

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**JET ENJEKSİYON YÖNTEMİ İLE ZEMİN İYİLEŞTİRME VE  
GÜNCEL YÖNETMELİKLERDE İYİLEŞME ÖNERİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Engin TAŞÇI**

**İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**MAYIS 2021**

**T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**JET ENJEKSİYON YÖNTEMİ İLE ZEMİN İYİLEŞTİRME VE  
GÜNCEL YÖNETMELİKLERDE İYİLEŞME ÖNERİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Engin TAŞÇI  
(181282003)**

**İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Mert TOLON**

**MAYIS 2021**



**T.C.**  
**İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ**

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, **İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans** Programı **181282003** numaralı öğrencisi **Engin TAŞCI'nın** tez çalışması, **21.05.2021** tarihinde yapılan tez savunma sınavında aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği / oy çokluğu** ile **Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.**

**Öğretim Üyesi Adı Soyadı**

- 1) Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Ü. Mert TOLON
- 2) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Ü. Redvan GHASEMLOUNIA
- 3) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Ü. Nil Taylan KUTLU

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Jet Enjeksiyon Yöntemi ile Zemin İyileştirme ve Güncel Yönetmeliklerde İyileşme Önerileri” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar ki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’ da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim (17/05/2021).

Engin TAŞÇI / İmza



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimimin ve sonrasında tez çalışmamın her aşamasında özveriyle yakından ilgilenen, desteğini, değerli bilgi ve tavsiyeleriyle her zaman hissettiren kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mert Tolon' a en samimi teşekkürlerimi sunuyorum. Maddi ve manevi olarak hayatımın her döneminde olduğu gibi yine yanımda olan aileme de çok teşekkür ederim, iyi ki varsınız.

Mayıs 2021

Engin TAŞÇI  
(İnşaat Mühendisi)

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR .....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI .....	4
2.1 Geoteknik Mühendisliği Açısından Zeminin Tanımlanması .....	4
2.1.1 Tanımlar .....	4
2.1.2 Zemin tipleri .....	4
2.1.3 Zemin iyileştirme neden gereklidir? .....	5
2.2 Zemin İyileştirme .....	7
2.2.1 Zemin iyileştirmenin temel ilkeleri .....	10
2.2.1.1 Zeminlerde hacimsel kararlılık.....	13
2.2.1.2 Zeminlerin taşıma kapasitesi .....	13
2.2.1.3 Zeminlerin geçirgenliği (Permeabilite) .....	13
2.2.1.4 Zeminlerin sıkıştırılabilirliği ve konsolidasyonu .....	14
2.2.1.5 Zeminlerin stabilitesi .....	15
2.2.1.6 Zeminlerin sıvılaşması .....	15
2.2.2 Mekanik yöntemlerle zemin iyileştirme.....	17
2.2.3 Zeminlerin hidrolik iyileştirilmesi .....	22
2.2.4 Termal yöntemlerle zemin iyileştirme .....	24
2.2.5 Fiziksel ve kimyasal yöntemlerle zemin iyileştirme .....	25
2.2.5.1 Katkı maddeleri kullanarak zemin iyileştirme .....	25
2.2.5.2 Takviye kullanarak zemin iyileştirme .....	26
2.2.5.3 Enjeksiyon yöntemi ile zemin iyileştirme .....	27
2.2.5.3.1 Permeasyon (Emdirme) enjeksiyonu .....	29
2.2.5.3.2 Kompaksiyon (Sıkıştırma) enjeksiyonu .....	30
2.2.5.3.3 Çatlatma (Telafi) enjeksiyonu .....	32
2.2.5.3.4 Jet grout enjeksiyonu.....	33
2.2.5.4 Enjeksiyon yöntemlerinin uygulama alanları.....	34
2.3 Jet Grout Yöntemi ve Tarihçesi .....	35
2.3.1 Jet grout sistemi.....	36
2.3.1.1 Jet grout ekipmanları.....	38
2.3.1.2 Jet grout teknikleri.....	39
2.3.1.3 Tek akışkanlı sistem (Jet 1).....	39
2.3.1.4 Çift akışkanlı system (Jet 2).....	40
2.3.1.5 Üç akışkanlı sistem (Jet 3).....	41
2.3.1.6 Süper jet sistemi (Süper Jet).....	42
2.3.2 Jet grout sistem seçimi .....	43

2.3.3 Jet grout kolon üretim parametreleri .....	43
2.3.3.1 Enjeksiyon basıncı.....	45
2.3.3.2 Tij dönme hızı.....	46
2.3.3.3 Tij çekme hızı.....	47
2.3.3.4 Su/Çimento oranı.....	47
2.3.3.5 Püskürtme ucu (Nozül) çapı .....	48
2.3.4 Farklı zemin türlerine göre üretim parametreleri .....	49
2.3.5 Jet grout karışımında kullanılacak çimento miktarının hesaplanması.....	50
2.3.6 Jet grout kolonlarının taşıma kapasitesi .....	52
2.3.7 Jet grout kolon oturma analizi .....	55
2.3.8 Jet grout kolonların uygulama alanları .....	58
2.3.9 Jet grout kolon kontrol parametreleri .....	60
2.3.9.1 Test jet grout kolon imalatı ve çap kontrolü.....	60
2.3.9.2 Test jet grout kolonu taşıma gücü kontrolü.....	61
2.3.9.3 Kazık yükleme testi .....	62
2.3.9.4 Kazık süreklilik testi.....	64
2.3.9.5 Sismik test (PS Logging method).....	65
2.3.10 Jet grout metodunun avantaj ve dezavantajları .....	67
2.4. İstatistikte Veri Kavramı Hakkında Literatür Taraması .....	70
2.4.1 Data tipleri .....	70
2.4.1.1 Nitel veriler.....	71
2.4.1.2 Nicel veriler .....	72
2.4.2 Veri stratejileri.....	73
2.4.3 Verilerin görselleştirilmesi .....	73
2.4.4 Verilerin keşif analizi .....	74
2.4.5 Verilerin trend analizi.....	75
2.4.6 Verilerin tahmini .....	75
2.4.7 Veri analizine göre "sorun" .....	76
2.4.8 Doğrusal bir süreç olarak veri analizi.....	77
2.4.9 Bir döngü olarak veri analizi .....	77
2.4.10 Verilerin değerlendirilmesi.....	78
<b>3. METODOLOJİ .....</b>	<b>80</b>
3.1 Anket Terimlerinin Tanımı.....	82
3.2 Anket Tasarımı .....	83
3.2.1 Anketin örneklem seçimi.....	84
3.2.2 Anketin örneklem büyüklüğü.....	84
3.2.2.1 Anket hassasiyeti derecesi.....	85
3.2.2.2 Araştırmanın istatistiksel gücü .....	85
3.2.2.3 Anket konularına erişim .....	86
3.2.2.4 Araştırmanın tabakalaşması ve kümelenmesi .....	86
3.2.2.5 Anket analizi birimleri.....	86
3.3 Anket Türleri .....	87
3.3.1 Yüz yüze anket .....	87
3.3.2 Telefon anketi .....	88
3.3.3 Posta anketi.....	89
3.3.4 Web tabanlı anket.....	90
3.3.5 Karma anket.....	92
3.4 Anket Aracı Geliştirme.....	92
3.4.1 İyi anket soruları için standartlar .....	93
3.4.1.1 Anketin soru ifadesi.....	93

3.4.1.2 Uygulanabilir ve etik anket .....	93
3.4.1.3 Anketle ilgili ek hususlar.....	93
3.4.1.4 Anketin yanlı ifadesi .....	94
3.4.1.5 Anketin yanlı bağlamı .....	94
3.4.2 Anket soru türleri .....	95
3.4.2.1 Açık uçlu anket soruları .....	95
3.4.2.2 Kapalı uçlu anket soruları.....	95
3.4.3 Anket sorularına öznel yanıtlar .....	96
3.4.4 Anket yanıtı için gerekli bilişsel görevler .....	96
3.4.5 Ölçüm hatasının kaynakları.....	97
3.5 Anketin Yürütülmesi .....	98
3.6 Veri Analizi ve Anket Raporlama Sonuçları.....	99
<b>4. ANKET SORULARININ OLUŞTURULMASI.....</b>	<b>100</b>
<b>5. ANKET VERİ ANALİZİ .....</b>	<b>105</b>
<b>6. SONUÇLAR .....</b>	<b>145</b>
<b>7. ÖNERİLER VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>160</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>166</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>175</b>

