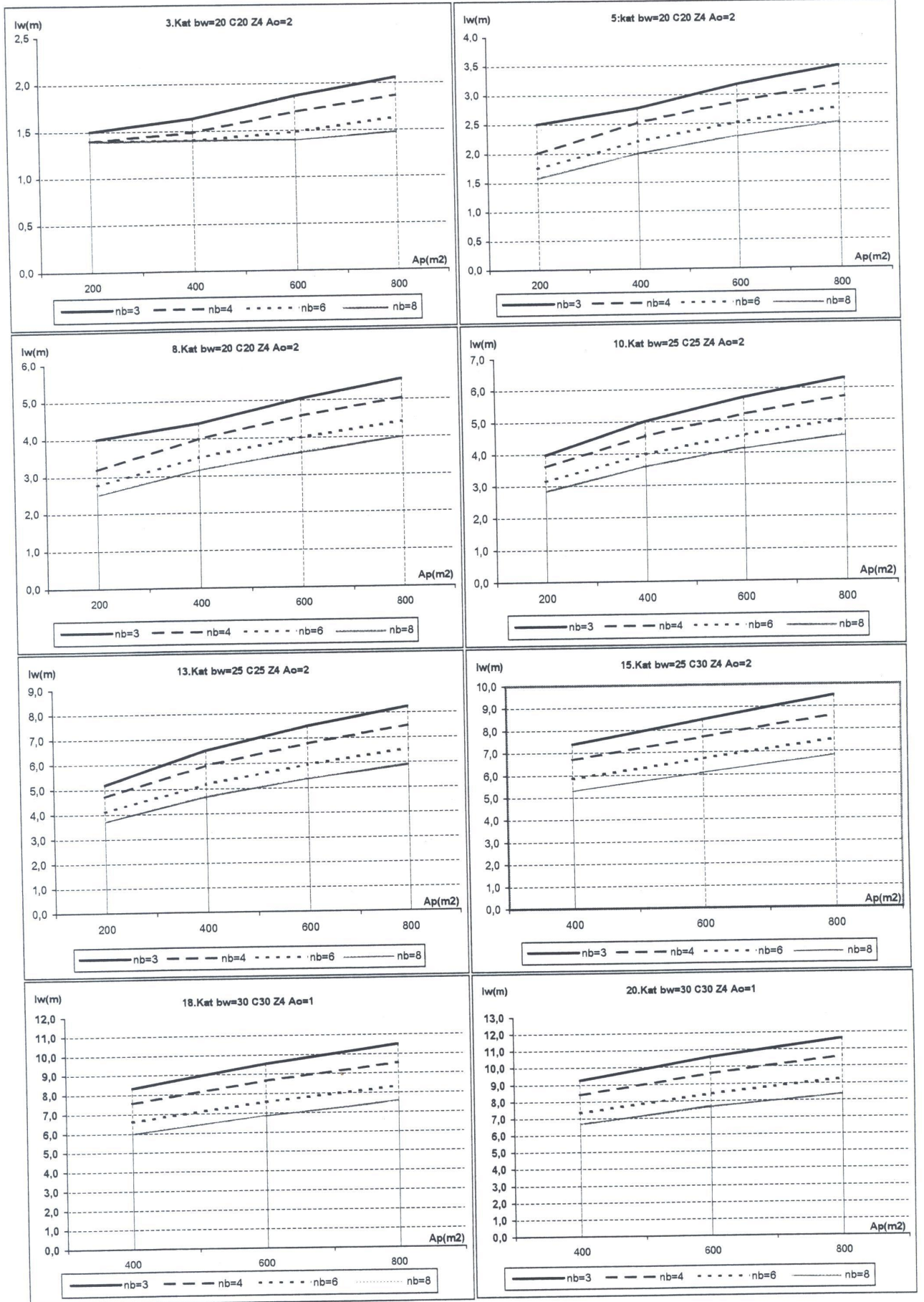
Şekil 42



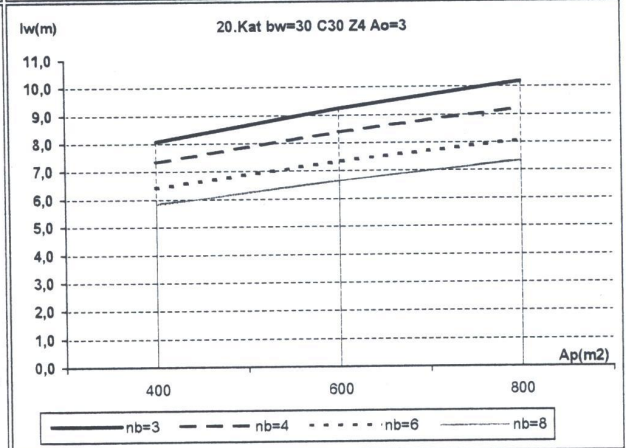
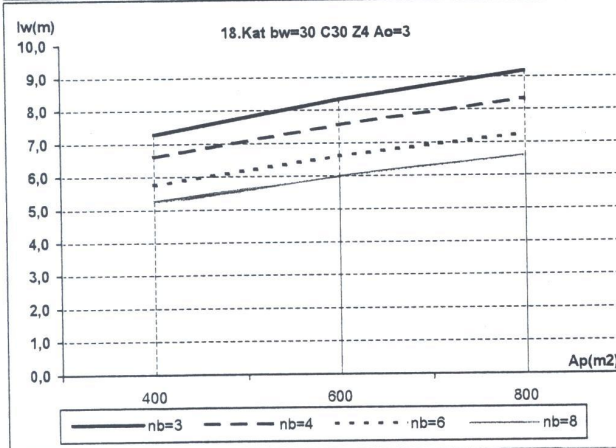
