



**BETONDA ALKALİ SİLİKA REAKSİYONUNUN FARKLI
ÇİMENTO VE AGREGALAR KULLANILARAK
MATEMATİKSEL MODELLENMESİ**

Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi



TASLAK

Amaç

Deneyde Kullanılan Malzemeler

Deney Tasarımı

Verilerin Yorumlanması

Sonuç

Amaç

- **6 farklı fabrikada, farklı klinkerler kullanılarak üretilmiş çimento ile 4 ayrı tip agrega kullanılarak oluşturulmuş 24 kombinasyon ASTM C1260 standardına göre test edilmiştir**
- **Elde edilen uzama verileri regresyon analizi yardımı ile değerlendirilmiş, alkali silika reaksiyonuna sebep olabilecek kritik parametreler ve söz konusu reaksiyonun denklemi elde edilmiştir**

Deneyde Kullanılan Malzemeler

Çimento Kodu	(M)	(N)	(K)	(E)	(A)	(B)
Çimento Tipi	CEM I 42.5R	CEM I 42.5R	CEM I 42.5R	CEM I 42.5R	CEM I 52.5N	CEM I 52.5R
MgO (%)	2,76	1,1	2,9	1,57	1,45	1,3
K ₂ O (%)	0,94	0,61	0,73	0,61	0,35	0,35
Na ₂ O (%)	0,22	0,45	0,35	0,33	0,31	0,3
Na ₂ Eşdeğer Alkali (%)	0,84	0,85	0,83	0,73	0,54	0,53
Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3130	3010	3789	3320	4380	4600
Normal Kıvam Su %	30,6	28,4	29,3	28,0	31,2	30,2
Priz Başı (dk)	275	165	185	170	170	100
2 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	25,0	26,8	28,1	26,0	28,3	37
7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	36,6	38,5	39,6	43,5	45,3	50,1
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	49,4	50,6	50,4	57,5	60,1	62,4

Deneyde Kullanılan Malzemeler

Agreganın Kodu	Agrega SiO ₂ Oranı (%)	Petrografik Analiz Sonucu
1 Nolu Agreg (1)	65,58	Kuars (SiO₂), Anortit (CaAl₂Si₂O₈), Kalsit (CaCO ₃), Dolomit [CaMg(CO ₃) ₂], Klorit [(Mg,Al,Fe) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈], İllit [(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂], Ferroaktinolit [(Ca,Na,K) ₂ Fe ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂]
2 Nolu Agreg (2)	1,51	Kalsit (CaCO ₃), Kuars (SiO₂)
3 Nolu Agreg (3)	53,01	Sanidin [(K,Na)(Si₃Al)O₈], Anortit (CaAl₂Si₂O₈), Kuvars (SiO₂), Hematit (Fe ₂ O ₃), Camsı Faz
4 Nolu Agreg (4)	1,62	Dolomit [CaMg(CO ₃) ₂], Kalsit (CaCO ₃)

Deney Tasarımı

4 Farklı agrega ve 6 farklı çimentodan oluşan karışımlar aşağıdaki örnekte belirtildiği şekliyle çimento kısaltması (B,M,N,K,E,A) ve agreganın numarasının (1,2,3,4) birleşimi yöntemi ile kodlanmıştır,

örnek olarak;