## KISALTMALAR

<b>SPT</b>	: Standart penetrasyon testi
<b>CPT</b>	: Koni penetrasyon testi
<b>USCS</b>	: Birleşik zemin sınıflandırma sistemi
<b>CRR</b>	: Döngüsel direnç oranı
<b>CSR</b>	: Tekrarlayan gerinim oranı
<b>JG</b>	: Jet Grout
<b>UCS</b>	: Tek eksenli basınç dayanımı
<b>Jet 1</b>	: Tek akışkan sistemi
<b>Jet 2</b>	: Çift akışkan sistemi
<b>Jet 3</b>	: Üç akışkan sistemi
<b>CCP</b>	: Kimyasal Çalkalama Tesisi
<b>SSS-MAN</b>	: Süper Zemin Stabilizasyonu Yönetim Yöntemi
<b>GIN</b>	: Eklem Şiddeti Sayısı
<b>HSPPS</b>	: Head Start Programı Performans Standartları
<b>CATI</b>	: Bilgisayar Destekli Telefon Görüşme Sistemleri
<b>M-CASI</b>	: Cep Telefonu Cihazlarını Kullanarak Bilgisayar Destekli Kendi Kendine Görüşme
<b>CSAQ</b>	: Bilgisayarlı, Kendi Kendine Yönetilen Anketler

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : Dane büyüklüğüne göre zeminlerin sınıflandırılması .....	5
Çizelge 2.2 : Zeminlerin tanımları ve kısaltmaları .....	6
Çizelge 2.3 : Zemin iyileştirme yöntemleri .....	10
Çizelge 2.4 : Zemin tipine göre stabilizasyon yöntemleri .....	12
Çizelge 2.5 : Siltli-kumlu kil birimi için taşıma gücü değerleri .....	14
Çizelge 2.6 : Siltli kumlu kil birimi için taşıma gücü değerleri.....	15
Çizelge 2.7 : Siltli kumlu kil birimi için oturma değerleri .....	15
Çizelge 2.8 : Enjeksiyon yöntemi türleri .....	28
Çizelge 2.9 : Çeşitli enjeksiyon malzemelerinin zeminlerin dane çaplarına göre penetrasyon yetenekleri.....	29
Çizelge 2.10 : Jet grout metodu üretim parametreleri .....	44
Çizelge 2.11 : Püskürtme ucu (Nozzle) çapı ve enjeksiyon debisi oranı.....	49
Çizelge 2.12 : Jet grout tekniği temel işletme parametreleri .....	51
Çizelge 2.13 : Kohezyonlu zeminlerde jet grout kolon tasarımında kullanılan değerler.....	54
Çizelge 2.14 : Granüler zeminlerde jet grout kolon tasarımında kullanılan değerler	55
Çizelge 4.1a : Anket soruları birinci sayfa .....	103
Çizelge 4.1b : Anket soruları ikinci sayfa .....	104
Çizelge 5.1 : Bir nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	108
Çizelge 5.2 : İki nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	109
Çizelge 5.3 : Üç nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	110
Çizelge 5.4 : Dört nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	111
Çizelge 5.5 : Beş nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	112
Çizelge 5.6 : Altı nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	113
Çizelge 5.7 : Yedi nolu açık uçlu anket sorusu .....	114
Çizelge 5.8 : Sekiz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	114
Çizelge 5.9 : Dokuz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	116
Çizelge 5.10 : On nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	117
Çizelge 5.11 : On bir nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	118
Çizelge 5.12 : On iki nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	119
Çizelge 5.13 : On üç nolu açık uçlu anket sorusu.....	119
Çizelge 5.14 : On dört nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	120
Çizelge 5.15 : On beş nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	121
Çizelge 5.16 : On altı nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	122
Çizelge 5.17 : On yedi nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	123
Çizelge 5.18 : On sekiz nolu açık uçlu anket sorusu .....	124
Çizelge 5.19 : On dokuz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	124
Çizelge 5.20 : Yirmi nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	125
Çizelge 5.21 : Yirmi bir nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	126
Çizelge 5.22 : Yirmi iki nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	127

<b>Çizelge 5.23</b> : Yirmi üç nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	128
<b>Çizelge 5.24</b> : Yirmi dört nolu açık uçlu anket sorusu .....	129
<b>Çizelge 5.25</b> : Yirmi beş nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	130
<b>Çizelge 5.26</b> : Yirmi altı nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	131
<b>Çizelge 5.27</b> : Yirmi yedi nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	132
<b>Çizelge 5.28</b> : Yirmi sekiz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	133
<b>Çizelge 5.29</b> : Yirmi dokuz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	134
<b>Çizelge 5.30</b> : Otuz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	135
<b>Çizelge 5.31</b> : Otuz bir nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	136
<b>Çizelge 5.32</b> : Otuz iki nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	137
<b>Çizelge 5.33</b> : Otuz üç nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	138
<b>Çizelge 5.34</b> : Otuz dört nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	139
<b>Çizelge 5.35</b> : Otuz beş nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	140
<b>Çizelge 5.36</b> : Otuz altı nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	141
<b>Çizelge 5.37</b> : Otuz yedi nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri .....	142
<b>Çizelge 5.38</b> : Otuz sekiz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.....	143
<b>Çizelge 5.39</b> : Otuz dokuz nolu açık uçlu anket sorusu.....	144
<b>Çizelge 6.1</b> : 2014 yılı verilerine göre Türkiye’ de üretilen çimento tip ve miktarları .....	154
<b>Çizelge 7.1</b> : Kapalı uçlu anket sorularına verilen yanıtlar ve sonuçların yüzdesel olarak ifadesi .....	164

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Sıvılaşma sonucu taşıma gücü kaybı nedeniyle yapıların yan yatması ve devrilmesi.....	17
Şekil 2.2 : Erciş yerleşiminde 23 Ekim 2011 tarihinde gerçekleşen deprem sonrası sıvılaşmanın neden olduğu hasarın görüntüsü .....	17
Şekil 2.3 : Sıkıştırma eğrisi.....	19
Şekil 2.4 : Zemin tipine göre kullanılan silindir tipleri .....	19
Şekil 2.5 : Farklı silindir türleri .....	20
Şekil 2.6 : Üçgen ayak vurmali silindir .....	20
Şekil 2.7 : Hızlı darbeli sıkıştırma işlemi .....	21
Şekil 2.8 : Tipik uygulama 15-20 ton ağırlık ve 15-20 metre düşme .....	21
Şekil 2.9 : Drenaj çukurları ile susuzlaştırma.....	22
Şekil 2.10 : Tipik bir wellpoint sistemi .....	23
Şekil 2.11 : Zorlu bir eğimde tünel şaftının dondurularak kontrol altına alınması....	24
Şekil 2.12 : Katkı maddelerinin kullanıldığı stabilizasyon işlemlerine örnekler. (a) Yollar için yüzey stabilizasyonu, (b) Sönmemiş kireç kullanılarak oluşturulan yüzey, (c) Yüzey altındaki kireç sütunu.....	26
Şekil 2.13 : Emdirme (Permeasyon) enjeksiyonu .....	30
Şekil 2.14 : Kompaksiyon (Sıkıştırma) enjeksiyonu .....	31
Şekil 2.15 : Çatlatma (Telafi) enjeksiyonu .....	32
Şekil 2.16 : Jet grout yöntemi .....	34
Şekil 2.17 : Jet grout sistemi şematik gösterimi .....	37
Şekil 2.18 : Jet enjeksiyon delme makinesi parçaları .....	37
Şekil 2.19 : Jet grout sistem ekipmanlarının şematik gösterimi .....	39
Şekil 2.20 : Jet 1 tekniği şematik gösterimi.....	40
Şekil 2.21 : Jet 2 tekniği şematik gösterimi .....	41
Şekil 2.22 : Jet 3 tekniği şematik gösterimi.....	42
Şekil 2.23 : Süper jet tekniği şematik gösterimi .....	42
Şekil 2.24 : Jet grout enjeksiyon basıncı – zaman – kolon çapı ilişkisi.....	46
Şekil 2.25 : Çekme hızının jet grout kolon çapına ve tek eksenli basınç mukavemetine etkisi.....	47
Şekil 2.26 : Jet enjeksiyon nozulunun kesit görünümü (Nozzle) .....	48
Şekil 2.27 : Jet Grout kolonu muhtemel kayma yüzeyi.....	53
Şekil 2.28 : Jet Grout kolonlarıyla iyileştirilen zeminlerde oluşabilecek oturmalar .	56
Şekil 2.29 : Geniliği B olan temelin gerilme dağılımı .....	58
Şekil 2.30 : Fethiye’ de kumlu silt birimlerde oluşturulmuş deneme kolonları .....	61
Şekil 2.31 : Jet grout kolonu karot alınması .....	62
Şekil 2.32 : Kazık yükleme deney sistemi.....	63
Şekil 2.33 : Kazık yükleme deney düzeneği.....	64
Şekil 2.34 : Kazık süreklilik deneyi.....	65
Şekil 2.35 : Sismik test methodu .....	66

