



AlSi7Mg DÖKÜM
ALAŞIMINDA T6 ISIL İŞLEM
PARAMETRELERİNİN MEKANİK
DEĞERLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Onur GÜVEN, Doğan ALPDORUK, Şükrü IRMAK



CMS



İSPANYA
Barcelona

ALMANYA
Frankfurt

FRANSA
Paris

ALMANYA
Münih

İTALYA
Torino

TÜRKİYE
İzmir

OEM MÜŞTERİLER



ALFA ROMEO



AUDI



BENTLEY



BMW



DACIA



FIAT AUTO



HONDA



LANCIA



LEXUS



MERCEDES



NISSAN

PSA PEUGEOT CITROËN

PSA



PORSCHE



RENAULT



SEAT



TOYOTA



VOLKSWAGEN



DÖKÜMCÜLÜK

**"İSTENEN BİR ŞEKLİ ELDE ETMEK İÇİN SIVI METALİN
SÖZ KONUSU ŞEKLİN NEGATİFİ OLAN KALIP
BOŞLUĞUNA DÖKÜLMESİ İŞLEMİ"**



Hall – Herault Rafinasyon yönteminin geliştirilmesi ile Alüminyum kullanımının “ekonomik olarak mümkün” hale gelmesi

Al Dökümü – Mutfak Gereçleri, Dekoratif Amaçlı Uygulamalar

2. Dünya Savaşı – Bir Kilometre Taşı

Genişleyen Üretim ve Taşıma Sektörü (ihtiyaçları)

Ticari ve Teknik – Mühendislik İhtiyaçlar => Yeni Alaşımlar

Enerji Krizi (Dayanıklılık / Hafiflik)

ALZEME SEÇİMİ



Alzeme seçimi, üretim sektöründe ürünün fonksiyonelliğine göre tasarımının önemli bir adımıdır;

Hafiflik (Özellikle hareketli sistemlerde)

Mukavemet (Dayanım)

Maliyet (Fiyat – Üretim/Satış)

Seri Üretime Uygunluk

ALÜMİNYUM DÖKÜM ALAŞIMLARI



Alüminyum döküm alaşımları genel karakteristikleri;

Düşük Özgül Ağırlık / Yüksek Dayanım

Düşük Ergime Sıcaklığı

Düşük Gaz Çözünürlüğü (Hidrojen Harici)

İyi Dökülebilirlik / Akışkanlık

İyi İşlenebilirlik ve Yüzey Kalitesi

İyi Korozyon Dayanımı

İyi Termal ve Elektriksel İletkenlik



ZEME SEÇİMİ: Al – Si Döküm Alaşımları



Mekanik Özellikler

- Gerilme mukavemet özellikleri,
- Darbe dayanımı ve kırılma tokluğu,
- Yorulma özellikleri,
- Termal şok dayanımı,
- İşlenebilirlik

Mikroyapı

- Tane Boyutu,
- Alaşım Kompozisyonu,
- Soğuma Hızı

Döküm Kalitesi

- Akışkanlık,
- Kalıp,
- Katılaşma Hızı,
- Filtrasyon

Isıl İşlem

- Çözeltiye Alma,
- Su Verme,
- Yaşlandırma

ZEME SEÇİMİ: Al – Si Döküm Alaşımları



Mekanik Özellikler

- Gerilme mukavemet özellikleri,
- Darbe dayanımı ve kırılma tokluğu,
- Yorulma özellikleri,
- Termal şok dayanımı,
- İşlenebilirlik

Mikroyapı

- Tane Boyutu,
- Alaşım Kompozisyonu,
- Soğuma Hızı

Döküm Kalitesi

- Akışkanlık,
- Kalıp,
- Katılaşma Hızı,
- Filtrasyon

Isıl İşlem

- Çözeltiye Alma,
- Su Verme,
- Yaşlandırma

ZEME SEÇİMİ: Al – Si Döküm Alaşımları



Mekanik Özellikler

- Gerilme mukavemet özellikleri,
- Darbe dayanımı ve kırılma tokluğu,
- Yorulma özellikleri,
- Termal şok dayanımı,
- İşlenebilirlik

Mikroyapı

- Tane Boyutu,
- Alaşım Kompozisyonu,
- Soğuma Hızı

Döküm Kalitesi

- Akışkanlık,
- Kalıp,
- Katılaşma Hızı,
- Filtrasyon

Isıl İşlem

- Çözeltiye Alma,
- Su Verme,
- Yaşlandırma



ISIL İŞLEM

**"MALZEMENİN FİZİKSEL VE KİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ VE
İYİLEŞTİRİLMESİ İÇİN UYGULANAN ISITMA VE
SOĞUTMA İŞLEMLERİDİR"**

ALÜMİNYUM DÖKÜM ALAŞIMLARI - Sınıflandırma



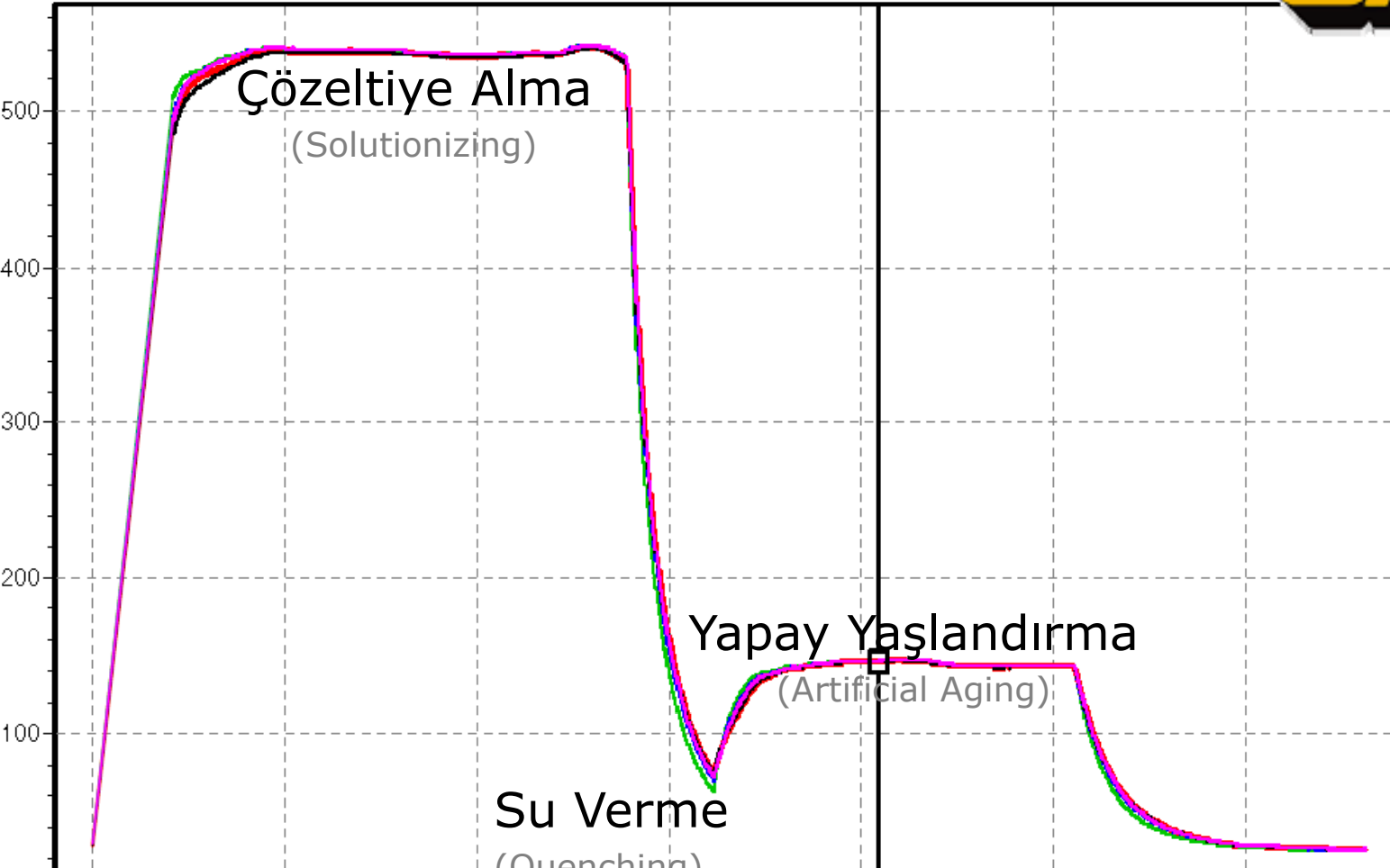
Sınıflandırma	Temel Alaşım Elementi
1xx.x	Alaşımlandırılmamış Alüminyum (% 99,0 veya daha yüksek safiyet)
2xx.x	Bakır
3xx.x	Silis ile Magnezyum ve/veya Bakır
4xx.x	Silisyum
5xx.x	Magnezyum
6xx.x	Kullanılmıyor
7xx.x	Çinko
8xx.x	Kalay
9xx.x	Kullanılmıyor

