



**DOYURMA BASINCI VE SU SICAKLIĞININ ÖRSELENMİŞ BİR KİL
ZEMİNİN DRENAJSIZ KAYMA DAYANIMINA ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Ehsan KHASHABI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2019

Ehsan KHASHABI tarafından hazırlanan “DOYURMA BASINCI VE SU SICAKLIĞININ ÖRSELENMİŞ BİR KİL ZEMİNİN DRENAJSIZ KAYMA DAYANIMINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Yüksel YILMAZ

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

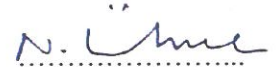
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Başkan: Prof. Dr. Nail ÜNSAL

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ebru AKIŞ

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, ATILIM Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 24/05/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ehsan KHASHABİ

24/05/2019

DOYURMA BASINCI VE SU SICAKLIĞININ ÖRSELENMİŞ BİR KİL
ZEMİNİN DRENAJSIZ KAYMA DAYANIMINA ETKİSİNİN

ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Ehsan KHASHABI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2019

ÖZET

Bu deneysel çalışmada, ince daneli zeminlerin doyurulmasında, ortam sıcaklığı, doyum suyu basıncı ve doyum süresinin etkisi kapsamlı olarak araştırılmıştır. Çalışmada, ince daneli zemin olarak, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine (USCS) göre, CL sınıfı düşük plastisiteli bir zemin kullanılmıştır. Silindirik numuneler, Standart Proctor Enerjisi (SPE), Modifiye Proctor Enerjisi (MPE), ve Standart-Modifiye arası Proctor Enerjisi (IPE) olmak üzere, üç farklı enerji düzeyinde, rijit duvarlı moldlar içerisinde sıkıştırılarak hazırlanmıştır. Doyurma ortam sıcaklığı 15°C, 30°C ve 60°C, doyum suyu basıncı 1 bar, 3 bar ve 6 bar ve doyum süresi 1 gün ve 7 gün olarak belirlenmiştir. Referans amaçlı olarak hazırlanan doyurulmayan numuneler de dahil olmak üzere toplam 171 adet silindirik numune hazırlanmıştır. Doyurma parametrelerinin (ortam sıcaklığı, doyum basıncı ve doyum süresi) etkinliği silindirik numunelerin su içeriği, doyumluk derecesi ve drenajsız dayanım parametreleri üzerinden tartışılmıştır. Konsolidasyonsuz drenajsız (UU) üçeksenli deneyleri üç farklı hücre basıncı (50 kPa, 100 kPa ve 200 kPa) altında yürütülmüştür. Deney bulgularına göre, tüm enerji seviyelerinde sıkıştırılan numunelerde, doyum sonrası su içeriği ve doyumluk derecesi, her üç değişkenle (doyum basıncı, doyum süresi ve doyum ortam sıcaklığı) doğru orantılı olarak artma eğilimi sergilemektedir. Diğer yandan, farklı enerji seviyelerinde (SPE, MPE ve IPE) sıkıştırılan numunelerde doyum sonrası drenajsız kayma dayanımı parametreleri (görünür kohezyon dayanımı ve içsel sürtünme açısı) bir miktar dalgalanma sergilemektedir.

Bilim Kodu : 91105

Anahtar Kelimeler : Doyum basıncı, doyum ortam sıcaklığı, doyum süresi, drenajsız kayma dayanımı parametreleri, örselenmiş zemin, kil

Sayfa Adedi : 167

Danışman : Prof. Dr. Yüksel YILMAZ

INVESTIGATION THE EFFECT OF SATURATION PRESSURE AND WATER
TEMPERATURE ON THE UNDRAINED SHEAR STRENGTH OF A REMOULDED
CLAYEY SOIL

(M. Sc. Thesis)

Ehsan KHASHABİ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2019

ABSTRACT

In this experimental study, the effect of saturation temperature, saturation water pressure and saturation duration on the saturation of fine-grained soils were investigated extensively. In the study, a low plasticity clay (CL), according to Unified Soil Classification System (USCS), was used as a fine-grained soil. The cylindrical samples were compacted in rigid wall moulds at three different compaction energy level: Standart Proctor Energy (SPE), Modified Proctor Energy (MPE) and Intermediate Proctor Energy (IPE). The saturation ambient temperature was determined to be 15 °C, 30 °C and 60 °C, the saturation water pressure was determined to be 1 bar, 3 bar, and 6 bar and the saturation duration was determined to be 1 day and 7 days. A total number of 171 cylindrical samples, including unsaturated samples for reference purposes, were prepared. The effectiveness of the saturation parameters (saturation ambient temperature, saturation pressure and saturation duration) was discussed with water content, degree of saturation and undrained strength parameters of the cylindrical samples. Unconsolidated undrained (UU) triaxial tests were carried out under three different cell pressures (i.e., 50 kPa, 100 kPa and 200 kPa). According to the test results, for all the samples compated at each energy level, the water content and the degree of saturation tend to increase proportionally with each three variables (i.e., saturation water pressure, saturation duration and saturation ambient temperature). On the other hand, post-saturation undrained shear strength parameters (i.e., apparent cohesion strength and internal friction angle) of the samples compacted at different energy levels (i.e., SPE, MPE, and IPE) exhibited some fluctuations.

Science Code : 91105

Key Words : Saturation pressure, saturation ambient temperature, saturation duration, undrained shear strength parameters, remoulded soil, clay

Page Number : 167

Supervisor : Prof. Dr. Yüksel YILMAZ

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Yüksel YILMAZ a ve yine bu çalışmanın önemli birer parçası olan laboratuvar çalıőmalarım sırasında, çok değerli bilgi ve tecrübelerinden faydalanmama imkân veren, İnş. Yük Müh. Uzman Aydın GÖKÇE'ye teőekkürlerimi sunarım. Her zaman ki gibi maddi ve manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan sevgili babam Akbar KHASHABI, sevgili annem Parvin NIKOO'ya ve ayrıca tez sürecinde yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Tuğba SAğIROğLU'na teőekkürlerimi sunarım. Son olarak da sevgili eőim Negar SHADRAVAN'a destek ve yardımlarından dolayı teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Su İçeriğinin Zemin Davranışı Üzerindeki Etkisi.....	3
2.2. Isının Zemin Davranışı Üzerindeki Etkisi	15
2.2.1. Isı değişiminin özgül ağırlık üzerindeki etkisi	15
2.2.2. Isı değişiminin Atterberg limitleri üzerindeki etkisi	17
2.2.3. Isı değişiminin kayma dayanımı üzerindeki etkisi.....	17
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	19
3.1. Materyal	19
3.2. Deney Programı.....	21
3.3. Numunelerin Hazırlanması	21
3.3.1. Standart Proctor kompaksiyon deneyi	21
3.3.2. Modifiye Proctor kompaksiyon deneyi	22
3.4. Doyurma Teknikleri	24

	Sayfa
3.5. Dayanım (UU) Deneylerin Yapılışı.....	27
4. DENEYSEL ÇALIŞMADA ELDE EDİLEN BULGULAR.....	31
4.1. Doyurulmayan Numuneler.....	31
4.2. 15 °C’ de Doyurulan Numuneler.....	33
4.3. 30 °C’ de Doyurulan Numuneler.....	38
4.4. 60 °C’ de Doyurulan Numuneler.....	43
5. DENEY BULGULARININ ANALİZİ VE TARTIŞILMASI.....	49
5.1. Doyurma Sıcaklığının Numunelerin Su İçeriği Üzerindeki Etkisi.....	49
5.2. Doyurma Sıcaklığının Numunelerin Dayanım Parametreleri Üzerindeki Etkisi	53
5.3. Doyurma Süresinin Su İçeriği Üzerindeki Etkisi	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR	63
EKLER.....	65
EK-1. Çalışma kapsamında hazırlanan numuneler ve kontrol parametreleri	66
EK-2. Numunelere ait aksenal birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri	67
EK-3. Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları	86
EK-4. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri	95
EK-5. UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi.....	149
ÖZGEÇMİŞ	167

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kile ait bazı fiziksel özellikler.....	20
Çizelge 3.2. Üç farklı enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerin hazırlanmasında kullanılan kütleler	23
Çizelge 3.3. Çalışmada takip edilen adımlar	26



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Su içeriği ve doygunluk derecesinin serbest basınç dayanımı ile ilişkisi (Zhang ve diğerleri, 2018).....	4
Şekil 2.2. Sıkıştırma su içeriği-serbest basınç dayanımı ilişkileri (Malizia ve Shakoor, 2018).....	6
Şekil 2.3. Farklı su içeriklerinde sıkıştırılan numunelere ait relatif sıklık-basınç dayanımı ilişkileri (Ahadiyan ve diğerleri, 2011)	7
Şekil 2.4. Farklı rölatif sıklıkta sıkıştırılan numunelere ait su içeriği - basınç dayanımı ilişkileri (Ahadiyan ve diğerleri, 2011)	8
Şekil 2.5. Farklı enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerin doyurulmadan serbest basınç dayanımları (Kheirjouy, 2014)	9
Şekil 2.6. SPE ve MPE sıkıştırma enerjisindeki numunelerin farklı doyurma teknikleri ile sonucu kohezyon dayanımının değişmesi (Kheirjouy, 2014)	10
Şekil 2.7. SPE ve MPE sıkıştırma enerjisindeki numunelerin farklı doyurma teknikleri ile içsel sürtünme açısının değişmesi (Kheirjouy,2014)	10
Şekil 2.8. SPE ve MPE sıkıştırma enerjisindeki numunelerin farklı doyurma teknikleri ile su içeriğinin değişmesi (Kheirjouy, 2014)	12
Şekil 2.9. Kübik şekilde hazırlanan numunelerden silindir numunelerin alınması (Rowshanzamir ve Askari, 2010)	13
Şekil 2.10. Numunelerin serbest basınç dayanımı ve sıkıştırma su içeriği arasındaki ilişki (Rowshanzamir, Askari, 2010)	14
Şekil 2.11. Isı değişimi ve özgül ağırlık ilişkileri (Wang ve diğerleri, 1990)	16
Şekil 2.12. Isı değişimi-kayma dayanımı ilişkileri (Hueckel ve Baldi, 1990)	16
Şekil 2.13. ısı değişiminin deviyatör gerilmesi - eksenel birim deformasyon ilişkisi (Cekerevac ve Laloui,2004).....	18
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan kilin dane boyutu dağılım eğrisi.	20
Şekil 3.2. Standart ve modifiye Procktor deneyinden elde edilen kompaksiyon eğrileri	22
Şekil 4.1. Üç farklı sıkıştırma enerjisinde hazırlanan ve doyurulmadan UU deneye tabi tutulan numunelerin ait Mohr daireleri ve yenilme zarfları	31

Şekil	Sayfa
Şekil 4.2. Üç farklı enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerin kohezyon ve içsel sürtünme açısı.....	32
Şekil 4.3. 15°C 'de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç-su içerikleri ilişkileri.	33
Şekil 4.4. 15°C 'de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç- doygunluk derecesi ilişkileri.	34
Şekil 4.5. 15°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - pik deviatör gerilmesi ilişkileri... ..	36
Şekil 4.6. 15°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - kohezyon dayanımı ilişkileri.....	37
Şekil 4.7. 15°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - içsel sürtünme açısı ilişkileri.	38
Şekil 4.8. 30°C 'de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç-su içerikleri ilişkileri.....	39
Şekil 4.9. 30°C 'de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç - doygunluk derecesi ilişkileri.. ..	40
Şekil 4.10. 30°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - pik deviatör gerilmesi ilişkileri.	41
Şekil 4.11. 30°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - kohezyon dayanımı ilişkileri	42
Şekil 4.12. 30°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - içsel sürtünme açısı ilişkileri.	43
Şekil 4.13. 60°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - su içeriği ilişkileri.	44
Şekil 4.14. 60°C 'de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç - doygunluk derecesi ilişkileri.	45
Şekil 4.15. 60°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - pik deviatör gerilmesi ilişkileri.. ..	46
Şekil 4.16. 60°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - kohezyon dayanımı ilişkileri	47
Şekil 4.17. 60°C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - içsel sürtünme açısı ilişkileri.	47

Şekil	Sayfa
Şekil 5.1. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyurulan numunelerin doyurma basıncı - su içeriği ilişkileri.....	50
Şekil 5.2. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyurulan numunelerin doyurma basıncı - doyunluk derecesi ilişkileri	52
Şekil 5.3. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyurulan numunelerin doyurma basıncı - görünür kohezyon ilişkileri	54
Şekil 5.4. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyurulan numunelerin doyurma basıncı - görünür kohezyon ilişkileri	56
Şekil 5.5. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyurulan numunelerin doyurma basıncı - içsel Sürtünme açısı ilişkileri	58

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Çalışmada numunelerin sıkıştırılmasında kullanılan aparat.	23
Resim 3.2. Deneyde kullanılan doyurma aparatları ve doyurma havuzu	25
Resim 3.3. Çalışmada kullanılan UU üçeksenli basınç deneyi cihazı.	29



HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Kilin temin edildiği yerin haritada gösterimi	19



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
c	Kohezyon, kPa
E	Sıkıştırma enerjisi, kJ/m^3
G_s	Özgül ağırlık
LI	Likidite indisi, %
LL	Likit limit, %
M_{kil}	Kuru kil kütlesi, g
M_{su}	Su kütlesi, g
$M_{yaş}$	Yaş zemin kütlesi, g
PI	Plastisite indisi, %
PL	Plastik limit, %
ϕ	İçsel sürtünme açısı, ($^{\circ}$)
ϕ_p	Pik içsel sürtünme açısı, ($^{\circ}$)
w_{opt}	Optimum su içeriği, %
ω	Su içeriği, %
ρ_d	Kuru yoğunluk, Mg/m^3
ρ_{dmax}	Maksimum kuru yoğunluk, Mg/m^3
γ_d	Kuru birim hacim ağırlık, kN/m^3
γ_{dmax}	Maksimum kuru birim hacim ağırlık, kN/m^3
σ	Toplam gerilme, kPa
σ_1	Eksenel gerilme, kPa
σ_3	Hücre basıncı, kPa
τ	Kayma gerilme, kPa
ϵ_a	Eksenel birim deformasyon, %
σ_d	Deviyatör gerilmesi, kPa

Kısaltmalar**Açıklamalar****ASTM**

American Society for Testing and Materials

CD

Consolidated Drained

CU

Consolidated Undrained

IPE

Intermediate Proctor Enerjisi

MPE

Modifiye Proctor Enerjisi

UU

Unconsolidated Undrained

SBD

Serbest Basınç Dayanımı

SPE

Standart Proctor Enerjisi

USCS

Unified Soil Classification Systems

1. GİRİŞ

Zemin insanlığın en eski ve belki de en karmaşık mühendislik malzemesidir. Yapılacak yapının güvenliği için üzerine oturduğu zeminin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Doğanın denge durumundaki yapısına müdahale edildiği zaman, diğer bir deyiş ile zeminin ilave yük altına girmesi veya kazılması durumunda, bu malzemelerin mühendislik davranışının belirlenmesi gerekir. Geoteknik problemlerinde, örneğin taşıma gücü hesaplamalarında, yanal zemin basıncı hesaplamalarında, şev duraylılığı hesaplamalarında ve kayma dayanımı hesaplamalarında (içsel sürtünme açısı ve kohezyon) doğru olarak bilinmesi ve hesaplaması çok önemlidir.

Geoteknik mühendisliğinin ilgilendiği dane boyutu yaklaşık olarak 60mm'den 1,0 mikrona kadar değişmektedir. %50' den fazlası ASTM no. 200 elek' ten (0,075 mm) geçen zeminler ince taneli zeminler olarak adlandırılırlar ve killer de bu sınıflandırmaya giren zemin türlerinden biridir. Casagrande (1948) tarafından geliştirilen Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma sistemi (USCS) 'na göre killerin sınıflandırılması tane boyuna göre değil, Plastisite karakteristiklerine göre (Atterberg Limiti) yapılır. Başka bir deyişle ince taneli zeminlerde su içeriği, zemin davranışını kontrol eden önemli bir faktördür.

Günümüzde mevcut inşaat alanlarının eksikliğinden dolayı kil zeminler üzerinde yapılaşma kaçınılmazdır. Killer ise karmaşık yapısıyla bilinen yüksek sıkışabilirliğe ve düşük kayma dayanımına sahip ince taneli zeminler olarak bilinmektedir. Laboratuvar deney metotları doğru arazi koşullarını, laboratuvarın kontrollü şartlarında simüle etmek için geliştirilmiş ve asıl amacı numunelerin arazideki yüklere maruz kaldıklarındaki mekanik davranışlarının laboratuvarında doğru olarak temsil edilmesidir.

Genel olarak yüksek kil oranına sahip zemin türlerinde zeminin su içeriğinin değişmesi ile zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri değişmektedir. Suyu doygun kohezyonu bir zeminin mukavemet parametreleri, yükleme şartlarına 'da bağlı olarak suya doygun olmayan aynı zeminin mukavemet parametrelerinden daha küçüktür. Kil zeminler optimum su içeriğinden daha düşük su içeriklerinde, yüksek taşıma kapasitesi ve daha az deformasyon gösterirken su içeriği arttıkça taşıma kapasiteleri azalır ve yükler altındaki deformasyonu artar. Katı, sıvı ve hava olmak üzere üç fazdan oluşan zemin prizmasında en kritik durum, zemin içerisindeki boşlukların tamamının su ile dolu olduğu durumdur. Dolayısıyla, mevcut durumda zemin

suya doymun olmasa bile, ileride suya doymun hale gelebileceği göz önünde bulundurularak, geleneksel zemin mekaniği uygulamalarında incelenen zemin genellikle doymun durumda kabul edilerek hesaplamalar yapılmaktadır. Bu nedenle genellikle, laboratuvar ortamında zemin numunelerinin önce doyurulup ve daha sonra deneye tabi tutulması tercih edilmektedir.

Bu tez kapsamında üç kademeli bir çalışma sistemi yürütülmüştür. İlk olarak araştırmada kullanılan zeminin mühendislik özellikleri çeşitli laboratuvar deneyleri ile elde edilmiştir. İkinci aşamada farklı doymun işlemleri ile zemin numuneleri doyurulmuş üçüncü aşamada ise numunelerin doymun işleminde nasıl etkilendiği araştırılmıştır.

Zemin numuneleri Standard Proctor Enerji (SPE), Intermediate Proctor Enerji (IPE) ve Modified Proctor Enerji (MPE), olmak üzere üç farklı sıkıştırma enerji seviyesinde hazırlanmıştır. Aynı şartlar altında hazırlanan numuneler (aynı su içeriği ve kuru birim hacim ağırlıkta) laboratuvar sıcaklığında (15 ± 1 °C) 1 bar, 3 bar ve 6 bar olmak üzere farklı basınçlar uygulanılarak ve farklı iki zaman aralığında (1 ve 7 gün) doymun işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra numuneler doymun düzeneğinden alınıp üç farklı hücre basıncında (50 kPa, 100 kPa ve 200 kPa) Konsolidasyonsuz-Drenajsız (UU) eksenli basınç deneyi yürütülmüştür.

Numuneler su içerikleri (w) ve doymunluk derecesi (S), dayanım deneyleri öncesi ve sonrasında belirlenmiştir. Doymun esnasında ısı değişiminin numuneler üzerindeki etkisinin araştırılması için yukarıda anlatılan adımlar 30°C ve 60°C sıcaklıkta tekrar edilmiştir. Bunun için 30°C ve 60°C 'de doymun işlemi için basınç altında, ısı kontrollü su havuzlarında belirlenen süre içerisinde bekletilip doymun işlemi gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde killerin davranışlarını etkileyen faktörler üzerinde yapılan önceki çalışmalar özetle ele alınmıştır.

Doymun olmayan zeminler, doymun olan zeminlerden mukavemet özellikleri, oturmalar vb. parametrelerinde farklılık göstermektedirler.

Bir zemin numunesi, zemin taneleri, hava ve su olmak üzere üç farklı fazdan oluşmaktadır. Terzaghi'ye göre zemin mekaniğinde meydana gelen problemlerin kaynağı zeminin kendisi değil, boşluklarında tuttuğu sudur. Eğer zemindeki boşlukların tamamı su ile dolu ise bu zemine Doymun Zemin denilir. Pratikte %98' den daha büyük doymunluk derecesine sahip olan zeminler doymun olarak kabul edilir (Gülşen, 2013).

Birçok araştırmacı zeminler üzerinde gerek teorik, gerekse deneysel olarak yaptıkları araştırmalarda zemin numunelerinin doymun veya tamamen kuru olduğu varsayımı ile çalışmalarını yürütmüşlerdir.

Bu tez çalışmasında zemin davranışı üzerinde etkisinin araştırıldığı bir diğer faktör sıcaklık faktörüdür. Son yıllarda farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmaların sonuçlarına göre zemin özellikleri ısı değişiminden etkilenmektedirler. Özellikle ince taneli zeminler ısı değişiminden daha çok etkilenmektedirler.

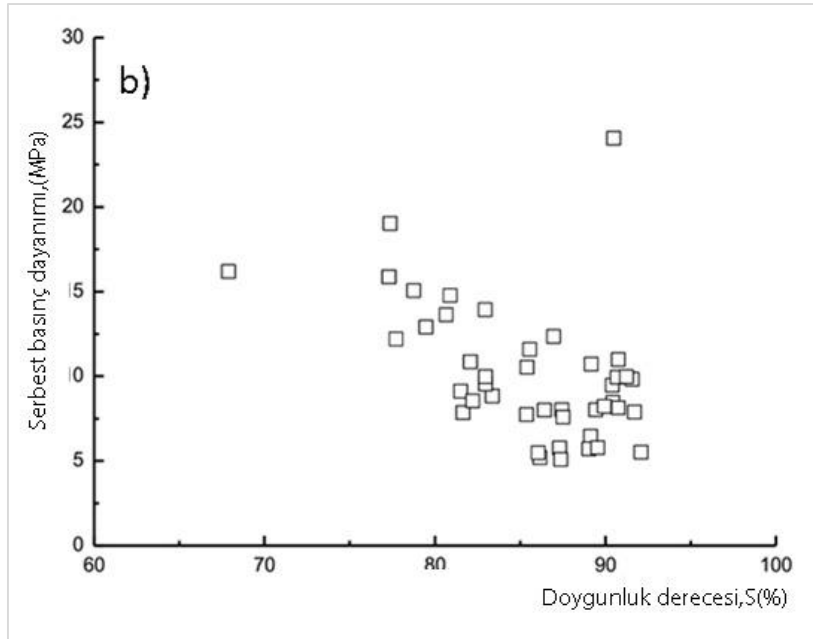
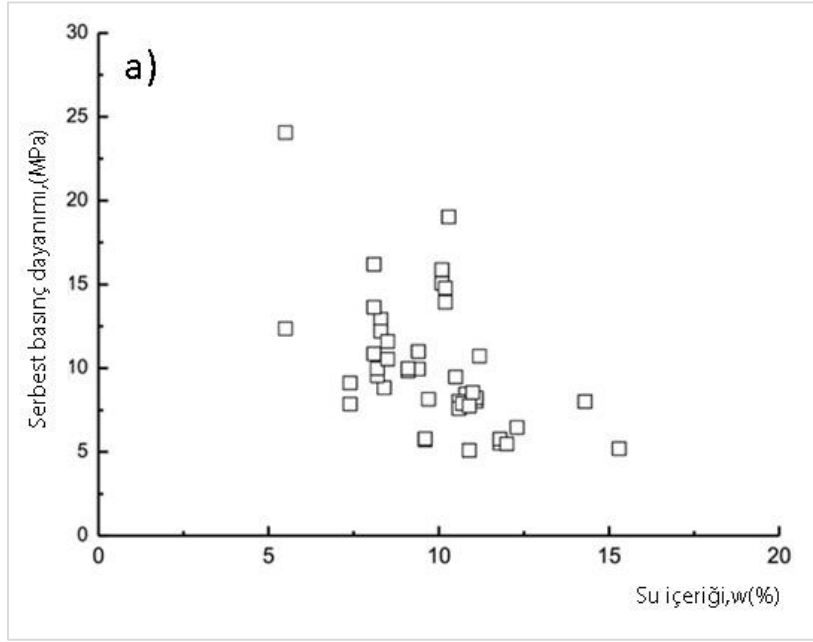
İlk olarak su içeriğinin sonrada ısı değişiminin zemin davranışı üzerindeki etkisini irdeleyen bazı çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

2.1. Su İçeriğinin Zemin Davranışı Üzerindeki Etkisi

Zhanga ve diğerleri (2018), kil numunelerinde serbest basınç deneyi yaparak Serbest Basınç Dayanımlarını, Doymunluk Derecesi ile ilişkilendirmeye çalışmışlardır. Çalışmada sert kilden oluşmuş bir zeminde açılan 9 sondaj kuyusunun farklı derinliklerinden boyutları 85mm × 300 mm olan zemin numuneleri alınmıştır. Zemin numunelerinin %50 den fazlasının kil olduğu belirtilmiştir. Daha sonra alınan örneklerden 76 mm × 38 mm boyutlarında numuneler elde edilip, hazırlanan numuneler 3 - 4 gün aralığında kürde

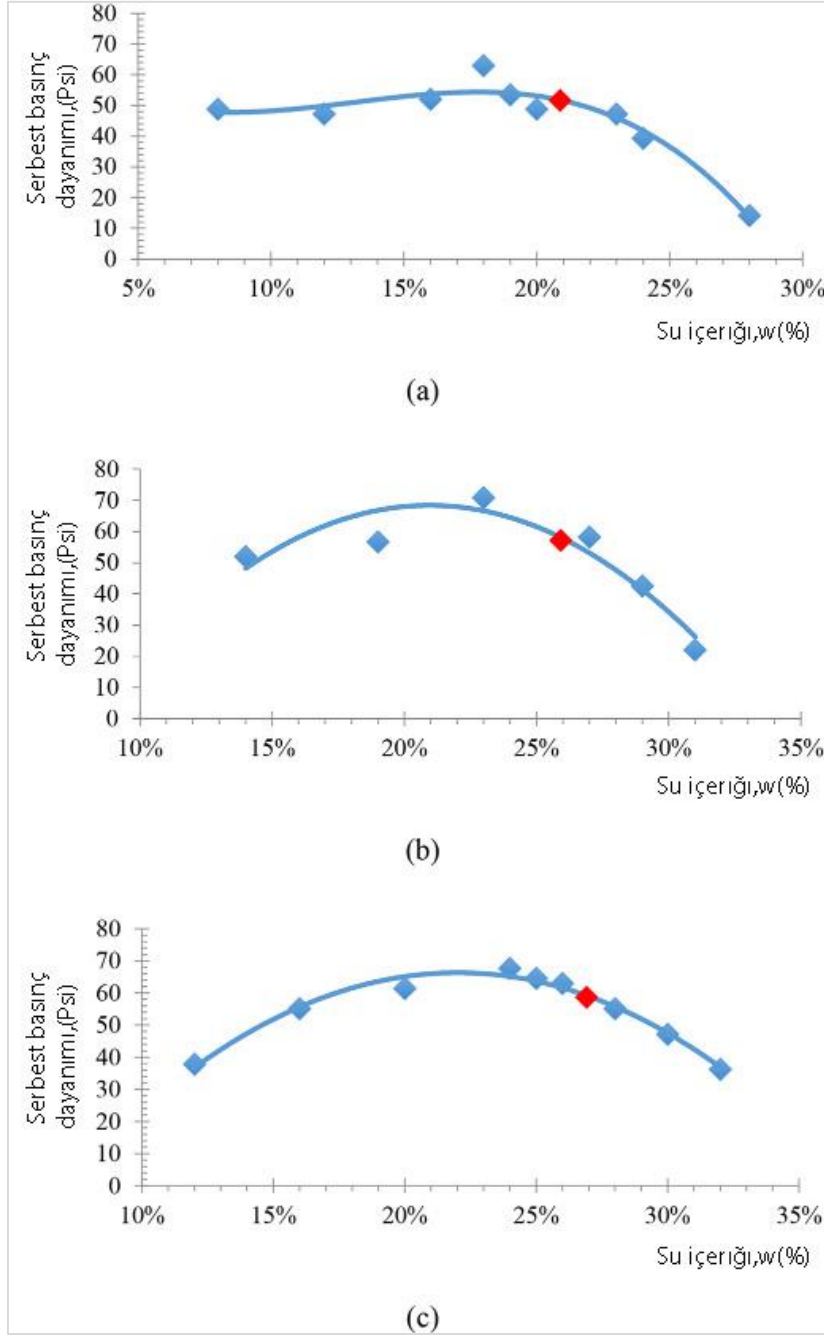
bekletildikten sonra ASTM D2166' ya uygun olarak serbest basınç deneyine tabi tutulmuştur. Deneyden elde edilen sonuçlar Şekil 2.1' de verilmiştir.

Şekil 2.1' den zemin numunelerinde su muhtevası artığında serbest basınç dayanımının azaldığı görülmektedir. Öyle ki %6 su içeriğine sahip numunenin su içeriği artıkça ve %15'e ulaştığı zaman numunelerin serbest basınç dayanımında %75 oranında bir düşüş görülmektedir.



Şekil 2.1. a) Su içeriği ile serbest basınç dayanımı ilişkisi, b) Doymunluk derecesi ile serbest basınç dayanımı ilişkisi (Zhanga ve diğerleri, 2018)

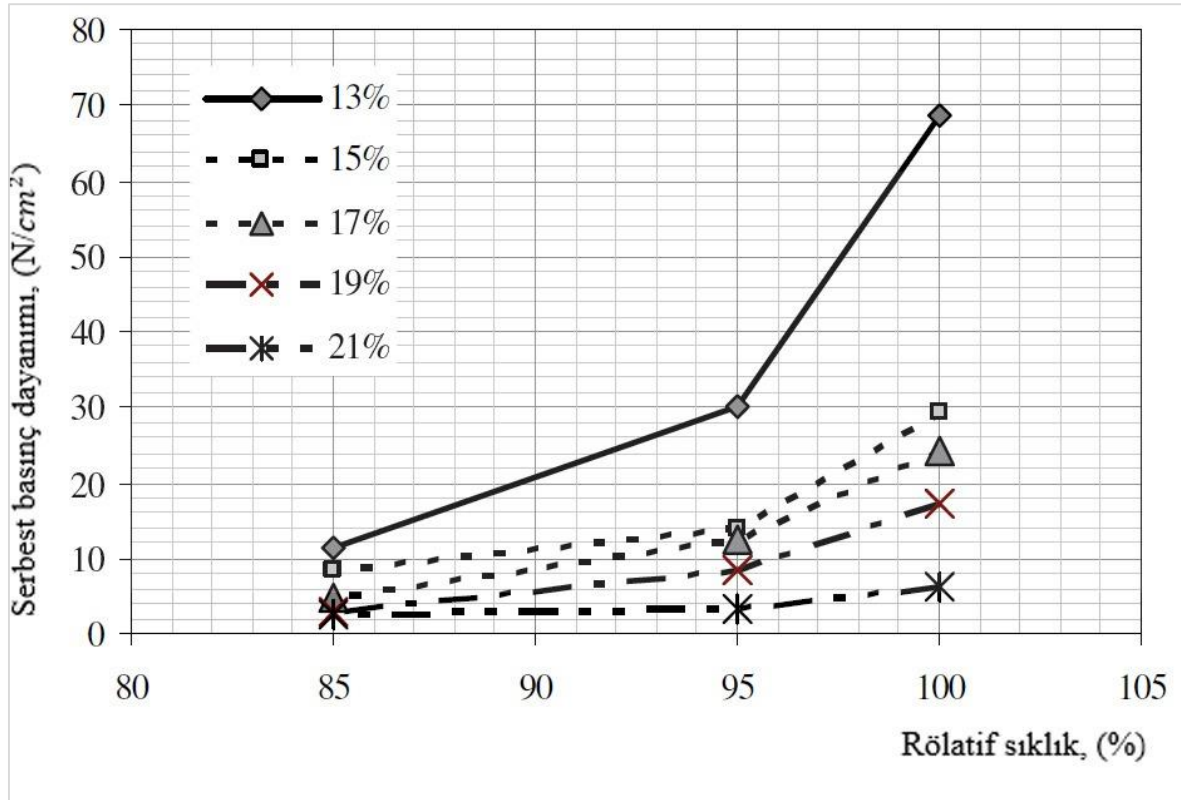
Maliziaa ve Shakoor (2018) düşük, orta ve yüksek plastisiteye sahip üç farklı kil kullanarak su içeriklerinin değişiminin zemin dayanım ve deformasyonunu nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmada Standart Proctor Enerji seviyesinde düşük, orta ve yüksek plastisiteye sahip üç farklı zemin numunelerinin her birinden 6 farklı örselenmiş ve sıkıştırılmış numune yapılmıştır. Çalışmada numunelerin su muhtevaları kademeli olarak artırılmış ve üzerlerinde serbest basınç deneyi ve kesme kutusu deneyleri yürütülmüştür. Maksimum kuru yoğunlukta ve optimum su muhtevasında sıkıştırılan düşük, orta ve yüksek plastisiteli örneklerin üzerinde yapılan serbest basınç deneyinden elde edilen serbest basınç dayanımı düşük plastisiteli killer için 372,3 kPa, orta plastisiteli killer için 406,8 kPa ve yüksek plastisiteli killer için de 413,7 kPa'dır. Serbest basınç dayanımı ve sıkıştırma su içeriği ilişkileri Şekil 2.2' de elde edilmiştir.



Şekil 2.2. Sıkıştırma su içeriği-serbest basınç dayanımı ilişkileri a) düşük plastisiteli kil b) orta plastisiteli kil c) yüksek plastisiteli kil (Maliziaa ve Shakoora, 2018)

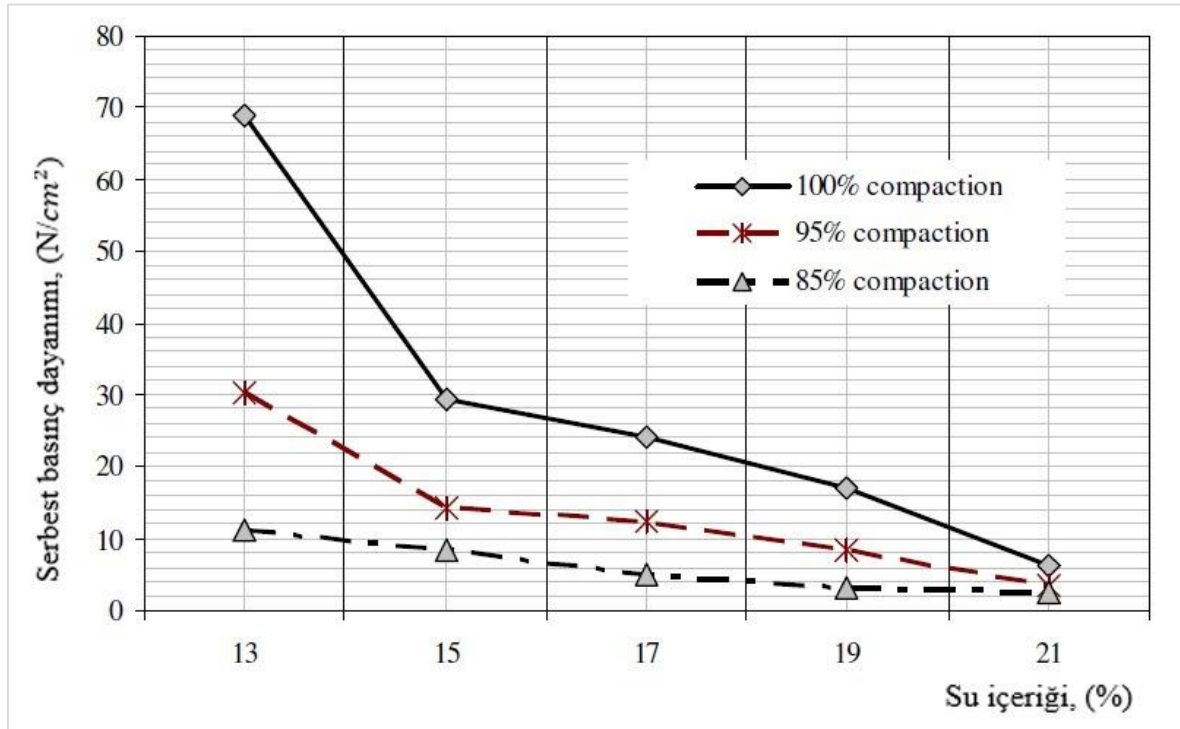
Şekil 2.2' de görülen kırmızı nokta her bir numune için belirlenen optimum su içeriğidir. Su içeriğinin artışı ile ilk önce zemin numunelerinin serbest basınç dayanımlarında artış görülmektedir ancak optimum su içeriği artı %5 değerine ulaşıldığında serbest basınç dayanımında düşüş meydana gelmektedir. Dikkat edilmesi gereken bir diğer konu düşük ve orta plastisiteli killerin serbest basınç dayanımlarındaki düşüşün yüksek plastisiteli killerden daha sert oluşudur.

Ahadiyan ve diğeri (2011) CL türü kil üzerinde yaptıkları araştırmada farklı yoğunlukta ve su içeriklerinde numuneler hazırlamış ve serbest basınç deneyine tabi tutmuşlar. Çalışmada kullanılan kilin maksimum kuru yoğunluğu 1828 kg/m^3 ve optimum su içeriği %17 olarak belirlenmiştir. Çalışmada numuneler üç farklı rölatif sıklıkta (%85, %95 ve %100) ve beş farklı su içeriklerinde ($\omega_{\text{opt}} - \%4$, $\omega_{\text{opt}} - \%2$, ω_{opt} , $\omega_{\text{opt}} + \%2$ ve $\omega_{\text{opt}} + \%4$) sıkıştırılmış ve serbest basınç deneyleri yapıldıktan sonra numunelere ait basınç dayanımları ve elastisite modülü hesaplanmıştır.



Şekil 2.3. Farklı su içeriklerinde sıkıştırılan numunelere ait rölatif sıklık - basınç dayanımı ilişkileri (Ahadiyan ve diğeri, 2011)

Şekil 2.3' de farklı su içeriklerinde sıkıştırılan numunelere ait basınç dayanımı - rölatif sıklık ilişkileri verilmiştir görüldüğü üzere numuneler 'de rölatif sıklık arttıkça basınç dayanımı artmaktadır ve bu artış su içeriği düşük olan numunelerde, su içeriği yüksek olan numunelere kıyasla daha fazladır. Şekil 2.3' de dikkat edilmesi gereken bir başka husus su içeriği artışının numuneler 'de basınç dayanımında düşüş 'e neden olduğudur. Bu olay Şekil 2.4' de açıkça görülmektedir.



Şekil 2.4. Farklı rölatif sıklıkta sıkıştırılan numunelere ait su içeriği - basınç dayanımı ilişkileri (Ahadiyan ve diğerleri, 2011)

Kheirjoui (2014) çalışmasında ilk önce standart Proctor enerji (SPE) ve modifiye Proctor enerji (MPE) düzeylerinde optimum su içeriklerinde ve maksimum kuru birim hacim huağırlıklarında zemin numuneleri hazırlamıştır.

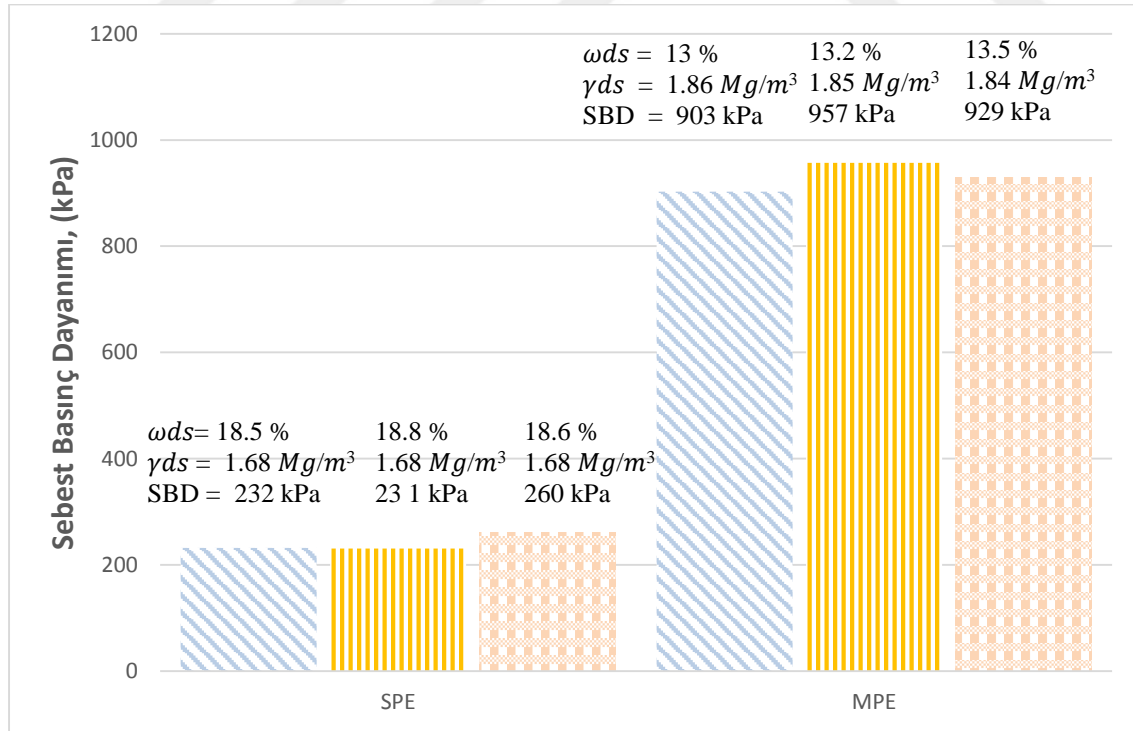
Standart Proctor enerji (SPE) kullanılarak yapılan numunelerin maksimum kuru birim hacim ağırlık $16,50 \text{ kN/m}^3$, optimum su içeriği %19,0 ve modifiye Proctor enerji (MPE) kullanılarak yapılan numunelerin ise maksimum kuru birim hacim ağırlık $18,4 \text{ kN/m}^3$, optimum su içeriği %13,5 olarak belirlenmiştir.

Daha sonra numuneler yüksekliği 105 mm ve çapı 50 mm olmak üzere silindir şekilli rijit duvarlı PVC moldlar içerisinde sıkıştırılarak hazırlanmıştır. Numunelerin doyurma işleminde, cazibe ile suya doyurma işlemi ve vakum ile suya doyurma işlemi olmak üzere iki farklı doyurma tekniği kullanmıştır.

Cazibe ile doyurma işleminde PVC moldlar içerisine sıkıştırılan numuneler düşey seviyeli permeabilite düzeneğine benzer bir düzenekte 4m hidrolik yük altında 1 hafta, 2 hafta, 3 hafta ve 4 hafta doyurma işlemine maruz kalmışlardır.

Vakum ile doyurma işleminde ise PVC moldlar içerisinde hazırlan numuneler vakum tankına konularak ve -90 kPa basınç uygulanılarak 1 hafta ve 2 hafta süresince doyurma işlemi gerçekleştirilmiştir.

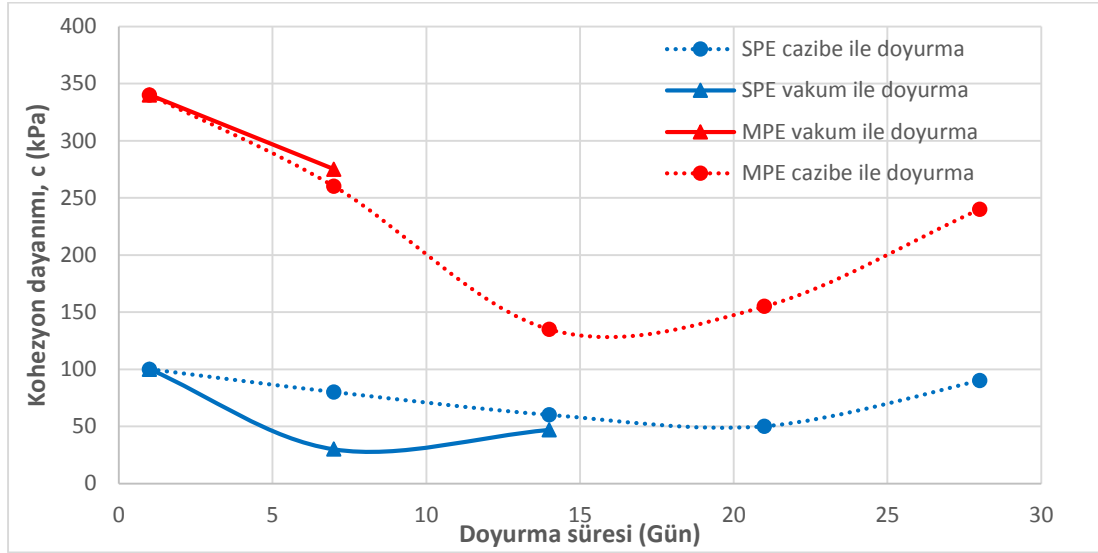
Doyurma işleminden sonra numuneler üzerinde serbest basınç deneyi ve konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi (UU) yapılmıştır. UU deneyi 6 farklı hücre basıncında (25, 50, 100, 150, 200 ve 300 kPa) yürütülmüştür.



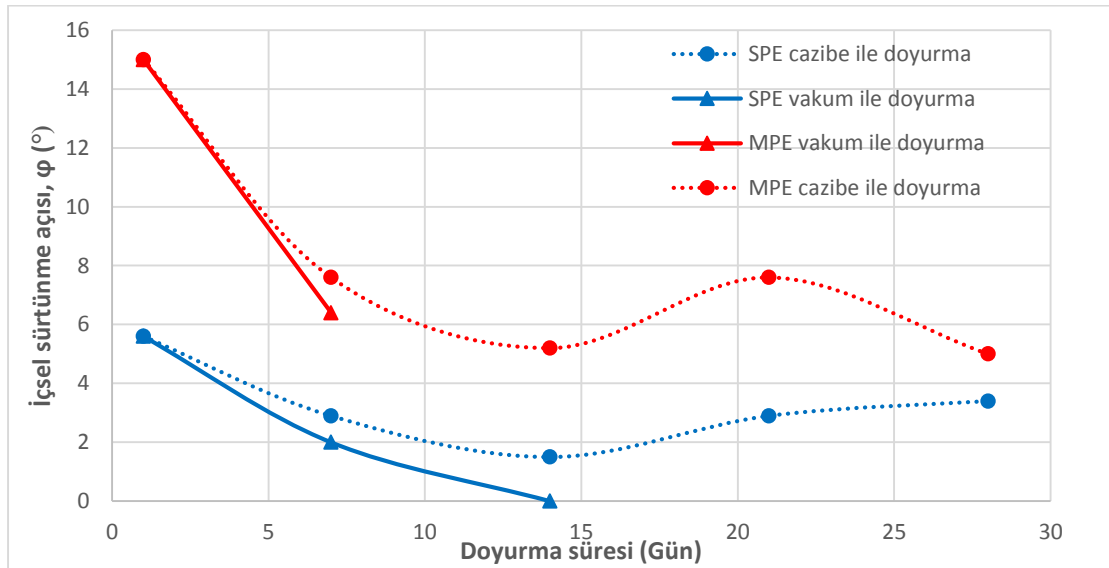
Şekil 2.5. Farklı enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerin doyurulmadan serbest basınç dayanımları (Kheirjouy, 2014' den yeniden düzenlenmiştir)

Şekil 2.5’ de görüldüğü SPE düzeyinde sıkıştırılan numuneler 241 kPa ve MPE düzeyinde ise 929 kPa serbest basınç dayanıma sahiptirler.

Doyurulmayan numuneler üzerinde yapılan UU üç eksenli basınç deney sonucu SPE düzeyinde sıkıştırılan numuneler için kohezyon (c) 102 kPa ve içsel sürtünme açısı $\phi = 5,6^\circ$ ve MPE düzeyinde sıkıştırılan numuneler için ise $c = 340$ kPa ve $\phi = 15^\circ$ dir.



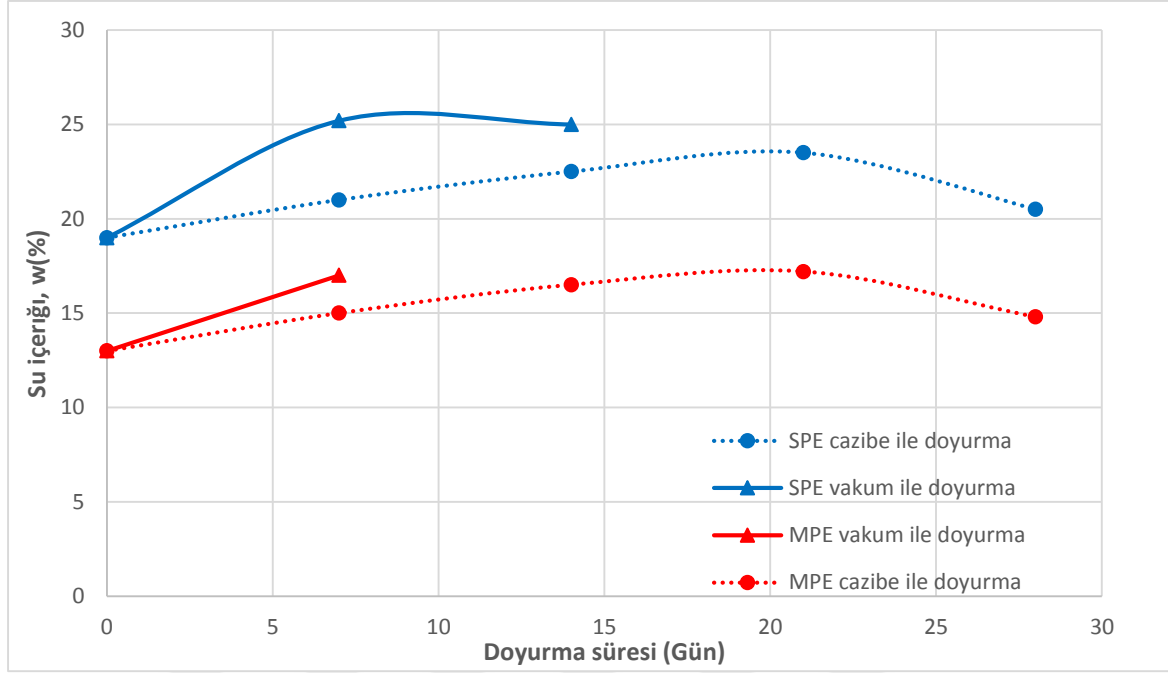
Şekil 2.6. SPE ve MPE sıkıştırma enerjisindeki numunelerin farklı doyurma teknikleri ile sonucu kohezyon dayanımının değişmesi (Kheirjouy, 2014’den yeniden düzenlenmiştir)



Şekil 2.7. SPE ve MPE sıkıştırma enerjisindeki numunelerin farklı doyurma teknikleri ile içsel sürtünme açısının değişmesi (Kheirjouy, 2014’den yeniden düzenlenmiştir)

Şekil 2.6 ve 2.7 'de görüldüğü üzere SPE sıkıştırma düzeyindeki numuneler 7 veya 14 gün doyurma işlemine maruz kaldıktan sonra kohezyon dayanımı 2~3 kat azalma göstermektedir, aynı Şekilde içsel sürtünme açısı %85 azalmıştır. Ayrıca iki farklı yöntem ile yapılan doyurma işlemleri kıyaslandığında vakum ile doyurma işleminin hem kohezyon ve hem içsel sürtünme açısı üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir. Cazibe yöntemi ile doyurulan numunelerde, kohezyon dayanımının 21 gün, içsel sürtünme açısının da 14 günden sonra yükselmesi araştırmacı tarafından özdeş olmayan numune farkından kaynaklandığı savunulmaktadır.

