

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ATIK MASKELERİN KİL ZEMİN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAĞMUR UZUNKAYA

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ BURAK GÖRGÜN

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ EREN BALABAN

BİLECİK, 2024

10639513

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ATIK MASKELERİN KİL ZEMİN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAĞMUR UZUNKAYA

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ BURAK GÖRGÜN

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ EREN BALABAN

BİLECİK, 2024

10639513

BEYAN

Atık Maskelerin Kıl Zemin Özelliklerine Etkisi adlı Yüksek Lisans tezi hem hazırlık hem de yazımı sırasında bilimsel araştırmaları ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım konularda bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya yahut başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumlulukları kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında herhangi bir kurumdan proje desteği alınmamıştır.			
DESTEK ALINMIŞTIR	☐	DESTEK ALINMAMIŞTIR	☒
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:		/.....	

Yağmur UZUNKAYA

Tarih

İmza

ÖN SÖZ

Bu tez yeterlilik çalışmamda, çalışmalarımı sahiplenerek takip eden danışmanlarıma ve bu sürecin başından sonuna dek yanımda olan Prof. Dr. GÜLGÜN YILMAZ' a değerli katkıları ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışma günlerimde yanımda olan değerli aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Yağmur Uzunkaya

2024



ÖZET

ATIK MASKELERİN KİL ZEMİN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Dünyanın her köşesinde yanı Küresel COVID-19 salgın döneminde günlük hayatımızda kullanılan tıbbi yüz maskeleri, eldivenler ve diğer kişisel hijyen malzemeleri büyük bir artış ölçekle atık olarak çevrelerimizde göstermiştir. Bu kullanılmış tıbbi maskelerin artışı çevre için büyük tehdit oluşturmakla birlikte, bertaraf edilmesi de problem olarak ortaya çıkmıştır. Bu problemin çözümü için tıbbi yüz maskelerinin zemin iyileştirmede kullanımının bir yöntem olacağı düşünülmüştür.

Bu nedenle makale çalışmasında 0,5*1 cm boyutu kullanırken daha büyük çaplı çalışmasında yanı tez çalışmasında 0,5*2 cm ve 0,5*3 cm boyutları ekleyerek % 0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 tıbbi atık yüz maskelerin oranları ile düşük plastisiteli kil karışımında Bender element ve Serbest basınç deneylerinde tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar kullanılarak düşük gerinim kayma modülü ile serbest basınç dayanımı arasındaki ilişki regresyon analizi ile bulunmuştur. Yapılan serbest basınç deney sonuçlarına göre tıbbi atık yüz maskesinin belirli bir orana kadar dayanımı arttırdığı, daha sonra ise dayanımı düşürdüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bender Element Deneyi, Atık Yüz Maskesi, Serbest Basınç Dayanımı, Zemin İyileştirme.

ABSTRACT

INFLUENCE OF WASTE MASKS ON CLAY SOIL PROPERTIES

Use of disposable face masks, gloves and other personal hygiene materials in daily life has increased significantly the waste materials with the COVID'19 around the world. While the increase in these used masks poses the majority threat to the environment, their disposal has also emerged as a problem. It was thought that the use of face masks in soil improvement would be a method to solve this problem.

Therefore, 0,5*1 cm sized of face masks were added to the low plasticity clay with the ratio of 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 and 1,0 % in the article study and for the larger-scale study 0,5*2 cm and 0,5*3 cm was subjected. Samples are prepared at different unit weights. Bender element and unconfined compression experiments are conducted to determine the effects of face masks to strength and small strain stiffness. Unconfined compression experiment results showed that the face mask inclusion increased the strength up to a certain extent and then decreased the strength. Shear wave velocity of the samples decreased for high unit weights but, increased initially and then decreased in case of low unit weight samples.

Keywords: Bender Element Test, Waste face mask, Unconfined compression strength, Soil improvement

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel.....	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	2
2. MATERYAL GENEL ÖZELLİKLERİ	3
2.1. Tanımı.....	3
2.2. Maske kategorileri.....	3
2.3. Maske Özellikleri.....	4
3. GEÇMİŞTEKİ BİLİMSEL TARAMASI VE LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	5
4. MATERYAL VE METODLARI.....	14
4.1. Malzemeler	14
4.1.1. Kil Zemin.....	14
4.1.2. Yüz Maskesinin Detayları.....	15
4.2. Çalışma Yöntemleri.....	18
4.2.1. Fiziksel deneyler, Serbest basınç ve Bender element deneyler.....	18
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	26
5.1. Analiz Hakkında Genel Bilgi.....	26
5.2. Serbest Basınç Deneylerin Şekilleri	27
5.3. Bender Element Deneyleri	51

5.4. Analizlerin Karşılaştırması ve Sonuçları	58
6. SONUÇ VE TARTIŞMALAR	60
KAYNAKÇA	62



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 4. 1. Çalışmada Kullanılan Kilin Fiziksel Özellikleri	14
Tablo 4. 2. Çalışmada Kullanılan Kilin Kimyasal Özellikleri	15
Tablo 4. 3. Çalışma Sırasında Kullanılan Numunelerin Birim Hacim Ağırlıkları	18
Tablo 5. 1. Maksimum Gerilme Değerleri	50
Tablo 5. 2. %0 oranla atık yüz maske Bender Element deney sonuçları	56
Tablo 5. 3. Zemin Deformasyon Yüzdesi Değerleri	57
Tablo 5. 4. Zeminin Kompaksiyon Numune Yoğunluğu	57



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4. 1. XRD Analiz Sonuçları	15
Şekil 4. 2. Eski yüz maskeleri tipleri	16
Şekil 4. 3. 17.yüzyıl Avrupa’da veba salgınında kullanılan gagalı maskesi.....	16
Şekil 4. 4. İspanyol’daki grip salgınına karşı kullanılan maske tipleri	16
Şekil 4. 5. 1919 yılındaki grip salgının karşı kullanılan maskeler	17
Şekil 4. 6. Farklı çalışmalarda personelin kullandığı yüz maskeleri	17
Şekil 4. 7. Covid’19 sırasında halk kullanılan Yüz Kapamalı Kumaş Maskeler.....	17
Şekil 4. 8. Çalışmada Kullanılan Kilin Granülometri Eğrisi	19
Şekil 4. 9. Çalışmada Kullanılan Kile Ait Standart Proktor Eğrisi.....	19
Şekil 4. 10. Çalışmada Kullanılan Kil Numuneleri	20
Şekil 4. 11. Deney Numuneleri Hazırlama Aşamaları.....	23
Şekil 4. 12. Bender Element İle Kayma Dalgası Hızının Belirlenmesi	24
Şekil 4. 13. Serbest basınç deneyinde Yük dayanım Belirlenmesi.....	25
Şekil 5. 1. Zeminin Serbest basınç deneyinde En düşük Yük dayanımı.....	26
Şekil 5. 2. Zeminin Serbest basınç deneyinde en büyük Yük dayanımı	27
Şekil 5. 3. %0,0 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi.....	27
Şekil 5. 4. %0,2 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi.....	29
Şekil 5. 5. %0,4 oranla Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi.....	30
Şekil 5. 6. %0,6 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi.....	32
Şekil 5. 7. %0,8 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi.....	34
Şekil 5. 8. %1,0 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi.....	35
Şekil 5. 9. Serbest Basınç Numunesi Vuruş Sayısı 5 ve %0,0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 Maske Oranları İle Hazırlanan Numunelerin Gerilme Dayanımı Ve Deformasyon İlişkisi	37

Şekil 5. 10. Serbest Basınç Numunesi Vuruş Sayısı 9 ve %0,0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 Maske Oranları İle Hazırlanan Numunelerin Gerilme Dayanımı Ve Deformasyon İlişkisi	39
Şekil 5. 11. Serbest Basınç Numunesi, Vuruş Sayısı 11 ve %0,0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 Maske Oranları İle Hazırlanan Numunelerin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi	40
Şekil 5. 12. Zeminin %0,2 Maske Oranıyl 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	41
Şekil 5. 13. Zeminin %0,4 Maske Oranıyl 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	42
Şekil 5. 14. Zeminin %0,6 Maske Oranıyl 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	42
Şekil 5. 15. Zeminin %0,8 Maske Oranıyl 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	43
Şekil 5. 16. Zeminin %1,0 Maske Oranıyl 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	43
Şekil 5. 17. Zeminin %0,2 Maske Oranıyl 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	44
Şekil 5. 18. Zeminin %0,4 Maske Oranıyl 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	45
Şekil 5. 19. Zeminin %0,6 Maske Oranıyl 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	45
Şekil 5. 20. Zeminin %0,8 Maske Oranıyl 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	46
Şekil 5. 21. Zeminin %1,0 Maske Oranıyl 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	47
Şekil 5. 22. Zeminin %0,2 Maske Oranıyl 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	47
Şekil 5. 23. Zeminin %0,4 Maske Oranıyl 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	48
Şekil 5. 24. Zeminin %0,6 Maske Oranıyl 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	49
Şekil 5. 25. Zeminin %0,8 Maske Oranıyl 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	49

Şekil 5. 26. Zeminin %1,0 Maske Oranıyla 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi	50
Şekil 5. 27. 5-9-11 Vuruş Sayısı ile Hazırlanan Numunenin, %0,0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 Oranlarda Maske İlaveli Elastisite Modülü Değerleri.....	51
Şekil 5. 28. Bender Element vuruş sayısına göre.....	53
Şekil 5. 29. Bender Element maske boyutuna göre	54
Şekil 5. 30. Bender Element Maske İçeriğine Göre.....	56



KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

m:	Metre
cm:	Santimetre
TBM:	Tunnel Digging Machine
AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials
MC:	Mohr Coulomb
HS:	Hardening Soil
HSS:	Hardening Soil Small Strain Model
YASS:	Yeraltı Su Seviyesi
y:	Tünel derinliği
r:	Tünel çapı
s:	Yeraltı su seviyesi
s:	Zemin sönüm etkisi
b:	Bina yükü
γ_{unsat}:	Doymamış birim hacim ağırlığı
γ_{sat}:	Doymuş birim hacim ağırlığı
E50:	Gerilme şekil değiştirme eğrisinde secant modülü
Yref:	Yeraltı su referans seviyesi
Vnu:	poisson oranı
Cref:	kohezyon oranı
ϕ:	İçsel sürtünme oranı
Ψ:	Genleşme açısı
R:	Yüzey elemanı faktörü
E50,ref:	Referans gerilme şekil değiştirme ödometre elastisite modülü
Eoed:	Referans gerilme şekil değiştirme ödometre elastisite modülü
Eu:	Boşaltma anındaki rijitlik kat sayısı
m:	Gerilmeye bağlı rijitlik katsayısı
Vur:	Yükleme boşaltma için poisson oranı
Pref:	Referans gerilme
K0nc:	Normal konsolide durum için sükunetteki toprak basıncı katsayısı
$\gamma_{0,7}$:	$G_s=0,722G_0$ olan kesme gerilimi
G0ref:	Kesme Modülü
EA:	Normal rijitlik

EI: Eğilme rijitliği

W: Eleman ağırlığı



GİRİŞ

1.1. Genel

İnsanoğlunun tarihi boyunca yaşadığı veya yaşayacağı mekânda sağlam ve güvenli bir bölgede ister. Sağlam mekânlar ise yapıların oturduğu zeminleri, yük taşıma kapasitesi çok yüksek olmakla birlikte yapıların tasarım yaparken güven büyük önem kazanmaktadır. Her gün dünyada artan nüfus ve şehirleşme yükseldikçe yapıların yükleri karşı tam güvenilir bir zeminleri bulunmamaktadır. Dolayısıyla yeni yapılara elverişli olmayan zeminlerin bulunduğu bölgelerde de yapılar yapılmaktadır. Bu durumlarda zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilerek istedikleri zemin taşıma kapasitesi uygun hale getirmektedir. Ancak bunu da yaparken bazı doğal afetlere (deprem, sel, çökme vs) karşı da önlem alınmaktadır.

Bir zeminin deprem sırasındaki davranışını belirleyebilmek için öncelikle zeminin kıvam limitleri, dane çapı dağılımı, sınıfı, özgül ağırlığı gibi fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Eğer zemin, üzerine inşa edilen bir yapı için uygun değilse, bu yapının hasar görmesine neden olabilir ve orada bulunan insanların can ve mal güvenliğini tehlikeye atabilir. Geçmişte yaşanan depremlerden sonra yapıları en çok etkileyen parametrelerden biri, üzerine inşa edildikleri zeminin özellikleri olduğu görülmüştür. Deprem nedeniyle boşluk suyu basıncının artması ve bu boşluk suyu basınçları sonrasında oluşan oturmalar ile deprem anına maruz kalan zeminlerde meydana gelen deformasyonları, zeminlerin doğal hallerini değiştirmektedir.

Bir taşıyıcı olarak zemin, üzerine inşa edilecek yapı için uygun özelliklere sahip olmadığı durumda, zemin özelliklerinin iyileştirilmesi ile çözüm elde edilebilir. Teknik nedenleri ile iyileştirilmesi gereken arsa büyüklüğü, üzerindeki yapının proje önemini, yapının malzemelerin tedarik teknik koşulları, yapının tamamlanma süresi ve maliyetleri, işverenin tutumu gibi diğer faktörler ile zeminin iyileştirme yöntemini belirlemektedir.

Kısaca yapının yüküne karşı uygun olmayan zeminlerin iyileştirilmesindeki amaç; taşıma gücünün artırılması, stabilitesinin sağlanması, zemin büyütme ve sıvılaşma gibi problemlere karşı önlem alınması, zeminin kurutulması, korozyon ve erozyonun önlenmesi olarak sayılabilmektedir. Konsolidasyon-yer değiştirme esaslı titreşimli sıkıştırma, enjeksiyon, kontrollü kazı-dolgu, dinamik sıkıştırma, vibro-beton kolon, ahşap/precast kazık, delikli kazık gibi bilinen klasik yöntemlerin yanı sıra jet grout ve derin karıştırma yöntemleri gibi daha çağdaş zemin iyileştirme yöntemleri de mevcuttur.

Zemine ilave katkı maddeleri ekleyerek yapılan zemin iyileştirilmesi yaygın olarak kullanılan başka bir yöntemdir. Günümüzde hızla artan insan nüfusu ve teknoloji ile birlikte

çok sayıda atık ortaya çıkmaktadır. Son zamanlarda atık malzemelerin zemine katkı maddesi olarak kullanımı söz konusudur. Zemine istenilen özellikleri kazandırılması ve atık malzemelerin değerlendirilmesinden dolayı, atık malzemeler kullanılarak zemin iyileştirilmesi çok önemli bir konu haline gelmektedir.

Tüm dünyanın etkisi altında ve karşı karşıya kaldığı korona virüs (Covid-19) salgın etkisinden korunmak için Dünya Sağlık Örgütü başta olmak üzere birçok ülkenin Sağlık Bakanlığı yetkilileri maske kullanımını tavsiye etmiş ve gerekli olduğunu vurgulamıştır (Dünya Sağlık Örgütü, 2020). Bu durum 2020 yılında dünya genelinde ayda 129 milyar fazla maske kullanımına, ülkemizde ise 85 milyon fazla nüfusla günde 50 milyon fazla kullanılmış maskenin tıbbi atık haline gelmesine yol açmıştır (Anadolu Ajansı, 2021). Maske kullanımıyla birlikte plastik üretiminde çok ciddi bir artış olmuş, 2015 yılında 381 milyon ton plastik üretilirken, plastik atıkların %55'i çöpe atılmış, %25'i yakılmış ve sadece %20'si geri dönüştürülmüştür (Ak, 2020). Tıbbi atıkların geri dönüşümü uygun olmadığından, doğada 450 yıl kalan maskeler yakılarak bertaraf edilmektedir.

1.2. Amaç ve Kapsam

Tıbbi atık yüz maskelerin yakılması ciddi karbon salınımına neden olarak küresel iklim değişikliğine karşı yapılan çalışmaları olumsuz olarak etkilemektedir. Tıbbi atık maskelerin zeminin iyileştirilmesi amacıyla kullanılması hem bu karbon salınımının önüne geçecek hem de maskelerin doğaya atılmasını engelleyecektir.

2. MATERYAL GENEL ÖZELLİKLERİ

Yüz maskeleri tek kişiye kullanılmakta, kirlendiği zaman ya atık olarak çöpe atılır ya da günlük olarak temizlenmektedir. Her hastadan sonra maske atılır. Baktığımızda genel olarak yüz maskeleri tek seferlik kullandığında aile ekonomisi ve çevreleri sıkıntıya uğratar. Biraz tarihe göz attığımız zaman insanların yaşam boyunca büyük bir şekilde salgın hastalıkları ile karşı karşıya kaldığını gözlemlenmektedir. Bu sebeple dünya toplumları, dünya ekonomisi, dünya güvenliği ve dünyadaki çevreleri tehdit edilmektedir. Dünyadaki çeşitli tehlikeli virüsler varlığında, farklı pandemiler oluşturulmakta ve pandemi oluşturduğunda dünya nüfusu azalmakta, her türlü üretim azalmakta, tüketim ise artış gösterir. Toplum yoksulluğa ve açlığa itilmektedir. Küreselde son pandemi olan COVID'19 yayılmasıyla birlikte yukardaki bahsedilenleri farkında varmıştık.

2.1. Tanımı

Yüz maskeleri sadece ağız, burun ve çeneyi kapatarak sağlık çalışanları ve hastalar arasında oluşacak virüs geçişlerini kontrol altına almak için üretilmiştir. Yönetmelik kapsamında EN 14683 standartlarına uygun tasarlanmalıdır.

Her ürün olduğu gibi yüz maske de üretiminde materyel içerikleri kullanılışa göre çok farklı çeşitler ve standartları var.

Daha önce olduğu gibi çoğu yüz maske üretiminde medikal yüz maskelerine göre standartları belirlemektedir. Medikal maskeleri ise Bakteri Filtrasyon Verimliliğine(BFE) göre standart koşulları ayarlatılmaktadır.

2.2. Maske kategorileri

Yüz maskelerin hakkında güncel verilere göre, son virüs pandemileri olan COVID'19, SARS, MERS gibi virüslerin, insanlar arası yayılımını azaltmak amacı ile çalışmaların yetersiz kaldığı görülmüştür. Ancak maske sadece hastane veya klinik için değildir. İnsanoğlu bulunduğu her yerde evde, toplu taşımada, AVM'larda, restoranlarda ve yemekhanelerde gibi bulaşıcılığı azaltma ve enfekte olmayan yerlerde koruma niteliğidir.

COVID'19 sırasında N95 solunum ve cerrahi maskelerin kullanımı virüs yayılımında büyük bir ölçekle azalma kaydedildi. Yüz maskesi kullanımı birçok enfeksiyonun kontrolünü sağlamaktadır.

2.3. Maske Özellikleri

Genel olarak kullanılan Medikal yüz maskesi 4 katlı bir yapıda olan medikal yüz maskesi çeşitidir. Eski tip 2 ve 3 katlı medikal maskelere göre filtreleme ve korunma oranı daha fazladır. Bu maskeler yaklaşık % 98 ve üzeri korumaya sahiptir. Cerrahi maske 4 katlı yapıdan oluşmaktadır. Yüz maskesi, kullanıcının ağzı ve burnu ile yakın çevre arasında engel oluşturan, çok sıkı olmayan, bir kullanıma uygun üründür.

Yüz maskeler, farklı kalınlıklarda ve sizi sıvılarla temastan korumak için farklı özelliklerde üretilir:

- Rahat, nefes alabilen, hipoalerjenik ve lateks içermez;
- 17.5 * 9.5cm boyutunda yüzüne mükemmel uyum sağlar;
- Dayanıklı Burun Klipsi ve ayarlanabilir kulak askısı;
- En az% 98 BFE(Bacterial Filtration Efficiency) ile gerçek kalitede meltblown kumaş, yüksek verimli filtrasyon sağlar.

3. GEÇMİŞTEKİ BİLİMSEL TARAMASI VE LİTERATÜR ÖZETLERİ

Günümüzde, çevre atıkları dünyanın en büyük sorunlarından biridir. Çevre sorunları deyince özellikle su ve hava kirliliğinden sonra katı atık sorunu giderek yerel, ulusal ve uluslararası gündemi işgal etmektedir(H. Palabiyik, 2006).

Başlangıçta sanki sadece dar kapsamlı çevre kirlenme sorunları ve bunların ortadan yok etmesine yönelik kısa vadeli çözümlü çevre sorunları, bugünlerde ise kendisini doğal, sosyal ve kültürel değerlerin hepsini tehdit eden bir sorun görülmektedir.

Bu gibi atıkların büyük hacimleri ile depolama problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların kullanılması hem çevre korunması hem de maliyetin kazancı sağlamaktadır. Son zamanlarda ise atıkların yeniden değerlendirilmesi için farklı yöntemler üretmektedir.

COVID-19 pandeminin çıkmasıyla beraber tüm dünya mücadele edilmiştir. Maske kullanımı, günlük olarak sağlık personelleri dışında pandemi döneminde tüm toplum kullanmaya başlamıştır.

İnsanların tarihte yaşadığı, bulaşıcılığı olan salgın hastalıkların, dünya toplumlarını, çevreleri ve insanların ekonomileri tehdit ederken diğer yanda küresel çözümleri ürettiği atıkları nasıl yok edilmesi gerektiğinin çözüm arayışında olduğuna ulaşılmaktadır.

Benli M. ve ark.(2022) COVID-19 için yüz maskesinin, tanımı, içerik maddeleri, üretirken kullanılan yöntemleri ve standartları, kullanılan malzeme özellikleri, çeşitleri, tüketim yerleri, maddi kazançları, laboratuvarlarda maskenin BFE deneyleri ve standartları, kullanım kaliteleri gibi farklı yönleri ile incelendiğinde en uygun ürün seçimi ve önerileri sunmuştur. Zia ur Rehman ve Usama Khalid(2021) ise COVID-19 dolayı kullanılan maskelerin atıkları değerlendirirken kil zeminin mekanik özellikleri iyileştirmesi için fiber takviyesi olarak atık maskeleri ve bağlayıcı madde olarak silis dumanı laboratuvarında araştırdıktan sonra geoteknik uygulamada zemin stabilizasyonu uygun olduğu görülmüştür.

Ülkelerin sağlık politikalarında maske kullanımı zorunlu getirdiğinde ister istemez her yerde tıbbi atık maskeleri görülmesi başlamıştır. Bu durumlarda diğer atıklar gibi yüz maskeleri yeniden kullanımı veya çevre temiz tutulması inşaat mühendisliği olarak zemin iyileştirecek şekilde değerlendirme alınmıştır.

Bu çalışmada kil zemin üzerinde farklı tıbbi atık maske yüzdeleri ile zemin iyileştirme yapılmıştır. Killi zeminler üzerinde yapılacak planlatılan yapılarda, taşıma gücü yetersiz dolayı bu sorunu çözmek için arazide bulunan zayıf zemin mühendislik özelliklerine belirli bir oranla arttırmaktadır. Bu yöntem yüzeysel zemin stabilizasyonu denir. Zemin iyileştirme ise zemine bir veya birkaç katkı maddesi ile karışımdır.

Zemin stabilizasyonunun temel amacı, zemin mühendislik özelliklerini arttırması yani zeminin taşıma gücü arttırması, zeminin şişme potansiyelini ve geçirgenliğini azaltmasıdır. Tarihte olan zemin iyileştirme çalışmaları antik çağ dönemlerinden bu yana uygulanan bir yöntemdir. Örnek verilecek olursa M.Ö. eski Mezopotamya şimdiki ismi ise Ortadoğu ülkelerinin %90'ını kapsayan arazide ve Nil nehri çevresindeki zeminlerde eski Mısır'da zemin iyileştirme yöntemleri kullanılmıştır (McDowell 1959). 1901 yılında ilk zemin iyileştirme deneyleri yapan ülke ise ABD' dir (Clare 1957).

Türkiye Cumhuriyeti'nde ise ilk İstanbul'da metro hattı üzerine kil tabakalarının etkisi incelenmiş, bu zararı engellemek için önlemler başlamıştır. Zamanla gelişen İstanbul'da, yapı temelleri incelenirken diğer yandan tünel için kazısı yapılan yerlerdeki zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerine göre gerekli zemin iyileştirme yöntemleri kullanılmıştır.

İstanbul'daki tünel inşaatı çalışmalarında kil zeminin bulunduğu bölgelerde zemin iyileştirmeleri detaylı bir şekilde yapılmıştır. Bazı tünel inşaatı çalışmaları sırasında çevre binalarda hasar meydana geldiğinden, çevredeki zeminler incelenerek farklı iyileştirme yöntemleri kullanılmıştır. Tünel inşaatı yapılırken zarar gören KOSKA PALAS yıkılmış, zemin iyileştirmesi yöntemi olan jet grout uygulanmıştır. ONUR Otel'i ve PAMİR apartmanı ise çimento enjeksiyonu yöntemi kullanarak kalan boşluklar ise beton püskürme ile kapatılmıştır (Yıldırım ve diğ.,2010).