ALÜMİNYUM DÖKÜM ALAŞIMLARI - Sınıflandırma



Sınıflandırma	Temel Alaşım Elementi	Yaşlandırma İşlemi
1xx.x	Alaşımlandırılmamış Alüminyum (% 99,0 veya daha yüksek safiyet)	Yaşlanmaz
2xx.x	Bakır	Yaşlanabilir
3xx.x	Silis ile Magnezyum ve/veya Bakır	Bazıları Yaşl.
4xx.x	Silisyum	Yaşlanmaz
5xx.x	Magnezyum	Yaşlanmaz
6xx.x	Kullanılmıyor	-
7xx.x	Çinko	Yaşlanabilir
8xx.x	Kalay	Yaşlanabilir
9xx.x	Kullanılmıyor	-

SİL İŞLEM SAFHALARI



SIL İŞLEM SAFHALARI



Çözeltiye Alma (Solutionizing)

- Bu işlemin amacı, çökecek fazı içeren aşırı doymuş tek fazlı bir katı çözelti elde etmektir.
- 530 - 545 °C
 - 3 - 6 saat ince kesitli parçalar
 - 8 - 10 saat kalın kesitli parçalar

SİL İŞLEM SAFHALARI



- Alaşımın çözeltiye alma sıcaklığından hızlı bir şekilde soğutulmasıdır.
- Suda su verme halinde soğuma hızı, 25 mm kalınlığındaki alüminyum alaşımı plaka için yaklaşık olarak 200°C/ saniyedir.
- Su verme ortamı olarak gliserin-su karışımı ve polimerlerden de yararlanılır.

Su Verme
(Quenching)

SİL İŞLEM SAFHALARI



- Aşırı doymuş katı çözelti içersinde çözünmüş halde bulunan ikinci faz, sıcaklık ve zamanın etkisiyle kararlı bir faz olarak çökelir;

α Aşırı doymuş $\rightarrow \alpha + \beta$ Çökeltisi

- Bu dönüşüm için önce β fazının çekirdeklenmesi ve sonra yayınma (difüzyon) ile büyümesi gerekir.

Yapay Yaşlandırma
(Artificial Aging)



Çalışmada;

AlSi7-Mg alaşımının laboratuvar ölçeğinde seri üretim şartlarının (kalıp hazırlama, döküm, ısıtım işlem vb. kademelerin) simüle edilmesi,

Alaşımanın kimyasal yapısı,

Döküm sıcaklığı,

Kalıp sıcaklıklarının kontrollü çalışılması ile

Isıtım işlem parametrelerinin (uygulama süresi ve sıcaklıkları bazında) değiştirilerek elde edilecek numunelerin