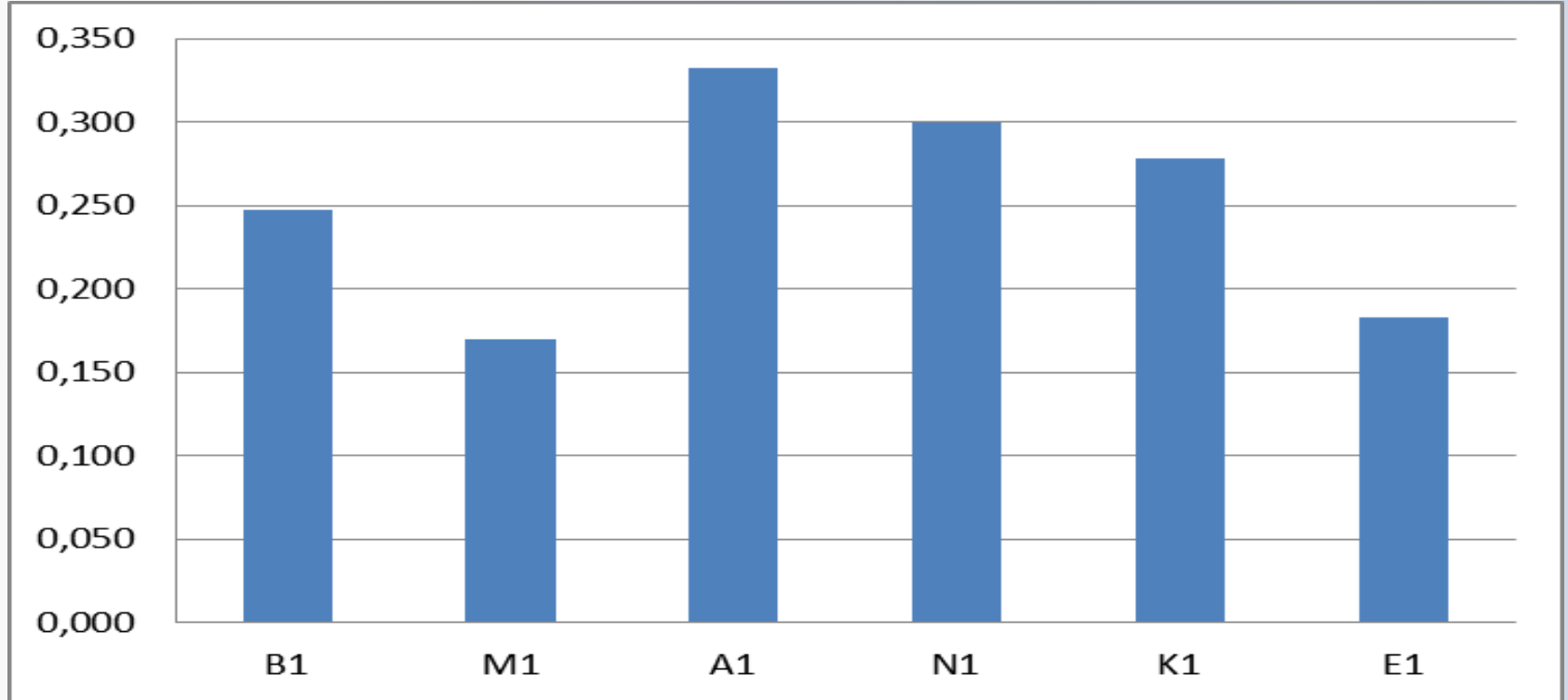
B1

B kısaltması ile kodlanmış çimento + 1 nolu agrega

Deney Tasarımı

- **ASTM C 1260 testi özellikle son yıllarda alkali-silika reaksiyonunun tespiti konusunda referans yöntemlerden birisi haline gelmiştir. Standartta belirtildiği üzere her deney karışımı için 6 adet çubuk hazırlanmış ve 16 gün süren takip yapılmıştır.**
- **Standartta belirtildiği üzere 16 günlük süre zarfında 4 ölçüm alınmıştır. Çubuklar 80 °C sıcaklıkta 1 molar NaOH çözeltisi içerisinde muhafaza edilmiştir. Deneyde standartta belirtildiği şekilde sabit su/çimento oranı kullanılmıştır**