Tünel kaplaması kalınlığı çalışmalarında ise, % 15 oranında kum zeminlerde, yer değiştirme değerinin azaltılıp, kesme, eksenel kuvvetlerinin ve eğilme momentinin arttırılması incelenirken, başka zemin tipi olan kum ve kil zeminin yer değiştirme değerlerinin arttırılıp, eksenel ve kesme kuvvetlerinin büyütülmesi ve eğilme momentinin azaltılması incelenmiş, başka oluşturulan zemin tipinde ise orta-sıkı kil, sıkı kum kullanılarak yer değiştirme belirli oranlarda azaltılıp, eksenel ve kesme kuvvetleri, eğilme moment değeri arttırılmıştır. Bu üç farklı zemin tipi kıyaslamasıyla kaplama kalınlaşırken yer değiştirme değerinin azaldığı ancak diğer verilerde artış olduğu gözlemlenmektedir (Elavenil ve Vanumalai, 2012).

Yeraltı yolları olan yani yeraltı treninin tüneli veya kent merkezlerindeki atık su tüneli gibi tünellerin etrafındaki zemin titreşimleri incelenmektedir. İnceleme deprem programları ile yapılır. Çalışmalarında farklı deprem ivmeleri kombinasyonlarını kontrol ederek oluşturulan modellerin analizlerinden pik olarak en yüksek kesme dalga hızı zeminin maksimum ivme değeri alınmaktadır(Unutmaz,2015; Erken ve diğ.,2014).

Araştırmacı Gregory söylediği gibi yeni modern çağında zeminlerin dayanımı için çok sayıda alternatif yöntemler ve malzemeler kullanılmaktadır. Malzeme kaynaklarının bazıları

doğal bazıları ise işlenmiş veya atık malzeme olarak kullanılmaktadır. En çok kullanılanlar ise uçucu kül, çimento, kireç vs. dir.

Şirketler pratiğe geçmeden araştırmacılarıdaki çalışmaları incelenmektedir. Araştırmacılar ise yeni yapılacak veya yapılmış projelere karşı çıkabilecek sorunları bulup, sorunlarla ilgili çözümleri üretmektedir. Zemin araştırmacılarının konularından biri ise zeminlerin fiziksel ve mekanik davranışlarını inceleyip farklı malzemeler katarak zeminleri iyileştirilmiştir. Bunu yaparken de toplum ekonomilerini ve sağlık çevrelerini de göz önünde bulundurmaktadırlar.

Güler ve ark, farklı çalışmalarında depolanan atıklar veya depolamaya gidecek atıkları değerlendirmek üzere hem çevre sorunlarını çözmek hem de zeminlere gömerek enerji tasarrufu ve ekonomi sağlamaktadır(Güler ve diğ.2005; Alkaya ve diğ.2009).

Bir zamanlar kireç malzemesi zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılan en ekonomik bir malzeme ve en ekonomik bir yöntem olduğu ispat etmiştir(Sherwood 1993). Laboratuvar çalışmalarında farklı kireç yüzdesi zeminlere karıştırarak farklı zaman aralığında numunelerin bekletilerek hangi kür pik noktası yapacağını izlemiştir. Sonuçlardan da bazı önerileri de getirmiştir. Yeni çalışma bölgesindeki zemin sorunları çözmek için laboratuvar çalışmalarından sonuçlar bekleyecek zaman yoksa o bölgedeki kil zemine % 10 kile %1 kireç malzemesi önermiştir(Onalp,1983).

Türkiye’de aynı zamanda Dünya’da zaman gittikçe zemin iyileştirmesinde kullanılan bazı malzemeler pahalı olmakla kalmamış bulunması da zorlaşmıştır. Bunun için her türlü atık malzemeler denenirken hem çevre sorunlarının azaltılması hem de sağlam zemin için çalışılmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından lif ve liften kaynaklanan atık malzemeler incelenmektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde günlük yaşamında tavuk yemeği tüketimi önemli ölçüde fazladır. Türkiye’de de beyaz et çok tüketilmektedir. Böyle olunca da Türkiye’de tavuk kesimlerinde çıkan tavuk tüylüleri incelenirken, olası bir çevre sorunları veya depo sıkıntılarına karşı geoteknik mühendisleri değerlendirmeye almıştır. Görgün ve diğ.(2018) tavuk kesimlerinden çıkan tavuk tüyü atıklarını silt zemine katkı malzeme olarak kullanmışlardır.

Silt zeminlere hem tavuk tüylerin tozu hem de farklı boyutlarda kesilmiş tavuk tüyleri katarak zemin dayanımına bakmaksızın serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Farklı yüzde oranlarıyla yapılan tüm deneylerin sonucunda tavuk tüyü atıklarına başka farklı malzemelerin de katılarak araştırmaların arttırılması tavsiye edilmiştir(Görgün ve diğ.2018).

Tavuk tüylerin atıkları hem endüstriyel kesimlerde hem de endüstriyel olmayan kesimlerde toplanmaktadır. Endüstriyel olan yerlerde çevre sorunları kolaylıkla öne geçmektedir. Ancak endüstriyel olmayan yerlerde yani çiftçilik yaşamında tavuk kesimleri olduğu yerlerde tavuk tüylerin doğal çevreye gömmesi, atılması ve yakılması yasak hale getirdiğinde doğadaki tavuk tüyleri azalması sağlanmıştır. Durum böyle olunca hem ülkemizde hem de Avrupa ülkelerinde yaklaşık %20 tavuk tüylerin atıkları yani karşımıza 250 bin ton atıkları çevreye ön kazanmıştır. Bu kadar atıkları çevreden uzak tutunca da insan sağlığına katkı bulundurmıştır(Tuik, 2016 ve Özdemir ve diğ. 2018).

Ananda Rao ve diğ.(2007) endüstriyel tavuk tüylerin atıkları için deneysel bir çalışma yapılmıştır. Malzeme boyutları seçerken kısa tüy lifleri tercih ederek çalışmaların sonucunda lifleri ne kadar kısa olursa deney o kadar mükemmel sonuc vermiştir. Endüstriyel tavuk tüyleriyle epoksi kompozelerinden eğilme mukavemeti ve gerilme kuvveti gözlemlenirken aşınma performansları kaydedilmiştir.

Ülkemizde ise bazı çalışmalarında tavuk tüyleri, kompozit malzemesinin mekanik özellikleri etkileri incelediğinde numunelere artan tavuk tüylerin lifleri olumsuz etkilenmiştir. Epoksi kompozit araştırmalarında farklı sıcaklıkta eksenel yönde negatif çıkarken radyal yönde pozitif ısıl genleşme ortaya konulmuştur(Uzun ve diğ. 2011; Zhan ve Wool 2013).

Tavuk tüylerin yüksek keratin içerikleri nedeniyle termallerde güçlendirme malzemesi olarak kullanılmaktadır. Genelde kil zeminlerin iyileştirilmesinde liflerin boyutları ne kadar küçülürse zemin dayanımı o kadar fazla artış göstermiştir. Donma çözülmeye bırakılan numune deneyleri dayanım gösterirken konsolidasyon deneylerinde şişen zemininin şişme oranları azaldığını seyredilmiştir(Musenda 2000; Işık ve diğ.2015; Montes ve diğ. 2015).

Lif atıkları değince çeşitli araştırmalar çıkmakta olup zemin iyileştirmesinde farklı malzemeler katılarak incelenmiştir. Genel olarak şişebilen zeminlerin iyileştirilmesinde veya kil zeminlerin iyileştirilmesinde lif malzemelerin kullanmasında bütün deneylerde olumlu etkisi gözlenmektedir(Boominathan ve Hari 2002; Puppala ve Musenda 2000-8; Iasbik ve diğ.2002; Kalkan 2003-2006; Ang ve Erik 2003; Kalkan ve Akbulut 2004; Kumar ve diğ.2006; Cai ve diğ.2006 ,Vs Zaimoğlu A.Ş. ve diğ. 2012; Zaimoğlu A.Ş. ve diğ. 2015).

Hindistan cevizi ve pirinç kamışlardan çıkan liflerin kullanabilirliği incelenirken çekme dayanımlarındaki değişiklikler de başarılı şekilde kaydedilmişlerdir. Hatta daha farklı olsun diye zaman içerisinde killi zeminlerin numunelerini tuzlu deniz suyuna batırarak çıkan sonuçlarda olumlu veriler elde edilmiştir(Kim ve diğ.2007).

Rafalko ve diğ.(2007) ise kısa ve uzun liflerin kimyasal stabilizatör kil zemin üzerinde dayanım incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda kısa liflerin kullanmasında kil zeminlerin sertliği ve dayanımı en yüksek sonuçlar verdiği belirlemişlerdir.

Metal lifleri eğilme dayanımına olumlu etki gösterirken eksenel dayanımının azaldığını ileri sürmüştür(Kalhor2008). Polimerden çıkan atıkları ise lif malzemeleri katınca kesme deneylerinde de artış göstererek dayanımı arttırdığı ortaya koymaya devam edilmiştir(Naeini ve Sadjadi2008). Zemin iyileştirmelerde en çok kullanılan uçucu külle belirli oranlarda liflerle karışımlarda zeminlerin rijitlik, dayanım, su muhtevası, şişkinlik, çatlaklar, .vs olumlu kaydedilirken plastisitesinde değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir(Babu S.G.L. ve diğ. 2008, Aksoy ve diğ. 2008; Kalkan E.2009-2011; Mohamed A.E.M. 2013).

Yeni yerleşim projeler için kötü zeminlere karşı genelde kullanılanlardan mermer tozu ve kireç taşın tozu da atık olarak değerlendirmiştir. Başer O. Ve diğ.(2010) şişen zeminlerin üzerine mermer tozu ve kireç taşı tozu atıkları ile farklı oranlarla numuneler hazırlanmıştır. Bu zemin numuneleri fiziksel özelliklerini inceleyerek serbest basınç, geçirimsizlik ve zemin şişme değişimi deneyleri yapılmıştır. Sonradan yeni hazırladığı numuneleri 7 ve 28 günlük küre bırakarak deneylerin devamını araştırmıştır. Sonuçları olumlu kaydederken şişme değişimi ile alakalı % 58'e kadar şişme oranı düştüğünü sergilemişlerdir(Başer O.ve Çokça E.2010; Orhan H. 2006-2010).

Kil zemin en tehlikeli zeminlerden biri olarak bazı araştırmacılar kil zemin iyileştirmesinde fırın cürufu, uçucu kül, zeolit, mermer tozu, lastik atıklarını parçalanmış halde kullanmıştır. Farklı numunelere farklı malzeme oranlarıyla farklı deneyler yapılmıştır. Her malzeme kullanılabilirliği ifade edilirken killi zeminin dayanımı hem normalden fazla hem de donma-çözülme sistemine sokarak artış gösterdiği ispatlamışlardır(Bilge T. 2011; Sharma ve diğ. 2015; Yarbaşı N.2018).

Son zamanlarda zemin iyileştirmesinde kullanılmakta artış gösteren bir malzeme ise fiber malzemesidir. Bilim insanları diğer çalışmalarda olduğu gibi zeminlere, malzemelerin farklı yüzde oranları kullanarak en iyi sonucu ulaşılmaya devam etmektedir. Uçucu kül ve bazalt fiber katkıları ile problemli zeminin üzerinde serbest basınç ve çekme mukavemeti deneylerinde fiber uzunluğu ve içeriği arttıkça sünekliğin büyük oranda artış gösterdiği gözlemlenmiştir(Saran O. ve Demiröz A. 2022).

Daha hızlı çalışma yapabilmek için kireç ve çimento zemin iyileştirmesinde kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı doğal ve yapay fiberler kullanılmasını öne sürmüştür. Zemin iyileştirmesi için bambu, şeker kamışı, Hindistan'dan cevizi lifleri gibi doğal fiberler ve

yapay fiberler için naylon, çelik lifleri, polietilen, vs. kullanmışlardır(Nezhad ve d.2021; Cao ve d. 2019; Ndepete 2017; Danso ve diğ., 2019).

Zeminlerde yaygın olarak kullanılan bazalt elyaf malzemesi farklı katkı türlerinde kullanıldığında sonuçlar yüksek çekme mukavemetine ve korozyon direncine sahiptir. Bu malzeme doğal yeşil ve çevre dostu olarak tanımlanmaktadır(Yu ve Zuhuang 2015; Wang ve diğ.,2015).

Diğer inşaat mühendisliği yapılarında hem yalıtım ve ses emilimi hem de ısıya dayanıklı bazalt fiber takviye malzemeleri olarak kullanılmaktadır(Shi ve d. 2013). Geoteknik mühendisliğinde zemin iyileştirmesinde çalışmaları daha da çoğalmaya başlamıştır. Deneysel çalışmada kullanılan zemin ise daha çok killi zeminlerin incelenmesinde önem kazanmıştır(Gao ve diğ., 2015).

Lif malzemesi olduğundan daha kısa parçalarda kullanılırsa daha da iyi sonuçları elde etme şansı yakalanır. Bu ürün o kadar özel ki insanlar elleriyle isteği modelde ve parçalarda üretebilir. Bunun için kaynaklarda bazı araştırmacıların doğal fiber ve yapay fiber ayrılabilir. Fiber kendi içerik özelliklerinden dolayı zeminlerde daha fazla etki yaratmak için çimento malzemeleriyle karıştırarak dayanım arttırmıştır(Balabanlı ve Türker 1992; Aral M.2006-2008; Kurt G.2006; Alp 2019; Ndepete 2017; Terzi 2021).

Çimento karışımlarına başlamışken yeni Zelanda'da keten lifleri çimento ile karıştırarak çıkarılan numunelerden mukavemet ve sünekliliğinde önemli bir artış olduğu gözlemlenmişlerdir. Keten lifleri %0,1 ile %1 fiber oranlarıyla arasında kullanmasını önerilmektedir(Segetin M. ve d. 2007; Khelifi H. Ve d.2015). Yapay fiber ise pratik uygulandığında zemin iyileştirilme çalışmalarında zeminlerin yük taşıma kapasitesi arttırmasına rastlanmaktadır(Uğur N.2009; Rajagopal 2017;Rowell R.2000; Shah B. 1995; Gobinath ve diğ., 2020).

Kayma mukavemetinin değişiminin kontrolü amacıyla kil zemine bazalt fiberle, farklı boyutlarıyla ve farklı yüzde oranlarıyla %1,5 geçmeyecek şekilde kesme kutusu deneyleriyle incelenmiştir. Çalışmaların sonucu zeminin mühendislik özellikleri güçlendirdiği saptanmıştır(Sungur ve diğ.,2021).

Diğer son yıllarda yoğun yapılan çalışmalarda problemlili zeminlerde uçucu kül ve silis dumanı farklı malzemeler ile karışım yapılarak daha etkin sonuçlara ulaşmaya çalışılmaktadır(Kenan A. 2018; Geçkil T.ve diğ., 2019).

Abaspour ve d.(2019) killi ve kumlu zeminler iyileştirmek amacıyla atık tekstil lifleri zeminlere %0,5 ile %4 arasında oranlarla numuneler hazırlayıp zeminler güçlendirmeye

çalışmışlardır. Son çıkan sonuçlara göre %1 oranla tekstil atık liflerle zemin karışımlarda killi zeminlerin serbest basınç dayanımlarda düşüş gösterirken kumlu zeminleri ise dayanımlarda artış sergilemiştir.

Xiao ve diğ.(2012) yaptığı çalışmada, kum zeminin çökme ve yanıl deplasmana karşı istinat duvarlarının arkalarını hangi atık malzemeleriyle dolgu yapılması araştırılmıştır. Laboratuvar ortamında deneyler yaparken parçalanmış atık lastik malzemeleri kullanarak geçmişteki deprem ivmeler ile gerçek bir devrem sarsıntılarla verileri incelenmiştir. Değerlendirmede, kum zeminlerde az statik ve dinamik gerilmelerinin yükleri bakıldığında bir yapı arkasında istinat duvarı gibi atık lastik uygunluğu görülmüştür.

Genel olarak atık lastik malzemeleri çoğu araştırmacılar kum ve silt zeminler için araştırmıştır. Atık lastiklerin kum kayma direnci ve diğerler önemli incelemelerde %99 pozitif sonuçlarıyla ortaya çıkmaktadır.

Sıvılaşabilen zeminlerin üzerinde Ateş A.(2013), polimer ile çimento ilavesi ile zeminlerinin dayanımları incelemiştir. Polimer malzemelerin oranlarını %1 ile %4 arasında kullanırken, çimentoyu %10 ve % 40 oranla numuneleri hazırlayıp bazı numunelere 7 ve 14 günlük kür uygulayarak serbest basınç deneyleri yapmıştır. Sonuçlarda polimer ve çimento malzemeleri zemin iyileştirmede olumlu değerlendirirken en yüksek sonuç ise zemin kuma %3 polimer ve %30 çimentoyla yaptığı karışımında olduğunu tespit etmiştir.

Şişen zeminlerde Demir ve diğ.(2022), mobilya atık malzemeleri kullanarak zeminlerin iyileştirmede katkısını araştırmışlardır. Yazarlar mobilya atık malzemelerini zemine % 2.5 , % 5 ve % 7.5 oranlarıyla ilave ederek numuneler hazırlayıp şişme tehlikesi belirlenmesi için konsolidasyon deneyleri yapmıştır. Sonuçlardan şişme yüzdelerinin değerleri değişiklik göstererek katkısız zemine göre % 5 oranla mobilya atık malzemeleri olan numunelerin, yaklaşık %13 şişme yüzdesini azalttığını tespit etmişlerdir.

J.D. Nelson ve D.J. Miller (1992) şişme ve büzüleme potansiyeli olan zeminlerin temel özellikleri vurgularken, E. Dağlı (2021) yüksek ve düşük plastisiteli kil zeminlere farklı atık malzeme ilaveleri ile araştırmıştır. Atık malzemeleri, kireç ve uçucu külü farklı karışım oranları ile kullanarak en uygun değeri %30 uçucu kül ve %5 kireç olan numunede olduğunu tespit etmiştir. Şişen zeminler için birçok atık malzemeler ile zemin iyileştirme çalışmaları denenmektedir.

Zemin iyileştirme konusunda önem taşıırken, Oner T. Ve Bozdağ Ş. Hatay ilindeki bir projenin temelinde inceleme yapmışlardır. İnceleme sırasında Hatay İskenderun ve yakın bölgelerin deprem bölgesi olduğunda bilerek daha da dikkatli olmuşlar. Bu büyük doğal afet

bölgesinde zemin indeks ve mühendislik özellikleri belirlendiğinde zeminin CL sınıfı olan Kumlu siltli kil ortaya çıkarırken zeminin sıvılaşıma potansiyeli de yüksek olduğu vurgulanmıştır. Bu zemin dayanımı belirlenmesi ve artırması için serbest basınç, kesme kutusu ve konsolidasyon(oturma) deneyleri yapılmıştır. Zeminin oturması yaklaşık 16cm bulunurken zeminin kohezyon, içsel sürtünme açısı, taşıma gücü ve zeminin emniyet gerilmesi 0.41kg/cm^2 , 19° , 20.22kg/cm^2 ve 4.04kg/cm^2 olarak sonuçlanmıştır. Deprem bölgesi nedeniyle zeminin kalitesini arttırmak için zemin iyileştirme yöntemi olarak enjeksiyon çeşitlerinden jet grout seçip başarılı uygulandığı gözlemlenmiştir.

Baki B.ve diğ.(2021) cam endüstrisinden cam atık çamurunun killi zeminin iyileştirmesini incelenmiştir. Cam atık çamurunun birikimi doğada iyileştirmesi için zemine bu atığın kullanımı ile zemin iyileştirme çalışmalarında farklı karışım oranlarıyla serbest basınç ve konsolidasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Baki ve arkadaşları 2021 yılında ilk defa cam atık çamurunun dane birim hacim ağırlığı (27.6KN/m^3)belirlenirken %5 ile %30 arasında oranlarıyla karışımlar tüm konsolidasyon numunelerde de şişme oranları da ortaya çıkarılmıştır. Sonuçlara daha da karmaşık verileri sahip olması için karışımlara %2, %4, %6 ve %8 çimento ekleyerek tekrar sonuçlar değerlendirilmiştir. Değerlendirmede, daha önceki sonuçlara çimento eklenmesi durumunda serbest basınç dayanımlarında artışlar meydana geldikleri göstermişlerdir. Zemin zamanla bağlı olan oturma ise en ideal %25 cam atık çamuru ve %6 çimento karışım oranla görülmüştür. Sonuçlara göre cam atık ile kil zemin iyileştirmesinde cam atığı iyi bir güçlendirici, zemine kullandıktan sonra çevre dostu kazanım olduğunu belirtilmiştir.

Liu ve diğ.(2019) zemin iyileştirmesi için iki çalışma yürütülmüştür. Birinci etapta çimento %3 ve %6 tabı tutulurken pirinç kabukların külü % 0 ile %10 oranla numuneleri hazırlarken ikinci etapta aynı karışımlarda çimento ile kalsiyum karbür atık malzemeleri numuneleri hazırlamışlardır. Deneylerin sonuçlara göre pirinç kabukların külü ve kalsiyum karbür atıkları ile zemin iyileştirmelerde kohezyon ve içsel sürtünme açıların değerlerine çok artış göstermiştir. Bütün karışımlarda 7 ile 28 gün kür süreleri bekledikten sonra çıkan sonuçlar kür olmayan numunelere göre sonuçlar değiştiğini gözlenmiştir. Uzun çalışmalar sonucunda çimentonun her iki karışım oranlarıyla %7,5 değerinde kalsiyum karbür atıkları eklenmesiyle en ideal sonucu vurgulamışlardır.

Shah ve diğ.(2020) zemin iyileştirmesinde farklı oranlarla kömür gang malzemeleri çimento ile zemin numunelerin karışımları hazırlayıp 28 günlük kür süresini bekledikten sonra numunelerin dayanımlarda yaklaşık %85 iyileştirdiğini göstermişlerdir. Çimentoyla zemin

iyileştirme karışımlarda arama motoru incelendiğinde 2002'den bugüne kadar yaklaşık 200'den fazla araştırmacılar, zeminlerin iyileştirilmesi amaçlanarak çalışmışlar.

Sentetik malzemeler ile zemin iyileştirmesinden en çok polietilen, polyester, naylon gibi jeotekstiller ve geosentikler genellikle zeminlerin stabilizasyonu, güçlendirme, drenaj ve sayalı sağlamak için yapılmaktadır.

Latifi ve diğ.(2016) farklı karışımlarla sentetik polimer ve biyopolimer malzemeleriyle zemin stabilizasyonu araştırmışlar. Bu araştırmacılar, polimerin zemin stabilizasyonunda az miktarda görmeksizin polimerlerin ürünleri zeminin erozyonu azaldığını, zeminin kayma dayanımını ise yükselttiğini vurgulanmıştır.

Chang (2016) farklı biyopolimerlerin %0,1 ile %1 arasında oranla karışımları başka malzemeleri çimento gibi eklendiğinde yanı çimento en tercihen %10 çimento karışımlara, daha taşıma gücü yanı daha fazla dayanım seviyelerini sağlanabilmektedir.

Kalemtaş A.(2023) cam elyaf takviyeli polyester(CTP), boru kesme atığından malzemeleri toplayarak CTP boru kesme atığının özellikleri çıkararak malzemelerin optimum su muhtevası ve maksimum birim hacim ağırlığı belirlemiştir. CTP boru atığının siltli zemine %1 ile %8 farklı oranlarla Numuneleri hazırlamıştır. Hazırlanan numuneleri 50kPa, 100kPa ve 200kPa normal gerilme vererek 0,5mm/dak hız ile keserek kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Kesme kutusu deneylerine ait sonuçlara göre CTP boru kesme atıklarının hem laboratuvar çalışmasında hem de arazi çalışmasında siltli zeminlerde iyileştirme yöntemlerine olumlu olarak kanaatine varılmıştır. Yapılan laboratuvar deneylerinde CTP boru kesme atıklarının siltli zemine %3 oranla olan karışımı en yüksek olduğunu gösterirken arazide ise CTP boru kesme atıkları oluşturulan kolonlarda %3 çimento oranı eklenmesiyle kolonun dayanımını en yüksek zirveye girmiştir.

Sümbül M.(2023) ise aynı karışımlarla hem araziden alınan numuneler hem laboratuvar oluşturulan numuneler üzerinde üç eksenli ve serbest basınç deneyler üzerinde çalışmıştır. Kalemtaş gibi %3 oranlarıyla hem araziden numuneler hem de laboratuvar oluşturulan numunelerin en ideal olanını tespit etmiştir. Hem %3 oranla CTP boru kesme atıkları ile % 3 oranla çimento enjeksiyonu ile olan kolanlar %7 oranında daha iyileştiğini göstermiştir.

Bu çalışmada, tıbbi atık yüz maskesinin fiberler katkılarıyla, çok kötü derecelenmiş zeminin serbest basınç dayanımı ve Bender element deneyleri ile kayma dalgası hızı özelliklerine etkileri incelenmektedir.

4. MATERYAL VE METODLARI

Bu çalışmalarda kullanması gereken malzemelerinin fiziksel özellikleri ve kullanılması gereken numunelerin hazırlanma şekli planlanmıştır. Diğer çalışmalarda da olduğu gibi deney düzenekleri önem taşımaktadır. Çalışmanın sağlığı için numunelerin hazırlıkları da tablo halinde getirmesi gerekmektedir.

Deneyler sırasında hangi deney düzeneği kullanıldığı ve yöntemi sürekli kontrole tabi tutarak ilerde sonuçları değerlendirirken göz önünde bulundurması gerekmektedir.

