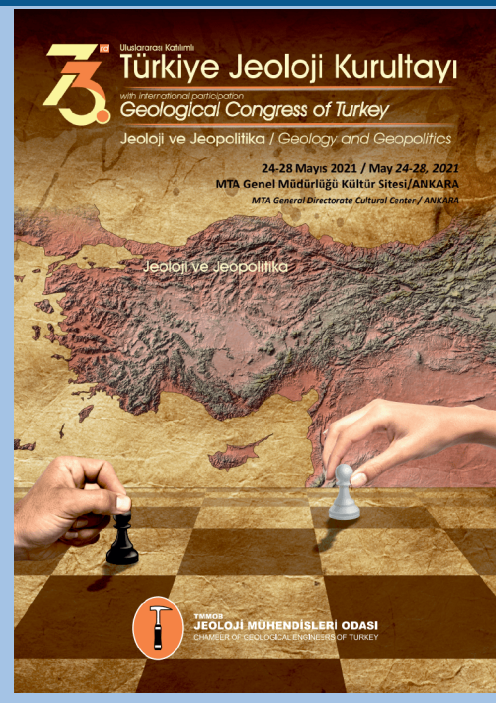




BURSA MERMERLERİNİN P DALGA HIZI İLE ELEMENT İÇERİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN REGRESYON ANALİZİ İLE ARAŞTIRILMASI

Bilgehan TOKSOY EDİŞ¹, Selman ER², Atiye TUĞRUL¹,

¹ İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

² İnönü Üniversitesi, Coğrafya Bölümü

(bilgehan.toksoyedis@iuc.edu.tr)¹



GİRİŞ

Mermerler, yer ve duvar kaplamalarından mutfaklardaki tezgâha, heykellerden mezar taşına kadar birçok alanda; ilk çağlardan günümüze kadar en yaygın kullanılan doğal yapıtaşlarındandır. Türkiye'de bilinen en eski mermer eserler MÖ 5. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Anadolu ile ilişkili pek çok uygarlık, sayısız eserler bırakmışlardır. Bu eserlerden de anlaşıldığı gibi mermer, önemini ve değerini hep korumuş, doğal taşların, yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanımı mermerin değerinin katlanarak artmasına neden olmuştur (Anon, 2013).

Türkiye haritasına bakıldığında; yurdumuzun hemen her tarafında çeşitli büyüklükte, Prekambriyenden Tersiyer başlarına kadar olan dönem içerisinde, çeşitli şekil ve derecede metamorfizmaya uğramış bölgeler ve bu bölgelere ait mermer ocakları görülmektedir (Şekil 1). Alp- Himalaya kuşağı üzerinde yer alan Türkiye, mermer potansiyeli ve çeşitliliği bakımından zengin bir ülkedir.



Şekil 1: Türkiye' deki gerçek mermer ocakları (Kırmızı renkli gösterilen yerler; Türkiye'de blok üretimi yapılan aktif beyaz renkli mermer ocakları)(<http://www.imib.org.tr/links/mermer-ocaklari/>)

MALZEME VE YÖNTEM

TS 10449 'a göre “Mermer (Kalsiyum karbonat Esaslı)”, esas bileşeni kalsiyum karbonat olan kayaçların ısı ve basınç altında metamorfizma veya yeniden kristalleşme (rekristalizasyonu) sonucu oluşan, bileşimlerinde en az % 95 CaCO₃bulunan, genellikle yoğunluğu 2550– 2800 kg/ m³ arasında değişebilen, bünyesinde bulunan ikincil minerallerden dolayı çeşitli renklerde olabilen ve kesilip parlatılabilen bir taştır.

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin Kuzey Batısı'ndan temin edilen numuneler (Şekil 2) mermerler; TS 10449' da da geçen tanımıyla rekristalizasyon sonucu (yeniden kristalleşme) oluşmuş beyaz mermerlerdir.