Şekil 2.36 : Sismik deney ekipmanları .....	67
Şekil 5.1 : Bir nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	108
Şekil 5.2 : İki nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	109
Şekil 5.3 : Üç nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar .....	110
Şekil 5.4 : Dört nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	111
Şekil 5.5 : Beş nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	112
Şekil 5.6 : Altı nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.....	113
Şekil 5.7 : Sekiz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	115
Şekil 5.8 : Dokuz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.....	115
Şekil 5.9 : On nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar .....	116
Şekil 5.10 : On bir nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	117
Şekil 5.11 : On iki nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	118
Şekil 5.12 : On dört nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.....	120
Şekil 5.13 : On beş nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	121
Şekil 5.14 : On altı nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	122
Şekil 5.15 : On yedi nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar .....	123
Şekil 5.16 : On dokuz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.....	125
Şekil 5.17 : Yirmi nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.....	126
Şekil 5.18 : Yirmi bir nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar .....	127
Şekil 5.19 : Yirmi iki nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	128
Şekil 5.20 : Yirmi üç nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	129
Şekil 5.21 : Yirmi beş nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar .....	130
Şekil 5.22 : Yirmi altı nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.....	131
Şekil 5.23 : Yirmi yedi nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.....	132
Şekil 5.24 : Yirmi sekiz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar .....	133
Şekil 5.25 : Yirmi dokuz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram..	134
Şekil 5.26 : Otuz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	135
Şekil 5.27 : Otuz bir nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.....	136
Şekil 5.28 : Otuz iki nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	137
Şekil 5.29 : Otuz üç nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.....	138
Şekil 5.30 : Otuz dört nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.....	139
Şekil 5.31 : Otuz beş nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	140
Şekil 5.32 : Otuz altı nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	141
Şekil 5.33 : Otuz yedi nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar .....	142
Şekil 5.34 : Otuz sekiz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram .....	143

## JET ENJEKSİYON YÖNTEMİ İLE ZEMİN İYİLEŞTİRME VE GÜNCEL YÖNETMELİKLERDE İYİLEŞME ÖNERİLERİ

### ÖZET

Teknolojinin gelişmesi ve dünya nüfusunun artması ile mühendislik yapıları büyümeye ve yayılmaya başladı. Elbette bu büyüme ve genişlemenin bir sonucu olarak, yapılara uygun olmayan zeminlerde de yapılaşmaya ihtiyaç oluştu. Jet grout tekniği Türkiye' de yeni kullanım alanları bulsa da dünyada uzun süredir zemin iyileştirme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Jet grout tekniği ile zemin iyileştirme amacı, karıştırıcılarda hazırlanan çimento-su harcının yüksek basınçlarla zemine enjekte edilirken püskürtme borusunun belirli devirlerde döndürülerek ve adım adım yukarı çekilerek harç içeriği ile kolonlar oluşturulması esasına dayanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında zemin stabilizasyon yöntemleri içerisinde yer alan hemen her tür zeminde kullanılabilirliği ile öne çıkan jet grout tekniğinin tarihsel ve teorik gelişimi, uygulama yöntemleri, zemin ile etkileşimi, uygulama alanları, teknikteki yeni gelişmeler, kolonların sıvılaşma direncini ve mukavemet özellikleri arttırmasından bahsedilmektedir.

Yine bu çalışma ile gerçekleştirilen anketleme metodolojisi ile jet grout yöntemleri ile zemin iyileştirilme yapılırken projelendirmeden, uygulamaya, proje firma ve mühendislerinden, uygulama ekipleri, makine ve ekipmanlarına kadar birçok konuda mevcut yönetmeliklerde ve uygulamalarda ne gibi iyileştirmeler yapılabileceği ile ilgili önerilerde bulunmaktadır.

Özellikle yurtdışında olmak üzere, tüm dünya genelinde daha geniş kapsamlı bir anketleme çalışması yapılarak, tüm jet grout sistemlerinin çok çeşitli zemin koşullarında uygulanmasında karşılaşılan problemler ve problemlere üretilen ya da üretilebilecek çözümlerle ilgili faydalı bilgilere ulaşılarak, tüm dünyada kullanılan mevcut yönetmeliklerden de faydalanılarak belirsizlikler azaltılarak, uygulamada karşılaşılabilecek problemlere karşı daha yol gösterici bir yönetmelik oluşturulabileceği sonucuna varılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Jet grout, Zemin iyileştirme, Enjeksiyon yöntemi*

# **GROUND IMPROVEMENT WITH JET GROUT METHOD AND RECOMMENDATIONS ON IMPROVEMENTS IN CURRENT REGULATIONS**

## **ABSTRACT**

With the advancement of technology and the growth of the world's population, engineering structures began to grow and spread. Of course, as a result of this growth and expansion, there was a need for structuring unsuitable soils. Jet grout technique has been used as a soil reclamation method for a long time. The aim of the improvement method is to inject the cement-water mortar prepared in the mixers into the ground at high pressures, and to rotate the spray pipe drawn at certain speeds in certain rotations and to form columns with the content of the ground and mortar.

With in the scope of this study, the historical and theoretical development of jet grout technique within the ground stabilization methods, application methods, interaction with the ground, application areas, new developments in the technique, ability to increase the liquefaction resistance and strength characteristics of the formed columns were discussed.

Again, with the survey methodology carried out with this study, suggestions are made regarding what kind of improvements can be made in existing regulations and practices in many areas from projects to implementation, from project companies and engineers to application teams, machinery and equipment, while soil improvement is made with jet grout methods.

Especially abroad, by conducting a wider survey study all over the world, reaching useful information about the problems and solutions that can be produced or can be produced in the application of all jet grout systems in a wide variety of ground conditions, and by benefiting from the existing regulations used all over the world, reducing the uncertainties in practice. It is concluded that a more guiding regulation can be prepared against the problems to be encountered.

**Keywords:** *Jet grouting, Soil improvement, Injections method*

## 1. GİRİŞ

Artan nüfus ve kentleşme ile arazilerin aşırı değerlendirilmesi, insanları, bataklık alanlar, dere yatakları, dolgu alanları, döküm alanları gibi mühendislik yapıları için pek de uygun olmayan alanları değerlendirmeye zorlamıştır. Sonuç olarak; özellikle 1950'lerden sonra zeminlerin iyileştirilmesi geoteknik mühendisliğinin en önemli uygulama alanlarından biri olmuştur. Türkiye' de zemin iyileştirmenin önemi, projelerin ekonomik çözümüne etkisi anlaşılmış ve son yıllarda uygulamalar yaygınlaşmıştır.

Bu anlamda, mühendislik yapılarının inşasına ve mevcut yapıların güçlendirilmesine başlamadan önce, binanın üzerinde duracağı zemin değerlendirilmeli ve gerekirse uygun zemin iyileştirme yöntemi seçilerek rehabilite edilmelidir. Proje öncesi yapılan zemin etütleri, binanın ağırlığı ve çevresel etkileri taşımayacağını gösteriyor ise, zemini iyileştirerek mekanik dayanım değerlerinin artırılması hedeflenmektedir. Diğer bir deyişle zeminin taşıma kapasitesi ve elastisite modülünün artırılması ve geçirgenliğinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Öte yandan, bazı zeminler zayıf veya sorunlu olabilmektedir. Düşük taşıma kapasitesi, yüksek sıkıştırılabilirlik ve sıvılaşma kabiliyetine sahip zeminler, zayıf veya yumuşak zemin olarak tanımlanmaktadır. Suya doymuş kum veya gevşek kumlu, kohezyonsuz zeminler, depremler gibi tekrar eden dinamik yüklerin etkisi altında sıkışma eğilimindedirler (Tolon, vd., 2011). Drenaj olmadığında, bu sıkışma eğilimi boşluk suyu basıncının artmasına, zeminin sıvı gibi hareket etmesine ve büyük yer değiştirmelere neden olmaktadır. Zeminlerdeki bu istenmeyen duruma sıvılaşma denmektedir (Tolon, 2013). Sıvılaşan zeminlerde, dinamik yüklerin etkisi altında boşluk suyu basıncının artması nedeniyle zemin taşıma gücünü kaybetmektedir (Tolon, vd., 2015).