TEYSEL ÇALIŞMALAR – Parametre Seçimi

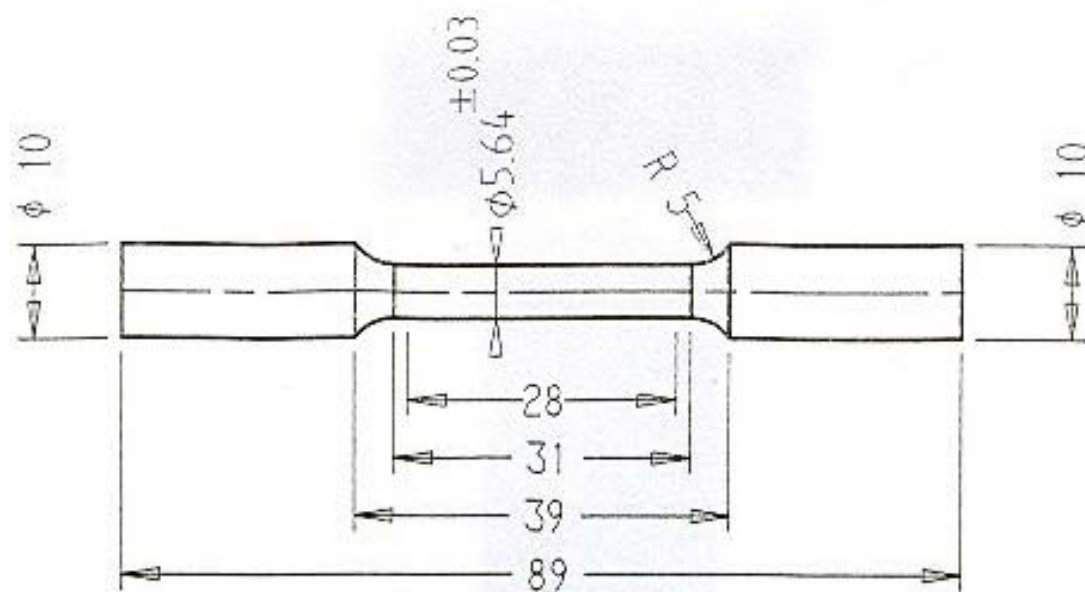
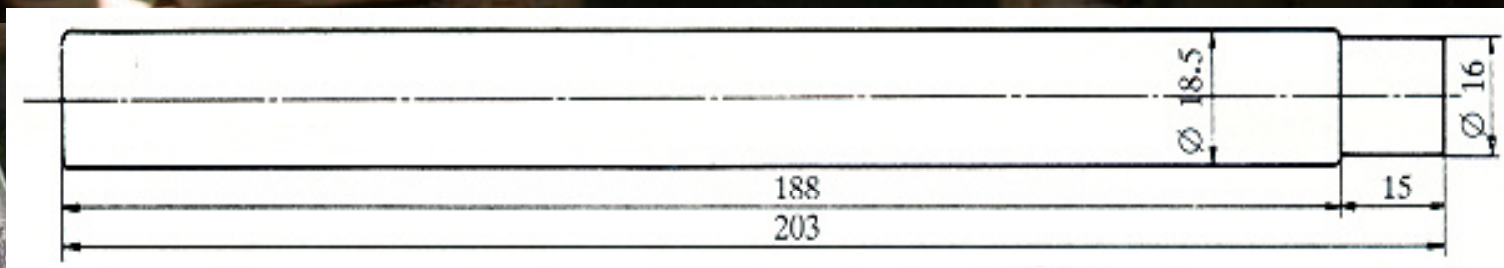
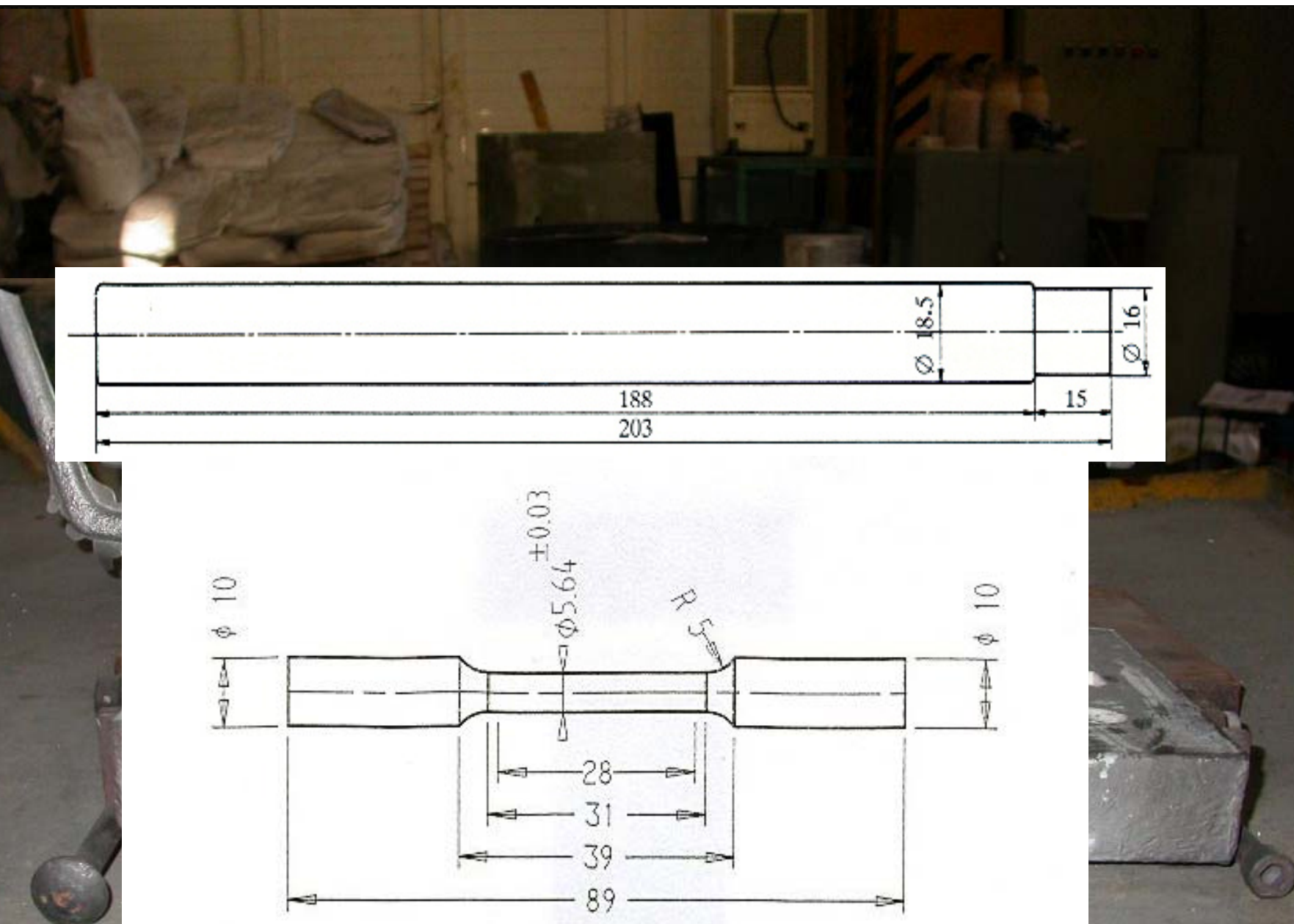


Parametre		Seviye		
		1	2	3
1	Magnezyum Yüzdesi (% Mg)	0,20	0,30	0,40
2	Solüsyona Alma Sıcaklığı (T_{sol}), °C	525	535	545
3	Solüsyona Alma Süresi (t_{sol}), saat	4	6	8
4	Su Verme Öncesi Bekleme Süresi (t_{wait}), sn	20	30	40
5	Su Verme Suyu Sıcaklığı (T_{water}), °C	40	60	80
6	Su Verme Süresi (t_{quench}), dakika	5	10	15
7	Yaşlandırma Öncesi Bekleme Süresi (t_{wait2}), saat	0,5	12	24
8	Yaşlandırma Sıcaklığı (T_{ageing}), °C	160	180	200
9	Yaşlandırma Süresi (t_{ageing}), saat	2	4	6

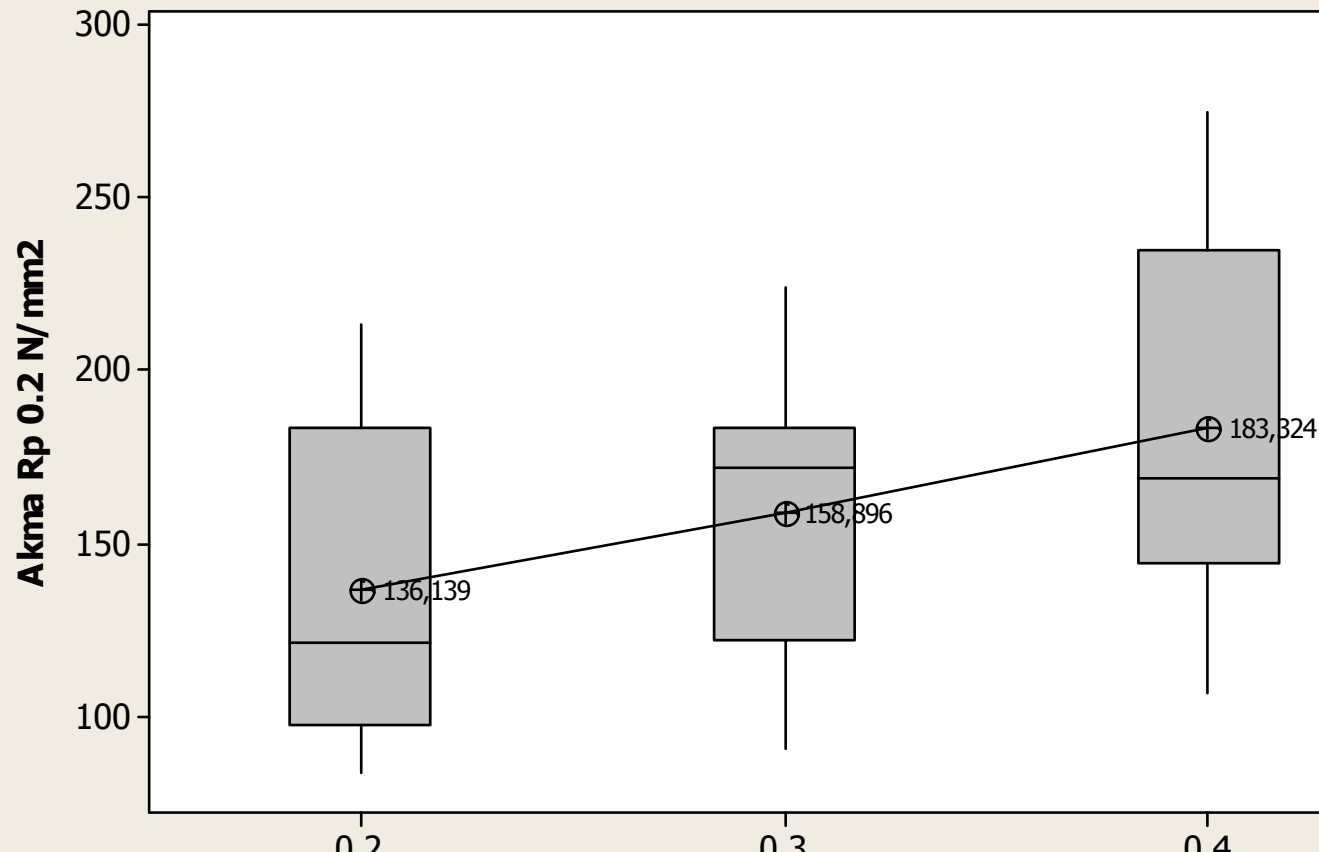
EYSEL ÇALIŞMALAR – Deney Tasarımı (DoE)