Kil zemin numunelerine, yüz maskesi katkısıyla maskelerin boyutları ve oranlarındaki değişikliklere bağlı olarak gösterecek etkileri bu çalışma ortamında araştırılacaktır.

Kil zemin numunelerine %0,2, %0,4, %0,6, %0,8, %1 ve boy olarak 1*0,5 cm, 2*0,5 cm ve 3*0,5 cm uzunluğundaki rastgele karıştırarak numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler sabit bir normal kompaksiyon ile 70 mm çap x140 mm yükseklikle boyutlarında silindir kesitli hem Bender element hem de serbest basınç cihazlarına hassasiyetle yerleştirilmiştir. Önceden tartılan numuneler belirlenen silindir hacmi esas alınarak sıkıştırılan yüz maske-kil zemin karışımındaki homojenliğin bozulmamasına önem verilmiştir.

4.1. Malzemeler

4.1.1. Kil Zemini

Laboratuvarda deneye bağlı çalışmalarda kullanılan kil numunesi elekten elenmiştir. Deneylerde kullanılan kil numunesine ait fiziksel özellikleri yer almıştır.

Bu çalışmada Balıkesir kaolini kullanırken kaolin kilinin öncelikle özgül ağırlığı ASTM D854'e göre belirlenmiştir. Daha sonra plastik limit ve likit limit ASTM D4318'e göre belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4. 1'de verilmiştir. USCS'ye göre zemin sınıfı CL belirlenmiştir.

Tablo 4. 1. Çalışmada Kullanılan Kilin Fiziksel Özellikleri

Özgül Ağırlık	Likit Limit	Plastik Limit	Plastisite İndeks
2,58	43	21	22

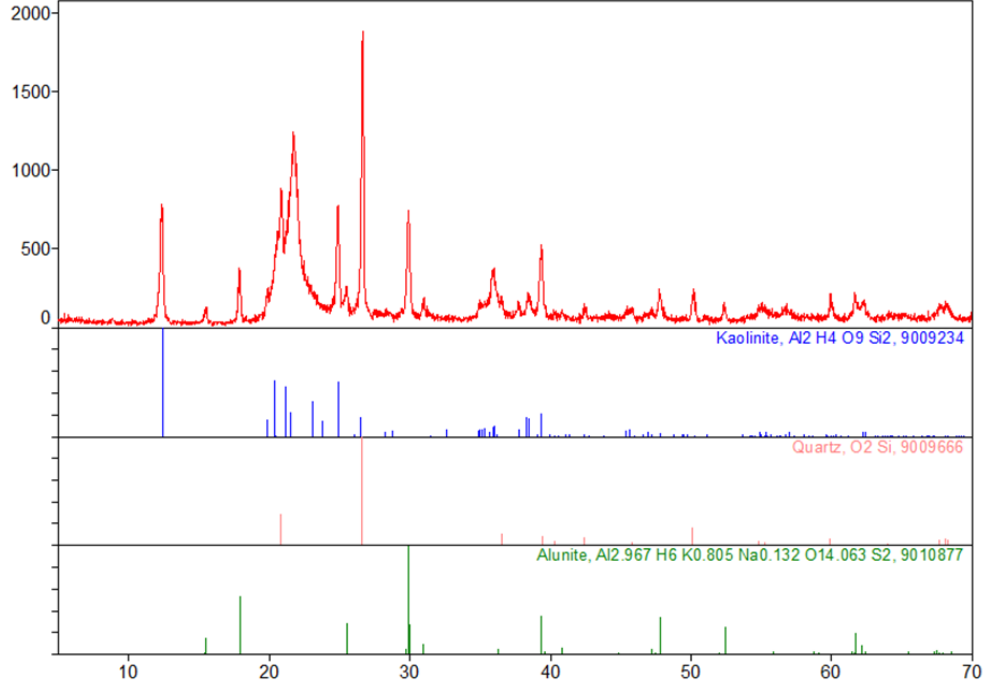
Kaynak: (Uzunkaya,2024)

Çalışmada kullanılan kil numune üzerinde XRD analizi yapılarak içeriğindeki elementler belirlenmiştir. XRD analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 4. 2'de ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4. 2. Çalışmada Kullanılan Kilin Kimyasal Özellikleri

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	SO ₃ (%)
71,47	17,21	9,29	0,59	0,51	0,43	0,20	0,18	0,12

Kaynak: (Uzunkaya,2024)



Şekil 4. 1. XRD Analiz Sonuçları

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Kullanılan numunenin maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevasının belirlenebilmesi için standart Proktor deneyi yapılmıştır. Standart Proktor deney sonuçlarına göre kullanılan numunenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı (KBHA) 1,31 t/m³ ve optimum su muhtevası ise %31 olarak bulunmuştur.

4.1.2. Yüz Maskesinin Detayları

Yüz maskesi ağız burun ve çeneyi kapatarak yayılcı hastalık taşıyan virüslerin taşınmasında bariyer görevi ile tasarlanmış bez parçasıdır. 1001 fazla medikal maske çeşidi bulunmaktadır.

Covid'19 gelmesiyle beraber yüz maskesi hastane personeli ve hastalar ile sınırlandırılmakla kalmamış, toplum arasında sağlık sorunları önlemek için kullanılmıştır.

Bir tarihe göze atacak olursak yüz maskeleri 13. Yüz yılda kullanımı ortaya çıkmıştır(şekil 4.2). John L. Spooner'ın ilk kez 19. Yüz yılın ikinci yarısında ameliyat esnasında kullanmıştır.

Her ürün olduğu gibi yüz maskesinin materyel içerikleri kullanım amacına göre çok farklı ve fazladır. Yüz maskeleri üreten ülke kendi test performans standartını kullanmaktadır. Ülkemizde ise TSEN14683 kodlu tıbbi yüz maskeleri uygun bulmuşlardır(Benli M.ve d. 2022). Ancak salgın nedeni ile hastane maskeleri ve kumaş içerikleri(bezleri) görülmüştür(Şekil 4. 6).



Şekil 4. 2. Eski yüz maskeleri tipleri



Şekil 4. 3. 17.yüzyıl Avrupa'da veba salgınında kullanılan gagalı maskesi

Kaynak: (Alamy ve d,2020)



Şekil 4. 4. İspanyol'daki grip salgınına karşı kullanılan maske tipleri



Şekil 4. 5. 1919 yılındaki grip salgının karşı kullanılan maskeler

Kaynak: (Strasser ve Schlich, 2020)



Şekil 4. 6. Farklı çalışmalarda personelin kullandığı yüz maskeleri

Kaynak: (Keskin ve ark.2006)



Şekil 4. 7. Covid'19 sırasında halk kullanılan Yüz Kapamalı Kumaş Maskeler

Kaynak: (TAŞ ve diğ., 2020)

Tarihte yapılan maskeleri incelendiğinde yüz maskeleri tek kullanıma uygun bir malzeme türüdür.

İnsanların tarihte yaşamı boyunca bulaş riski olan virüsler tehdit oluşturmaktadır. Salgın hem ekonomik hem de çevre zararı vermektedir.

Milyonlarca sayıda açığa çıkan tıbbi atık maskelerin imha edilmesi de oldukça güç bir konudur. Çeşitli yöntem arayan araştırmacılar kolay biyo-bozunur yapıda ürün yapılması

gerektiği düşünmüşlerdir. Bununla ilgili bir çözümü ise inşaat ve geoteknik mühendisleri bulmuşlardır.

Bu çalışmada, tıbbi atık yüz maskesinin fiberler katkılarıyla çok kötü derecelenmiş zeminin serbest basınç dayanımı ve Bender element deneylerin özelliklerinin etkileri incelenmektedir.

4.2. Çalışma Yöntemleri

Bu çalışma öncelikle yüz maskenin kesiminde elde edildikten sonra kil numunenin fiziksel özellik deneyleri ve mekanik özellikleri (Serbest basınç) ve Bender element deneyleri yapılmıştır.

Deneyisel çalışmada kullanılan 0,5*1 cm; 0,5*2 cm ve 0,5*3 cm tıbbi atık yüz maskelerin boyutlarında olup kil zeminin numunelerine %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarıyla katarak özen bir çalışma yapılmıştır. Tıbbi atık yüz maskelerini karışımlara eklenmeden önce maske boyutlarının aynı olmasını sağlamak için oldukça özen gösterilmiştir.

Hazırlanan 0,5*3 cm tıbbi atık maske ile karışıma kilin optimum su muhtevası kadar su eklenmiş ve numuneler statik kompaksiyon yöntemiyle hazırlanmıştır. Farklı birim hacim ağırlıklarda numune hazırlanabilmesi için her bir tabakaya 5, 9 ve 11 vuruş yapılmıştır. Deneyler sırasında elde edilen sonuçları doğrulamak amacıyla üç adet özdeş numuneler hazırlanmış ve test edilmiştir. Hazırlanan numunelerin farklı vuruş sayılarına göre elde edilmiş birim hacim ağırlıkları aşağıdaki Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4. 3. Çalışma Sırasında Kullanılan Numunelerin Birim Hacim Ağırlıkları

Maske İçeriği	5 Vuruş	9 Vuruş	11 Vuruş
%	ρ (gr/cm ³)	ρ (gr/cm ³)	ρ (gr/cm ³)
0	1,80	1,89	1,95
0,2	1,78	1,88	1,93
0,4	1,51	1,61	1,63
0,6	1,51	1,61	1,68
0,8	1,51	1,59	1,68
1	1,60	1,73	1,71

Kaynak: (Uzunkaya,2024)

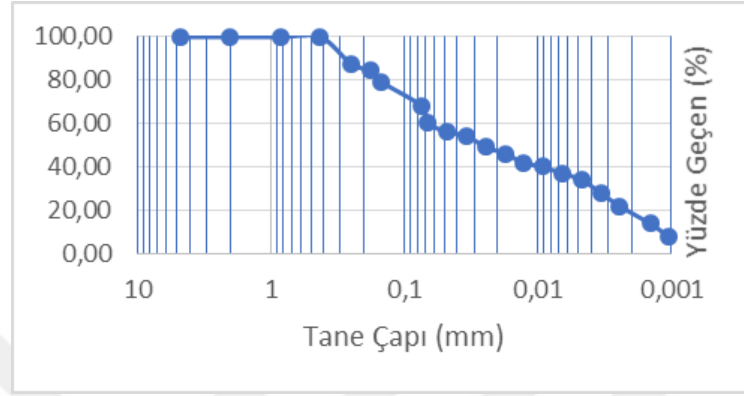
4.2.1. Fiziksel deneyler, Serbest basınç ve Bender element deneyler

Bu çalışmada kapsamında fiziksel deneyleri doğal numuneleri ile uygulanmıştır. Hazırlamada zeminin sıklılığını ile boşluk oranları dikkatlice şeklinde deneylerin numuneleri yapılmıştır.

Numunelerin hazırlanmasında olduğu gibi ilk olarak kil zemini 105 derece sıcaklığı ile etüvde 24 saat kurutularak önceden belirlendiği kil miktarları tıbbi atık yüz maskeleri ile

kariştirilmiştir. Çalışmada çoğunlukla zemin etüvde kurutulduktan sonra tıbbi atık yüz maskeleri eklenmekte ve daha önce belirlediği distile su ilave edilerek hazırlık devam etmiştir.

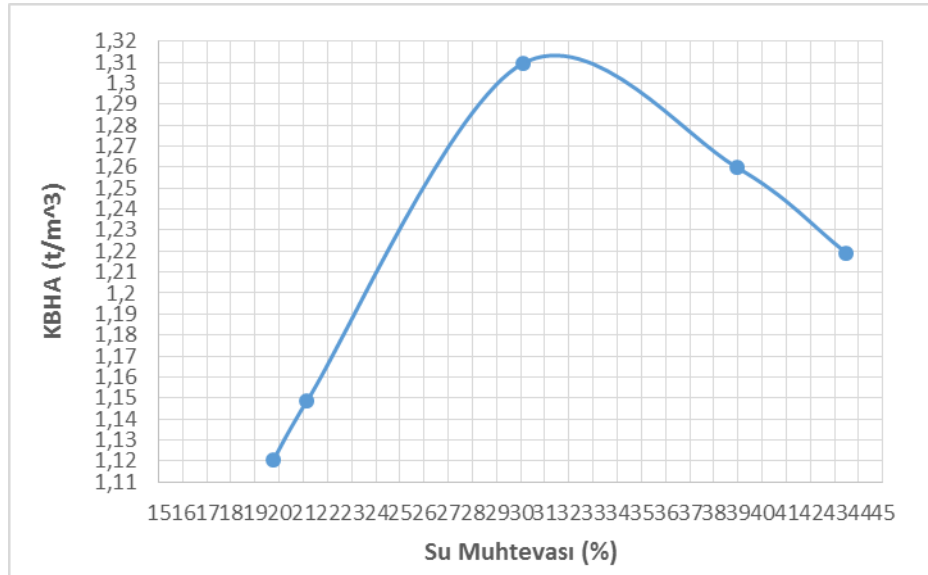
Tıbbi atık yüz maskeleri takviyeli karişımlara daha önceden belirlenmiş olan optimum su içeriği değerinde arıtılmış su eşit olacak şekilde tekrar tekrar el ile farklı numuneleri kariştırılmıştır.



Şekil 4. 8. Çalışmada Kullanılan Kilin Granölometri Eğrisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Yapılan Proktor deneylerinde kullanılan kil zemin numunenin Mak. Kuru birim hacim ve Opt. Su muhtevasının belirlenmesi için sıkışma deney sonuçlarına göre kullanılan numunenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı (KBHA) 1,31 t/m³ ve optimum su muhtevası ise %31 olarak bulunmuştur. Deney sonucunda elde edilen KBHA ve su muhtevası ilişkisi Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4. 9. Çalışmada Kullanılan Kile Ait Standart Proktor Eğrisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Bender element ve serbest basınç deneylerinde kullanılacak numuneler, optimum su muhtevasında ancak farklı birim hacim ağırlıklarda olacak şekilde kompaksiyon yöntemiyle hazırlanmış, çapı 7 cm, boyu 14 cm olacak şekilde hazırlanmıştır. Numune hazırlanırken sıkıştırma işlemi Proktor tokmağı ile üç aşamada yapılmıştır. Hazırlanan numune örnekleri Şekil 4.10'da verilmiştir.

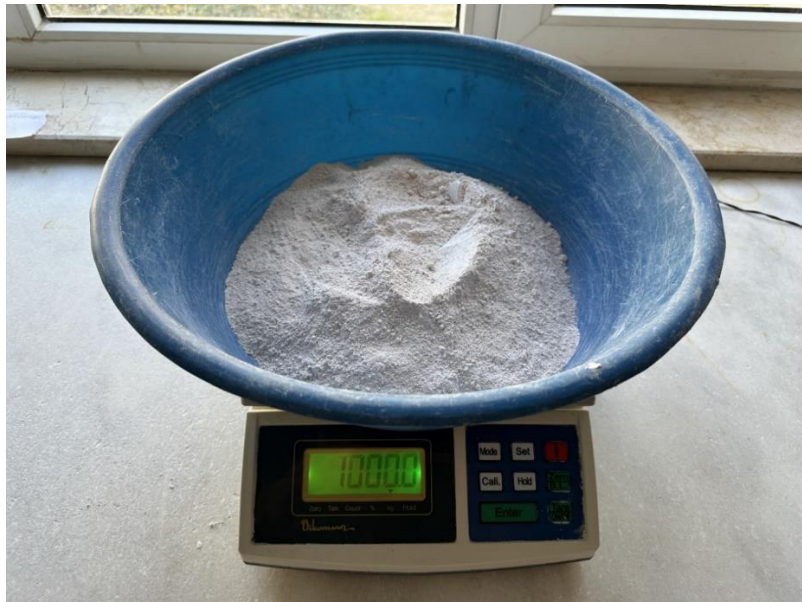


Şekil 4. 10. Çalışmada Kullanılan Kil Numuneleri

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Literatürde yapılan incelemeler kullanılan maske boyutlarının 1cm (Rehman Khalid, 2022, 1cm), Samadzadeh ve diğ., 2021, 2cm, Ghadr ve diğ. 1-2cm) ile 2cm arasında değiştiğini göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan maske boyutları literatüre benzer ancak farklılık oluşturmak amacıyla 0,5*3 cm, 0,5*2 cm ve 0,5*1 cm olarak seçilmiştir.

Çalışmada kullanılan tıbbi atık yüz maskeleri 0,5*3 cm, 0,5*2 cm ve 0,5*1 cm boyutlarında olup kil zemin numunelerine %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 ve %1 oranlarında karıştırılmıştır. Farklı birim hacim ağırlıklarda numune hazırlanabilmesi için yani modifiye numune hazırlanabilmesi için her bir tabakaya 5, 9 ve 11 vuruş yapılmıştır. Deney numuneleri hazırlık aşamaları Şekil 4.11 'de verilmiştir. Deneyler sırasında elde edilen sonuçları doğrulamak amacıyla üç adet özdeş numuneler hazırlanmış ve test edilmiştir.







Şekil 4. 11. Deney Numuneleri Hazırlama Aşamaları

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

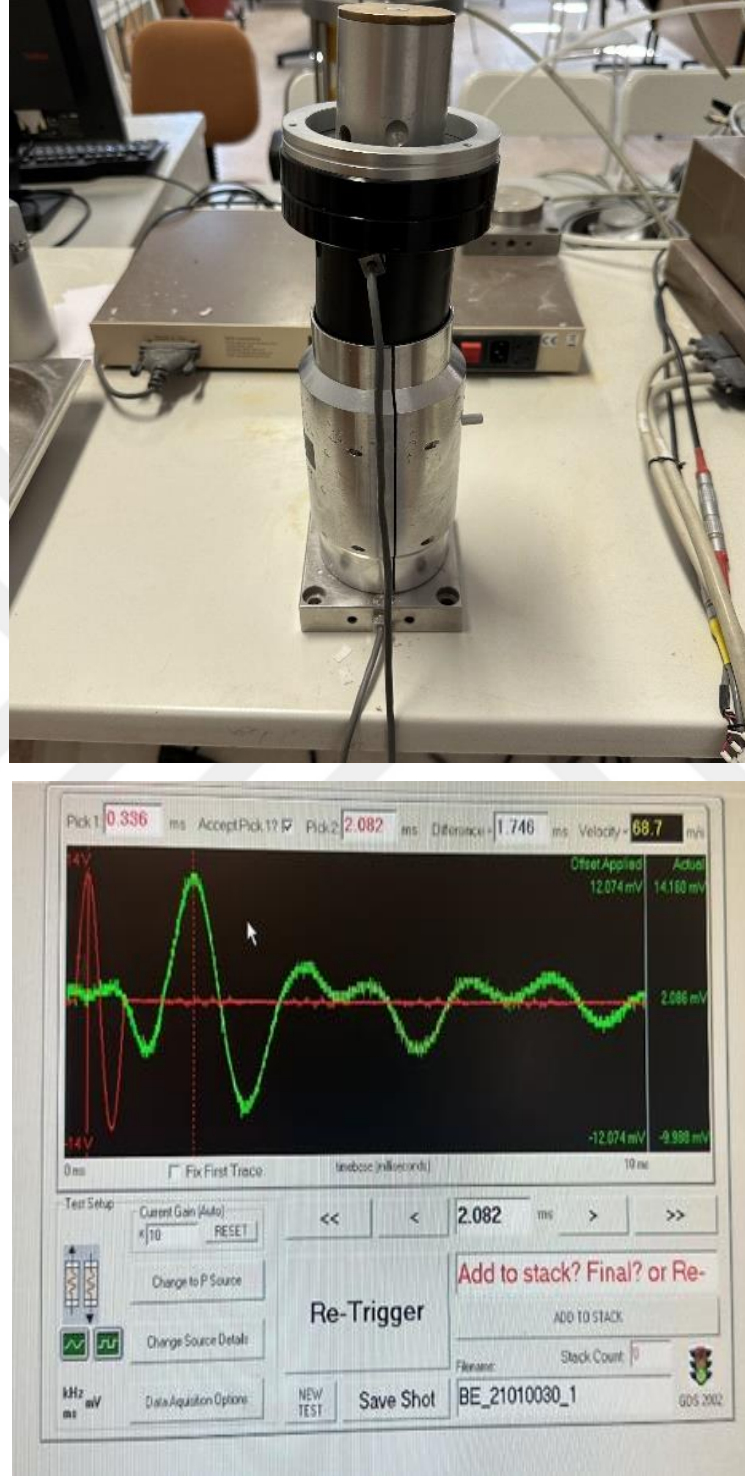
Bender element deneyi ASTM D8295'e uygun olarak ve GDS marka Bender element deney seti kullanılarak yapılmıştır. Bender element deney aleti temel olarak iki parçadan oluşmaktadır. Her iki parçanın ucunda ise piezoelektrik malzemeler bulunmaktadır. Deney sırasında verici piezoelektrik malzemeye uygulanan voltaj ile kayma dalgası üretilmektedir. Üretilen bu kayma dalgası numune içerisinden geçerek alıcı proba ulaşır. Kayma dalgasının gönderildiği an ile alıcıda alındığı an arasındaki zaman farklı osiloskop yardımıyla belirlenir. Numune boyu önceden bilindiği için numunenin kayma dalgası hızı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$V_s = \frac{L}{t} \quad (4.1)$$

Burada V_s kayma dalgası hızı, L numune boyunu ve t ise kayma dalgasının numune içerisinden geçme süresidir.

Bender element deneyinde dalga periyodu 0,8 ms olarak seçilmiştir. Bender element deneyinde kayma dalgası hızı giriş sinyalinin pik noktası ve çıkış sinyalinin pik noktası seçilerek belirlenmiştir. Şekil 4. 12'de örnek bir Bender element test sonucu paylaşılmıştır.

Hazırlanmış tüm numuneler üzerinde dayanım kontrol amacı ile serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Serbest basınç deneyinde yükleme hızı ise 1mm/dk. olarak seçilmiştir (Şekil 4. 13).



Şekil 4. 12. Bender Element İle Kayma Dalgası Hızının Belirlenmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)



Şekil 4. 13. Serbest basınç deneyinde Yük dayanım Belirlenmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Analiz Hakkında Genel Bilgi

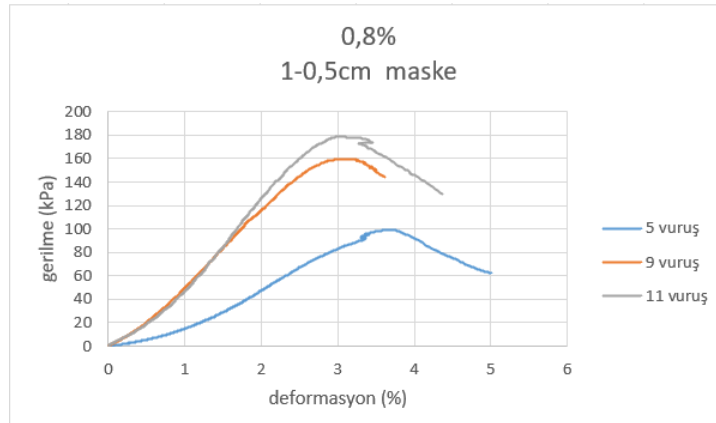
Bu bölümünde doğal kil zemin numuneleri ve tıbbi atık yüz maskesi katkılı kil zemin numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş olan serbest basınç ve Bender element deneylere ait sonuçlar verilmiştir.

Deneyssel çalışmalarda takviyesiz ve tıbbi atık yüz maske takviyeli karışımların serbest basınç dayanımlarında meydana gelen değişimler ortaya konmaya ve dayanımda maksimum iyileşmeyi sağlayan optimum tıbbi atık yüz maske oranı belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan deneylerinde, kil zemine 0,5*3cm, 0,5*2 cm ve 0,5*1 cm boyutlarında ile %0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 farklı oranlarda katılan tıbbi atık maske ilavesine bağlı olarak gerilme-deformasyon ve kayma hızı dalgası sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak bulunan değişim grafikleri de farklı şekil arasında verilmiştir.

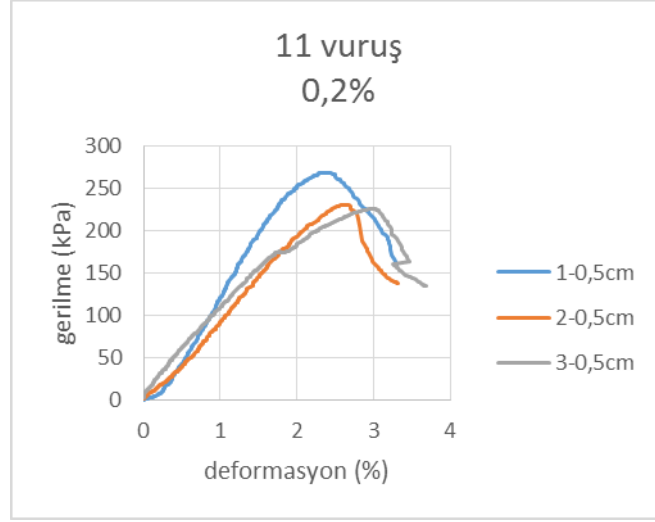
Sonuçlarında doğal kil zemin numunenin q_u değeri 115,90-258,99 kPa aralığında değer almış ve farklı oranlarda tıbbi atık yüz maske takviyesi ile q_u değerlerinin 99,12 – 268,15 kPa arasında değiştiği belirlenmiştir.