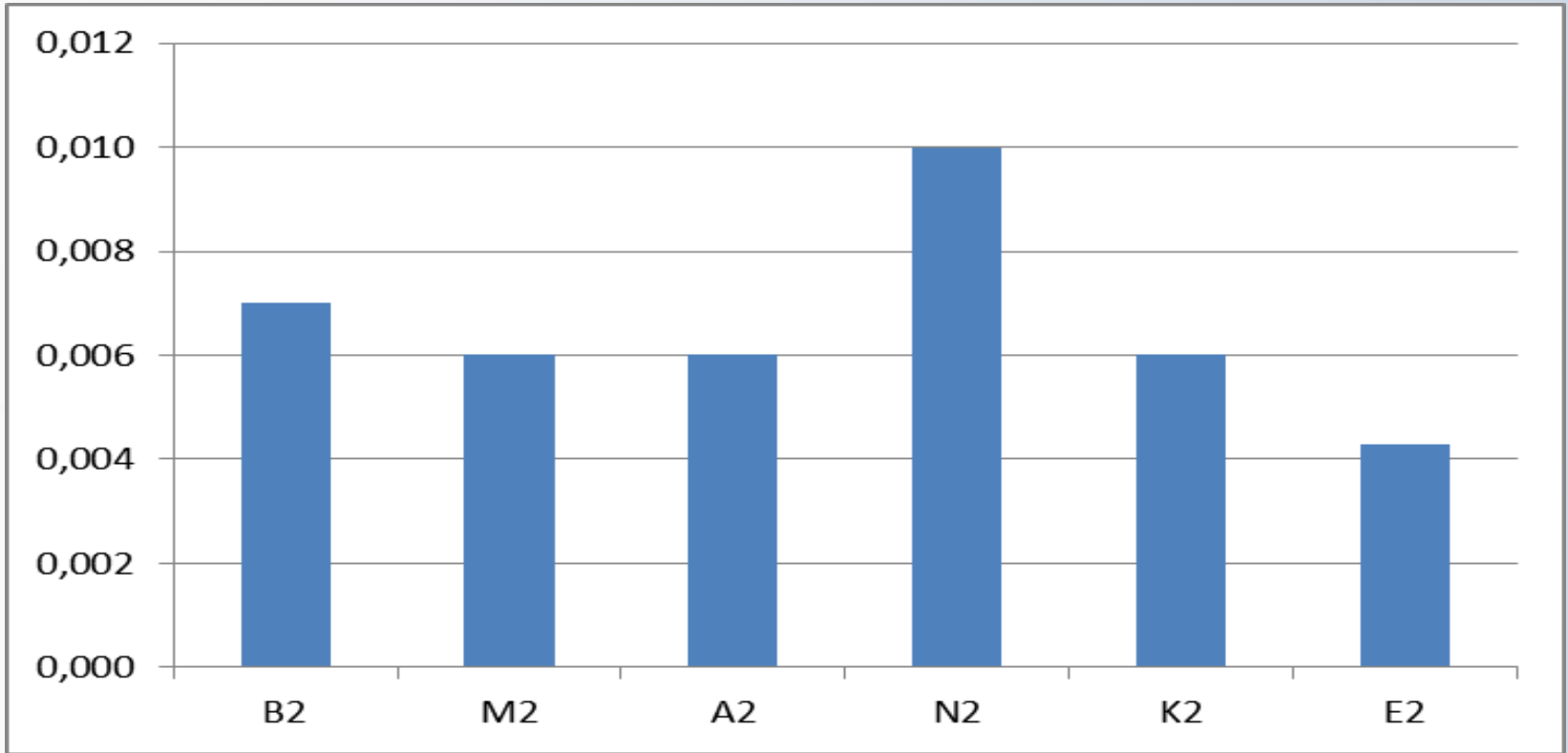
Verilerin Yorumlanması



1 Nolu Agrega Uzama Miktarları

Max. A1 Min. M1

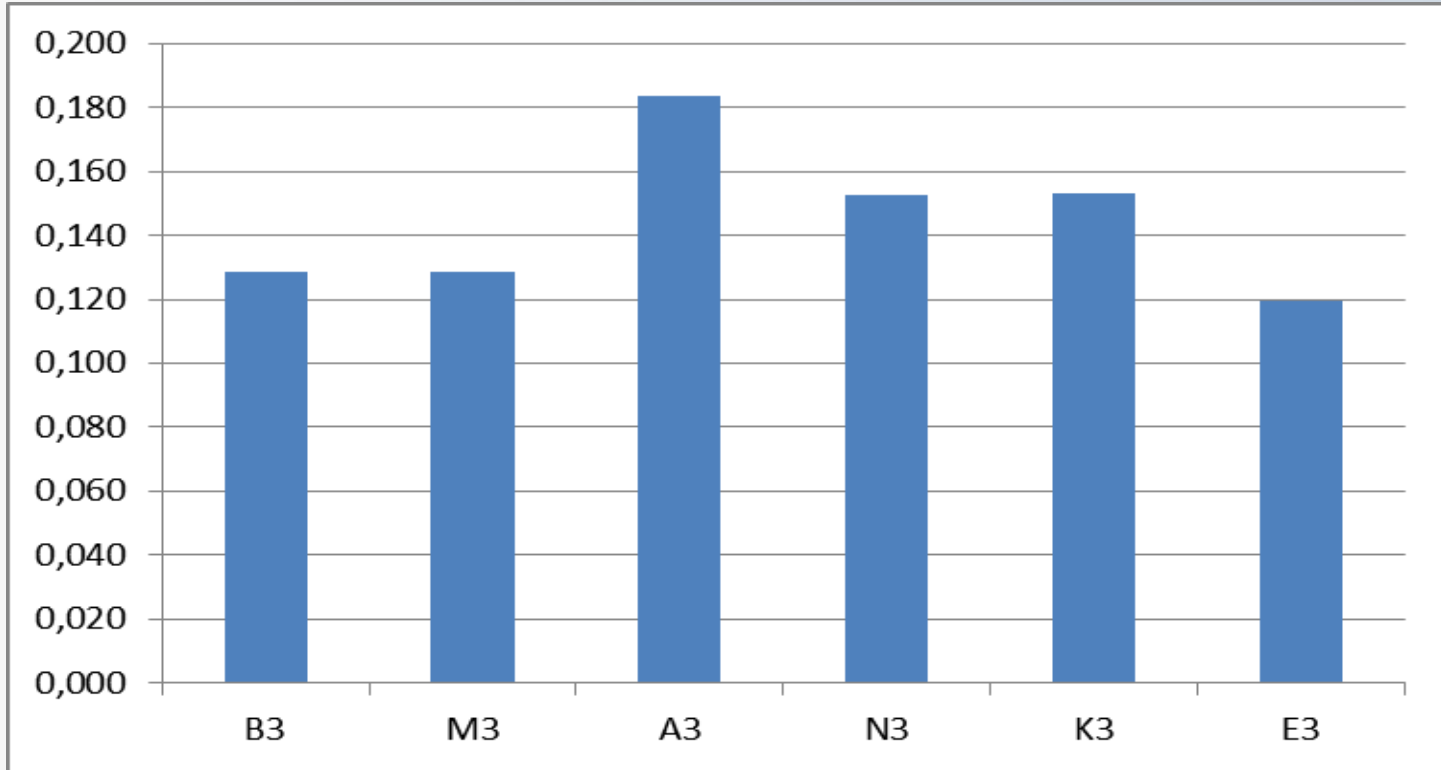
Verilerin Yorumlanması



2 Nolu Agrega Uzama Miktarları

Max. N2 Min. E2

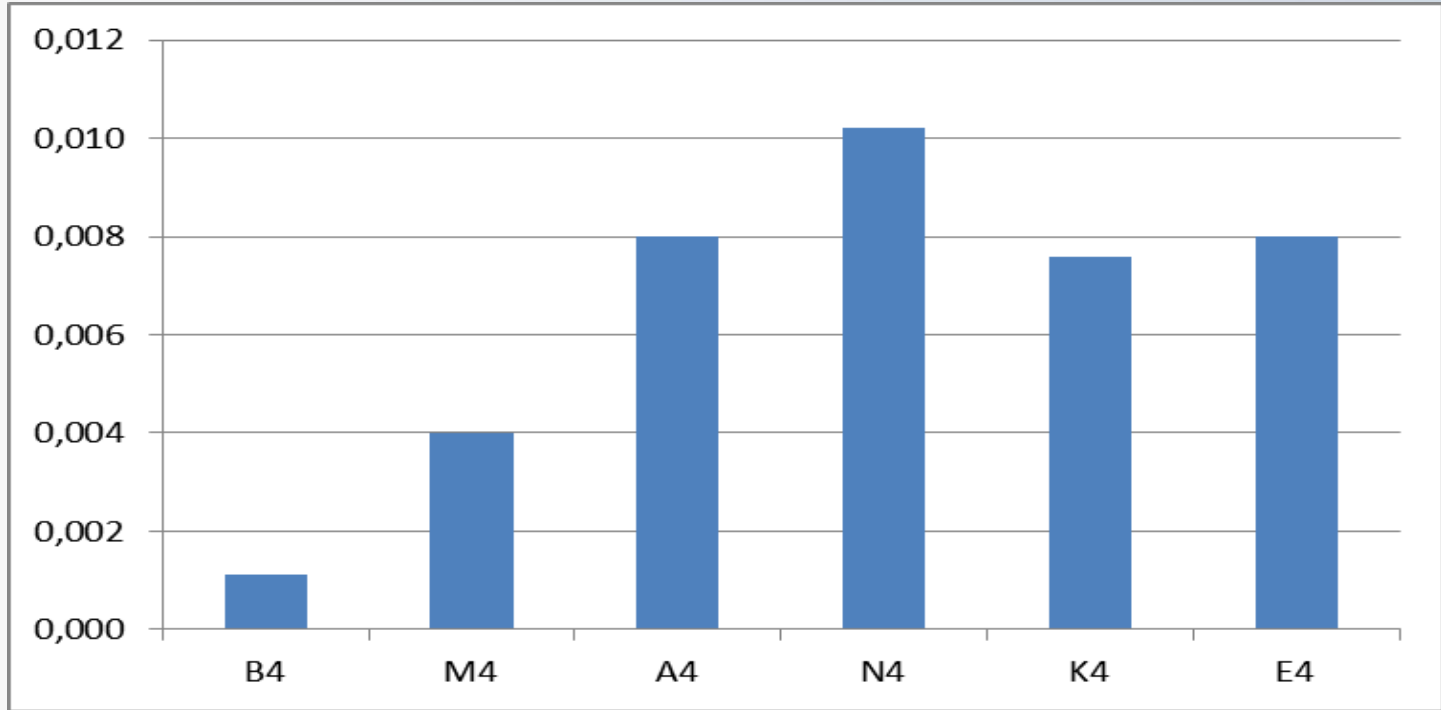
Verilerin Yorumlanması



3 Nolu Agrega Uzama Miktarları

Max. A3 Min. E3

Verilerin Yorumlanması



4 Nolu Agrega Uzama Miktarları

Max. N4 Min. B4

Verilerin Yorumlanması