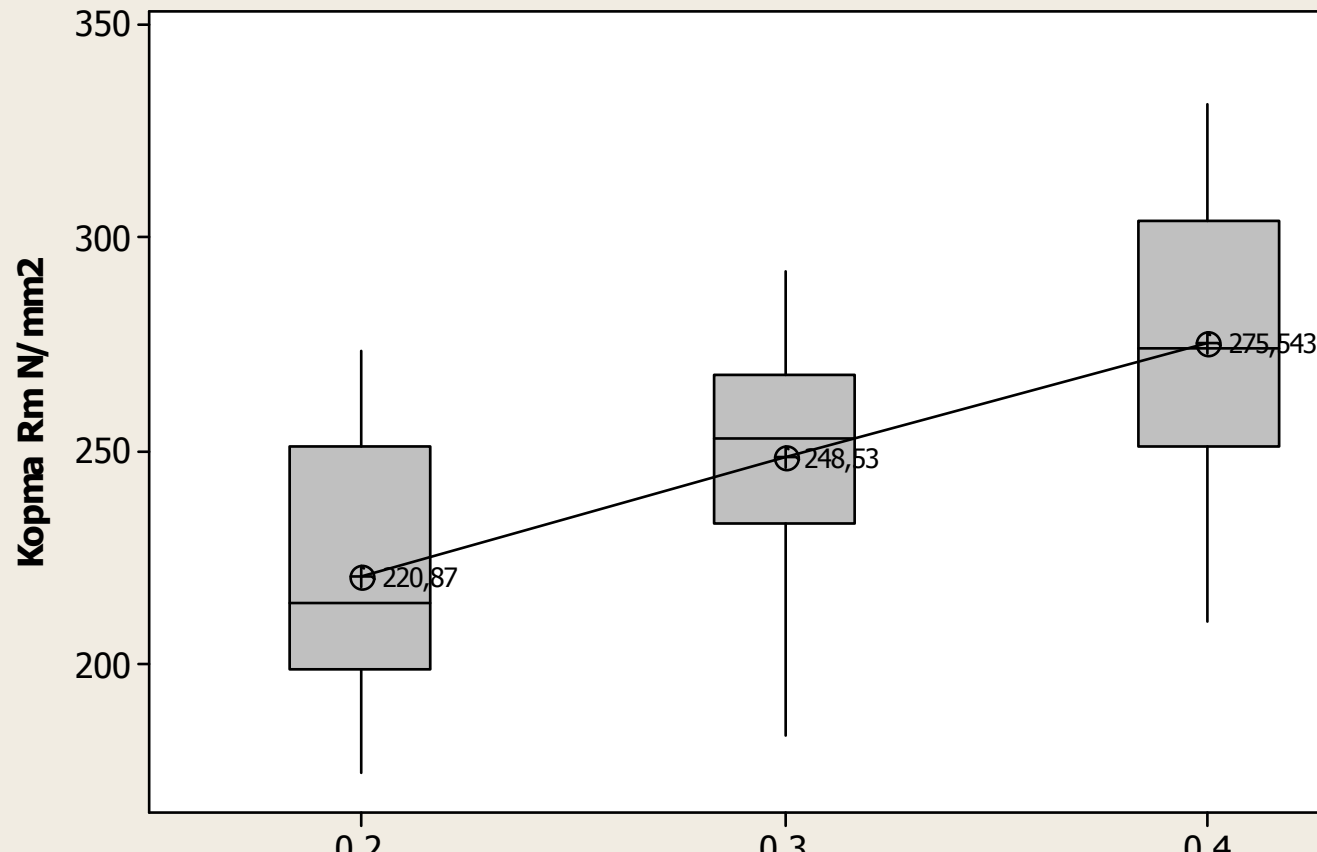
% Mg	T _{sol}	t _{sol}	t _{bekleme}	T _{su}	C _{su}	t _{su verme}	t _{bekleme2}	T _{aging}	t _{aging}
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	3	3	3	3	3	3
1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	3	3	3	1	1	1
1	3	3	3	1	1	1	3	3	3
1	3	3	3	2	2	2	1	1	1
1	3	3	3	3	3	3	2	2	2
2	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	1	2	3	2	3	1	2	3	1
2	1	2	3	3	1	2	3	1	2
2	2	3	1	1	2	3	2	3	1
2	2	3	1	2	3	1	3	1	2
2	2	3	1	3	1	2	1	2	3
2	3	1	2	1	2	3	3	1	2
2	3	1	2	2	3	1	1	2	3
2	3	1	2	3	1	2	2	3	1
3	1	3	2	1	3	2	1	3	2
3	1	3	2	2	1	3	2	1	3
3	1	3	2	3	2	1	3	2	1
3	2	1	3	1	3	2	2	1	3
3	2	1	3	2	1	3	3	2	1
3	2	1	3	3	2	1	1	3	2