En düşük q_u değeri %0,8 oranında 5 tokmakla vuruş olan 1*0,5cm tıbbi atık yüz maske takviyeli örnekte 99,12 kPa, en büyük q_u değeri ise %0,2 oranında 11 tokmakla vuruş olan 1*0,5cm tıbbi atık yüz maske takviyeli örnekte 268,15 kPa olarak kaydedilmiştir (Şekil 5. 1 ve Şekil5.2).



Şekil 5. 1. Zeminin Serbest basınç deneyinde En düşük Yük dayanımı

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

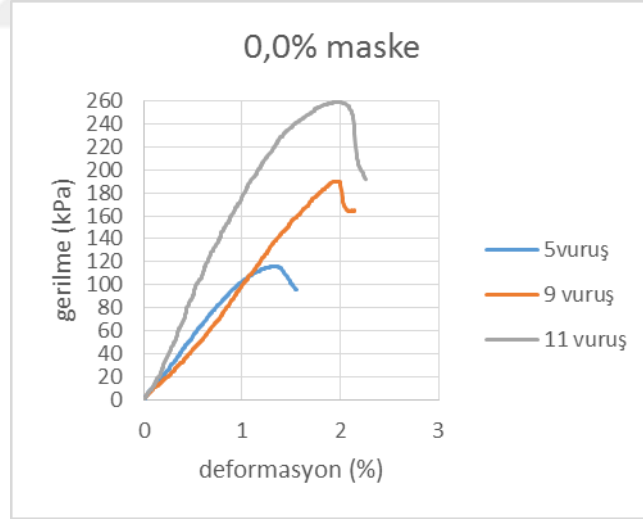


Şekil 5. 2. Zeminin Serbest basınç deneyinde en büyük Yük dayanımı

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

5.2. Serbest Basınç Deneylerin Şekilleri

Deneylerde ilk olarak tıbbi atık yüz maske lifleri ilavesiz numunelerin serbest basınç deney sonuçları verilmiştir(Şekil 5.3). Vuruş sayısındaki artışla beraber, numune yoğunluğu artmıştır. Serbest basınç dayanımı en yüksek 11 vuruşla hazırlanan numunelerde 258,99 kPa büyüklüğünde ölçülmüştür.

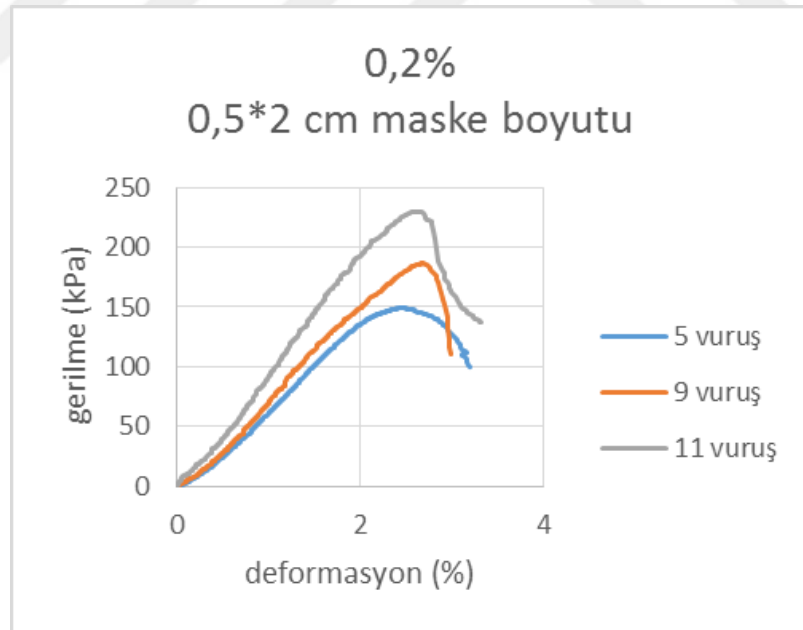
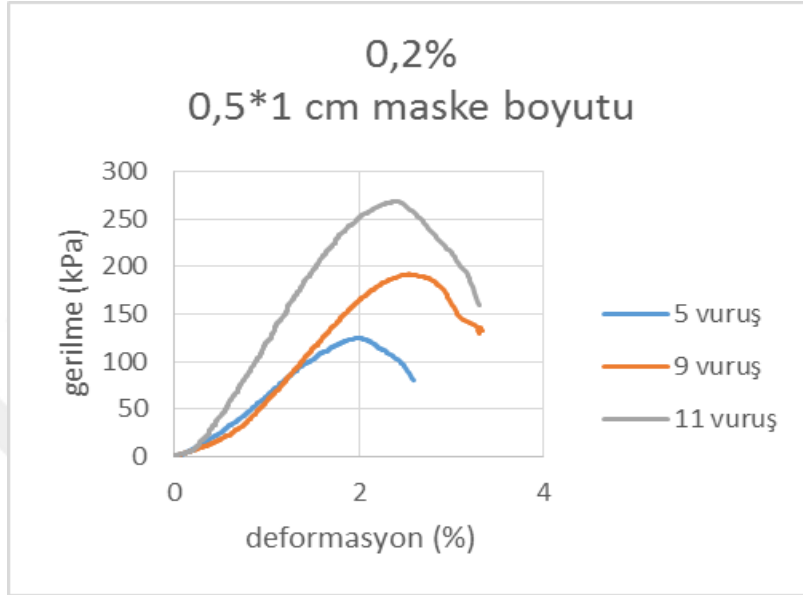


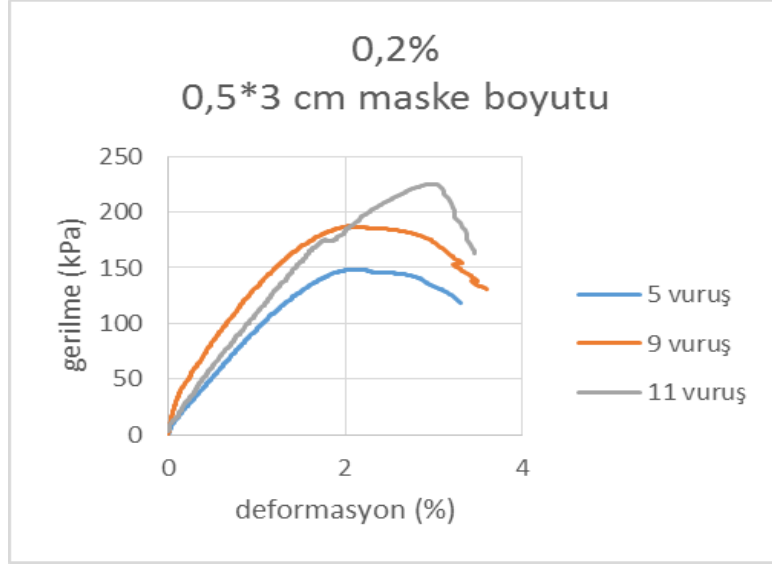
Şekil 5. 3. %0,0 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Şekil 5. 3'e bakıldığı zaman en düşük mukavemete sahip numunelerin en düşük yoğunluğa sahip numuneler olduğu görülmüştür. Bununla birlikte yine Şekil 5. 3'te görülebileceği üzere numune yoğunluğunun arttıkça numune sünekliliğin de artmıştır.

Farklı birim hacim ağırlıklarda oluşturulan ve %0,2 oranla tıbbi atık maske içeren numunelerin serbest basınç test sonuçları Şekil 5. 4'te verilmiştir. Şekil-5. 4'teki sonuçlara göre atık maskeli numunelerde artan birim hacim ağırlıkla birlikte serbest basınç dayanımı da artmıştır. En yüksek serbest basınç dayanımı ise 268,15 kPa 0,5*1 cm maske boyutu olarak bulunmuştur.

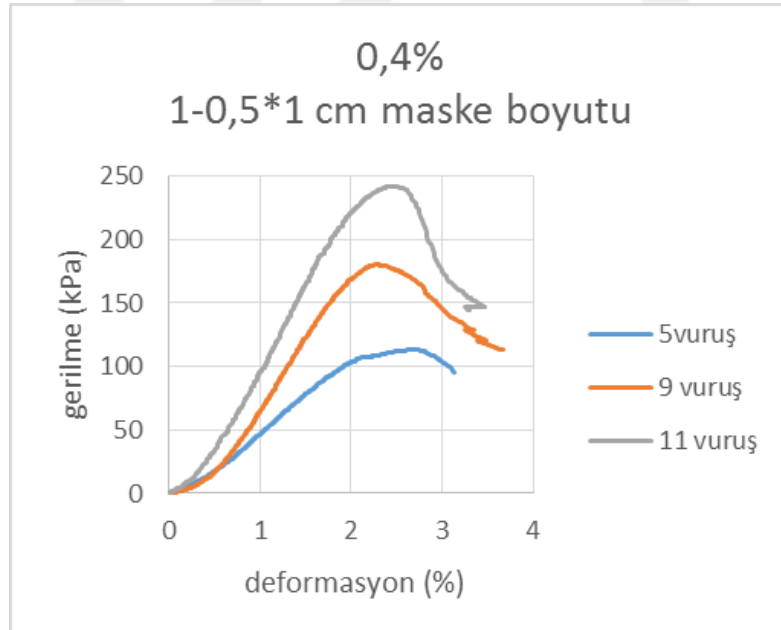


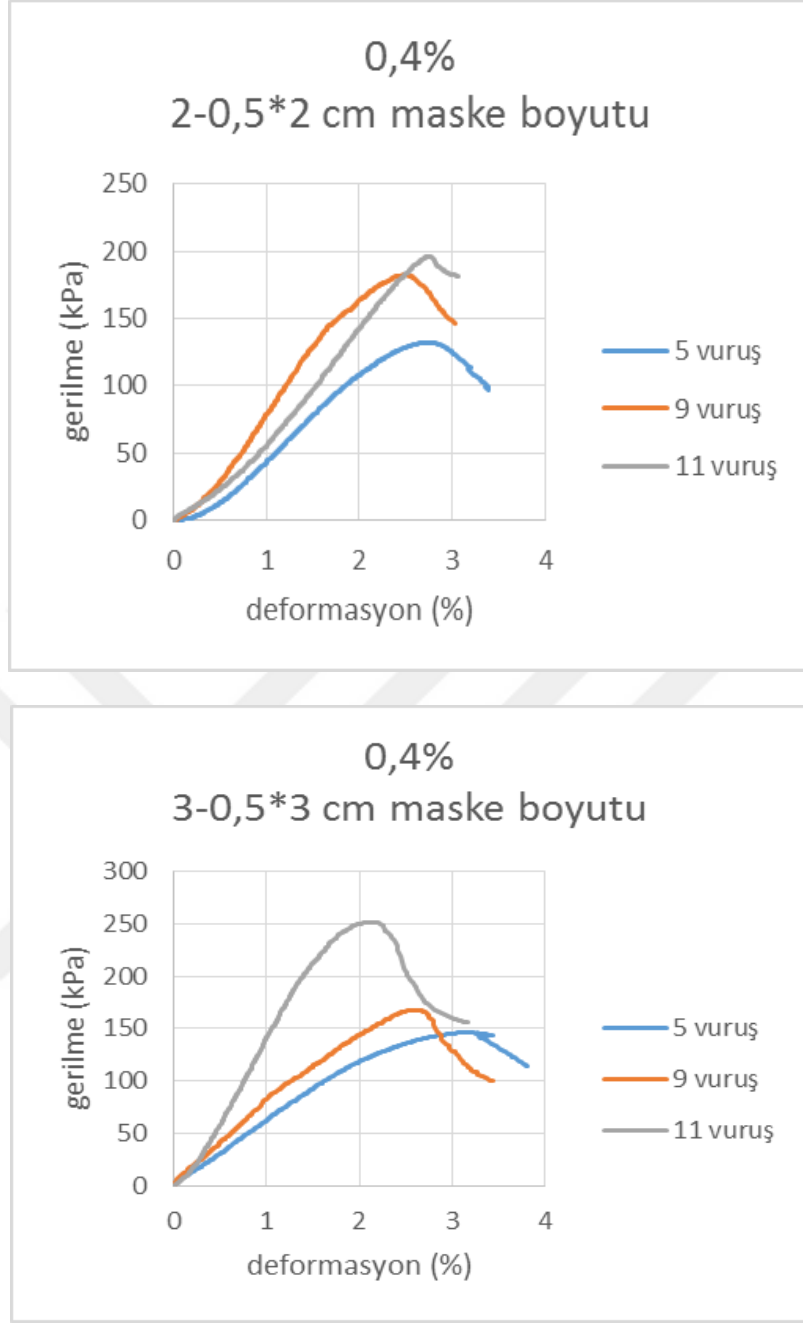


Şekil 5. 4. %0,2 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

%0,4 oranla atık yüz maske içeren numunelerde de en yüksek serbest basınç değeri yoğunluğu en büyük olan numune de ölçülmüştür. Ölçülen en büyük serbest basınç dayanımı 11vuruşla hazırlanan, 251,73 kPa 0,5*3 cm maske boyutla olmuştur. Numunelerin serbest basınç deneyi sırasında göstermiş oldukları gerilme-deformasyon eğrileri şekil 5. 5' te dir.



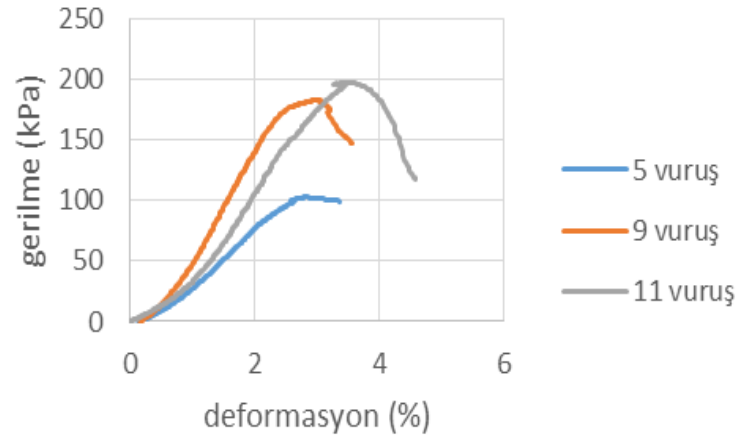


Şekil 5. 5. %0,4 oranla Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi

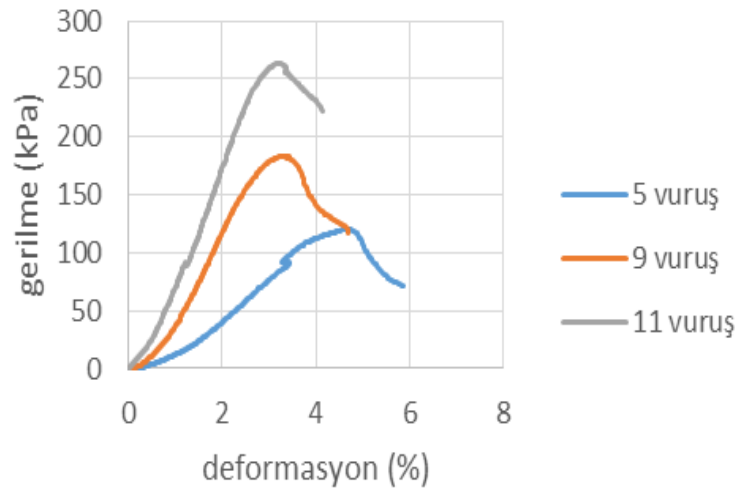
Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

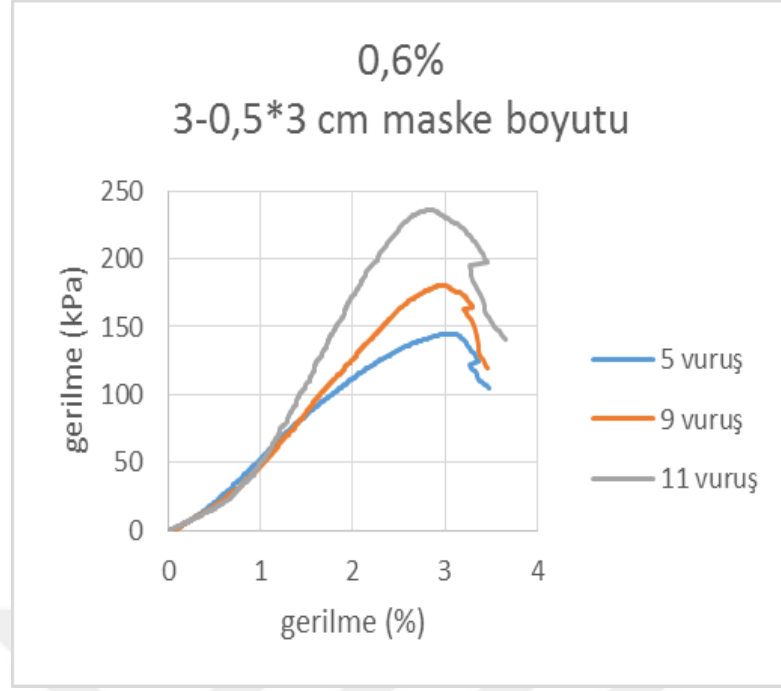
%0,6 oranla tıbbi atık maske lif ilaveli numunelerin serbest basınç dayanımının %0,4 oranla tıbbi atık maske içeren numunelere göre daha az olduğu Şekil 5. 6'da görülürken, elde edilen en yüksek serbest basınç mukavemeti 263,60 kPa 0,5*2 cm maske boyutla olmuştur. Numune yoğunluğu azaldıkça, serbest basınç mukavemet değeri de azalmıştır.

0,6%
1-0,5*1 cm maske boyutu



0,6%
2-0,5*2 cm maske boyutu

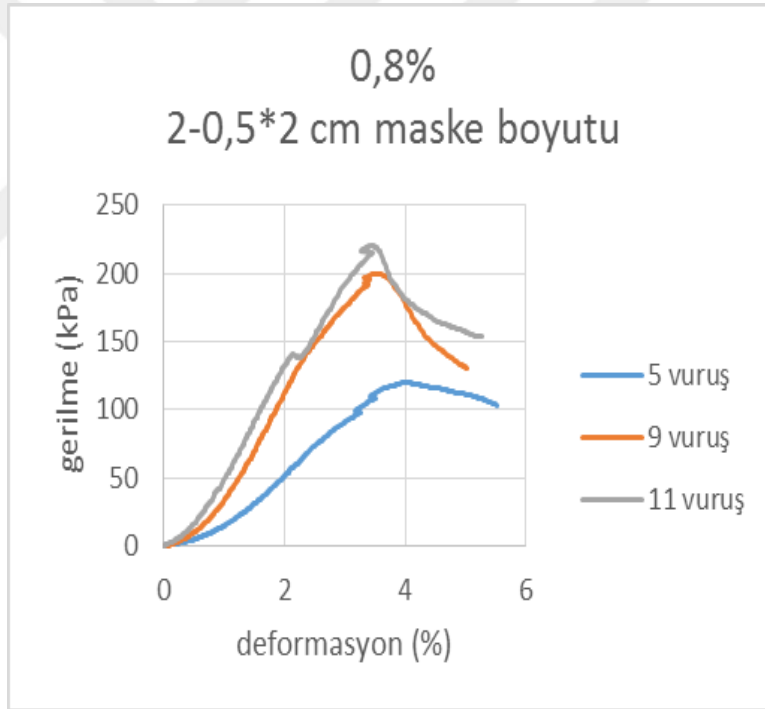
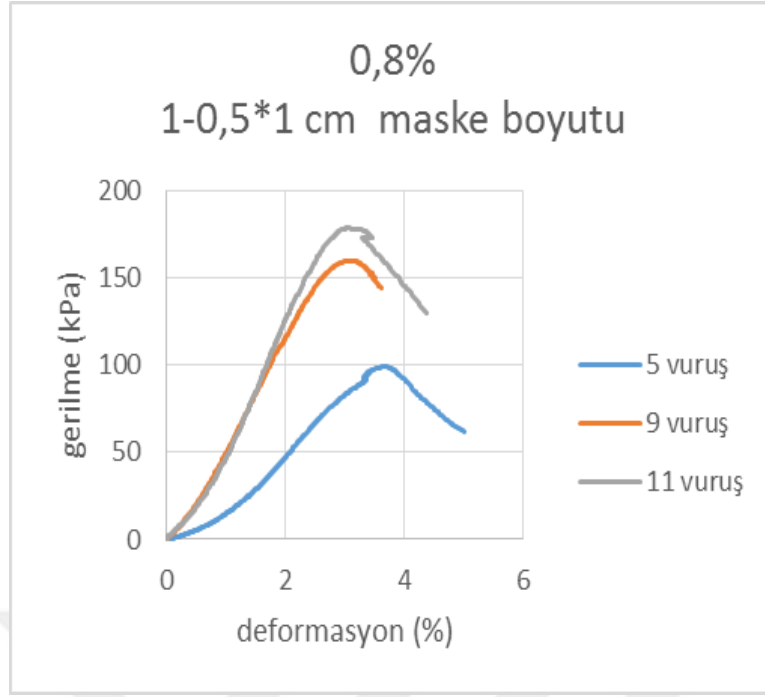


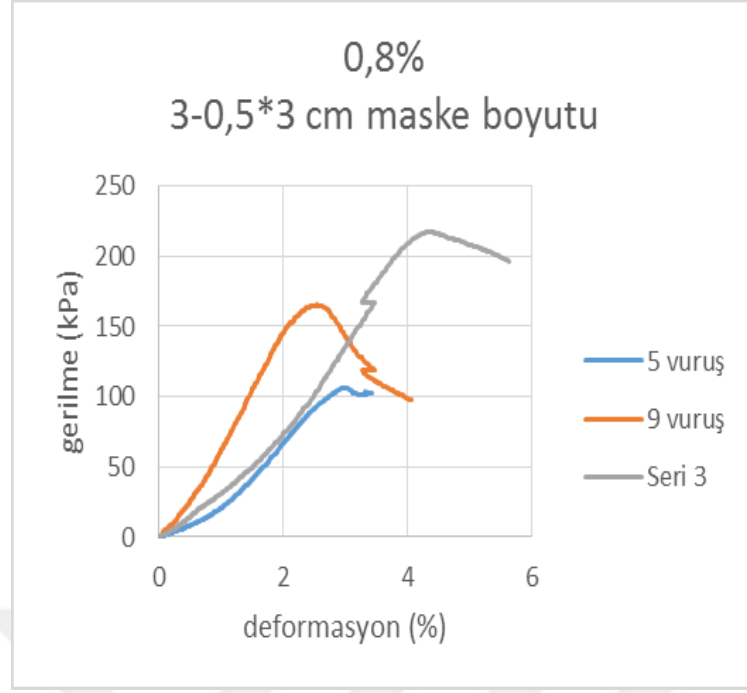


Şekil 5. 6. %0,6 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Tıbbi atık maske oranı %0,6'dan %0,8'e çıktığı zaman serbest basınç değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Meydana gelen bu düşüş ile birlikte en yüksek serbest basınç mukavemeti tüm birim hacim ağırlıklar için %0,8 tıbbi atık maske içeren numunelerde görülmektedir. En yüksek birim hacim ağırlıkta hazırlanan numunenin serbest basınç mukavemeti 217,25 kPa 0,5*3 cm maske boyutla olarak bulunmuştur. %0,8 tıbbi atık maske içeren numunelerin serbest basınç mukavemet dayanım değerleri Şekil 5. 7' de dir.