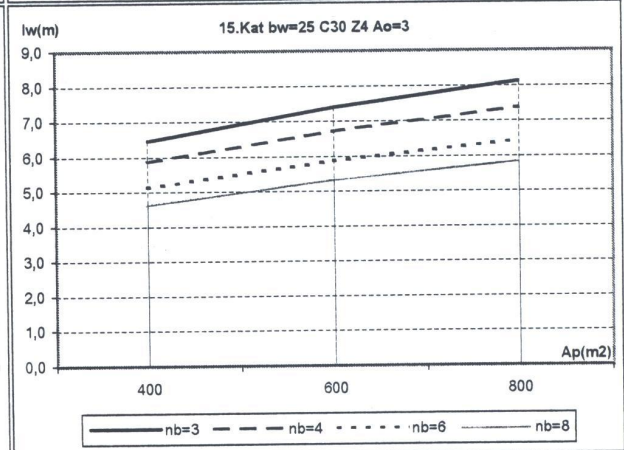
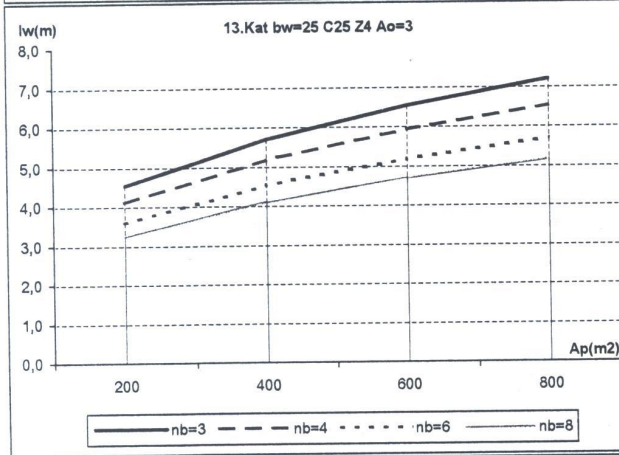
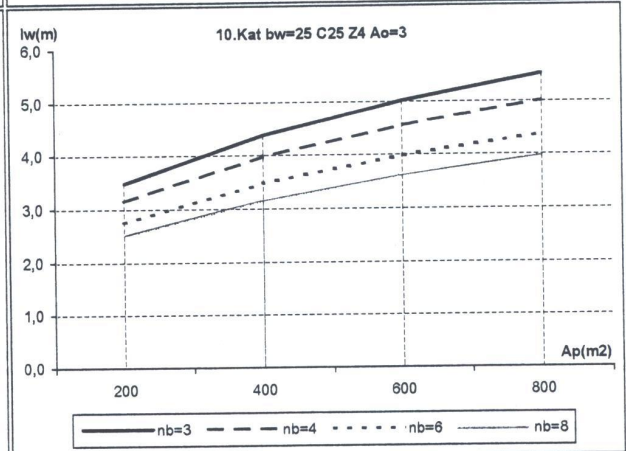