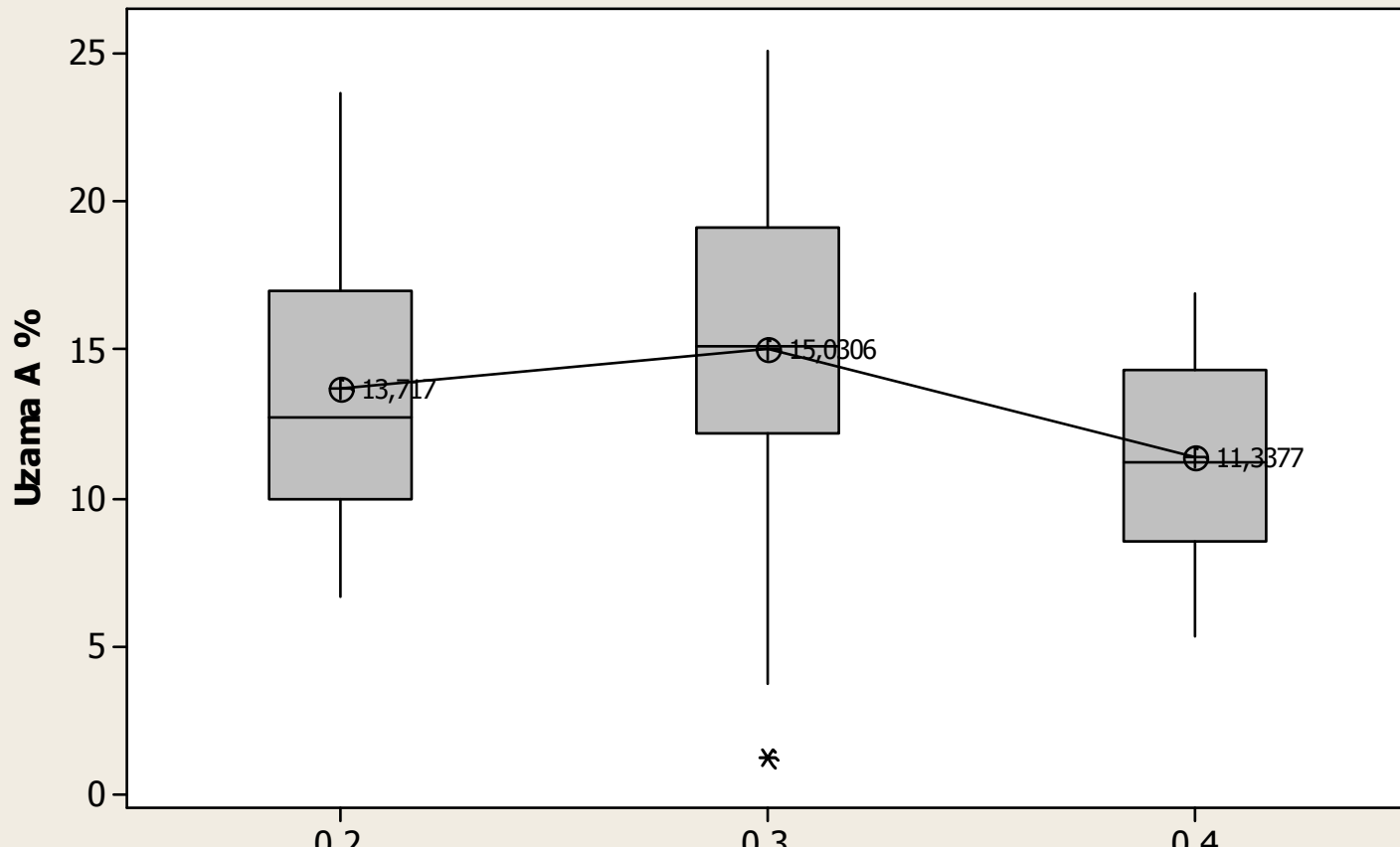
EYSEL ÇALIŞMALAR – Sonuçlar



EYSEL ÇALIŞMALAR – Sonuçlar

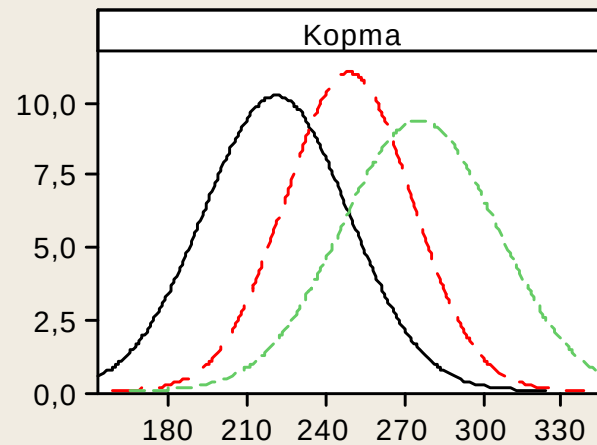
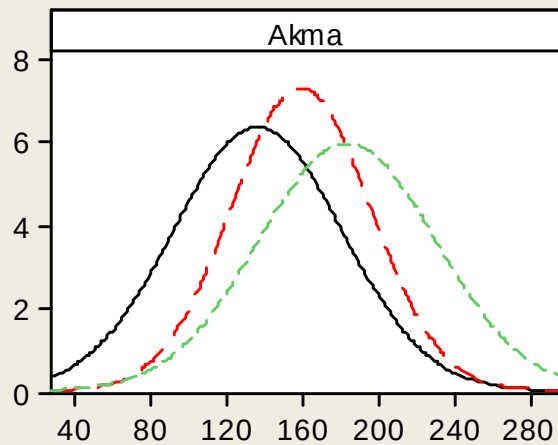


EYSEL ÇALIŞMALAR – Sonuçlar





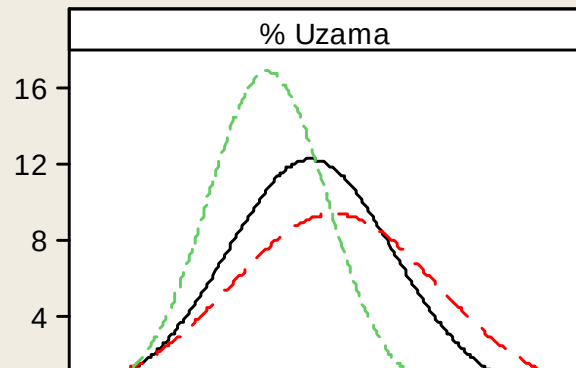
Histogram of Akma; Kopma; % Uzama
Normal