Türkiye'nin Kuzey Batısı'ndaki farklı taş ocaklarından temin edilen numuneler (Şekil 2) fiziksel olarak (renk, doku, çizgisellik vb..) gözle 10 farklı gruba ayrılmıştır ve BA1- BA5 İLE BB1-BB5 şeklinde adlandırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2: Türkiye'nin Kuzey Batısı'ndaki farklı taş ocaklarından temin edilen numuneler

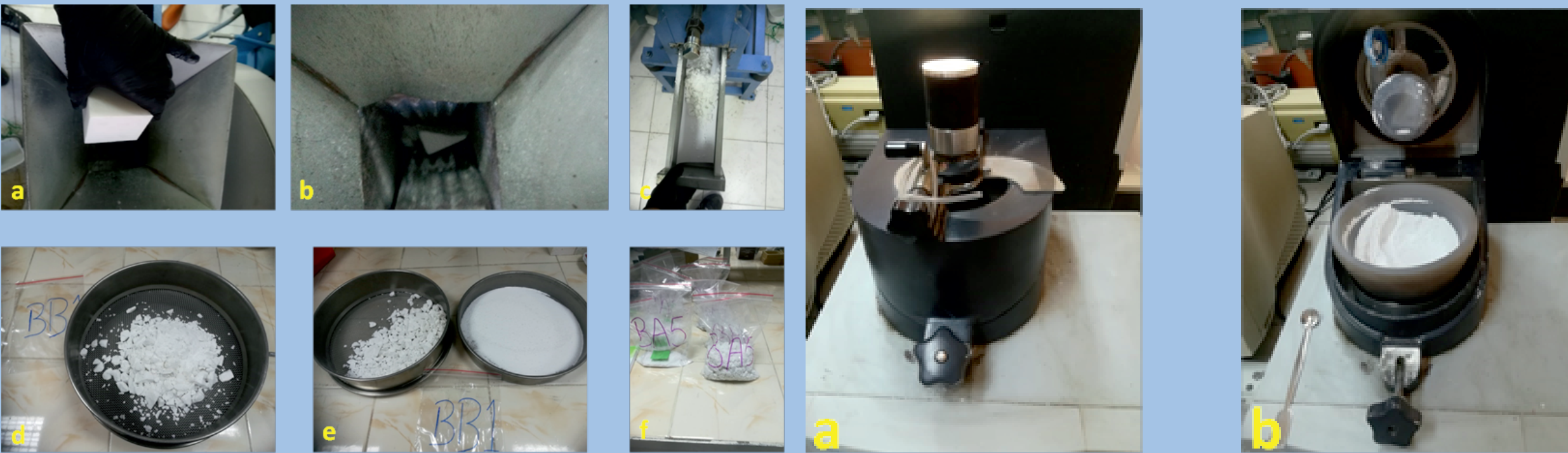


Şekil 3: Numunelerin fiziksel olarak gruplandırılması

XRF Analizi

Gruplanan örneklerin ilk etapta kimyasal farklılıkları belirlemek amacıyla XRF yapılması için numuneler hazırlanmıştır. XRF Analizi için numuneleri İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Doğal Yapı Malzemeleri Laboratuvarında hazırlanmıştır. 7x7x7 cm küp numuneler çeneli kırıcıda daha küçük boyutlara indirgenmiştir (Şekil 4 a,b,c). Küçük parçalara ayrılan örnekler elekte elenerek elek üstünde ve altında kalan olarak iki ayrı numune torbasına konulmuştur (Şekil 4 d,e,f).

Elek altında kalan daha küçük boyuttaki numuneler otomatik agat havanda öğütülerek, pudra halinde analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 5a,b). Pudra haline gelen numuneler İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Petrol ve Doğal Gaz Araştırmaları Laboratuvarında XRF Analizi yapılmıştır.