MPE enerji düzeyinde sıkıştırılan numunelerde 7 gün doyurma işleminin sonunda, numunelerin kohezyon dayanımı 340 kPa' dan 276 kPa' ya düştüğü ve aynı Şekilde içsel sürtünme açısının 2 kata kadar azaldığı görülmektedir. Şekillere 2.6 ve 2.7 bakıldığında görüldüğü üzere, vakum yöntemi ile 7 gün boyunca doyurulan numunelerin içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri 14 gün boyunca cazibe yöntemi ile doyurulan numuneler ile yaklaşık olarak eşdeğerdir. Ayrıca SPE sıkıştırma enerjisindeki numunelerin başlangıç su içeriklerinin %19' dan cazibe yöntemi ile maksimum %24' e, vakum yöntemi ile doyurulan numunelerde ise yaklaşık olarak %25' e ulaşıldığı ve MPE sıkıştırma enerjisindeki numunelerin başlangıç su içeriklerinin %13' den cazibe yöntemi ile maksimum %16' ya, vakum yöntemi ile doyurulan numunelerde ise yaklaşık %16.5' a ulaşıldığı görülmektedir. SPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerin su içeriğinin aynı süre aralığında vakum ile doyurulan numunelerden daha yüksek olduğu görülmektedir.



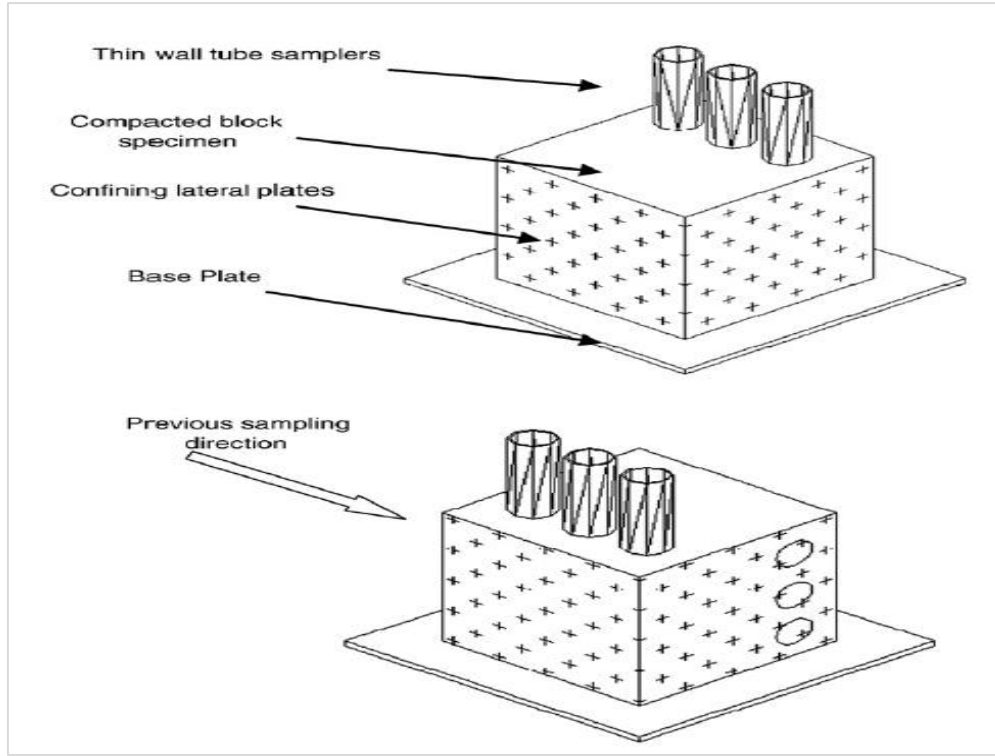
Şekil 2.8. SPE ve MPE sıkıştırma enerjisindeki numunelerin farklı doğurma teknikleri ile su içeriğinin değişmesi (Kheirjouy, 2014' den yeniden düzenlenmiştir)

Şekil 2.8' de görüldüğü üzere her iki doğurma yöntemi ile doğurulan numunelerde, doğurma işlem süreleri arttıkça numunelerin su içerikleri de artmıştır (Kheirjouy, 2014). Vakum tekniği ile 7 gün boyunca doğurma işlemine maruz bırakılan numunelerin deney sonu su içeriklerinde, düşen seviyeli hidrolik yük altında cazibe ile 28 gün doğurma işlemine tabi tutulan numunelerin su içeriklerinden daha yüksek değerler elde edilmiştir.

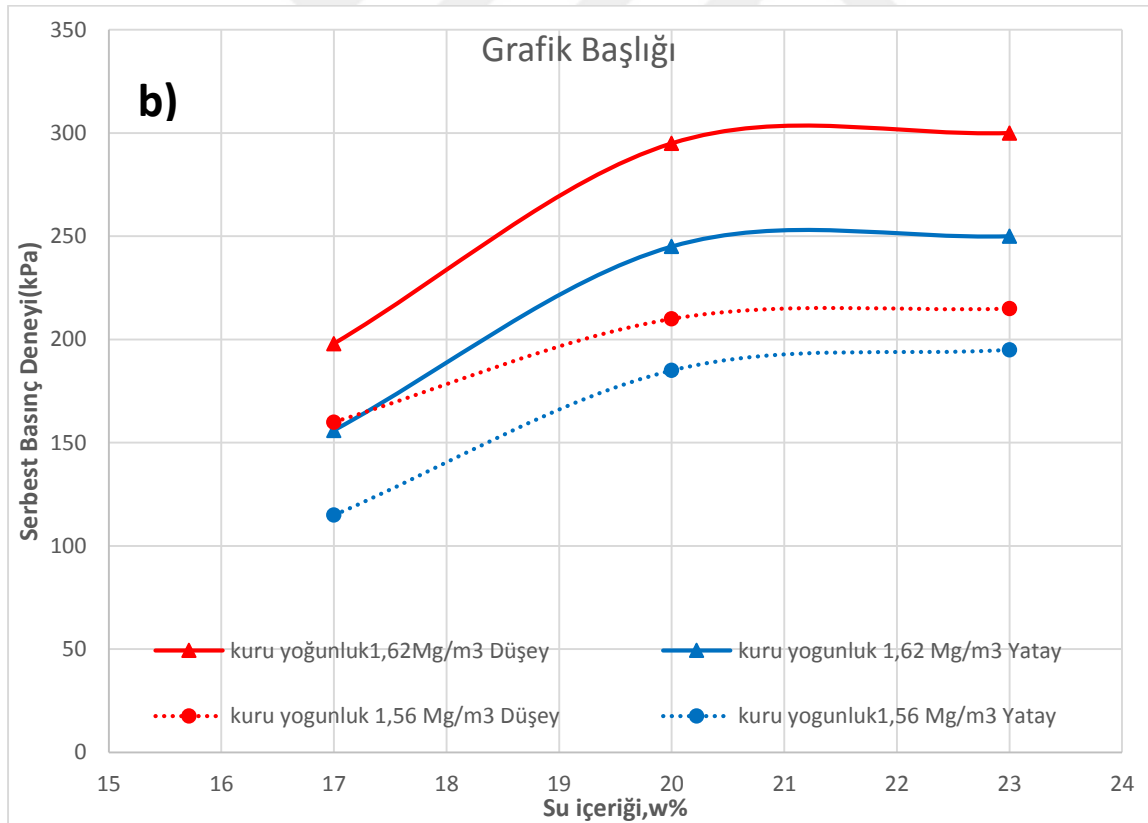
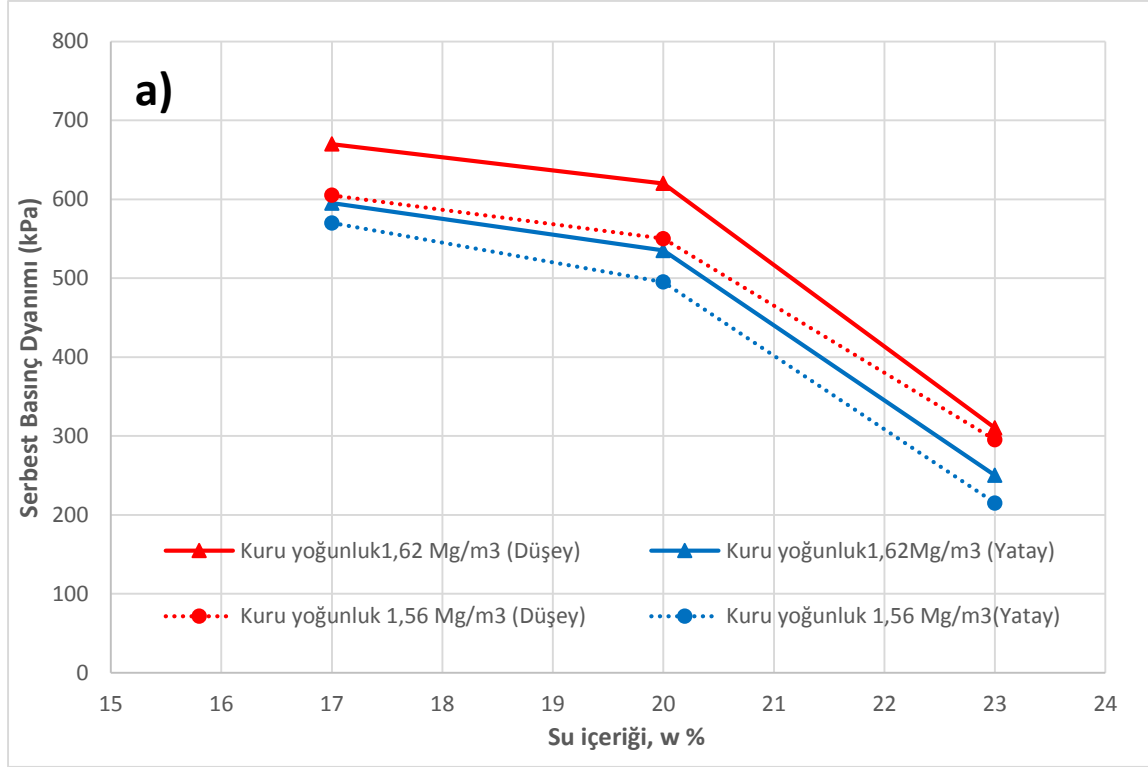
Rowshanzamir ve Askari (2010) İsfahan Teknik Üniversitesi sahasından alınan CH türü kil ve iyi derecelenmiş kum karışımı üzerinde standart serbest basınç deneyleri yürütülmüştür. İlk önce numuneler üzerinde Proctor Deneyi yapılmış ve bu deney sonucunda optimum su içeriği %20 olarak belirlenmiştir. Deneyde kullanılan numuneler optimum, optimumun ıslak tarafı ve optimumun kuru tarafında olmak üzere üç farklı su muhtevasında (sırasıyla 17%, 20% ve 23%) ve kuru birim hacim ağırlıkları (sırasıyla 1,5-1,56 ve 1,67 g/cm^3) hazırlanmıştır.

Rowshanzamir ve Askari (2010) numuneleri hazırlamak için optimum su içeriğinde hazırlanan numuneleri 16 saat kürde beklettikten sonra rijit duvarlı 15×15×15 cm boyutlarında kubik moldlar içerisinde 3 veya 5 tabaka halinde sıkıştırmışlardır. Moldların alt ve üst kısımlarında sıkıştırmadan sonra filtre kâğıdı ve poroz taş yerleştirilmiştir. Daha sonra numuneler su tankı içerisinde yüzdürülerek doğurma işlemine tabi tutulmuştur.

Doyurma işleminin daha etkili olması amacı ile numunelere alt kısımdan 20 kPa basınç uygulanmıştır. Doyurma işlemi 3 ile 5 gün süresince yapılmış daha sonra kübik numunelerden 3 adet kompaksiyon uygulanan düzlemde ve 3adet kompaksiyonun uygulandığı düzleme dik olarak toplam 6 farklı silindirik numune alınmıştır (Şekil 2.9). Daha sonra hazırlanan silindirik numuneler üzerinde serbest basınç deneyleri yapılmıştır.



Şekil 2.9. Kübik şekilde hazırlanan numunelerden silindir numunelerin alınması (Rowshanzamir ve Askari, 2010)



Şekil 2.10. a) Doyurulmayan numunelerin serbest basınç dayanımı ve sıkıştırma su içeriği arasındaki ilişki b) Farklı su içeriklerinde hazırlanan numunelerin doyurulduktan sonra serbest basınç dayanımı ile sıkıştırma su içeriği ilişkisi (Rowshanzamir ve Askari, 2010' dan yeniden düzenlenmiştir)

Şekil 2.10 (a)' da farklı numunelerin doyurma işlemine maruz kalmadan serbest basınç-su içeriği ilişkileri görülmektedir. Şekil 2.10' a göre aynı kuru yoğunlukta ama farklı su içeriğinde hazırlanan numunelerde su içeriği arttıkça serbest basınç dayanımının azalmaktadır. Ayrıca düşey yönde alınan numunelerin, yatay yönde alınan numunelere nazaran daha yüksek serbest basınç dayanımlarına sahip oldukları görülmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken bir başka konu ise, kuru yoğunluğu yüksek olan numunelerin daha yüksek serbest basınç dayanımına sahip oluşudur. Ayrıca serbest basınç dayanımında diğer faktörlerden daha etkili olan faktörün su muhtevası olduğu görülmektedir, öyle ki su muhtevasındaki %15 lik artış serbest basınç dayanımında %60 düşüşe neden olmaktadır.

Şekil 2.10 (b)' de farklı numunelerin doyurma sonrası serbest basınç dayanımı ve su içeriği ilişkileri görülmektedir. Şekil 2.11 incelendiğinde yine doyurulmayan numunelerde olduğu gibi düşey yönde alınan numunelerin yatay yönde alınan numunelere nazaran daha yüksek serbest basınç dayanımına sahip oldukları görülmektedir ve ayrıca daha yüksek kuru yoğunluğa sahip olan numunelerde daha yüksek serbest basınç dayanımına ulaşıldığı görülmektedir. Bir diğer husus da doyurulmayan numunelerin aksine doyurulan numunelerde, sıkıştırma su içeriği arttıkça doygunluk sonrası serbest basınç dayanımlarında artış gözlemlenmesidir. Özetle doyurma öncesi ve doyurma sonrası serbest basınç dayanımları kıyasladığında (Şekil 2.10), doyurulmadan önce sıkıştırma su içeriği artışı numunelerde serbest basınç dayanımında azalmaya ve doyurulduktan sonra serbest basınç dayanımında yükselmeye neden olmaktadır (Rowshanzamir ve Askari, 2010).

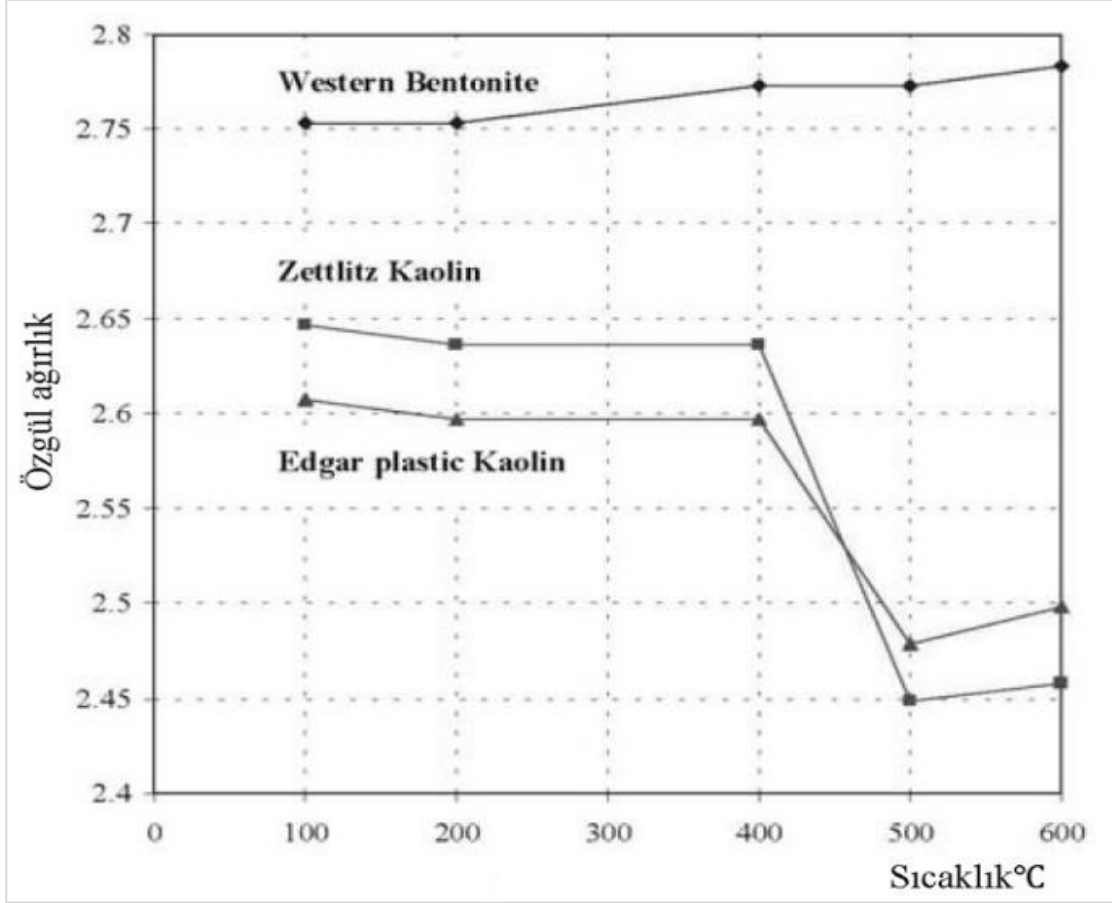
2. 2. Isının Zemin Davranışı Üzerindeki Etkisi

Isının zemin davranışı üzerinde etkisi farklı araştırmacılar tarafından araştırılmış ve farklı sonuçlar sunulmuş olsa da genel olarak ısının özellikle ince taneli zeminlerin davranışı üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

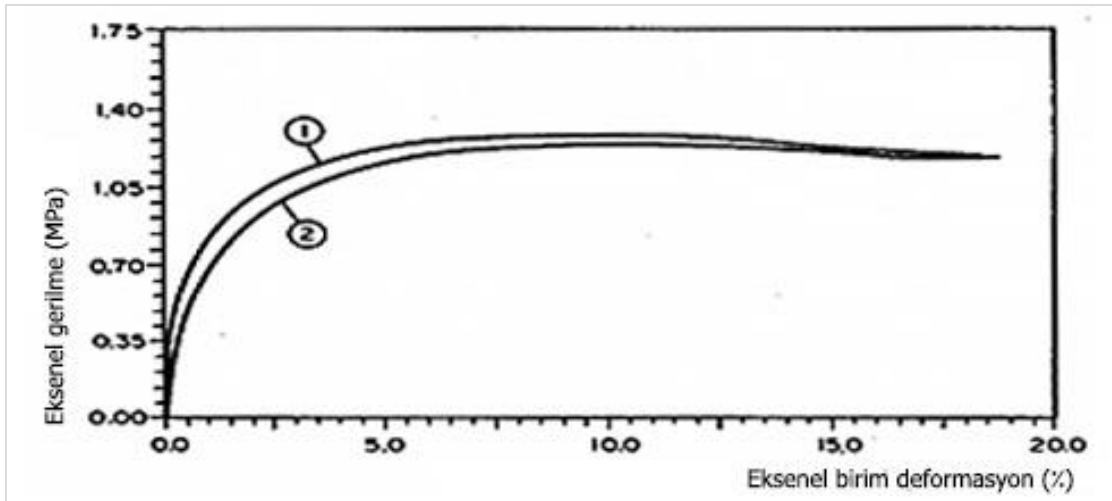
2.2.1. Isı değişiminin özgül ağırlık üzerindeki etkisi

Wang ve diğerleri (1990), zemin numunelerinin özgül ağırlığının, Atterberg Limitleri, geçirgenliğinin ve kesme dayanımının ısı değişimi ile nasıl değiştiğini araştırmıştır. Şekil 2.11' de bentonit ve kaolinitin özgül ağırlığının ısı değişimi ile nasıl değiştiği görülmektedir. Kaolinit numunelerin 400°C' ye kadar özgül ağırlığında fazla bir değişiklik olmasa da 400°C'den daha yüksek ısılarda özgül ağırlığında önemli ölçüde değişim gözlenmektedir.

Bentonit numunelerinde ise 100°C ile 600°C aralığında kayda değer bir değişim gözlenmemektedir.



Şekil 2.11. Isı değişimi ve özgül ağırlık ilişkileri (Wang ve diğerleri, 1990)



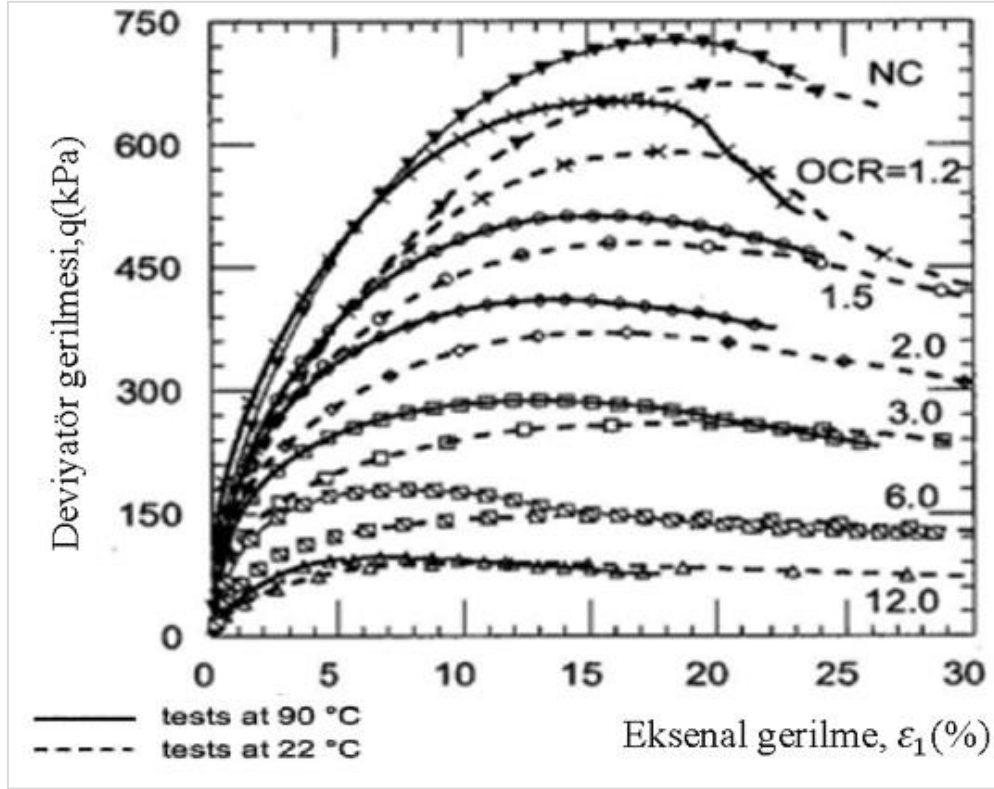
Şekil 2.12. Isı değişimi-kayma dayanımı ilişkileri 1) 22 °C 2) 90 °C (Hueckel ve Baldı,1990)

2.2.2. Isı değişiminin atterberg limitleri üzerindeki etkisi

Isı değişiminin Atterberg Limitleri üzerindeki etkisi farklı araştırmacılar tarafından araştırılmış ve birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin ısının Likit Limit (LL) ve Plastisite İndeksi (PI) üzerindeki etkisinin Plastik Limit (PL) daha yüksek olduğunu açıklanmıştır (Beles ve Stanculescu, 1958). Diğer taraftan Wang ve diğerleri (1990) tarafından yapılan araştırmada bentonitlerde ısının yükselmesi ile PI ve LL değerlerinde önemli ölçüde düşüş görölürken kaolinit zeminlerde 400°C kadar ısı değişikliğinin PI ve LL üzerinde etkisinin çok az olduğunu ve 100°C ile 400°C ısı değişiminin Atterberg limitleri üzerinde etkisinin olmadığını açıklamışlardır. Buna karşın Youssef ve diğerleri (1961) 14°C ile 35°C arasındaki ısı değişiminin LL ve PL nin azalması üzerinde etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

2.2.3. Isı değişiminin kayma dayanımı üzerindeki etkisi

Isı değişimi-kayma dayanımı ilişkileri farklı araştırmacılar tarafından ele alınmıştır ancak, bu çalışmaların sonuçlarının birbirleriyle uyummadığı görölmektedir. Bu nedenle bu bölümde sınırlı sayıda araştırmaya yer verilmektedir. Şekil 2.12' de göröldüğü üzere numunelere ait Konsolidasyonlu Drenajlı (CD) deneyinden elde edilen sonuçlara göre, ısının yükselmesi ile dayanımın düştüğü görölmektedir. Ama buna karşın Cekerevac ve Laloui (2004), örselenmiş kil numuneleri üzerinde yaptıkları araştırmada 22°C oda sıcaklığından 90°C'ye yükselmesinin numunelerdeki drenajlı kayma dayanımlarını arttırdığını göstermişlerdir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Isı değişiminin deviyatör gerilmesi - eksenel birim deformasyon ilişkisi (Cekerevac ve Laloui, 2004)

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

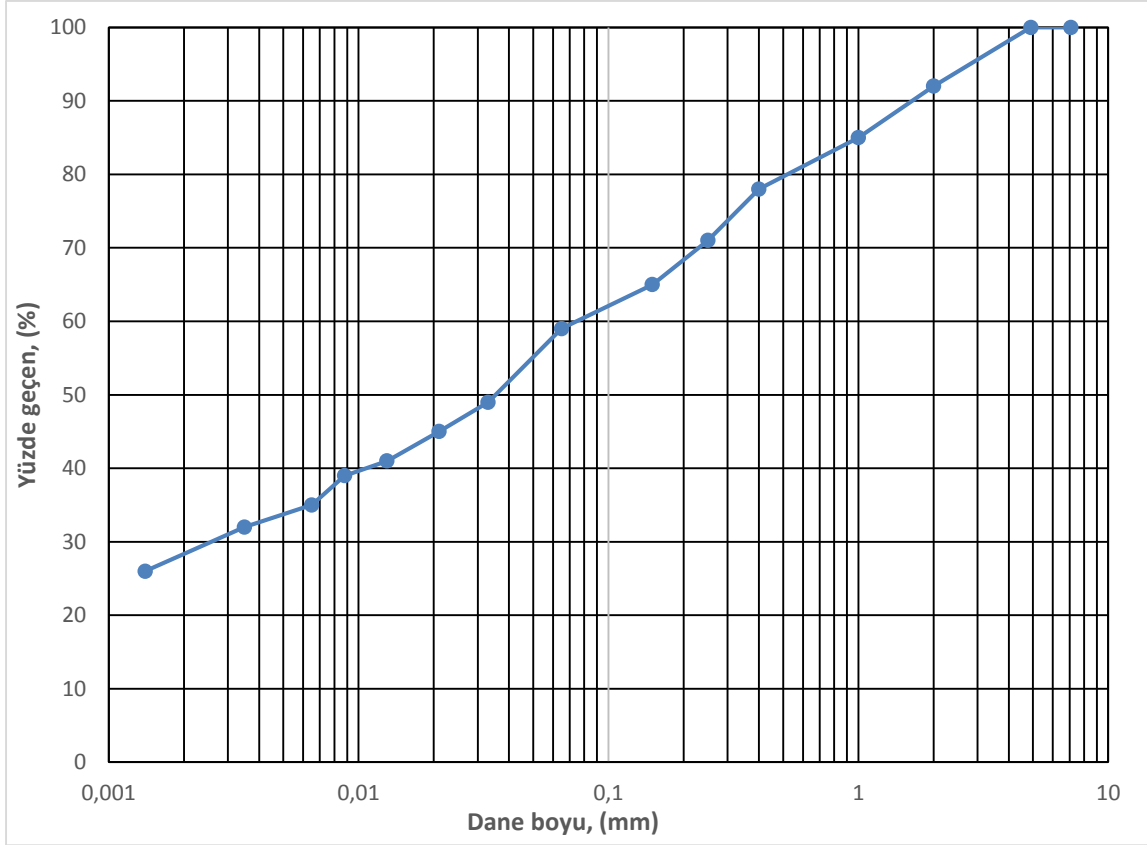
Bu bölümde ilk olarak kil numunelerinin elde edildiği bölge tanıtılacaktır. Daha sonra ilgili standartlara altında yapılan numune hazırlama, doyurma teknikleri ve deneylerin yapılışı kapsamlı şekilde ele alınacaktır.

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kil, Gazi Üniversitesi ana kampüsü içerisinde yapılan Fen Bilimleri Enstitüsü bina inşaat sahasının hafriyatından elde edilmiştir (Harita 3.1). Kilin dane boyutu dağılım eğrisi, kıvam limitleri ve özgül ağırlığı sırası ile ASTM D 422, ASTM D 4318 ve ASTM D854 standartlarına göre yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.1’de verilmiştir. Kilin dane boyutu dağılımı eğrisi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Harita 3.1. Kilin temin edildiği yerin haritada gösterimi



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan kilin dane boyutu dağılım eğrisi

Kil üzerinde yapılan özgül ağırlık, kıvam limitleri ve zemin sınıflandırma sistemi (USCS)'e göre (ASTM D2487 ve ASTM D422) elde edilen sonuçlar Çizelge 3.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kile ait bazı fiziksel özellikler

Özellik	Değer
Likit Limit, LL (%)	47
Plastik Limit, PL (%)	21
Plastisite İndeksi, PI (%)	26
Özgül Ağırlık, G _s	2,644
Birleşik Zemin sınıflama sistemine (USCS) göre sınıfı	CL

3.2. Deney Programı

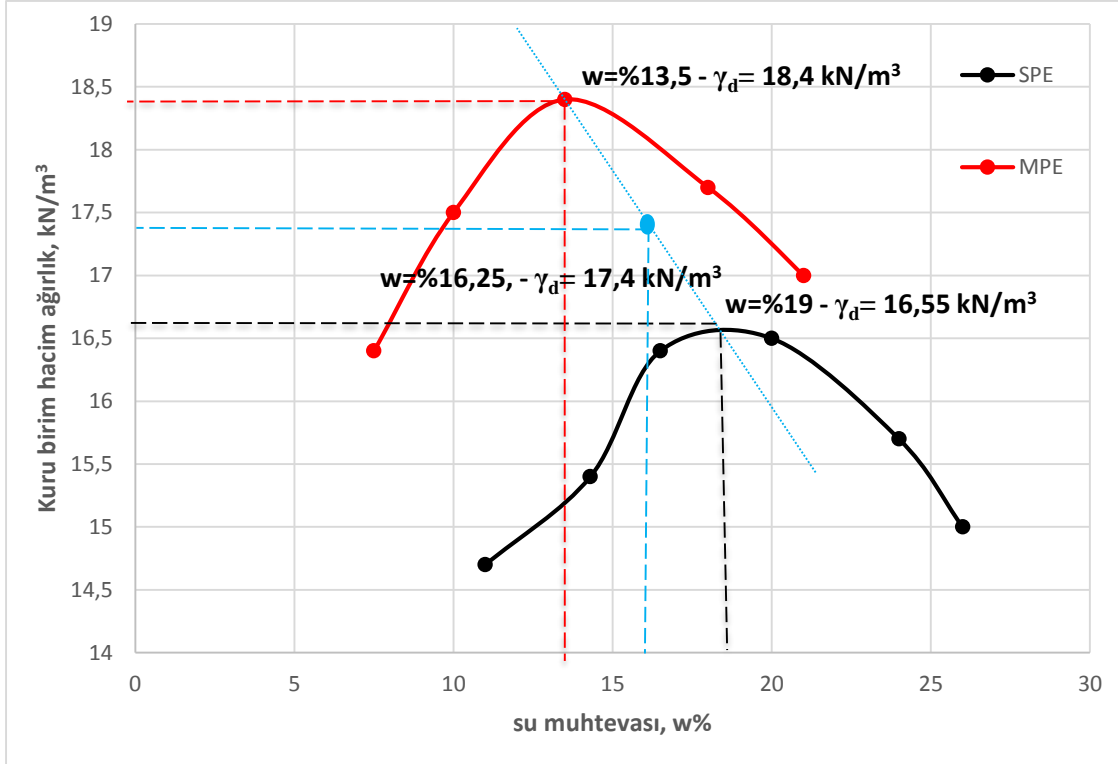
Bu çalışmada zemin numuneleri SPE, IPE ve MPE olmak üzere üç farklı sıkıştırma enerjisinde sıkıştırılmış ve daha sonra ileriki bölümlerde detayları ile anlatılacak olan metotlar ile doyumma işlemine maruz bırakılmıştır.

Çalışmada diğer deneylerde referans amaçlı bir set deney farklı sıkıştırma enerji seviyesinde sıkıştırılıp ve doyumma işlemine tabi tutulmadan sadece 24 saat kürde bekletilerek UU üçeksenli basınç deneyine tabi tutulmuştur. Daha sonra diğer numuneler Ek 1' de gösterilen akış şemasına uygun şekilde doyummuştur. Çalışmada toplam 171 numunenin doyumma performansı ve dayanım parametreleri incelenmiştir.

3.3. Numunelerin Hazırlanması

3.3.1. Standart Proctor kompaksiyon deneyi

Kilin maksimum kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su içeriğini ASTM D698 (2014) standardına göre belirlemek için aşağıda özetlendiği üzere kompaksiyon deneyi yapılmıştır. İç çapı 102 mm ve yüksekliği 117 mm olan metal bir silindir kullanılır. Deney için, kurutulmuş birkaç kg'lık zemin kullanılır. Zemine bir miktar su katılarak iyice karıştırılır. Böylece hazırlanan zemin, 3 tabaka halinde, 30,5 cm' den serbestçe düşen 2,5 kg ağırlığında bir tokmakla 25 vuruş ile sıkıştırılır. Kabın üzeri düzlenir, kabın içindeki zeminin yaş kütlesi belirlenir. Buradan yaş yoğunluk (γ) hesaplanır. Kap içindeki zemin çıkarılır ve bundan bir miktar örnek alınarak, su içeriği belirlenir (w). Eşitlikten kuru yoğunluk (γ_d) hesaplanır. Deney, aynı zemin üzerinde, değişik (artan) su içeriklerinde 4-5 kez tekrarlanır. Deney sonuçları, $w - \gamma_d$ eksen takımında işaretlenerek, ilgili eğri çizilir (Şekil 3.2). Bu eğrinin tepe noktasından w_{opt} ve γ_{dmax} elde edilir. Bu çalışmada kullanılmış kil için standart proctor kompaksiyon deneyi sonucunda maksimum kuru birim hacim ağırlığı $16,55 \text{ kN/m}^3$ ve optimum su içeriği % 19,0 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Standart ve modifiye Proctor deneyinden elde edilen kompaksiyon eğrileri

3.3.2. Modifiye Proctor kompaksiyon deneyi

Kilin maksimum kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su içeriğini ASTM D 1557 (2014) standartlarına göre belirlemek için modifiye kompaksiyon deneyi yapılmıştır. Modifiye proktor deneyi daha büyük yük ve ekipmanların arazide yaptığı sıkıştırmayı laboratuvarında modellemek amacıyla düzenlenmiştir. Bu deneyin standart proktor deneyinden farkının uygulanan enerji olduğu söylenebilir. Bu farklılık; tokmak ağırlığının 4,5 kg, yüksekliğinin 46 cm oluşu ve zeminin 5 tabaka halinde silindirin içerisine yerleştirilmesidir. Modifiye Proctor Kompaksiyon deneyi sonucunda maksimum kuru birim hacim ağırlığı $18,4 \text{ kN/m}^3$ ve optimum su içeriğinin % 13,5 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.2).

Bu çalışmada bahsi geçen Standart Proctor Enerjisi (SPE) ve Modifiye Proctor Enerjisi (MPE)' ne ek olarak, ikisinin ortalaması olarak bir numune serisi hazırlanıp ve Intermediate Proctor Enerjisi (IPE) adlandırılmıştır. Orta enerji seviyesi için kuru birim hacim ağırlığı $17,4 \text{ kN/m}^3$ ve optimum su içeriğinin % 16,25 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.2).

Proctor deneyinden elde edilen sonuçlara ve Çizelge 3.2' de verilen değerlere göre numuneler hazırlanmıştır.

Çizelge 3.2. Üç farklı enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerin hazırlanmasında kullanılan kütleler

Sıkıştırma Enerjisi	KURU KİL (g)	SU (g)	$M_{yaş}(g)$ (Her Tabaka)
SPE	1073,69	204,00	137,39
IPE	1136,00	184,60	142,00
MPE	1198,31	161,77	146,25

İlk olarak elde edilen kil, tokmak ile dövüldükten sonra kuruması için 24 saat etüvde bekletilmiştir. Daha sonra numuneler ASTM No.4 (4,75 mm) elekten geçirilmiştir. Sonrasında Çizelge 3.2’ de belirtilen miktarlarda su ile karıştırılmış ve homojen bir karışım elde etmek için 24 saat yüksek nemli ortamda bekletilmiştir. Daha sonra Resim 3.1’ de görülen aparat yardımı ile yüksekliği 105 mm ve çapı 50 mm olan moldlar içerisinde 3 tabaka halinde dinamik olarak sıkıştırılmıştır. Her bir tabaka sıkıştırıldıktan sonra, üst kısmının diğer tabaka ile daha iyi kenetlenmesi için bıçak yardımı ile pürüzlendirilmiştir.

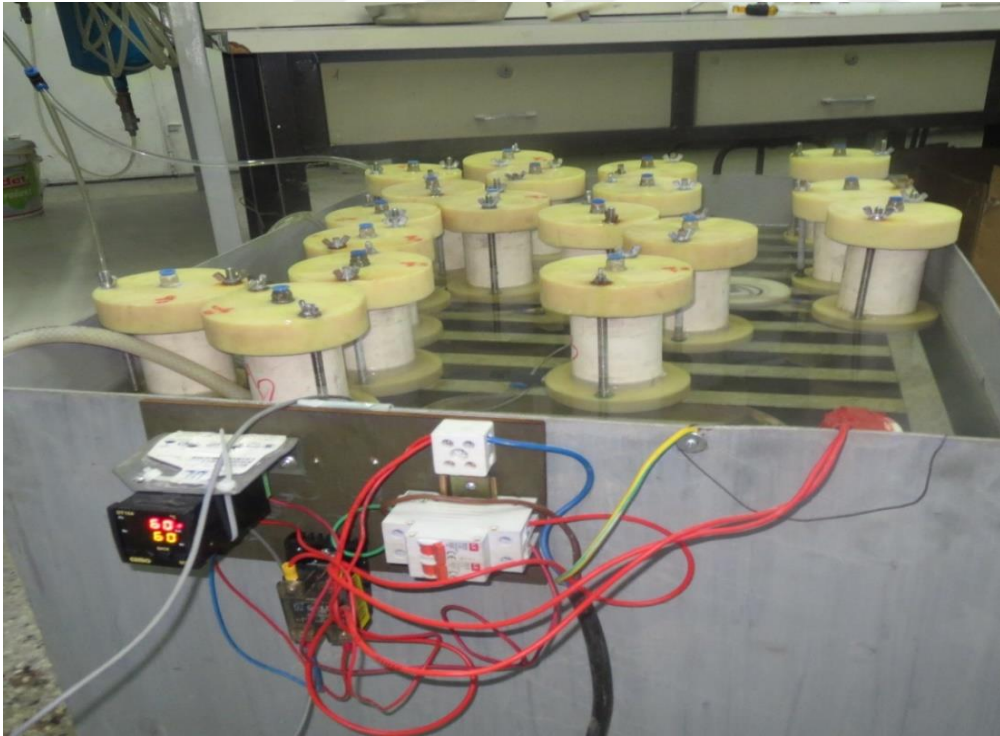


Resim 3.1. Çalışmada numunelerin sıkıştırılmasında kullanılan aparat

3.4. Doyurma Teknikleri

Her bir enerji seviyesinden elde edilen optimum su içeriğinde hazırlanan numunelerde 1 bar – 3 bar ve 6 bar basınç altında ve 1 gün ile 7 gün süresince doyurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir doyurma işlemi için 3 farklı numune hazırlanmış ve önceki kısımda anlatıldığı üzere üç farklı hücre basıncı altında dayanım deneyleri yürütülmüştür. Doyurma işlemi üç farklı doyurma sıcaklığında yapılmıştır. İlk olarak laboratuvar ortamında 15°C sıcaklıkta ve 30°C ile 60°C ısı kontrollu su havuzlarında yapılmıştır (Resim 3.2.b). Referans olarak her bir enerji seviyesinde yine 3 adet numune hazırlanıp ve doyurma işlemine maruz kalmadan UU üç eksenli basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Doyurma işlemi için numuneler önceki bölümde anlatıldığı Şekilde 50 mm çap ve 105 mm yüksekliğe sahip rijit duvarlı plastik moldlar içerisinde gösterilen özel aparat kullanılarak (Resim 3.2) sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma işleminden sonra moldların üst ve alt kısmı filtre kâğıdı ve poroz taşları ile kapatılmıştır. Hazırlanan plastik moldlar alt ve üst kısmı özel girişi olan bir aparat içerisine yerleştirilip sıkıca kapatılmıştır. Doyurma işleminden sonra numunenin farklı kısımlarında su muhtevası değerlerinin nasıl değiştiğini kontrol etmek amacı ile numunenin alt ve üst kısmı işaretlenmiştir. Daha sonra numunelere alt kısımlarından basınçlı su verilmiştir ve üst kısmı doyurma işlemi sırasında hava ve su çıkışı sağlanması için açık bırakılmıştır. Doyurma işlemi süresince basınç değerinin sabit tutulması için belirli aralıklarda basınç değerleri kontrol edilip gerekli olduğunda basınç değerlerinde düzeltmeler yapılmıştır. Doyurma işleminin gerçekleştirildiği sırada laboratuvar ortamının sıcaklık değerleri kontrol edilmiştir. Laboratuvar sıcaklığının doyurma işleminin gerçekleştirildiği sırada $15 \pm 1^\circ\text{C}$ olduğu kaydedilmiştir. Doyurma işlemi sonunda her bir mold basınçlı su girişi kesilerek ve mold içerisinde kalan fazla su atılarak mold doyurma işleminde kullanılan aparattan ayrılmıştır. Daha sonra doyurulmuş olan numune mold içerisinde tartılmış ve kütlesi belirlenmiştir. Daha sonra hidrolik kriko yardımı ile numunenin alt kısmından basınç uygulanarak numune çıkartılmış ve numune ağırlığı ve mold+poroz taş ağırlığı tartılmıştır. Çıkarılan numune çap ve yükseklik değerleri ölçülüp kaydedilerek UU Üç Eksenli Basınç Deneyi için Bölüm 3.5’ de anlatılan Şekilde hazırlanmıştır. UU üç eksenli basınç deneyi ‘inden sonra numune hücreden çıkartılıp alt, orta ve üst olmak üzere üç farklı kısımdan su muhtevası belirleme hesaplamaları için örnekler alınmıştır. Çalışmada takip edilen tüm adımlar detaylı olarak Çizelge 3.3’ de verilmiştir.



Resim 3.2. a) moldlar içerisinde sıkıştırılmış numunelerin doyurma işlemi için özel mold içerisine yerleştirilmesi. b) doyurma moldunun basınçlı su bağlanıp ısı kontrollü su havuzlarında bekletilmesi.

Çizelge 3.3. Çalışmada takip edilen adımlar

AÇIKLAMA	YAPILAN İŞLEMİN ŞEMATİK OLARAK GÖSTERİLMESİ	FOTOĞRAF
1. Zemin numuneleri 105mm yüksekliğe ve 50mm çapa sahip plastik moldlar içerisinde üç tabaka halinde sıkıştırılmıştır		
2. Referans amaçlı üç farklı enerji seviyesinde sıkıştırılan numuneler doyurulmadan, 24 saat kürede bekletildikten sonra UU üç eksenli basınç deneyine tabi tutulmuştur		
3. Dozurma işlemi için numuneler alt ve üst kısımdan vanaları olan özel aparatlar içerisine kapatılıp dozurma işlemine maruz bırakılmıştır		
4. Numuneler ilk önce labratuvar sıcaklığında (15°C) farklı dozurma basınçlarında doyurulmaya maruz bırakılmıştır		
5. Sıcaklık etkisinin araştırılması için numuneler ısı kontrollü su havuzları içinde iki farklı sıcaklıkta (30°C ve 60°C) dozurma işlemine maruz bırakılmıştır		
6. Dozurma işleminden sonra numuneler plastik mold içerisinden hidrolik krika yardımı ile çıkartılmış ve UU üç eksenli basınç deneyine tabi tutulmuştur		
7. UU üç eksenli basınç deneyi sonrası numuneler boyunca su içeriğinin nasıl değiştiğini araştırmak için numunelerin alt, orta ve üst olmak üzere üç farklı kesiminden örnekler alınmıştır		

3.5. Dayanım (UU) Deneylerinin Yapılışı

Üçeksenli basınç deneyi, zemin numunelerinin mekanik özelliklerini belirlemede kullanılan bir metottur. Bu deney numune üzerine uygulanan gerilme ile Gerilim-Birim Deformasyon davranışını belirlemeyi amaçlar (Numunelere ait gerilim-birim deformasyon ilişkileri Ek 2' de verilmiştir).

Deneye başlamak için öncelikle, hazırlanan zemin numunesi su geçirmez bir membran ile sarılır cihazın hücresine yerleştirilir ve daha sonra çevre basıncı uygulamak için hücre su ile doldurulur. Üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin yüksekliğinin, çapının en az iki katı olması gerekir (Lambe ve Whitman, 1969).

Hücresinin üstündeki su geçirmez delik içerisinden, numuneye kadar uzanan rijit bir çubuk yoluyla, düşey yük numune üzerine sabit bir hızda uygulanır. Enine kesit alanına bölünen bu yük deviyatör gerilmesidir (σ_d), numunedeki düşey gerilme aynı zamanda asal gerilme olup, hücre basıncı ve deviyatör gerilmenin toplamına eşittir (Coduto, 2006).

Yaygın olarak kullanılan üç farklı üç eksenli basınç deneyi vardır: Konsolidasyonu Drenajsız (CU), Konsolidasyonlu Drenajlı (CD) ve Konsolidasyonsuz Drenajsız (UU).

Konsolidasyonlu Drenajsız üç eksenli basınç deneyi (CU): Bu deney daha sonra anlatılacak olan CD deneyi ile benzer bir şekilde yapılır fakat CD deneyi yükleme hızına nazaran daha hızlı yüklenir. Bu deney çok yavaş yürütülmeksizin yapılan drenajlı dayanım ölçme deneyidir. Bu deneyde numune önce konsolide edilir daha sonra drenajsız koşullarda (boşluk suyu basıncı ölçülen) deney yapılır (Coduto, 2006).

Konsolidasyonlu Drenajlı üçeksenli basınç deneyi (CD): CD Deneyi için kesme aşamasında hacim değişimi ölçümü yapılan konsolidasyonlu drenajlı üç eksenli basınç deneyi, drenajsız deney (CU) ile benzer bir şekilde yapılır ancak kesme aşamasında ters basınç hattı açık kalır ve numune düşey yükleme hızı boşluk suyu basıncının artmasını önleyecek kadar yavaş olmalıdır. Drenajlı üç eksenli deneyi, kesme aşaması drenajsız deneyden 7 ila 15 kat daha uzun sürebilir.

Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU): UU deneyi için deney öncesi doymun olduğu kabul edilen numune, üçeksenli deney hücresinde çevre basıncına tabi

tutulur. Numune hücreye yerleştirildikten sonra yanal basınç ünitesi vanası kullanılarak çevre basıncı belirlenen değere getirilir. Ardından sabit bir düşey gerilme (yükleme hızı) oranı kullanılarak oluşturulan düşey basınçla numunenin kırılması sağlanır. Numunenin özgün yapısı ve su içeriğinin değişmemesi için dourma ve konsolidasyon işlemleri yapılmaz. Bu deney sırasında boşluk suyu basıncı ölçülmediği için sonuçlar sadece toplam gerilme üzerinden yorumlanabilir.

Farklı konsolidasyon basınçlarında denenen üç eşdeğer numunenin toplam gerilme Mohre daireleri çizilir ve bu dairelere teğet geçen doğrunun eğimi ve kesişme noktasından, kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) belirlenir (numunelere ait Mohr daireleri Ek 3'te verilmiştir).

Bu çalışmada hazırlanan numunelerin UU tipi üçeksenli deneyleri ASTM D-2850 standardına göre 0,5 mm/dk yükleme hızı altında deformasyon kontrollü olarak yapılmıştır. Deneye tabi tutulacak olan numune, ilk önce hidrolik kriko yardımı ile mold içerisinde çıkarılmıştır. Elde edilen numunenin ilk önce kütle, yükseklik ve çap ölçümleri alınıp kaydedilmiştir. Daha sonra numune dikkatli bir şekilde üçeksenli basınç deneyi cihazına yerleştirilmiştir ve taban kısmı ile numune arasına filtre kâğıdı konulmuştur.

Daha sonra özel aparat kullanılarak numuneye membran kılıf geçirilmiş, alt ve üst kısımlarda O-ring vasıtası ile kapatılmıştır. Daha sonra cihazın hücresi kapatılıp sabitlendikten sonra hücre su ile doldurulup havası alınmıştır (Resim 3.3).

Daha sonra deformasyon saatleri ve yük halkası ayarlanıp hücre basıncı istenilen basınca ulaştırılmıştır. Her bir dourma işlemi için hazırlanan üç farklı numune, 50 kPa, 100 kPa ve 200 kPa olmak üzere üç farklı çevre basıncı altında deneye tabi tutulmuştur. Sonra yüklemeye başlatılmıştır ve 0,2 mm aralıklarla okunan aksenal deformasyonlar karşılık gelen yük halkası okumaları kaydedilmiştir. Uygulanan yükte azalma veya %20 deformasyon kadar okumaya devam edilmiştir. Daha sonra hücre içerisindeki su boşaltılıp hücre çıkartılarak numune alınmış ve membran çıkartılmıştır. Kırılan numunenin üç farklı kısmından (alt, orta ve üst) olmak üzere su muhtevasını belirlemek amacı ile örnekler alınmıştır. Daha sonra aynı işlem 100 kPa ve 200 kPa hücre basıncı için de aynı şekilde tekrarlanmıştır.



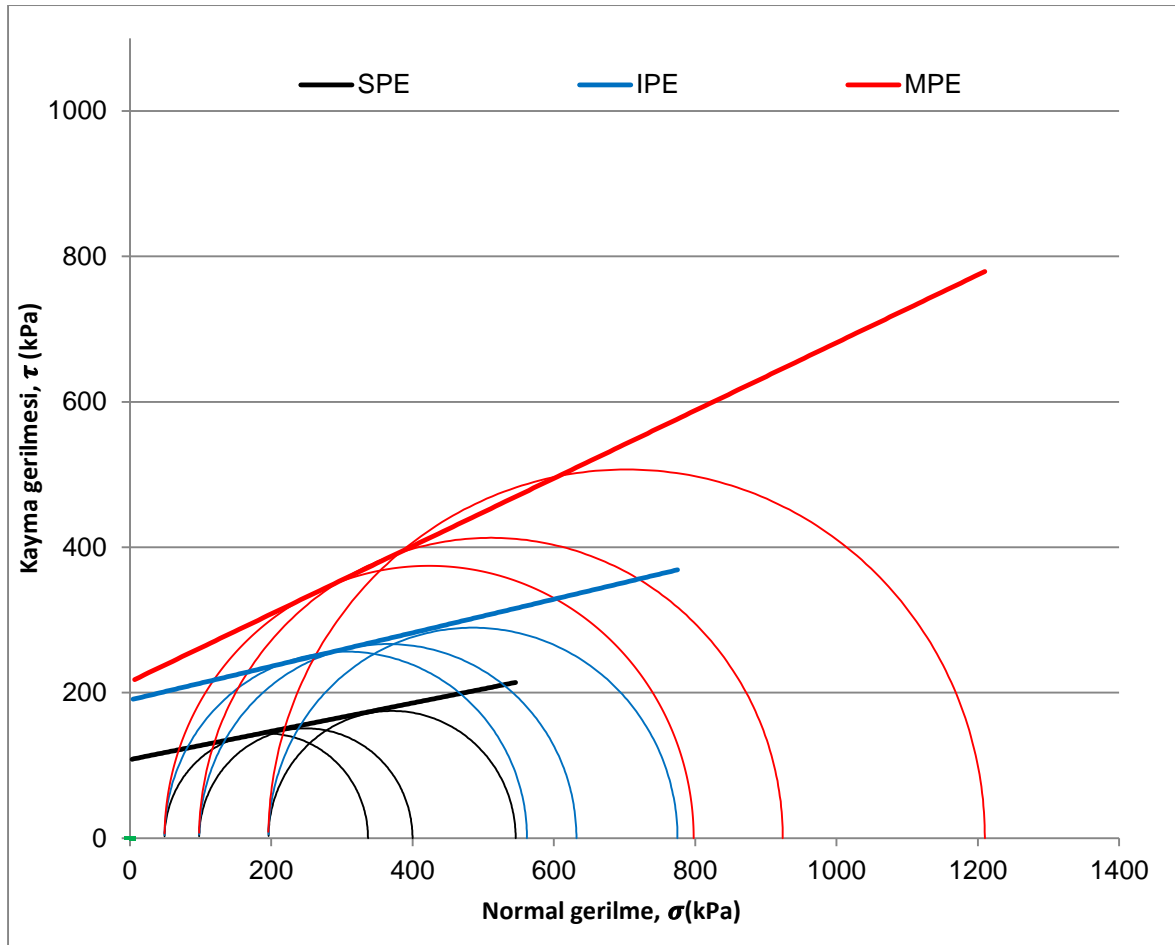
Resim 3.3. Sıkıştırılan ve hazırlanan numunenin UU üçeksenli basınç deneyi cihazına yerleştirilmesi



4. DENEYSEL ÇALIŞMADA ELDE EDİLEN BULGULAR

4.1 Doyurulmayan Numuneler

Standart Proctor Enerji (SPE), İntermediate Proctor Enerji (İPE) ve Modifiye Proctor Enerji (MPE) düzeylerinde sıkıştırılan ve herhangi bir doyum işlemine maruz kalmadan sadece 1gün kürde bekletildikten sonra UU üçeksenli basınç deneyine tabi tutulan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları Şekil 4.1’ de gösterilmiştir. Diğer numunelere ait Mohr daireleri ve yenilme zarfları Ek 3’ te verilmiştir.