Sıvılaşma dışında, şevlerin stabilizasyonu için ise ilave araştırmalar yapılmalıdır. Şevlerin hem sıvılaşmasının önlenmesi hem de stabilizasyonunun sağlanmasında, hem saha hem de laboratuvar deneyleri ile zemin parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesi çok önemlidir (Tolon vd., 2012). Genel anlamda zeminin doğru

incelenmesi ve sınıflandırılması bu anlamda hangi zeminlerde hangi zemin iyileştirme yöntemi kullanılması gerektiğini belirlemek için çok önemlidir (Tolon, vd., 2015).

Yukarıda bahsedildiği üzere, projelerin çözümünde ekonomik kaygıların önemi göz önünde bulundurulduğunda, zeminlerin doğru sınıflandırılması ve arazideki zemin koşullarının doğru belirlenmesi ile jeotermal enerji kullanımı da dahil birçok zemin iyileştirme yönteminin değerlendirilmesi mühendislik yapılarının hayata geçirilmesinde son derece önemli sonuçlar doğuracaktır (Tolon, vd., 2013).

Zayıf zemin koşullarını iyileştirmek için zemin iyileştirme teknikleri kullanılabilir. Kötü zemin koşulları, genellikle taşıma gücü eksikliğinden ve buna bağlı deforme olabilirlikten ve/veya aşırı yeraltı suyundan kaynaklanır. Bu tür zemin koşulları, büyük yer değiştirmelere veya farklı oturmalara neden olabilir. Özellikle farklı oturmalar, zemin koşulları iyileştirilmezse bir yapıya büyük zararlar verebilir hatta yıkılmasına neden olabilmektedir. Bir şantiyeye ön yükleme yaparak inşaat sonrası oturmayı azaltmak mümkün olsa da, ön yükleme uzun süreli bir süreçtir. İnşaat öncesinde istenilen oturma miktarına ulaşmak için gereken süreyi kısaltmak için, dolgu altında kum drenleri, kum contaları veya bantlı süzgeçler kullanılabilir.

Jet Grout yöntemi, hemen hemen her türlü zemine uygulanabilirliği ile Türkiye'de ve dünyada yaygın olarak kullanılmakta olan bir zemin iyileştirme yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Jet grout yöntemi, uygun makine ve teçhizat ile zemini delerek iyileştirilmek istenen derinliğe ulaşıldıktan sonra yüksek basınçlı su, çimento ve hava kullanılarak zeminde "soilcrete" adı verilen silindirik kolonlar oluşturma işlemidir.

Bu çalışma kapsamında zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olan Jet Grout Tekniği, tarihsel gelişimi, uygulama alanları, hangi zemin koşullarında kullanılabileceği, avantajları ve dezavantajları, zeminlerin hangi özelliklerini nasıl iyileştirdiği incelenecektir. Bu çalışma ile Jet Grout yöntemi ile zemin iyileştirmede belirtilen taşıma kapasitesi, oturmalar, geçirgenlik ve sıvılaşma gibi değerlerin iyileştirilmesinde mevcut yönetmeliklerin teorik ve pratikte yeterli olup olmadığı irdelenecektir. Anketleme yöntemi ve çeşitli etüt yöntemleri kullanılarak sahada bu yöntemi uygulayan ve kontrol eden teknik uzmanlara sorular sorulacaktır. Alınan cevaplara göre Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme tekniğinin saha uygulamalarına karşılık gelen standartlarda iyileştirme önerilerinde bulunulması hedeflenmektedir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde tez çalışmasının amacı, ikinci bölümünde zemin iyileştirmesinin neden gerekli olduğu, jet grout yöntemi ile zeminin nasıl iyileştirileceği, tarihçesi, avantaj ve dezavantajlarının yanı sıra istatistikte veri kavramı, data tipleri ve veri analizinden bahsedilecektir. Üçüncü bölümde metodoloji olarak seçilen anket yöntemi tanımlanarak, anket tasarımı, anket türleri, iyi anket soruları oluşturulabilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar, anketin veri analizi ve raporlamasına değinilecektir. Dördüncü bölümde anket sorularının nasıl oluşturulduğundan bahsedildikten sonra beşinci bölümde hedeflenen amaç doğrultusunda oluşturulan anket sorularına katılımcıların verdiği cevaplar analiz edilecektir. Altıncı bölümde anketleme metodolojisi ile toplanan veriler değerlendirilerek elde edilen sonuçlar tartışılacaktır. Yedinci bölümde jet grout tekniği ile zemin iyileştirmenin pratik uygulamasına karşılık gelen şartnamelerde yapılacak iyileşme önerileri ve ileride yapılacak çalışmalar tartışıldıktan sonra bu çalışmanın sonuçları değerlendirilerek çalışma tamamlanacaktır.

## **2. LİTERATÜR TARAMASI**

### **2.1 Geoteknik Mühendisliği Açısından Zeminin Tanımlanması**

Geoteknik mühendisliğinde zemin, kayaların fiziksel olarak parçalanması ve kimyasal olarak ayrışmasıyla oluşan daneli doğal bir malzemedir. Kayaların fiziksel olarak parçalanması, gündüz, gece veya mevsimler arasındaki sıcaklık farklılıkları, bitki ve ağaç kökleri, aşınma ve yıpranma, yerçekimi, buzullar ve nehirlerin neden olduğu aşındırma ve rüzgârlar gibi faktörler ile gerçekleşmektedir. Kimyasal ayrışmada yağmur veya kar suyu havadaki oksijen ve karbondioksiti emer, yere ulaşır ve topraktaki asitlerle birleşerek kayalarda kimyasal reaksiyonlara neden olur. Ayrıca bitki, hayvan ve insanların biyolojik yaşamlarının devamında zeminlerin yüzeyinde oluşan bakterilerin yaşamsal döngüleri sonucunda salgıladıkları nitrik asitler ve karbonik asitler nedeniyle kayalarda kimyasal ayrışmalar meydana gelmektedir. Kimyasal ayrışma ile kayaların kimyasal yapısı değişir ve zemin adı verilen yeni maddeler oluşur (Uzuner, 2007).

#### **2.1.1 Tanımlar**

Zemin, farklı oranlarda dane, hava ve su karışımından oluşan doğal bir malzemedir. Zeminlerdeki boşlukların azaltılması, yer altı suyu seviyesinin veya yerin su içeriğinin düşürülmesi, zeminin mekanik vasıtalar ve yöntemlerle sıkıştırılması, zeminin boşluklarına çeşitli kimyasal karışımların doldurularak mukavemetinin artırılması işlemine ise zeminlerin iyileştirilmesi denilmektedir. Zeminlerin iyileştirilmesi geoteknik mühendisliğin en önemli konularından biri olup her geçen gün önemi artmaktadır.

#### **2.1.2 Zemin tipleri**

Zeminler, ayrışmış zeminler ve taşınmış zeminler olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Ana kaya üzerinde, ana kayanın ayrışması ve parçalanması sonucunda ayrışmış zeminler oluşmaktadır. Taşınmış zeminler, akarsular, buzullar, rüzgâr, dalgalar, kıyı akıntıları, yerçekimi vb. etkilerle kayaların parçalanması ve ayrışması

sonucu oluşan parçaların veya danelerin taşınarak toplanmasıyla oluşan zeminlerdir (Uzuner, 2007).

Birleşik Zemin Sınıflandırma (USC) sistemine göre, topraklar kabaca ince daneli ve iri daneli zeminler olarak ikiye ayrılmıştır. İri daneli zeminler için çakıllar ve kumlar, ince daneli zeminler için siltler ve killer örnek olarak verilebilir. İri daneli zeminler, kohezyonsuz (ayrık daneli) zeminler dane boyutlarına göre belli alt gruplara, ince daneli zeminler ise plastisite özelliklerine göre alt gruplara ayrılarak her gruptaki zeminler için farklı semboller kullanılmaktadır (Uzuner, 2007). Çizelge 2.1' de, zemin tipi, dane çapı, elek numarası ve grup sembolleri gösterilmektedir.