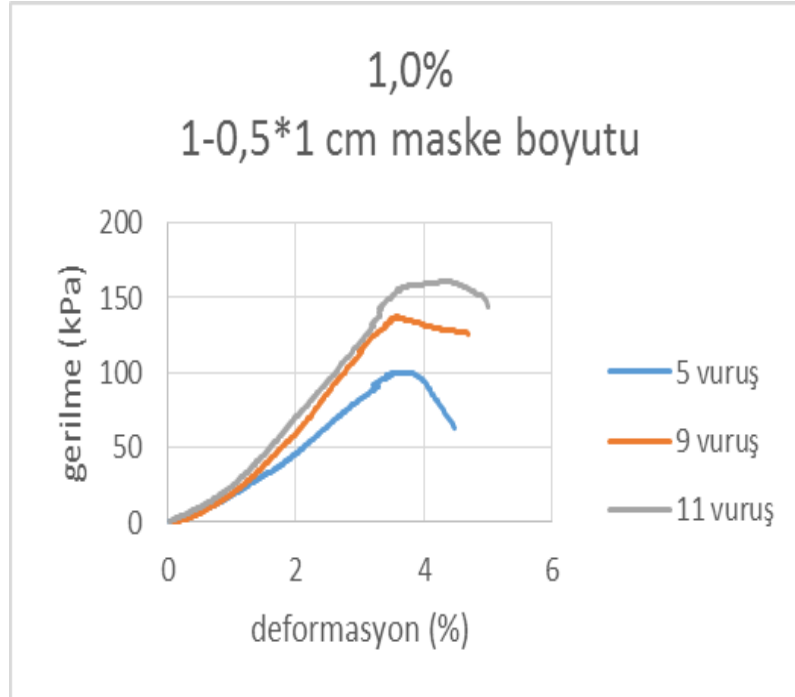


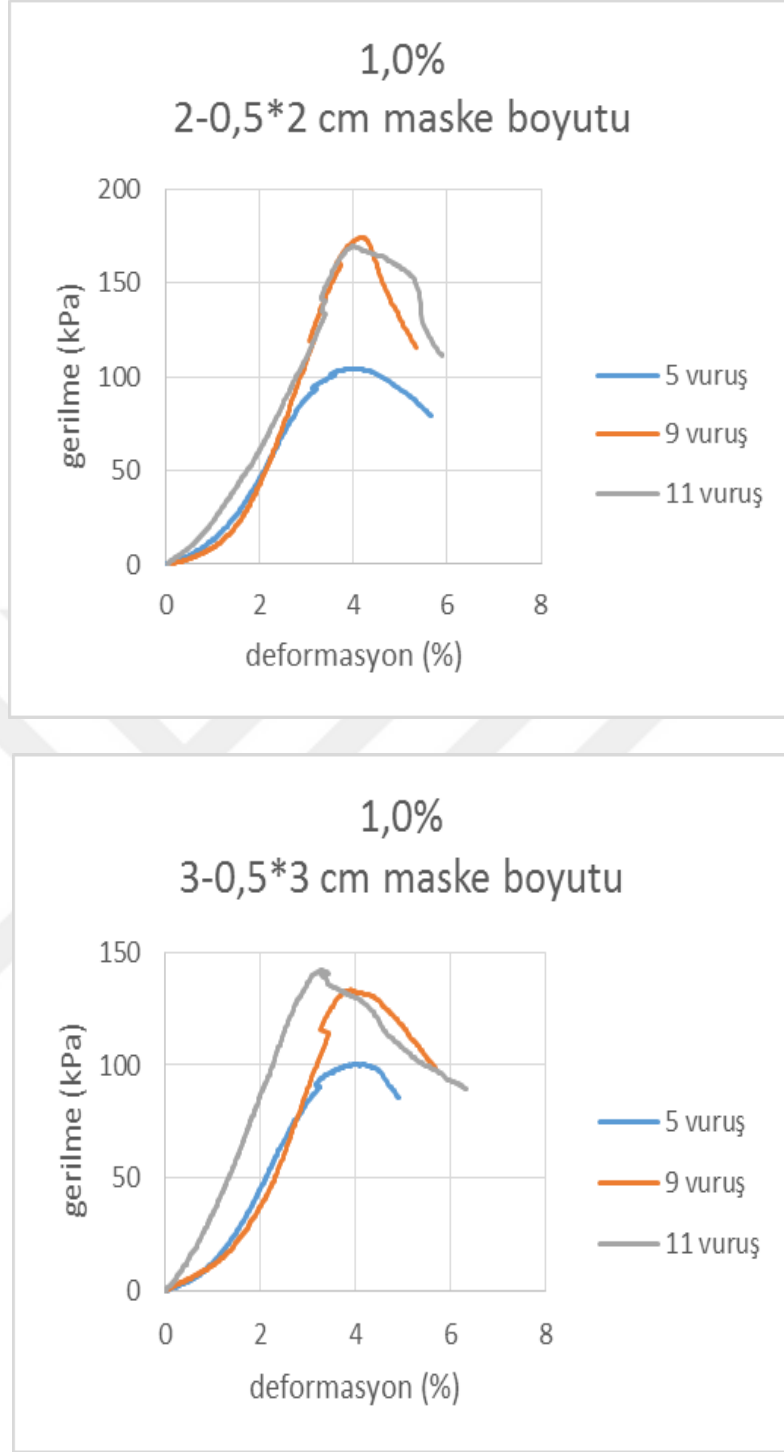


Şekil 5. 7. %0,8 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Şekil 5. 8’de verilen %1 tıbbi atık maske içerikli serbest basınç deney sonuçları görülmektedir. Verilere göre en yüksek gerilme değeri 9 vuruşla hazırlanan numune de 174,02 kPa 0,5*2 cm maske boyutla olarak ölçülmüştür.



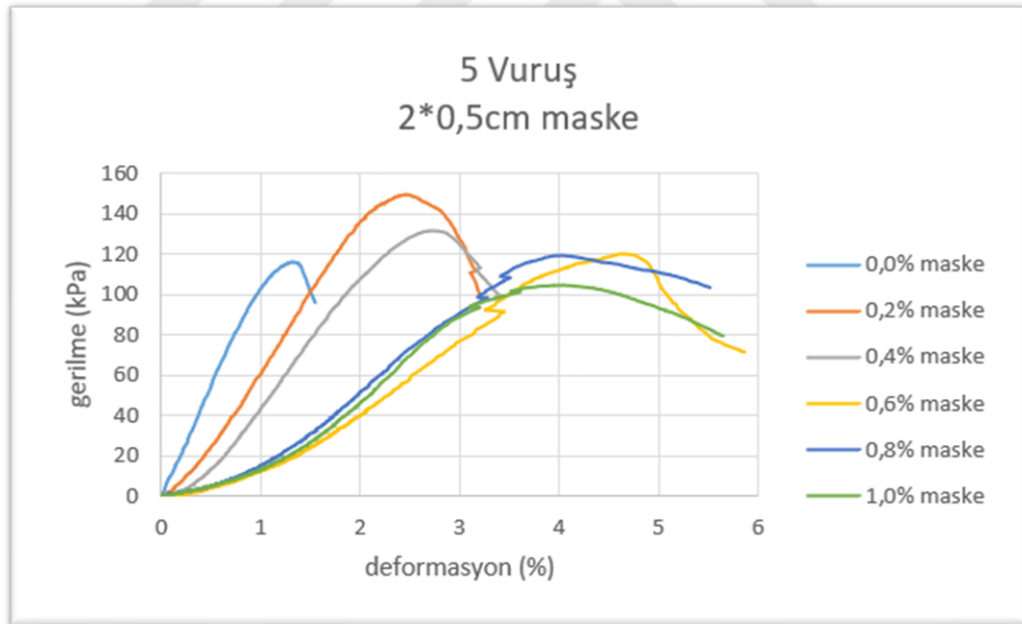
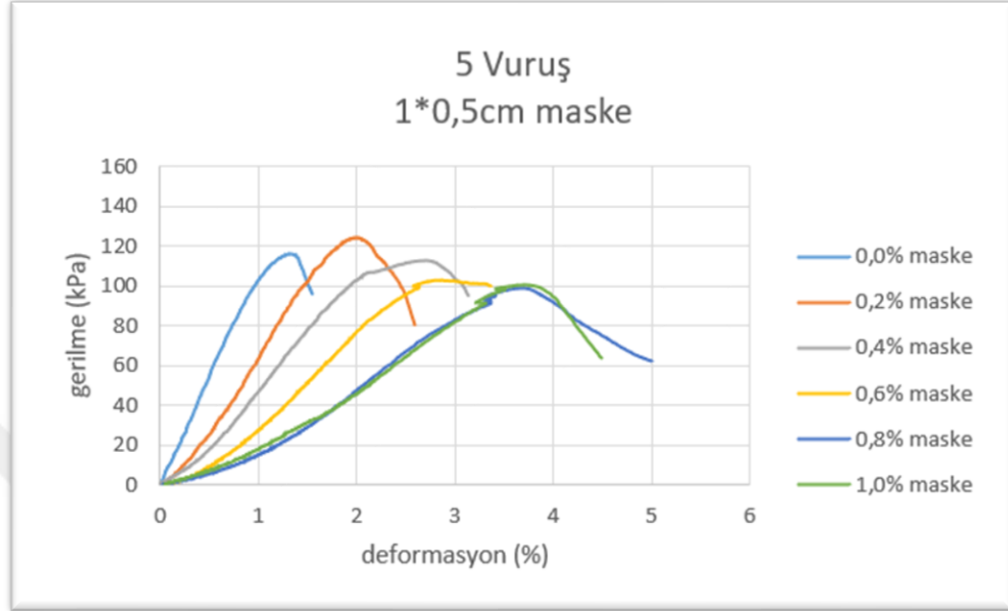


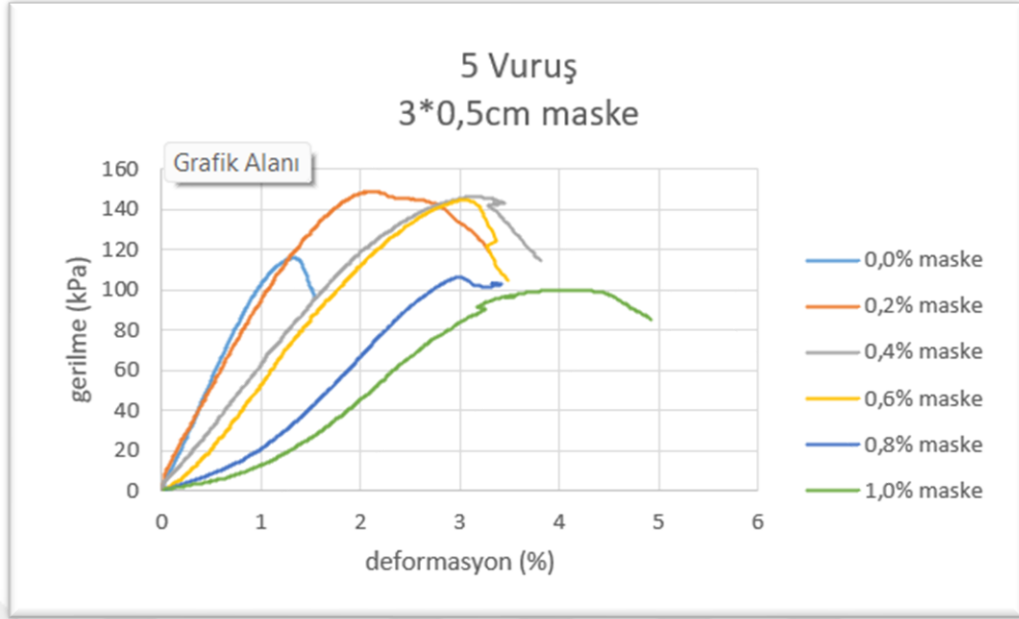
Şekil 5. 8. %1,0 Maske İlaveli ve 5-9-11 Vuruş Sayılı Serbest Basınç Numunelerinin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Tokmakla farklı vuruşlardan 5 vuruş uygulanarak en düşük yoğunluğa sahip olacak şekilde oluşturulan numunelerin serbest basınç dayanımları Şekil 5. 9’da verilmiştir. Deneyler sonucunda en yüksek serbest basınç dayanımı %0,2 tıbbi atık maske lifi içeren numunede 5 vuruşla 149,25 kPa 0,5*2 cm maske boyutla olarak bulunmuştur. Şekil 5. 9’da görülebileceği

üzere, tıbbi atık maske ilavesi %0,2'lik orana kadar serbest basınç dayanımını arttırırken daha sonra düşmesine neden olmuştur. Tıbbi atık maske lifi ilave edilen numunelerin kırılma anındaki deformasyon miktarının tıbbi atık maske lifi arttıkça arttığı görülmüştür.



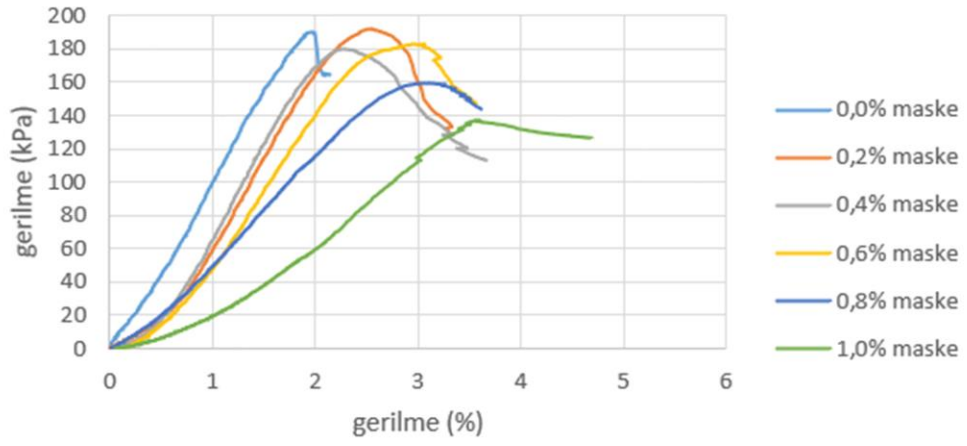


Şekil 5. 9. Serbest Basınç Numunesi Vuruş Sayısı 5 ve %0,0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 Maske Oranları İle Hazırlanan Numunelerin Gerilme Dayanımı Ve Deformasyon İlişkisi

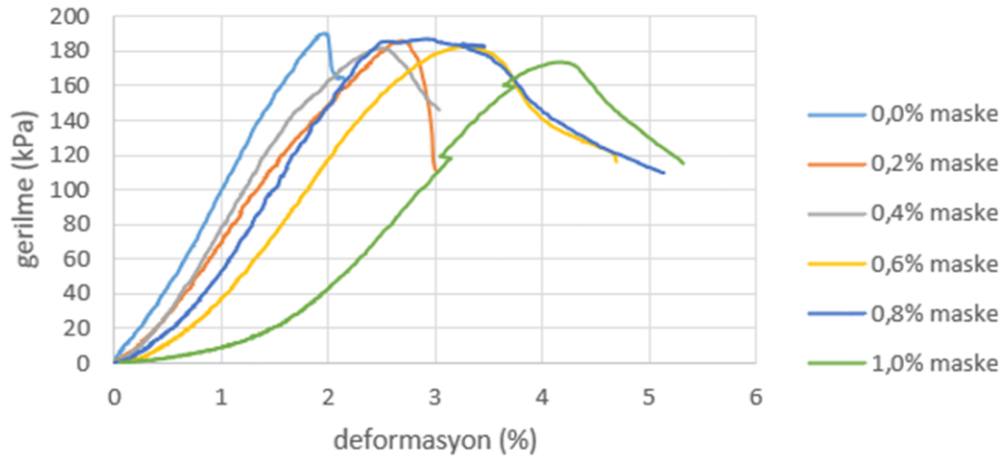
Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

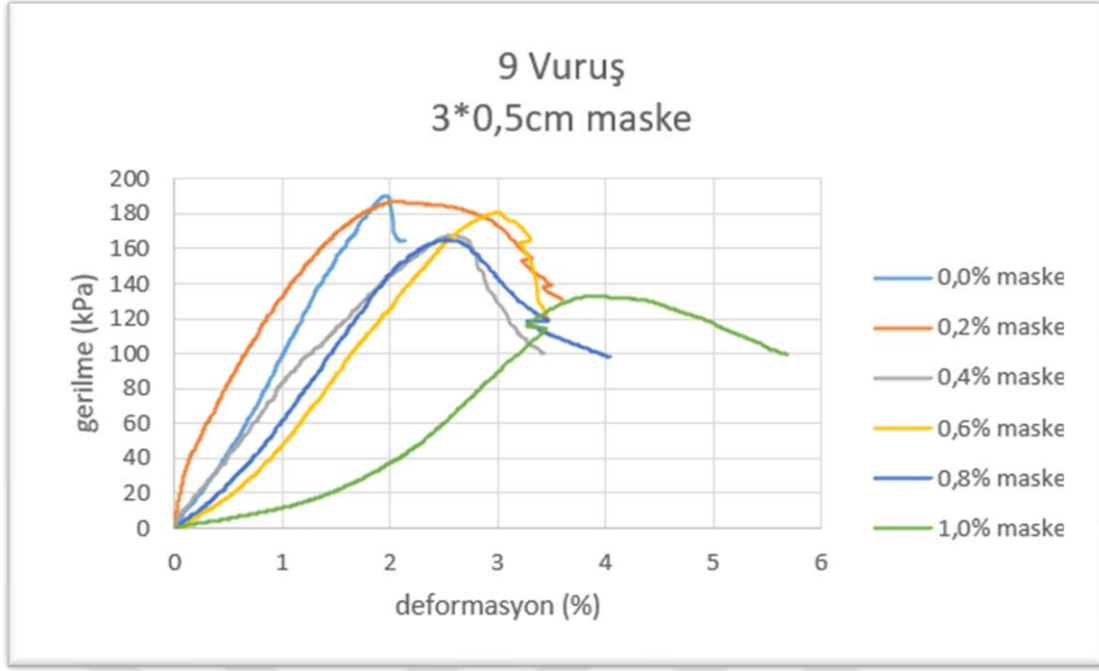
9 vuruş uygulanarak oluşturulan numunelerin serbest basınç grafikleri Şekil5.10'da verilmiştir. Verilen değerlere göre en yüksek serbest basınç dayanımının %0,2 tıbbi atık maske içeren numunelerde ortalama olarak 191,87 kPa 0,5*1 cm maske boyutla olduğu görülmüştür. Numunelerde, tıbbi atık maske oranı %0,6 olana kadar sünek kırılma meydana geldiği ancak tıbbi atık maske oranının artmasıyla birlikte numunelerin daha gevrek bir şekilde kırıldığı görülmüştür.

9 Vuruş
1*0,5cm maske



9 Vuruş
2*0,5cm maske

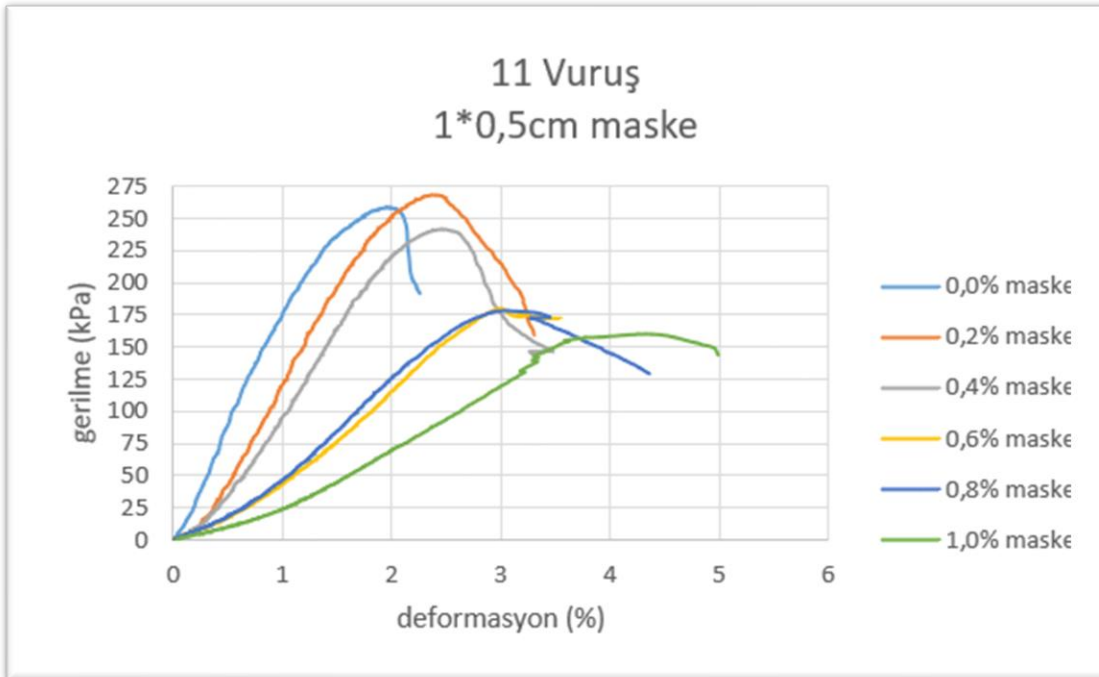


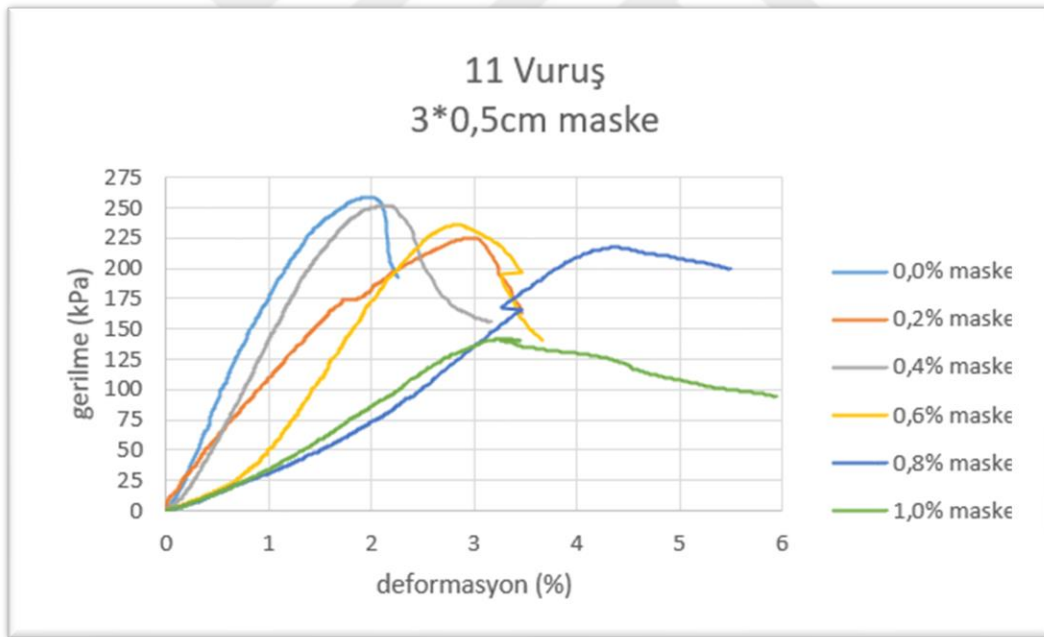
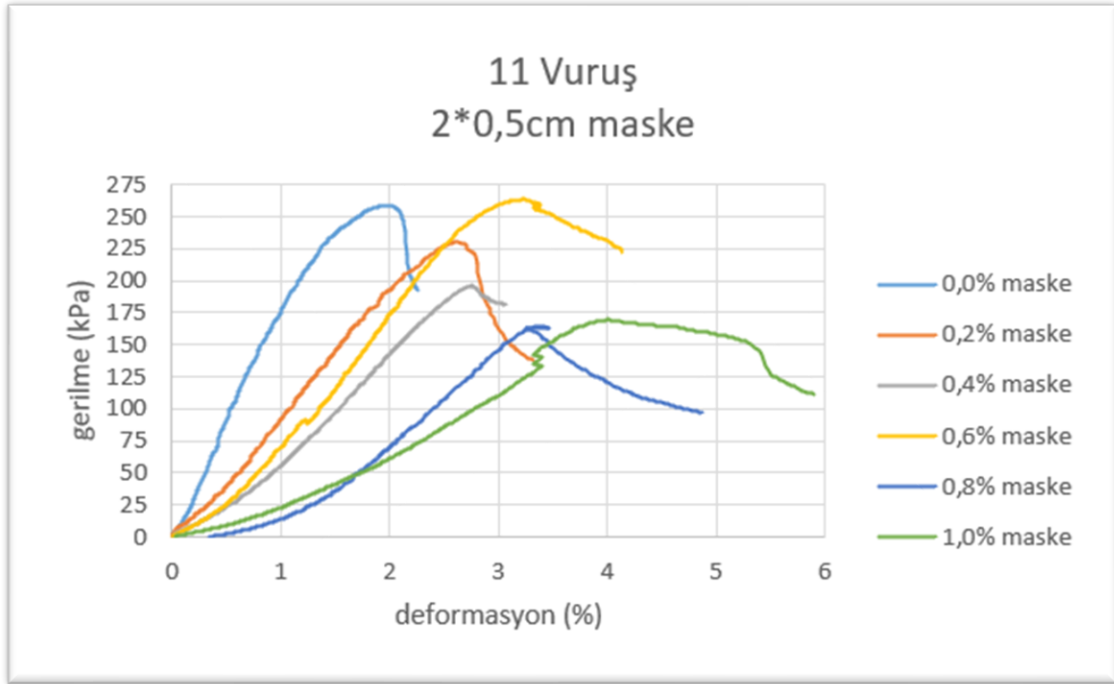


Şekil 5. 10. Serbest Basınç Numunesi Vuruş Sayısı 9 ve %0,0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 Maske Oranları İle Hazırlanan Numunelerin Gerilme Dayanımı Ve Deformasyon İlişkisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

11 vuruş uygulayarak en yüksek birim hacim ağırlıkta oluşturulan numunelerin serbest basınç dayanımı Şekil 5.11’de verilmiştir. Yapılan deneylerde en yüksek basınç dayanımının %0,2 tıbbi atık maske ilaveli olan numunede 268,15 kPa 0,5*1 cm maske boyutla kPa olduğu gözlemlenmiştir.