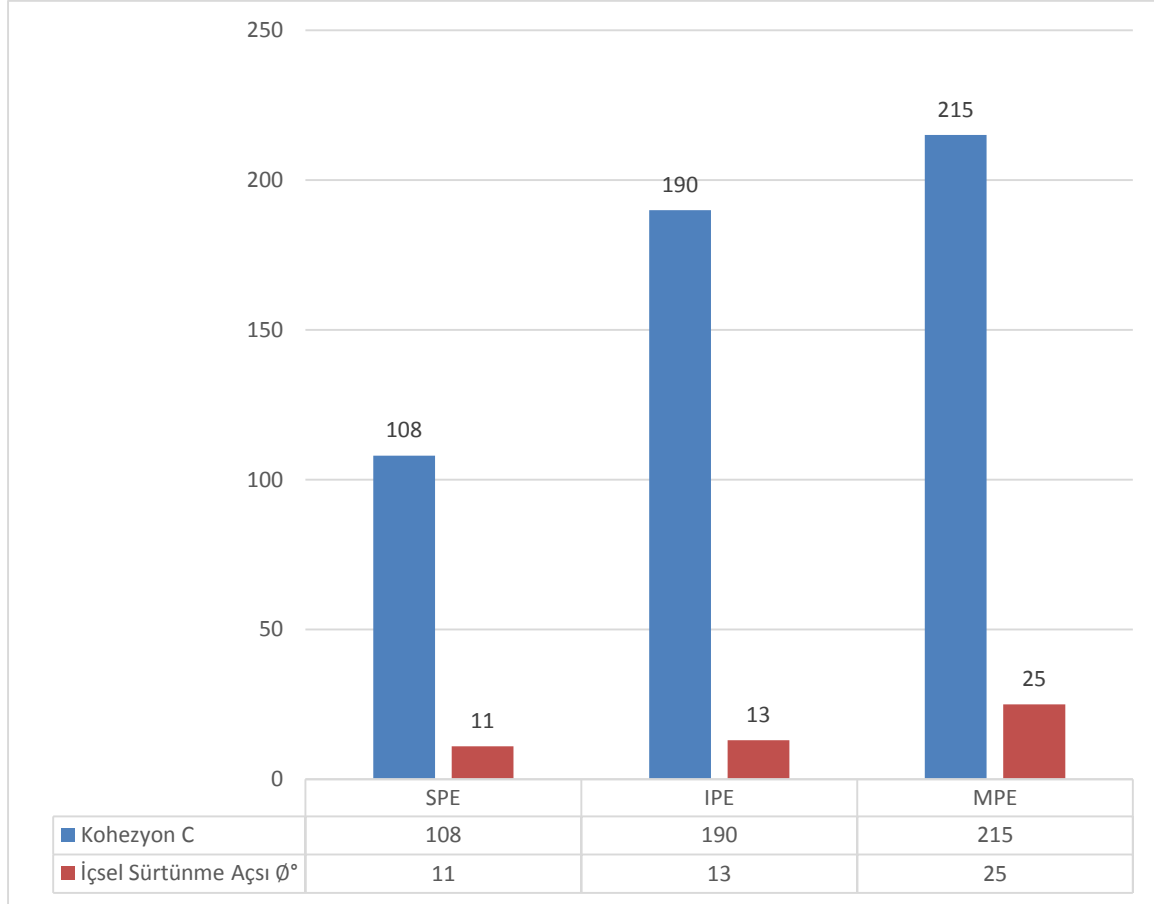


Şekil 4.1. Üç farklı sıkıştırma enerjisinde hazırlanan ve doyumlanmadan UU deneye tabi tutulan numunelerin ait Mohr daireleri ve yenilme zarfları

Şekil 4.1’ de görüleceği üzere SPE enerji seviyesinden IPE enerji seviyesine geçişte numunelerin kohezyon değerinin %75 içsel sürtünme açısının %18 arttığı ve aynı şekilde IPE enerji seviyesinden MPE enerji seviyesine geçişte kohezyon değerinin %12 ve içsel

sürtünme açısının %48 artmaktadır. MPE enerji seviyesindeki numunelerin dayanım parametreleri SPE enerji seviyesindeki numunelerin yaklaşık olarak 2 katıdır.

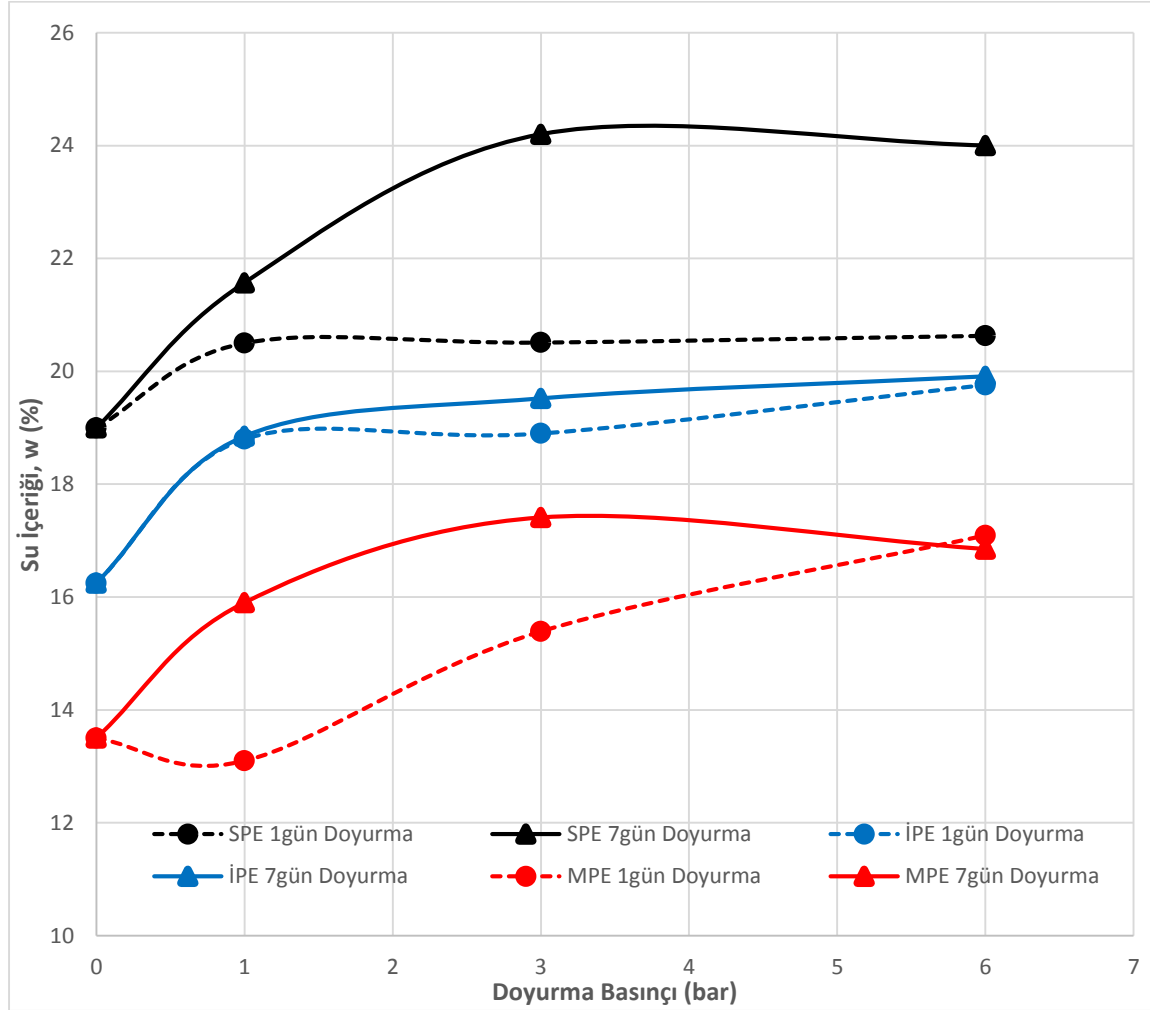
Doyurulmayan numunelere içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Üç farklı enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerin kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri

4.2. 15 °C' de Doyurulan Numuneler

SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve Bölüm 3' te bahsi geçen doyurma işlemleri gerçekleştirildikten sonra elde edilen deney sonu su içeriği - doyurma basıncı ile değişimi şekil 4.3' de sunulmuştur.



Şekil 4.3. 15 °C ' de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç-su içerikleri ilişkileri

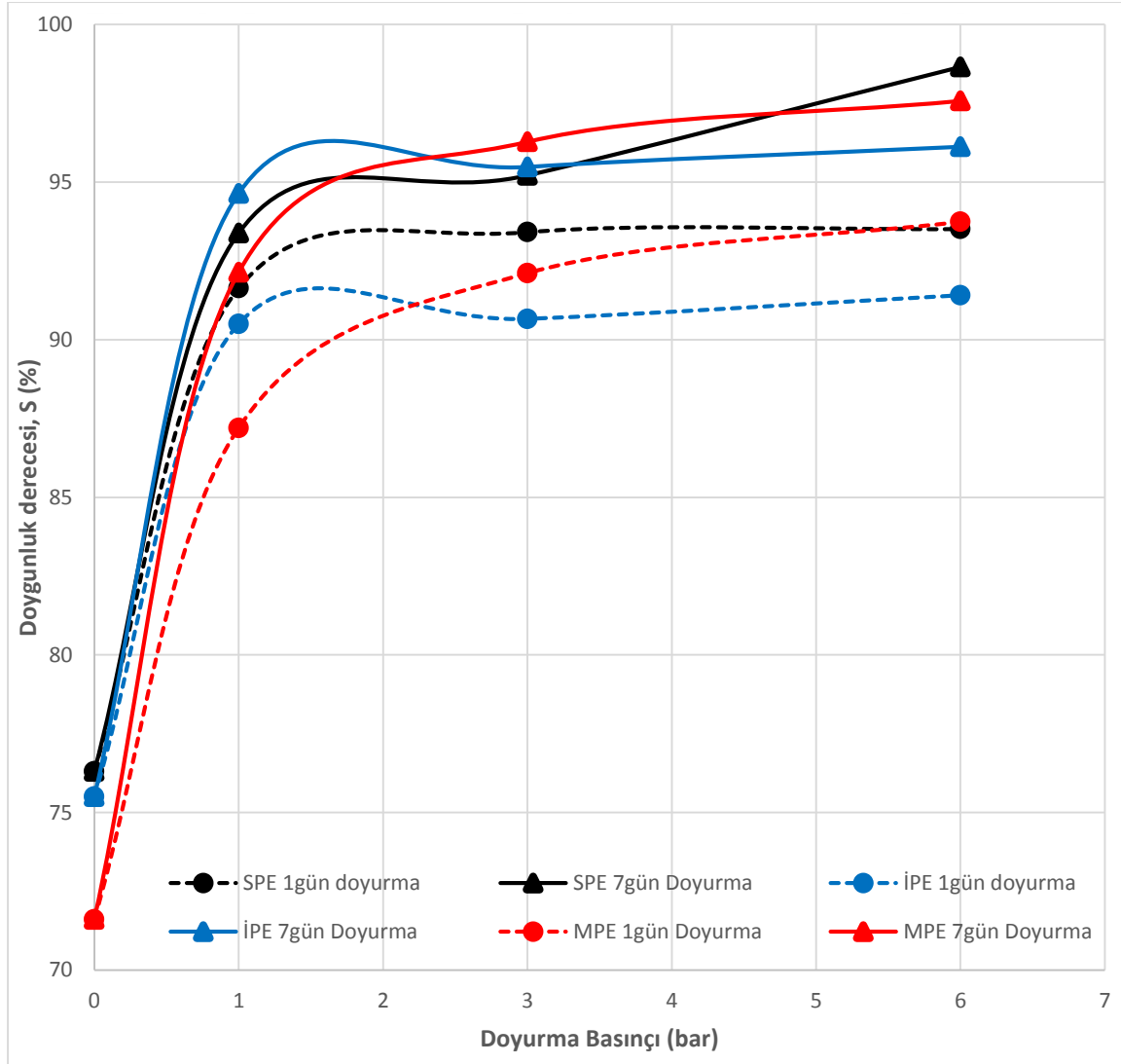
Şekil 4.3' te görüldüğü üzere farklı enerji seviyesindeki numunelerin su içerikleri en yüksek SPE numuneleri için %19 ile %24 aralığında, en düşük MPE numuneleri için %13,4 - %17,4 aralığında ve orta kısımda ise IPE numuneleri %16,35 - %19,9 aralığında olduğu görülmektedir.

IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerde 1gün ve 7gün doyurma işleminin sonunda elde edilen su içerikleri hemen hemen aynı iken SPE enerji seviyesindeki

numunelerde 7 gün 6 bar basınç ile doyurulan numunelerin 1gün doyurulan numunelerden %10 daha yüksek su içeriğine ulaştığı görülmektedir.

Şekil 4.3' te görülen bir diğer husus doyurulmayan ile 3 bar basınç aralığında yapılan doyurma basıncının tüm numunelerde 3 bar ile 6 bar basınç aralığında yapılan doyurma işlemine göre çok daha etkili olduğu görülmektedir.

SPE, İPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan farklı doyurma senaryoları için elde edilen deney sonu doyurma basıncı – doygunluk derecesi ilişkileri Şekil 4.4' te verilmiştir.



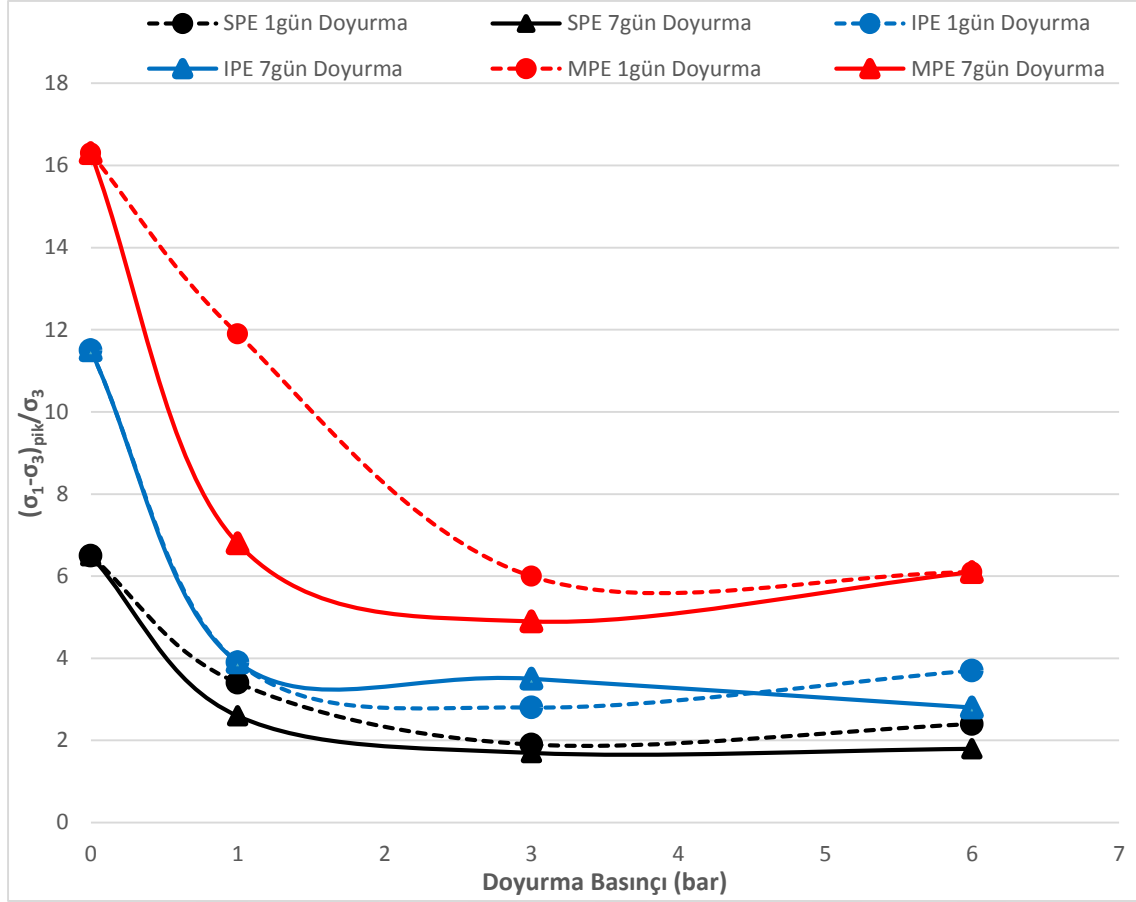
Şekil 4.4. 15 °C ' de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç- doygunluk derecesi ilişkileri

Şekil 4.4' te görüldüğü üzere 1gün doyurulma işlemine maruz kalan numunelerde maksimum doyurma basıncında SPE enerji seviyesinde % 17,4 - IPE enerji seviyesindeki numunelerde %15,9 ve MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise %22,1 doygunluk derecesi artışı kaydedilmiştir.

7 gün doyurulma işlemine maruz kalan numunelerde maksimum doyurma basıncı değerinde ise SPE enerji seviyesinde % 22,3 - IPE enerji seviyesindeki numunelerde %25,6 ve MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise %26 doygunluk derecesi artışı kaydedilmiştir.

Tüm enerji seviyeleri için 7 gün 6 bar basınçla yapılan doyurma işleminde numunelerin paratikte doygun olarak kabul edilebileceği doygunluk seviyesine ulaşıldığı görülmektedir. Önceki Şekillerde görüldüğü üzere (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4) 3 bar' dan daha yüksek doyurma basıncında doygunluk derecesi ve su içeriğinin önemli ölçüde değişmemektedir.

Şekil 4.5' de pik deviatör gerilmesinin hücre basıncı ile normalize edilerek doyurma basıncına karşı çizilmiş grafiği görülmektedir. İncelendiğinde SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan tüm numunelerde basınç artışı ve doygunluk derecesi yükselmesi ile uyumlu bir biçimde azaldığı görülmektedir.

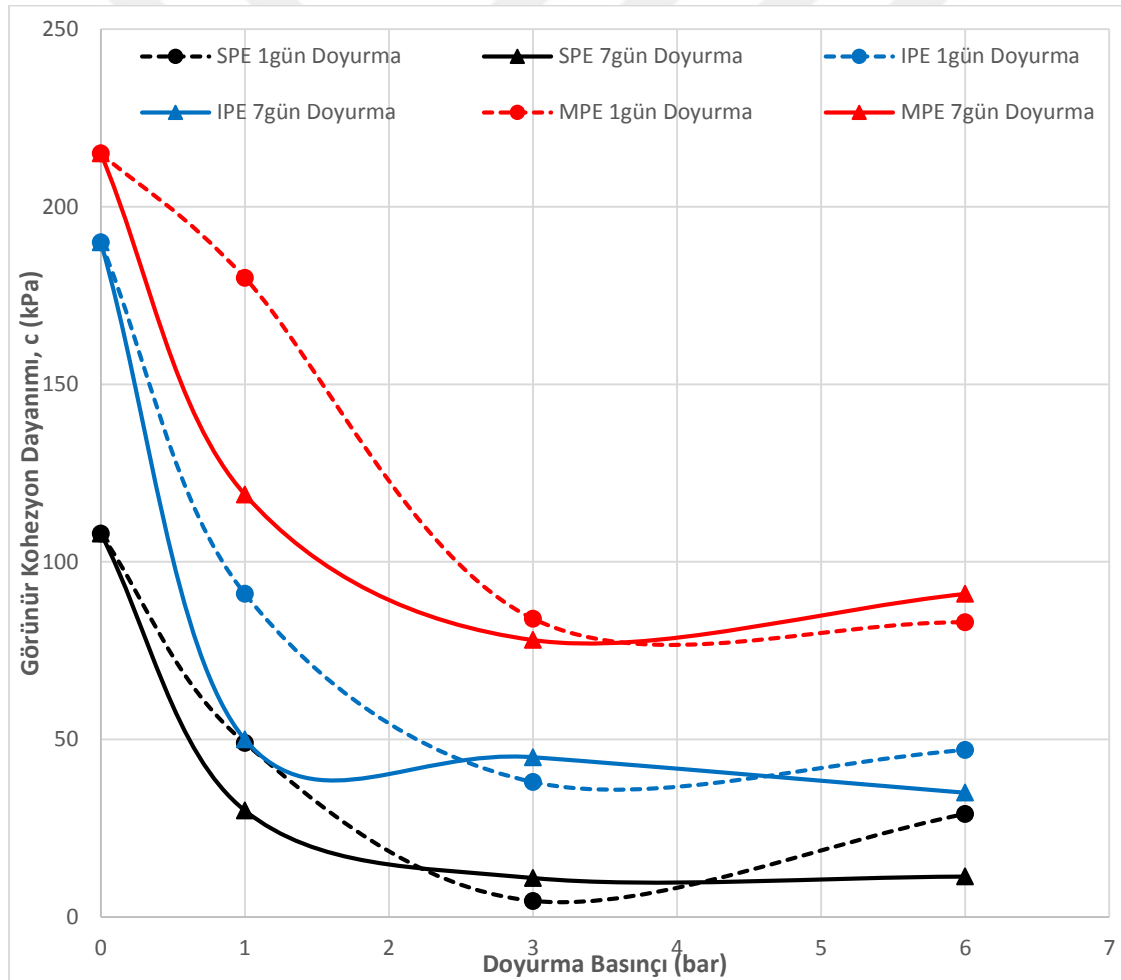


Şekil 4.5. 15 °C ' de Doyurma işleminde kullanılan basınçlı - pik deviyör gerilmesi ilişkileri

SPE enerji seviyesindeki doyurulmayan numunelerin $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pk} / \sigma_3$ oranı 6,5' dan 6bar 1gün ve 7gün doyurulduktan sonra sırası ile 2,4 kPa ve 1.8 değerine düşmüştür. IPE enerji seviyesindeki doyurulmayan numunelerin $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pk} / \sigma_3$ oranı 11,5 den 6 bar 1 gün ve 7 gün doyurulduktan sonra sırası ile 3,7 ve 2,8 değerine düşmüştür. MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pk} / \sigma_3$ oranı 16,3 ' dan 6 bar 1gün ve 7 gün doyurulduktan sonra her iki doyurma işleminde de 6,1 kPa'a değişmiştir. Tüm numunelerde doyurulma işleminin sonucunda $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pk} / \sigma_3$ oranında ortalama %65 düşüş gözlenmektedir. Dikkat edilmesi gereken bir başka konu ise 6 bar basınç altında doyurulan numunelerin 1 gün ile 7 gün doyurma süresince ulaşılan dayanım parametrelerinde kayda değer bir fark gözlenmemesidir.

Doyurulan ve doyurulmayan numunelerin Mohr dairelerine çizilen teğetlerden elde edilen kohezyon değerleri Şekil 4.6' da verilmiştir. SPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve doyurulmayan numunelerin kohezyon değeri 108 kPa, IPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve

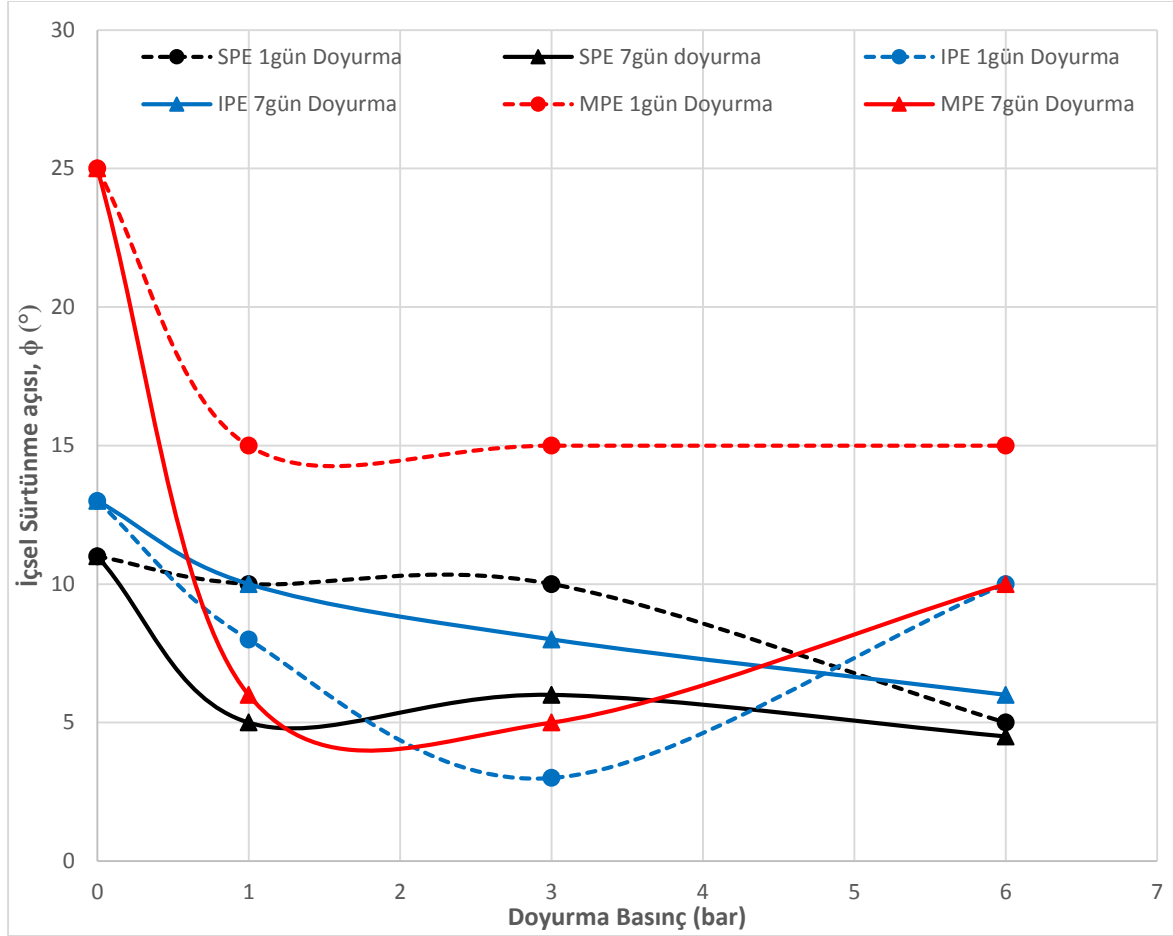
doyurulmayan numunelerin kohezyon değeri 200 kPa ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve doyurulmayan numunelerde 210 kPa olduğu belirlenmiştir. 1gün doyurma işleminden sonra 6 bar basınç altında SPE numunelerinin kohezyon değeri 29 kPa, IPE numuneler için 47 kPa ve MPE numuneler için 83 kPa olarak belirlenmiştir. 7gün doyurma işleminden sonra 6 bar basınç altında SPE numunelerinin kohezyon değeri 11,4 kPa, IPE numuneler için 35 kPa ve MPE numuneler için 91 kPa olarak belirlenmiştir. kohezyon değerinin 3 bar basınca kadar belirgin bir şekilde düştüğü ama daha sonra sabit bir değerde kaldığı görülmektedir. 1 bar'a kadar doyurma işlemlerinde 1 gün ile 7 gün doyurma süresinde fark gözlenebilse de 1 bar'dan daha yüksek basınçlarda doyurma süresinin önemli ölçüde etkili olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 4.6. 15 °C ' de Doyurma işleminde kullanılan basınç - kohezyon dayanımı ilişkileri

Benzer biçimde Mohr dairelerine çizilen teğetlerden elde edilen içsel sürtünme açısı değerleri Şekil 4.7' de sunulmuştur. 0,0 bar'da gösterilen numuneler referans olarak

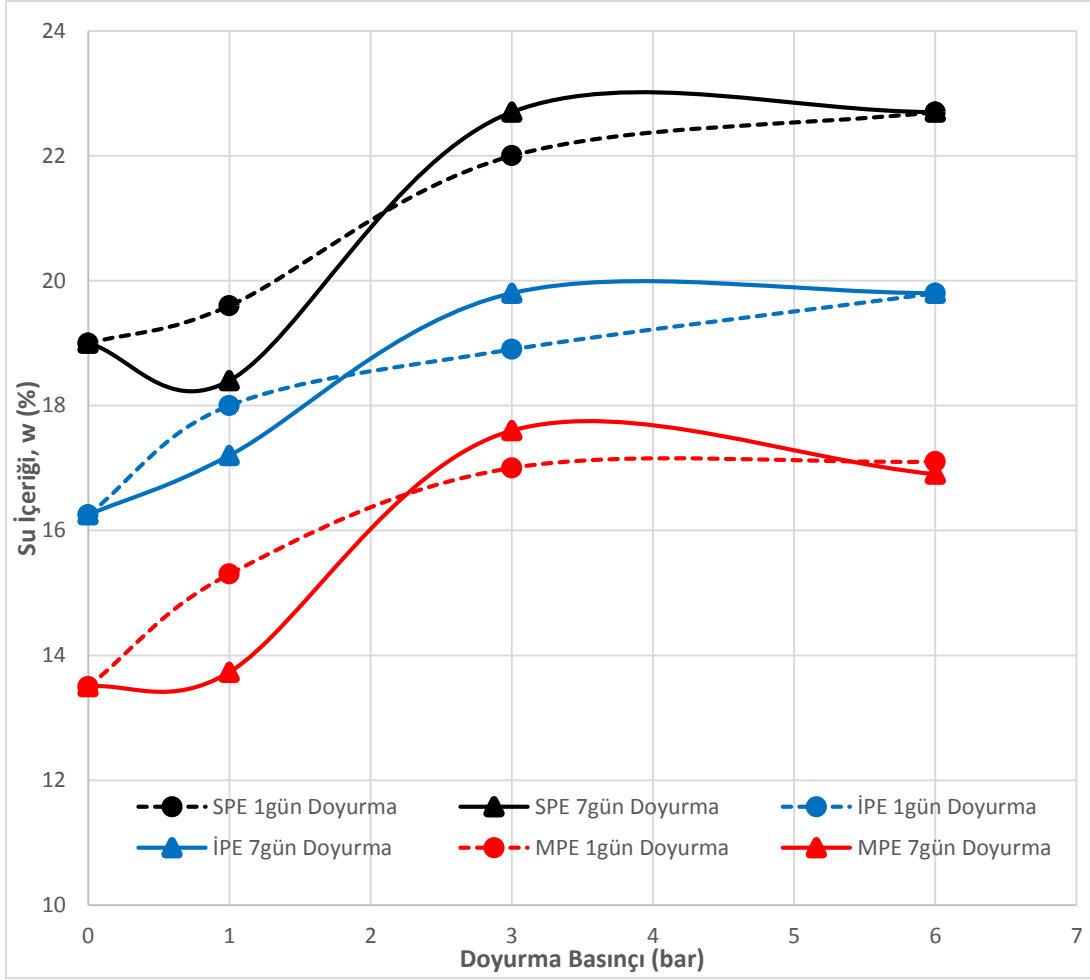
doymayan numunelerin içsel sürtünme açılarını göstermektedir. Görüldüğü üzere doyurma işleminin numunelerdeki içsel sürtünme açıları üzerinde önemli ölçüde etkisi vardır ama en çok etkilenen numune 3 bar doyurma basıncı ile 1 hafta süresince MPE sıkıştırma enerjisi numunelerindedir. Bazı numunelerde doyurma basıncı artışı ile numunelerin içsel sürtünme açıları yükselme görülmektedir bunun eşdeğer olmayan numune özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.7. 15 °C ' de Doyurma işleminde kullanılan basınç - içsel sürtünme açısı ilişkileri

4.3. 30 °C' de Doyurulan Numuneler

SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve 30 °C' de doyurma işlemleri gerçekleştirildikten sonra elde edilen deney sonu su içeriği - doyurma basıncı ile değişimi Şekil 4.8' de sunulmuştur.



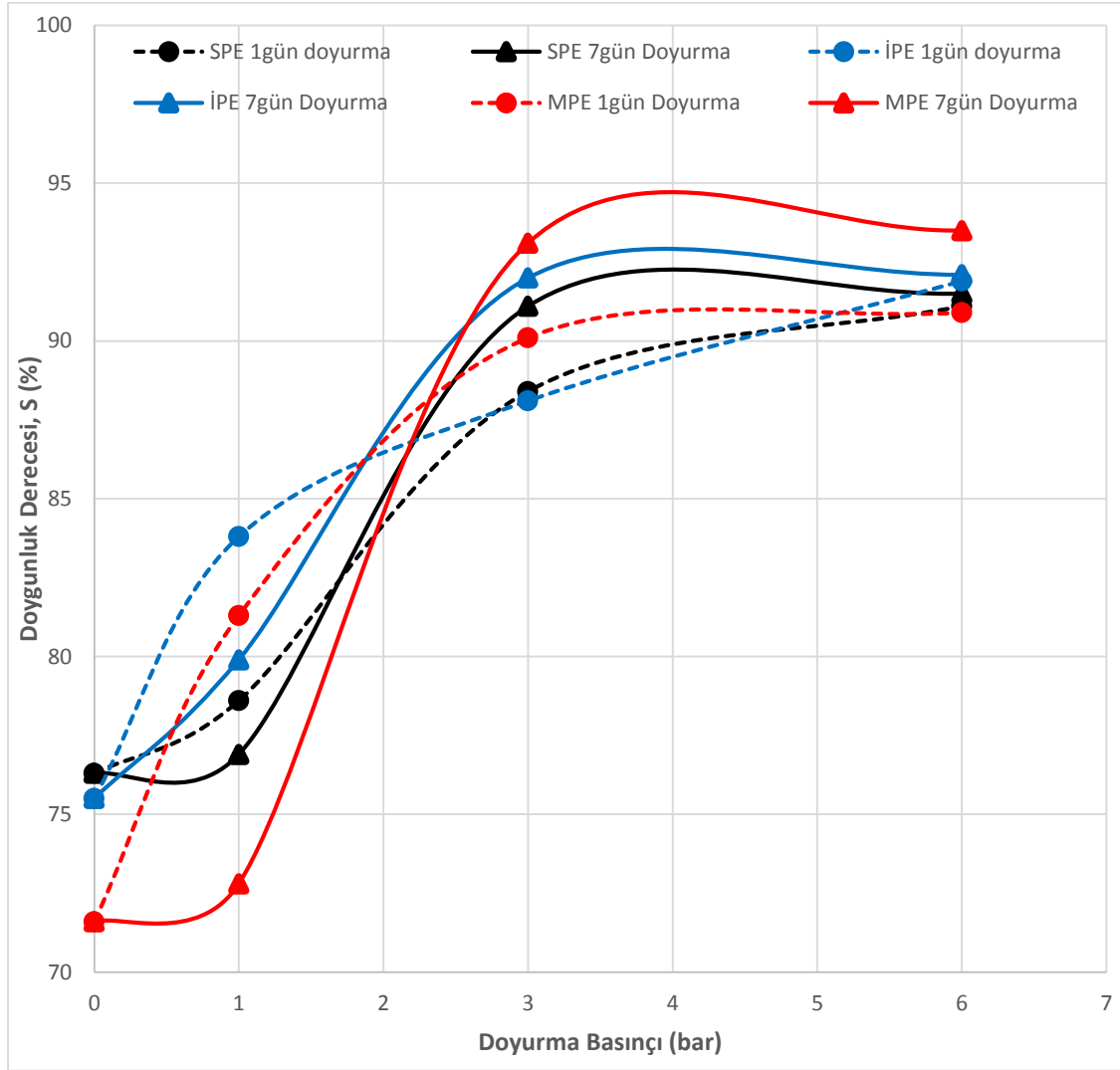
Şekil 4.8. 30 °C ‘ de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç-su içerikleri ilişkileri

Şekil 4.8’ de görüldüğü üzere farklı enerji seviyesindeki numunelerin su içerikleri en yüksek SPE numuneleri için %19,00 ile %22,70 aralığında, en düşük MPE numuneleri için %13,5 - %17,1 aralığında ve orta kısımda ise İPE numuneleri %16,25 - %19,80 aralığında olduğu görülmektedir.

SPE, İPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan numunelerde 1 gün ve 7 gün doyurma işleminin sonunda elde edilen su içerikleri 1 bar ve 3 bar doyurma basıncında farklılık gösterebilir, 6 bar doyurma basıncında hemen hemen aynı değerlerde olduğu görülmektedir.

Şekil 4.8’de görüldüğü üzere yine 15°C de doyurma işlemin’ne uyumlu bir şekilde 1 bar ile 3 bar doyurma basıncı aralığının en etkili doyurma basıncı olduğu görülmektedir.

SPE, İPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve 30 °C’ de doyum işlemi sonucu elde edilen deney sonu doyum basıncı- doyum derecesi ilişkileri değerleri Şekil 4.9’ da verilmiştir.

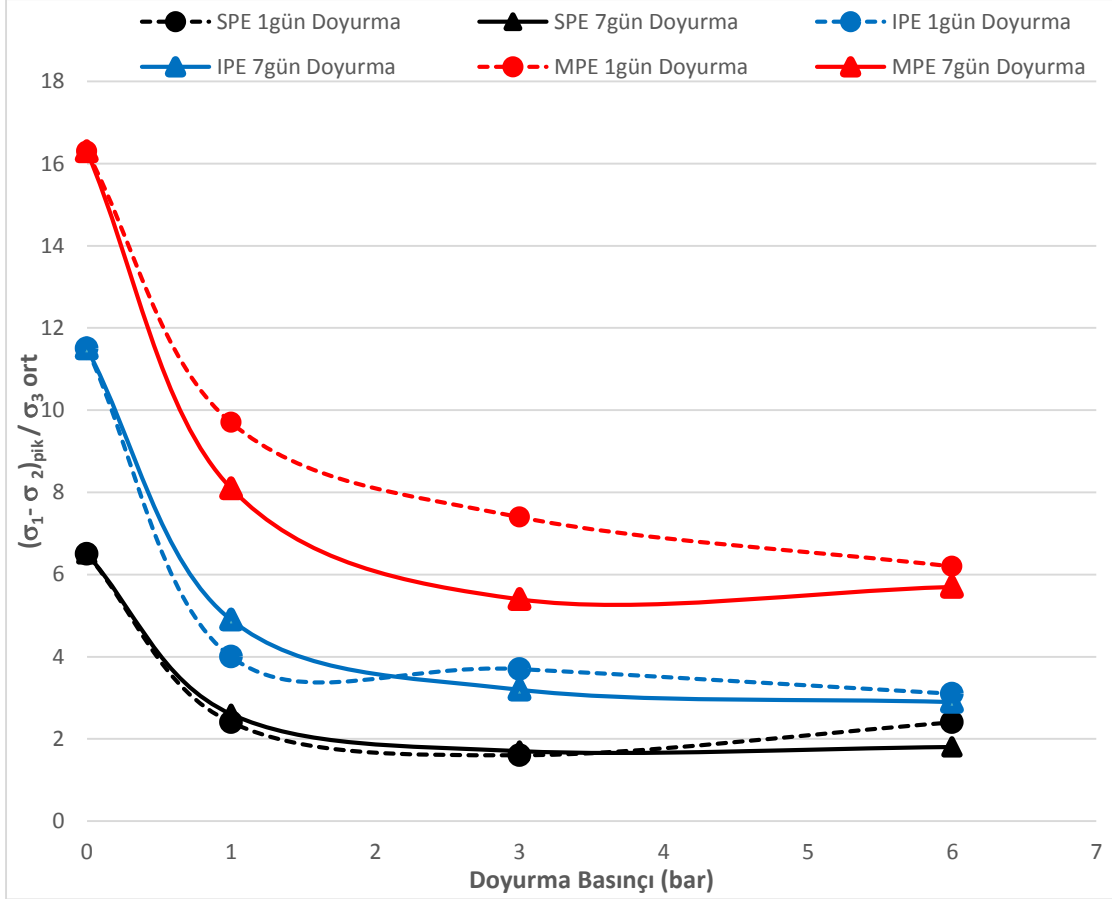


Şekil 4.9. 30 °C ‘ de yapılan Doyum işleminde kullanılan basınç - doyum derecesi ilişkileri

Şekil 4.9’ da görüldüğü üzere 1gün doyum işlemine maruz kalan numunelerde maksimum doyum basıncında SPE enerji seviyesinde % 14,8 - İPE enerji seviyesindeki numunelerde %15,5 ve MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise %19,3 doyum derecesi artışı kaydedilmiştir.

7 gün doyum işlemine maruz kalan numunelerde maksimum doyum basıncı değerinde ise SPE enerji seviyesinde % 15,2 İPE enerji seviyesindeki numunelerde %16,6 ve MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise %21,9 doyum derecesi artışı kaydedilmiştir.

Şekil 4.10' da pik deviator gerilmesinin hücre basıncı ile normalize edilerek doyurma basıncına karşı çizilmiş grafiği görülmektedir. İncelendiğinde 15 °C' de olduğu gibi SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan tüm numunelerde basınç artışı ve doyguluk oranı yükselmesi ile uyumlu bir şekilde azaldığı görülmektedir.

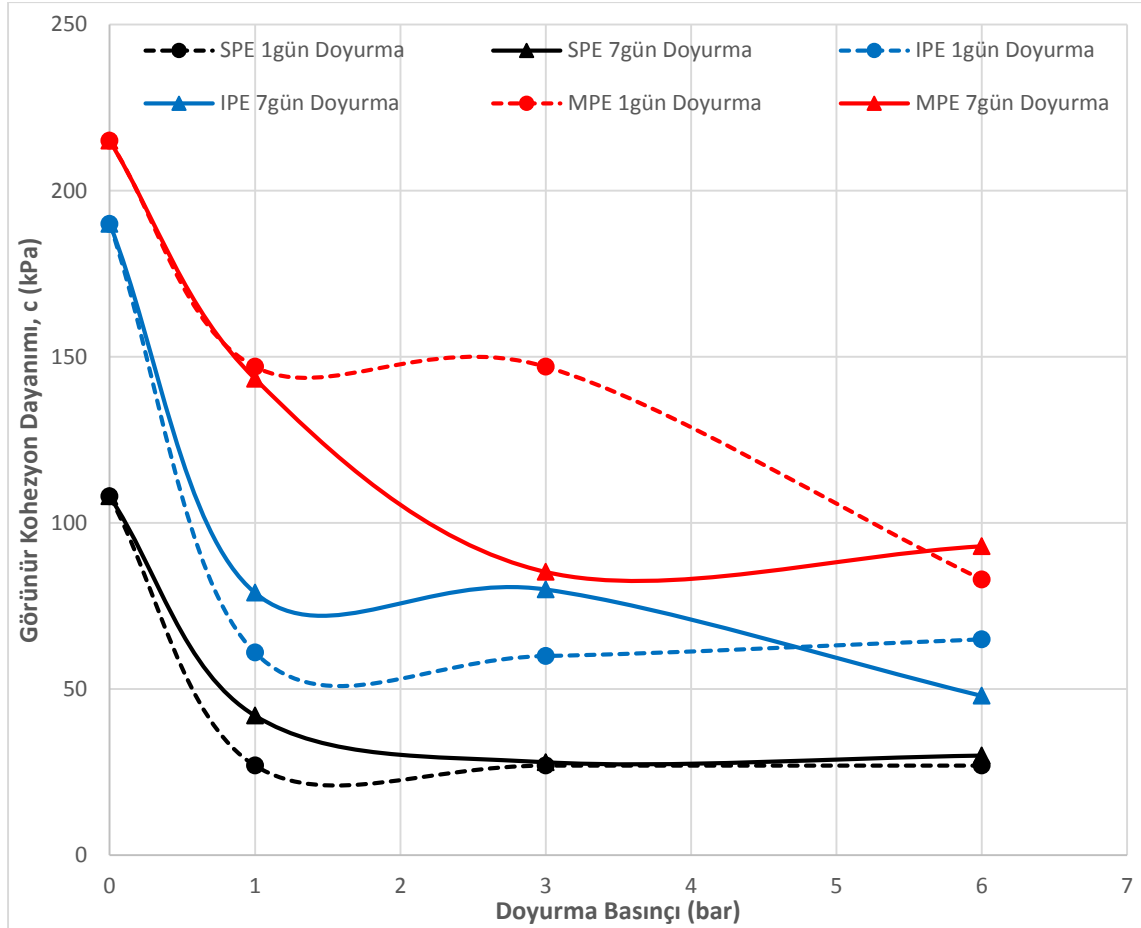


Şekil 4.10. 30°C ' de Doyurma işleminde kullanılan basınç - pik deviator gerilmesi ilişkileri

SPE enerji seviyesindeki doyurulmayan numunelerin $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pik} / \sigma_3$ oranı 6,5' den 6 bar 1 gün ve 7 gün doyurulduktan sonra sırası ile 2,4 ve 1,8 değerine düşmüştür. IPE enerji seviyesindeki doyurulmayan numunelerde $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pik} / \sigma_3$ oranı 11,5 - 6 bar 1 gün ve 7 gün doyurulduktan sonra sırası ile 3,1 ve 2,9 değerine düşmüştür. MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pik} / \sigma_3$ oranı 16,3 ' den 6 bar 1 gün ve 7 gün doyurulduktan sonra sırası ile 6,2 kPa ve 5,7 kPa'a ulaşmıştır. Tüm numunelerde doyurulma işleminin sonucunda $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pik} / \sigma_3$ değerinde ortalama %65 oranında düşüş gözlenmektedir. Dikkat edilmesi gereken bir başka konu ise 6bar basınç altında doyurulan numunelerin 1 gün ile 7 gün

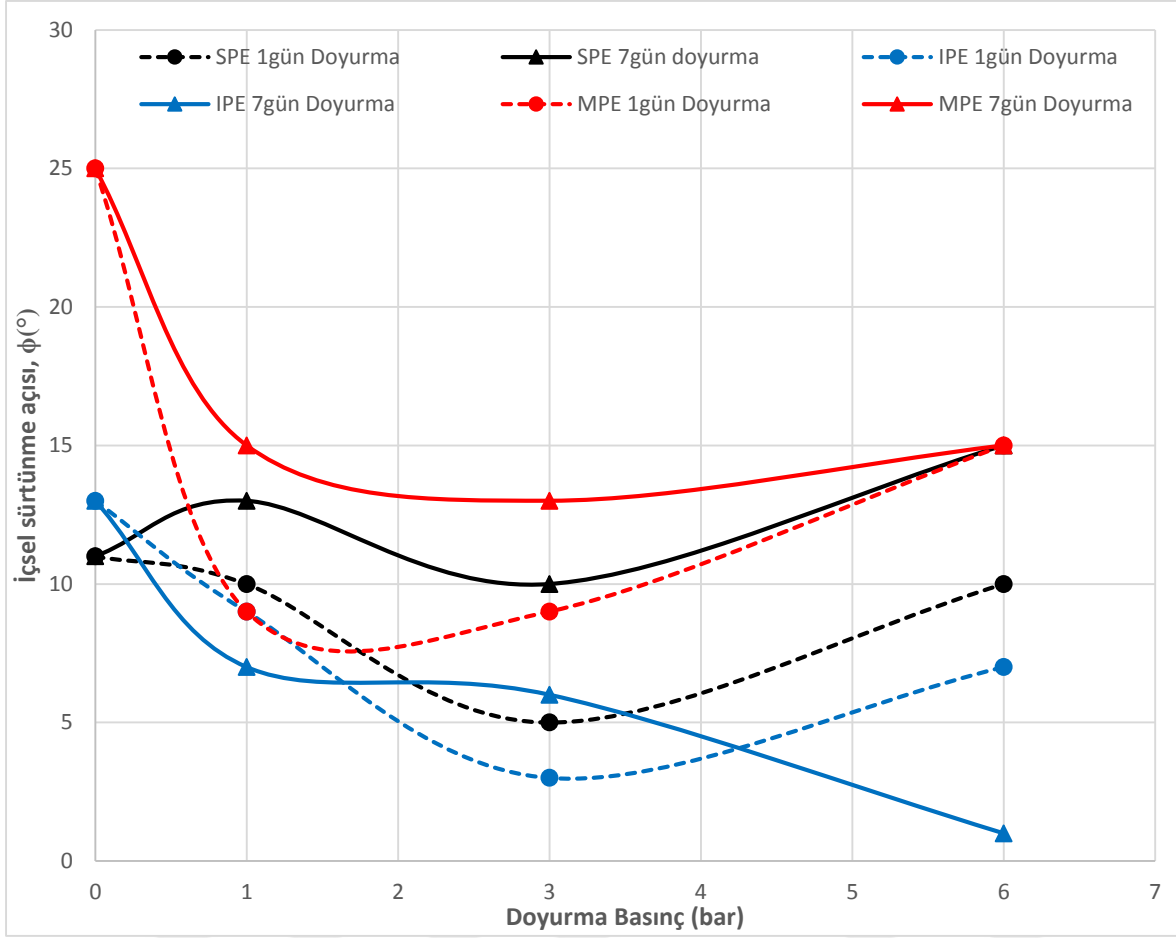
dozurma süresince ulaşılan dayanım parametrelerinde kayda değer bir fark gözlenmemesidir.

30 °C Dozurulan numunelerin Mohr dairelerine çizilen teğetlerden edilen kohezyon değerlerinin değişimi Şekil 4.11' da verilmiştir.



Şekil 4.11. 30 °C ' de Dozurma işleminde kullanılan basınc - kohezyon dayanımı ilişkileri

Benzer Şekilde Mohr dairelerine çizilen teğetlerden elde edilen içsel sürtünme açısı değerleri Őeki 4.12' de sunulmuştur. 0,0 bar'da gösterilen numuneler referans olarak dozurulmayan numunelerin içsel sürtünme açılarını göstermektedir. Görüldüğü üzere dozurma işleminin numunelerdeki içsel sürtünme açıları üzerinde önemli ölçüde etkisi vardır ama en çok etkilenen numune 3 bar dozurma basıncı ile 1 hafta süresince MPE sıkıştırma enerjisi numunelerindedir. Bazı numunelerde dozurma basıncı artışı ile numunelerin içsel sürtünme açılarında yükselme görülmektedir bunun eşdeğer olmayan numune özelliklerinden kaynaklandığı düşünölmektedir.