**Çizelge 2.1** : Dane büyüklüğüne göre zeminlerin sınıflandırılması (Uzuner, 2007).

Zemin Tipi	Dane Çapı (mm)	Elek No	Grup Sembolü
İri Daneli Zeminler	75 - 0,075	200 Üstü	G
Çakıl	75 - 4,75	4 Üstü	
Kaba Çakıl	75 - 19		
İnce Çakıl	19 - 4,75		
Kum	4,75 - 0,075	4 - 200	S
Kumtaşı	4,75 - 2,00	4 - 10	
Orta Kum	2,00 - 0,425	10 - 40	
İnce Kum	0,425 - 0,075	40 - 200	
İnce Daneli Zeminler	< 0,075	200 Altı	
Silt			M
Kil			C

Doğal zeminler, farklı gruplara giren zeminlerin karışımından oluştuğundan, isimlendirilirken iki harf kullanılır. İlk harf organik, ince veya iri daneli gibi özellikleri vurgularken, ikinci harf ise düşük plastisite (L), ince daneli zeminlerde yüksek plastisite (H), kötü derecelendirilmiş (P), iyi derecelendirilmiş (W), siltli (M) iri daneli zeminler (kayalar) (G), killi (C) olarak adlandırılır. Çizelge 2.2' de zeminlerin kısaltma ve tanımları bazı örneklerle açıklanmaktadır.

### 2.1.3 Zemin iyileştirme neden gereklidir?

Zayıf zemin karakteristiğine sahip alanların kullanılması tercih edilmemekle birlikte kullanıma açılmak istendiğinde zemin özelliklerine göre inşaat aşamalarında; yer altı su seviyesinin neden olduğu problemler, sıvılaşma, oturma ve taşıma kapasitesinin

yetersiz olması gibi mühendislik yapılarında sorun oluşturan durumlar meydana gelmektedir. Bu özelliklere sahip olan, mühendislik yapıları için uygun olmayan zayıf zeminleri, uygun zemin iyileştirme yöntemleri kullanarak mühendislik yapılarına elverişli hale getirmek gerekmektedir.

**Çizelge 2.2 : Zeminlerin tanımları ve kısaltmaları.**

Kısaltma	Açıklama	Kısaltma	Açıklama
GW	İyi derecelendirilmiş çakıl	GP	Kötü derecelendirilmiş çakıl
SW	İyi derecelendirilmiş kum	SP	Kötü derecelendirilmiş kum
GM	Siltli çakıl	GC	Killi çakıl
SM	Siltli kum	SC	Killi kum
OL	Düşük plastisiteli organik zemin	OH	Yüksek plastisiteli organik zemin
ML	Düşük plastisiteli silt	MH	Yüksek plastisiteli silt
CL	Düşük plastisiteli kil	CH	Yüksek plastisiteli kil
Pt	Turba zemin		

Mühendislik yapıları için elverişli olmayan ve uygun zemin iyileştirme yöntemleri ile iyileştirme yapılması gereken zeminler aşağıdaki gibidir:

- Sıvılaşma kabiliyeti yüksek gevşek kumlu zeminler,
- Yumuşak ve kalın tabakalaşmış alüvyon zeminlerde yer altı su seviyesinin yüksek olması durumunda,
- Yumuşak killi zeminler,
- Bataklık ve turba zeminler,
- Bitkisel madde içeriği yüksek olan bataklık ve tortul zeminlerin içerisindeki organik maddelerin çürümesi nedeniyle büyük boşluklar oluşmakta ve bu boşlukların neden olduğu oturmaların sonucu olarak büyük şekil değiştirmeler meydana gelebilmektedir.

Mühendislik yapıları için elverişli olmayan bu tür zayıf zeminler karşılaşmak istenmeyen zemin gruplarıdır. Bu zeminlerin taşıma gücü çok düşüktür ve yapı temellerinin altında karşılaşıldığında mutlaka uygun zemin stabilizasyon yöntemleri kullanılarak iyileştirilmesi gerekmektedir.

Taşıma gücünün çok az olduğu yumuşak killi zeminler, sınırlı yüklemelerde bile istenmeyen ölçüde çok büyük deformasyonlara neden olabilmektedir. Bu nedenle mümkün olduğunca yumuşak killi zeminlerde yapılaşmadan kaçınılmalıdır. Zorunluluk durumlarında bu tür zeminler iyileştirilmeden temel zemini olarak kullanılmamalıdır.

Kalın tabakalaşmış yumuşak alüvyal zeminler ve sıvılaşma eğilimi yüksek gevşek kumlu zeminlerin yer altı su seviyesinin yüksek olduğu durumlarda zeminlere taşıma gücünü aşmayan yükler yüklendiğinde oturmalar ve deformasyonlar düşük olabilmektedir. Ancak trafik yükü, zeminde titreşimlere neden olan ağır makineler, dalgalar, ani patlamalar ve en önemlisi depremler gibi tekrarlı yükler bu tür zeminlere etki ettiğinde zeminlerin yatak mukavemetinde azalmaya neden olabildiği için zemin taşıma gücünü aşarak aşırı deformasyonlara neden olabilmektedir. Özellikle yer altı su seviyesinin altında kalan gevşek kumlu zemin tabakalarında tekrarlı yükler sıvılaşmaya neden olarak zemin taşıma gücünü tamamen ortadan kaldırarak yapılarda tam çökme veya yanlara yatma şeklinde aşırı deformasyonlarla sonuçlanabilmektedir. Düşük veya sınırdaki taşıma mukavemeti, yüksek oturma değerlerine sahip ve sıvılaşma kabiliyeti yüksek bu tür zeminlerde yapılaşma öncesinde uygun zemin iyileştirme yöntemleri ile stabilizasyon sağlanmalıdır (Özturan, 2017).

## **2.2 Zemin İyileştirme**

Yapılar yüklerini temeller aracılığıyla zeminlere aktarmaktadır. Zemin istenen taşıma kapasitesine sahip olduğunda ve oturmaları tolere edebildiğinde, zeminler yapıları güvenle taşır ve herhangi bir sorun yaşanmaz. Ancak zeminlerin mühendislik yapılarının temeller aracılığıyla zemine aktardığı gerilmeleri karşılayamadığı durumlarda iyileştirme çalışmaları yapılarak, zeminlere istenilen özellikler kazandırılabilir (Kaymakçı, 2014).

Günümüzde insan nüfusunun artması, barınma ihtiyacı, yapıların büyümesi, gelişmiş sanayi bölgelerinin inşası gibi ihtiyaçlar nedeniyle zayıf zeminlerle karşılaşılabilir ve sonuç olarak, düşük taşıma kapasitesine sahip alanlarda da yapılaşma kaçınılmaz hale gelmiştir. Zayıf zeminlerdeki kaçınılmaz yapılaşma ihtiyacı oluştuğunda, yapı yüklerinin taşınmadığı durumlarda zeminlerde iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Bazı inşaat alanlarında karşılaşılan zemin sorunları projenin

fizibilitesini etkileyen boyutlara gelmektedir. Bu durumlarda zemin koşullarının iyileştirilmesi mühendislik seçenekleri arasındadır (Özdemir ve Özdemir, 2006).

Zemin özelliklerinin yapılacak proje kriterlerine uyarlanması, zeminlerin iyileştirilmesi kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Zeminlerin hangi özelliklerinin nasıl iyileştirilebileceğine dair teknolojinin ve mühendisliğin nasıl kullanılabileceği ise geoteknik mühendisliğinin en önemli konusu haline gelmiştir. Mühendisler, yapıları güvenli ve en ekonomik şekilde inşa etmekle yükümlüdür. Zeminlere oturtulan yapılar, deprem, sel, heyelan gibi doğal afetlerde sınılaşma sorununun olmadığı durumlarda, taşıma kapasitesinde zemine aktarılan gerilmeler olduğu durumlarda genellikle yüzeysel temeller kullanılarak çözüm aranır. Taşıma kapasitesi yetersizse ve beklenen oturma miktarı yüksekse ya derin temel tasarımı ya da zemin iyileştirilmesi ile zeminlerin taşıma gücü istenilen değerlere ulaştırılır. Derin temel yöntemleriyle zeminlerin taşıma kapasitesinin artırılması ihtiyaç duyulan zaman ve ekonomik nedenlerle alternatif yöntemlere ihtiyaç duyulmasına ve dolaylı olarak zemin iyileştirme yöntemlerinin hızla gelişmesine sebep olmuştur (Tachir, 2015).

Zeminlerin mühendislik yapıları ile uyumsuzluğu inşaat mühendisleri için büyük sorunlara neden olabileceğinden, geoteknik mühendisinin aşağıdaki alternatiflerden birine karar vermesi gerekmektedir (Doğu, 2005).