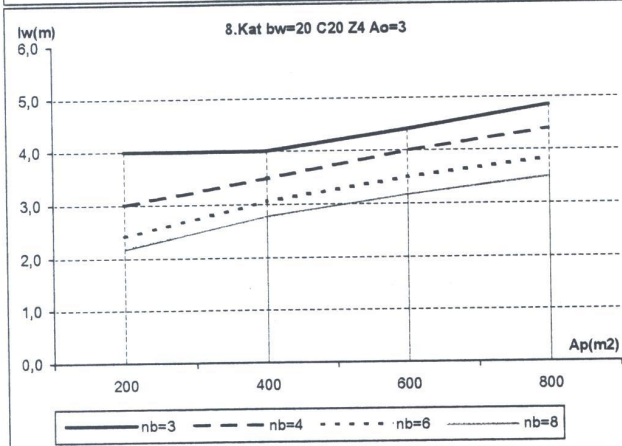
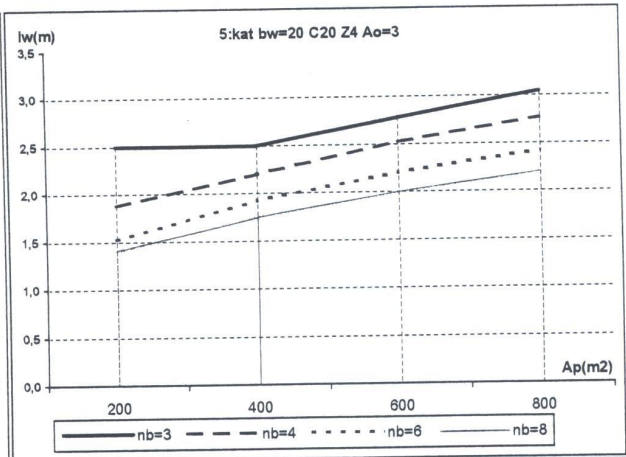
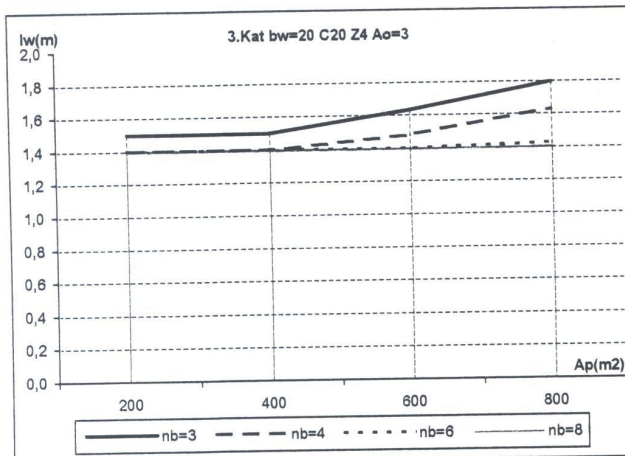
Şekil 43