Şekil 4.12. 30 °C’ de Doyurma işleminde kullanılan basınç - içsel sürtünme açısı ilişkileri

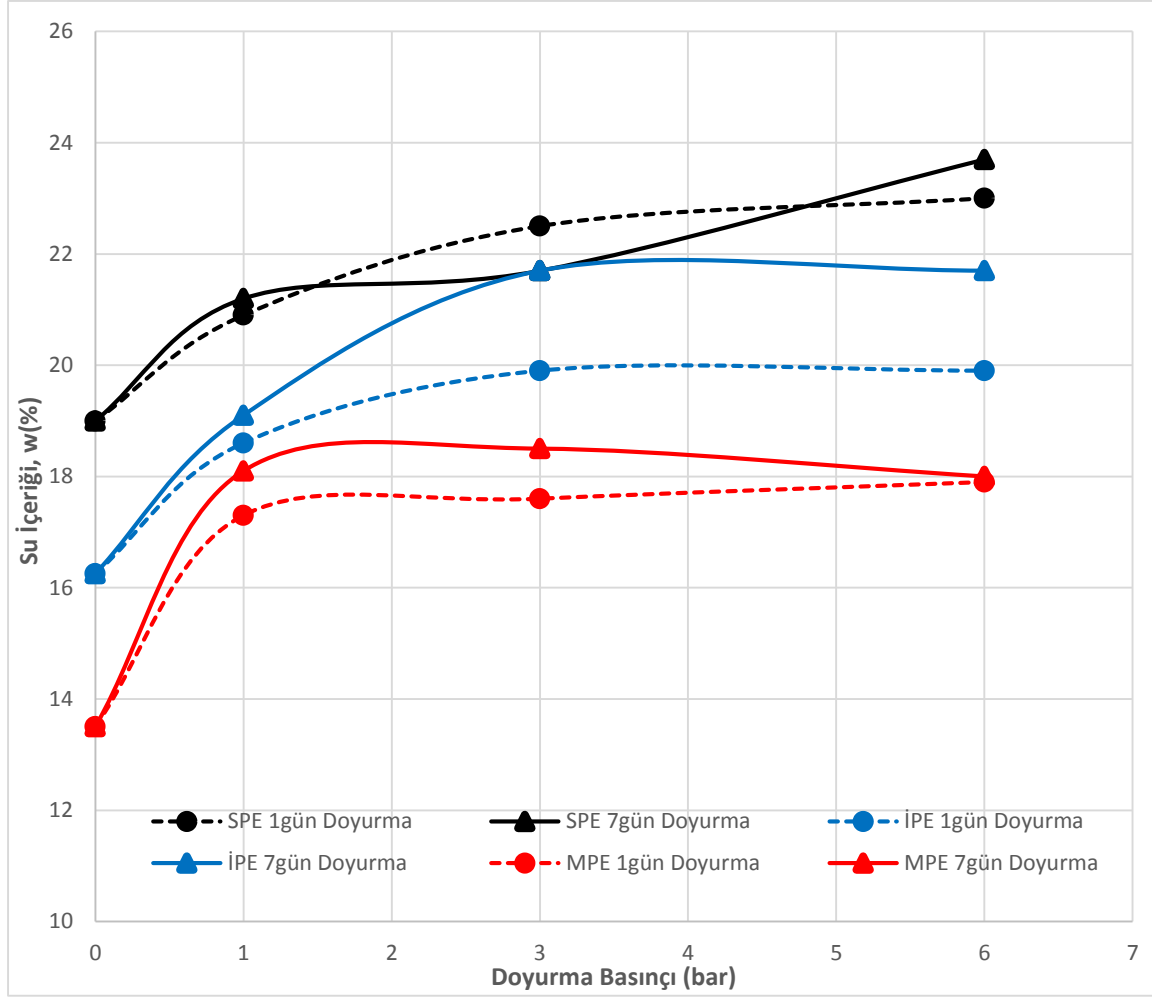
4.4. 60 °C’de Doyurulan Numuneler

SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve 60 °C’ de doyurma işlemleri gerçekleştirildikten sonra elde edilen deney sonu su içeriği - doyurma basıncı ile değişimi Şekil 4.13’ de sunulmuştur.

Şekil 4.13’ de görüldüğü üzere farklı enerji seviyesindeki numunelerin su içerikleri 15 °C ve 30 °C sıcaklıkta doyurulan numunelerde olduğu gibi basınç artışının su içeriği artışı üzerinde pozitif katkı sağladığı görülmektedir.

Yine önceki iki farklı doyurma sıcaklıklarında olduğu gibi 60 °C doyurulan numunelerde’de doyurma basıncının 3 bar basınca kadar daha etkili olduğu görülmektedir.

SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve 60 °C’de doyurma işlemi sonucu elde edilen deney sonu doyurma basıncı - doygunluk derecesi, %S ilişkileri Şekil 4.18 ’ de verilmiştir.



Şekil 4.13. 60°C ' de yapılan Doyurma işleminde kullanılan basınç-su içerikleri ilişkileri

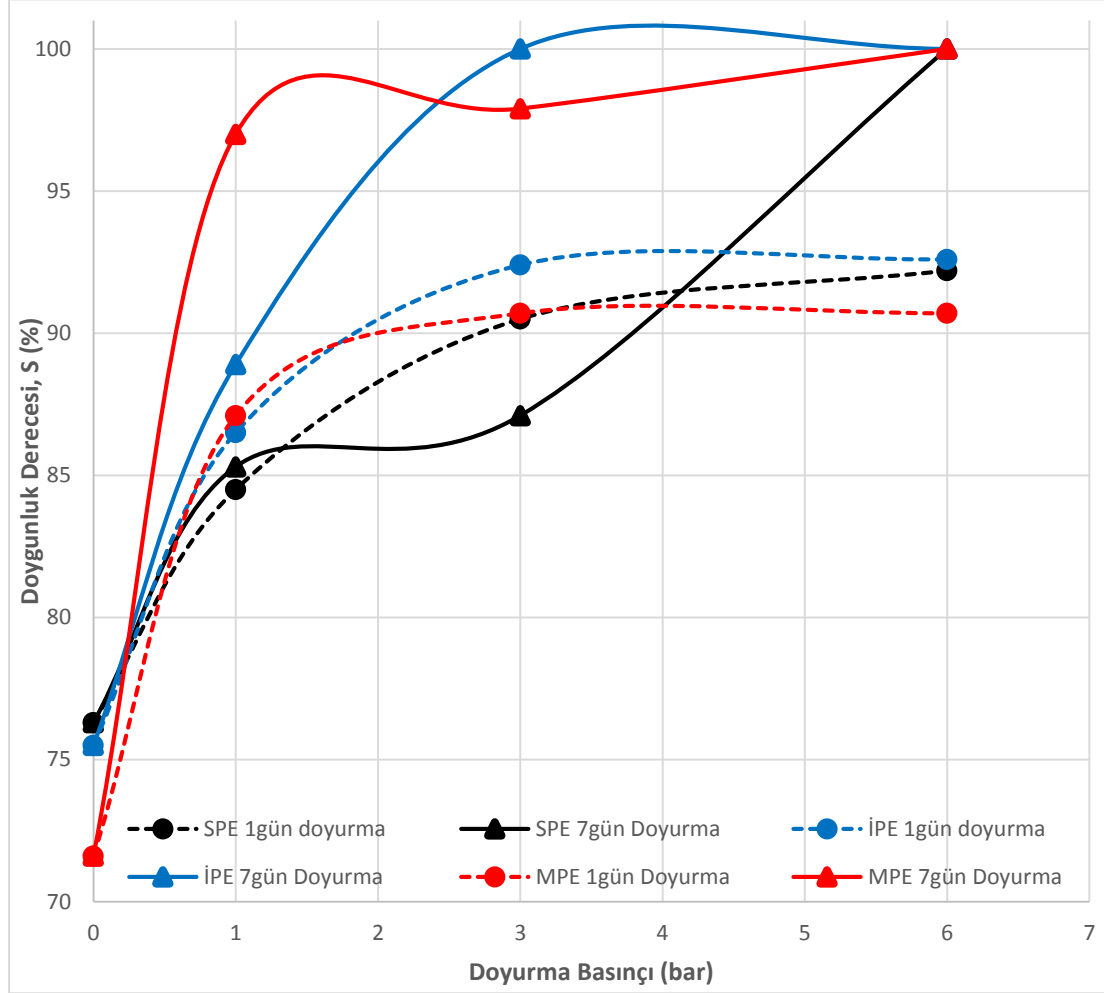
Şekil 4.14' de görüldüğü üzere 1gün boyunca doyurulma işlemine maruz kalan numunelerde maksimum doyurma basıncında SPE enerji seviyesinde %15,9, IPE enerji seviyesindeki numunelerde %17,1 ve MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise %19,1 doygunluk derecesi artışı kaydedilmiştir

7gün doyurulma işlemine maruz kalan numunelerde maksimum doyurma basıncı değerinde ise SPE enerji seviyesinde %23,7 IPE enerji seviyesindeki numunelerde %24,5 ve MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise %28,4 doygunluk derecesi artışı kaydedilmiştir.

Şekil 4.14' den elde edilen bir diğer önemli konu, 60 °C' de ve 6 bar basınç altında doyurulan numuneler' de 7 gün sonunda numuneleri %100 doygunluğa ulaştığıdır.

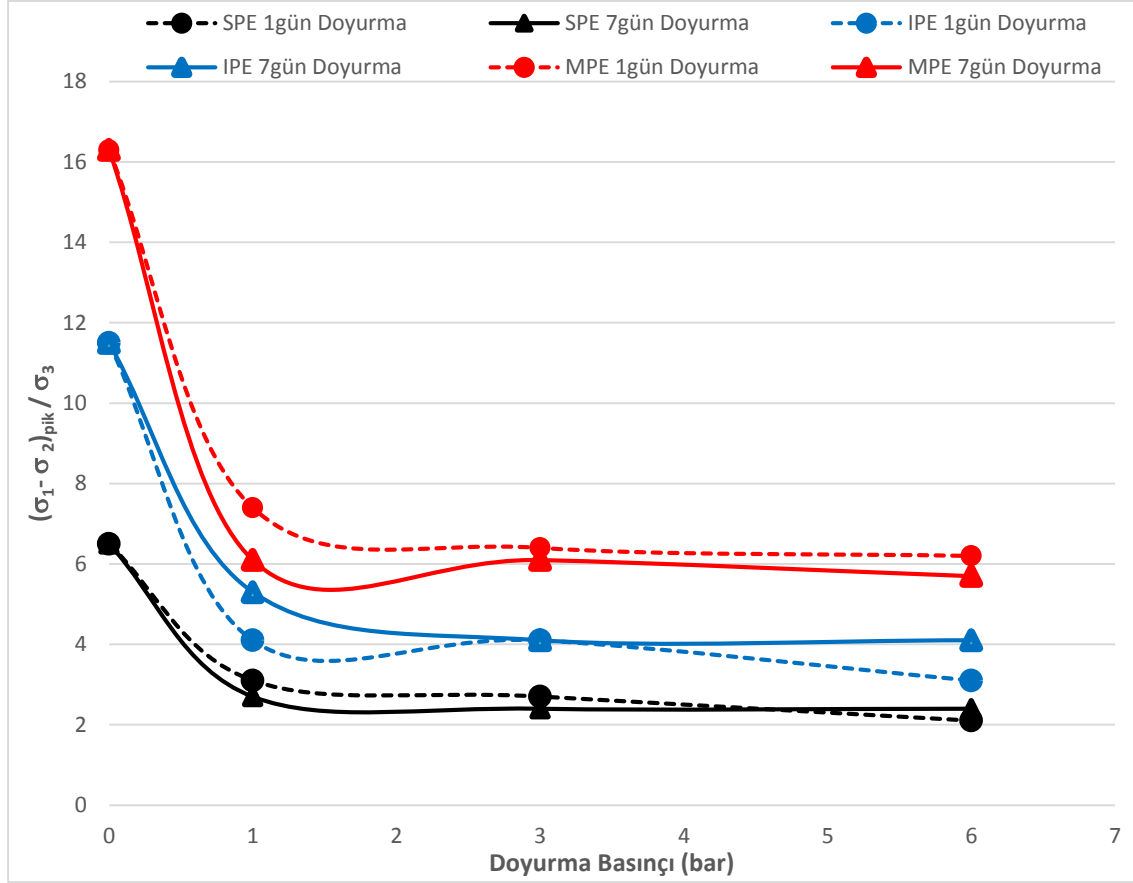
Şekil 4.15' de pik deviator gerilmesinin hücre basıncı ile normalize edilerek doyurma basıncına karşı çizilmiş grafiği görülmektedir. İncelendiğinde 15 °C ve 30 °C' de olduğu gibi

SPE, İPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan tüm numunelerde basınç artışı ve doygunluk oranı yükselmesi ile biçimde bir şekilde azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.14. 60 °C ' de yapılan Doymurma işleminde kullanılan basınç - doygunluk derecesi ilişkileri

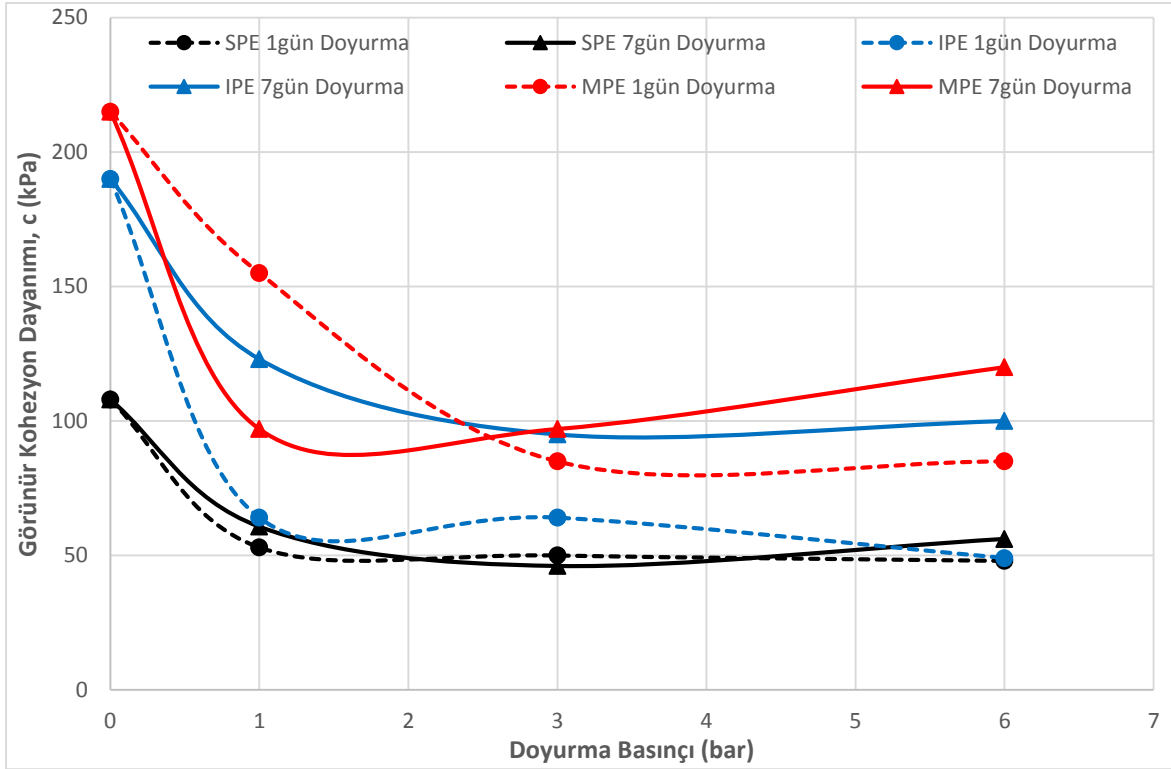
SPE enerji seviyesindeki doymurulmayan numunelerin $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pik} / \sigma_3$ oranı 6,5' den 6 bar 1 gün ve 7 gün doymurduktan sonra sırası ile 2,1 ve 2,4 değerine düşmüştür. İPE enerji seviyesindeki doymurulmayan numunelerde $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pik} / \sigma_3$ oranı 11,5 ' e, 6 bar 1 gün ve 7 gün doymurduktan sonra sırası ile 3,1 ve 4,1 değerine düşmüştür. MPE enerji seviyesindeki numunelerde ise $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pik} / \sigma_3$ oranı 16,3 ' dan 6 bar 1 gün ve 7 gün doymurduktan sonra sırası ile 6,2 kPa ve 5,7 kPa' a ulaşmıştır ve tüm numunelerde doymurma işleminin sonucunda $(\sigma_1 - \sigma_2)_{pik} / \sigma_3$ değerinde ortalama %65 oranında düşüş gözlenmektedir.



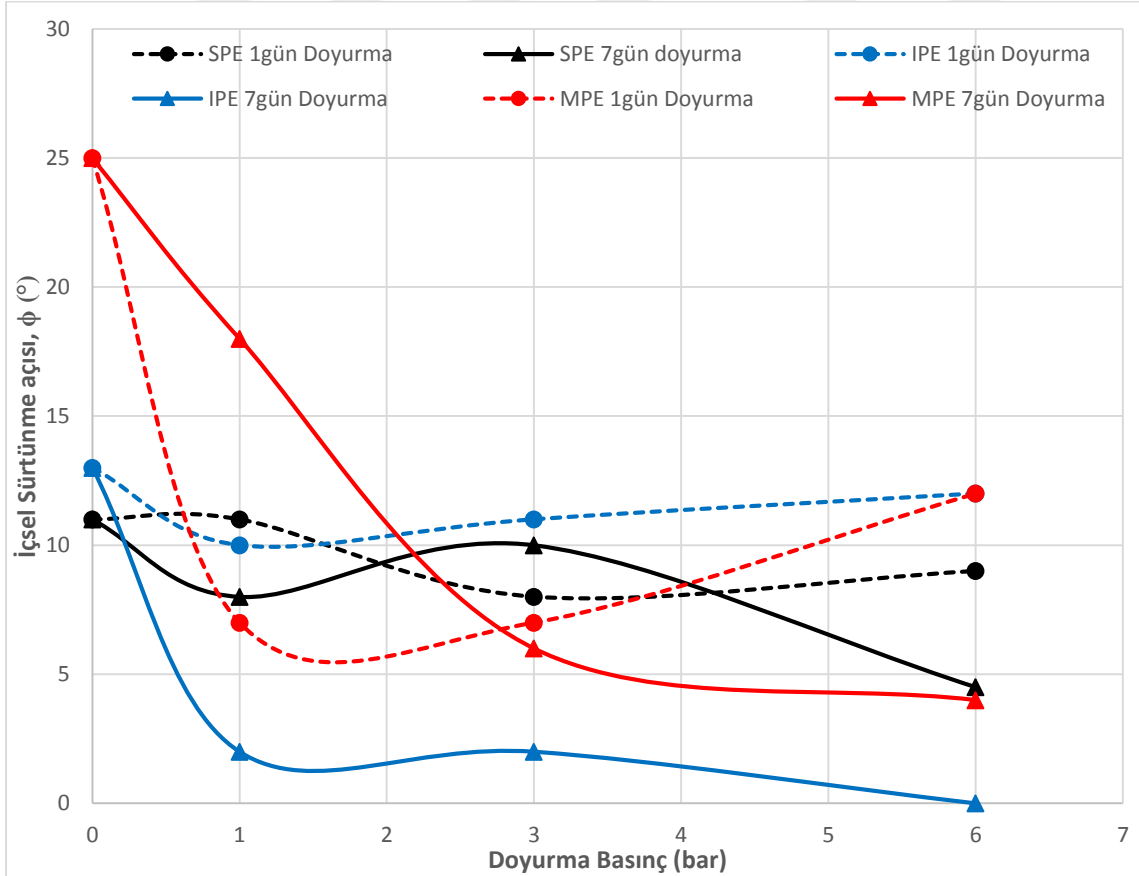
Şekil 4.15. 60 °C ‘ de Doyurma işleminde kullanılan basınç - pik deviatör gerilmesi ilişkileri

Şekil 4.16’ da görüldüğü üzere doyurma basıncında artış numunelerin kohezyon değerlerinde azalmaya neden olduğu görülmektedir. Diğer yandan 60 °C yapılan doyurma işleminin diğer sıcaklıklar’ da yapılan doyurma işleminin aksine uniform bir azalma görülmediği gözlenmektedir.

Aynı şekilde mohr dairelerinden elde edilen numunelere ait içsel sürtünme açısı değişimi Şekil 4.17’ de görülmektedir. Şekil 4.17 incelendiğinde doyurma işleminin numunelerin içsel sürtünme açılarında etkisi olduğu görünse de bu etkilenmenin belirli bir çerçevede gerçekleştiği söylenemez.



Şekil 4.16. 60 °C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - kohezyon dayanımı ilişkileri



Şekil 4.17. 60 °C 'de Doyurma işleminde kullanılan basınç - içsel sürtünme açısı ilişkileri



5. DENEY BULGULARININ ANALİZİ VE TARTIŞILMASI

Daha önceki bölümlerde her doyurulma sıcaklığı için ayrı ayrı verilen su içeriği ve dayanım parametrelerinin doyurma basıncı ve süresi ile değişimi bu bölümde karşılaştırma amacı ile bir arada karşılaştırılacaktır.

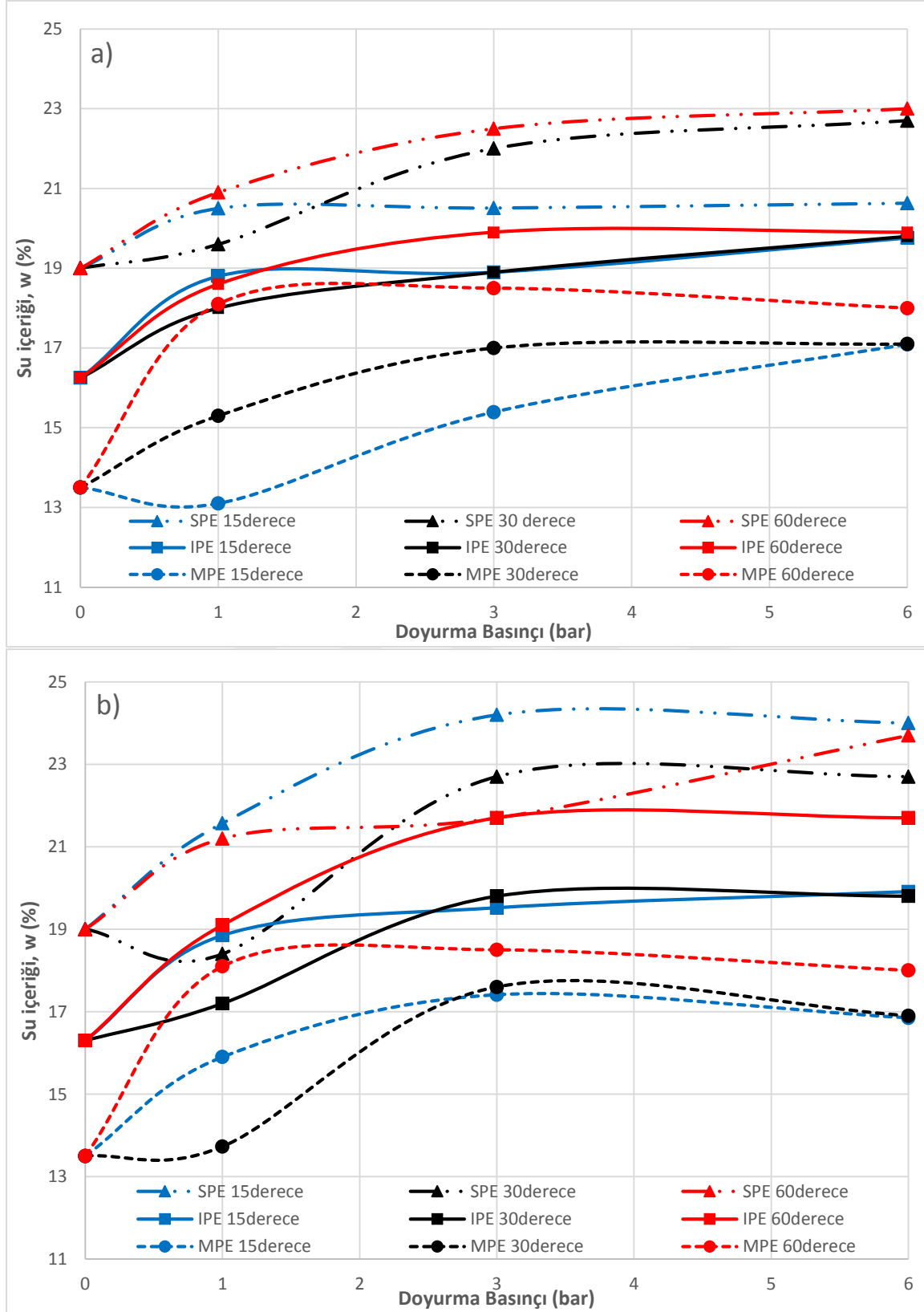
5.1. Doyurma Sıcaklığının Numunelerin Su İçeriği Üzerindeki Etkisi

Üç farklı sıcaklıkta (15 °C - 30 °C - 60 °C) yapılan doyurma işlemine ait doyurma basıncı-su içeriği grafiği Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

Şekil 5.1’ e göre 1gün boyunca doyurulan numunelerde 3 bar doyurma basıncında tüm enerji seviyelerinde sıcaklığın artışı ile su içeriğinde artış gözlenmektedir. Ayrıca 6 bar doyurma basıncında ise sıcaklığın artışının sadece SPE ve MPE enerji seviyelerinde etkili olduğu görülmektedir. Genel olarak sıcaklığın artışı doyurma işleminde pozitif bir katkı sağladığı görülmektedir.

Burada görüldüğü üzere IPE ve MPE enerji seviyesindeki numunelerde sıcaklığın artışı numunelerin su içeriğini pozitif yönde etkilese de, SPE düzeyindeki numunelere kayda değer bir etkisi olmadığı görülmektedir.

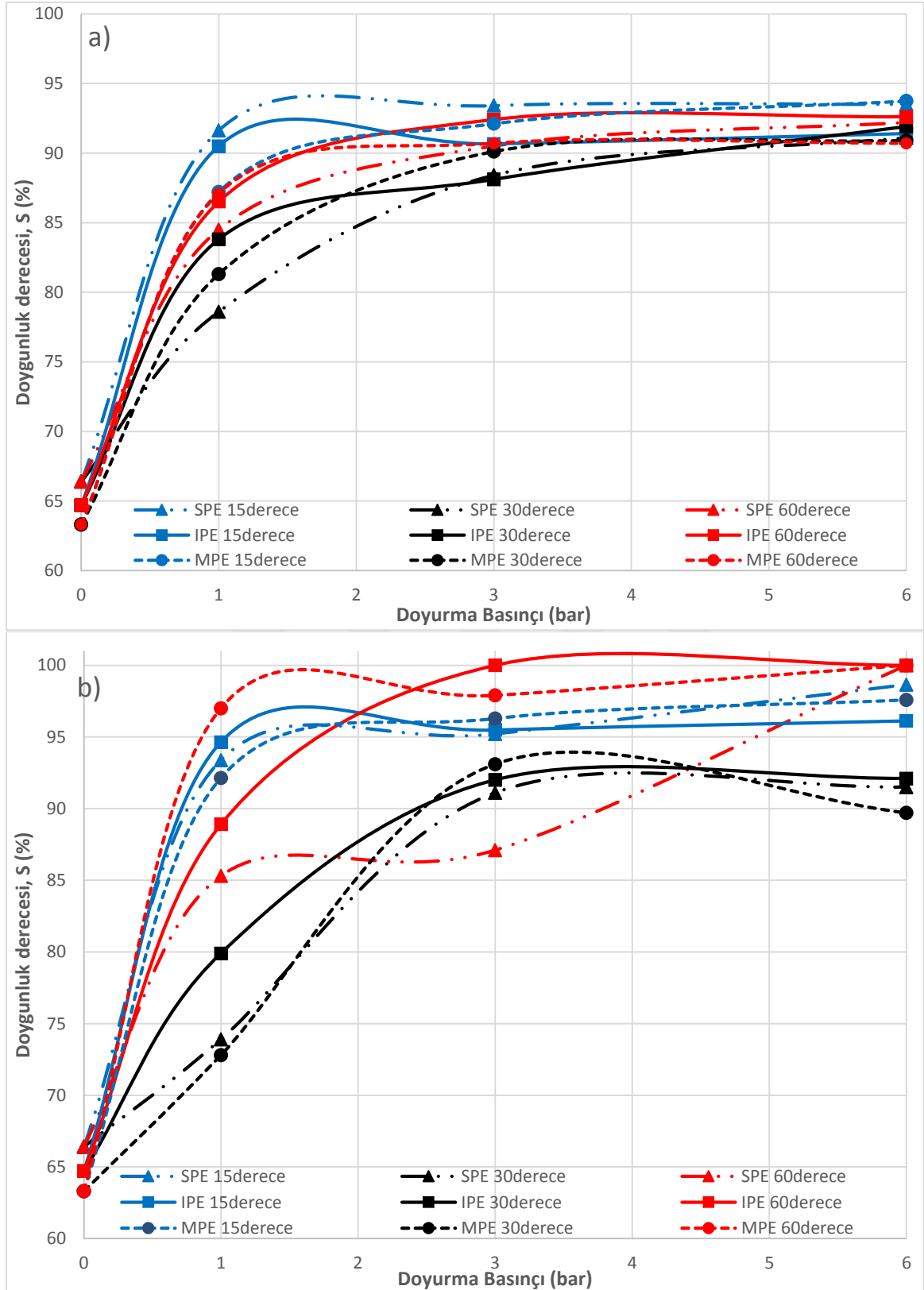
Şekil 5.1’ den görüldüğü üzere sıcaklık artışının doyurma işlemi üzerinde kısa vadede daha etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 5.1. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyurulan numunelerin doyurma basıncı - su içeriği ilişkileri a) 1 gün boyunca doyurulan numuneler b) 7 gün boyunca doyurulan numuneler

Şekil 5.2' de farklı enerji seviyelerinde doygunluk derecesi - doyum basıncı ilişkileri farklı doyum sıcaklıklarında verilmiştir. Görüldüğü üzere 1 gün boyunca doyurulan numunelerde 6 bar basınç sonucunda ulaşılan nihai doygunluk dereceleri tüm enerji seviyeleri ve ayrıca tüm sıcaklıklar için hemen hemen aynıdır. 7 gün boyunca doyurulan numunelerde ise (Şekil 5.2.b) tüm enerji seviyeleri için en yüksek doygunluk derecesine sırası ile 60 °C, 30 °C ve 60 °C'de ulaşıldığı görülmektedir. Ayrıca %100 doygunluk derecesine sadece 60 °C 'de ulaşıldığına da dikkat edilmesi gerekmektedir. Böylece yine su içeriklerinde olduğu gibi sıcaklık artışının birçok numunenin doygunluk derecesi üzerinde'de pozitif bir etki sağladığı görülmektedir.

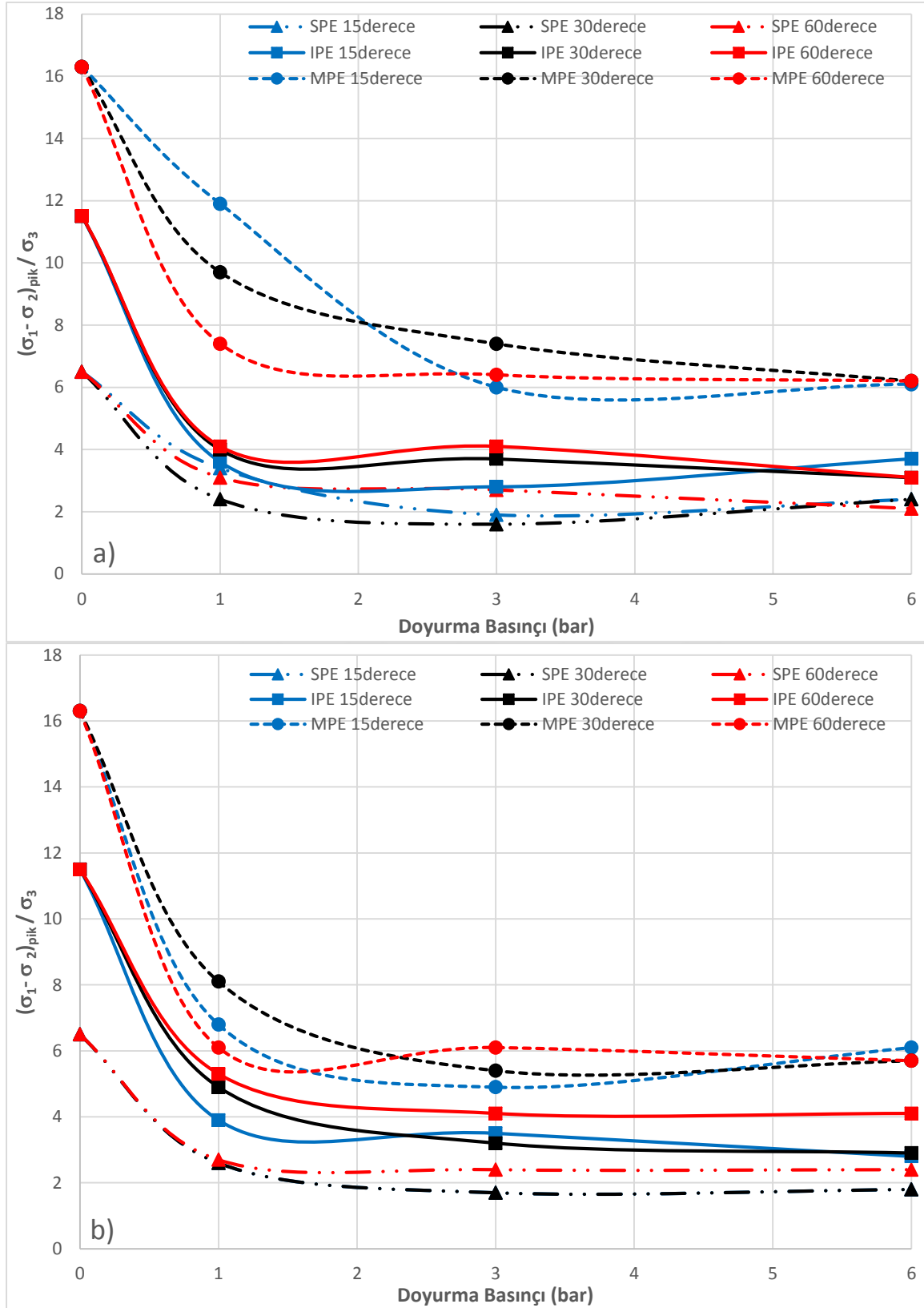




Şekil5.2. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyurulan numunelerin doyurma basıncı - doygunluk derecesi ilişkileri a) 1 gün boyunca doyurulan numuneler b) 7 gün boyunca doyurulan numuneler

5.2. Doyurma Sıcaklığının Numunelerin Dayanım Parametreleri Üzerindeki Etkisi

Dayanım parametrelerinin sıcaklık değişikliğinden nasıl etkilendiğinin araştırılması için farklı enerji seviyelerinde sıkıştırılan numunelerin doyurma basıncı - pik deviyatör gerilme ilişkileri Şekil 5.3 ' de verilmiştir. Şekil 5.3' de görüldüğü üzere tüm doyurma sıcaklıklarında (15 °C, 30 °C ve 60 °C) 3 bar doyurma basıncına kadar doyurma sıcaklığının dayanım parametreleri üzerinde belirgin bir şekilde düşüşe neden olduğu ama 6 bar basınca kadar doyurulan numunelerde tüm sıcaklıklarda hemen hemen aynı değerlerde kaldığı görülmektedir. Diğer yandan 1 bar doyurma basıncına kadar ısı artışının dayanım parametrelerinde düşüşe neden olduğu ama 1 bar basınçtan daha yüksek doyurma basıncında, ısı değişiminin dayanım parametreleri üzerindeki etkisinin az olduğu görülmektedir.

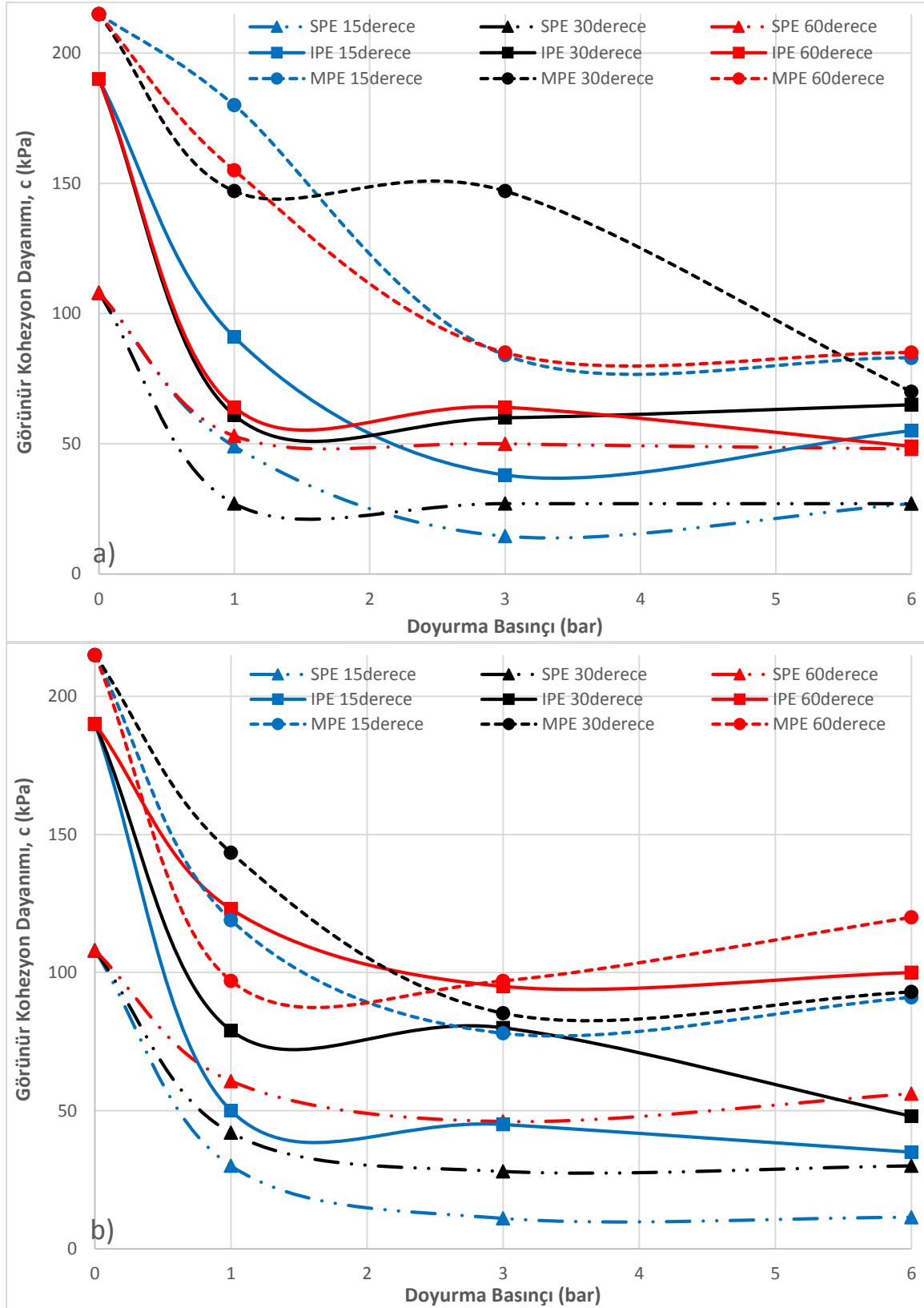


Şekil 5.3. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyurulan numunelerin doymurma basıncı - görünür kohezyon ilişkileri a) 1 gün boyunca doyurulan numuneler b) 7 gün boyunca doyurulan numuneler

Numunelere ait kohezyon dayanımının sıcaklık değişikliğinden nasıl etkilendiğinin araştırılması için farklı enerji seviyelerinde sıkıştırılan numunelerin Mohre dairelerine çizilen teğetlerden elden edilen kohezyon dayanımı- doyurma basıncı ilişkileri Şekil 5.4 ' de gösterilmiştir.

Şekilde görüldüğü üzere numunelere ait kohezyon değerleri tüm sıcaklıklarda (15 °C, 30 °C ve 60 °C) doyurma basıncı artışı ile ,özellikle 3 bar'a kadar belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. Isı artışının ise bazı dalgalanmalar ile beraber genellikle kohezyon değerlerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir.

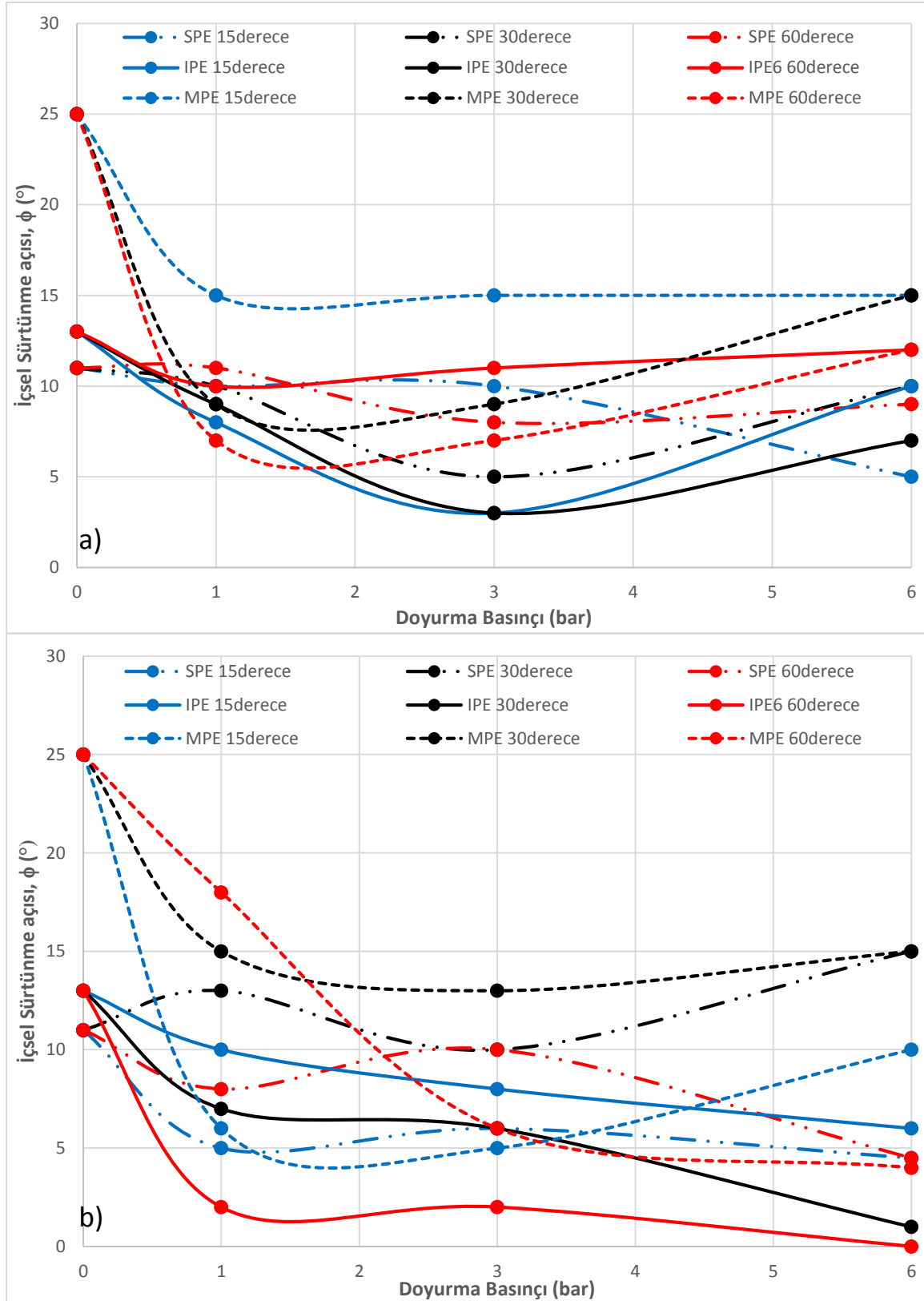




Şekil 5.4. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyumlanan numunelerin doymurma basıncı - görünür kohezyon ilişkileri a) 1 gün boyunca doyumlanan numuneler b) 7 gün boyunca doyumlanan numuneler

Numunelere ait kohezyon dayanımının sıcaklık değişikliğinden nasıl etkilendiğinin araştırılması için farklı enerji seviyelerinde sıkıştırılan numunelerin Mohre dairelerine çizilen teğetlerden elden edilen içsel sürtünme açısı - doyurma basıncı ilişkileri Şekil 5.5 ' de gösterilmiştir.

Önceki bölümlerde doyurma basıncı artışının tüm numunelerin içsel sürtünme açısında düşüşe neden olduğu anlatılmıştır. Şekil 5.5' de görüldüğü gibi 3 bar doyurma basıncı na kadar numunelerin içsel sürtünme açılarında önemli miktarda düşüş görölmektedir. Isı değişiminin ise içsel sürtünme açısı düşüşünde pozitif bir etki sağladığı görölmektedir öyle ki 7 gün 6 bar 60 °C de doyurulan numunelerin içsel sürtünme açıları en düşük değerlere ulaştığı görölmektedir.



Şekil 5.5. SPE, IPE ve MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı sıcaklıklarda doyumlanan numunelerin doyum basıncı - içsel sürtünme açısı ilişkileri a) 1 gün boyunca doyumlanan numuneler b) 7 gün boyunca doyumlanan numuneler

5.3. Doyurma Süresinin Su İçeriği Üzerindeki Etkisi

Daha önceki bölümlerde UU üç eksenli basınç deneyi yapıldıktan sonra numuneler boyunca su içeriklerinin nasıl değiştiğinin incelenmesi amacı ile numunelerin alt, orta ve üst olmak üzere üç farklı kesiminden su içeriği belirleme deneyi için örnekler alındığından bahs edilmişti. Bu sonuçlar grafik olarak EK 5' de gösterilmiştir.

Ek incelendiğinde Görüldüğü üzere doyurulma işlemine maruz bırakılan numunelerin farklı kesimlerinin su içerikleri 7 gün boyunca doyurulan numunelere nazaran daha fazla farklılık göstermektedirler.





6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen bazı sonuçlar özet olarak aşağıda verilmiştir.

1. Tüm doyum sıcaklıklarında (15 °C - 30 °C - 60 °C) yapılan doyum işleminde doyum basıncı artışı ile numunelerin su içeriklerinin ve doyum derecelerinde artış gözlenmiştir.
2. Laboratuvar sıcaklığında yapılan doyum işleminde tüm sıkıştırma enerji seviyeleri için (SPE, IPE ve MPE) 6 bar basınç ve 7gün doyum süresinde %96 doyum derecesine (pratik'te doyum olarak kabul edebileceğimiz değere) ulaşılmıştır.
3. Laboratuvar sıcaklığında yapılan doyum işleminde en etkili olan faktör doyum basıncı olduğu gözlenmiştir.
4. En etkili doyum basıncının 1 bar – 3 bar basınç aralığında olduğu gözlenmiştir.
5. Doyum sıcaklığının, doyum işleminde pozitif bir etkisi olduğu belirlenmiştir öyle ki %100 doyum derecesine tüm sıkıştırma enerji seviyelerinde (SPE, IPE ve MPE) 6 bar, 60 °C sıcaklık ve 7 gün doyum süresinde ulaşılmıştır.
6. Doyum sıcaklığının dayanım parametreleri üzerinde dalgalanmalara neden olduğu görüldüğü genel olarak dayanım parametrelerinde düşüşe neden olduğu saptanmıştır.
7. Bir gün boyunca farklı basınçlarla doyurulan numunelerin farklı kesitlerinden alınan su içeriklerinin numune boyunca eşdeğer olmadığı görülmektedir.
8. Sıcaklık artışının numunelerin dayanım parametreleri üzerindeki dalgalanmalarını, diğer araştırmacıların araştırmalarını da dikkate alarak, numunelerin fiziksel özelliklerinin üzerinde etkisi olduğu açıklanabilir.