% Mg		
—	0,2	
- - -	0,3	
- - -	0,4	

Akma		
Mean	StDev	N
136,1	44,53	71
158,9	36,54	67
183,3	46,72	70

Kopma		
Mean	StDev	N
220,9	27,64	71
248,5	24,17	67
275,5	29,71	70

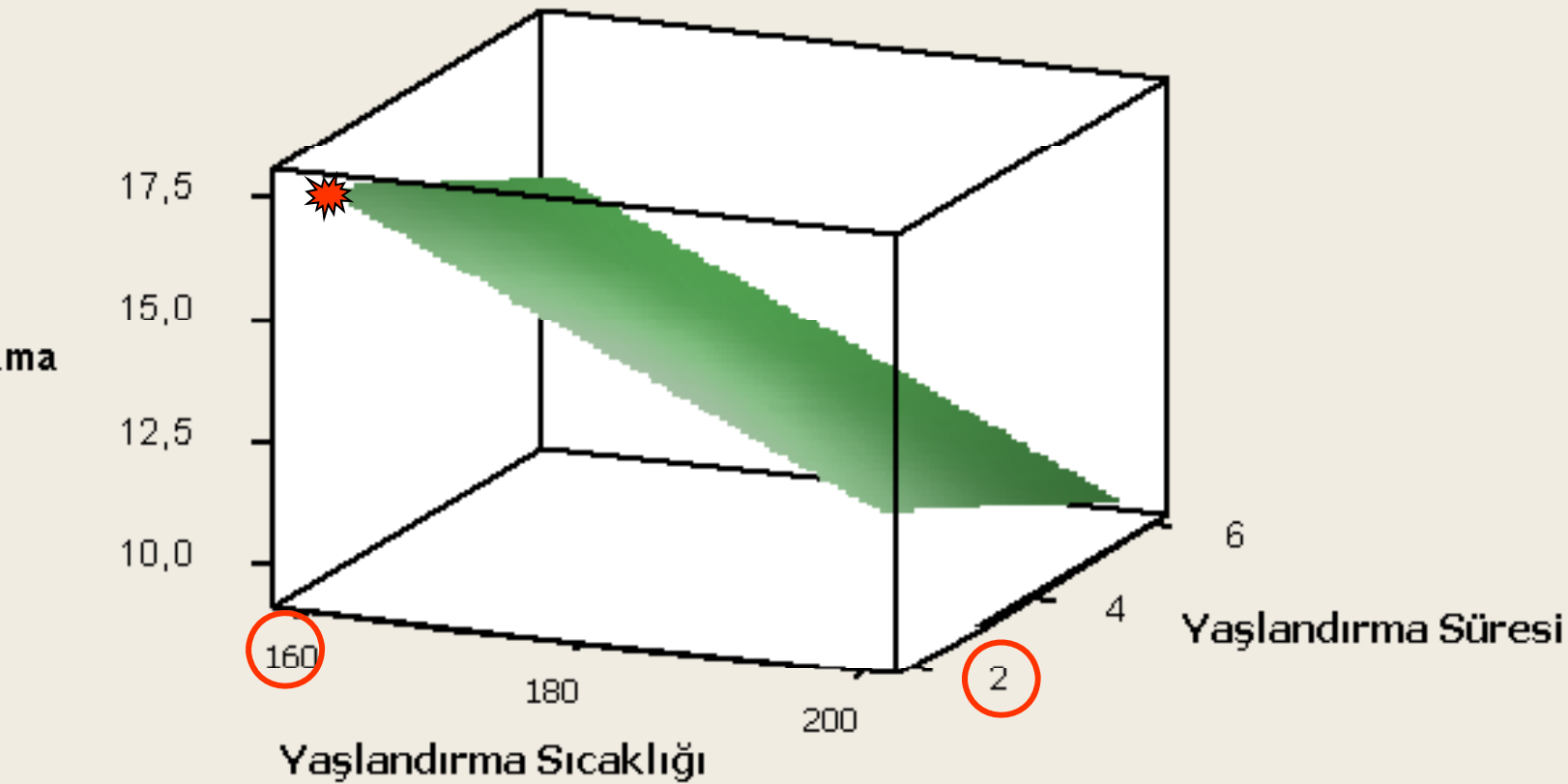


% Uzama		
Mean	StDev	N
13,72	4,611	71
15,03	5,671	67
11,34	3,302	70

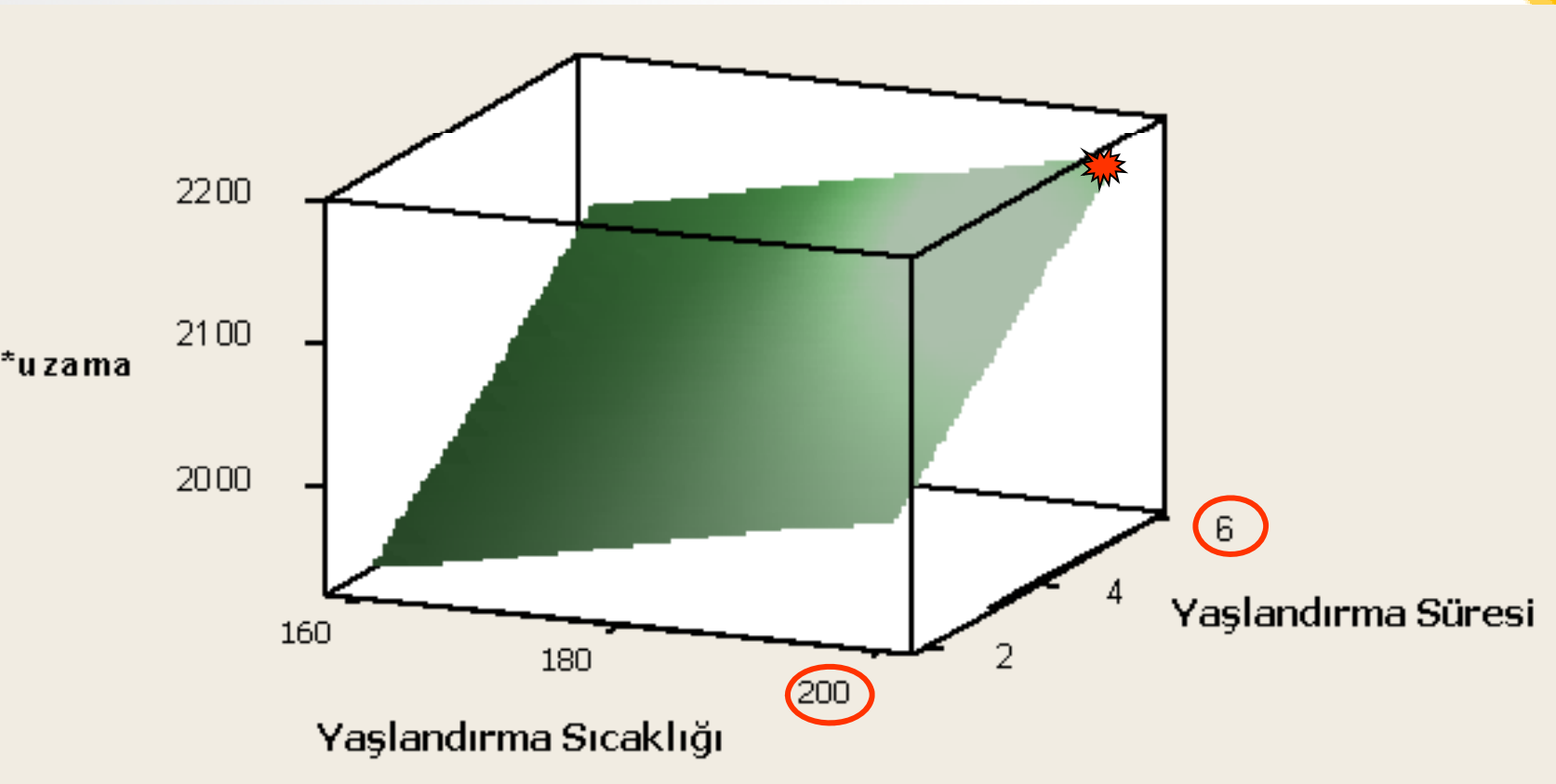


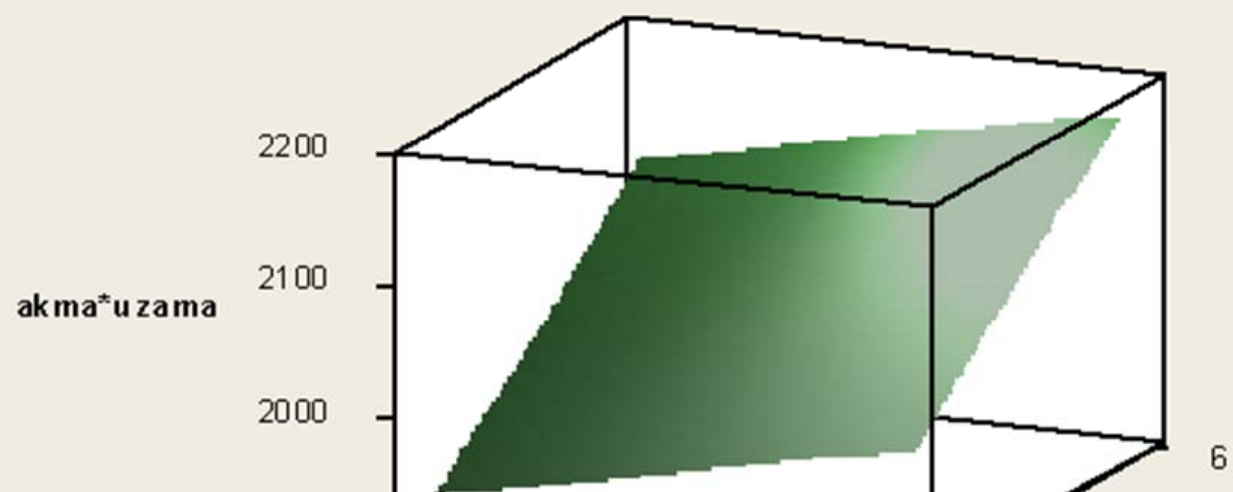