- Zeminin mevcut özelliklerine göre tasarım yapmak,
- Proje kriterlerine uygun olmayan zeminin kaldırılarak istenilen özelliklere sahip zemin ile değiştirilmesi ve
- Zeminin proje kriterlerine uymayan özelliklerinin uygun hale getirilmesi şeklindedir.

Birinci alternatifte zeminin zayıf özellikleri göz önünde bulundurularak zemine yerleştirilecek mühendislik yapısı, mevcut zemin özelliklerine göre tasarlanarak hayata geçirebilir. Mevcut zemin özelliklerine göre yapılan tasarımda çok büyük kesitler ortaya çıkabilmekte ve yapının kullanımı süresince istenmeyen deformasyonlar oluşması sonucu ortaya çıkan onarım giderleri nedeniyle ekonomik bir çözüm olmaktan uzaklaşmaktadır. İkinci alternatifte ise proje kriterlerinde olmayan zeminin kaldırılarak istenilen özelliklerdeki zeminin tedarik edilerek taşınması, değiştirilmesi, sıkıştırılması planlanan zeminin alanı ve tabaka kalınlığıyla doğru

orantılı olarak hem çok külfetli hem de çok zaman alacağından maliyetleri çok arttıracakını tahmin etmek hiç de zor olmayacaktır. Son alternatif, farklı teknikler kullanarak zeminlerin iyileştirilerek kullanılmasıdır (Tunç, 2002). Zemin iyileştirme mevcut durumun doğru tespit edilmesi ve yapılması gereken iyileştirme tekniğinin iyi analiz edilerek belirlenmesi ile hızlı ve ekonomik  oz mlere ulaşılmasını sağlamaktadır.

Olumsuz zemin koşullarının iyileştirilmesi için uygulanabilecek yaklaşımlar genel olarak dört ana başlıkta incelenebilir. Bunlar mekanik, hidrolik, fiziksel ve kimyasal, ekleme ve sınırlama iyileştirme yöntemleridir. Bu yöntemlerle kayma mukavemetinin arttırılması ve büyük yükler altında zeminin taşıma gücünün arttırılması, oturma miktarının azaltılması ve zeminde oluşabilecek su problemlerinin giderilmesi ile mümkündür (Yıldırım 2002).

Mekanik iyileştirme yöntemlerinin amacı zemine kısa süreli ancak büyük yükler uygulamak suretiyle zemindeki boşluk oranını azaltmak ve zemini sıkıştırmaktır. Mekanik iyileştirme yöntemlerine örnek olarak; titreşimli, keçi ayaklı ve statik silindirler, derin sıkıştırma, sıkıştırma kazıkları ile zeminin sıkıştırılmasıdır.

Hidrolik iyileştirme yöntemlerinin amacı, zemin boşluklarındaki suyu tahliye ederek boşluk suyu basıncını düşürmek suretiyle kesme mukavemetinin artmasını sağlamaktır. İri daneli zeminlerde çakıllı kuyu ve drenaj çukurları uygulamaları, ince daneli zeminlerde düşey drenler yardımıyla  n yükleme ve benzer yöntemlerle gözenek suyunun uzaklaştırılması gibi iyileştirmeler bu grup altında sıralanabilir. Ayrıca sentetik malzeme teknolojisinin gelişmesiyle geosentetik malzemeler kullanılarak yapılan zemin iyileştirme yöntemleri de yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.

Kimyasal maddeler ve fiziksel yöntemlerle zeminlerin iyileştirilmesi, zeminle doğrudan veya dolaylı olarak temas eden veya reaksiyona giren bazı malzemelerin zemin taşıma gücünün artmasını sağlayarak zeminin güçlendirilmesi olarak tanımlanabilir. Taş kolon yapımları da bu gruba dahildir. Birbirleriyle veya zeminle tepkimeye giren doğal malzemeler, endüstriyel ürünler veya atıklar,  imento ve kimyasal katkı maddeleri bu grupta kullanılan malzemelere örnektir. Kullanılacak katkı maddelerinin zemin boşluklarına, delerek ve çatlak sistemlerine basınç yardımı ile doldurulduğu uygulamaya enjeksiyon denir. Zeminlerin dondurulması veya

ısıtılması yöntemleri (ısıl yöntemler) kullanılarak yapılan zemin stabilizasyon tekniklerinin yanı sıra sağladığı avantajlar nedeniyle ülkemizde sıklıkla kullanılan Jet Grout teknikleri ile zeminlerin iyileştirilmesi bu başlık altında incelenmektedir.

Sınırlama ve ekleme ile iyileştirme yöntemleri, zeminde deformasyonları önleyerek kayma mukavemetinde artış ve gözenek suyu basıncında azalma gibi prensiplerle çalışır. Lifler, şeritler, takviyeler ve paspaslar bu amaçla kullanılan ekipmanlardır. Aynı şekilde zeminin içerisine yapılan ankraj, zemin çivileri ile güçlendirilmesi ekleme ile iyileştirme yöntemlerindedir. Çelik ve beton gibi yüksek mukavemet değerlerine sahip malzemeler kullanılarak zeminlerin mukavemetini artırmak mümkündür. Kafes duvarlar, gabion elemanları, geotekstil duvarlar, geokolon ve taşkolon üretimi bu grupta sayılabilirler (Harputlugil, 2018).

### 2.2.1 Zemin iyileştirmenin temel ilkeleri

Zemin iyileştirme yöntemi seçilirken birçok parametre dikkate alınır. İyileştirmenin zeminin hangi seviyesinde yapılacağı, nasıl bir zemine uygulanacağı, fayda/maliyet oranları gibi birçok parametrenin bilinmesi gerekir. Ayrıca çevre yapılarına verilebilecek olası zararlar, malzemenin ömrü ve iyileştirme sürecinde ortaya çıkabilecek sorunlar gibi farklı sorulara cevap bulmak gerekmektedir. Dört ana gruba ayrılan iyileştirme yöntemleri Çizelge 2.3' deki gibi ifade edilebilir.

Çizelge 2.3 : Zemin iyileştirme yöntemleri (Yıldırım, 2002).

<b>ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ</b>			
<b>MEKANİK</b>	<b>HİDROLİK</b>	<b>FİZİKSEL - KİMYASAL</b>	<b>EKLEME - SINIRLAMA</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Titreşimli Sıkıştırma</li><li>- Darbeli Silindir</li><li>- Titreşimli Tabla</li><li>- Derinde Titreşim</li><li>- Statik Sıkıştırma</li><li>- Sıkıştırma Kazıkları</li><li>- Patlatma</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ön Yükleme</li><li>- Geosentetikler</li><li>- Diyafram Duvar</li><li>- Palplanş Duvar</li><li>- Geomembran</li><li>- Basınçlı Hava</li><li>- Pompalama</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Enjeksiyon</li><li>- Isıtma-Dondurma</li><li>- Jet Grout</li><li>- Çimento v.b. Katkı Maddeleri</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Şerit</li><li>- Donatı</li><li>- Hasır</li><li>- Zemin Çivisi</li><li>- Ankraj</li><li>- Gabion (Kafes Duvar)</li><li>- Bohçalama Duvarı</li><li>- Taşkolon</li><li>- Geokolon</li><li>- Fiber</li></ul>

Zeminde su varlığı devam ettiği sürece tüm zemin tiplerinde zemini dondurarak stabilize etme yöntemi kullanılabilir. Diğer yöntemler, farklı parametrelere bağlı olarak uygunluk sağlar. Bu parametreler zemin tipi, kohezyon varlığı, suya doygunluk oranı, konsolidasyon oranı olarak belirtilebilir. Zeminlerde iyileştirilmesi hedeflenen özelliklere göre, gevşek ve yumuşak zeminde dolgu, mukavemet yapısı, yanal ya da temel taşıma mukavemeti, sızıntı gibi sorunların hangi zemin iyileştirme yönteminin kullanılabilmesinin belirlenmesinde en önemli faktörlerden olduğu bilinmektedir (Yıldırım 2002). Her zemin stabilizasyon tekniği aşağıda belirtilen özel koşullardan biri olduğunda kullanılmaktadır (Mitchell 1976).