KAYNAKLAR

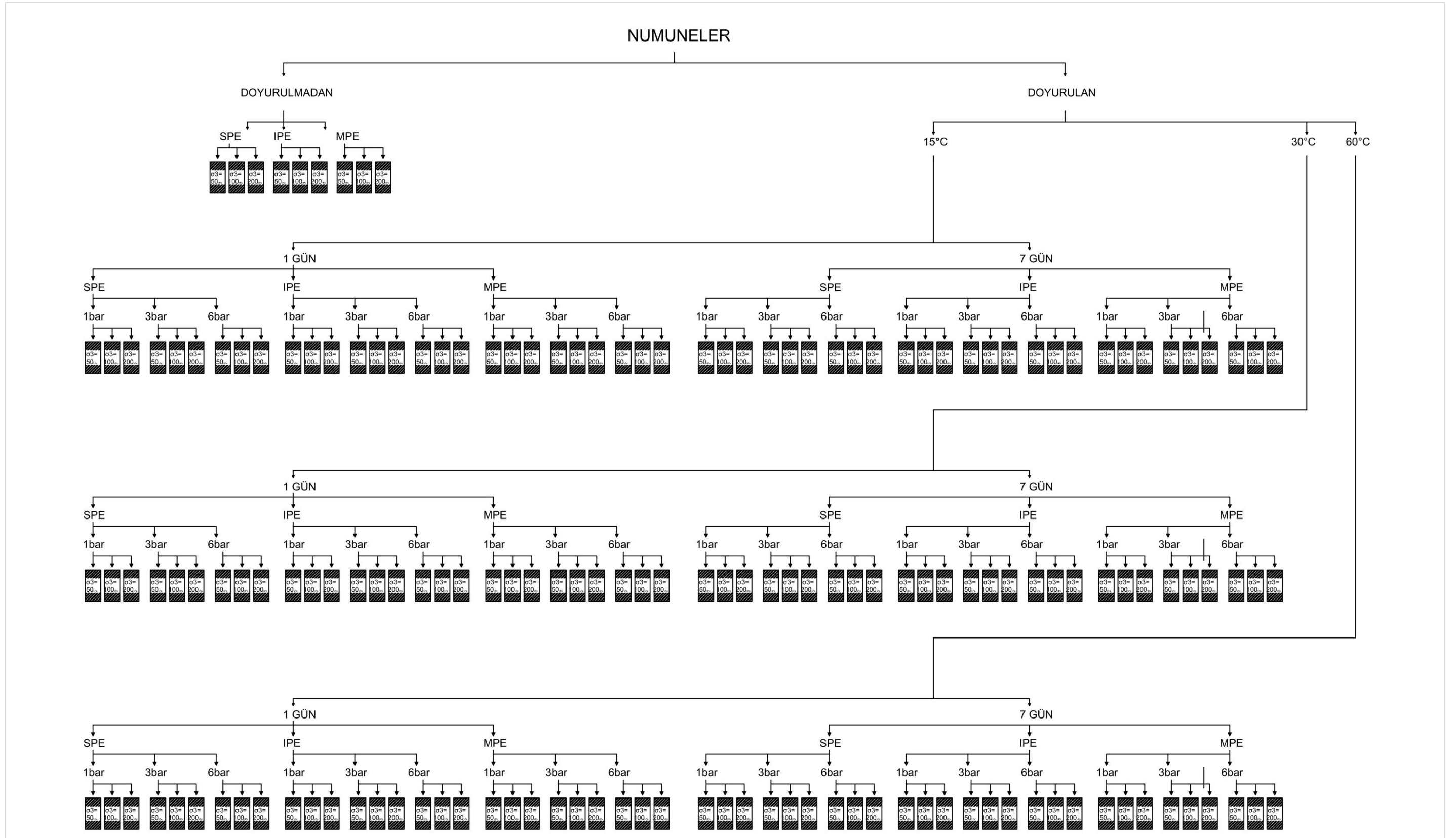
- ASTM D 422-63. (2014). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. *Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, 1-8.
- ASTM D 698-12 (2014). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. *Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, PA, 1-13.
- ASTM D 854-02. (2014). Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. *Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, 1-7.
- ASTM D 854-02. (2014). Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Py 1557-12. (2014). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort. *Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, PA, 1-14.
- ASTM D 2166/D2166M. (2014). Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil. *Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, PA, 1-7.
- ASTM D 2487-00. (2014). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). *Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, 1-11.
- ASTM D 2850-03a. (2014). Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils. *Annual book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, 1-6.
- ASTM D 4318-10. (2014). Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. *Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, 1-14.
- Beles, A. A. and Stanculescu, I. I. (1958). Thermal treatment as a means of improving the stability of earth masses. *Géotechnique*, Vol. 8, No. 4, 158-165.
- Cekerevac, C. and Laloui, L. (2004). Experimental study of thermal effects on the mechanical behavior of a clay. *International Journal for Numerical Analytical Methods Geomechanics*, Vol. 28, No. 3, 209-228.
- Coduto, D. P. (2006). *Geoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar*. (Çev. M. Mullamahmutoğlu ve K. Kayabalı). 1. Baskı. Gazi Kitapevi, Ankara.
- Gülşen. F(2013). *Doygun ve Doygun Olmayan Zemin Mekaniği Kavramları ile Sığ Temellerin Taşıma Gücü*. Yüksek lisan tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 1-6

- Hamidi, A.A., Khazayi, C (2012). *Effects of Temperature Change on the Behavior of Clayey Soils*. Department of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran. 203-2012.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., Sheahan, T.C., 2011. *An Introduction to Geotechnical Engineering*, 2nd edition. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. (30,850-853)
- Hueckel, T. and Baldi, M. (1990). *Thermoplastic of saturated clays: An experimental constitutive study*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 116, 1778-1796.
- Kheirjouy, A. B (2014). *Farklı Doyurma Tekniklerinin Sıkıştırılmış Killi Bir Zeminin Drenajsız Kayma Dayanımına Etkisinin Araştırılması*. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-48.
- Lambe, T. W., and Whitman, R. V. (1969). *Soil mechanics*. John Wiley & Sons, New York, N. Y. (117)
- Malizia, J. P., Shakoor, A(2018). *Effect of Water Content and Density on Strength and Deformation Behavior of Clay Soils*. Elsevier.125-131.
- Rowshanzamir, M. A., Askari, A. M. (2010). *An Investigation On The Strength Anisotropy of Compacted Clays*. Applied Clay Science, 520-524.
- Wang, M. C., Benway, J. M. and Arayssi, A. M. (1990). *The effect of heating on engineering properties of clays*. USA: ASTM Special publication.
- Youssef, M. S., Sabry, A. and El Ramli, A. H. (1961) . *Temperature changes and their effects on some physical properties of soils*. Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris, 419-421.
- Zhang, F., Cui, Y., Zeng, L., Robinet, J.C., Conil, N., Talandier, J. (2018). Effect of degree of saturation on the unconfined compressive strength of natural stiff clays with consideration of air entry value. *Elsevier*.140-148.
- Ahadian, J., Salemnia, A., Karimi, M. (2011). *Effect of compaction test component on development of stress-strain in the clay soil in comparison with sandy-clay soil*. Shahid Chamran University, 1- 49



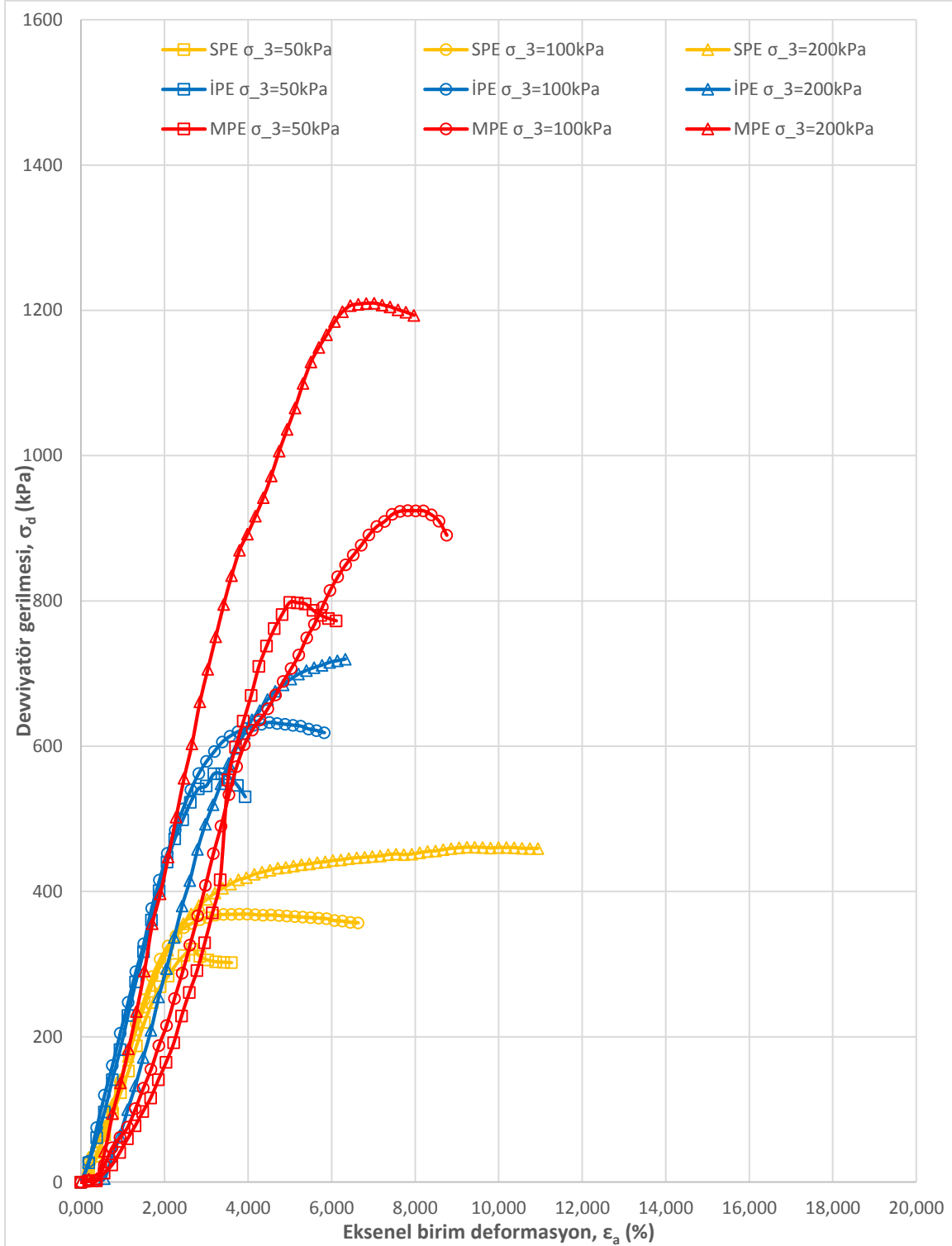
EKLER

EK-1. Çalışma kapsamında hazırlanan numuneler ve kontrol parametreleri



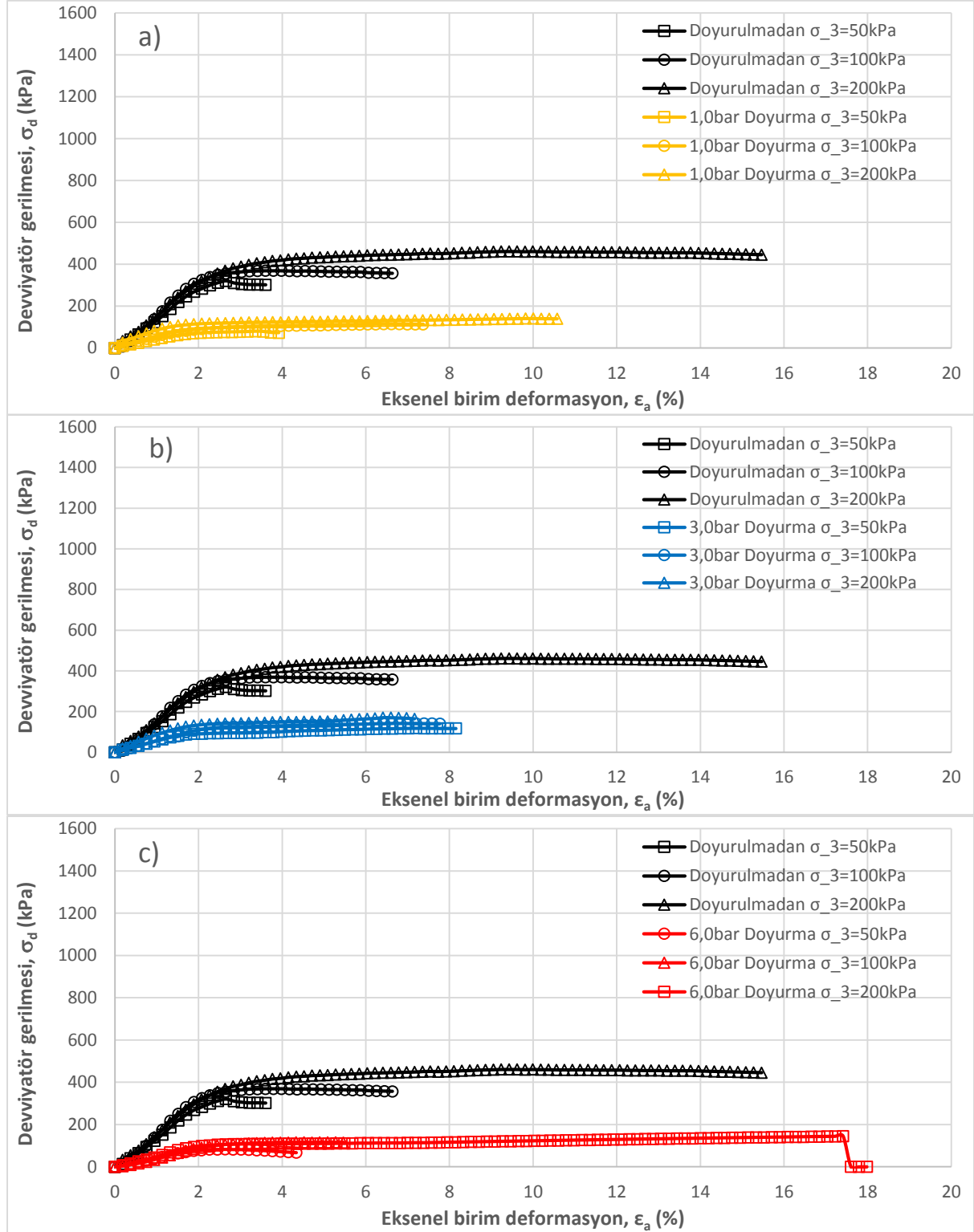
Şekil 1.1. Çalışma kapsamında hazırlanan numuneler ve kontrol parametreleri

EK-2. Numunelere ait aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri



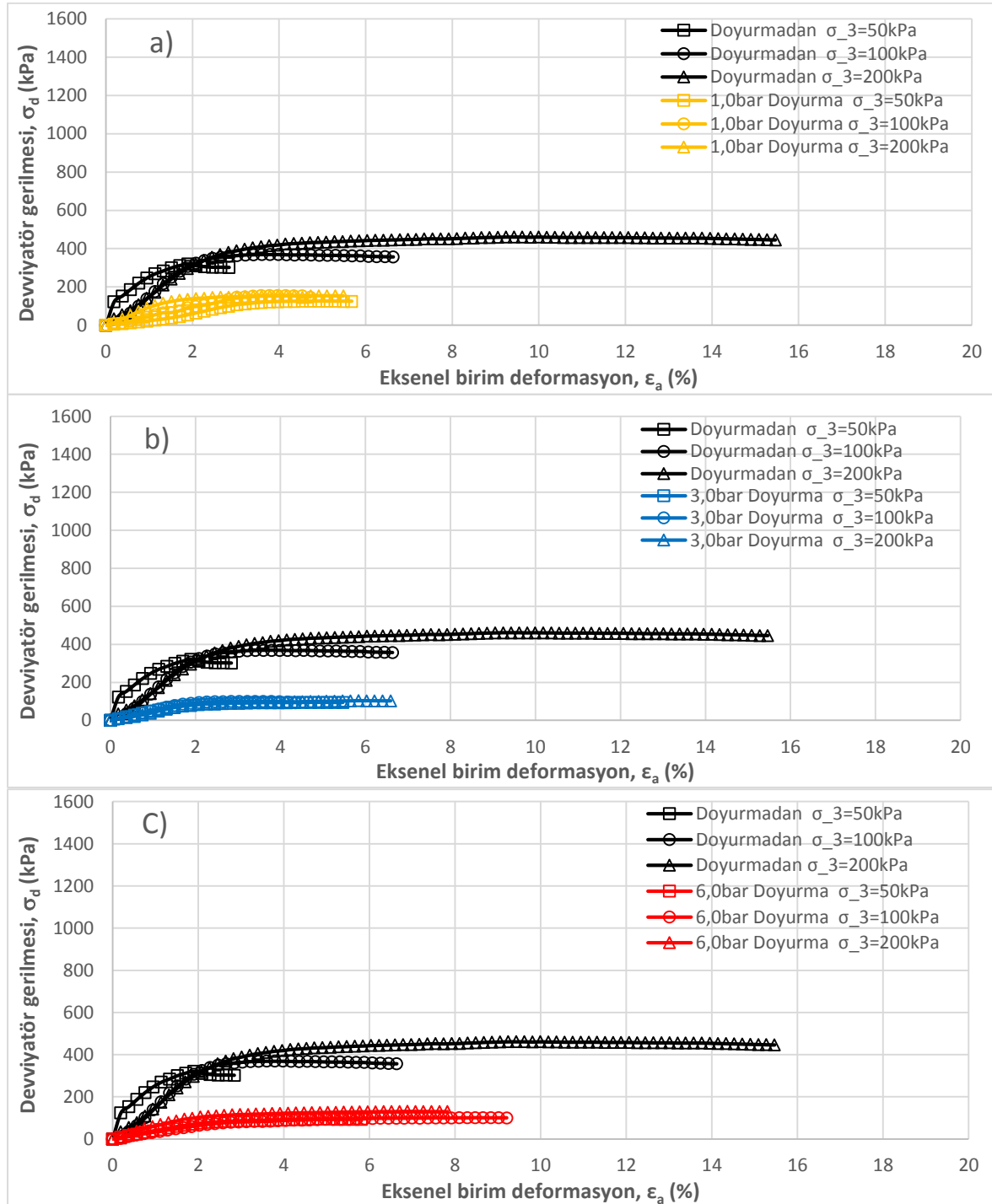
Şekil 2.1. Üç farklı sıkıştırma enerjisinde (SPE, IPE ve MPE) sıkıştırılan ve doyurma işlemine maruz kalmadan Konsolidasyonsuz Drenajsız üç eksenli basınç (UU)deneyinden elde edilen numunelerin aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



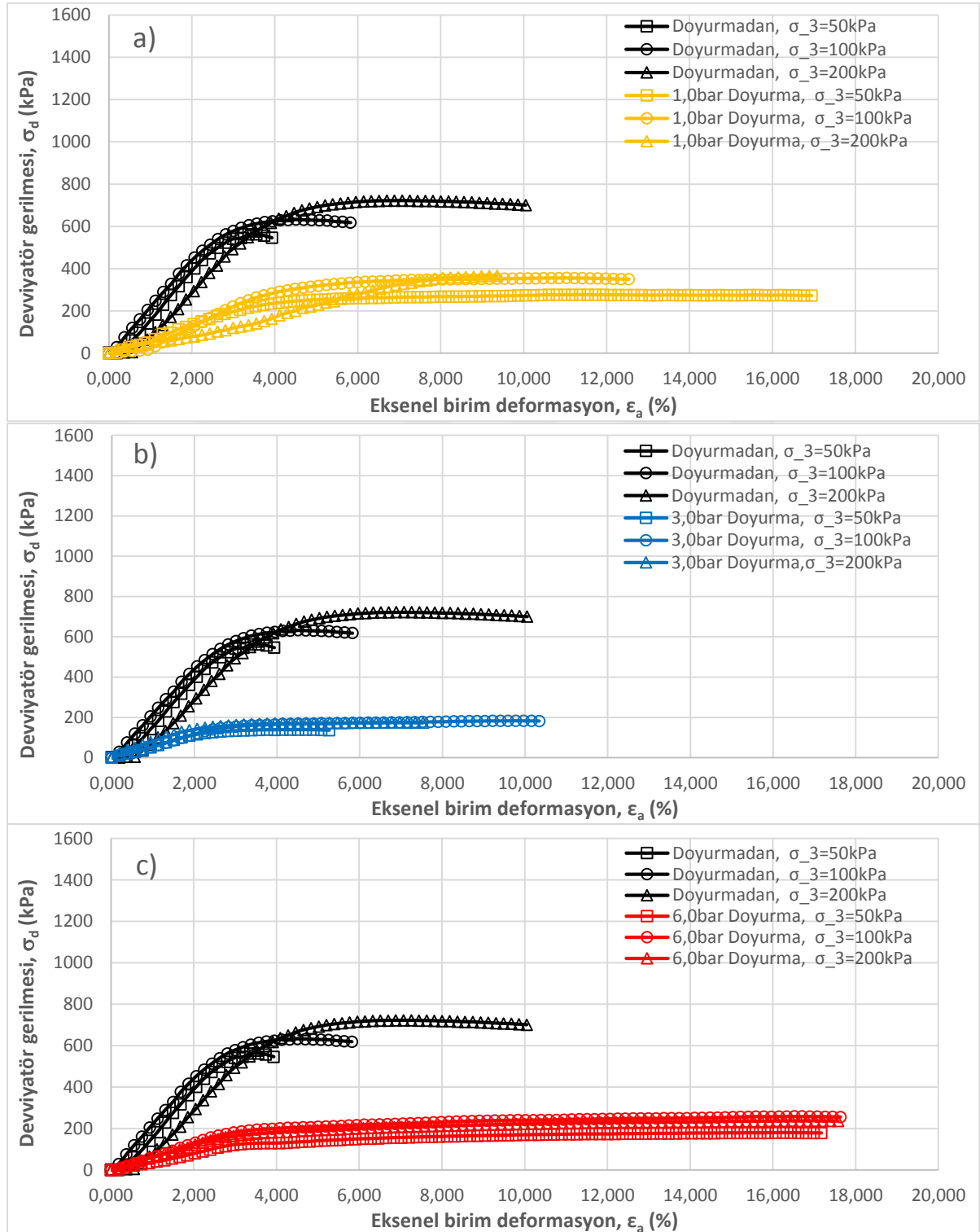
Şekil 2.2. SPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 15 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



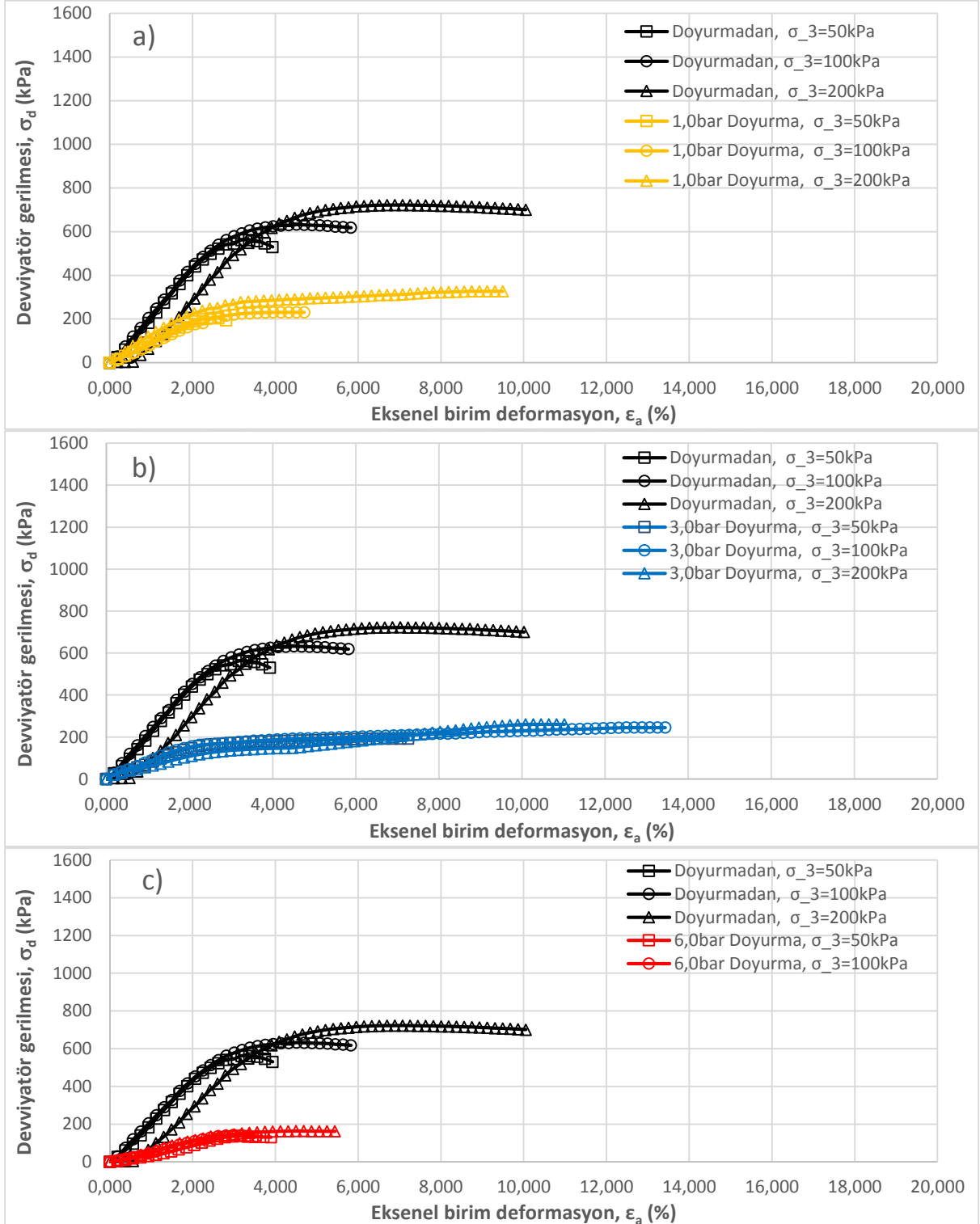
Şekil 2.3. SPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 15 °C'da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



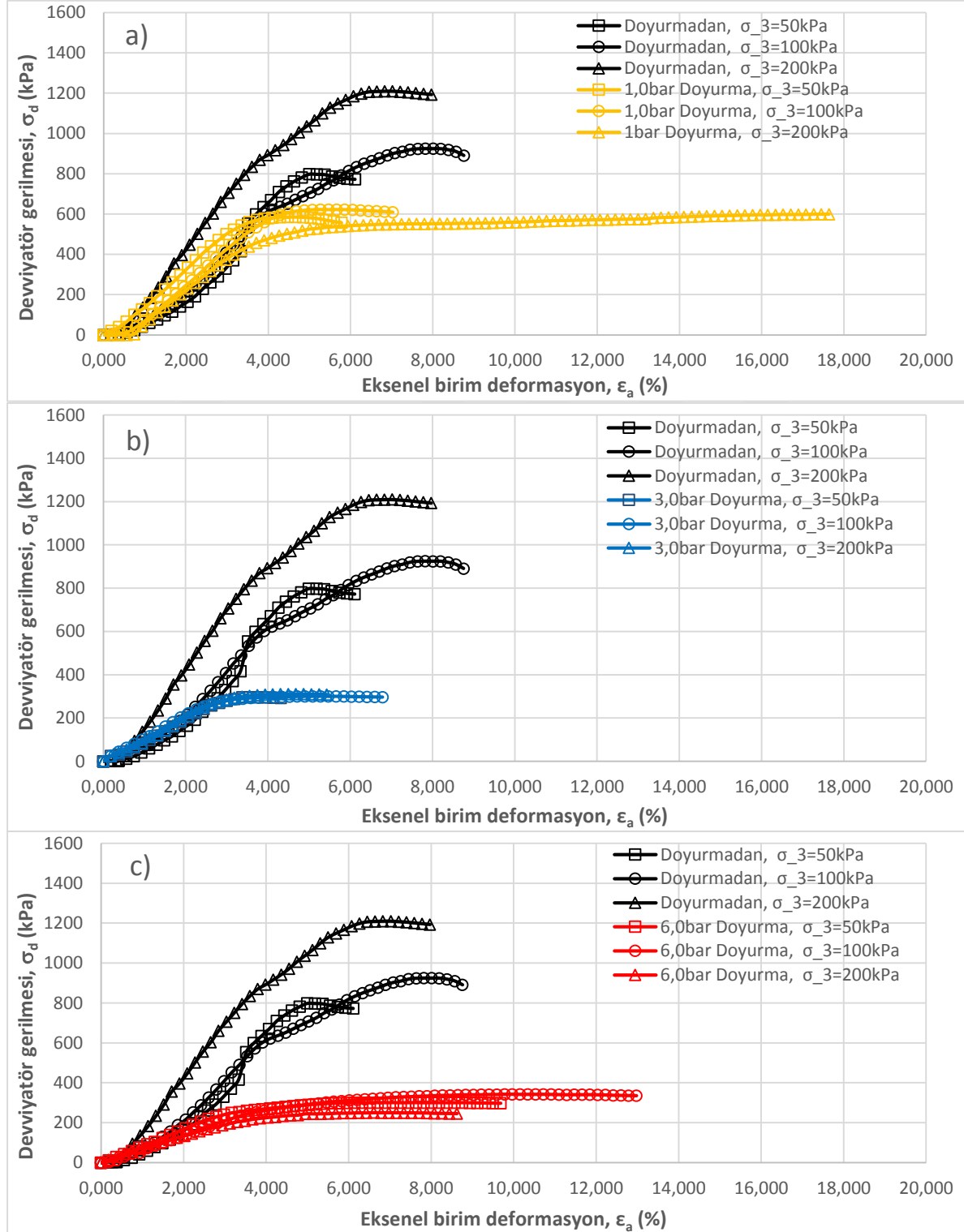
Şekil 2.4. IPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 15 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



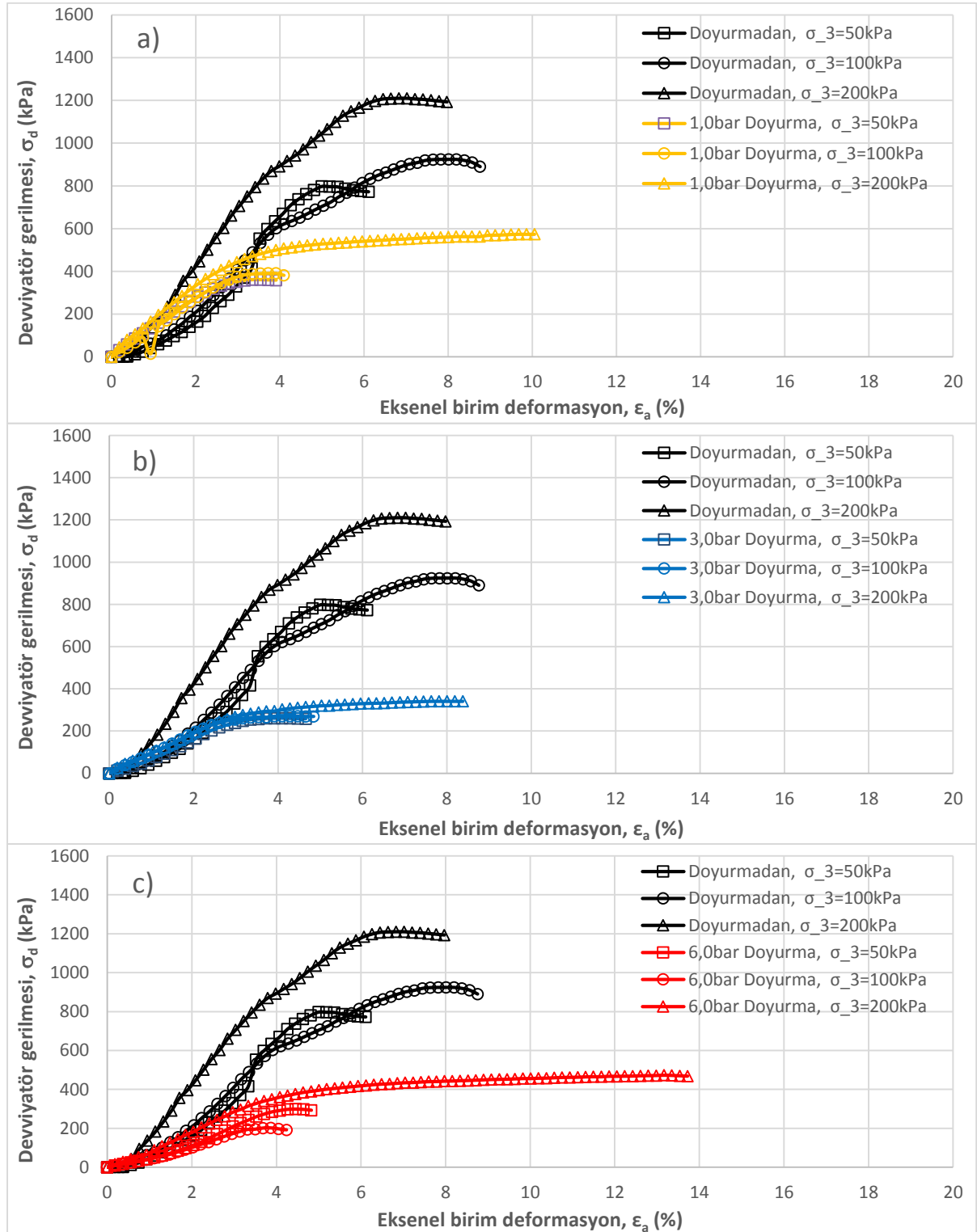
Şekil 2.5. IPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri
a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 15 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait aksel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



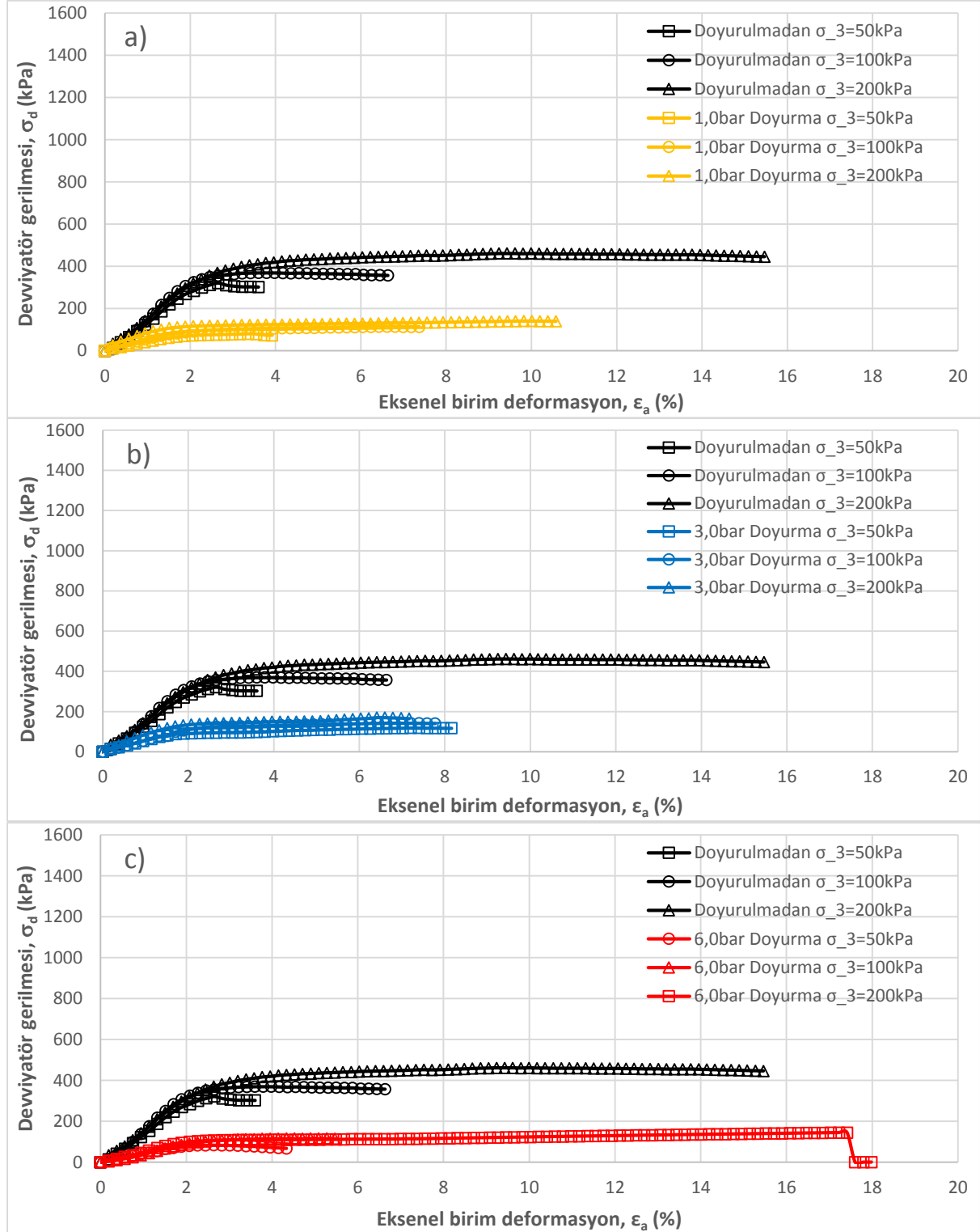
Şekil 2.6. MPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 15 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



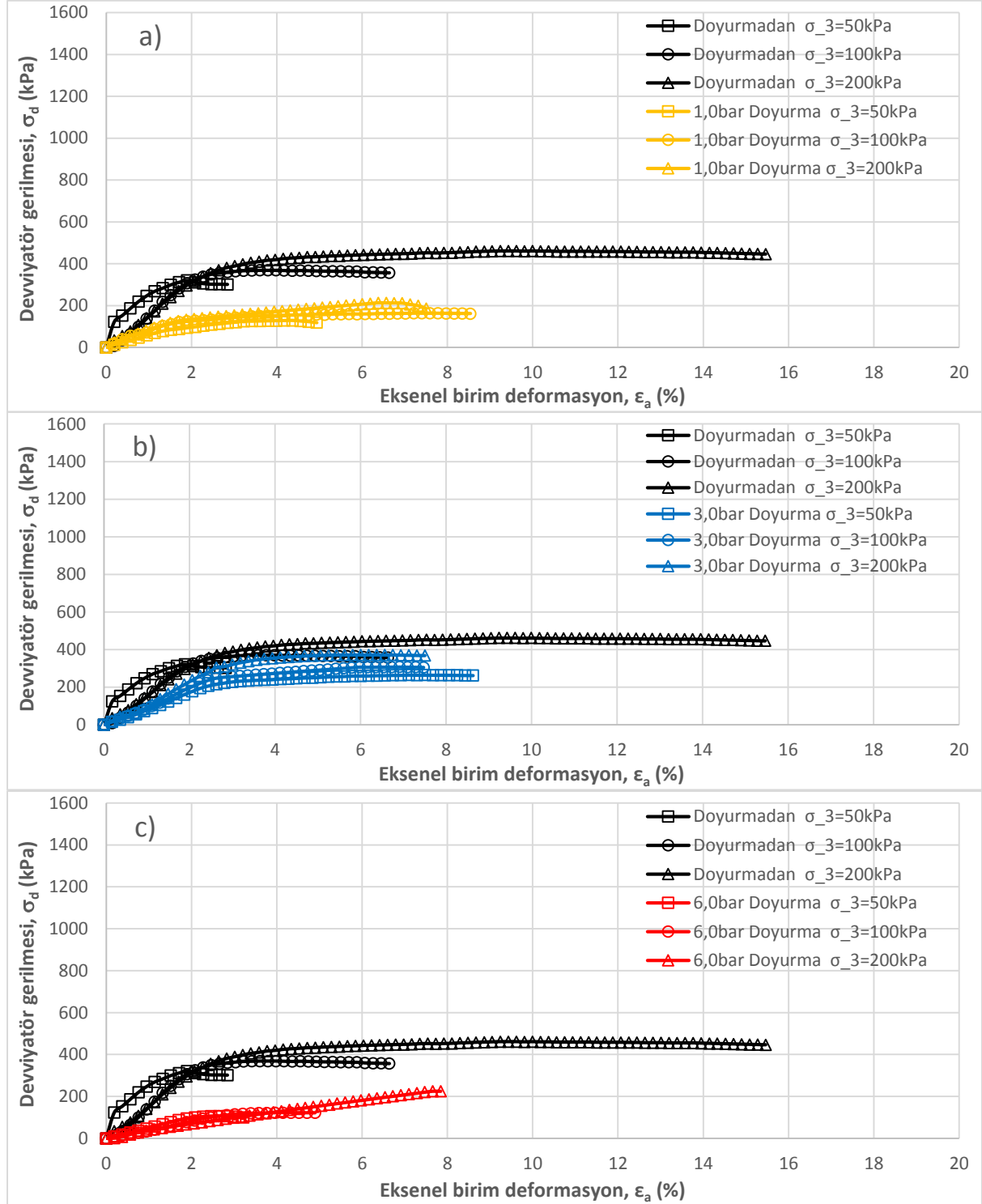
Şekil 2.7. MPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doymurma basınçları ile 1 gün boyunca doyumlanan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doymurma işlemi 15 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



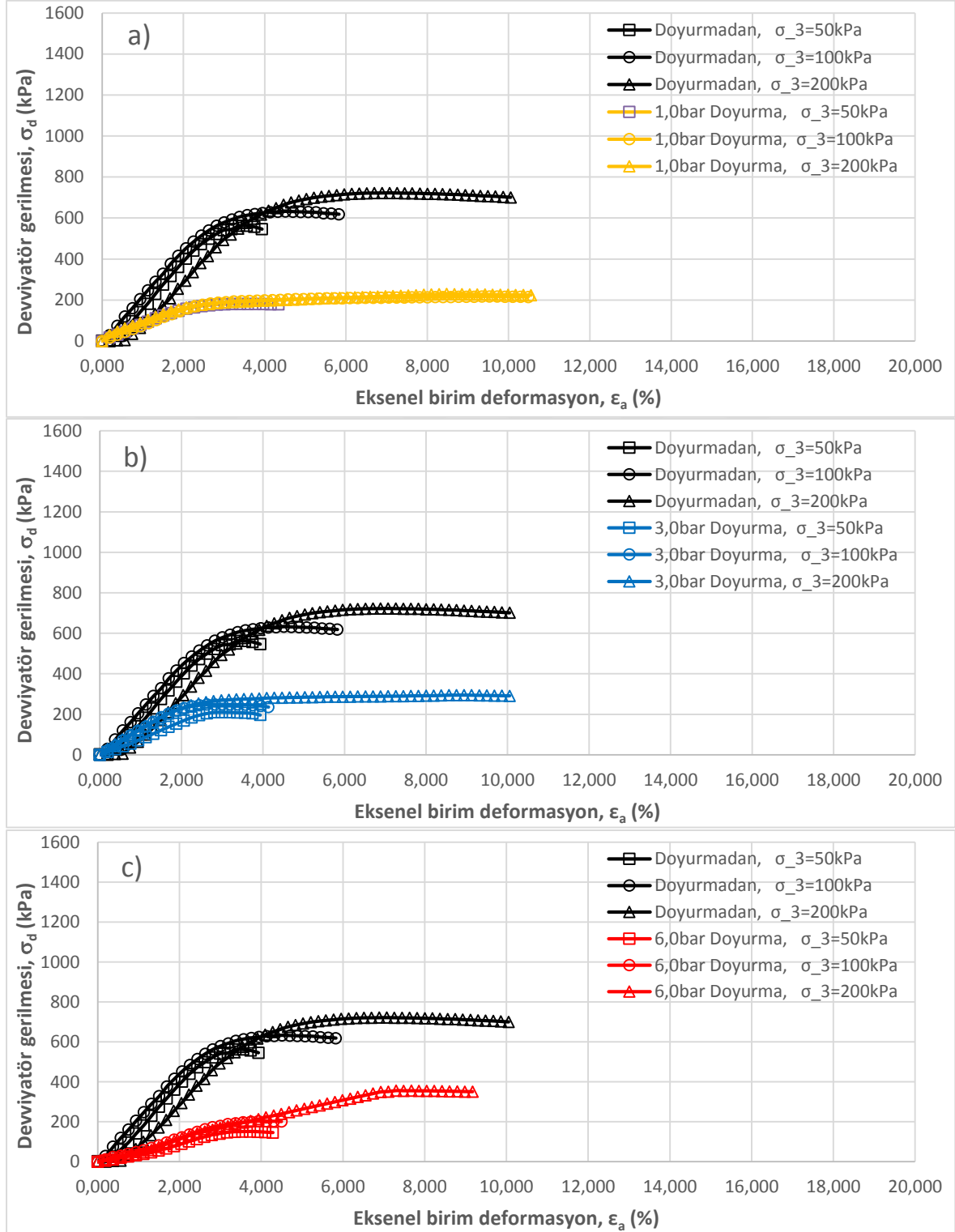
Şekil 2.8. SPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 30 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait aksel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



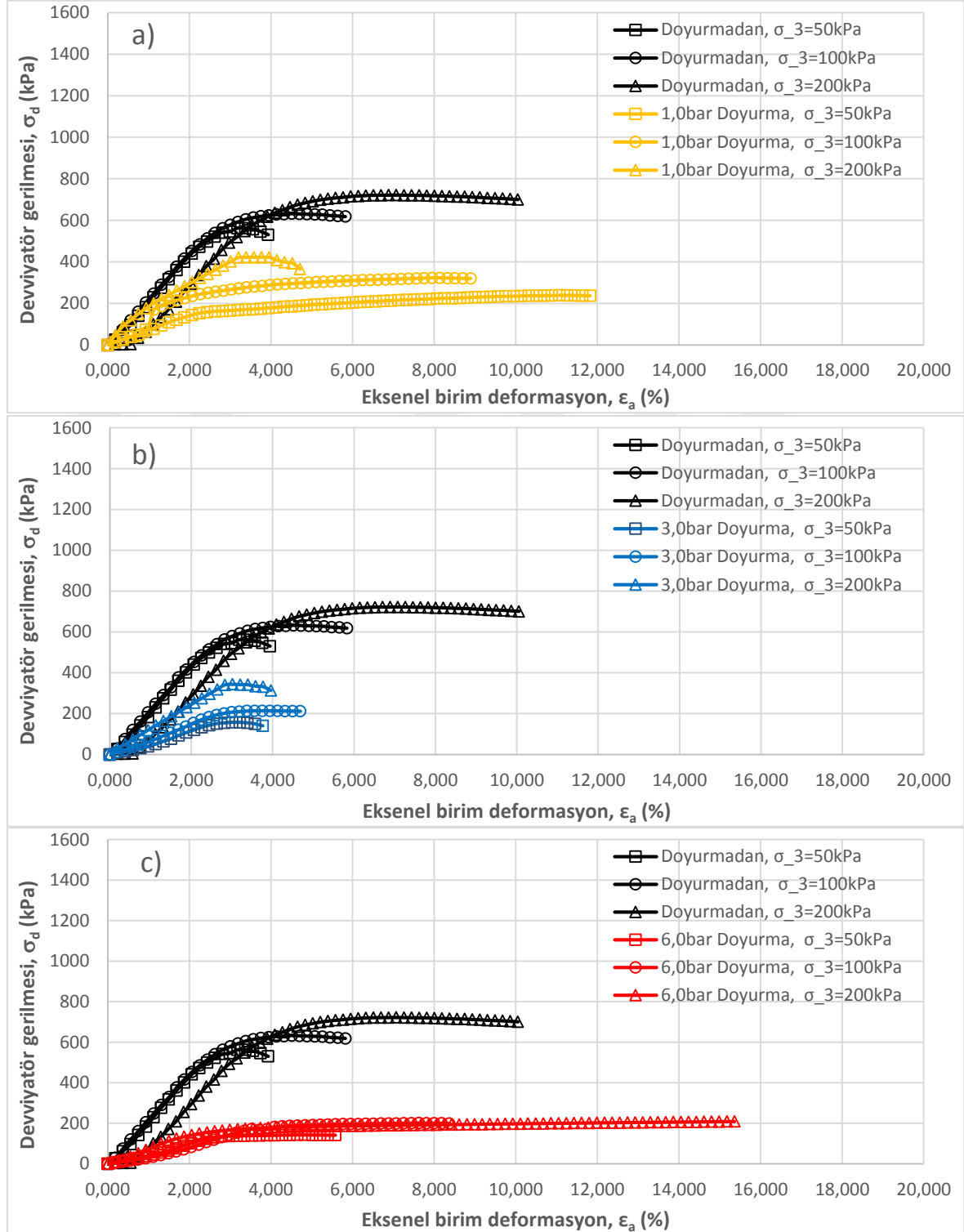
Şekil 2.9. SPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 30 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



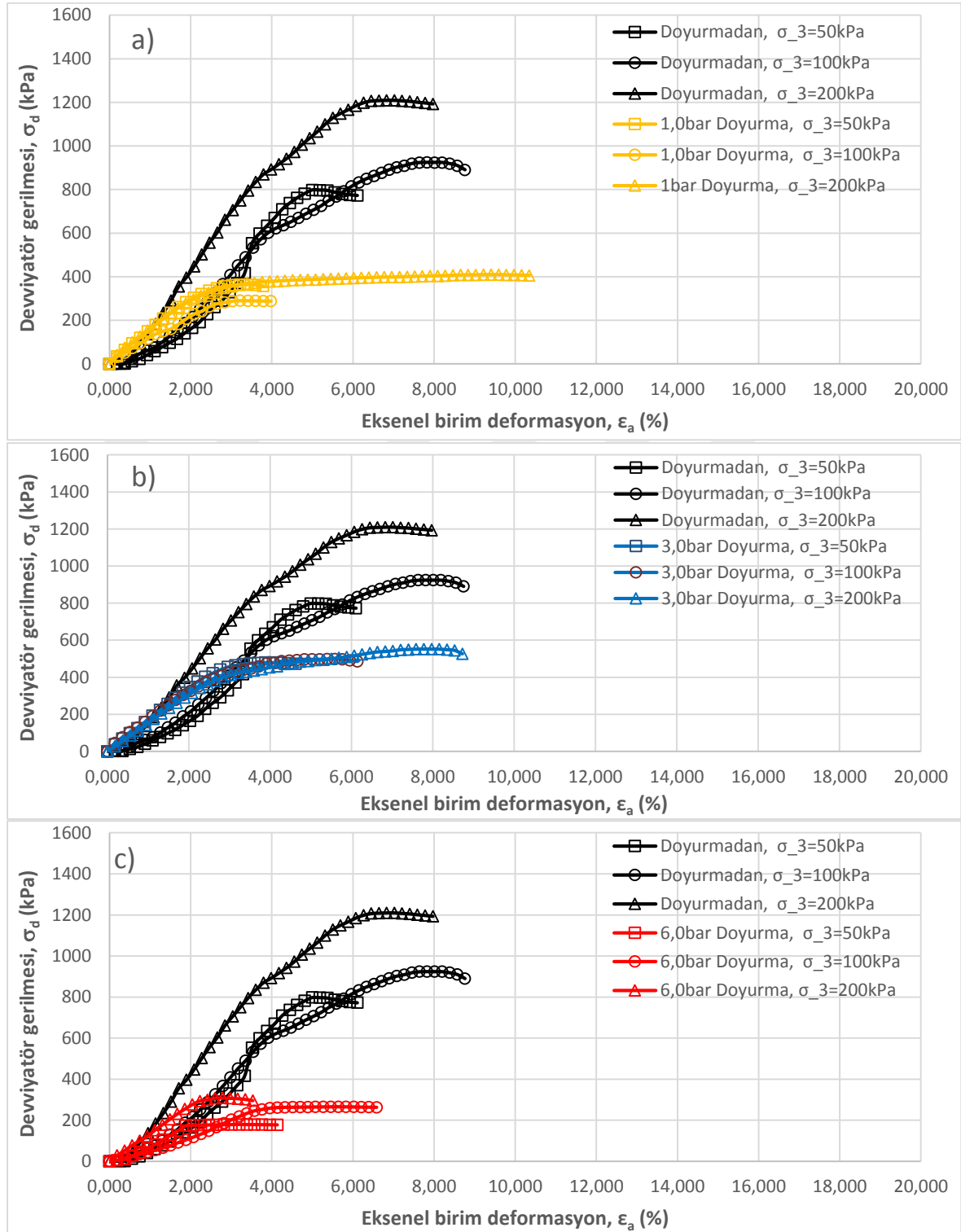
Şekil 2.10. IPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 30 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



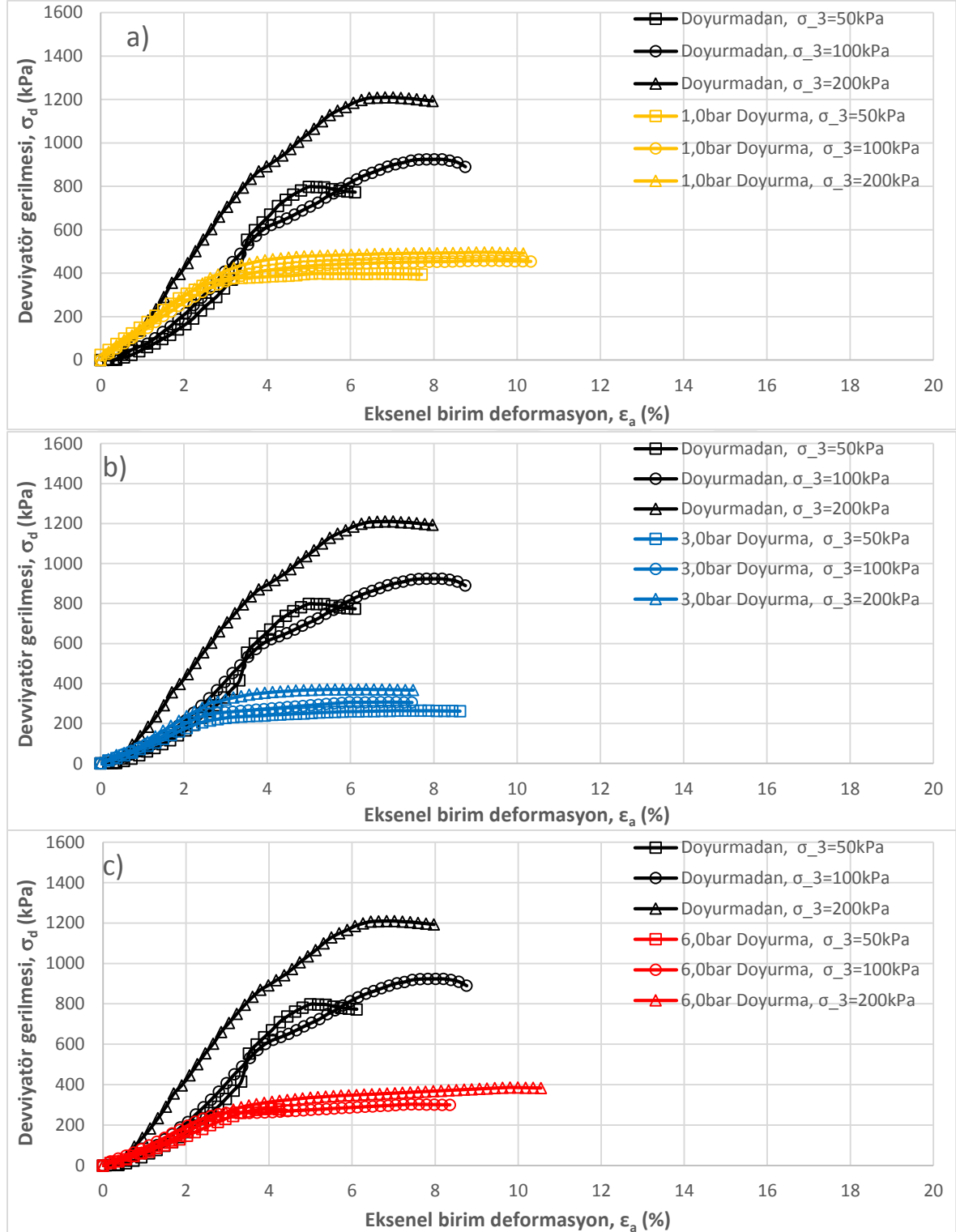
Şekil 2.11. IPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 30 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait aksel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