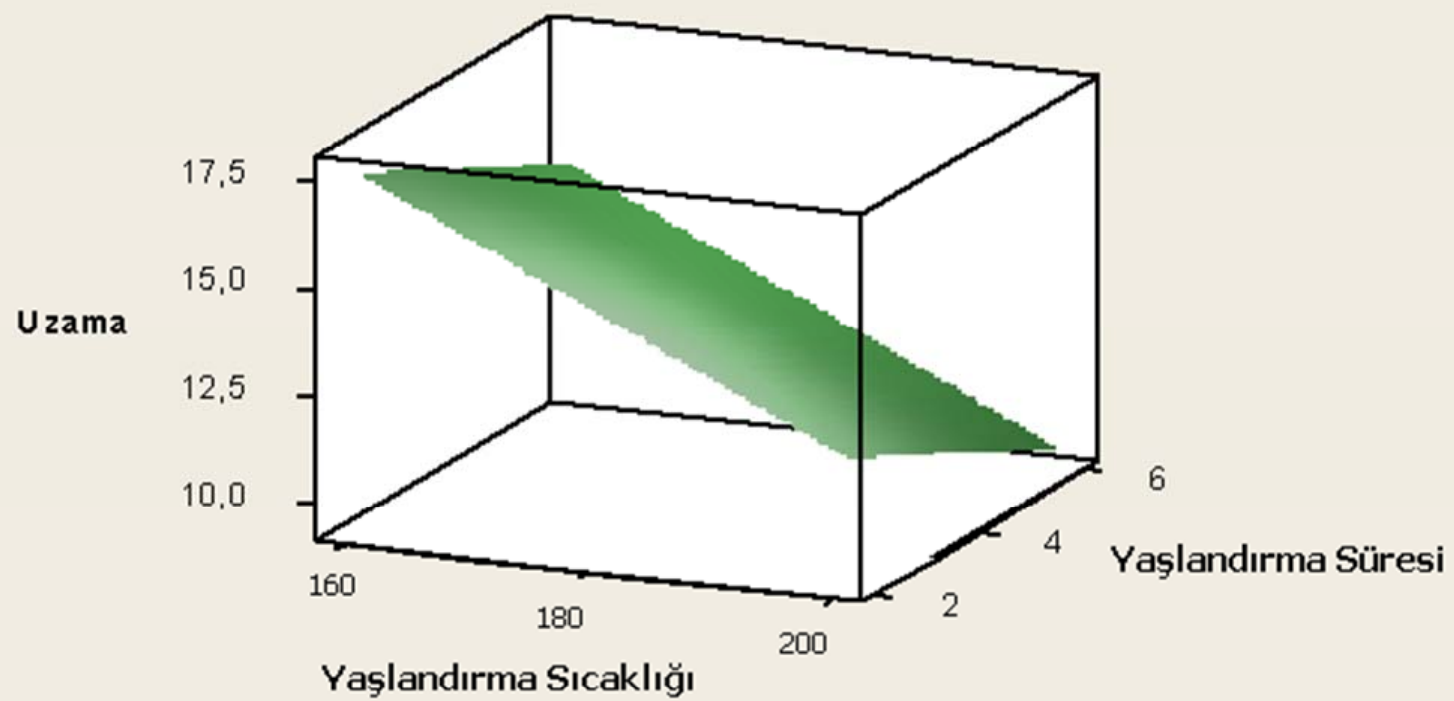
- Akma Mukavemeti:
 - Magnezyum Yüzdesi,
 - Yaşlandırma Sıcaklığı,
 - Yaşlandırma Süresi,
- Kopma Dayanımı:
 - Magnezyum Yüzdesi,
 - Yaşlandırma Sıcaklığı,
 - Yaşlandırma Süresi,
- % Uzama:
 - Yaşlandırma Sıcaklığı

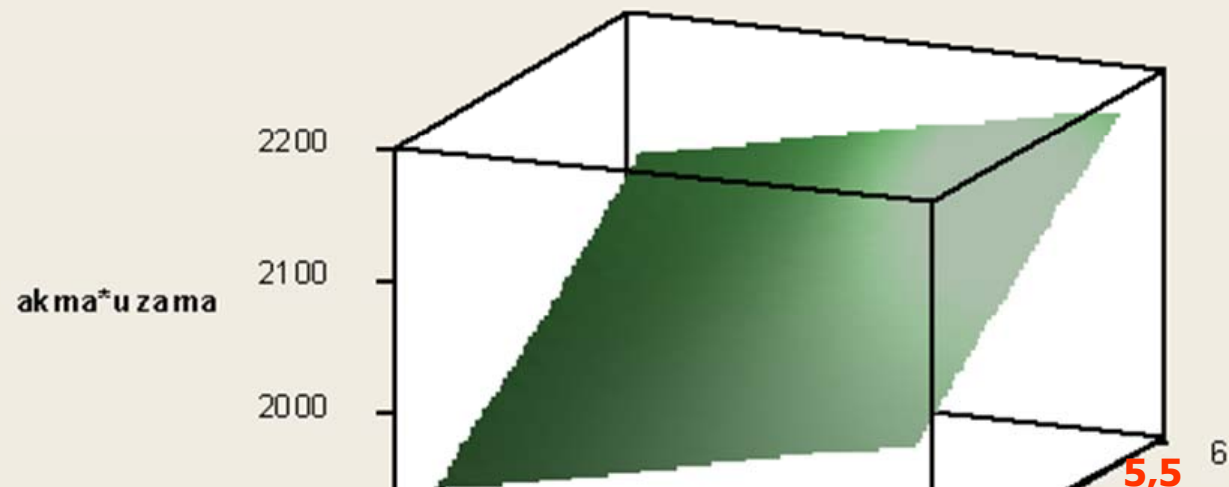
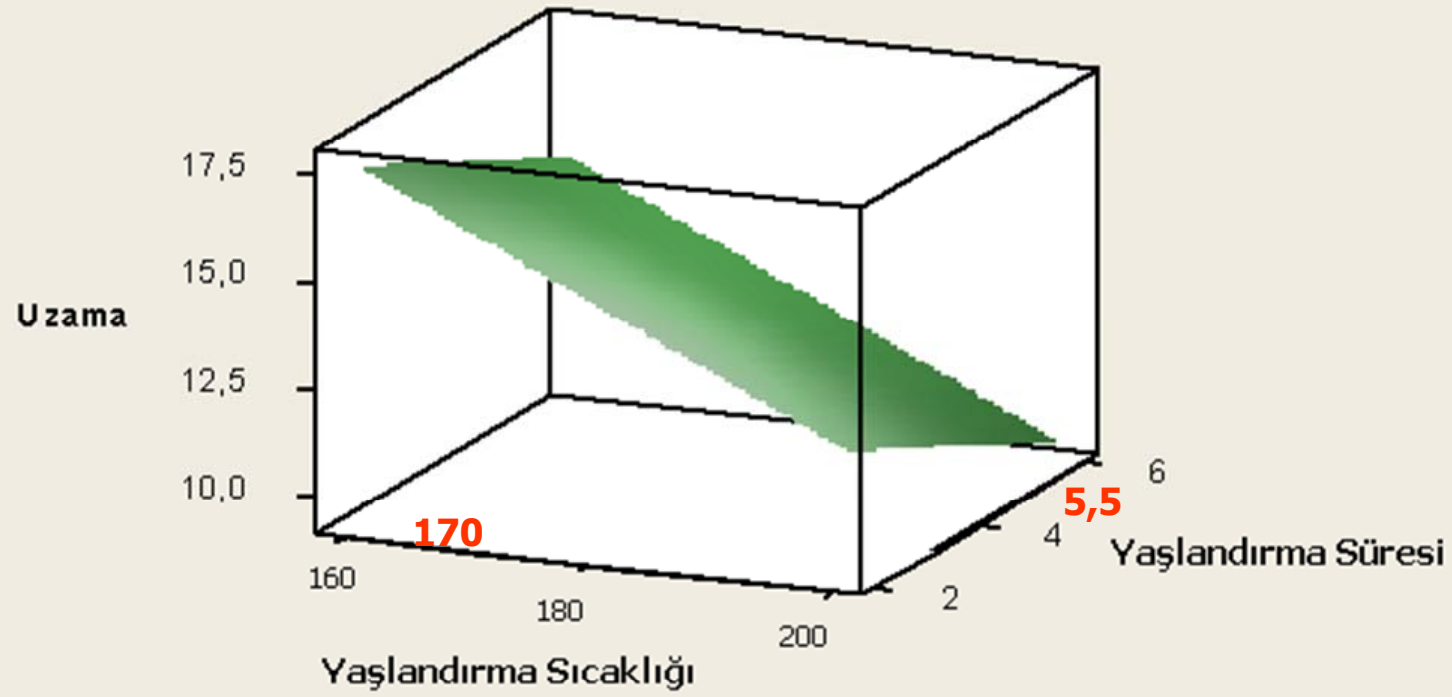
YSESEL ÇALIŞMALAR – Sonuçlar