Agrega Tipi	Maksimum Uzama Gösteren Karışım	Minimum Uzama Gösteren Karışım
1	A1	M1
2	N2	E2
3	A3	E3
4	N4	B4

Verilerin Yorumlanması

Regression Analysis: 16. GÜN UZAM versus ÇİMENTO NA2O; ÇİMENTO K2O ; ...

The regression equation is

$$\begin{aligned} 16. \text{ GÜN UZAMA MİKTARI (\%)} = & - 0,0187 - 14,7 \text{ ÇİMENTO NA2O ORANI (\%)} \\ & - 9,94 \text{ ÇİMENTO K2O ORANI (\%)} \\ & + 14,7 \text{ ÇİMENTO NA2O EŞ. ORANI (\%)} + 0,0643 \text{ MgO (\%)} \\ & + 0,00374 \text{ AGREGA SİO2 ORANI (\%)} \end{aligned}$$

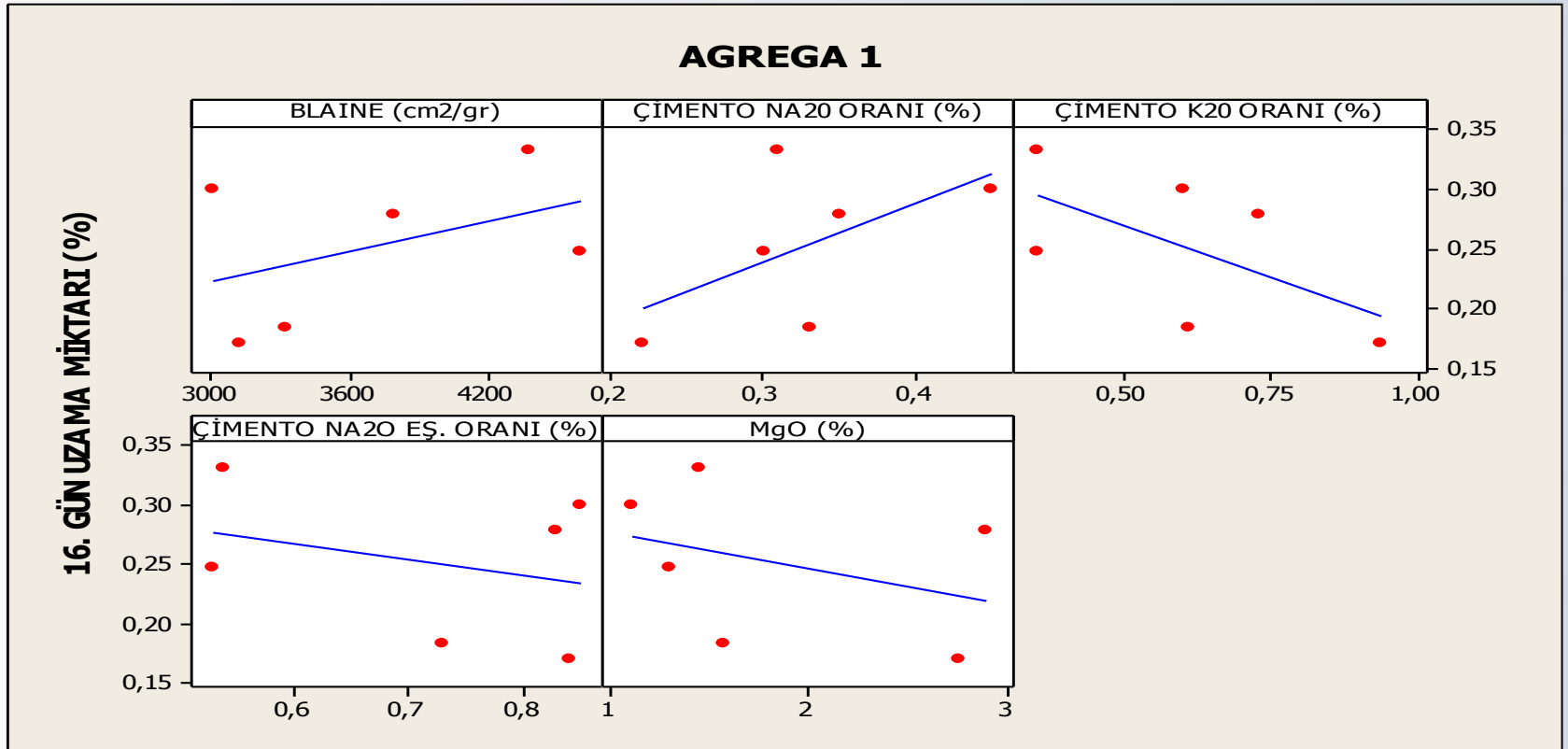
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-0,01874	0,07569	-0,25	0,807
ÇİMENTO NA2O ORANI (%)	-14,674	6,611	-2,22	0,040
ÇİMENTO K2O ORANI (%)	-9,940	4,353	-2,28	0,035
ÇİMENTO NA2O EŞ. ORANI (%)	14,728	6,522	2,26	0,037
MgO (%)	0,06425	0,02652	2,42	0,026
AGREGA SİO2 ORANI (%)	0,0037382	0,0003062	12,21	0,000