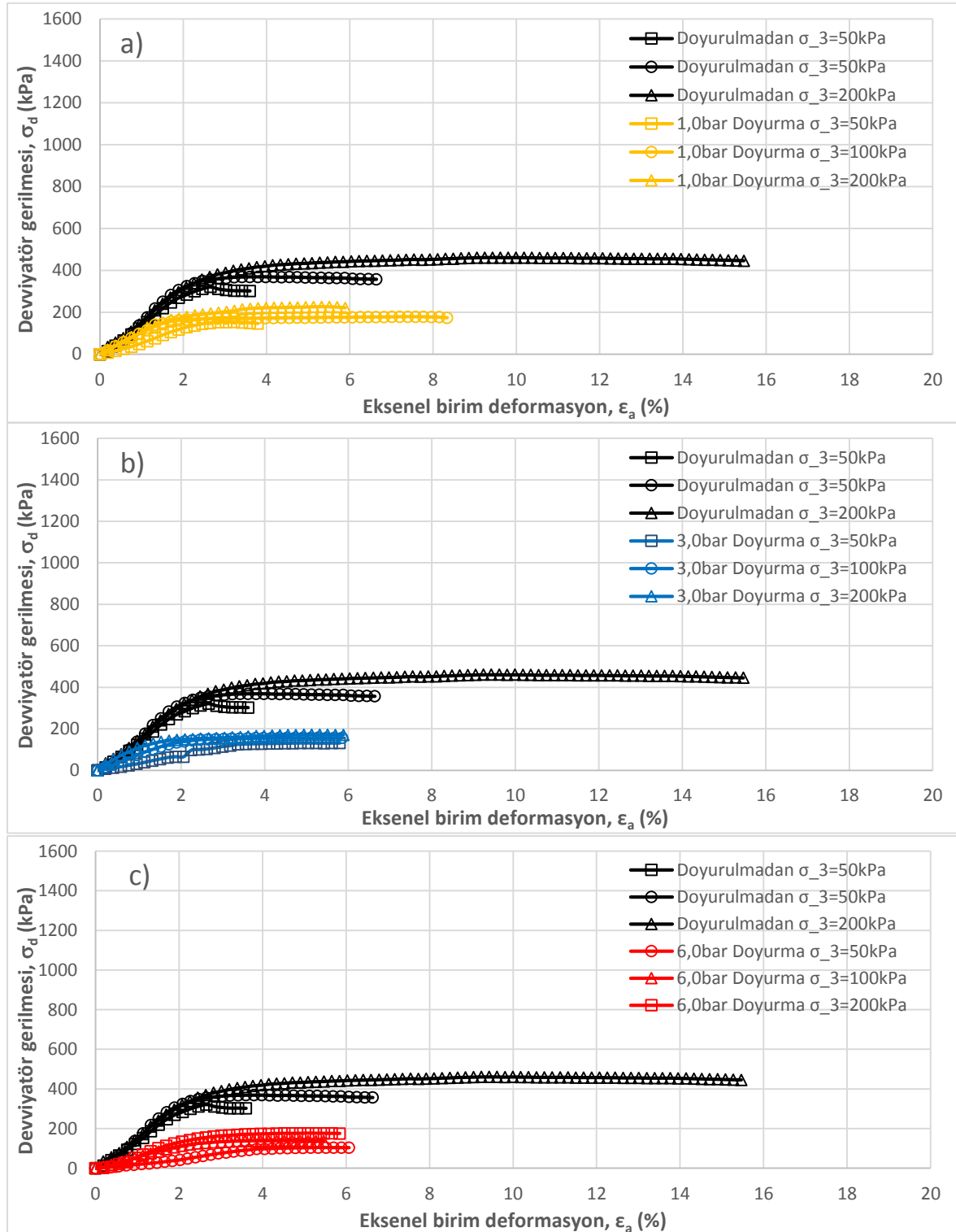
Şekil2.12. MPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 30 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait aksel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



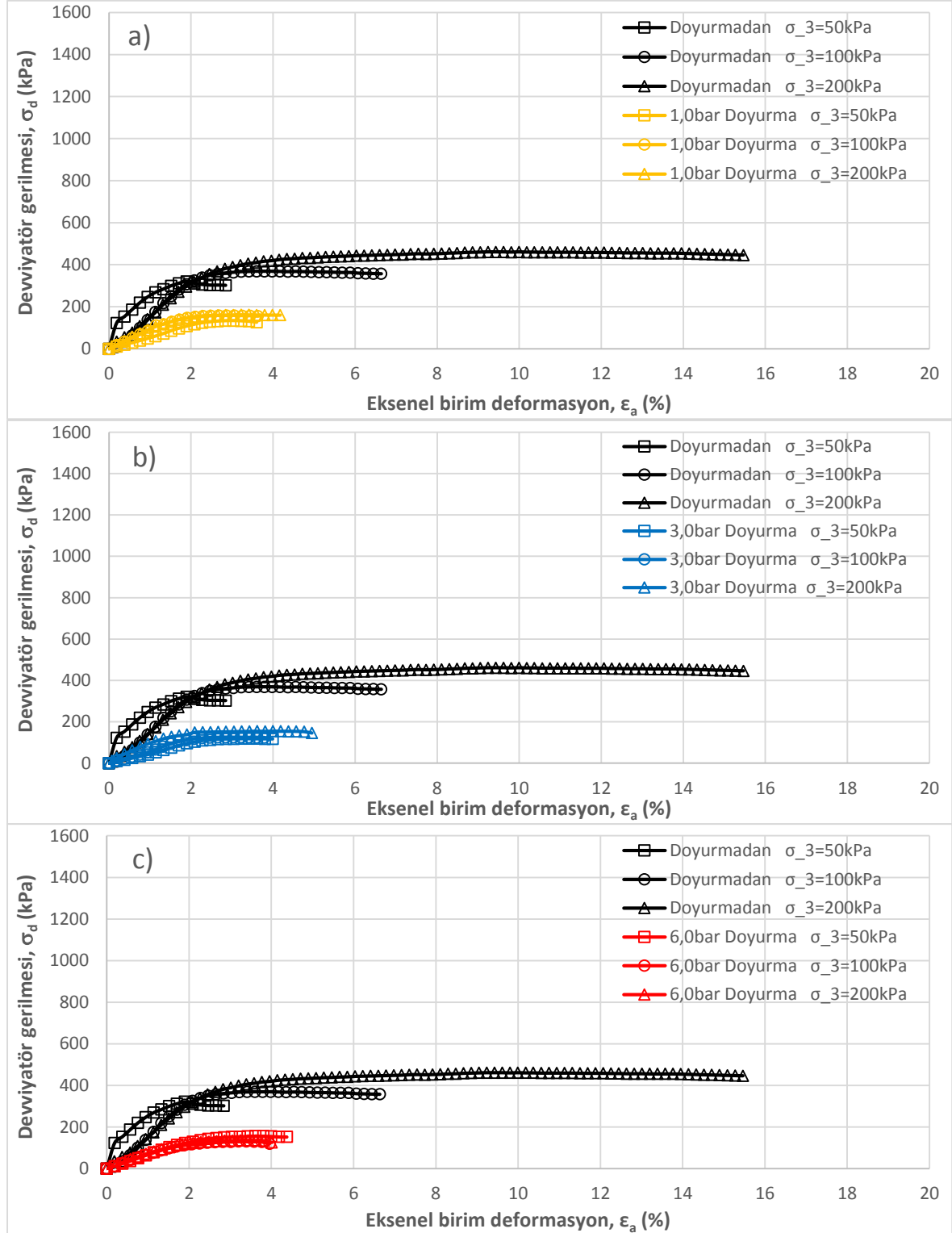
Şekil 2.13. MPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 30 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait aksel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



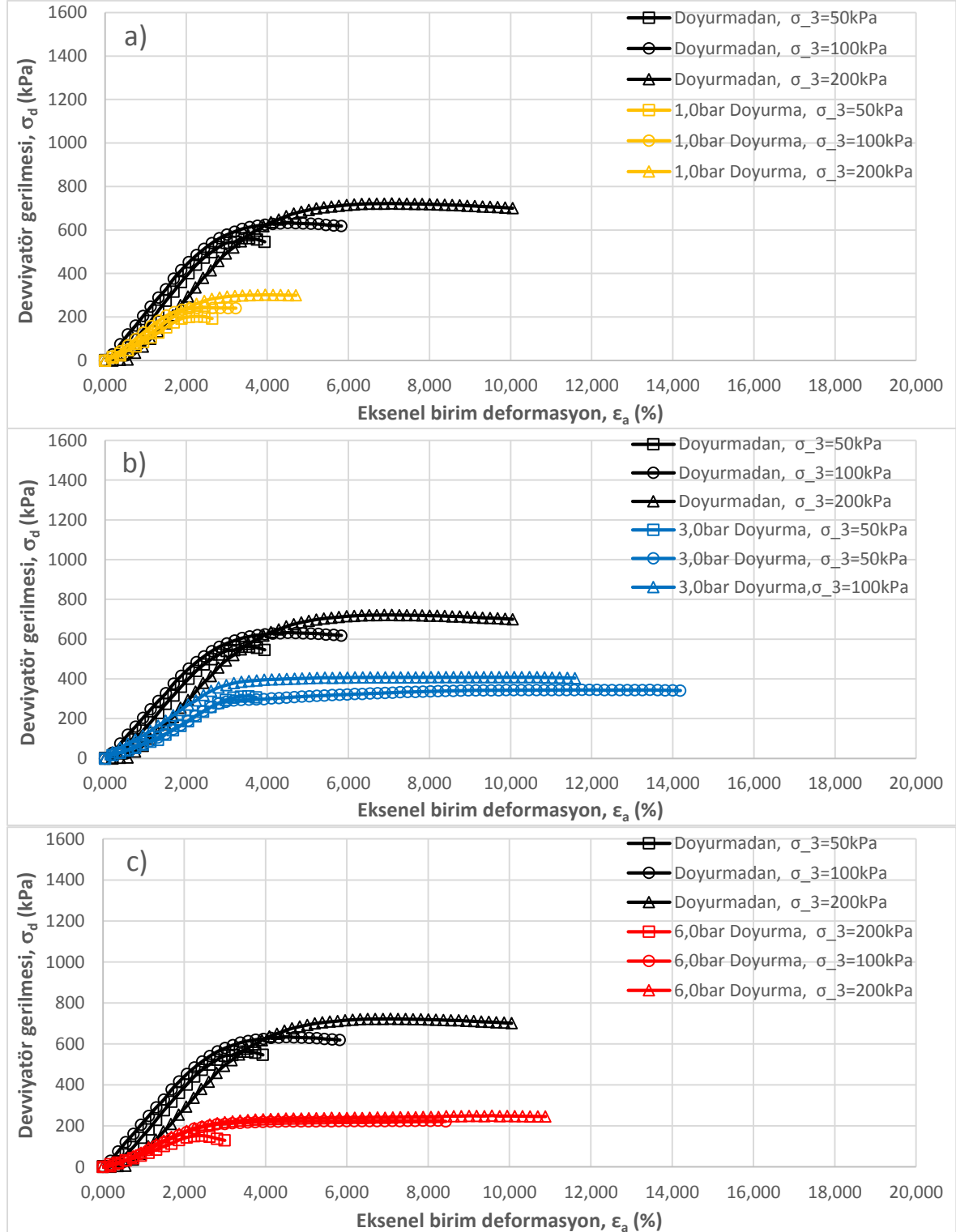
Şekil 2.14. SPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 60 °C'da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



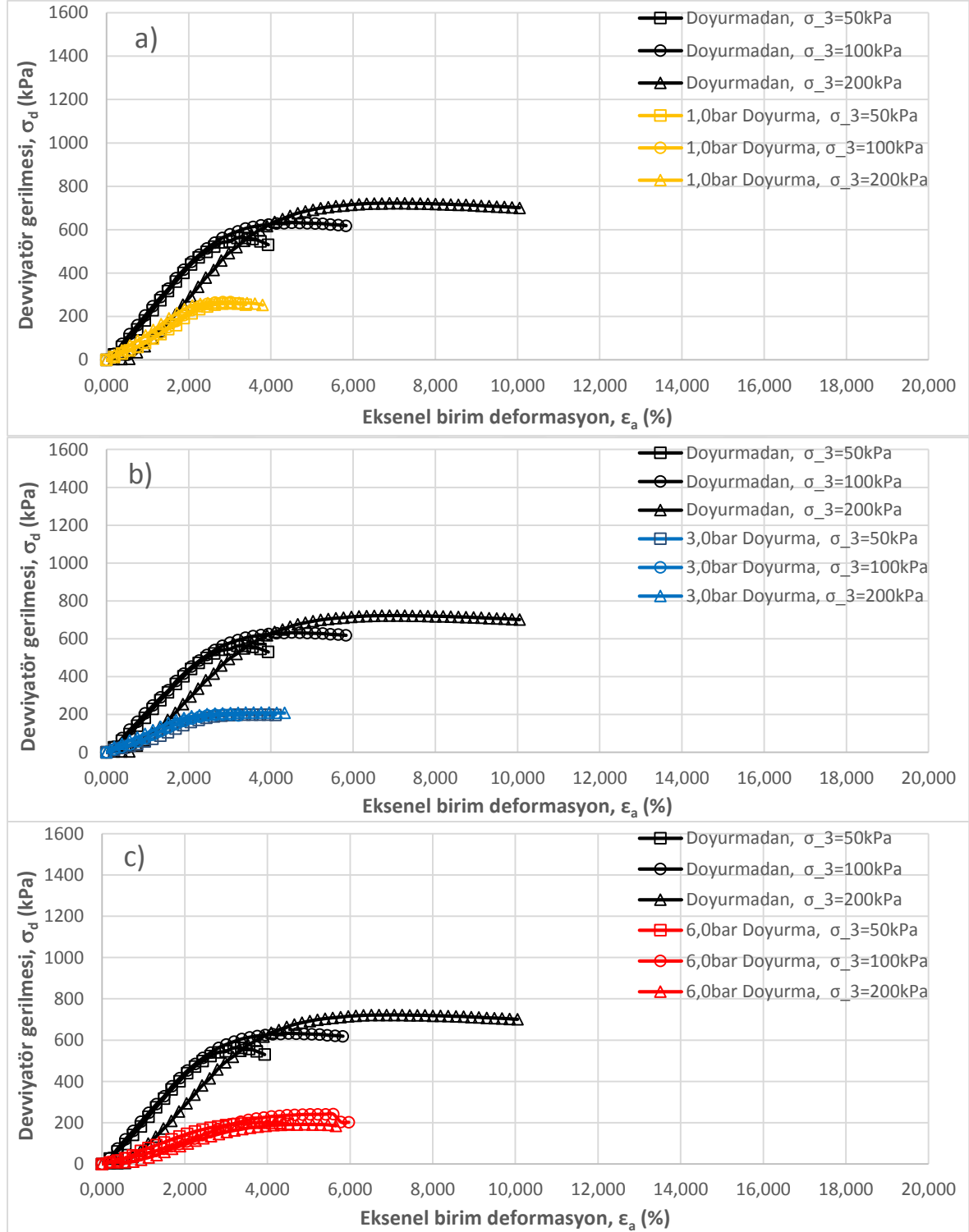
Şekil 2.15. SPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 60 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



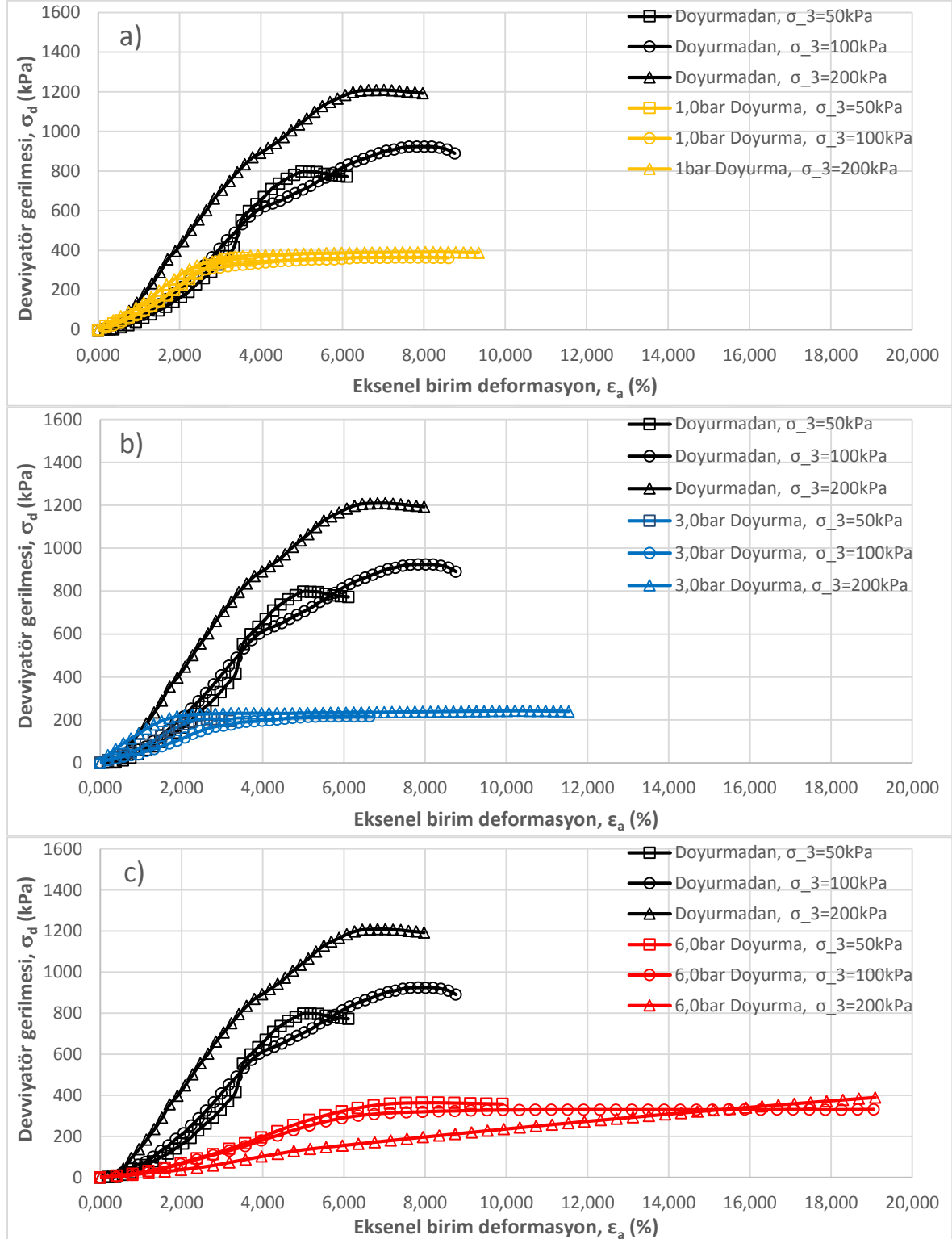
Şekil 2.16. IPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 60 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait aksel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



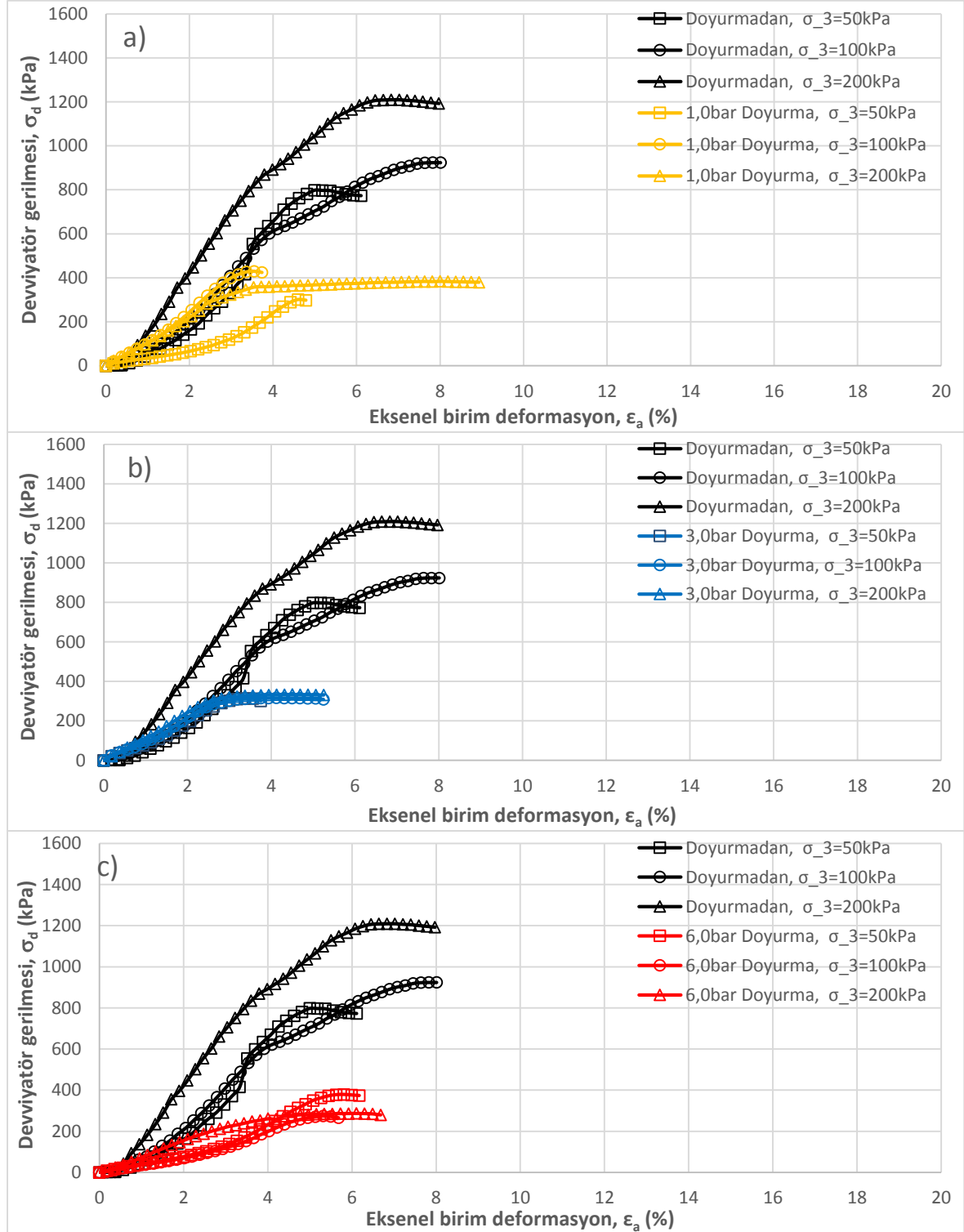
Şekil 2.17. IPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 60 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait aksel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



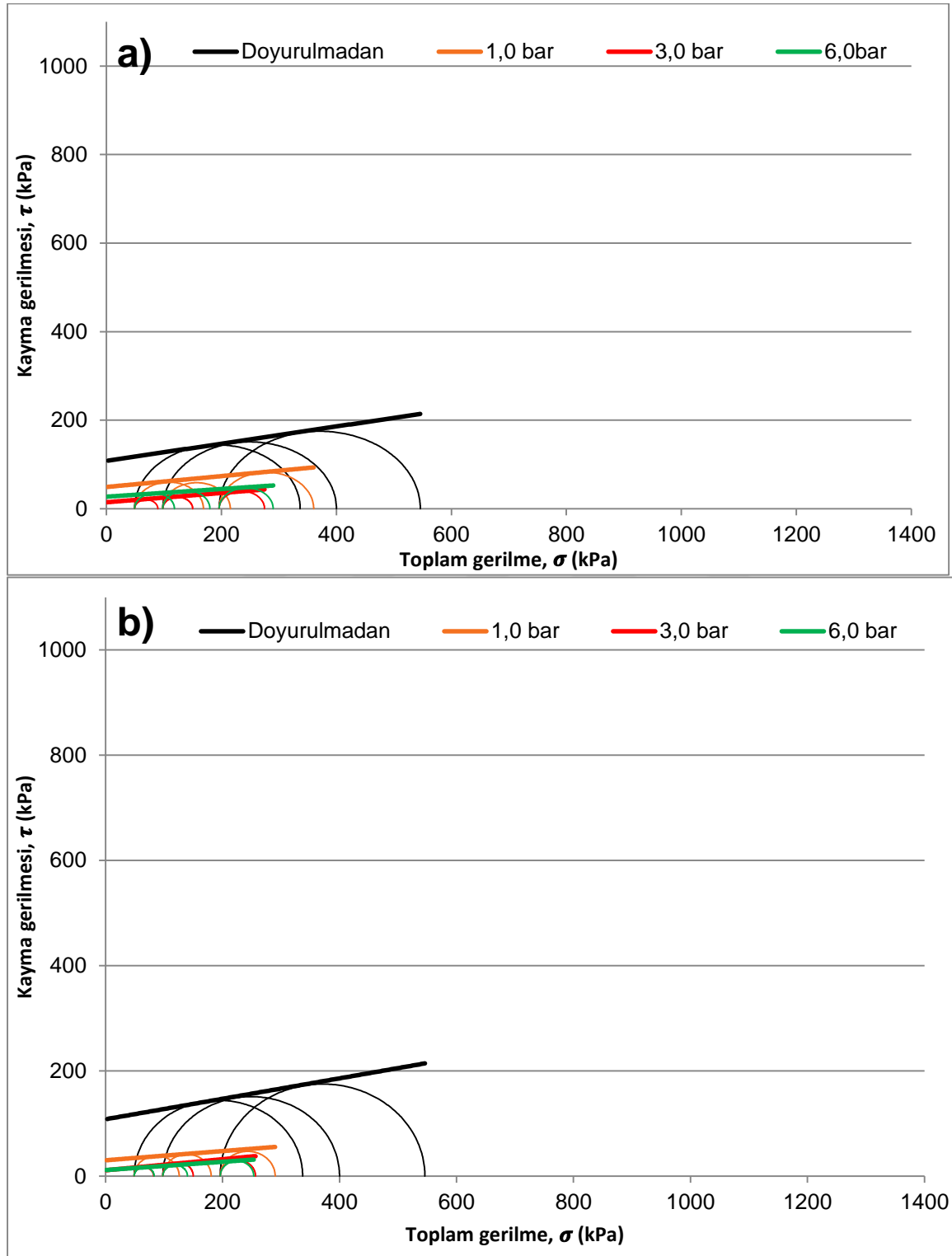
Şekil 2.18. MPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen aksel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 60 °C’da yapılmıştır

EK-2. (devam) Numunelere ait eksenel birim deformasyon – deviyatör gerilme ilişkileri



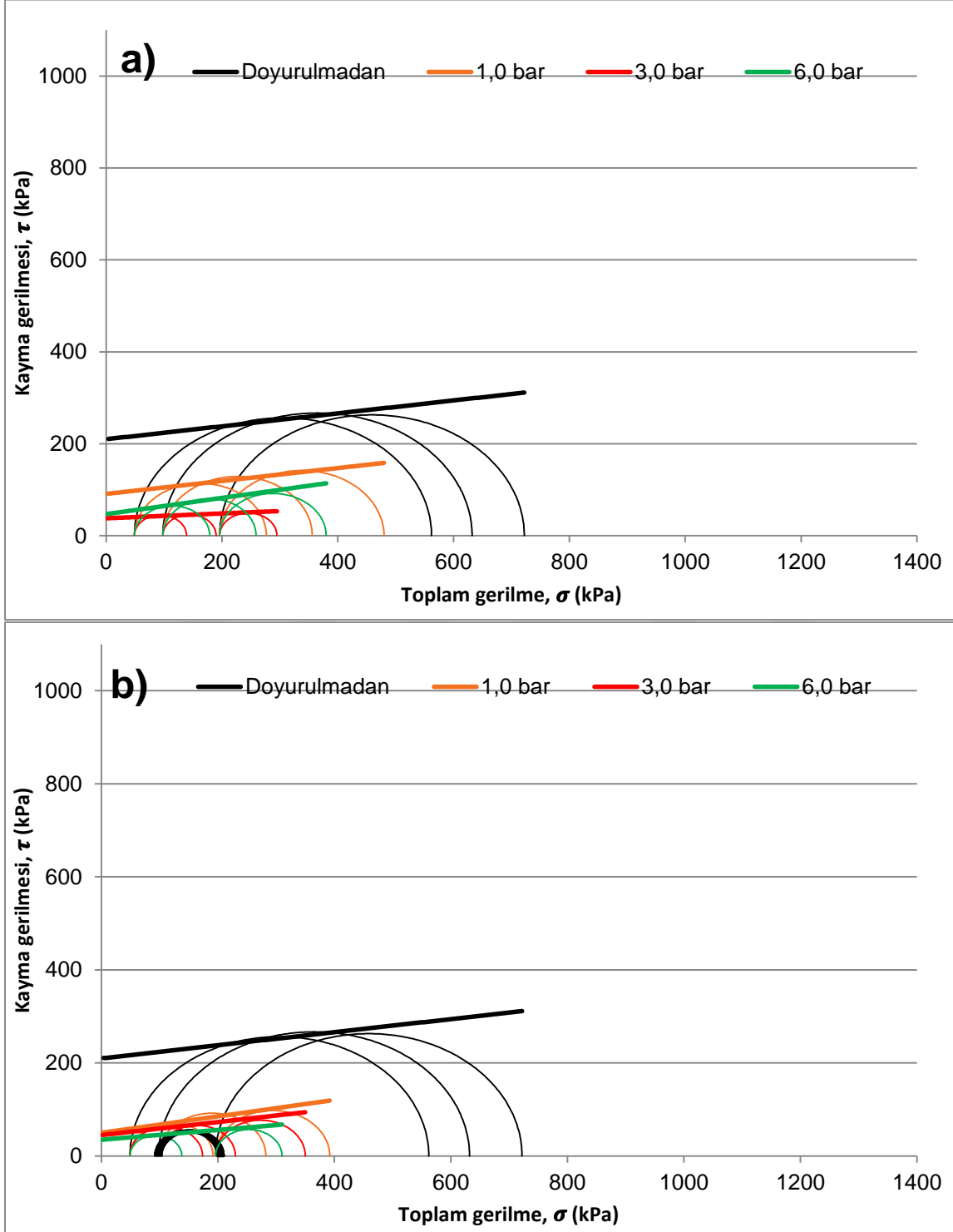
Şekil 2.19. MPE düzeyinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basınçları ile 1 gün boyunca doyurulan numunelerin konsolidasyonsuz drenajsız üçeksenli basınç deneyi (UU) sonucu elde edilen eksenel birim deformasyon - deviyatör gerilme ilişkileri a) 1 bar, b) 3 bar, c) 6 bar .doyurma işlemi 60 °C’da yapılmıştır

EK-3. Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



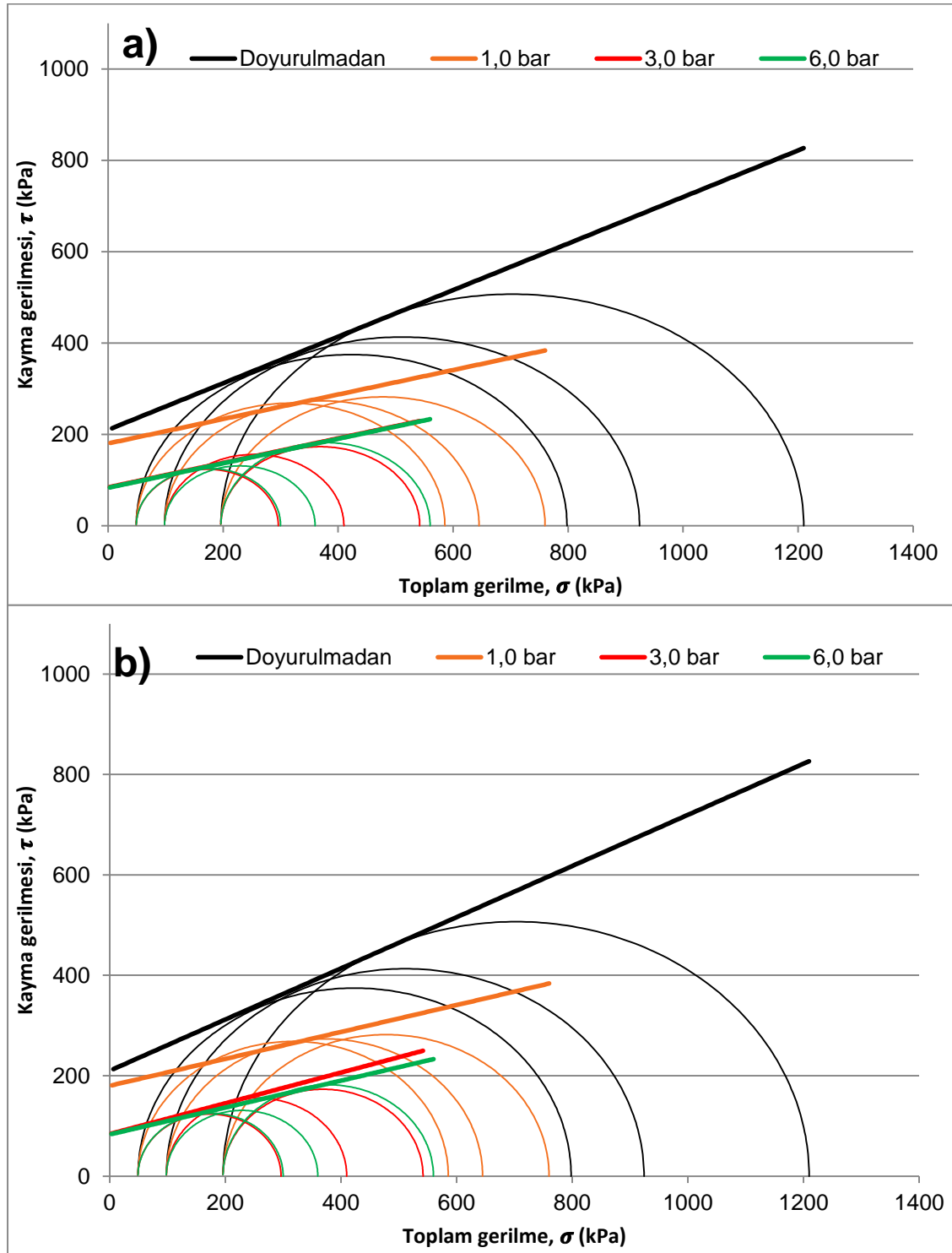
Şekil 3.1. SPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeksenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyma işlemi 15 °C’ de yapılmıştır

EK-3. (devam) Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



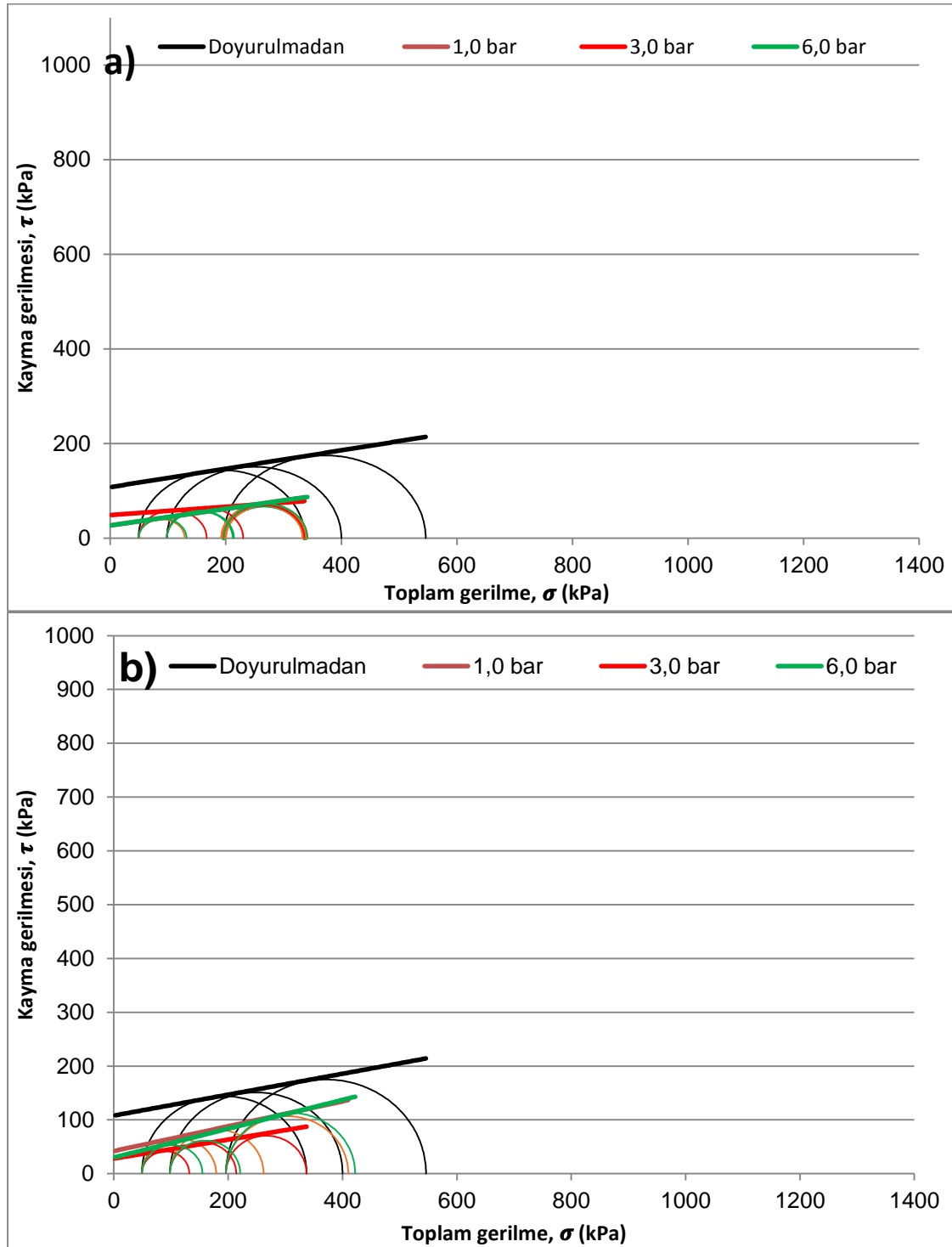
Şekil 3.2. IPE enerjisi seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeksenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyurma işlemi 15 °C’ de yapılmıştır

EK-3. (devam) Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



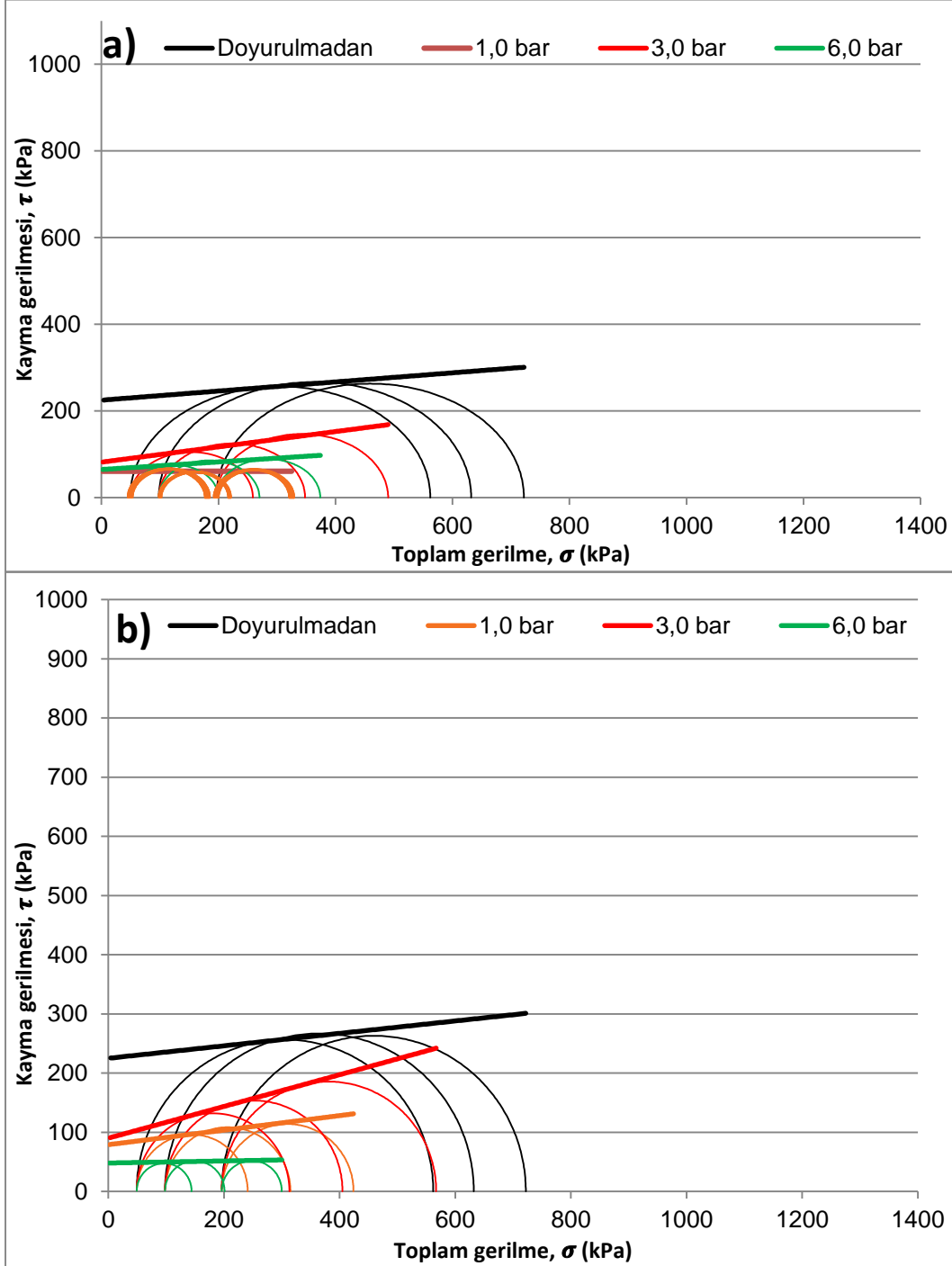
Şekil 3.3. MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeşsenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyurma işlemi 15 °C’ de yapılmıştır

EK-3. (devam) Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



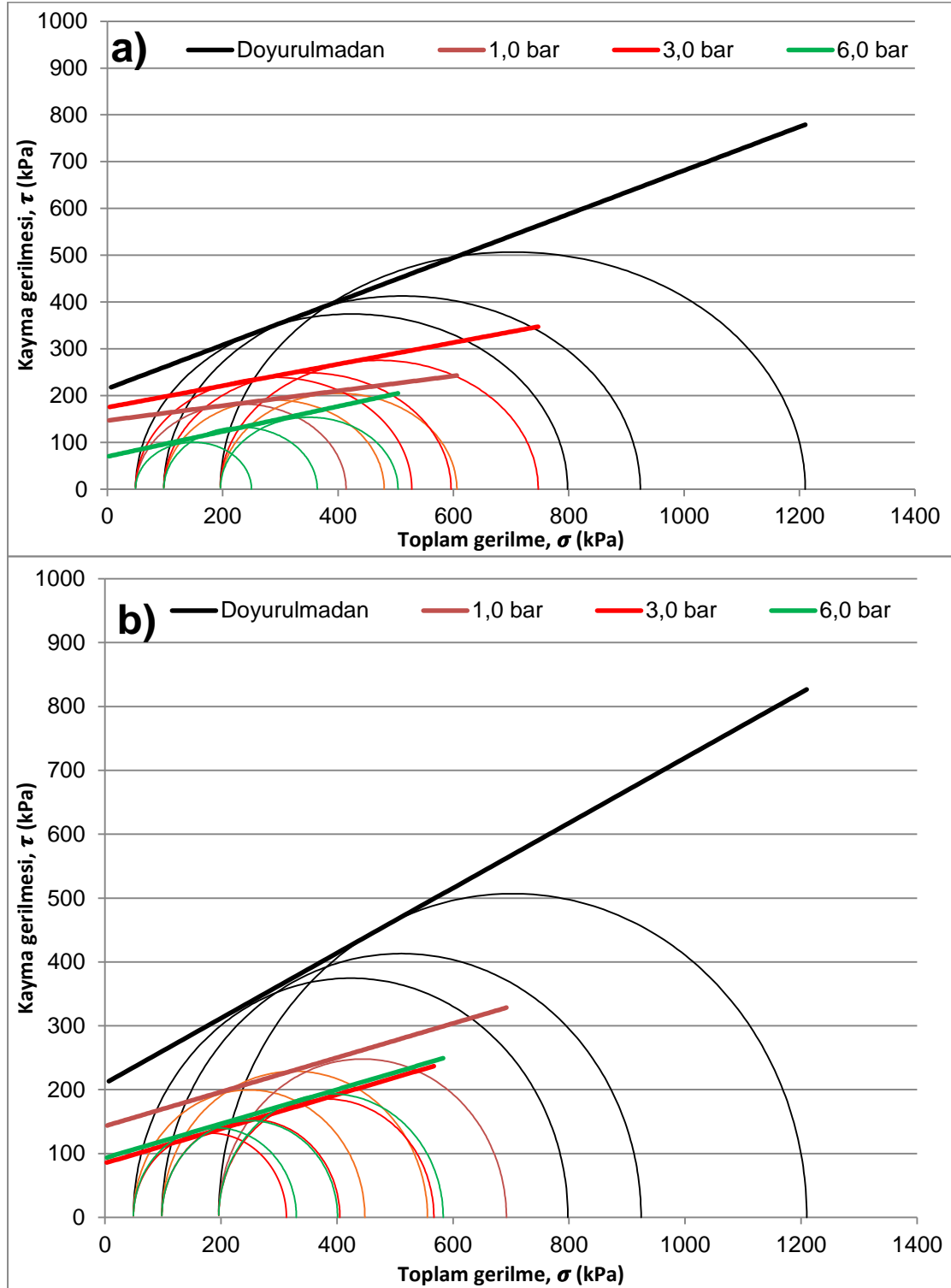
Şekil 3.4. SPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeksenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyurma işlemi 30 °C’ de yapılmıştır

EK-3. (devam) Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



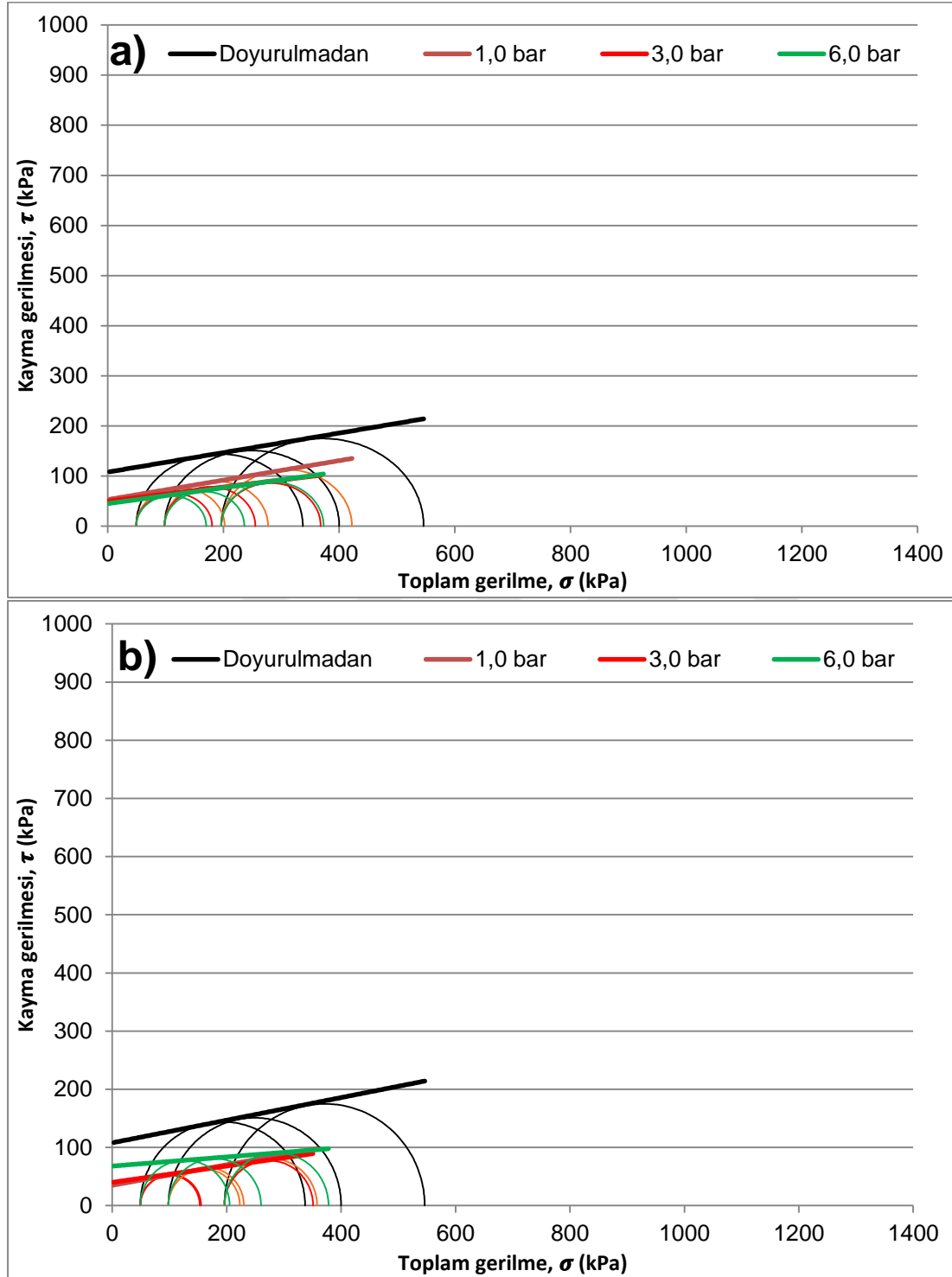
Şekil 3.5. IPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeksenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyurma işlemi 30 °C’ de yapılmıştır

EK-3. (devam) Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



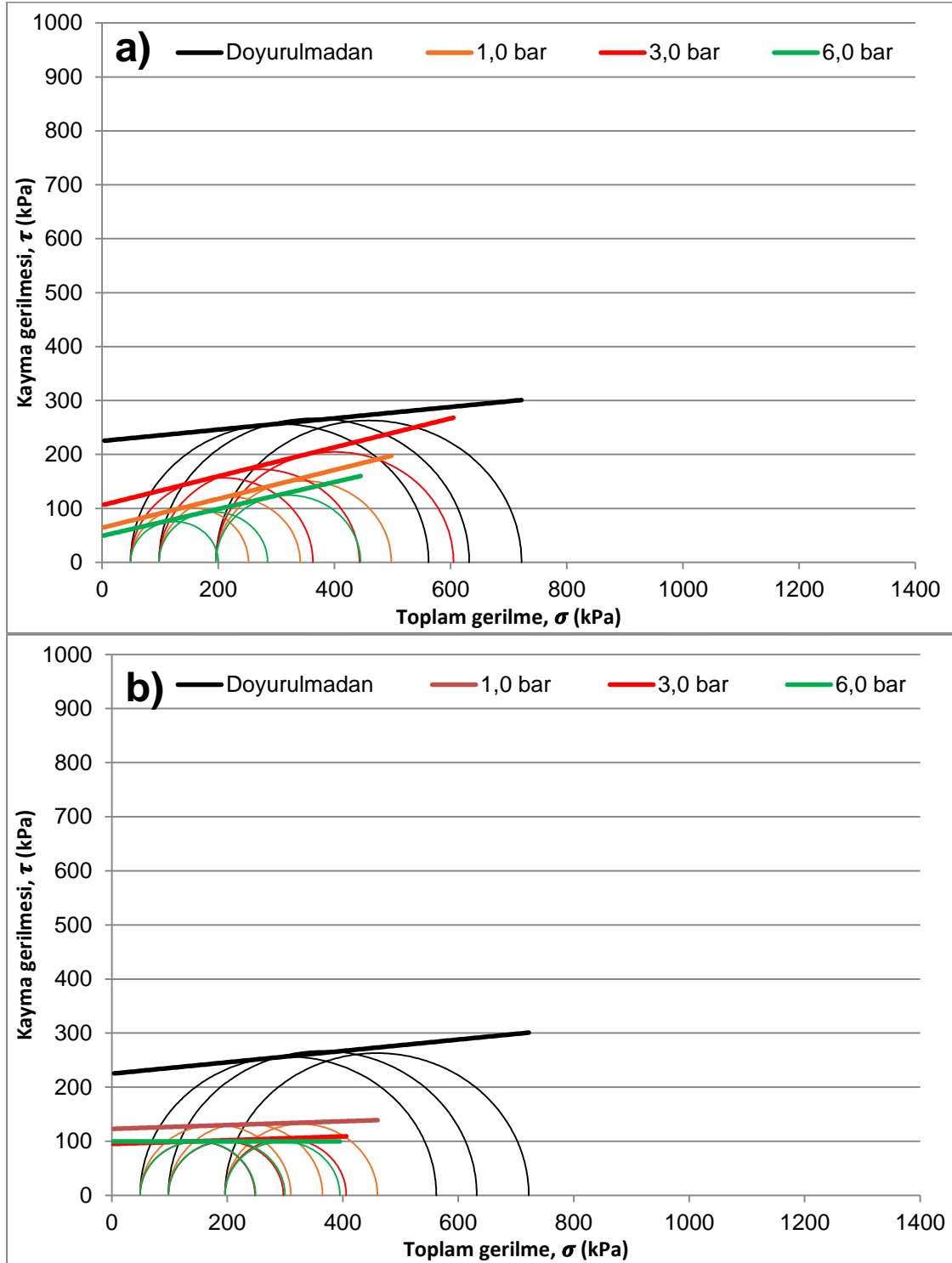
Şekil 3.6. MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeşenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyurma işlemi 30 °C' de yapılmıştır