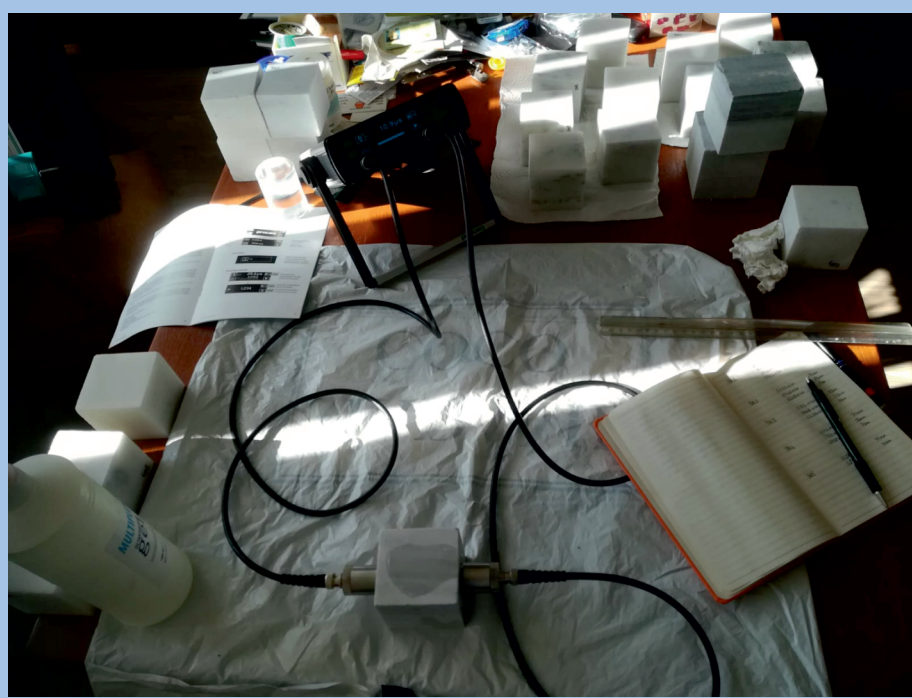


Şekil 4 a-f: Numunelerin XRF Analizine hazırlanması

Şekil 5 a-b: Numunelerin hazırlanması

P Dalga Hızı Ölçümü

Mermerlerin yoğunluğuna, porozitesine ve dokusal özelliklerine bağlı olarak değişim gösteren P dalga hızı ölçümü ise; numunelerin element içeriklerinin değişimi ile ilişkisi olup olmadığını saptamak amacıyla yapılmıştır (Şekil6). P dalga hızı P dalga hızı deneyi, P Dalga Hızı deneyi ise İstanbul Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında,Proceq marka ultrasonik ses geçirgenlik cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6: Numunelerin P Dalga Hızı Ölçümü

BULGULAR

Türkiye'nin Kuzey Batısı'ndaki iki farklı taş ocağından alınan mermer numuneleri (BA1-BA5, BB1-BB5) en az % 95 CaCO₃'dan oluşması nedeniyle kimyasal olarak bileşimde farklılıklar çok azdır. Ancak farklı renklerdeki mermerlerde bulunan ikincil minerallerden dolayı element içeriklerinde farklılıklar saptanabilir. Bu amaçla, bu farklılıkları belirlemek için temin edilen örnekler üzerinde yapılan XRF sonuçlarına göre örnekler gruplandırılmıştır (Tablo 1)

Tablo 1: Mermer numunelerinin XRF sonuçları

Element	BA1	BA2	BA3	BA4	BA5	BB1	BB2	BB3	BB4	BB5
Na ₂ O	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0.222 Wt %	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg
MgO	0 mg/kg	297 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	1.370 Wt %	0.093 Wt %	0.101 Wt %	0.139 Wt %	0.276 Wt %	0.425 Wt %
Al ₂ O ₃	0.058 Wt %	322 mg/kg	316 mg/kg	439 mg/kg	0 mg/kg	253 mg/kg	360 mg/kg	443 mg/kg	236 mg/kg	182 mg/kg
SiO ₂	2.177 Wt %	2.119 Wt %	2.147 Wt %	2.287 Wt %	2.323 Wt %	2.197 Wt %	2.160 Wt %	5.075 Wt %	4.436 Wt %	2.141 Wt %
P ₂ O ₅	0.110 Wt %	0.109 Wt %	0.110 Wt %	0.105 Wt %	0.121 Wt %	0.114 Wt %	0.117 Wt %	303 mg/kg	0.068 Wt %	0.121 Wt %
SO ₃	0.371 Wt %	0.392 Wt %	0.397 Wt %	0.344 Wt %	0.373 Wt %	0.387 Wt %	0.429 Wt %	0.338 Wt %	0.403 Wt %	0.389 Wt %
Cl	0.100 Wt %	0.106 Wt %	0.124 Wt %	0.090 Wt %	0.099 Wt %	0.099 Wt %	0.108 Wt %	0.245 Wt %	0.253 Wt %	0.126 Wt %
K ₂ O	0.098 Wt %	0.090 Wt %	0.098 Wt %	0.095 Wt %	0.098 Wt %	0.093 Wt %	0.095 Wt %	0.101 Wt %	0.088 Wt %	0.106 Wt %
CaO	97.018 Wt %	97.053 Wt %	97.028 Wt %	96.966 Wt %	95.539 Wt %	96.886 Wt %	96.635 Wt %	93.906 Wt %	94.356 Wt %	96.524 Wt %
TiO ₂	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg
Cr ₂ O ₃	94 mg/kg	106 mg/kg	72 mg/kg	86 mg/kg	79 mg/kg	75 mg/kg	64 mg/kg	59 mg/kg	69 mg/kg	71 mg/kg
Mn ₂ O ₃	62 mg/kg	56 mg/kg	51 mg/kg	56 mg/kg	63 mg/kg	129 mg/kg	102 mg/kg	136 mg/kg	126 mg/kg	166 mg/kg
Fe ₂ O ₃	213 mg/kg	234 mg/kg	207 mg/kg	209 mg/kg	310 mg/kg	497 mg/kg	448 mg/kg	0.068 Wt %	423 mg/kg	0.091 Wt %
ZnO	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg	0 mg/kg
SrO	307 mg/kg	280 mg/kg	298 mg/kg	334 mg/kg	323 mg/kg	356 mg/kg	365 mg/kg	338 mg/kg	351 mg/kg	351 mg/kg