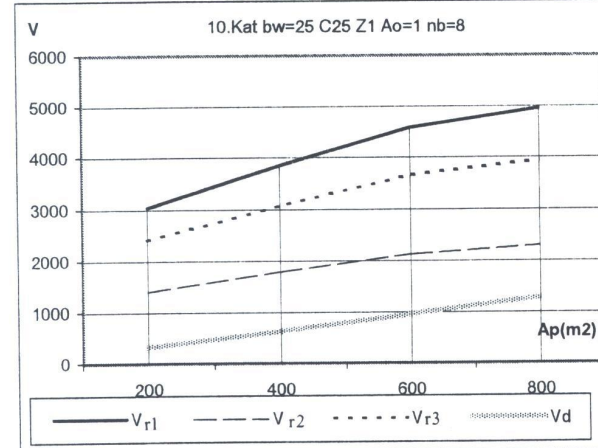
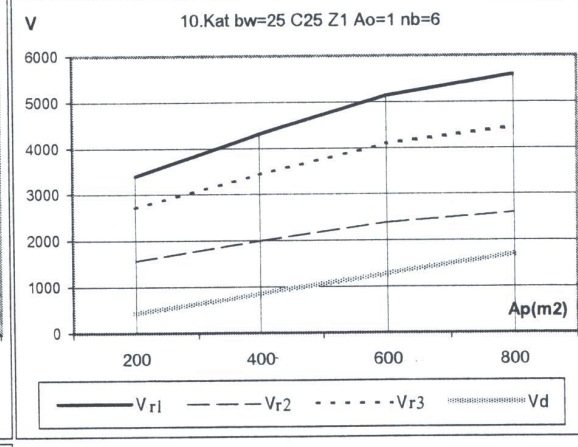
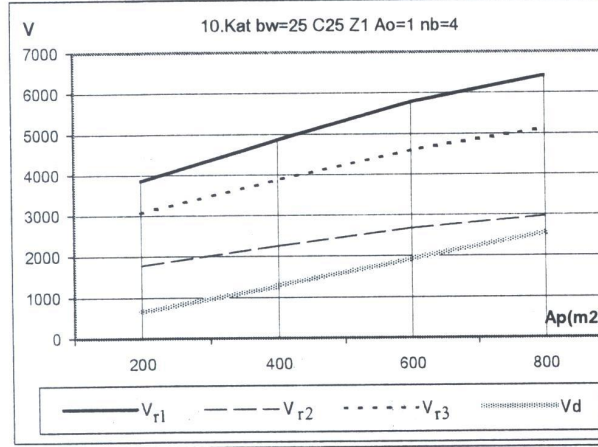
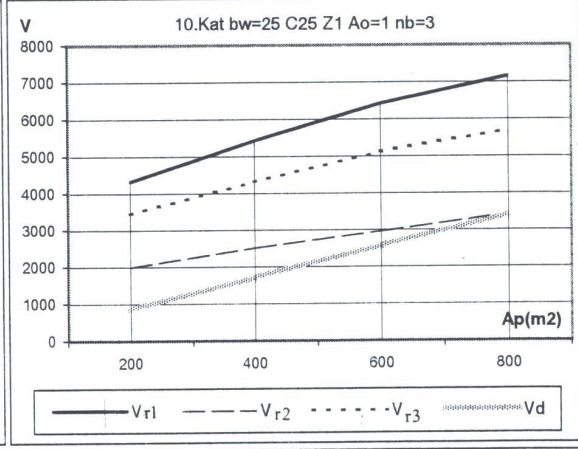
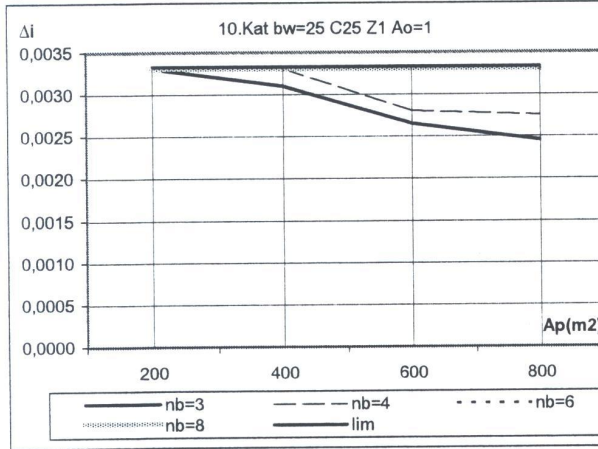
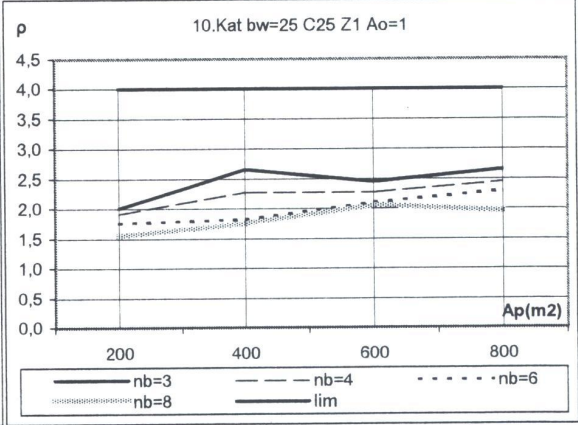
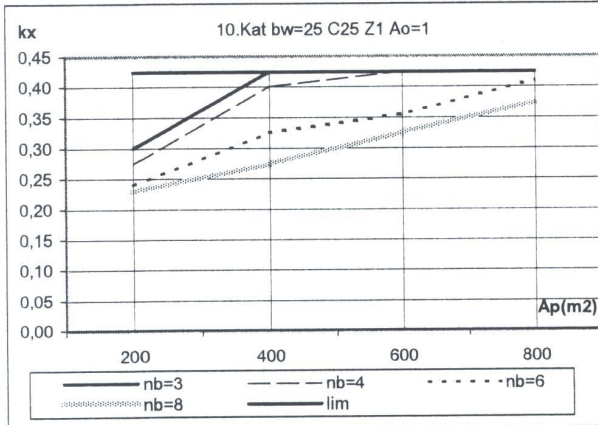
Şekil 44