1. Zemin türü: kil, organik, tortul vb. olmasına göre karar verilebilir.
2. Uygulama yapılacak zemin alanı ve hacmi: çevrenin geometrik özelliklerine ve bina tipine bağlı olarak karar verilebilir.
3. Yapı türü ve yük dağılımına göre karar verilebilir.
4. Zemin özellikleri: kayma direnci, sıkıştırılabilirlik, geçirgenlik vb. özelliklerine göre karar verilebilir.
5. İzin verilen toplam ve farklı oturma miktarına göre karar verilebilir.
6. Zemin iyileştirmede kullanılacak malzeme durumu: taş, kum, su, katkı maddeleri vb. hangilerine ulaşılabildiği ya da kullanılmak istendiğine göre karar verilebilir.
7. Teknisyen, kalifiye işçi, özel aletlerin ulaşılabilirliğine göre karar verilebilir.
8. Çevresel koşullar: atık kullanımı, erozyon, su kirliliği kısıtlamaları gibi koşullara göre karar verilebilir.
9. Yerel deneyim ve bilgi birikimine göre karar verilebilir.
10. Ekonomik veriler değerlendirildikten sonra karar verilebilir.

Zeminlerin hacimsel stabilitesi, taşıma kapasitesi, geçirgenliği, sıkıştırılabilirliği ve konsolidasyonu, kayma mukavemeti, sıvılaşma eğilimi gibi özelliklerine göre çeşitli stabilizasyon teknikleri kullanılarak zeminler iyileştirilebilir. Günümüzde zeminlerin stabilizasyonu için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler zeminin cinsine ve stabilizasyon amacına göre değişiklik gösterir. Çizelge 2.4' de zemin tiplerine göre stabilizasyon teknikleri gösterilmektedir.

**Çizelge 2.4 : Zemin tipine göre stabilizasyon yöntemleri (Hunts, ty.).**

Zemin Cinsi	Stabilizasyon Metotları	Zemin Cinsi	Stabilizasyon Metotları
<i>Çeşitli Dolgular</i>		<i>Gevşek Kumlar</i>	
Sığ	Kazı / Geri Dolgu	Sığ	Çimento Stabilizasyonu
Derin	Dinamik Kompaksiyon		Bitüm Stabilizasyonu
	Kum Kolonları		Dinamik Kompaksiyon
Organik Zeminler		Derin	Vibraflasyon
Sığ	Kazı / Geri Dolgu		Vibrakompaksiyon
	Geotekstil		Taş Kolonlar
Derin	Sürşarj		Dinamik Kompaksiyon
	Geotekstil		Enjeksiyon
	Kum Kolonları		Drenaj Kuyuları
Tabakalı	Sürşarj		Termal (Dondurma)
	Patlatma Tekniği	<i>Sıvılaştırılabilir Zeminler</i>	
	Dinamik Kompaksiyon	Sığ, Derin, Tabakalı	Dinamik Kompaksiyon
	Kompaksiyon Enjeksiyonu		Taş Kolonlar
	Kum Kolonları, Taş Kolonları		Drenaj
	Enjeksiyon		
<i>Killer</i>			
Sığ, Derin, Tabakalı	Mekanik Stabilizasyon	<i>Şişebilen Zeminler</i>	
	Kireç Stabilizasyonu	Sığ, Derin, Tabakalı	Kireç Stabilizasyonu
	Termal (Dondurma)		Drenaj
	Elektro-Osmos, Drenaj		Enjeksiyon
	Geosentetik		Çimento Stabilizasyonu
	Kireç veya Çimento Kolonları		Uçucu Kül
	Tuz Katkısı		
<i>Gerçek Siltler</i>			Kimyasal Katkılar
Sığ	Kazı / Geri Dolgu	<i>Çatlaklı Kayalar</i>	
	Tuz Katkısı		
	Dinamik Kompaksiyon		Enjeksiyon
Derin	Sürşarj	Sığ, Derin, Tabakalı	Ankraj
	Taş Kolonları		Shotcrete
	Elektro-Osmos, Vakum Kuyuları		Yüzeyaltı Yatay Drenajı

### **2.2.1.1 Zeminlerde hacimsel kararlılık**

Killi topraklarda bulunan su miktarındaki değişiklikler zeminde şişme ve büzülme gibi hacimsel değişikliklere neden olur. Şişme ve büzülme nedeniyle ortaya çıkan hacimsel değişim ne kadar fazlaysa problemlerde o denli önem kazanmaktadır. Zeminlerde hacimsel kararlılığın sağlanması için zemin iyileştirme yöntemlerinden daha çok granüler malzemelerle geçirgen tabaka oluşturulması, drenaj yöntemleri, zemine ilave yük yüklenmesi gibi yöntemler kullanılmaktadır. Zemin iyileştirme uygulamaları hacimsel kararlılığın sağlanması için alternatif uygulamalar olarak kullanılabilir (Doğu, 2005).

### **2.2.1.2 Zeminlerin taşıma kapasitesi**

Zemin taşıma kapasitesi problemlerinin ana kaynağı zemin içerisindeki boşluk miktarıyla doğrudan ilgilidir. Boşluk miktarı da zemin içerisinde organik madde miktarıyla doğru orantılı olarak zaman içerisinde artarak sorunlara sebep olabilmektedir. Zeminlerdeki yüksek organik içerik zamanla çürüyerek zemin içerisindeki boşlukları arttırarak zeminin taşıma kapasitesini düşürür. Bu nedenle zeminlerde mukavemet artışı sıkıştırma, ön yükleme, drenaj, başka bir zeminle karıştırma, kimyasal stabilizasyon yöntemleri kullanılarak sağlanmaktadır (Doğu, 2005).

Her zemin tabakasının taşıyabileceği maksimum stres vardır. Bu gerilimin üzerinde zemin iskeleti taşıyıcı özelliğini kaybeder ve zemin tabakasında çökme meydana gelebilir. Çökme meydana gelmeden önceki gerilim değeri, o zeminin taşıma kapasitesini belirler.

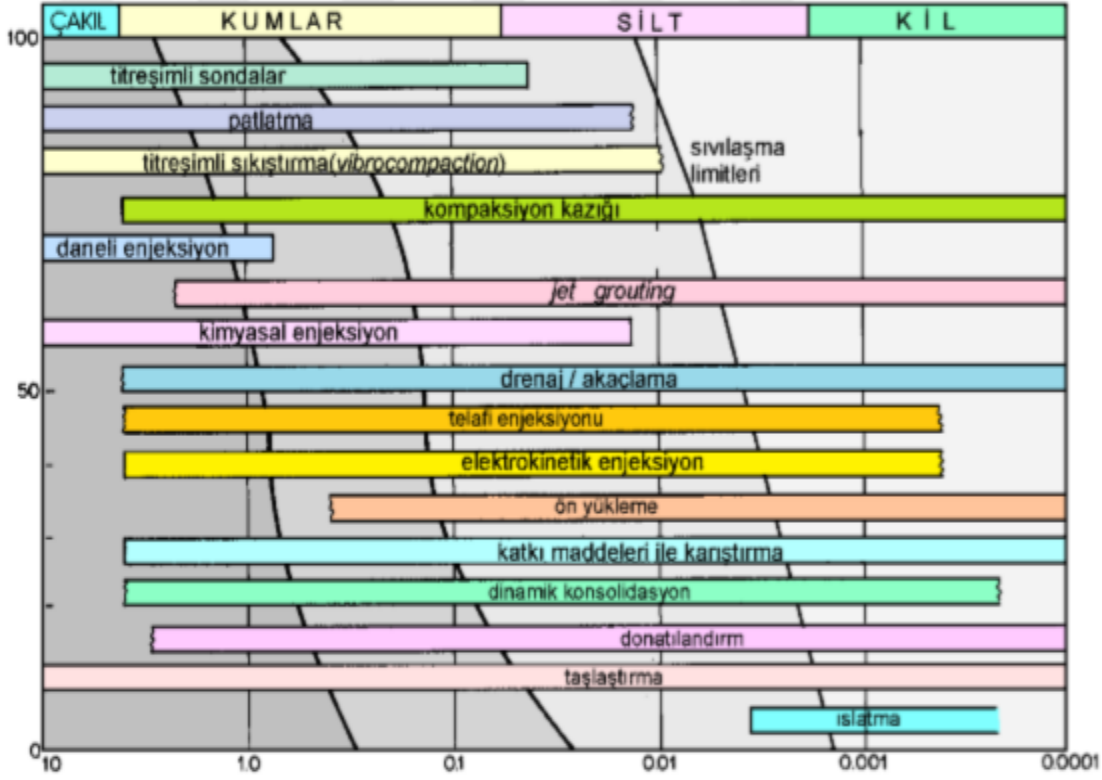
Farklı araştırmacılar tarafından yapılan araştırmalara göre hazırlanan siltli-kumlu kil ortamı için ortalama taşıma mukavemeti değerleri Çizelge 2.5' te verilmiştir (Doğu, 2005).