Mermerlerin yoğunluğuna, porozitesine ve dokusal özelliklerine bağlı olarak değişim gösteren P dalga hızı ölçümü ise; numunelerin element içeriklerinin değişimi ile ilişkisi olup olmadığını saptamak amacıyla yapılmıştır (Tablo 2).

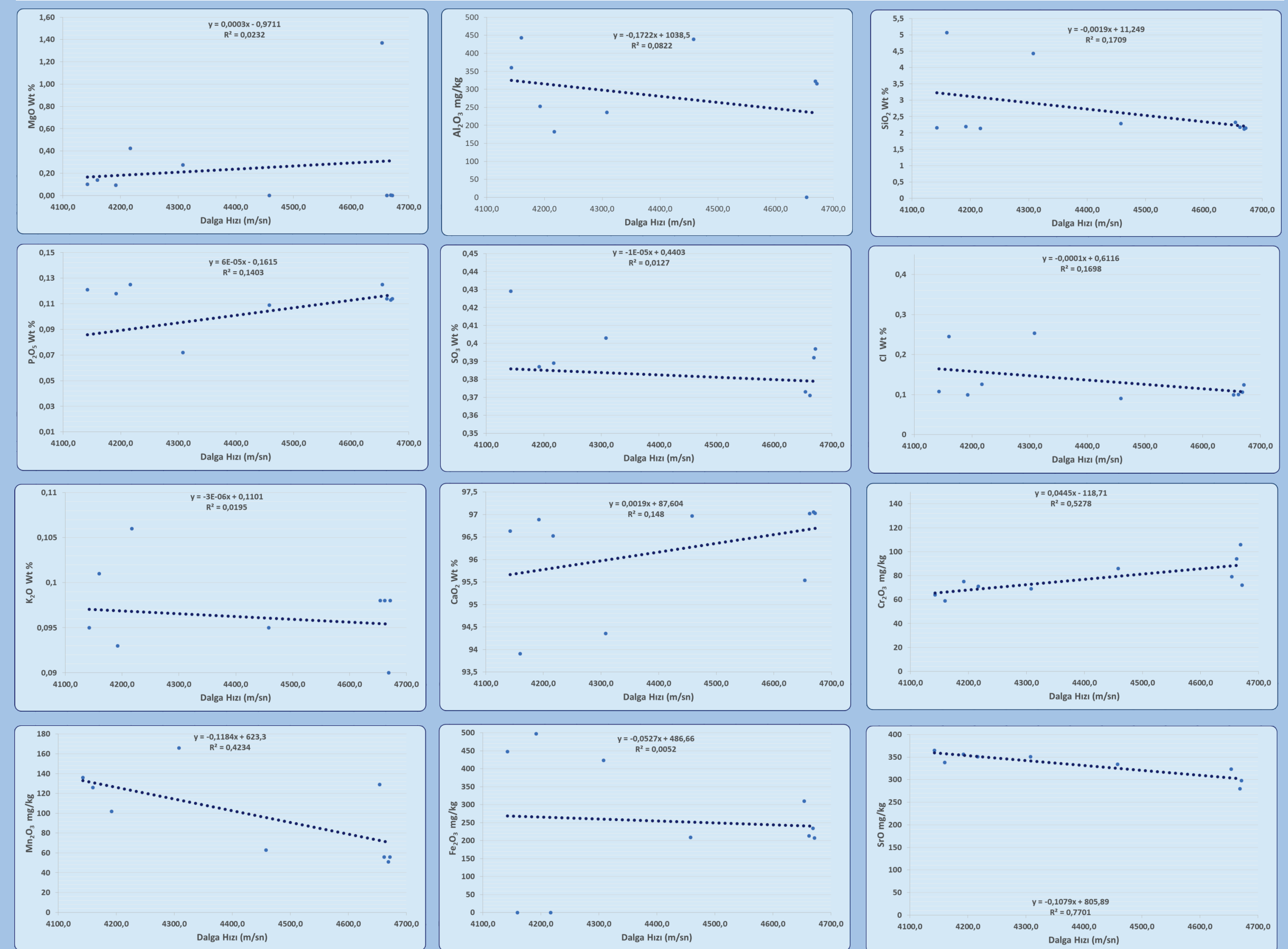
P Dalga hızı ölçümleri BA1- BA5 İLE BB1-BB5 numuneleri iki ayrı örneğinin her yüzeyi üzerinde yapılmıştır. Tablo 2' de gösterilen değerlere göre en yüksek ortalama P Dalga hızı değeri 4671,5 ile BA3, en düşük P dalga hızı 4142,5 Bb2 örneğine aittir.