S = 0,0438119 R-Sq = 89,8% R-Sq(adj) = 87,0%

Analysis of Variance

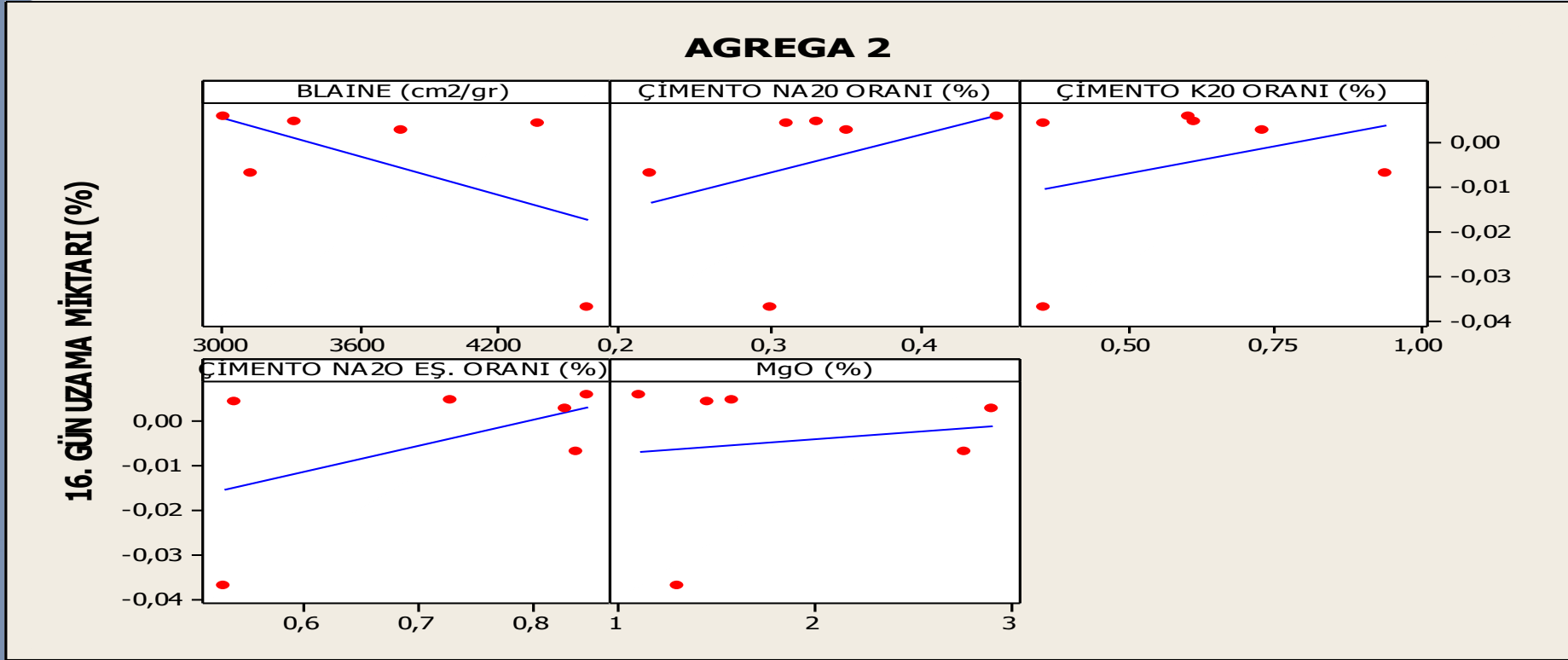
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	0,304514	0,060903	31,73	0,000
Residual Error	18	0,034551	0,001919		
Total	23	0,339065			