Şekil 45



Şekil 46



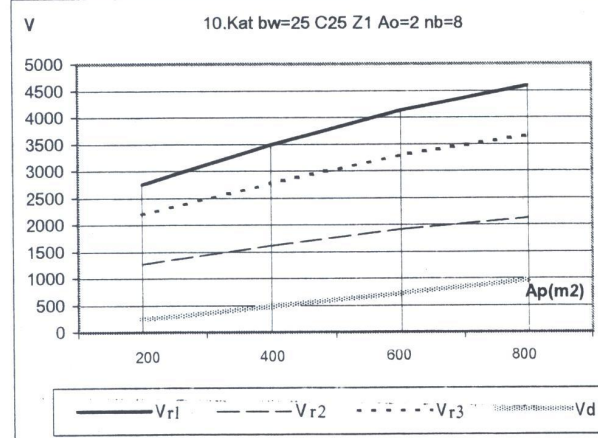
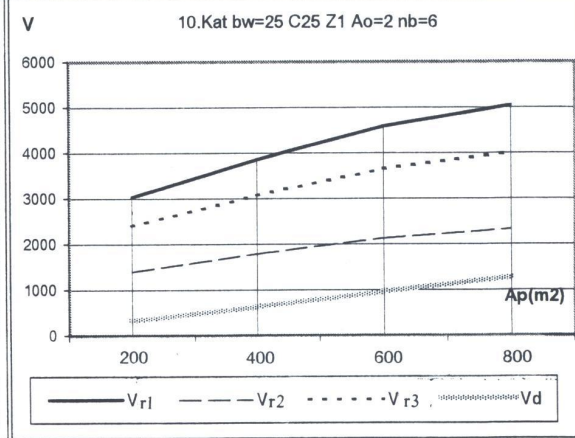
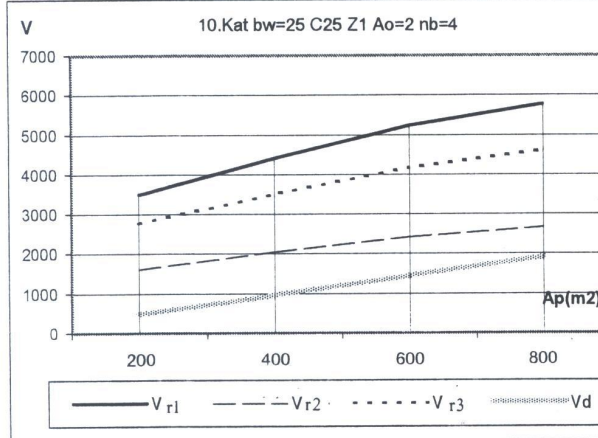
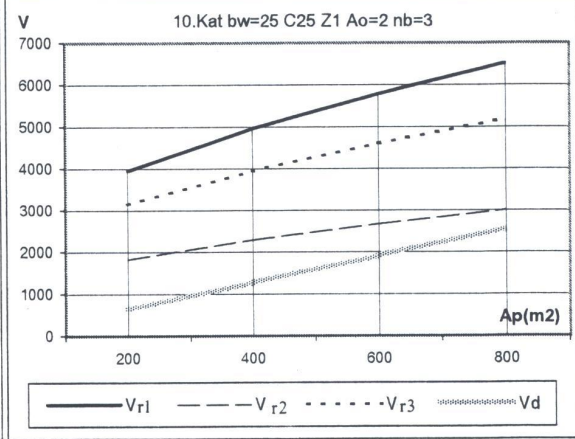
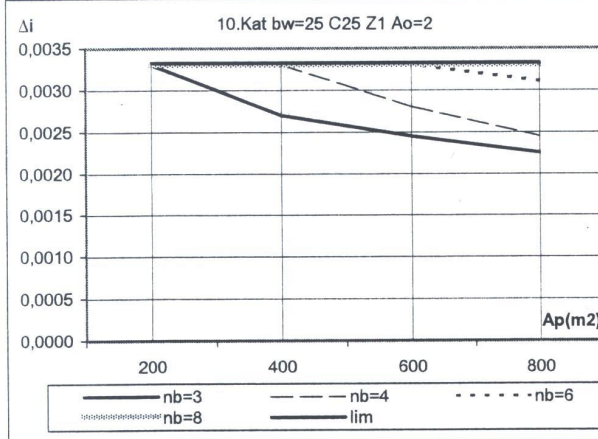
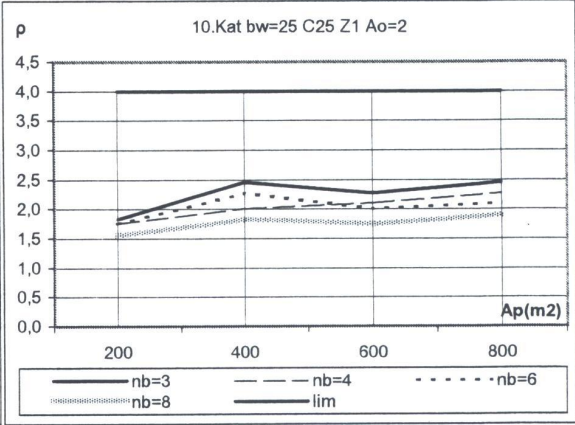
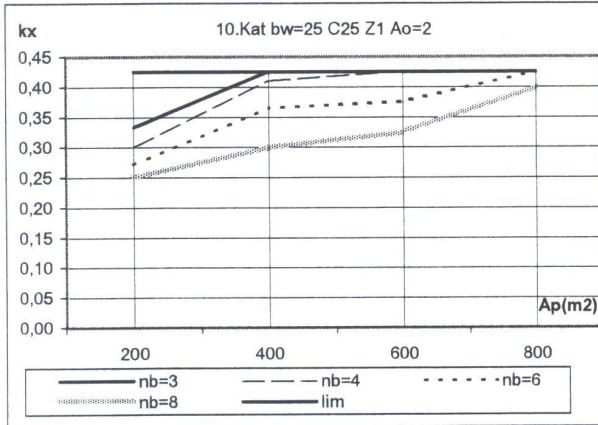
$$V_{r1} = 0.22 A_{ch} f_{cd}$$