EYSEL ÇALIŞMALAR – Sonuçlar



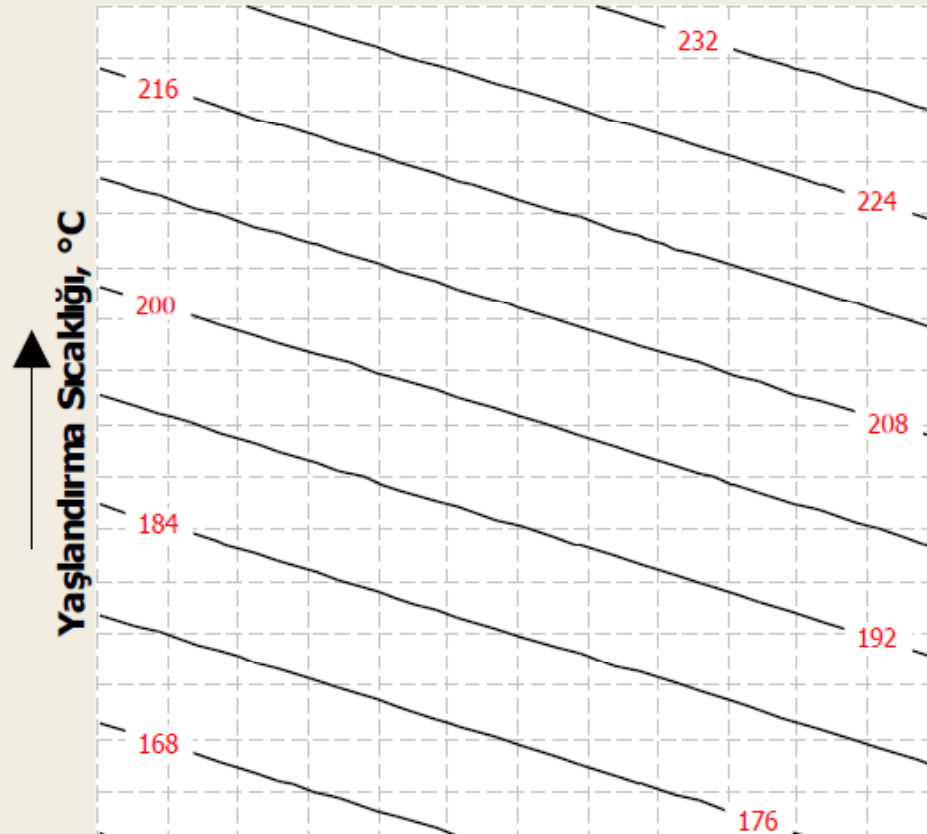




EYSEL ÇALIŞMALAR – Sonuçlar



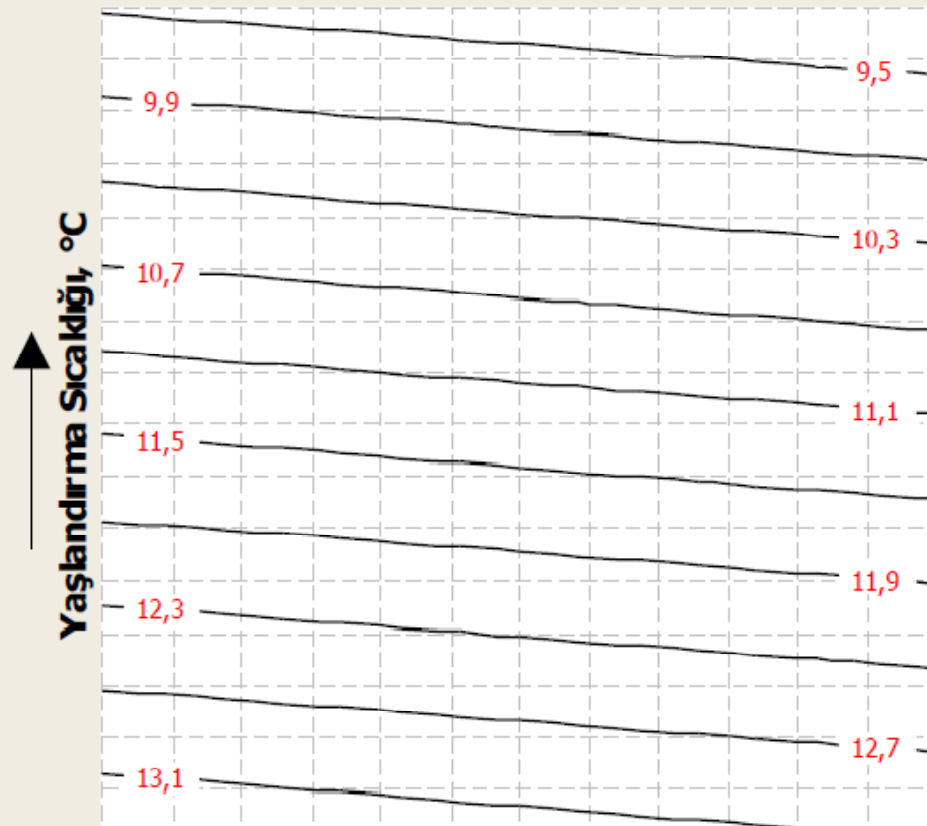
Akma Mukavemeti (MPa) & Yaşlandırma T & t (°C & dak.)



EYSEL ÇALIŞMALAR – Sonuçlar



% Uzama & Yaşlandırma T & t (°C & dak.)





Çalışmada;

Yapılan optimizasyon sonucunda, jantlara uygulanan T6 ısıtma işleminde çözeltiye alma süresi yaklaşık 1 saat, yaşlandırma süresi de yaklaşık 0,5 saat kısaltılarak;

- Verimlilik artışıyla ekonomik kazanç sağlanmış,
- Isıl işlem prosesindeki jant başına atık gaz miktarı azalmış,
 - Ürün kalitesinde artış sağlanmıştır.

CMS[®]



TEŞEKKÜRLER