Verilerin Yorumlanması



Çimento Özellikleri ile 1 Nolu Agreganın Birim Uzama Miktarı İlişkisi

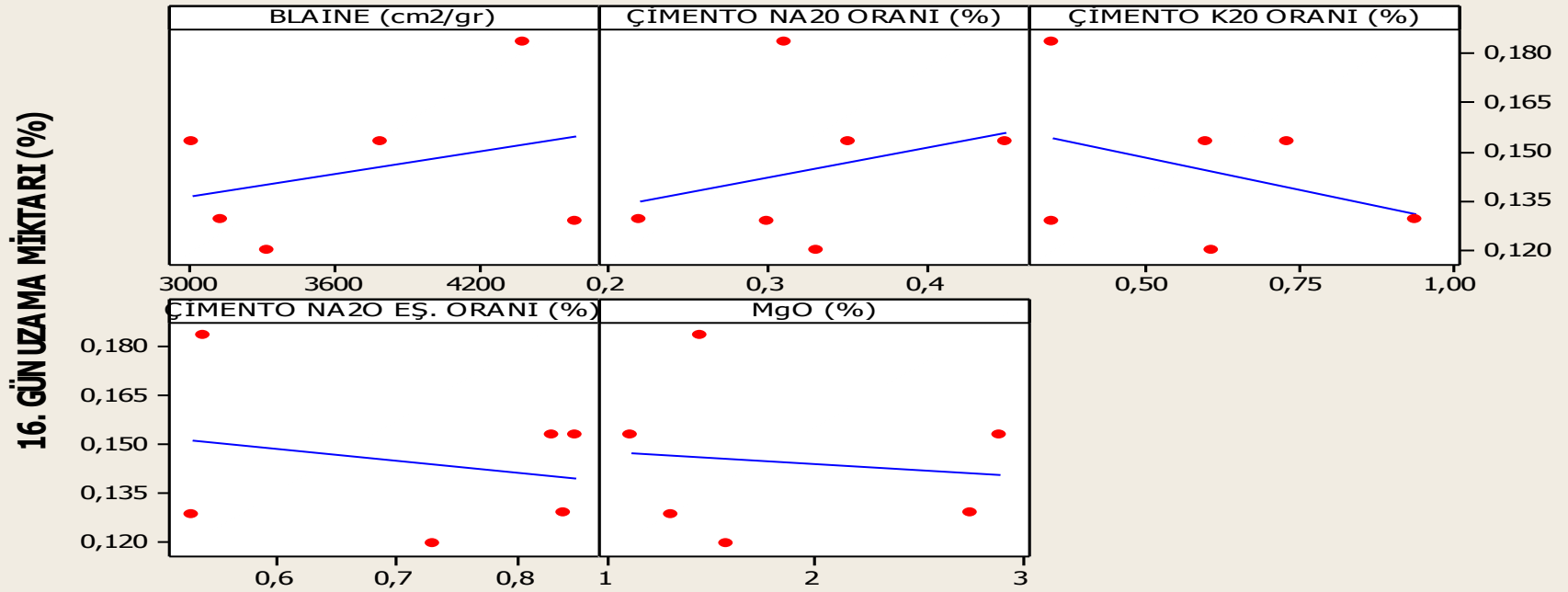
Verilerin Yorumlanması



Çimento Özellikleri ile 2 Nolu Agreganın Birim Uzama Miktarı İlişkisi

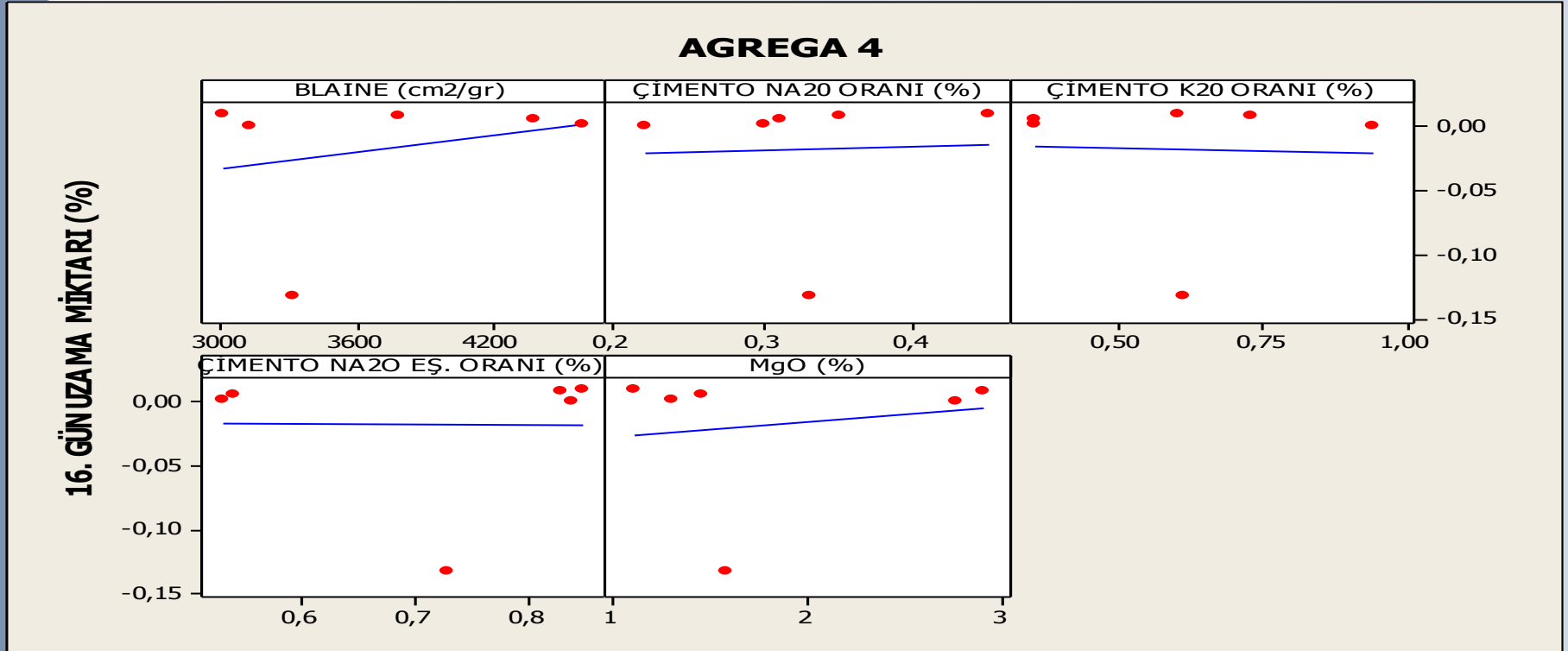
Verilerin Yorumlanması

AGREGA 3



Çimento Özellikleri ile 3 Nolu Agreganın Birim Uzama Miktarı İlişkisi

Verilerin Yorumlanması



Çimento Özellikleri ile 4 Nolu Agreganın Birim Uzama Miktarı İlişkisi

Verilerin Yorumlanması

	MgO Miktarı	Na ₂ O oranı	K ₂ O Oranı	Na ₂ O Eşdeğer Alkali Miktarı
AGREGA 1	Azalıyor	Artıyor	Azalıyor	Azalıyor
AGREGA 2	Artıyor	Artıyor	Artıyor	Artıyor
AGREGA 3	Etkisiz	Artıyor	Azalıyor	Etkisiz
AGREGA 4	Etkisiz	Etkisiz	Etkisiz	Etkisiz

Sonuçlar

- **Na₂O miktarının tüm agrega türlerinde harç çubuklarında uzamasını arttırdığı, diğer parametrelerde ise net bir bilgi elde edilemediği görülmüştür.**
- **MgO içeriğinin de alkali silika reaksiyonu açısından kritik bir parametre olduğunun ortaya çıkmıştır.**

Sonuçlar

- **Alkali silika reaksiyonlarının aynı agregada her çimentoda farklı sonuçlar doğurmaktadır.**
- **ASTM C 1260 Agregada Reaktivite testi değil, agregada çimento kombinasyonu testidir!**
- **Uygulama projelerinin alkali silika reaksiyonu açısından değerlendirildiğinde uygulamada kullanılacak agreganın söz konusu projede kullanılacak çimento ile birlikte değerlendirilmesi esastır.**

Sonuçlar

- Projenin bundan sonraki adımlarında numunelerin elektron mikroskobu ile değerlendirilip jel oluşumlarının incelenmesi ve regresyon analizine belirli bir metodoloji ile dahil edilmesi öngörülmektedir

TEŞEKKÜRLER...

Her türlü soru ve bilgi için..

Çimsa Çimento Araştırma ve Uygulama Merkezi

Toroslar Mah. Tekke Cad.

33013 Yenitaşkent/MERSİN

T: 00.90.324 241 23 37 / 00.90.324 241 23 44

C: 00.90.505 462 00 52

F: 00.90.324 454 00 52