$$V_{r2} = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd})$$

$$V_{r3} = A_{wf} f_{yd} \mu$$

$$V_d = V_t / n_b$$

Şekil 47



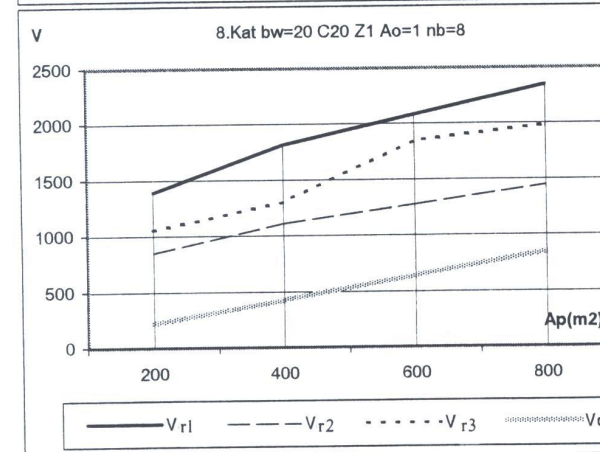
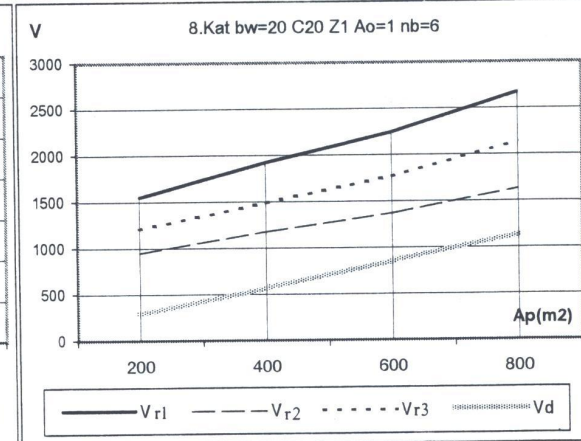
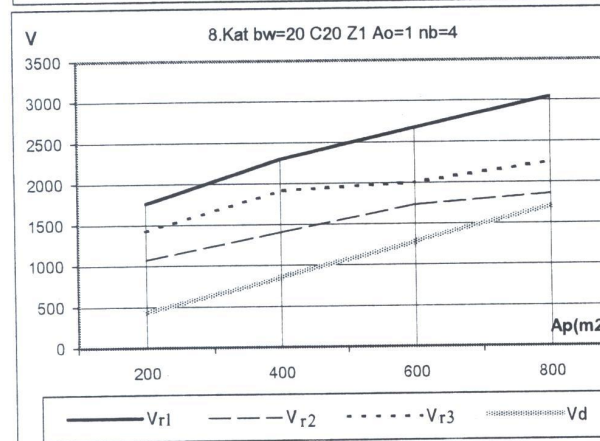
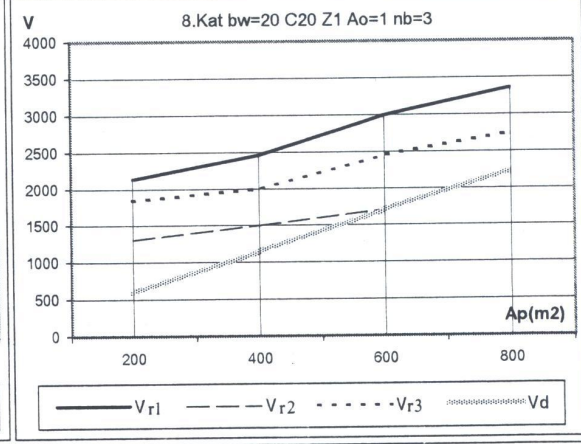
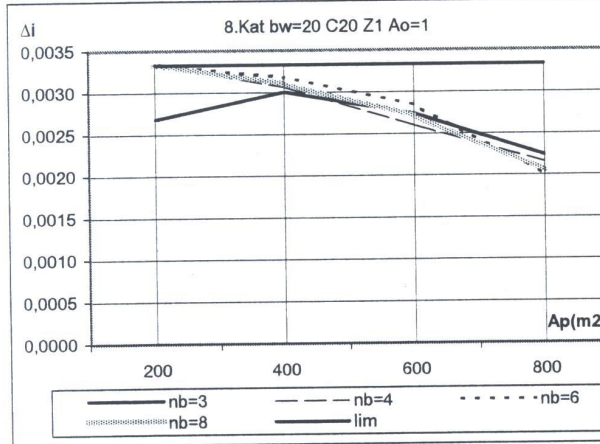
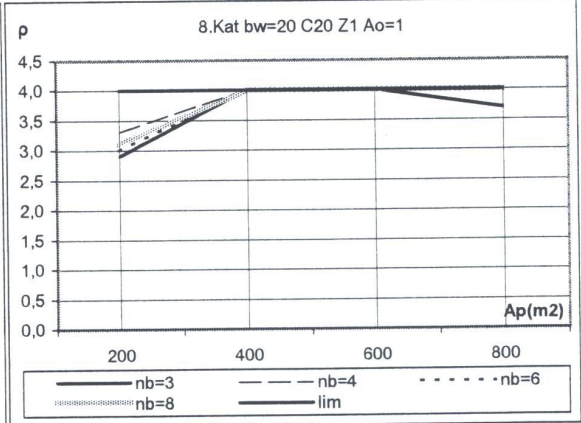
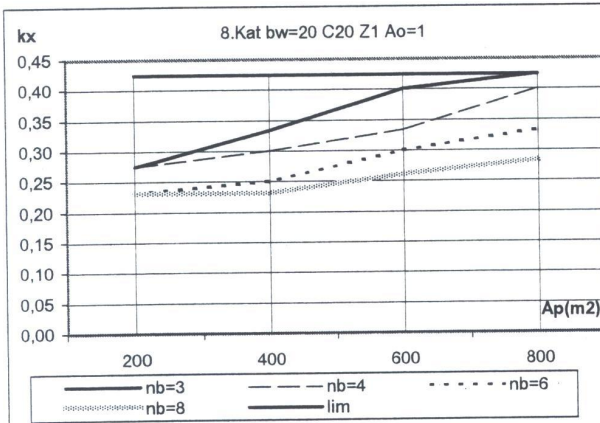
$$V_{r1} = 0.22 A_{ch} f_{cd}$$