EK-3. (devam) Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



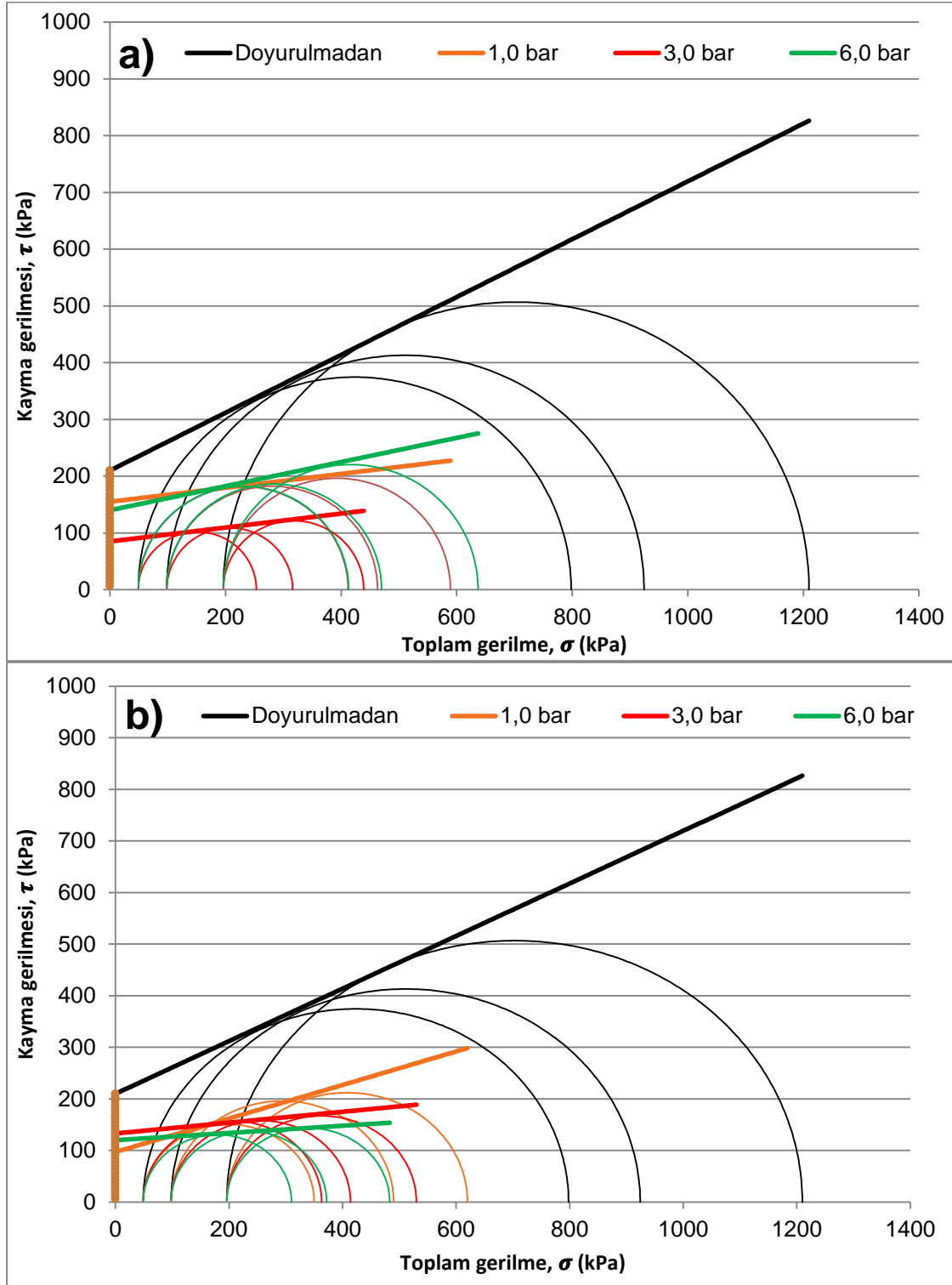
Şekil 3.7. SPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeksenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyurma işlemi 60 °C' de yapılmıştır

EK-3. (devam) Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



Şekil 3.8. IPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeksenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyurma işlemi 60 °C’ de yapılmıştır


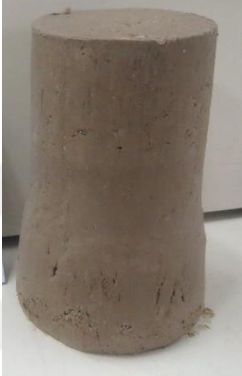

EK-3. (devam) Doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları



Şekil 3.9. MPE enerji seviyesinde sıkıştırılan ve farklı doyurma basıncı ile (1.0, 3.0 ve 6.0 bar) doyurma işlemine maruz kalan numunelerin Konsolidasyonsuz Drenajsız üçeşenli basınç (UU) deneyinden elde edilen numunelerin Mohr daireleri ve yenilme zarfları. a) 1 gün, b) 7 gün doyurma işlemi 60 °C' de yapılmıştır




EK-4. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		50,1		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,8		106,6		105,9	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	399,5		411,0		410,6	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	420,6		420,0		421,1	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	20,4	Üst	19,8	Üst	20,8
	Orta	20,0	Orta	20,2	Orta	19,2
	Alt	20,7	Alt	23,2	Alt	19,9
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	82,0	Üst	79,5	Üst	83,7
	Orta	80,5	Orta	81,3	Orta	77,1
	Alt	83,3	Alt	93,3	Alt	80,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		49,9		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,7		106,0		105,7	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,7		410,0		409,5	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	414,7		414,3		415,9	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	20,2	Üst	21,7	Üst	19,7
	Orta	21,8	Orta	22,9	Orta	21,4
	Alt	21,0	Alt	22,4	Alt	20,3
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	81,0	Üst	87,2	Üst	79,0
	Orta	87,4	Orta	92,1	Orta	85,9
	Alt	84,5	Alt	90,1	Alt	92,4




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,6		49,5		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,0		105,6		106,2	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,2		410,0		410,9	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	414,4		414,8		416,8	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	20,8	Üst	19,5	Üst	19,3
	Orta	20,8	Orta	19,1	Orta	21,3
	Alt	22,1	Alt	20,6	Alt	21,0
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	83,5	Üst	78,2	Üst	77,4
	Orta	83,6	Orta	76,6	Orta	85,6
	Alt	88,9	Alt	82,9	Alt	84,4




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		50,0		49,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,0		105,7		106,0	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	408,9		408,4		409,4	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	412,8		412,3		414,1	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	23,3	Üst	23,6	Üst	23,0
	Orta	23,6	Orta	23,8	Orta	24,5
	Alt	25,3	Alt	25,3	Alt	25,6
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	93,4	Üst	94,9	Üst	92,2
	Orta	94,8	Orta	95,5	Orta	98,4
	Alt	100,0	Alt	100,0	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.5. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,8		49,8		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,7		108,6		107,4	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,7		410,9		409,4	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	423,8		425,0		423,9	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	20,2	Üst	20,6	Üst	19,8
	Orta	21,3	Orta	21,7	Orta	20,5
	Alt	20,5	Alt	19,2	Alt	21,8
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	81,1	Üst	82,6	Üst	79,4
	Orta	85,7	Orta	87,3	Orta	82,3
	Alt	82,5	Alt	77,1	Alt	87,7




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.6. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,1		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,0		106,0		107,0	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	407,6		408,9		412,3	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	415,5		423,5		422,5	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	21,2	Üst	20,6	Üst	19,8
	Orta	22,7	Orta	23,2	Orta	22,7
	Alt	25,0	Alt	26,3	Alt	24,8
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	85,3	Üst	82,6	Üst	79,4
	Orta	91,0	Orta	93,0	Orta	91,2
	Alt	100,0	Alt	100,0	Alt	99,8




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.7. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,0		50,3	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,4		106,9		106,8	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	420,0		421,9		426,1	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	435,4		465,7		438,4	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	16,7	Üst	16,9	Üst	23,6
	Orta	17,0	Orta	16,9	Orta	19,1
	Alt	18,9	Alt	18,1	Alt	21,8
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	77,7	Üst	78,6	Üst	100,0
	Orta	79,1	Orta	78,6	Orta	89,0
	Alt	80,0	Alt	84,3	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.8. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		49,9		50,3	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,0		104,3		105,8	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	424,9		417,7		423,7	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	429,6		422,2		430,1	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	17,6	Üst	17,8	Üst	17,3
	Orta	20,0	Orta	18,9	Orta	18,2
	Alt	21,2	Alt	19,5	Alt	19,2
Doyurma sonrası doygunluk derecesi (%)	Üst	81,9	Üst	82,6	Üst	80,5
	Orta	92,9	Orta	87,9	Orta	84,4
	Alt	98,7	Alt	90,8	Alt	89,1




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.9. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		49,8		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,8		106,3		106,2	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	423,7		421,3		424,1	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	426,0		428,1		428,4	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	18,5	Üst	17,3	Üst	17,1
	Orta	19,4	Orta	18,4	Orta	18,6
	Alt	18,0	Alt	18,4	Alt	19,0
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	85,9	Üst	80,7	Üst	79,4
	Orta	90,1	Orta	85,5	Orta	86,4
	Alt	83,8	Alt	85,4	Alt	88,1




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.10. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,8		50,0		49,9	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,0		107,6		107,8	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	423,5		423,9		421,7	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	431,3		433,1		429,8	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	19,5	Üst	18,6	Üst	17,2
	Orta	19,5	Orta	19,7	Orta	19,9
	Alt	19,5	Alt	20,1	Alt	21,6
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	90,7	Üst	86,6	Üst	80,1
	Orta	90,7	Orta	91,5	Orta	92,4
	Alt	90,8	Alt	93,4	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.11. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		49,8		49,7	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	108,3		107,8		108,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	419,6		423,9		423,3	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	435,2		434,6		435,4	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	17,1	Üst	18,0	Üst	16,2
	Orta	18,7	Orta	17,4	Orta	17,4
	Alt	20,5	Alt	17,2	Alt	16,9
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	79,7	Üst	83,6	Üst	75,2
	Orta	86,7	Orta	81,0	Orta	81,0
	Alt	95,4	Alt	80,2	Alt	78,6




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.12. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		49,7		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,9		107,1		106,6	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	422,3		423,3		423,2	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	434,0		436,9		438,2	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	18,3	Üst	17,8	Üst	18,8
	Orta	20,2	Orta	18,8	Orta	19,6
	Alt	20,3	Alt	22,7	Alt	22,8
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	85,0	Üst	82,5	Üst	87,2
	Orta	94,1	Orta	87,3	Orta	91,2
	Alt	94,5	Alt	100,0	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.13. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,3		53,4		50,4	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,3		102,4		107,7	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	439,2		438,0		435,3	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	447,9		447,0		449,4	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	10,2	Üst	10,4	Üst	9,9
	Orta	13,2	Orta	12,8	Orta	13,6
	Alt	15,4	Alt	14,7	Alt	17,4
Doyurma sonrası doyguluk derecesi (%)	Üst	54,1	Üst	54,9	Üst	52,5
	Orta	69,7	Orta	68,1	Orta	72,1
	Alt	81,8	Alt	77,8	Alt	92,5




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.14. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,2		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,2		106,2		106,9	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	436,7		436,8		436,6	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	441,5		442,9		443,6	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	14,3	Üst	14,6	Üst	13,4
	Orta	15,9	Orta	16,1	Orta	15,5
	Alt	18,2	Alt	18,0	Alt	17,1
Doyurma sonrası doygunluk derecesi (%)	Üst	76,0	Üst	77,1	Üst	71,1
	Orta	84,4	Orta	85,4	Orta	82,1
	Alt	96,4	Alt	95,3	Alt	90,8




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.15. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		49,9		49,9	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,6		106,1		106,8	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	437,4		437,0		437,2	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	442,3		440,6		440,3	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	14,7	Üst	15,3	Üst	15,1
	Orta	14,8	Orta	15,6	Orta	15,2
	Alt	15,2	Alt	16,2	Alt	16,4
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	78,1	Üst	81,2	Üst	80,2
	Orta	78,2	Orta	82,5	Orta	80,5
	Alt	80,6	Alt	86,1	Alt	86,9

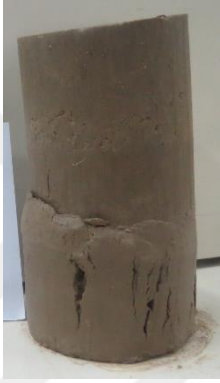


EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.16. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		50,0		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,6		107,5		107,6	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	437,1		436,0		436,9	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	444,4		444,8		444,8	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	15,8	Üst	16,5	Üst	16,4
	Orta	17,1	Orta	17,0	Orta	17,0
	Alt	18,9	Alt	19,5	Alt	18,4
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	83,8	Üst	87,4	Üst	87,0
	Orta	90,5	Orta	90,0	Orta	90,0
	Alt	100,0	Alt	100,0	Alt	97,7




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.17. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15°C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		50,0		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,4		106,3		109,3	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	436,5		428,3		435,2	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	446,8		440,0		447,3	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	14,4	Üst	15,8	Üst	15,4
	Orta	16,4	Orta	16,7	Orta	17,8
	Alt	18,1	Alt	18,2	Alt	21,1
Doyurma sonrası doygunluk derecesi (%)	Üst	76,2	Üst	83,7	Üst	81,7
	Orta	86,8	Orta	88,6	Orta	94,1
	Alt	96,0	Alt	96,3	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.18. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 15 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	15 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		50,1		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,8		108,5		107,9	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	439,1		436,6		439,1	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	451,0		447,9		451,0	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	16,0	Üst	19,9	Üst	15,3
	Orta	16,6	Orta	16,8	Orta	15,1
	Alt	18,3	Alt	16,1	Alt	17,5
Doyurma sonrası doygunluk derecesi (%)	Üst	84,9	Üst	100,0	Üst	80,9
	Orta	88,2	Orta	89,2	Orta	79,9
	Alt	97,1	Alt	85,2	Alt	92,8




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.19. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30°C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		50,0		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,1		104,8		104,7	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	407,6		409,8		410,6	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	417,4		418,3		418,3	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	19,3	Üst	18,6	Üst	19,0
	Orta	19,4	Orta	19,8	Orta	20,6
	Alt	19,5	Alt	19,6	Alt	20,4
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	77,3	Üst	74,9	Üst	76,3
	Orta	78,1	Orta	79,6	Orta	82,5
	Alt	78,5	Alt	78,7	Alt	81,8




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.20. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		49,6		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,3		105,4		106,6	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	408,5		409,2		410,6	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	419,7		417,0		418,2	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	17,8	Üst	17,2	Üst	18,3
	Orta	18,0	Orta	18,4	Orta	18,4
	Alt	20,3	Alt	18,9	Alt	18,4
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	71,5	Üst	69,0	Üst	76,3
	Orta	72,4	Orta	73,9	Orta	74,1
	Alt	81,3	Alt	75,7	Alt	74,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.21. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		49,7		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,1		105,8		105,9	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,2		410,3		410,8	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	418,5		416,6		417,7	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	22,5	Üst	21,0	Üst	20,2
	Orta	22,9	Orta	22,6	Orta	22,4
	Alt	22,4	Alt	22,2	Alt	21,9
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	90,4	Üst	84,3	Üst	81,1
	Orta	92,0	Orta	90,7	Orta	89,8
	Alt	90,1	Alt	89,3	Alt	88,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.22. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		49,8		49,6	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,5		106,4		105,7	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,4		409,9		410,6	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	418,8		417,1		417,4	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	23,9	Üst	21,7	Üst	22,4
	Orta	22,8	Orta	23,0	Orta	22,6
	Alt	21,8	Alt	23,4	Alt	22,6
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	96,0	Üst	87,3	Üst	89,8
	Orta	91,7	Orta	92,2	Orta	90,9
	Alt	87,5	Alt	93,9	Alt	90,6




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.23. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,5		49,7		49,3	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,3		106,1		105,7	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	410,1		409,9		408,3	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	418,0		418,2		418,4	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	21,3	Üst	22,6	Üst	21,5
	Orta	22,4	Orta	23,5	Orta	23,0
	Alt	22,5	Alt	23,5	Alt	23,8
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	85,5	Üst	90,9	Üst	86,5
	Orta	90,0	Orta	94,5	Orta	92,5
	Alt	90,2	Alt	94,4	Alt	95,5




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.24. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30°C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		49,9		50,2	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,6		106,2		107,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	410,8		408,9		406,8	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	421,3		418,7		418,6	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	21,1	Üst	19,5	Üst	20,4
	Orta	23,4	Orta	20,8	Orta	23,4
	Alt	24,8	Alt	23,3	Alt	27,6
Doyurma sonrası doygunluk derecesi (%)	Üst	84,7	Üst	78,2	Üst	82,0
	Orta	94,1	Orta	83,5	Orta	93,9
	Alt	99,7	Alt	93,4	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.25. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		50,1		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,0		104,9		106,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	425,0		421,8		424,3	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	430,5		428,9		430,0	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	18,0	Üst	16,3	Üst	18,8
	Orta	19,3	Orta	18,3	Orta	19,9
	Alt	20,0	Alt	19,8	Alt	20,1
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	83,8	Üst	75,7	Üst	87,2
	Orta	89,5	Orta	85,1	Orta	92,7
	Alt	93,1	Alt	92,0	Alt	93,7




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.26. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		49,9		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,6		105,7		106,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	418,2		423,2		424,1	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	428,1		431,2		429,1	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	15,3	Üst	13,8	Üst	15,9
	Orta	15,0	Orta	15,0	Orta	16,1
	Alt	16,8	Alt	16,5	Alt	18,2
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	71,1	Üst	64,1	Üst	74,0
	Orta	69,6	Orta	69,8	Orta	74,9
	Alt	78,1	Alt	76,9	Alt	84,8




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.27. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		50,1		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,0		104,9		106,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	425,0		421,8		424,3	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	430,5		428,9		430,0	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	18,0	Üst	16,3	Üst	18,8
	Orta	19,3	Orta	18,3	Orta	19,9
	Alt	20,0	Alt	19,8	Alt	20,1
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	83,8	Üst	75,7	Üst	87,2
	Orta	89,5	Orta	85,1	Orta	92,7
	Alt	93,1	Alt	92,0	Alt	93,7




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.28. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,7		50,0		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,8		106,8		106,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	423,6		424,1		424,1	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	430,6		433,2		432,3	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	19,7	Üst	18,1	Üst	20,0
	Orta	19,5	Orta	18,6	Orta	20,9
	Alt	20,5	Alt	19,7	Alt	21,2
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	91,6	Üst	84,0	Üst	92,9
	Orta	90,8	Orta	86,7	Orta	97,2
	Alt	95,3	Alt	91,5	Alt	98,4




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.29. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,2		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,2		106,3		107,5	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	436,3		436,7		436,6	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	443,9		445,9		445,0	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	18,4	Üst	19,0	Üst	20,3
	Orta	19,8	Orta	18,9	Orta	20,7
	Alt	20,0	Alt	20,4	Alt	20,5
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	85,4	Üst	88,5	Üst	94,2
	Orta	91,9	Orta	87,7	Orta	96,3
	Alt	93,0	Alt	95,0	Alt	95,4




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.30. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,2		50,2	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,6		107,5		106,8	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	423,2		422,9		423,3	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	435,4		434,2		433,7	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	18,4	Üst	17,3	Üst	18,9
	Orta	19,1	Orta	18,8	Orta	19,1
	Alt	23,4	Alt	20,5	Alt	22,7
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	85,4	Üst	80,5	Üst	87,7
	Orta	88,9	Orta	87,6	Orta	88,9
	Alt	100,0	Alt	95,1	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.31. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,2		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,4		105,9		105,8	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	435,8		429,9		435,0	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	441,6		437,2		440,6	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	13,4	Üst	15,1	Üst	14,0
	Orta	14,0	Orta	14,8	Orta	15,2
	Alt	16,5	Alt	16,3	Alt	18,7
Doyurma sonrası doyguluk derecesi (%)	Üst	70,8	Üst	80,2	Üst	74,1
	Orta	74,4	Orta	78,4	Orta	80,7
	Alt	87,3	Alt	86,6	Alt	98,9




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.32. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri. 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,2		50,2	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,4		106,5		106,4	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	436,0		436,1		436,4	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	445,3		446,6		445,4	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	12,7	Üst	13,0	Üst	12,9
	Orta	13,1	Orta	13,7	Orta	13,0
	Alt	15,2	Alt	15,0	Alt	14,9
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	67,4	Üst	68,6	Üst	68,2
	Orta	69,6	Orta	72,9	Orta	69,0
	Alt	80,7	Alt	79,6	Alt	78,8




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.33. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri. 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,1		49,9	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,7		105,6		106,3	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	437,6		436,5		437,1	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	441,0		440,4		441,6	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	15,4	Üst	17,2	Üst	16,4
	Orta	16,7	Orta	17,5	Orta	16,8
	Alt	17,3	Alt	18,2	Alt	17,5
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	81,7	Üst	91,2	Üst	86,9
	Orta	88,5	Orta	92,8	Orta	88,9
	Alt	91,6	Alt	96,2	Alt	92,7




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.34. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri. 30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,5		49,8		50,3	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,6		107,0		106,7	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	435,7		436,3		436,6	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	445,7		445,6		443,0	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	16,5	Üst	16,7	Üst	17,5
	Orta	17,7	Orta	17,0	Orta	17,4
	Alt	19,0	Alt	18,0	Alt	18,3
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	87,5	Üst	88,4	Üst	92,8
	Orta	93,8	Orta	90,2	Orta	92,1
	Alt	100,0	Alt	95,6	Alt	97,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.35. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri. 30°C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,2		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,2		106,3		107,5	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	436,3		436,7		436,6	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	443,9		445,9		445,0	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	14,4	Üst	16,7	Üst	16,5
	Orta	16,9	Orta	17,7	Orta	17,2
	Alt	18,1	Alt	18,4	Alt	18,4
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	76,4	Üst	88,3	Üst	87,4
	Orta	89,5	Orta	93,7	Orta	91,4
	Alt	96,0	Alt	97,6	Alt	97,4




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.36. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.30 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	30 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,2		49,9	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	108,5		107,7		108,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	434,8		436,4		435,7	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	447,5		448,4		444,2	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	17,9	Üst	15,6	Üst	16,1
	Orta	15,5	Orta	17,3	Orta	16,3
	Alt	15,8	Alt	18,9	Alt	18,9
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	94,6	Üst	82,8	Üst	85,5
	Orta	82,3	Orta	91,5	Orta	86,5
	Alt	83,9	Alt	100,0	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.37. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,2		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,5		105,5		105,2	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,4		410,7		409,4	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	413,8		416,4		413,7	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	19,7	Üst	19,2	Üst	20,6
	Orta	21,9	Orta	20,4	Orta	21,2
	Alt	21,0	Alt	21,5	Alt	23,0
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	79,3	Üst	77,1	Üst	82,9
	Orta	87,9	Orta	82,1	Orta	85,1
	Alt	84,5	Alt	86,3	Alt	92,3




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.38. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,0		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,5		104,7		105,4	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	408,8		408,9		409,4	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	415,2		413,6		413,3	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	20,6	Üst	21,2	Üst	21,1
	Orta	21,0	Orta	20,4	Orta	21,4
	Alt	21,6	Alt	21,9	Alt	22,1
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	82,7	Üst	85,0	Üst	84,9
	Orta	84,3	Orta	81,8	Orta	85,8
	Alt	86,7	Alt	87,7	Alt	88,7




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.39. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,8		50,0		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,0		105,8		105,3	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,6		411,4		411,5	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	420,1		417,0		416,2	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	22,7	Üst	21,4	Üst	22,0
	Orta	24,4	Orta	21,9	Orta	22,4
	Alt	24,5	Alt	21,7	Alt	21,9
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	91,1	Üst	86,0	Üst	88,4
	Orta	98,1	Orta	87,8	Orta	89,9
	Alt	98,5	Alt	87,1	Alt	87,8




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.40. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		50,1		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,7		105,7		105,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	408,6		410,2		409,2	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	415,7		417,6		416,5	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	19,7	Üst	20,8	Üst	20,7
	Orta	21,0	Orta	21,1	Orta	21,5
	Alt	21,5	Alt	22,0	Alt	26,8
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	91,8	Üst	96,5	Üst	96,4
	Orta	97,6	Orta	97,9	Orta	100,0
	Alt	99,8	Alt	100,0	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.41. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		50,3		49,8	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	108,1		106,1		106,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,6		409,8		409,7	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	421,8		420,6		420,6	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	22,6	Üst	20,4	Üst	21,3
	Orta	23,3	Orta	22,4	Orta	21,6
	Alt	22,4	Alt	22,1	Alt	21,7
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	90,6	Üst	81,9	Üst	85,7
	Orta	93,5	Orta	89,7	Orta	86,9
	Alt	90,1	Alt	88,9	Alt	87,2




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.42. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	SPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		50,0		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	105,1		106,2		104,7	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	409,0		409,4		408,5	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	424,5		424,3		420,5	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	22,0	Üst	22,7	Üst	22,6
	Orta	22,7	Orta	23,4	Orta	24,3
	Alt	24,0	Alt	24,4	Alt	27,0
Doyurma sonrası doygunluk derecesi (%)	Üst	88,5	Üst	91,0	Üst	90,8
	Orta	91,2	Orta	94,0	Orta	97,7
	Alt	96,4	Alt	97,8	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.43. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,3		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,1		105,5		106,2	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	422,5		425,0		424,1	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	427,3		429,1		428,8	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	17,8	Üst	18,0	Üst	17,7
	Orta	18,9	Orta	18,8	Orta	18,1
	Alt	20,1	Alt	19,1	Alt	18,9
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	83,0	Üst	83,5	Üst	82,3
	Orta	87,8	Orta	87,5	Orta	84,3
	Alt	93,6	Alt	89,0	Alt	87,7




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.44. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,2		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,3		106,0		106,6	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	423,7		424,3		423,8	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	429,7		429,5		428,1	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	17,8	Üst	17,7	Üst	18,8
	Orta	18,6	Orta	18,6	Orta	19,6
	Alt	19,3	Alt	19,0	Alt	22,8
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	82,7	Üst	82,1	Üst	87,2
	Orta	86,3	Orta	86,3	Orta	91,2
	Alt	89,9	Alt	88,3	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.45. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	49,9		49,9		49,9	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,7		105,6		105,7	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	424,8		419,2		424,1	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	430,9		425,1		429,6	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	19,0	Üst	18,4	Üst	19,2
	Orta	19,1	Orta	20,3	Orta	20,5
	Alt	20,2	Alt	20,6	Alt	21,6
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	88,3	Üst	85,6	Üst	89,3
	Orta	88,8	Orta	94,4	Orta	95,5
	Alt	93,9	Alt	95,7	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.46. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		50,0		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,0		105,8		106,1	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	424,1		424,5		424,0	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	428,7		429,3		428,3	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	19,7	Üst	20,8	Üst	20,7
	Orta	21,0	Orta	21,1	Orta	21,5
	Alt	21,5	Alt	22,0	Alt	26,8
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	91,8	Üst	96,5	Üst	96,4
	Orta	97,6	Orta	97,9	Orta	100,0
	Alt	99,8	Alt	100,0	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.47. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri 60°C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,3		50,8		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,8		106,7		106,6	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	425,3		421,0		422,7	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	433,5		429,1		429,7	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	18,1	Üst	18,4	Üst	18,9
	Orta	20,8	Orta	19,6	Orta	19,8
	Alt	22,6	Alt	20,4	Alt	20,7
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	84,1	Üst	85,5	Üst	87,9
	Orta	96,6	Orta	91,1	Orta	92,0
	Alt	100,0	Alt	94,8	Alt	96,1




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.48. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60°C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	IPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,1		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,7		107,2		106,0	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	419,2		423,9		422,8	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	434,2		440,6		439,7	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	16,9	Üst	18,4	Üst	17,9
	Orta	20,4	Orta	19,6	Orta	20,9
	Alt	21,3	Alt	21,1	Alt	23,7
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	91,3	Üst	85,5	Üst	83,3
	Orta	94,6	Orta	91,3	Orta	97,3
	Alt	98,8	Alt	98,3	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.49. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,2		50,3		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,2		106,9		107,0	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	437,8		436,9		436,9	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	443,8		442,8		440,9	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	15,6	Üst	15,8	Üst	16,0
	Orta	15,9	Orta	16,0	Orta	15,9
	Alt	18,3	Alt	17,4	Alt	16,9
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	82,8	Üst	83,9	Üst	84,9
	Orta	84,1	Orta	85,1	Orta	84,5
	Alt	97,2	Alt	92,2	Alt	84,9




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.50. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	1,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,1		50,2	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	108,6		107,0		107,5	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	436,0		436,2		428,8	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	443,3		444,3		439,2	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	16,3	Üst	15,0	Üst	17,2
	Orta	16,4	Orta	16,1	Orta	16,2
	Alt	15,6	Alt	17,4	Alt	40,2
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	86,4	Üst	79,6	Üst	91,3
	Orta	86,8	Orta	85,1	Orta	85,8
	Alt	82,5	Alt	92,1	Alt	100,0

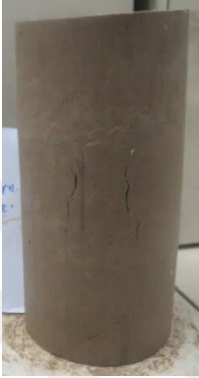


EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.51. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,1		50,3		50,1	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	107,5		107,2		107,0	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	437,4		437,6		437,3	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	445,9		446,9		444,7	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	16,3	Üst	16,3	Üst	16,0
	Orta	17,5	Orta	17,3	Orta	17,0
	Alt	18,2	Alt	17,7	Alt	17,7
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	86,3	Üst	86,6	Üst	84,6
	Orta	92,5	Orta	91,5	Orta	90,2
	Alt	96,7	Alt	93,9	Alt	93,7




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.52. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	3,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,0		50,0		50,0	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,6		106,7		106,5	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	437,1		436,7		436,8	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	443,0		441,9		441,5	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	17,4	Üst	17,7	Üst	18,1
	Orta	18,4	Orta	18,1	Orta	18,7
	Alt	19,3	Alt	19,3	Alt	19,3
Doyurma sonrası doyunluk derecesi (%)	Üst	92,4	Üst	93,9	Üst	96,1
	Orta	97,3	Orta	95,9	Orta	99,3
	Alt	100,0	Alt	100,0	Alt	100,0




EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.53. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

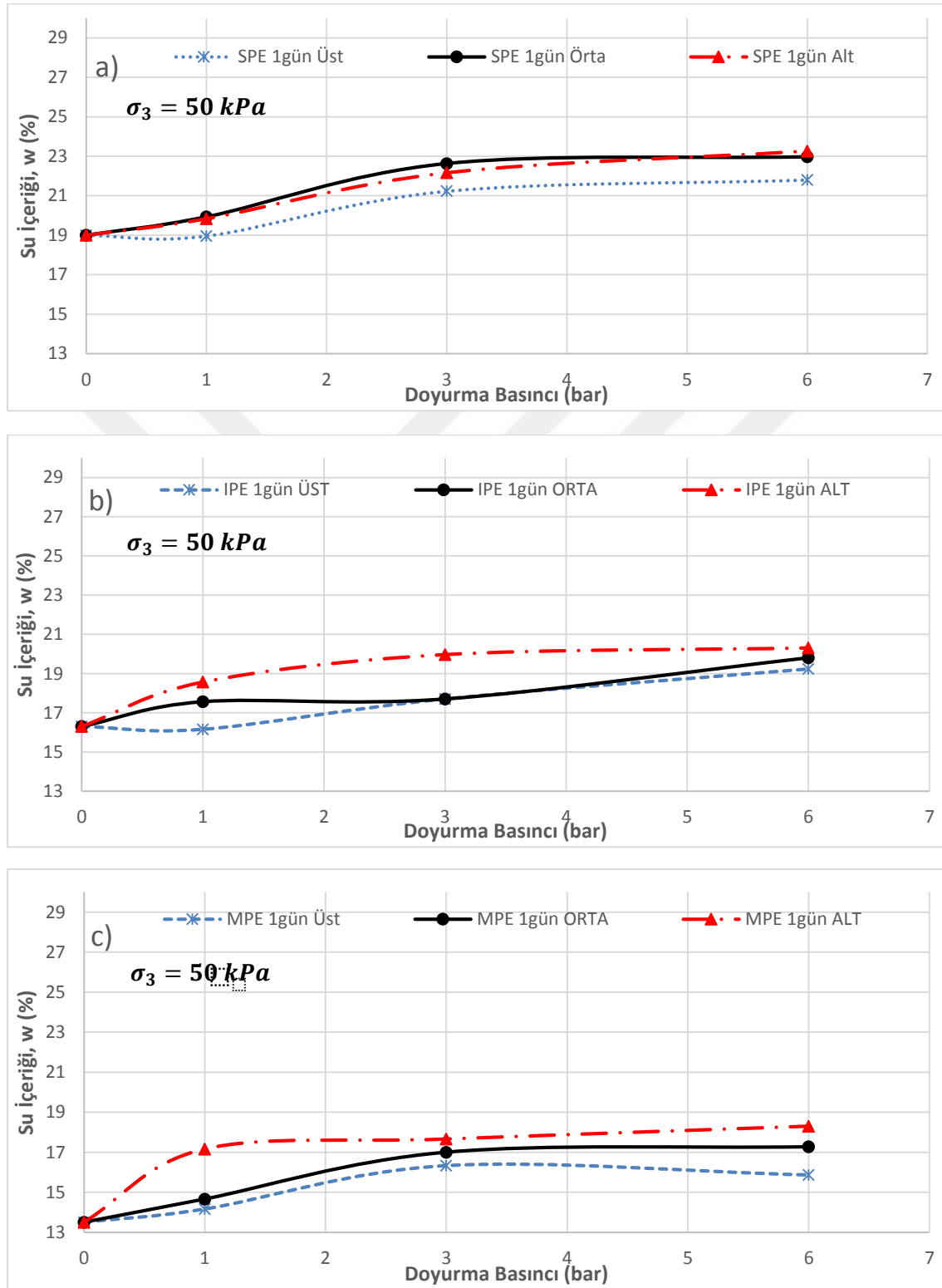
Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	1 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,5		50,4		50,3	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	106,3		106,5		106,5	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	437,8		437,6		436,9	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	445,0		446,9		444,1	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	15,8	Üst	15,6	Üst	16,2
	Orta	17,2	Orta	17,4	Orta	16,9
	Alt	17,8	Alt	17,9	Alt	17,7
Doyurma sonrası doygunluk derecesi (%)	Üst	83,8	Üst	82,5	Üst	85,7
	Orta	91,3	Orta	92,1	Orta	89,6
	Alt	94,2	Alt	95,1	Alt	93,8

EK-4. (devam) Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri

Çizelge 4.54. Çalışmada kullanılan numunelerin UU deney öncesi ve sonrası resimleri ve bilgileri.60 °C sıcaklık

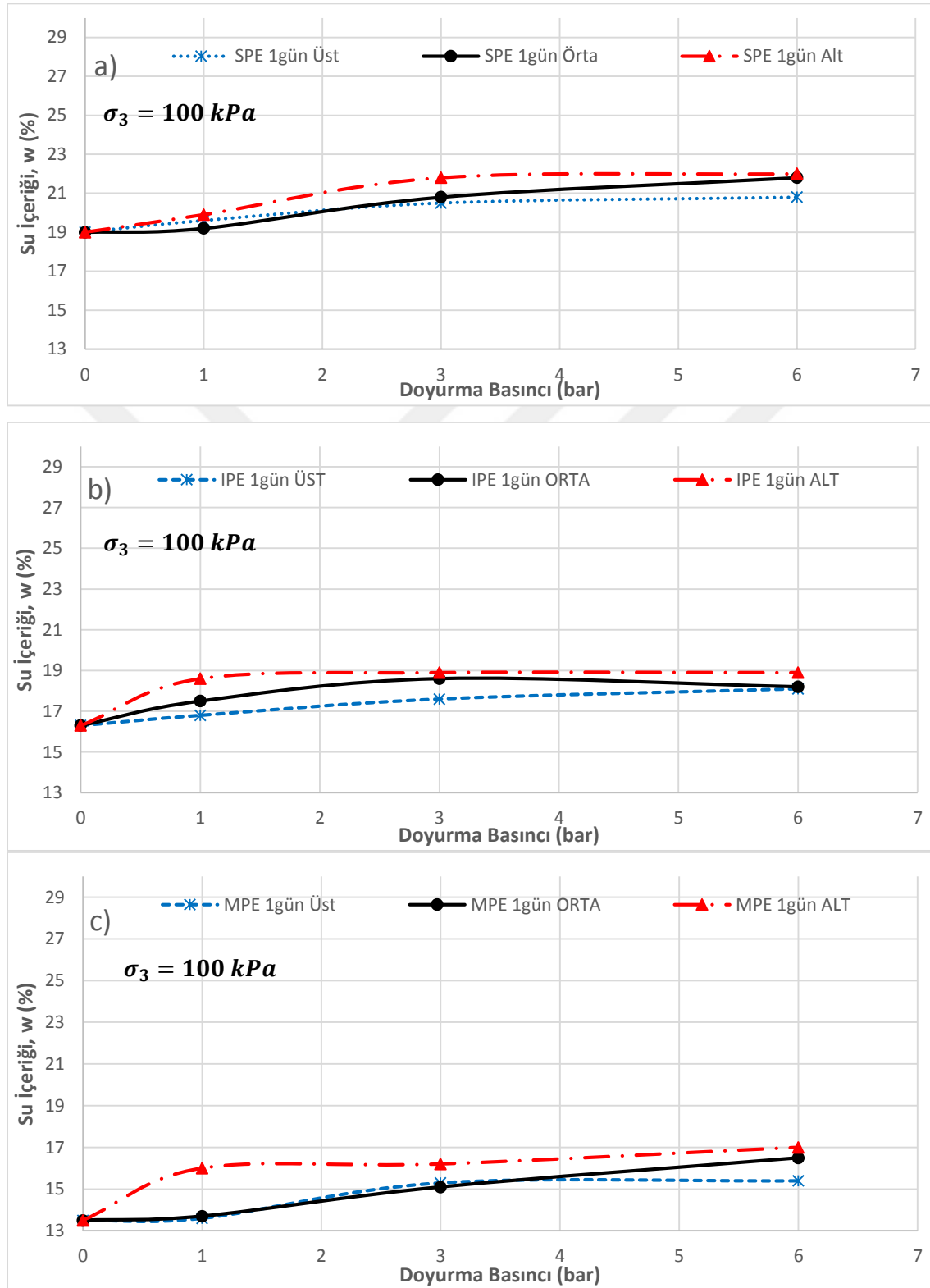
Sıkıştırma Enerjisi	MPE					
Doyurulma sıcaklığı	60 derece					
Doyurma Basıncı	6,0 bar					
Doyurma Süresi	7 gün					
Hücre basıncı, kPa	50		100		200	
Dayanım Deneyi Sonrası Numune fotoğrafları						
Doyurulma öncesi numune çapı (mm)	50,3		50,2		50,2	
Doyurulma öncesi numune boyu (mm)	110,1		109,1		104,8	
Doyurulma öncesi numune kütlesi (gr)	436,8		435,0		434,8	
Doyurma sonrası numune kütlesi (gr)	450,5		450,2		440,1	
Doyurma sonrası numune su içeriği (w %)	Üst	18,2	Üst	17,2	Üst	17,3
	Orta	15,9	Orta	18,6	Orta	18,3
	Alt	15,9	Alt	19,9	Alt	20,6
Doyurma sonrası doyumluk derecesi (%)	Üst	96,5	Üst	90,9	Üst	91,7
	Orta	84,5	Orta	98,6	Orta	97,1
	Alt	84,0	Alt	100,0	Alt	100,0

EK-5. UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



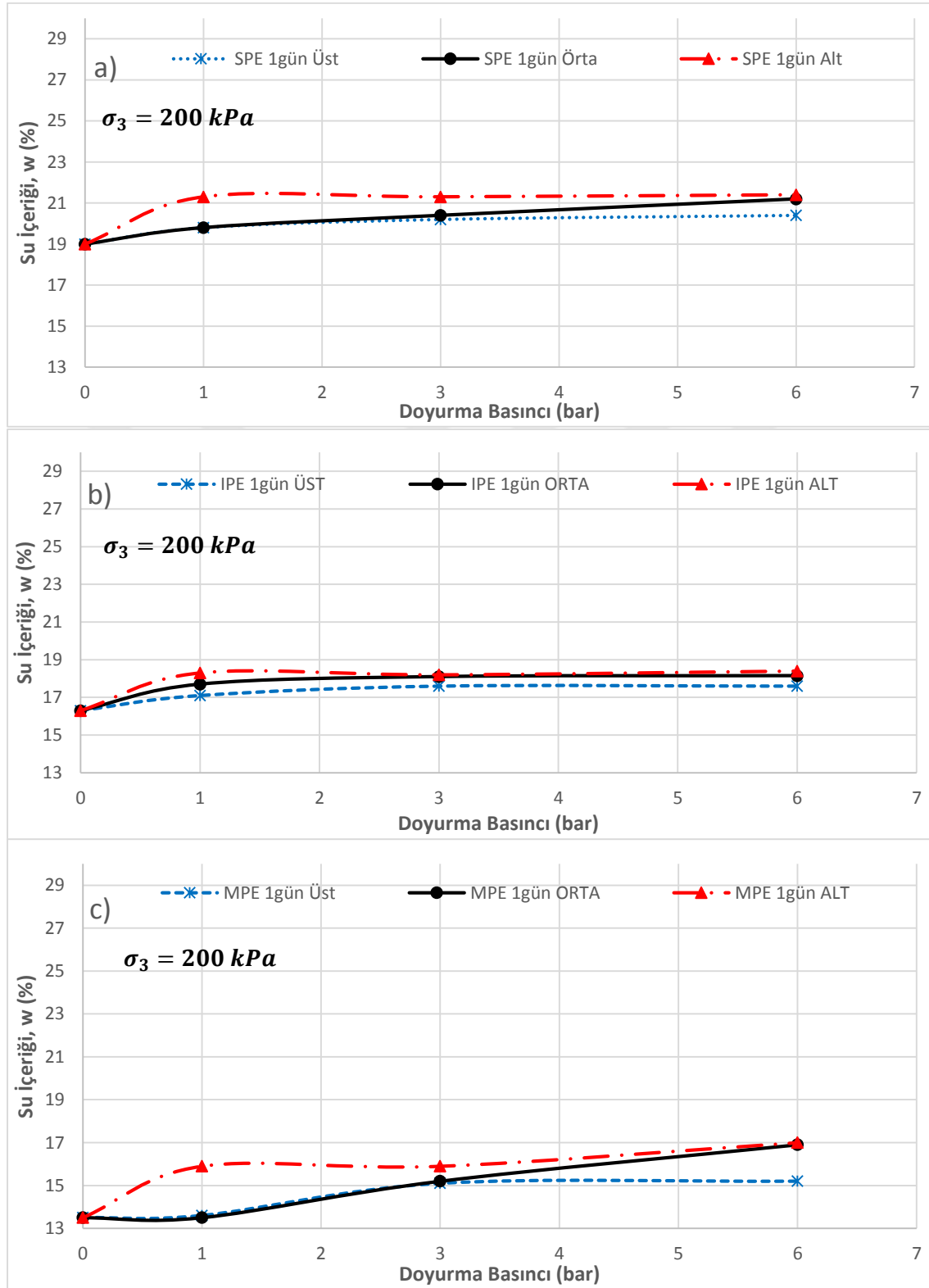
Şekil 5.1. 1 gün boyunca 15 °C’de doyurulan ve 50 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



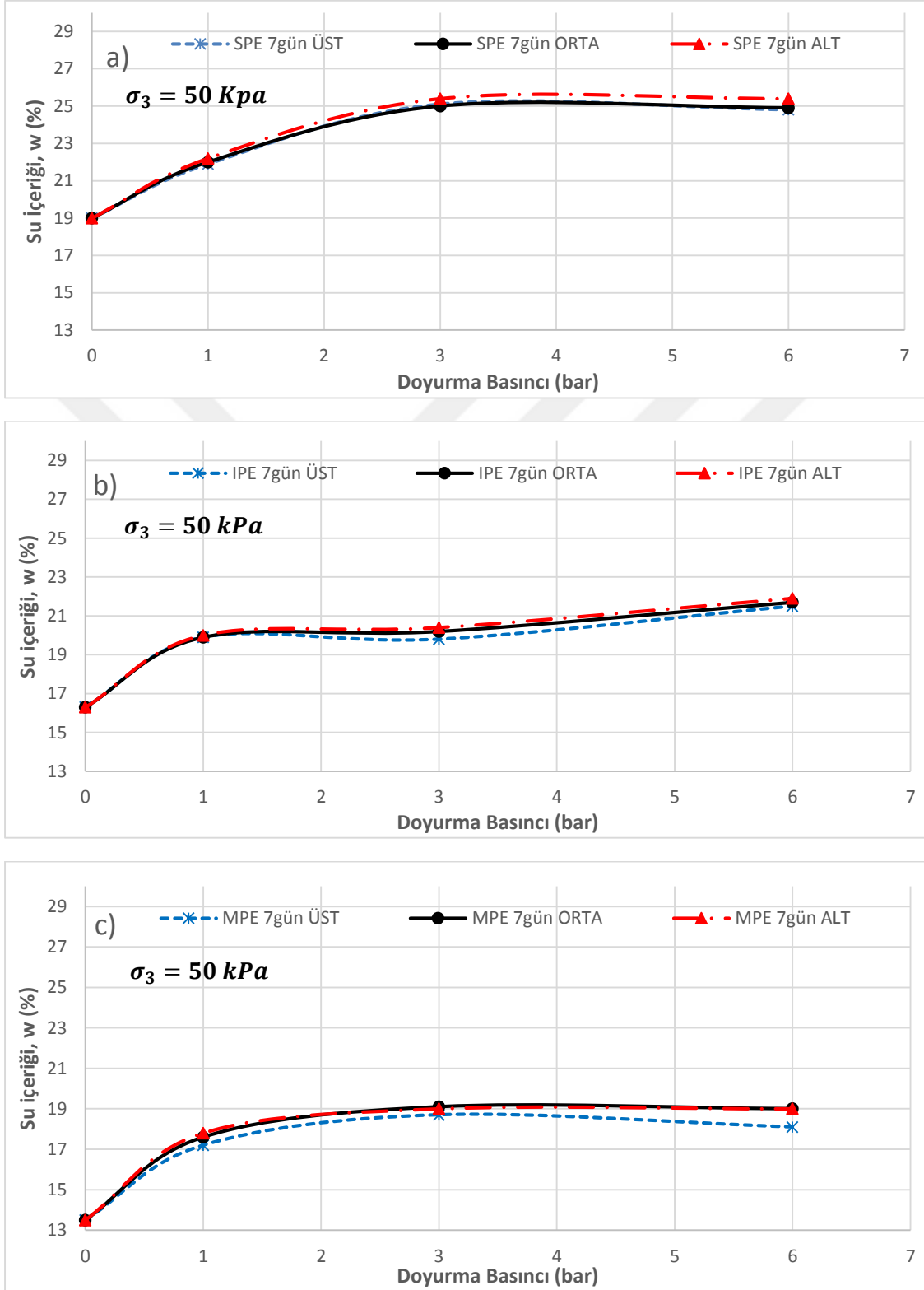
Şekil 5.2. 1 gün boyunca 15 °C’de doyurulan ve 100 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



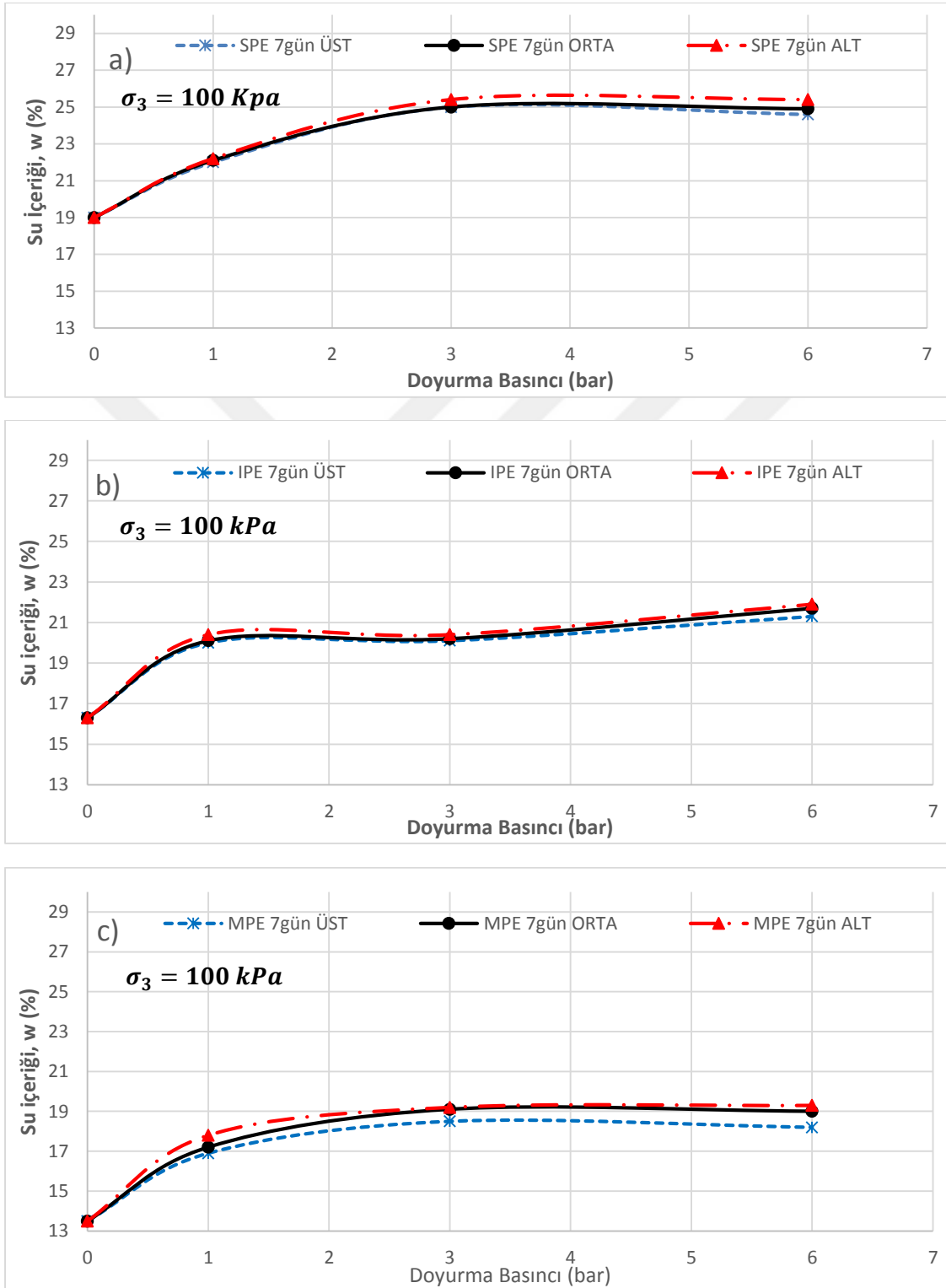
Şekil 5.3. 1 gün boyunca 15 °C’de doyurulan ve 200 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