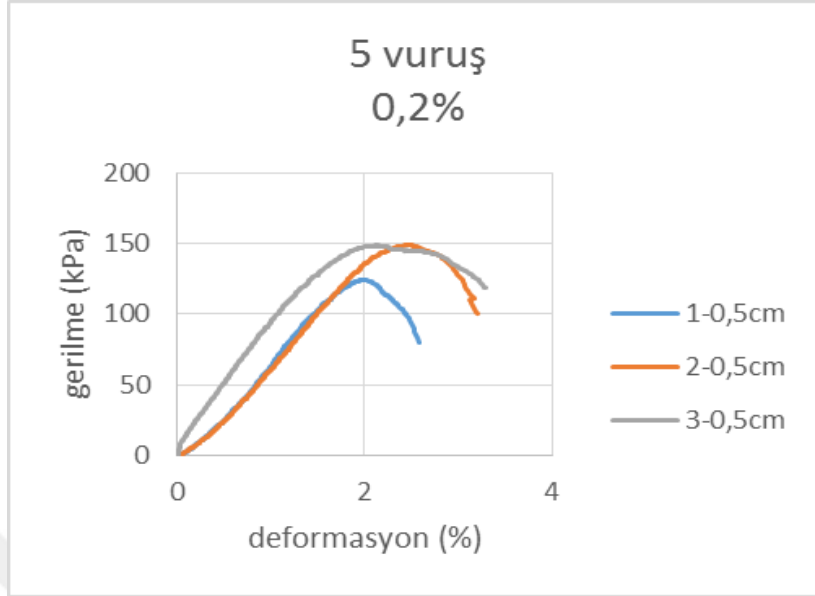


Şekil 5. 11. Serbest Basınç Numunesi, Vuruş Sayısı 11 ve %0,0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 Maske Oranları İle Hazırlanan Numunelerin Gerilme Dayanımı ve Deformasyon İlişkisi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

5 vuruş uygulayarak hazırlanan %0,2 tıbbi atık maske içerikli numunelerin, farklı maske boyutlarındaki serbest basınç sonuçları Şekil5.12’de verilmiştir. 3*0,5cm ve 2*0,5cm

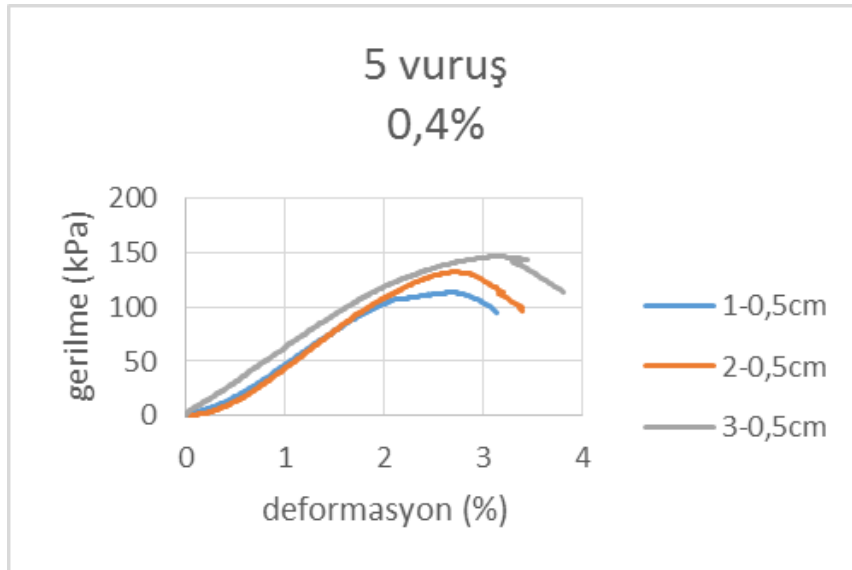
boyutundaki maske ilavesiyle yapılan çalışma sonuçlarının yakın sonuç verdiği gözlemlenmektedir.



Şekil 5. 12. Zeminin %0,2 Maske Oranıyla 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

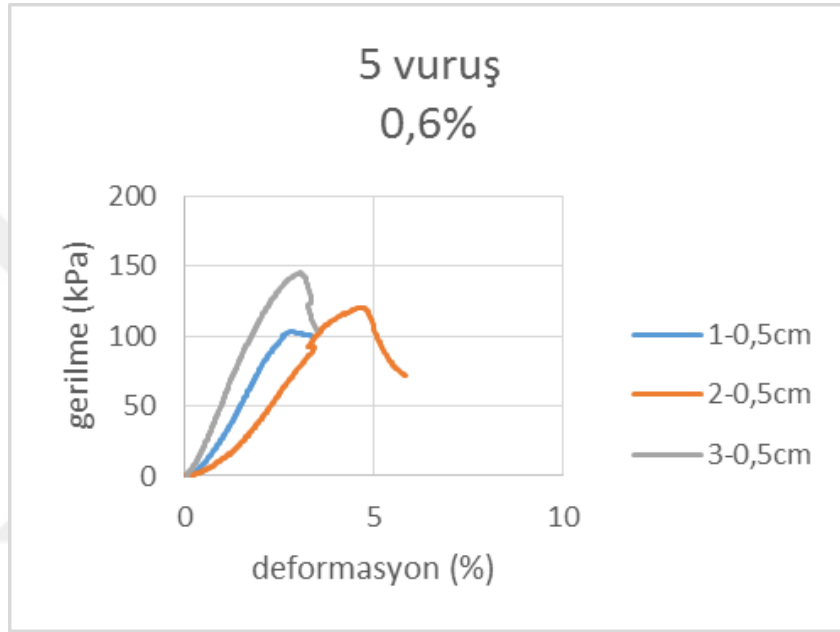
5 vuruş sayısı ile hazırlanan %0,4 tıbbi atık maske içerikli numunelerin, farklı maske boyutlarındaki serbest basınç sonuçları Şekil5.13’de verilmiştir. Verilere göre en yüksek dayanımın 3*0,5cm tıbbi atık maske boyutu ilavesi ile hazırlanan numunede olduğu gözlemlenmekte, değer 146,33 kPa olarak okunmaktadır. En az dayanımı en küçük 1*0,5cm boyutundaki maske ile yapılan numune verisinde gözlemlendi. Değer 113,16 kPa olarak kaydedildi.



Şekil 5. 13. Zeminin %0,4 Maske Oranıyla 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

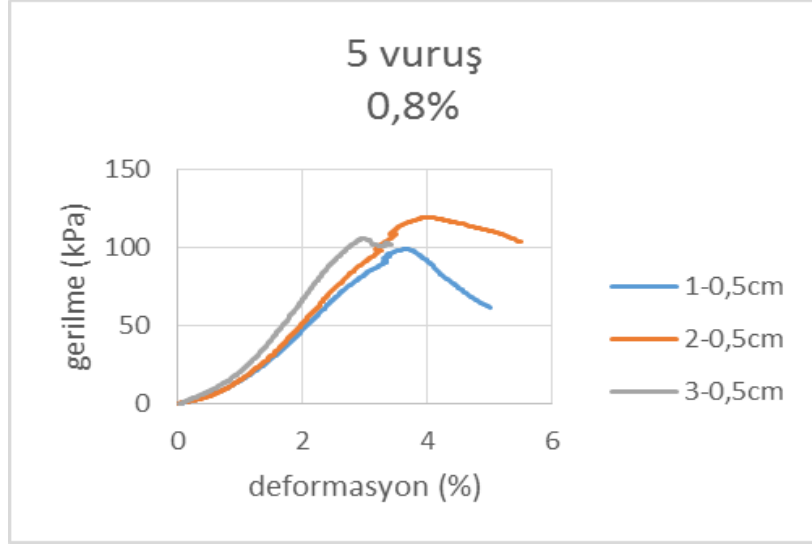
5 vuruş sayısı ile hazırlanan %0,6 tıbbi atık maske içerikli numunelerin, farklı maske boyutlarındaki serbest basınç sonuçları Şekil 5.14’de verilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre en yüksek değer 3*0,5cm maske boyutu ilaveli numunede olduğu, 144,74kPa değer okunduğu ve en düşük değer de 1*0,5cm maske boyutundaki numune ile hazırlanan sonuçtan okunduğu, 102,91kPa değere ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 14. Zeminin %0,6 Maske Oranıyla 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

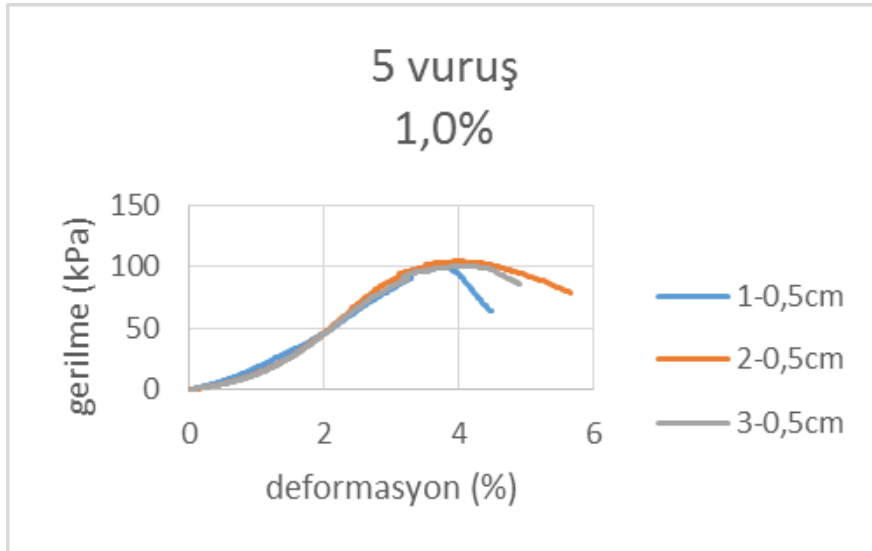
%0,8 tıbbi atık maske içeriği kullanılarak, 5 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç sonuçlarına bakıldığında, en yüksek gerilmenin 2*0,5cm maske boyutuyla hazırlanan numunede olduğu, sonucun 119,75 kPa okunduğu ve en düşük değer de 1*0,5cm maske ile hazırlanan numune olduğu 99,12kPa gerilme değerine ulaştığı Şekil 5.15’de gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 15. Zeminin %0,8 Maske Oranıyla 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

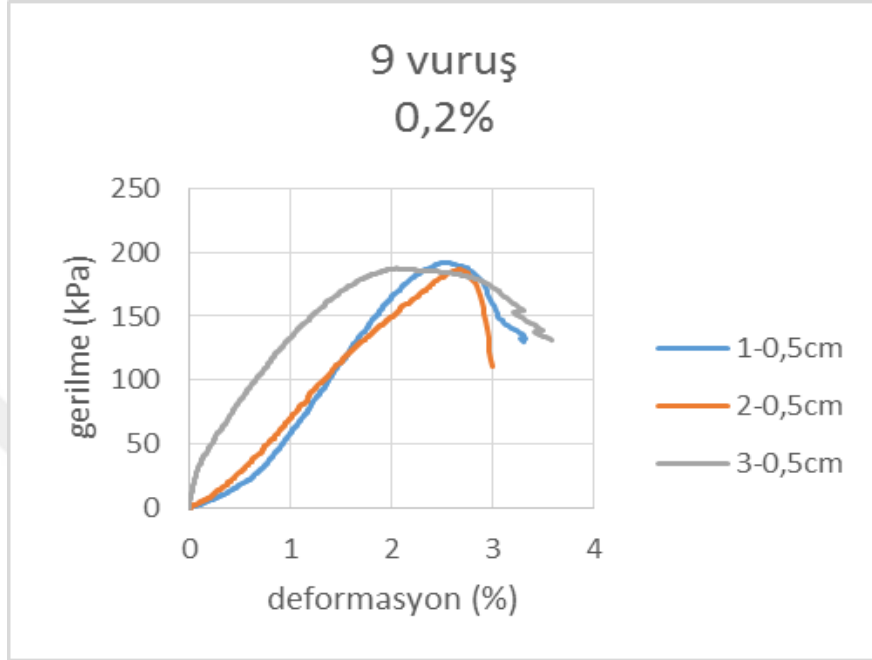
5 vuruş sayısı ile hazırlanan %1,0 tıbbi atık maske içerikli numunelerin, farklı maske boyutlarındaki serbest basınç sonuçları Şekil 5.16'da verilmiştir. Deney verilerine göre en yüksek değer 2*0,5cm maske ile hazırlanan numunede olduğu, 104,35kPa ölçüldüğü ve en düşük değer de 3*0,5cm maske ile hazırlanan numunede olduğu, 100,14kPa ölçüldüğü gözlemlendi. %1 maske içerikli ve 5 vuruş sayılı üç farklı numune için yapılan serbest basınç deney sonuçlarının, farklı maske boyutlarında yapılan ölçüm sonuçları yakın olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 5. 16. Zeminin %1,0 Maske Oranıyla 5 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

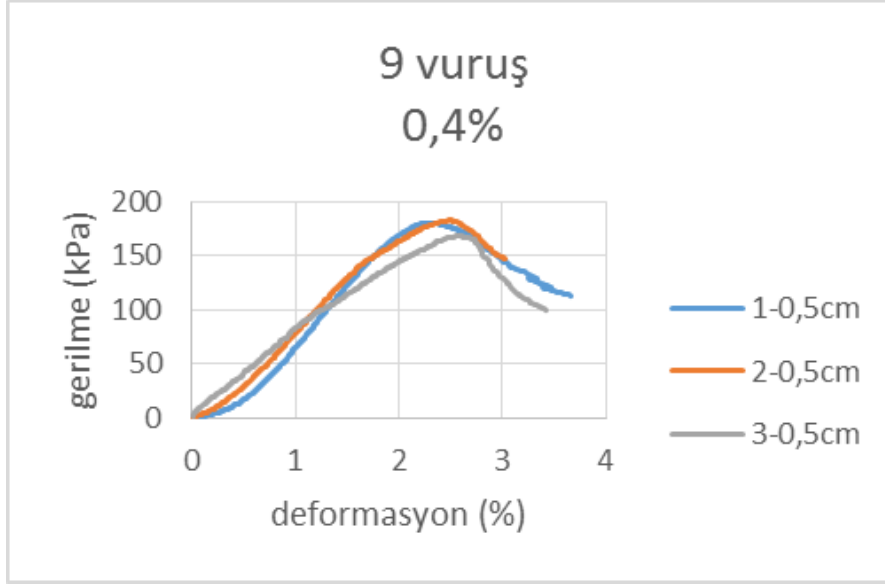
9 vuruş sayısı ve %0,2 maske içeriği ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil 5.17’ de verilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre en yüksek dayanım 1*0,5 cm maske içerikli numunede 191,87kPa olarak kaydedilmiştir. Diğer iki maske boyutuyla hazırlanan numune deney sonuçları yakın olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 17. Zeminin %0,2 Maske Oranı ile 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesinin

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

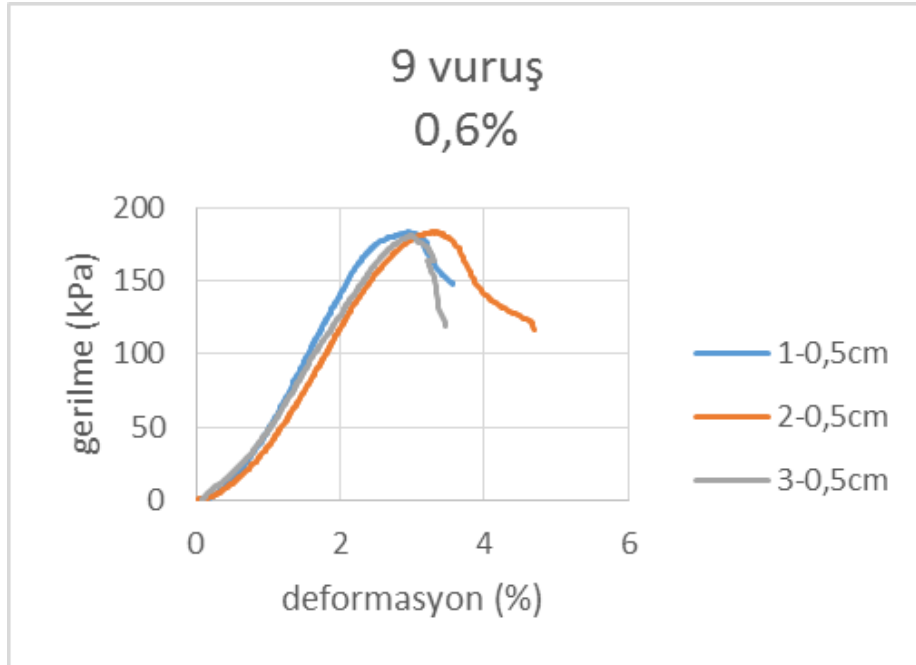
9 vuruş sayısı ve %0,4 maske oranı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil 5.18’de verilmiştir. Elde edilen deney verilerine göre en yüksek değer 2*0,5cm maske boyutunda olduğu ve 182,35kPa ölçüm yapıldığı görülmektedir. En düşük dayanım 3*0,5cm maske boyutu ile hazırlanan numunede 167,81kPa olduğu kaydedilmiştir.



Şekil 5. 18. Zeminin %0,4 Maske Oranıyla 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

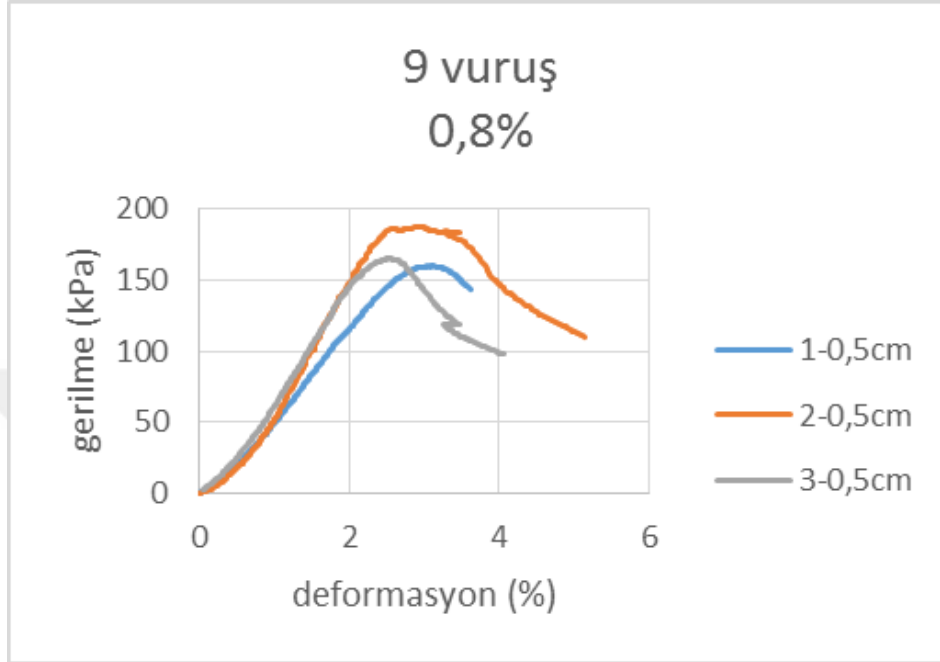
%0,6 maske oranı ve 9 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil5.19 da verilmiştir. Şekilde verilen deney sonuçlarına göre 3 farklı maske boyutu için değerlerin yakın olduğu, en yüksek dayanım 2*0,5cm maske boyutu ilavesi ile hazırlanan numunede olduğu ve değer 183,38kPa olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5. 19. Zeminin %0,6 Maske Oranıyla 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

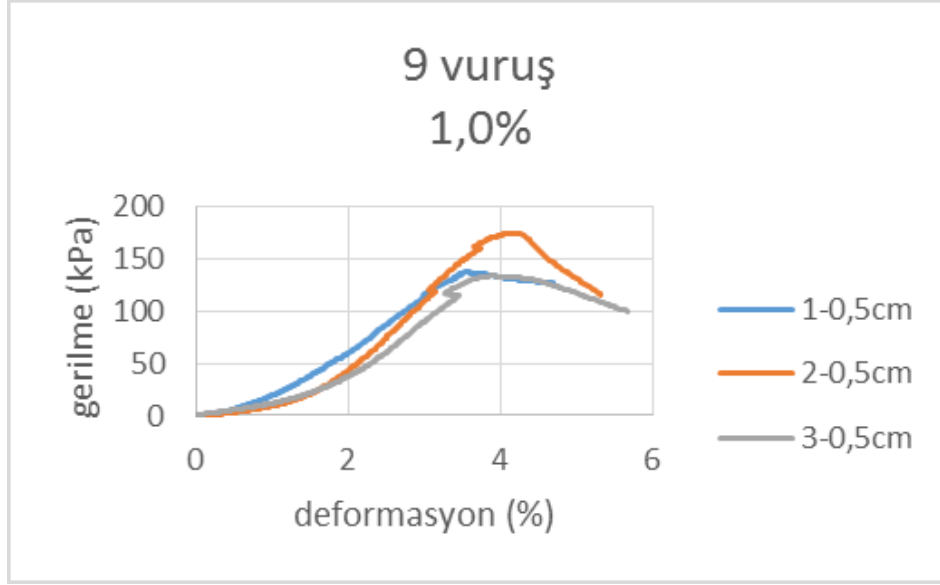
%0,8 maske oranı ve 9 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil 5.20’de verilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre en yüksek dayanım 187,48kPa olarak 2*0,5cm maske boyutu ile hazırlanan numuneye ait olduğu, en düşük dayanım da 159,85kPa olan 1*0,5cm maske boyutu ilaveli numuneye ait olduğu gözlemlendi.



Şekil 5. 20. Zeminin %0,8 Maske Oranı ile 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

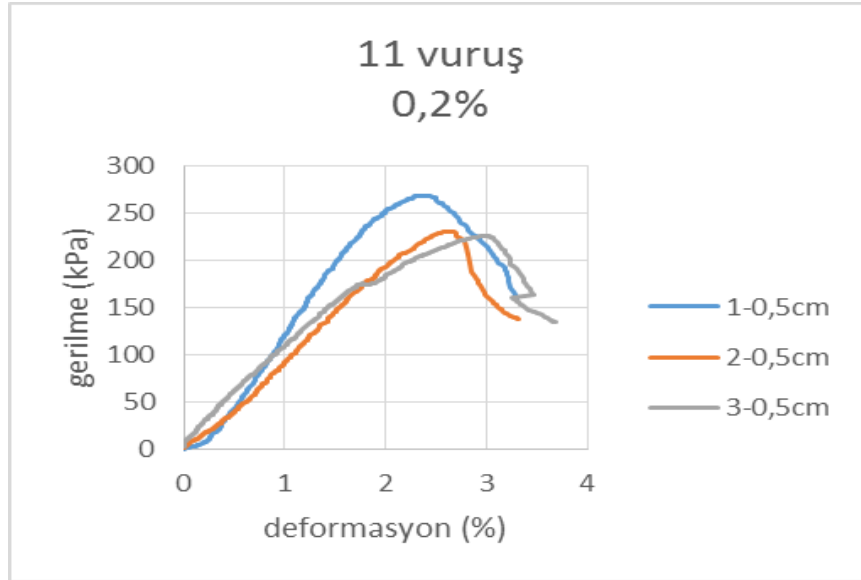
%1,0 maske oranı ve 9 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil 5.21’de verilmiştir. Deney sonuçlarına göre en yüksek değer 2*0,5cm maske ilaveli numunede 174,02kPa olarak, en düşük değer 3*0,5cm maske ilaveli numunede 133,31kPa olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. 21. Zeminin %1,0 Maske Oranıyla 9 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

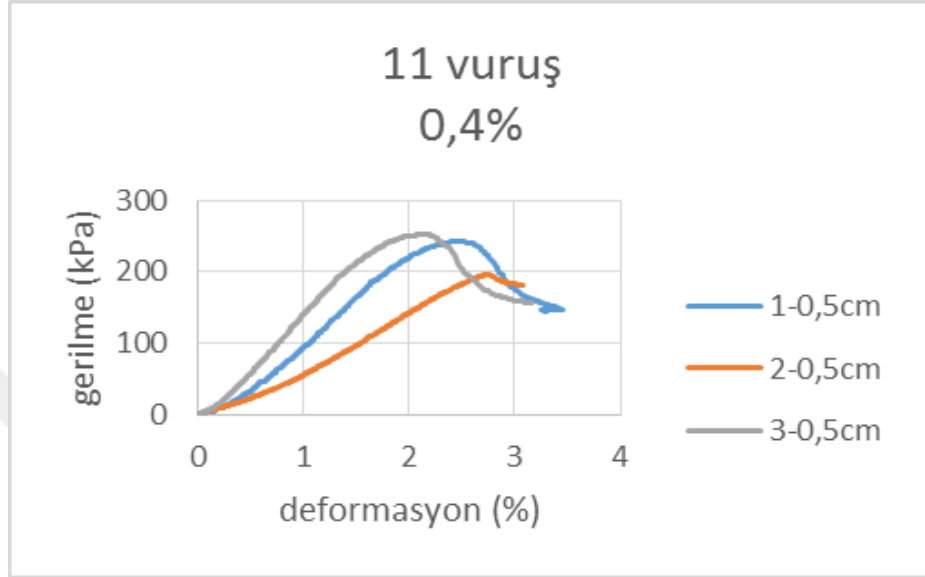
%0,2 maske oranı ve 11 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil5.22' de verilmiştir. Verilere göre en yüksek değer 1*0,5cm maske boyutu eklenerek hazırlanan numuneye ait olduğu, 268,15kPa değere ulaştığı gözlemlenmiştir. En düşük değer de 3*0,5cm boyutlu maske ilaveli numunede 225,05kPa olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. 22. Zeminin %0,2 Maske Oranıyla 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

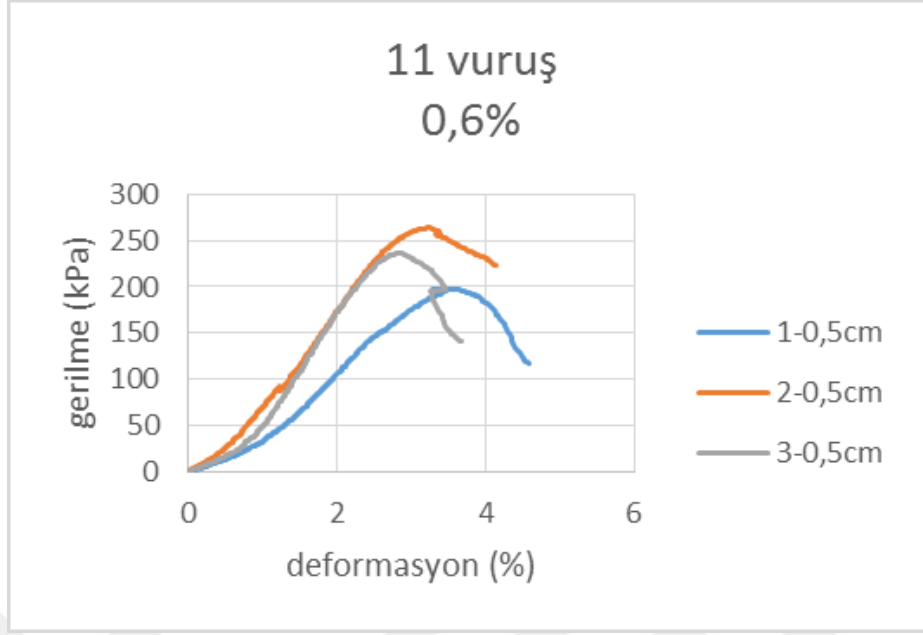
%0,4 maske oranı ve 11 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil 5.23’de verilmiştir. En yüksek değer olan 251,73kPa, 3*0,5cm boyutundaki maske ilavesi ile hazırlanan numuneye ait olduğu ve en düşük değerin 196,03kPa, 2*0,5cm maske boyutları ile hazırlanan numuneye ait olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 23. Zeminin %0,4 Maske Oranı ile 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

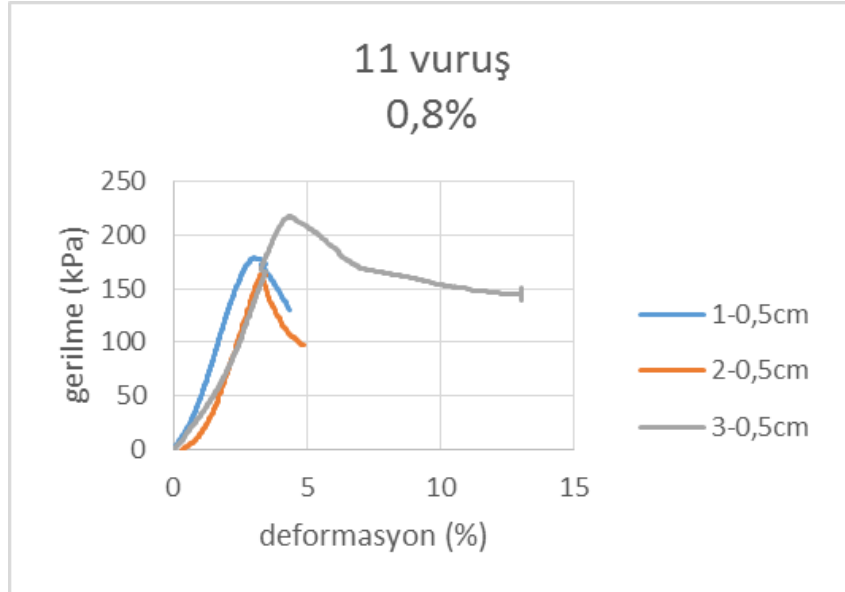
%0,6 maske oranı ve 11 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil 5.24 ‘de verilmiştir. En düşük yüksek değer 2*0,5cm maske boyutu ilavesi ile hazırlanan numuneye ait olduğu, 263,60kPa değere ulaştığı gözlemlenmiştir. En düşük değer olan 197,66kPa 1*0,5cm maske boyutu ile hazırlanan numuneye ait olduğu görülmektedir.