P Dalga Hızı ve XRF analizlerinden elde edilen sonuçlar ile regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 7).

Tablo 2: Mermer numunelerinin P Dalga Hızı Ölçümleri

1. ölçüm	BA1		BA2		BA3		BA4		BA5		BB1		BB2		BB3		BB4		BB5	
	P Dalga hızı (m/sn)		Boy (mm)		P Dalga hızı (m/sn)		Boy (mm)		P Dalga hızı (m/sn)		Boy (mm)		P Dalga hızı (m/sn)		Boy (mm)		P Dalga hızı (m/sn)		Boy (mm)	
	6827		71		6514		68		6514		72		6228		72		6514		71	
	6514		72		6514		73		6514		70		6228		70		6514		70	
	6514		70		6827		70		6514		71		6827		70		5504		73	

2. Etajın	BA1		BA2		BA3		BA4		BA5		BB1		BB2		BB3		BB4		BB5	
	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)	P Dalga hızı (m/sn)	Boy (mm)
	6514	71	6514	70	6514	69	6228	71	6228	71	5726	71	6228	70	5591	69	5966	72	5504	70
	6514	72	6827	70	6827	69	6514	70	6827	71	5966	71	5868	69	5966	72	5726	69	5966	67
	6514	70	6827	69	7172	69	6228	69	6514	71	6228	70	5726	70	6228	69	6228	72	6228	66



Şekil 7: Mermer numunelerinin Dalga Hızı ve XRF analizlerinden elde edilen sonuçlar ile regresyon analizi

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada;mermerlerin element içerikleri ile P dalga hızı arasındaki ilişkinin regresyon analizi ile saptanması araştırılmıştır. Böylece XRF yapılmadan tahribatsız yöntem olan P dalga hızı ile mermer element içeriği arasındaki ilişkiler belirlenmiştir.

Mermer numunelerinin en az % 95 CaCO₃'dan oluşması nedeniyle kimyasal olarak bileşimde farklılıklar çok azdır. Ancak farklı renklerdeki mermerlerde bulunan ikincil minerallerden dolayı element içeriklerinde farklılıklar saptanabilir. Bu amaçla bu farklılıkları belirlemek için XRF analizi yapılmıştır.

Mermerlerin yoğunluğuna, porozitesine ve dokusal özelliklerine bağlı olarak değişim gösteren P dalga hızı ölçümü ise; numunelerin element içeriklerinin değişimi ile ilişkisi olup olmadığını saptamak amacıyla yapılmıştır.

P Dalga Hızı ve XRF analizlerinden elde edilen sonuçlar ile regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda; Bursa mermerlerinin P dalga hızı ile Mn ve Sr arasında yüksek negatif lineer ilişki saptanmıştır. Diğer elementler ile P dalga hızı sonuçlarının anlamlı bir ilişkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan bu çalışmanın anlamlı bir sonuç verdiğini kanıtlamak amacıyla Türkiye'deki diğer mermerler üzerinde de yapılmalıdır.