$$V_{r2} = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd})$$

$$V_{r3} = A_{wf} f_{yd} \mu$$

$$V_d = V_t / n_b$$

Şekil 48



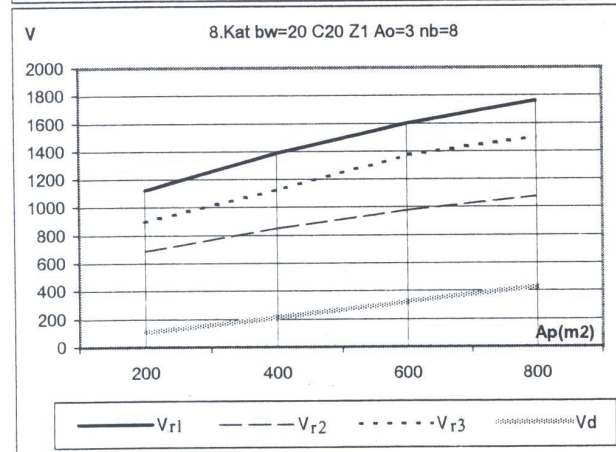
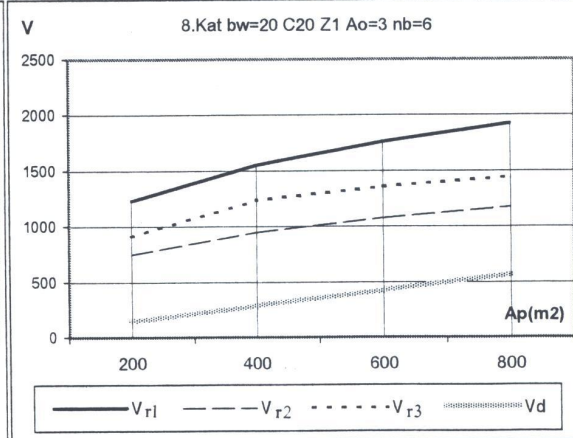
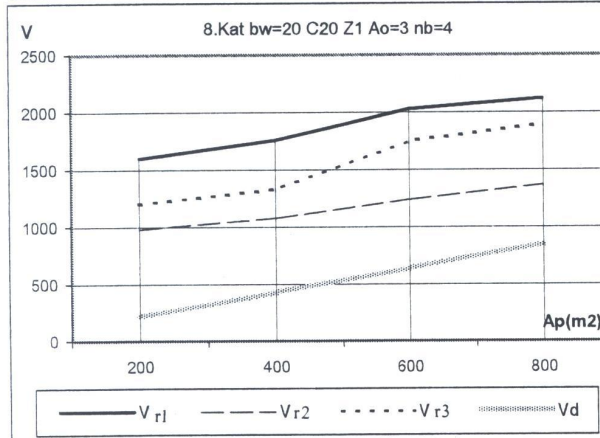
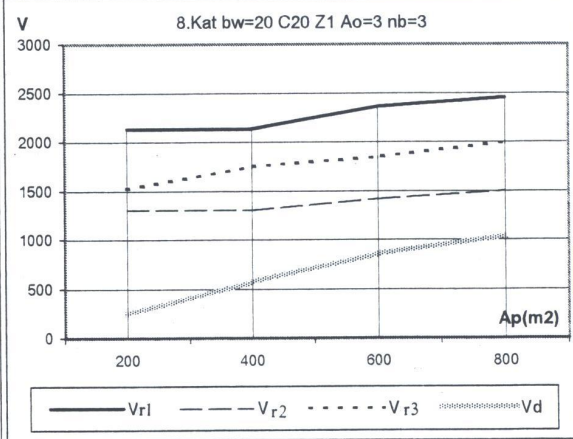
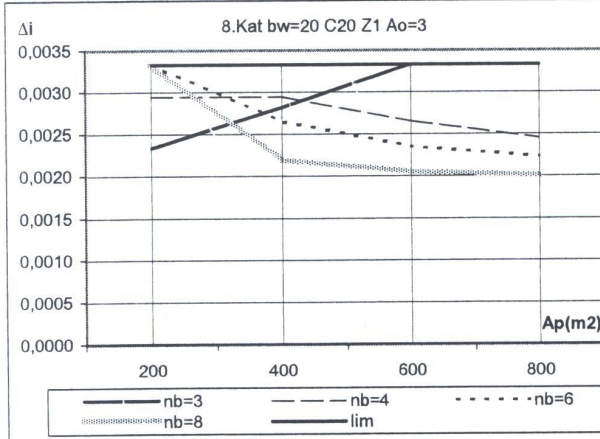
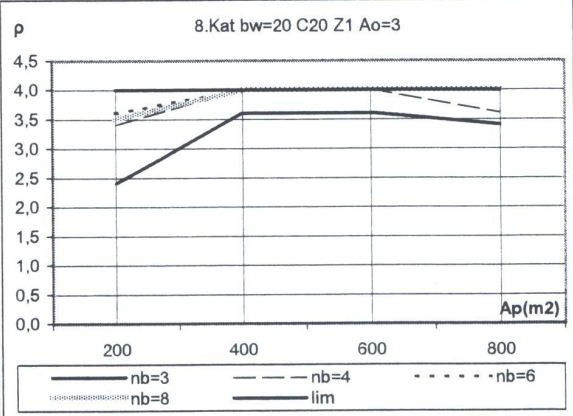
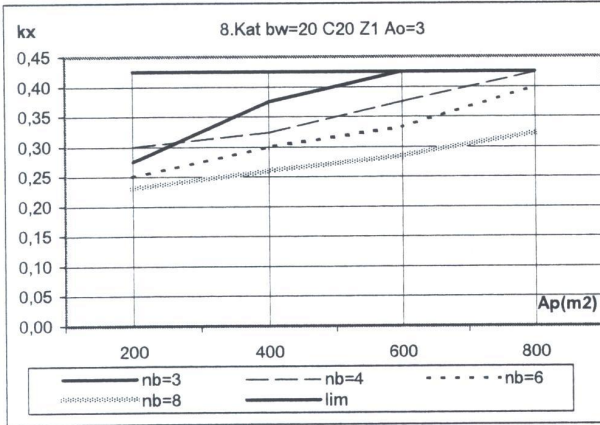
$$V_{r1} = 0.22 A_{ch} f_{cd}$$

$$V_{r2} = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd})$$

$$V_{r3} = A_{wf} f_{yd} \mu$$

$$V_d = V_t / n_b$$

Şekil 49



$$V_{r1} = 0.22 A_{ch} f_{cd}$$

$$V_{r2} = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{yd})$$

$$V_{r3} = A_{wf} f_{yd} \mu$$

$$V_d = V_t / n_b$$

ÖZGEÇMİŞ

Eser ANDİNÇ, 27 Ocak 1981 tarihinde Eskişehir’de doğdu. İlk öğrenimini Eskişehir Necatibey İlköğretim Okulu’nda tamamladı. Orta öğrenimini Eskişehir Mustafa Kemal Lisesi’nin Ortaokul ve Lise bölümlerinde tamamladı. 1998 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne girdi. 2002 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Analizi ve Tasarımı Yüksek Lisans programına katıldı.