Şekil 5. 24. Zeminin %0,6 Maske Oranıyla 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

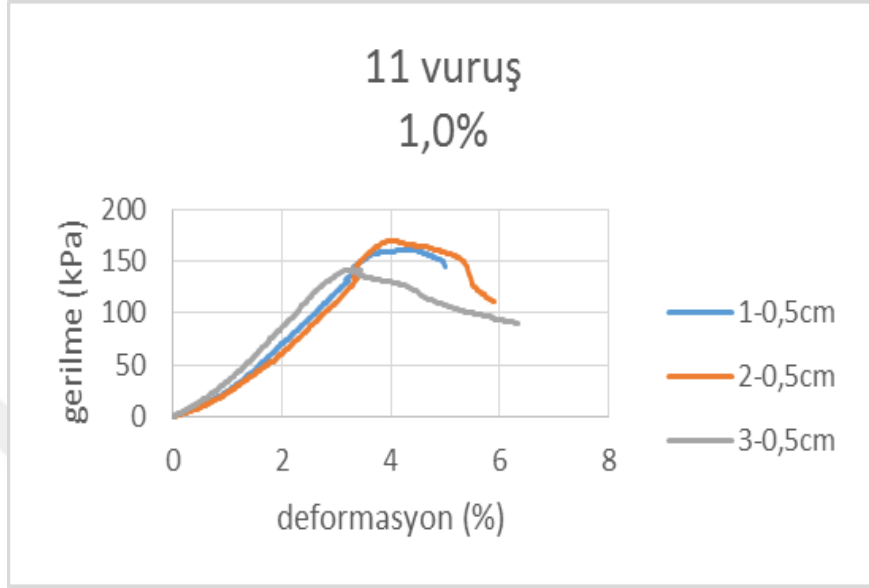
%0,8maske oranı ve 11 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil 5.25’de verilmiştir. Elde edilen değerlere göre en yüksek değere 3*0,5cm maske boyutuyla hazırlanan numunenin ulaştığı ve 217,25kPa değer aldığı görülmektedir. En düşük dayanım 168,14kPa olarak 2*0,5cm boyutlu maske ilaveli numuneye ait olduğu gözlemlendi.



Şekil 5. 25. Zeminin %0,8 Maske Oranıyla 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

%1,0 maske oranı ve 11 vuruş sayısı ile hazırlanan numunelerin serbest basınç değerleri Şekil 5.26’da verilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre en yüksek dayanım değeri olan 169,34kPa 2*0,5cm maske boyutundaki numuneye ait ve en düşük değer 142,05kPa 3*0,5cm maske boyutu ile hazırlanan numuneye ait olduğu görüldü.



Şekil 5. 26. Zeminin %1,0 Maske Oranıyla 11 Vuruşla Kompaksiyona Serbest Basınç Gerilmesi

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Tıbbi atık maske ilaveli Balıkesir Kaolin Kili ile hazırlanan numunelerin serbest basınç deneyi ile elde edilen gerilme değerleri Tablo 5.1 ‘de verilmiştir.

Tablo 5. 1. Maksimum Gerilme Değerleri

	5 VURUŞ			9 VURUŞ			11 VURUŞ		
MASKE	1*05cm	2*0.5cm	3*0.5cm	1*05cm	2*0.5cm	3*0.5cm	1*05cm	2*0.5cm	3*0.5cm
0.20%	124.26	149.25	148.71	191.87	186.31	187.34	268.15	229.94	225.05
0.40%	113.16	131.94	146.33	180.03	182.35	167.71	242.16	196.03	251.73
0.60%	102.91	120.41	144.74	183.14	183.38	180.79	197.66	263.60	236.25
0.80%	99.12	119.75	106.13	159.85	187.48	165.27	178.82	168.14	217.25
1.00%	100.39	104.35	100.14	136.97	174.02	133.31	160.80	169.34	142.05

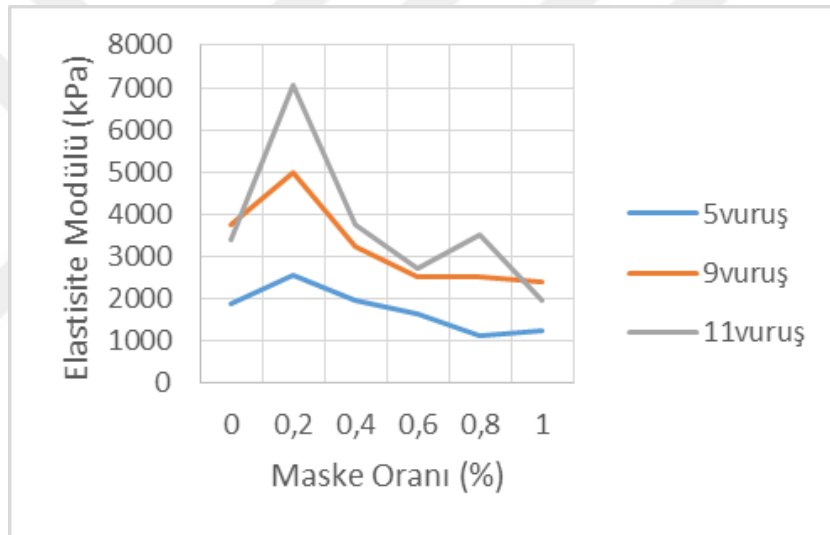
Kaynak: (Uzunkaya,2024)

Hazırlanan numunelerin elastisite modülleri incelendiği zaman numune yoğunluğu arttıkça elastisite modülünün arttığı görülmüştür. 11 vuruş yapılarak hazırlanan katkısız numune ile 9 vuruş ile hazırlanan katkısız numunenin elastisite modülünün hemen hemen aynı olduğu aşağıdaki Şekil 5. 27’te görülmektedir. En düşük elastisite modülüne sahip numuneler ise tüm katkı oranları için 5 vuruş ile oluşturulan numuneler olduğu görülmektedir. Numunelere ilave edilen tıbbi atık maske miktarı elastisite modülünde değişikliklere yol açmaktadır. Tıbbi

atık maske oranı %0,2 olduğu zaman farklı yoğunluğa sahip olan tüm numunelerde elastisite modülünün arttığı görülmüştür. Ancak en yüksek artışın 11 vuruş ile hazırlanan numunede olduğu görülmüştür.

Optimum su muhtevası değerleri farklı vuruş sayıları ve farklı tıbbi atık maske oranı ile yapılan deneylerin sonucunda en yüksek değeri alan numune içeriği %0,2 tıbbi atık maske oranı ve 11 vuruş sayısıyla hazırlanan numune olduğu görülmüştür.

Daha sonra tüm numunelerde elastisite modülünün artan tıbbi atık maske oranı ile birlikte azaldığı görülmüştür. Tıbbi atık maske oranı %0,8'den %1'e çıktığı zaman elastisite modülünde meydana gelen azalma miktarının daha az olduğu Şekil 5. 27'de görülmektedir. Bununla birlikte %0,8'lik tıbbi atık maske katkısının en yoğun numunenin elastisite modülünde artış meydana getirdiği de görülmektedir.



Şekil 5. 27. 5-9-11 Vuruş Sayısı ile Hazırlanan Numunenin, %0,0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 Oranlarda Maske İlaveli Elastisite Modülü Değerleri

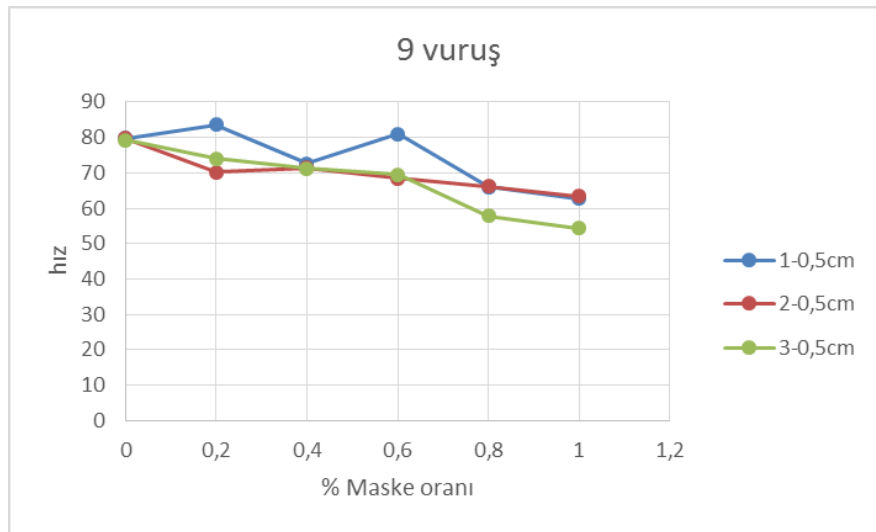
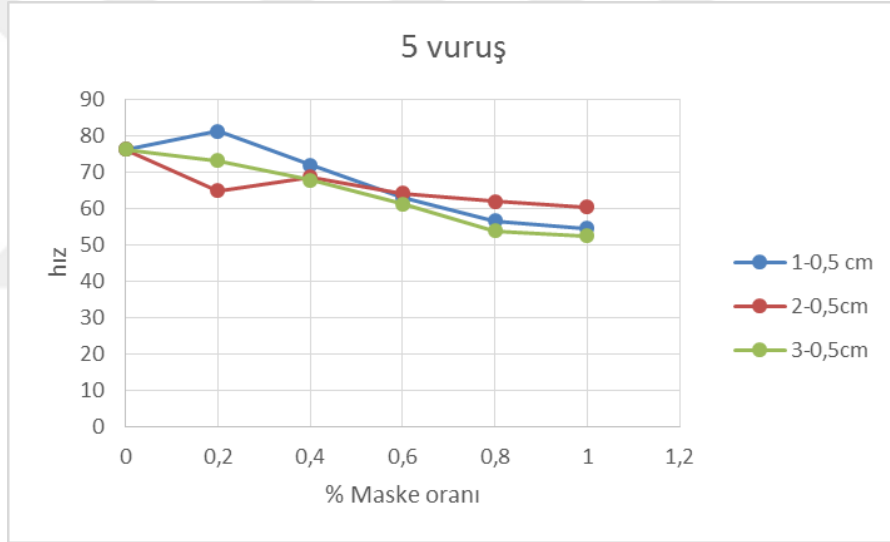
Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

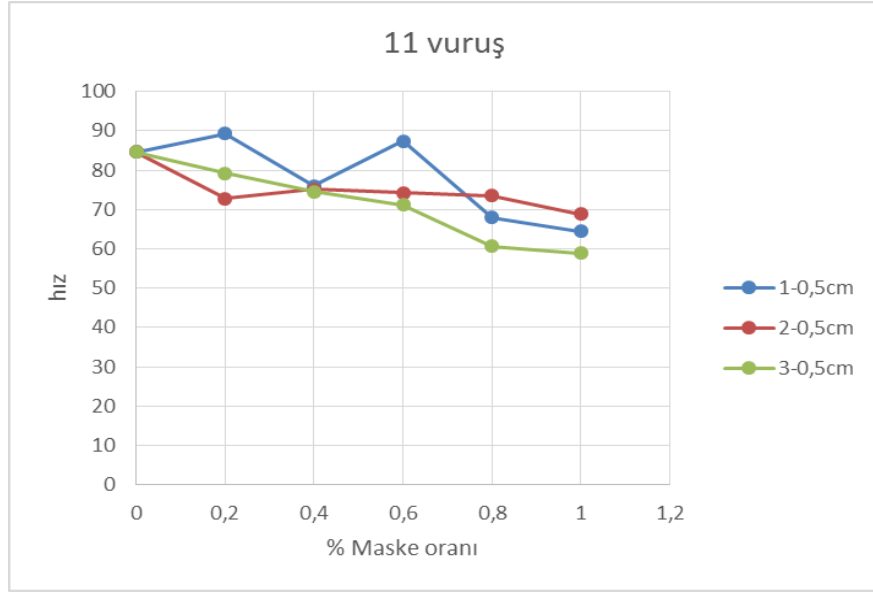
5.3. Bender Element Deneyleri

Bender element deney sonucundan elde edilen vuruş sayısına göre kayma dalgası hızları Şekil 28'de verilmiştir. Kayma dalgası hızında meydana gelen değişimin de numune yoğunluğuna bağlı olduğu yoğunluk tablolarında açık bir şekilde görülmektedir. Numune yoğunluğu en düşük olacak şekilde hazırlanan numunelerde %0,2 tıbbi atık maske ilavesinin kayma dalgası hızını arttırdığı görülürken, 9 ve 11 vuruş yapılarak hazırlanan numunelerde kayma dalgası hızının %0,4 tıbbi atık maske içeriğine kadar azaldığı görülmüştür. Ancak 5 vuruş yapılarak hazırlanan numunelerde ise kayma dalgası hızı %0,2 tıbbi atık maske içeriği ile

artmış ve %0,4 tıbbi atık maske içeriği ile azalmıştır. Tüm farklı birim hacim ağırlıktaki numunelerde %0,6 tıbbi atık maske oranının kayma dalgası hızını arttırdığı görülmektedir. %0,6 oranındaki tıbbi atık maske oranından sonra kayma dalgası hızı 11 ve 9 vuruşluk numuneler için azalırken, 5 vuruşluk numunenin kayma dalgası hızının arttığı görülmüştür. %1'lik tıbbi atık maske içeren tüm numunelerin kayma dalgası hızlarının hemen hemen aynı olduğu yine Şekil 5.28'de görülebilmektedir.

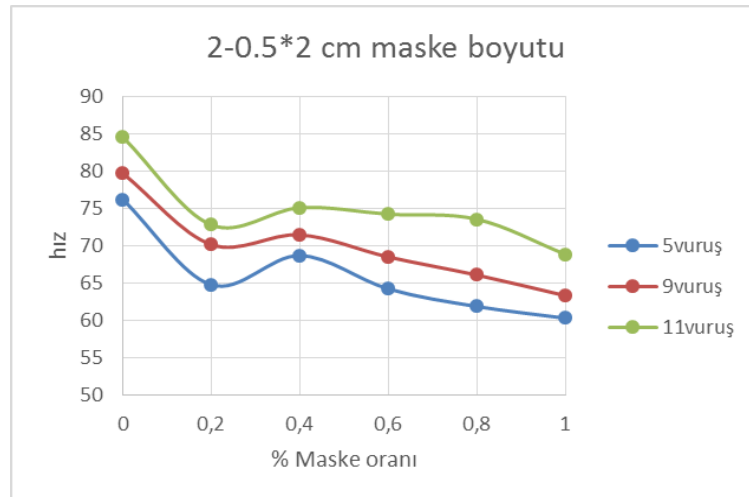
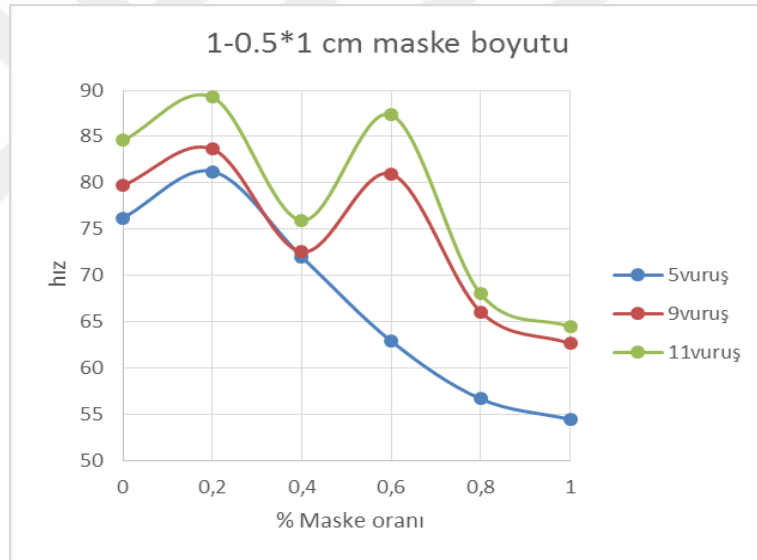
Yapılan tüm farklı deney sonuçlarına göre, en büyük kayma dalgası hızı değerinin %0,2 tıbbi atık maske ilaveli 1*0,5cm maske boyutlu 11 vuruşla hazırlanan numuneler olduğu anlaşılmıştır. Hız değeri 89 m/s olarak ölçülmüştür. %0,2 tıbbi atık maske oranı ve 5 vuruş sayısı ile hazırlanan numunenin kayma dalgası hızında artış olduğu görülmüş, değeri 85 m/s olarak ölçülmüştür. En düşük değer olarak ölçümü yapılan 5 vuruş sayısı ve %10 tıbbi atık maske oranı ilavesi ile 3*0,5cm maske boyutu ile yapılan numune deney sonucu 52,52 m/s'dir.

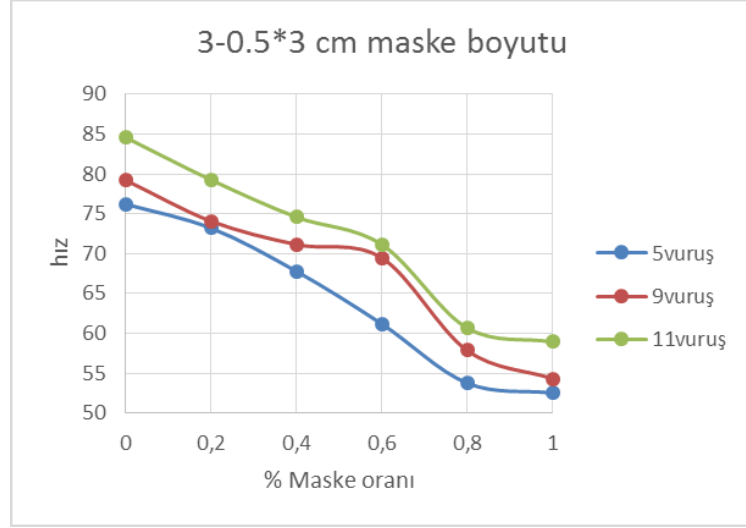




Şekil 5. 28. Bender Element vuruş sayısına göre

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

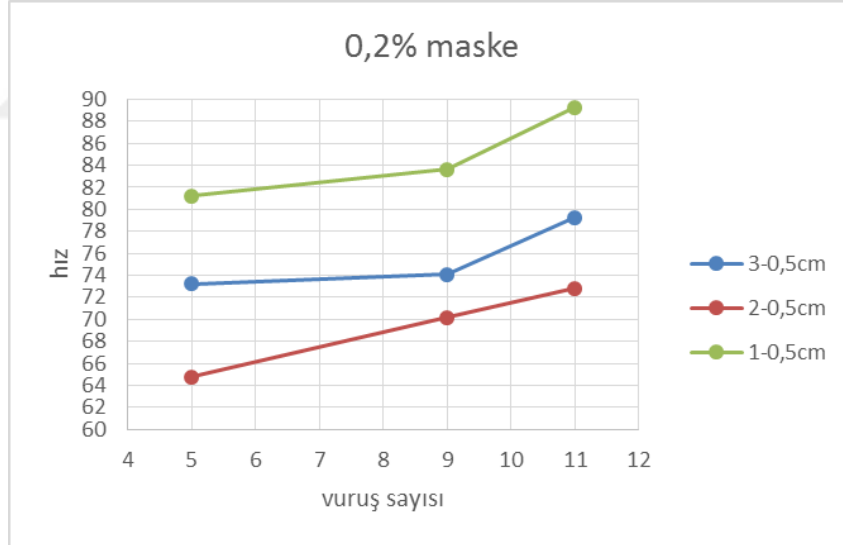


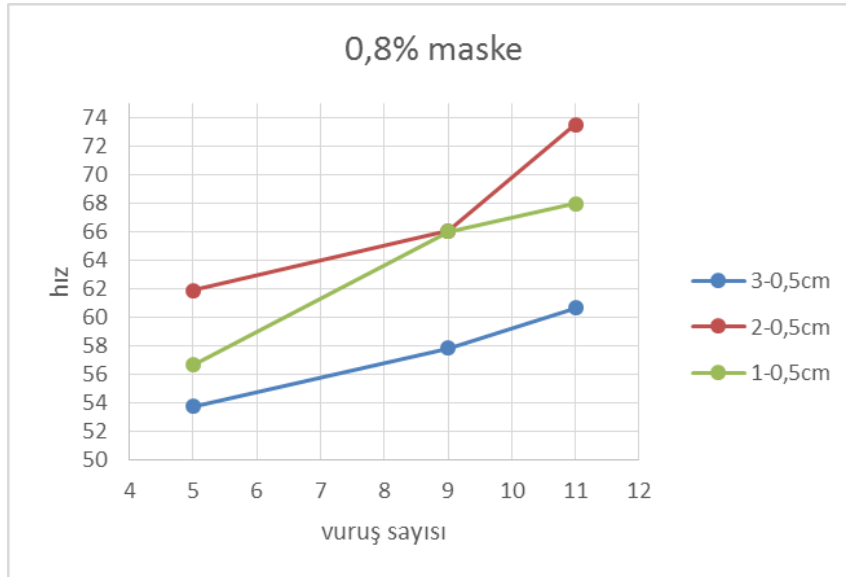
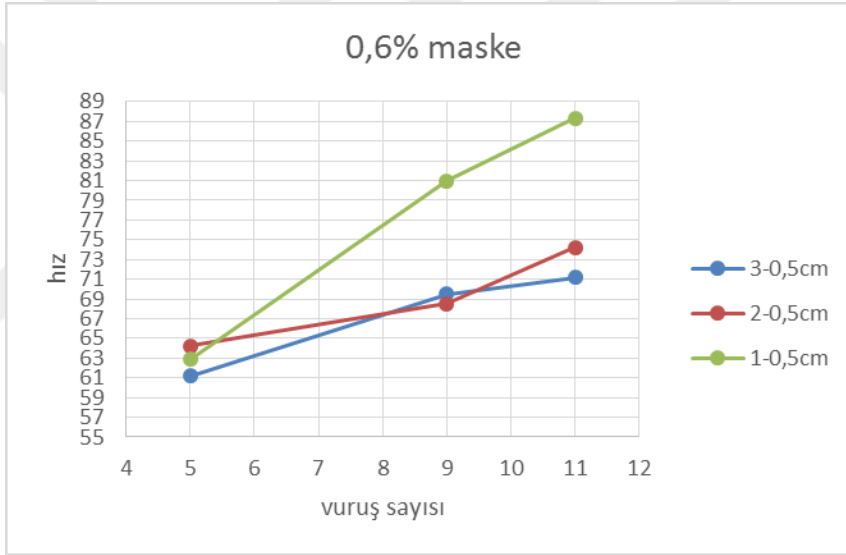
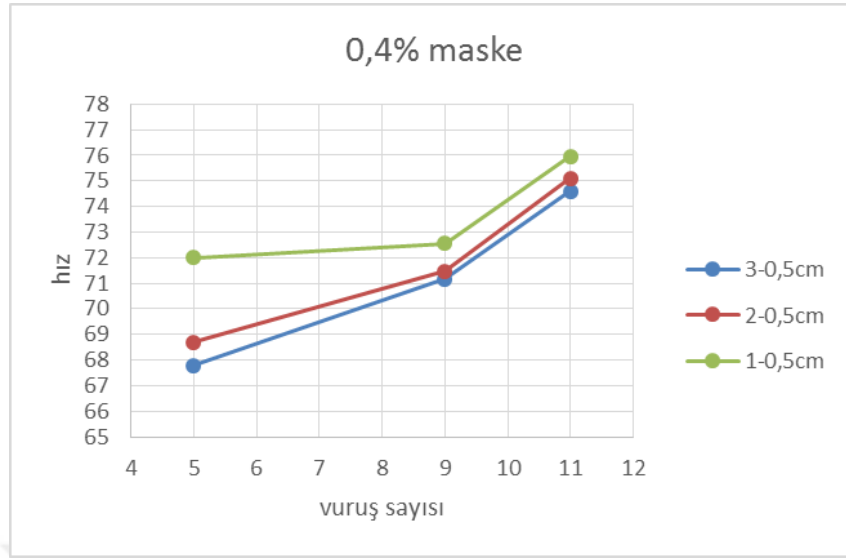