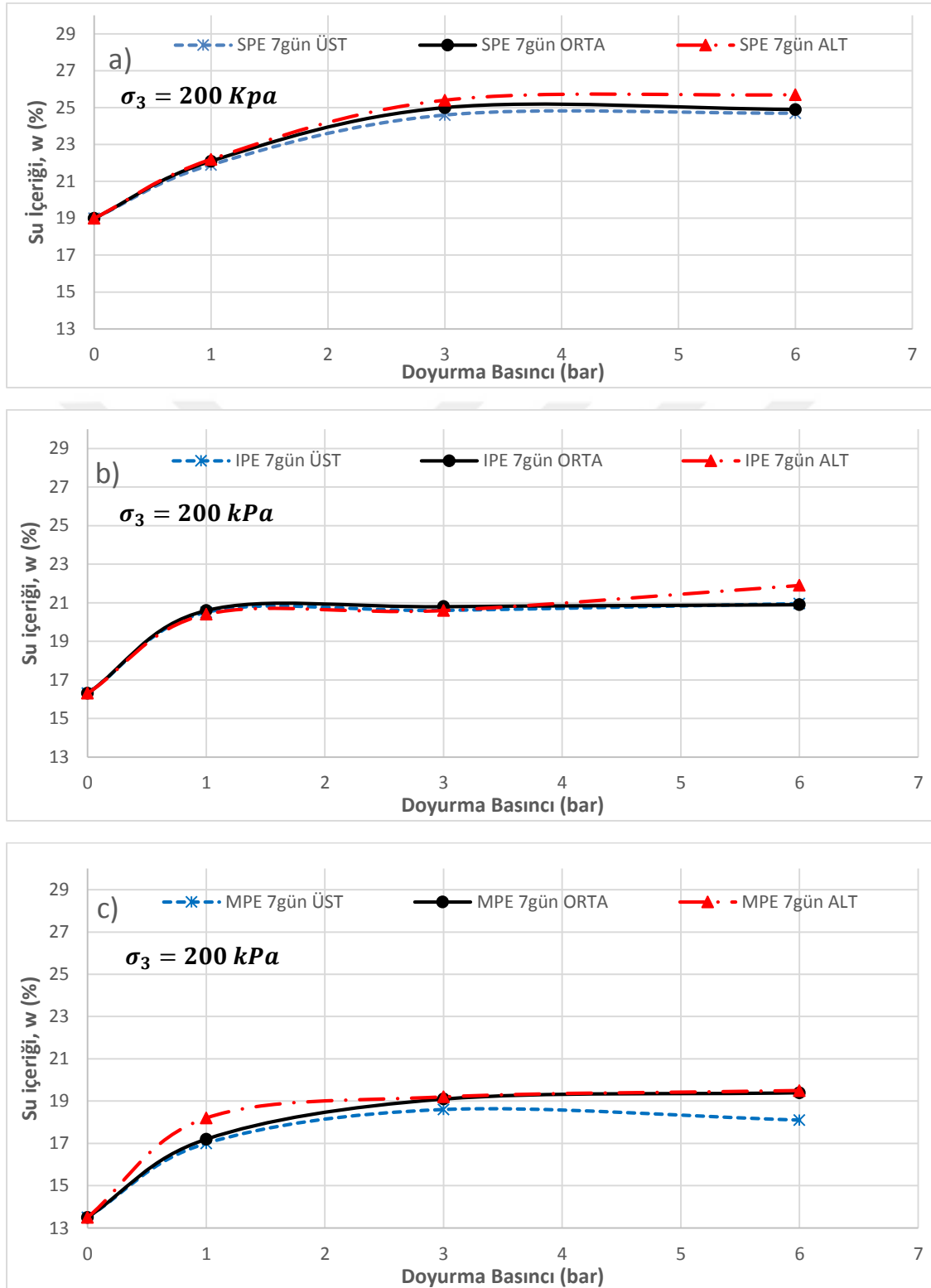
Şekil 5.4. 7 gün boyunca 15 °C’de doyurulan ve 50 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



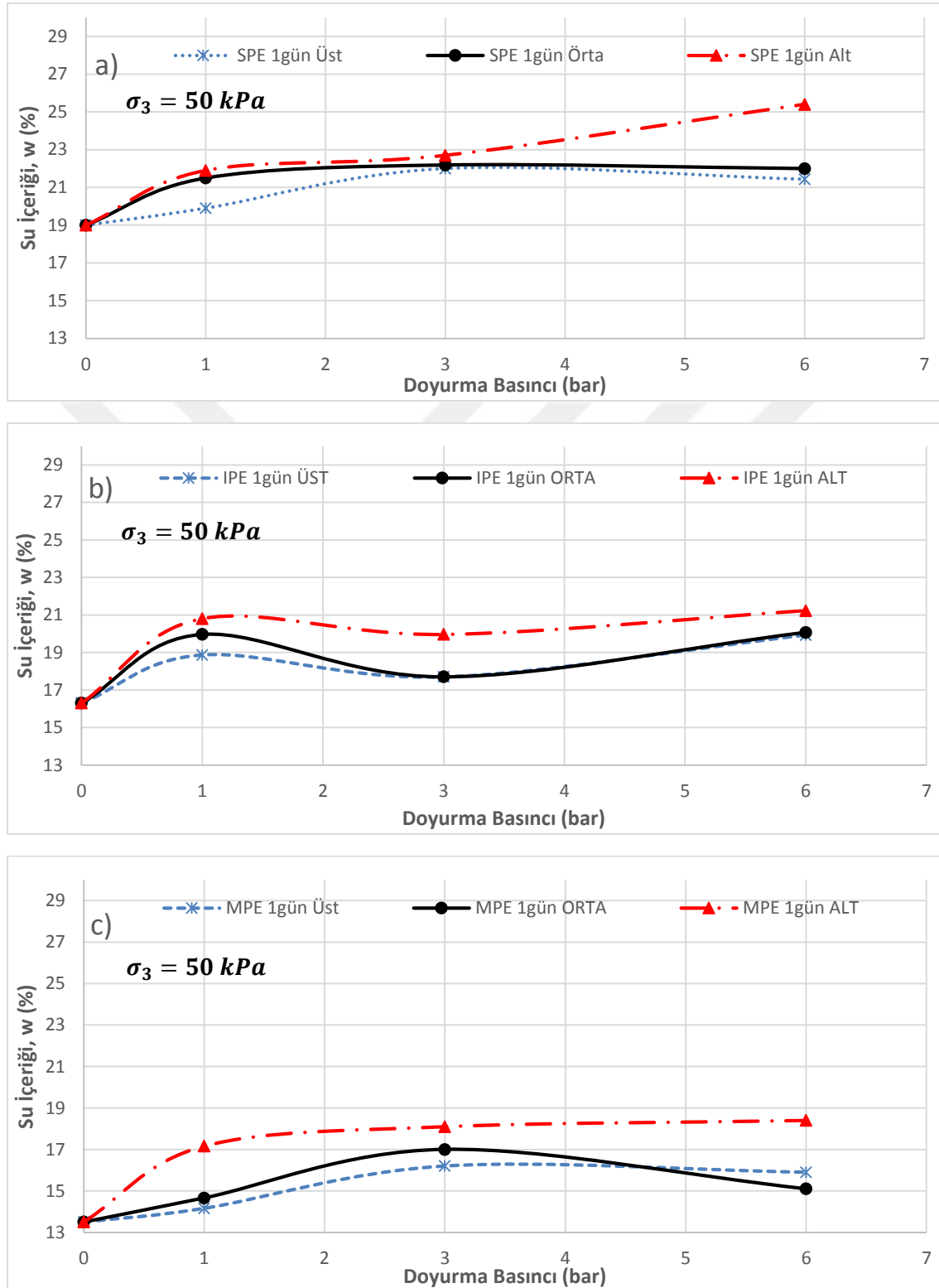
Şekil 5.5. 7 gün boyunca 15 °C’de doyurulan ve 100 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



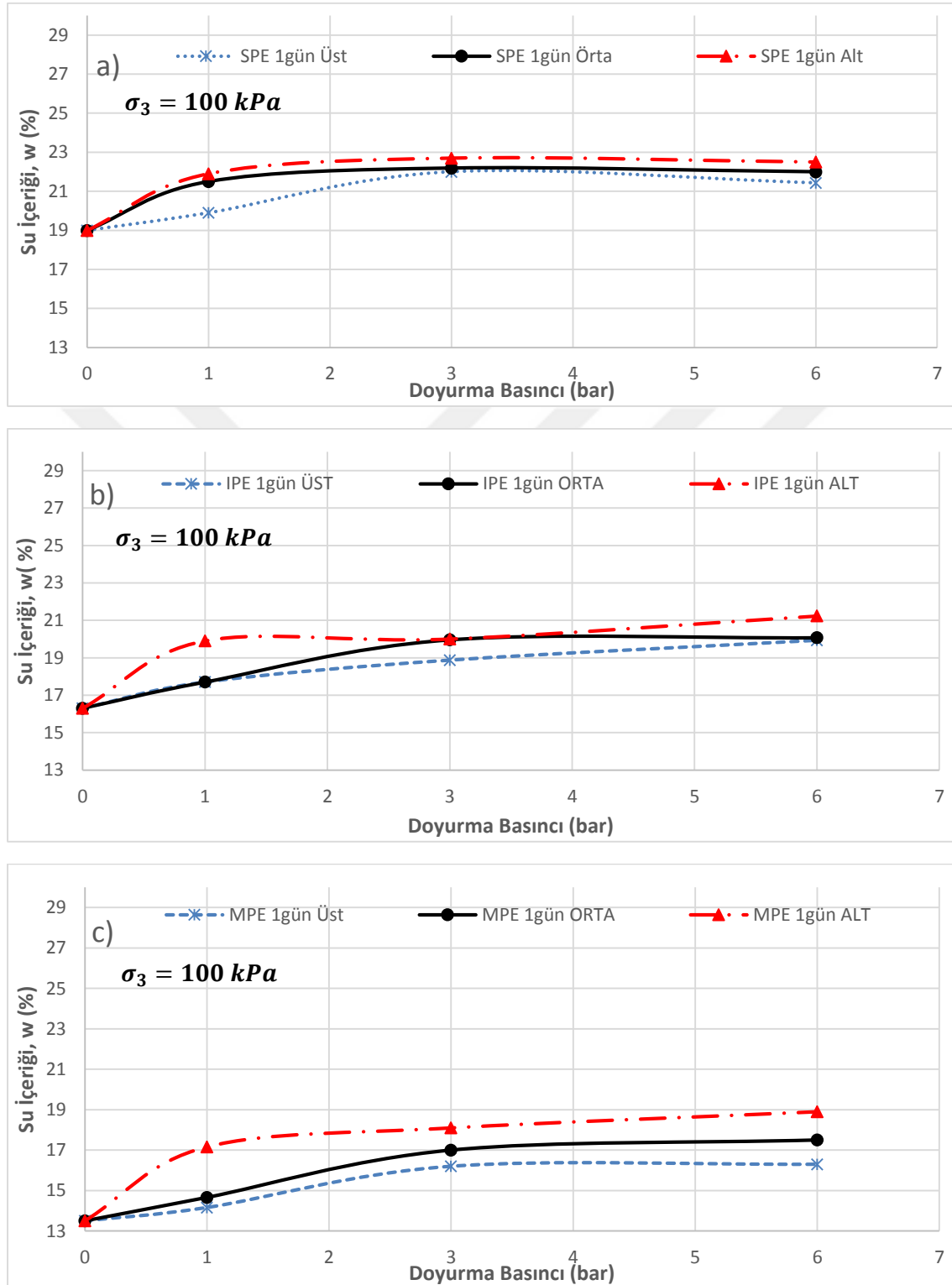
Şekil 5.6. 7 gün boyunca 15°C 'de doyurulan ve 200 kPa çevre basıncı altında UU üçeşsenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



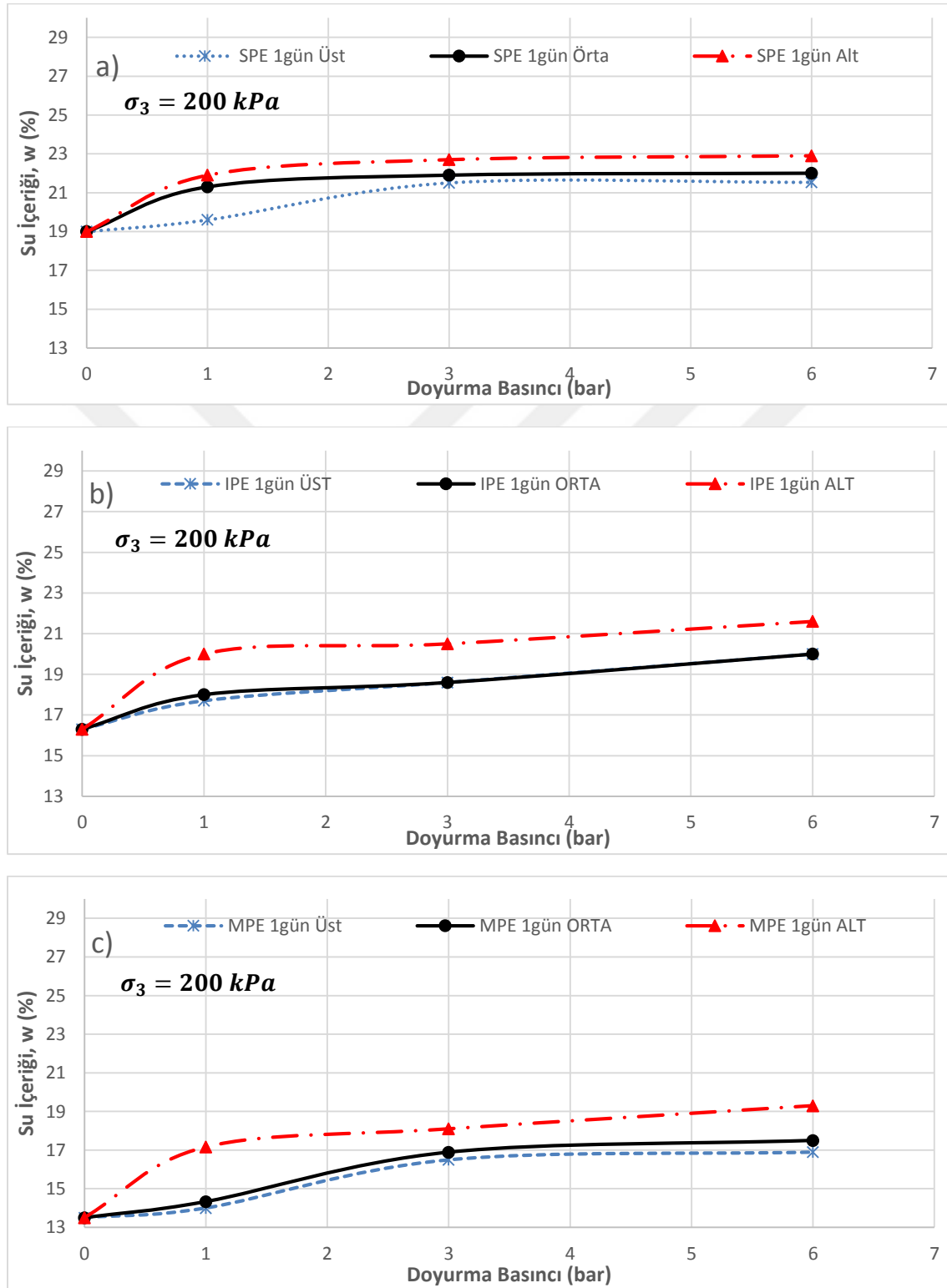
Şekil 5.7. 1 gün boyunca 30 °C’de doyurulan ve 50 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



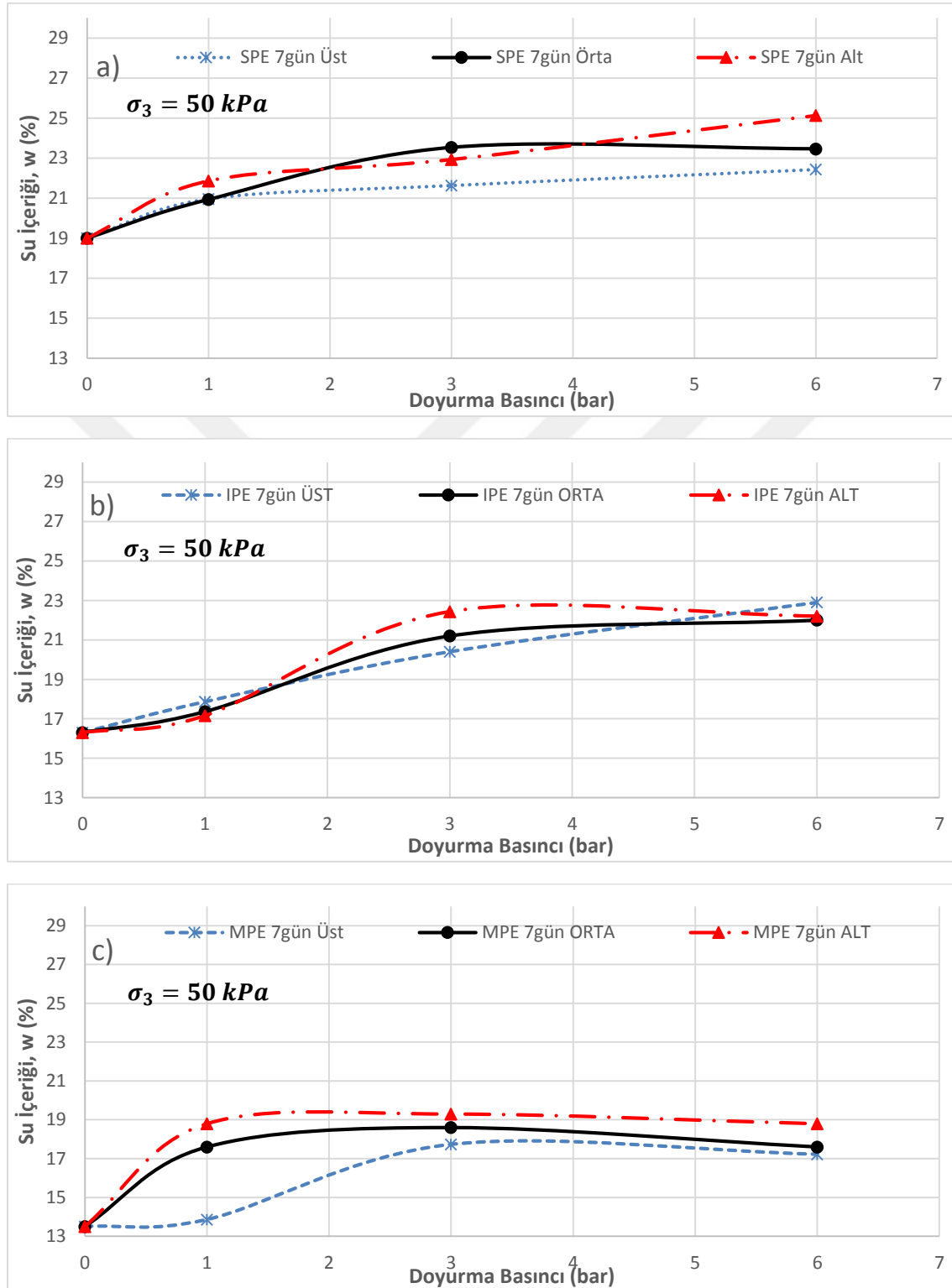
Şekil 5.8. 1 gün boyunca 30 °C’de doyurulan ve 100 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



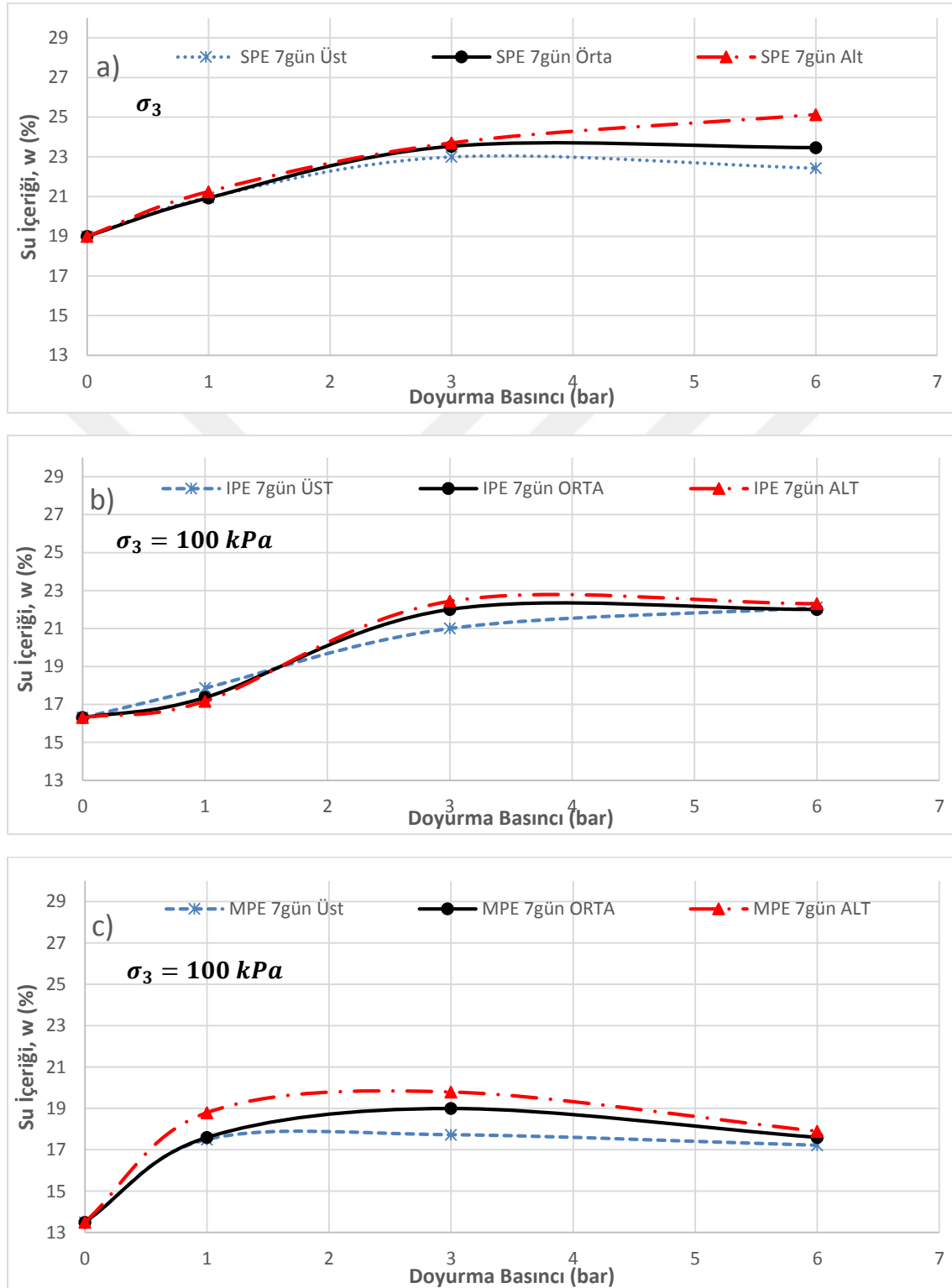
Şekil 5.9. 1 gün boyunca 30 °C’de doyurulan ve 200 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



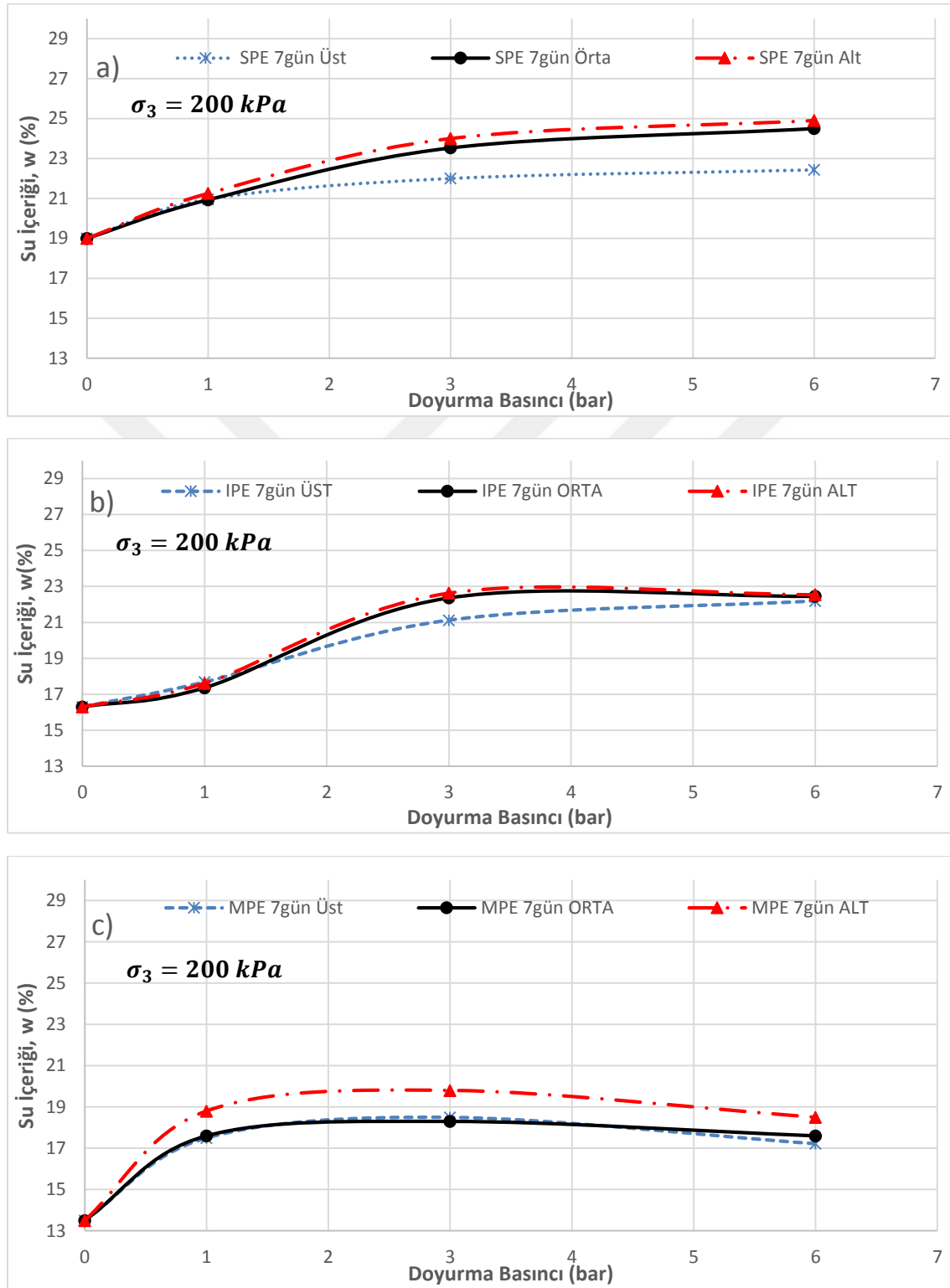
Şekil 5.10. 7 gün boyunca 30 °C’de doyurulan ve 50 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



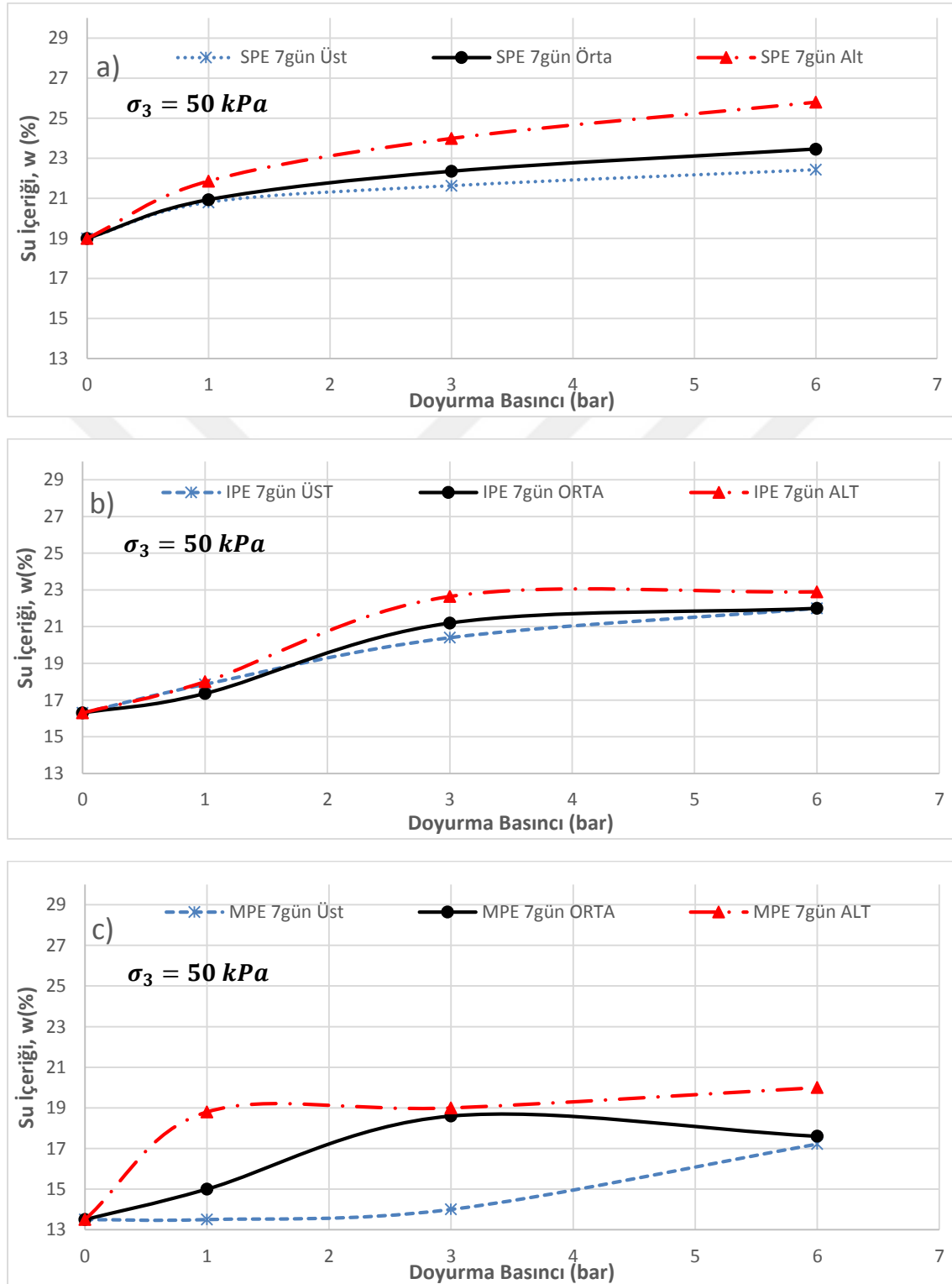
Şekil 5.11. 7 gün boyunca 30 °C’de doyurulan ve 100 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



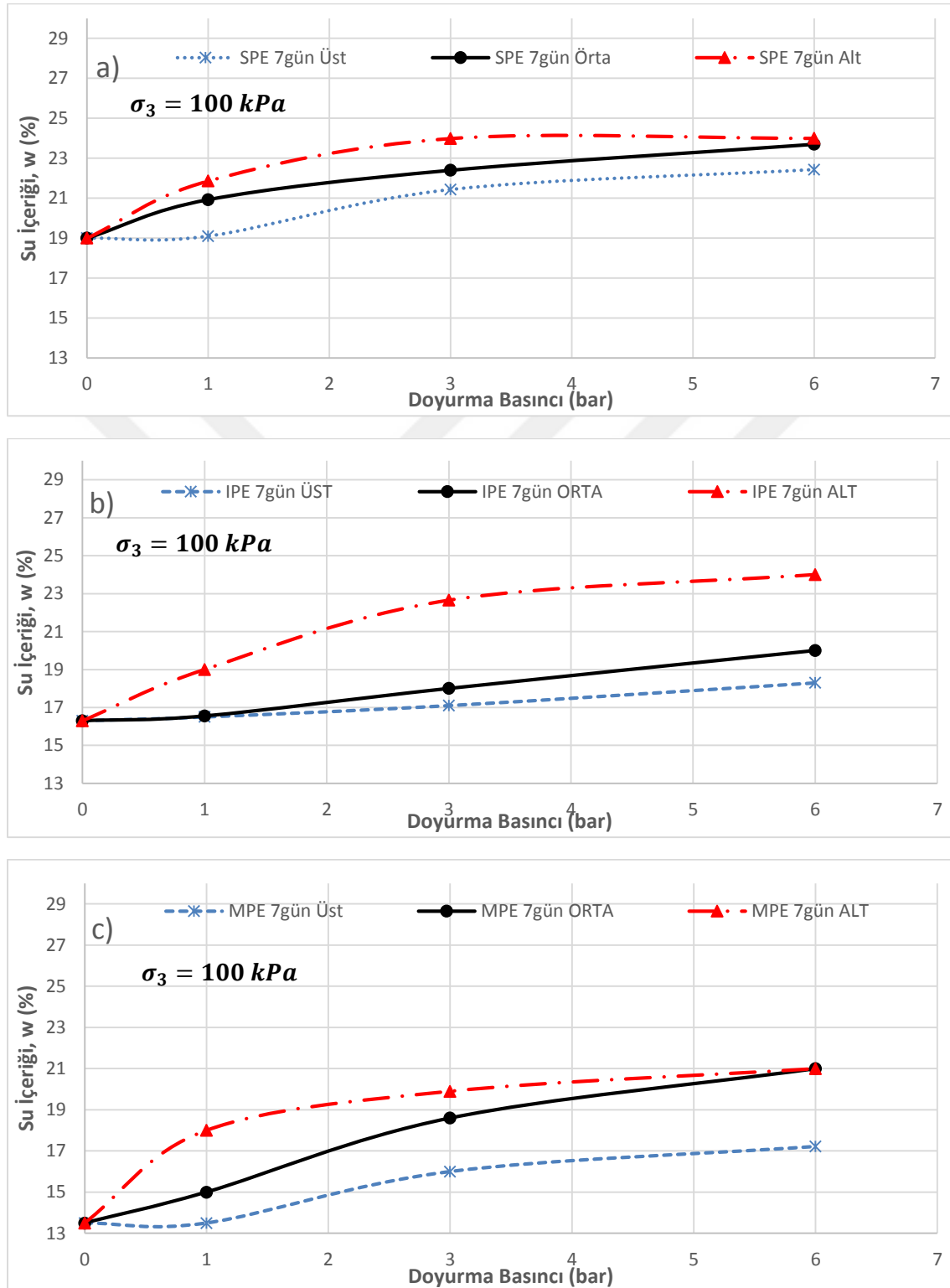
Şekil 5.12. 7 gün boyunca 30 °C’de doyumlanan ve 200 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doymurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



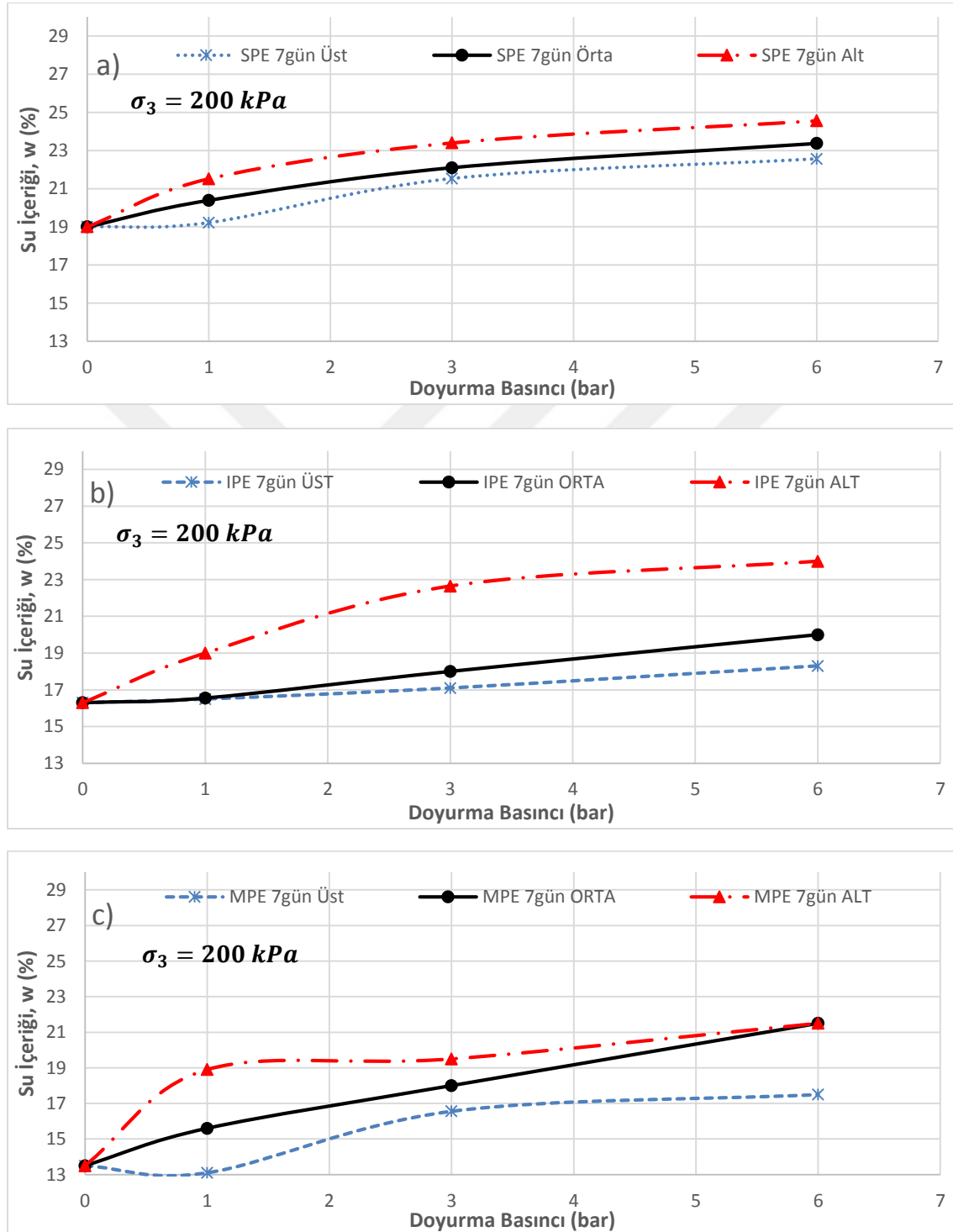
Şekil 5.13. 1 gün boyunca 60 °C’de doyurulan ve 50 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



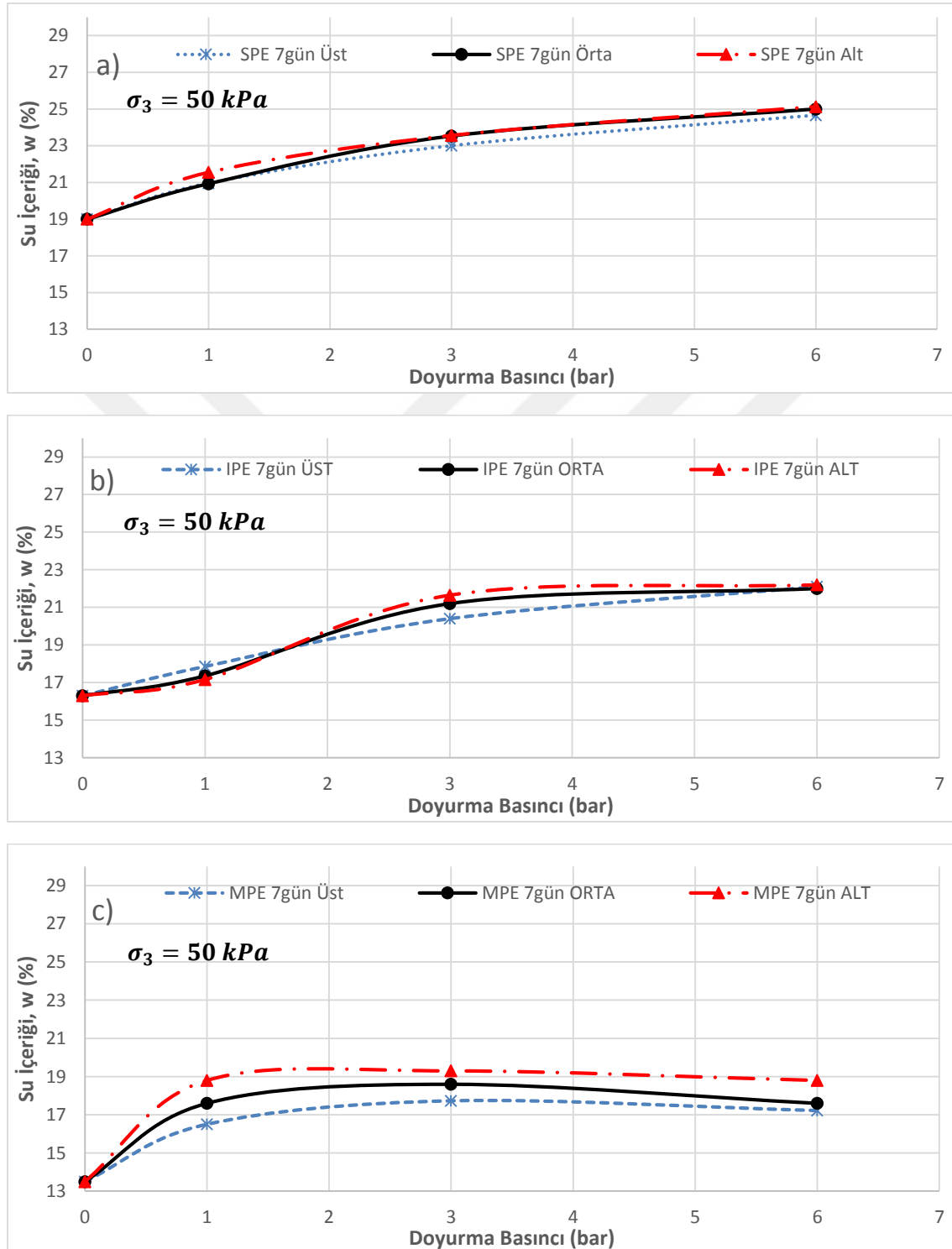
Şekil 5.14. 1 gün boyunca 60 °C’de doyurulan ve 100 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



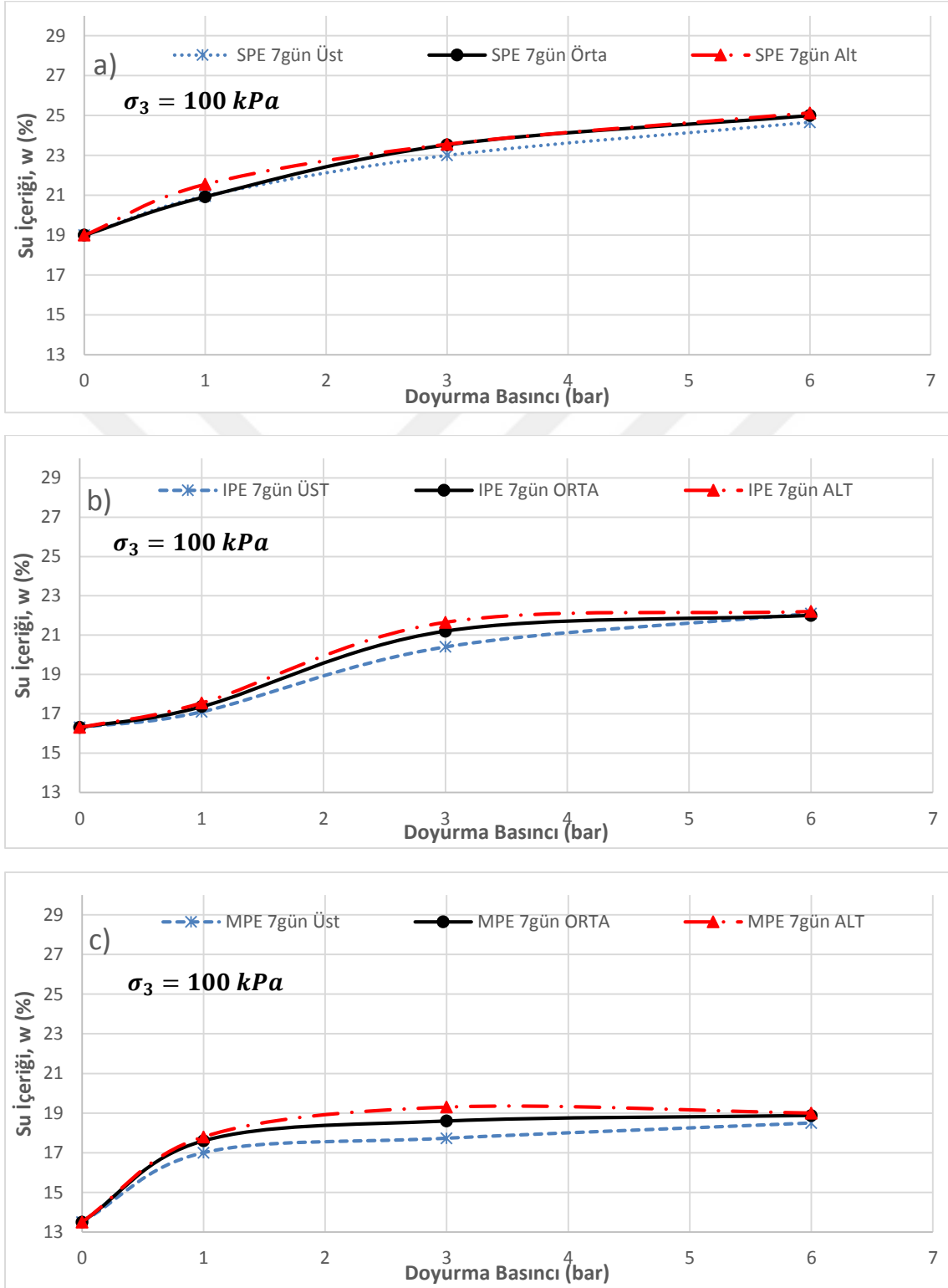
Şekil 5.15. 1 gün boyunca 60 °C’de doyurulan ve 200 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



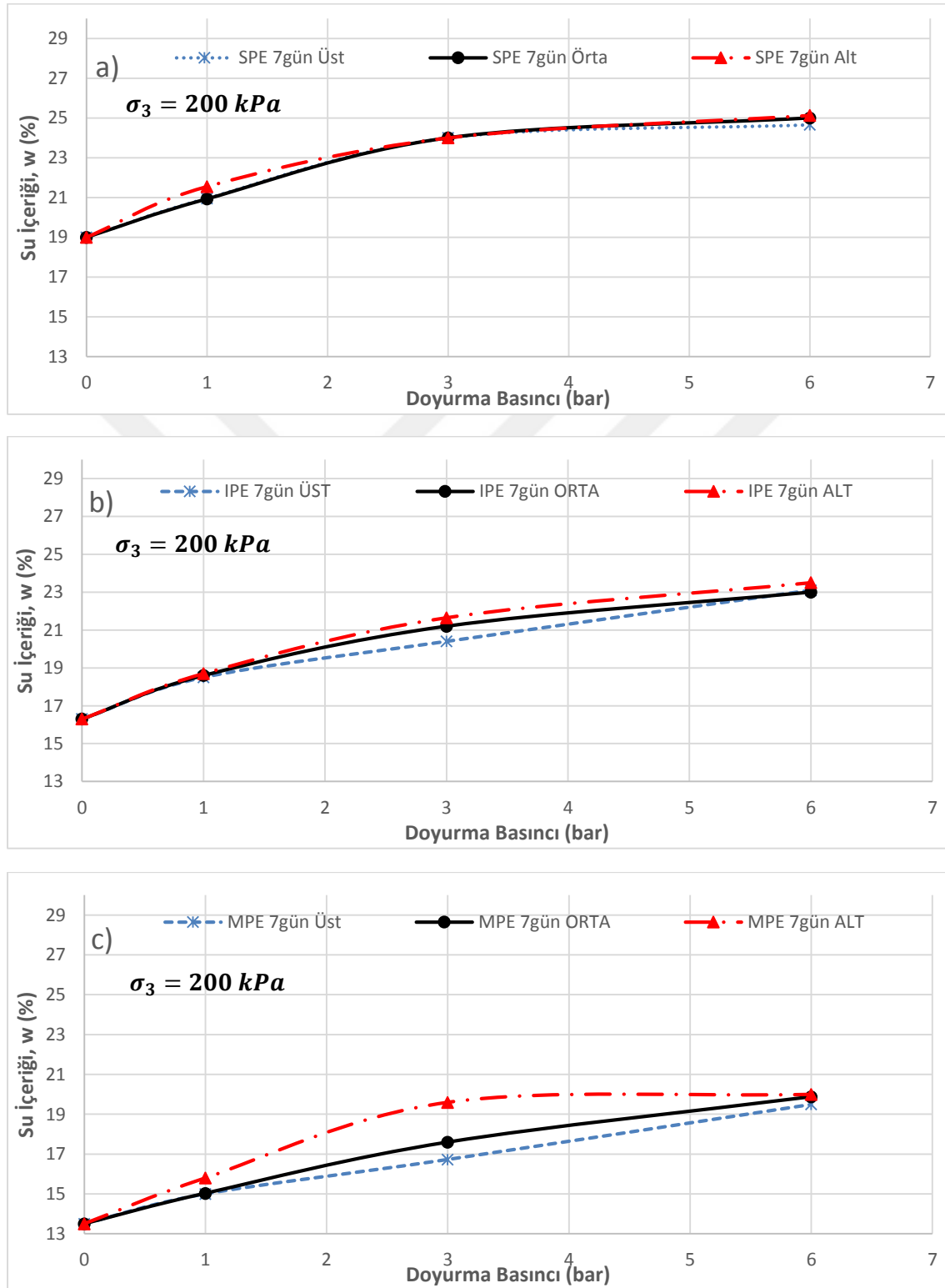
Şekil 5.16. 7 gün boyunca 60 °C’de doyurulan ve 50 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK-5. (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



Şekil 5.17. 7 gün boyunca 60 °C’de doyurulan ve 100 kPa çevre basıncı altında UU üçeksiz basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

EK.5 (devam) UU deneyi sonrası numunelerin farklı kesimlerinin su içeriği değişimi



Şekil 5.18. 7 gün boyunca 60 °C’de doyurulan ve 200 kPa çevre basıncı altında UU üçeksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin farklı kesimlerinden alınan su içeriği değerleri - doyurma basıncı ilişkileri a) SPE numuneler b) IPE numuneler c) MPE numuneler

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KHASHABI, Ehsan
Uyruğu : IRAN
Doğum tarihi ve yeri : 05.05.1989
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (535) 336 31 38
e-mail : ehsan.khashabii@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İnş. Müh. Böl.	Devam ediyor
Lisans	Azad Üniversitesi / İnş. Müh. Böl.	2011
Lise	Sourush Lisesi	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-devam ediyor	HERAM Saze	İnşaat Mühendisliği

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

-

Hobiler

Havacılık, Üzay Bilimleri, Spor



GAZİ GELECEKTİR..