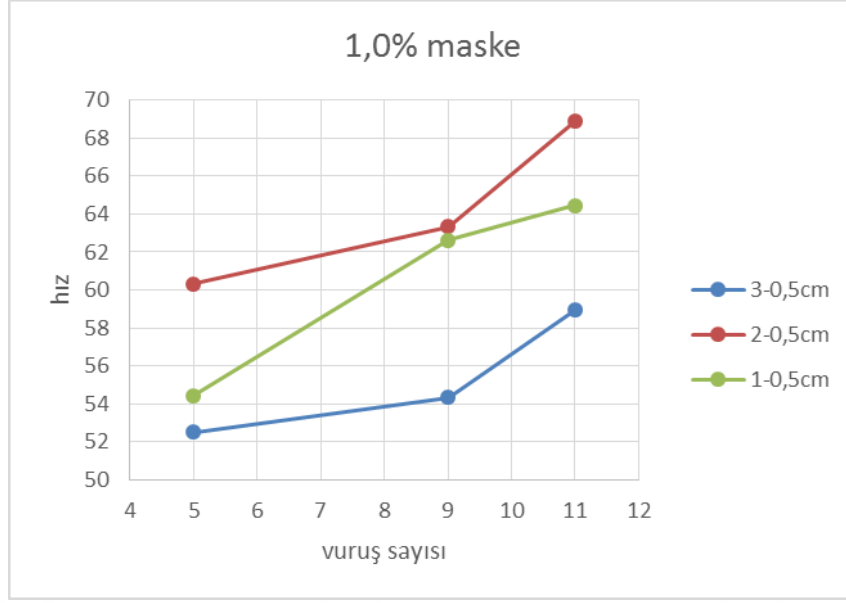
Şekil 5. 29. Bender Element maske boyutuna göre

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Yapılan bender element deneylerinde, farklı maske oranlarıyla hazırlanan numunelerin kayma dalgası hızı grafikleri Şekil5.30’da verilmiştir.







Şekil 5. 30. Bender Element Maske İçeriğine Göre

Kaynak: (Uzunkaya, 2024)

Tablo 5. 2. %0 oranla atık yüz maske Bender Element deney sonuçları

%0 oranla maske	
Vuruş	Kayma Dalga Hızı
5vuruş	76,22
9vuruş	79,72
11vuruş	84,58

Kaynak: (Uzunkaya,2024)

Yapılan serbest basınç deneylerinden elde edilen önemli parametrelerden bir tanesi de numunelerin kırılma anında gösterdikleri deformasyon miktarlarıdır. Tablo 5. 3'te farklı tıbbi atık maske miktarları için numunelerin kırılma anındaki deformasyon miktarları verilmiştir. Tablo 5. 3'e göre tıbbi atık maske eklenen tüm numunelerin kırılma anındaki deformasyon miktarlarının arttığı görülmektedir. Kırılma anında meydana gelen artış miktarının da numune yoğunluğuna bağlı olduğu, numune yoğunluğu azaldıkça, kırılma anındaki deformasyon miktarında azalma olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 5. 3. Zemin Deformasyon Yüzdesi Değerleri

	MASKE ORANI					
VURUŞ SAYISI	0,00%	0,20%	0,40%	0,60%	0,80%	1,00%
5	2,00	2,72	3,41	3,81	5,11	5,46
9	2,61	2,47	3,40	5,55	4,71	4,31
11	3,03	2,21	4,01	4,45	5,15	6,50

Kaynak: (Uzunkaya,2024)

Yapılan çalışmada kullanılan numunelerin maske oranlarına, vuruş sayısına ve maske boyutlarına göre elde edilen yoğunluk verileri Tablo 5.4 de verilmiştir.

Tablo 5. 4. Zeminin Kompaksiyon Numune Yoğunluğu

2-0.5cm MASKE Yoğunluk													
5 vuruş					9 vuruş				11 vuruş				
Maske %	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	
0	778,000	553,896	1,417	13,897	837,000	553,896	1,441	14,133	842,500	553,896	1,521	14,921	
0,2	800,430	553,896	1,445	14,176	856,067	553,896	1,546	15,162	843,000	553,896	1,455	14,277	
0,4	792,733	553,896	1,431	14,040	836,566	553,896	1,510	14,816	863,467	553,896	1,559	15,293	
0,6	792,100	553,896	1,430	14,029	838,300	553,896	1,513	14,847	838,767	553,896	1,514	14,855	
0,8	761,533	553,896	1,375	13,487	808,800	553,896	1,460	14,325	810,300	553,896	1,463	14,351	
1	766,500	553,896	1,384	13,575	803,100	553,896	1,450	14,224	825,000	553,896	1,489	14,611	
1-0.5cm MASKE Yoğunluk													
5 vuruş					9 vuruş				11 vuruş				
Maske %	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	
0	778,000	553,896	1,417	13,897	837,000	553,896	1,441	14,133	842,500	553,896	1,521	14,921	
0,2	788,333	553,896	1,423	13,962	840,000	553,896	1,517	14,877	867,000	553,896	1,565	15,355	
0,4	805,500	553,896	1,454	14,266	834,333	553,896	1,506	14,777	859,000	553,896	1,551	15,214	
0,6	810,667	553,896	1,464	14,358	834,667	553,896	1,507	14,783	852,333	553,896	1,539	15,096	
0,8	788,333	553,896	1,423	13,962	826,333	553,896	1,492	14,635	830,500	553,896	1,499	14,709	
1	764,333	553,896	1,380	13,537	808,667	553,896	1,460	14,322	820,667	553,896	1,482	14,535	
3-0.5cm MASKE Yoğunluk													
5 vuruş					9 vuruş				11 vuruş				
Maske %	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	m(gr)	v(cm3)	d (g/cm3)	d (Kgf)	
0	778,000	553,896	1,405	13,779	837,000	553,896	1,441	14,133	842,500	553,896	1,521	14,921	
0,2	873,000	553,896	1,576	15,462	926,666	553,896	1,673	16,412	952,000	553,896	1,719	16,861	
0,4	875,333	553,896	1,580	15,503	923,666	553,896	1,668	16,359	836,666	553,896	1,511	14,818	
0,6	782,000	553,896	1,412	13,850	842,666	553,896	1,521	14,924	844,000	553,896	1,524	14,948	
0,8	781,000	553,896	1,410	13,832	847,000	553,896	1,529	15,001	889,333	553,896	1,606	15,751	
1	790,000	553,896	1,426	13,992	786,333	553,896	1,420	13,927	791,000	553,896	1,428	14,009	

Kaynak: (Uzunkaya,2024)

5.4. Analizlerin Karşılaştırması ve Sonuçları

Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre serbest basınç dayanımında en yüksek artışı meydana getiren tıbbi atık maske oranının %0,2 olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonucun literatürde yer alan sınırlı sayıdaki çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Ullah ve diğ. (2023) yaptıkları çalışmada, en yüksek serbest basınç dayanımını %0,2 maske oranı ile yaptıkları numuneden elde etmişlerdir (Ullah ve diğ., 2023).

Tıbbi atık maske ilavesindeki artış ile birlikte numunelerin yenilmeden önceki gerçekleştirdiği şekil değiştirme arttığı görülmüştür. Bunun sebebi ise numune içerisinde kırılmaya neden olacak olan çatlakların ilerlemesinin kullanılan tıbbi atık maskeler tarafından engellemesi veya geciktirilmesinden kaynaklanmaktadır.

Numune üzerinde oluşacak olan veya ilerleyecek olan bu çatlaklar için daha fazla enerji gerektireceği için numunelerin hem dayanımında hem de kırılma anındaki deformasyon miktarında artış meydana gelmektedir.

Yapılan bender element deneylerinde 5 vuruş yapılarak oluşturulmuş numuneye %0,2'lik tıbbi atık maske ilavesinin kayma dalgası hızını arttırdığı görülmüştür. Kayma dalgası hızının numune yoğunluğu ile ilgili olduğu literatürde yer alan çalışmalarda ifade edilmiştir (Jin vd., 2000; Hussien ve Karray, 2015; Anbazhagan vd., 2016). Dolayısıyla numuneye ilave edilen tıbbi atık maske miktarının numunenin yoğunluğunda kayda değer bir değişim meydana getirmediği Tablo 4. 3'te görülmektedir. Dolayısıyla eklenen tıbbi atık maskelerin numunenin boşluk oranında azalma meydana getirerek kayma dalgası hızında artış meydana getirdiği düşünülmektedir.

Ancak 9 ve 11 vuruş ile hazırlanan numunelerde eklenen tıbbi atık maskelerin numune yoğunluğunda kayma dalgası hızında azalma meydana getirdiği görülmüştür. Ancak tıbbi atık maske oranı %0,6 olduğu zaman kayma dalgası hızında bir artışa neden olmuştur. %0,6'lık tıbbi atık maske içeriğinden sonra kayma dalgası hızında bir miktar daha düşüş olsa da artan tıbbi atık maske oranıyla kayma dalgası hızının sabit kaldığı görülmektedir. Bunun sebebi ise, artan maske içeriğine rağmen numune yoğunluğunun önce neredeyse sabit kalması ve daha sonra artmasından kaynaklanmaktadır.

Maske içeriğinin artmasıyla 11 ve 9 vuruşluk numunelerde birim hacim ağırlık artmasının sebebi ise kompaksiyon sırasında maskelerin enerjiyi numune içerisinde daha düzgün yayması ve bunun sonucunda daha iyi bir sıkışma sağlaması şeklinde değerlendirilmektedir. 5 vuruşluk numune de ise %0,6'lık tıbbi atık maske oranından sonra numune birim hacim ağırlıklarının sabit kaldığı ve aynı zamanda kayma dalgası hızının artan

tıbbi atık maske oranıyla birlikte kayma dalgası hızının arttığı görülmüştür. Bunun sebebinin yukarıda 11 ve 9 vuruş ile hazırlanan numunelerle aynı olduğu düşünülmektedir.

Hesaplanan elastisite modüllerine bakıldığı zaman %0,2 tıbbi atık maske katkısına sahip numunelerde tüm birim hacim ağırlıklarda en yüksek elastisite modülüne sahip oldukları görülmüştür.

Tıbbi atık maske miktarı daha da arttıkça elastisite modülünün düştüğü görülmüştür. Bu durum ise numunelerin kırılma anındaki deformasyonlarına bakılarak anlaşılabilmektedir. Maske katkısız numunelerin kırılma anındaki deformasyonları ile %0,2 tıbbi atık maske katılmış numunelerin kırılma anındaki deformasyon miktarları karşılaştırıldığı zaman %0,2 oranında maske katılmış numunelerin kırılma anındaki deformasyonlarının daha düşük olduğu Tablo 5. 3'te görülebilmektedir.

Benzer şekilde Şekil 5. 9 ile Şekil 5.11 incelendiği zaman %0,2 oranında tıbbi atık maske katılan numunelerin dayanımlarının da maskesiz zeminlerin dayanımlarından yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle %0,2 oranında tıbbi atık maske katılan numunelerin elastisite modülü maskesiz numunelere göre daha yüksek çıkmıştır. Ancak, artan maske oranıyla birlikte numunelerin kırılma anında meydana gelen deformasyon miktarında büyük artışlar meydana gelmiştir.

Her ne kadar numunelerin mukavemetleri artsa da, kırılma anında meydana gelen deformasyonların artış miktarı dayanıma göre daha fazla olmasından dolayı elastisite modülü düşmüştür.

6. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

Çalışma kapsamında Balıkesir kaolin kiline ait doğal bir kil numunesi elekten elenmiştir. Deneylerde kullanılan kil numunesine ait fiziksel özellikleri yer almıştır. Katkılı madde eklenmeden önce özgül ağırlığı ASTM D854'e göre belirlenmiştir. Daha sonra plastik limit ve likit limit ASTM D4318'e göre belirlenmiştir.

Balıkesir kaolin kiline ait doğal bir kile tıbbi atık yüz maske katkısının, maskelerinin boyutları ve oranların değişikliklerine bağlı olarak doğuracak zemin etkileri bu çalışma ortamında incelenmiştir. Kil zeminin numunelerine %0,2, %0,4, %0,6, %0,8, %1 ve boy olarak 1*0,5 cm, 2*0,5 cm ve 3*0,5 cm uzunluğundaki rastgele karıştırarak kompaksiyon çıkan ağırlığı, serbest basınç ve Bender element araştırılmıştır.

Bu çalışmada, tıbbi atık yüz maskesinin fiberler katkılarıyla çok kötü derecelenmiş zeminin serbest basınç dayanımı ve Bender element deneylerin özelliklerinin etkileri incelendiğinde elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

Kıvam limitlere göre sorunlu bir zemin ortaya çıkmıştır. Zemin sınıfı USCS'ye göre CL kil zemindir. Bu kil zemine tıbbi atık yüz maskeleri ile bir çözüm almaya hayal edilmiştir.

Doğal kil üzerinde yapılan Standart Proktor deney sonuçlarında kil numunenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı (KBHA) 12,85 kN/m³ ve optimum su muhtevası ise %31 olarak bulunmuştur.

Yapılan serbest basınç deneylerine göre, serbest basınç dayanımı numune yoğunluğu artarken artmaktadır. Benzer şekilde birim hacim ağırlık arttıkça numunelerin kırılma anındaki deformasyon miktarlarında da artış gözlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada farklı oranlardaki tıbbi atık maske ilavesinin düşük plastisiteli bir kilin kayma dalgası hızına ve serbest basınç mukavemetine olan etkileri incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Tıbbi atık maske ilavesinin numune birim hacim ağırlığını azalttığı görülmüştür. Tıbbi atık maskesiz numunenin birim hacim ağırlığı ne kadar yüksekse, tıbbi atık maske ilavesi birim hacim ağırlığı o kadar fazla düşürmektedir. Tıbbi atık maske ilavesindeki artış ile birlikte numunelerin yenilmeden önceki gerçekleştirdiği şekil değiştirme arttığı görülmüştür.

Tıbbi atık maske ilavesinin %0,2 0,5*1 cm boyutla olduğu zaman en yüksek serbest basınç mukavemeti elde edilmiştir.

Tıbbi atık maske ilavesiz numunelerde 9 ve 11 vuruş ile hazırlanan numunelerin elastisite modülleri yaklaşık olarak birbirlerine eşit iken, 5 vuruş ile hazırlanan numunenin elastisite modülü en düşük olarak hesaplanmıştır.

Tıbbi atık maske ilavesinin numunelerin kırılma anındaki deformasyonlarını arttırdığı görülmüştür.

9 ve 11 vuruşluk numunelerin kayma dalgası hızları tıbbi atık maske ilavesiyle birlikte azalmaktadır.

5 vuruşluk numunelerde %0,2'lik tıbbi atık maske ilavesi kayma dalgası hızını arttırırken daha fazla tıbbi atık maske ilavesi kayma dalgası hızının azalmasına neden olmuştur.

Deney çalışmaları sonucunda genel olarak tıbbi atık yüz maskeleri ile zemin dayanım yükselmiştir. Daima her kesim boyutlara göre dayanım da farklılık göstermiştir.

KAYNAKÇA

- Ak, Ö.** (2020). “COVID-19’un Başka Bir Sonucu: Plastik Salgını”, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 2020(10), s. 26-35.
- Anadolu Agency.** (2023). “Dünyada 2020’de bir dakikada 3 milyon maske kullanıldı”. [Erişim: 10.12.2023, <https://www.aa.com.tr/tr/info/infografik/25449>]
- Anbazzhagan, P., Uday, A., Moustafa, S. S., & Al-Arifi, N. S.** (2016). Correlation of densities with shear wave velocities and SPT N values. *Journal of Geophysics and Engineering*, 13(3), s. 320-341.
- ASTM D4318.** (2018). “Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils”, ASTM International, West Conshohocken-PA, USA.
- ASTM D854.** (2014). “Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer”, ASTM International, West Conshohocken-PA, USA.
- ASTM D8295-19.** (2019). “Standard Test Method for Determination of Shear Wave Velocity and Initial Shear Modulus in Soil Specimens Using Bender Elements”, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D2166.** (2006). “Standard Specification for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil”, West Conshohocken, PA, USA.
- Arkoç, O.** (2017). *INS13204 GENEL JEOFİZİK VE JEOLJİ*. [Erişim: 28.04.2021, <https://silo.tips/download/ins13204-genel-jeofzk-ve-jeoloj>]
- Amieva E. J-C., Velasco-Santos C., Martinez-Hernandez A. L., Rivera-Armenta J. L., Mendoza Martinez A. M. ve Castan V. M.,** 2015“Composites from chicken feathers quill and recycled polypropylene”, *Journal of Composite Materials*, 49(3), s. 275–283.
- Ayothiraman R., Singh, A.,** “Improvement of Soil Properties by Basalt Fibre Reinforcement”, *IDFI-PFSF 2017 Conference, Melbourne*, s. 404-412.
- Bartels T.** 2003 “Variations in the morphology, distribution, and arrangement of feathers in domesticated birds”, *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*, 298(1), s. 91-108.
- Cao Z., Ma Q. ve Wang H.** 2019, “Effect of Basalt Fiber Addition on Static-Dynamic Mechanical Behaviors and Microstructure of Stabilized Soil Compositing Cement and Fly Ash”, *Advances in Civil Engineering*, s. 1-20.

Cheng, Z., & Leong, E. C. (2018). *Determination of damping ratios for soils using bender element tests. Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 111, s. 8-13.

Darcy, H. (1856). “Les fontaines publiques de la ville de Dijon: exposition et application”, Victor Dalmont, Paris.

Danso H., Martinson D. B., Ali M., Williams J., 2015, “Effect of Fibre Aspect Ratio on Mechanical Properties of Soil Building Blocks”, *Construction and Building Materials*, 83, s. 314-319.

Ghadr, S., Chen, C. S., Liu, C. H., & Hung, C. (2022). Mechanical behavior of sands reinforced with shredded face masks. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81(8), 317.

Hussien, M. N., & Karray, M. (2015). Shear wave velocity as a geotechnical parameter: an overview. *Canadian Geotechnical Journal*, 53(2), 252-272.

Ingale, R., Patel, A., & Mandal, A. (2020). Numerical modelling of bender element test in soils. *Measurement*, 152, 107310.

Işık F., Akbulut R. K., Zaimoğlu A. Ş. ve Arasan S. 2015 “Kil Zeminlerin İyileştirmesinde Atık Doğal Liflerin Kullanabilirliği”, 6. *Geoteknik Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi, Adana*.

Jin, S., Cambois, G., & Vuillermoz, C. (2000). Shear-wave velocity and density estimation from PS-wave AVO analysis: *Application to an OBS dataset from the North Sea. Geophysics*, 65(5), s. 1446-1454.

Kenan A. 2018, *Bazalt Fiber Katkısının Siltli Zeminlerin Kayma Direnci Parametrelerine Etkisi*, Yüksek Lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Ndepete C. P. 2017, *Bazalt Fiber Katkısının Siltli Zeminlerde Kayma Direncine Etkisi*, Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Pastorino, B., Touret, F., Gilles, M., de Lamballerie, X., & Charrel, R. N. (2020). Heat inactivation of different types of SARS-CoV-2 samples: what protocols for biosafety, molecular detection and serological diagnostics. *Viruses*, 12(7), s. 735.

Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G., Zhang, Y. (2020). “(Micro) plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change”, *Journal of Cleaner Production*.

Rao A., V., Satapathy A. ve Mishra S. C. 2007 “Polymer Composites Reinforced with Short Fibers Obtained from Poultry Feathers”, *Proceedings of International and INCCOM-6 Conference Future Trends in Composite Materials and Processing*, Indian Institute of Technology, Kanpur.

Sarı Ö.F., Özdemir S. 2018. *Tavuk Kesimhane Atıklarının Yönetimi ve Alternatif Değerlendirme Yöntemleri*. [Erişim: Aralık 12 2023, <https://www.stb.org.tr/Dosyalar/Arastirmalar/tavuk>]

T.C. Ministry of Environment, Urbanisation and Climate Change. (2021). *2020/12 sayılı Bakanlık Genelgesi*. [Erişim: 12 Aralık 2023, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/gng2020-16-cov-d-19-20200408101457.pdf>]

T.C. Resmî Gazete. *Paris Anlaşması'nın Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun*. [Erişim: 1 Aralık 2023, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/10/20211007.pdf>]

Terzaghi, K. (1925). "Principles of soil mechanics, IV-Settlement and consolidation of clay", *Engineering News-Record*, 95(3), s. 874-878.

Ullah, I., Khalid, U., Shah, M. M., Khan, I., & Ijaz, N. (2023). Integrated recycling of geopolymerized quarry dust and bagasse ash with facemasks for the balanced amelioration of the fat clay: a multi-waste solution. *Environmental Earth Sciences*, 82(21), s. 1-21.

Rehman, Z., & Khalid, U. (2021). Reuse of COVID-19 face mask for the amelioration of mechanical properties of fat clay: A novel solution to an emerging waste problem. *Science of The Total Environment*, 794, 148746.

Kalemtaş A.(2023).Malzeme Bilimi,[<https://docplayer.biz.tr/106718947-Mmm291-malzeme-bilimi.html>]

Kenan, A. (2018). “Bazalt fiber katkısının siltli zeminlerin kayma direnci parametrelerine etkisi”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Şenkan, S. (2017). “Cbr test sonuçlarının üç eksenli deney sonuçları ile korelasyonunun değerlendirilmesi”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sümbül M. (2023) “Cam Elyaf Takviyeli Polyester (Ctp) Katkısının İnce Daneli Zemin Özelliklerine Etkisi”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Ural, N. (2011). Zemin Dinamiği Deneylerinde Bilgisayar Kontrollü Sistemlerin Kullanılması. *6th International Advanced Technologies Symposium*, Elazığ-Turkey, s. 35-39.

Wang, Z., Zhang, W., Wei, M., Wang, P., & Li, D. (2023). Mechanical and deformation behavior of clay reinforced by discarded mask fibers. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139485.

World Health Organization. (2023). “Mask use in the context of COVID-19: interim guidance”. [Erişim: 12 Aralık 2023, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/337199>]

Tunçdemir, F. (2004). Temel Zeminlerinin Enjeksiyon Tekniğiyle İyileştirilmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri* , 430, s. 59-64.

Unutmaz, B. (2015), Tünel Çevresi Zeminlerin Deprem Sonrası Davranışı, 6. *Geoteknik Sempozyumu*, 26-27 Kasım, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Yeşilodak. *Amsterdam'daki Bisiklet ve Yaya Tüneli Cuyperspassage Eski Şehir ile Yeni Şhiri Birbirine Bağlıyor.* [Erişim: 18.03.2021, <https://www.yesilodak.com/cuyperspassage-yaya-bisiklet-tuneli>]

Yıldırım, E. Ü. vd. (2010), Kil Zeminde Tünel Açılması: Koska Bölgesi, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onüçüncü Ulusal Kongresi*, 30 Eylül- 1 Ekim, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.