### **2.2.1.3 Zeminlerin geçirgenliği (Permeabilite)**

Zeminlerin geçirgenliği içerisindeki boşluk oranı ile doğru orantılıdır. Zemin içerisinde ne kadar fazla boşluk olursa zemin o denli geçirgendir ve permeabilitesi yüksektir. Yükler altında zeminlerin geçirgenliğinin sorun oluşturmasını önlemenin en etkili yolu sıkıştırma, kireç, alçıtaşı, uçucu kül, puzolan vb. zemin iyileştirme yöntemleri olmakla birlikte, parçalanmış zemin danelerinin sıkıca bağlanması çimento gibi bağlayıcı

malzemeler ile elde edilebilir. Bitümde toprak danelerinde bağlayıcı olarak görev yapmakta ve ayrıca sızdırmazlık sağlamaktadır. Ancak bu amaçla kullanılacak stabilizatörler zemin türüne göre seçilmelidir (Yoshida, 1996).

**Çizelge 2.5 :** Siltli-kumlu kil birimi için taşıma gücü değerleri (Doğu, 2005).



#### 2.2.1.4 Zeminlerin sıkıştırılabilirliği ve konsolidasyonu

Zeminlerin diğer özelliklerinde olduğu gibi sıkıştırılabilirlik özelliğini iyileştirmek için kullanılan etkili yöntem kompaksiyon yöntemidir. Kompaksiyon teknikleri ile zeminin sıkıştırılabilirliğinde önemli düşüşler elde edilebilir. Bununla birlikte, kompaksiyon tek başına sıkıştırılabilirlik özelliğini iyileştirmek için yeterli olmayabilir. Konsolidasyon teknikleri, aşırı konsolide olma kabiliyeti yüksek zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılır (Tunç, 2002).

Sıkıştırılabilir ya da düşük konsolidasyonlu zeminler, yüksek boşluk oranlarından dolayı kohezyonlu veya kohezyonsuz, düşük doğal birim hacim ağırlığına sahip olabilir. Bu tip zeminlerde yükleme veya ıslanma olduğunda içyapı çökebilir ve aşırı deformasyonlar meydana gelebilir. Bazen hem yükleme hem de ıslanma aynı anda gerçekleştiğinde yapılar mekanizma durumuna geçerek yıkılabilir (Kaymakçı, 2014).

Farklı araştırmacılar tarafından yapılan araştırmalara dayanılarak hazırlanan siltli-kumlu kil ortamı için ortalama taşıma gücü değerleri Çizelge 2.6' da verilmiştir (Kaymakçı, 2014).

**Çizelge 2.6 :** Siltli kumlu kil birimi için taşıma gücü değerleri (Kaymakçı, 2014).

Araştırmacılar		Terzaghi	Skempton	Hansen-Vesic
$\sigma_{emn}$	kg/cm <sup>2</sup>	0,50	0,45	0,45
	Kpa	50	45	45

Çizelge 2.7' de limit değeri aşan taşıma gücü problemlerinde farklı derinliklere göre limit oturma değerleri verilmiştir (Kaymakçı, 2014).

**Çizelge 2.7 :** Siltli kumlu kil birimi için oturma değerleri (Kaymakçı, 2014).

B (m)	Konsolidasyon Oturması (cm)	
	D <sub>f</sub> = 1,50 m	D <sub>f</sub> = 4,00 m
1	1,1	1,5
2	3	3,5
3	4,5	4,8

### 2.2.1.5 Zeminlerin stabilitesi

Zeminlerin stabilite (durabilite) özelliği, daha önce bahsedilen zeminlerin hacimsel kararlılığı, taşıma kapasitesi, geğirgenliği, sıkıştırılabilirliği ve konsolidasyonu gibi özelliklerinin herhangi birinin olumsuz bir şekilde değişmesine karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Zeminler belirli derinliklerde stabilite sorunlara maruz kalır. Bu nedenle genellikle bu katmanda iyileştirme işlemleri yapılarak stabilite sağlanır (Doğu, 2005).

### 2.2.1.6 Zeminlerin sıvılaşması

Sıvılaşma, dinamik tekrarlanan yüklerin neden olduğu bir zemin sorunudur ve sonuçlar önemli ölçüde zararlı olabilir. Tarihsel süreçte pek çok depremde gözlemlenmesine rağmen, 1964 yılında Japonya'da meydana gelen ve sismik sıvılaşma nedeniyle büyük hasara neden olan Niigata depreminden sonra net bir şekilde farkedilerek önem kazanmıştır. Ülkemizde geçmiş deprem kayıtları incelendiğinde, birçok kez sıvılaşmanın meydana geldiği gözlemlenmesine rağmen konu yeterince vurgulanmamıştır. Özellikle 1999 Kocaeli depreminde meydana gelen sıvılaşmanın

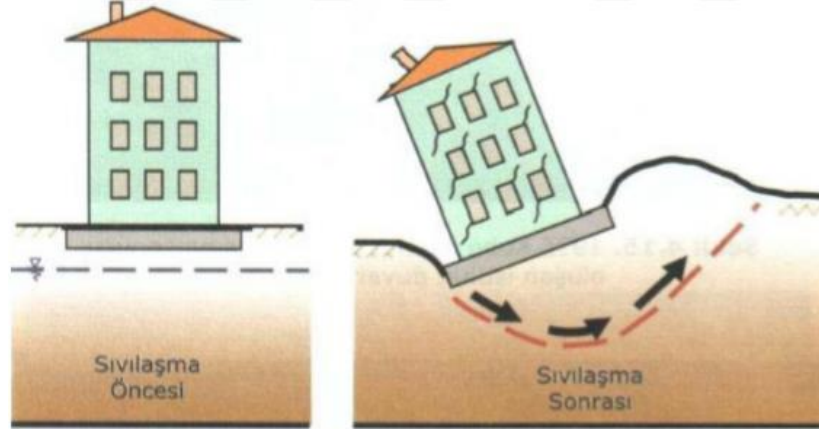
ağır ve yıkıcı etkilerinden sonra bu olgu ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır (Öztürk, 2016).

Sıvılaşma, gevşek ve doymuş kumlarda depremler sonucu oluşan bir zemin davranışıdır. Sıvılaşma, gözenek su basıncındaki artış nedeniyle zeminlerin kesme dayanımını kaybetmesine neden olur ve çoğu inşaat mühendisliği yapısını kullanılamaz hale getirmek için yeterli hasara neden olur. Depremlerin neden olduğu sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi karmaşık bir geoteknik mühendisliği problemidir ve çözüm olmadan hareket etmek ciddi maddi kayıplarına neden olabilir (Tolon, 2007). Sıvılaşmaya en yatkın zemin türü, gelen yükler nedeniyle parçacıklar arasındaki sürtünmenin dayanamadığı ve deformasyona neden olan zemin türüdür. Daha yüksek çakıl yüzdesine sahip zeminler, kesme kuvveti ile dağıldığında daha yüksek mukavemeti etkinleştirir ve gözenek suyu basıncı kumdan daha düşüktür (Tolon, 2013).

Sıvılaşma, iri daneli zeminlerde gözenek suyu basıncının artması ve efektif stres sonucu katı halden sıvıya geçiş olarak tanımlanır (Özaydın, 2007). Deprem veya yapay titreşimler gibi dinamik etki altındaki zeminlerde, sıvılaşma sonucu gözlenebilecek etkiler; zemin taşıma gücünün azalması, eğimli arazilerde oturmalar, yanal zemin kaymaları, istinat duvarlarında yanal zemin basınçlarının artması ve zemin içerisinde yer alan boru ve servis hatlarında deformasyonlar olarak sayılabilir.

Sıvılaşma; deprem sırasında tekrarlanan ve geçici yükler ile yeraltı suyu seviyesinin altındaki siltli ve kumlu zeminlerin boşluk suyu basıncının artması nedeniyle zemin direncinin kaybıdır (Seed ve Idriss, 1971). Zemin daneleri arası gözeneklerdeki ani su basıncının artması, taneciklerin birbiriyle etkileşimini kaybetmesine ve taneciklerin birbirinden ayrılmasına neden olur. Böylece sıfır basınç (net) nedeniyle katı özelliğini kaybeden zemin, sıvı gibi davranarak yüzeye doğru püskürmeye başlar. Depremin etkin dinamik gücü sonucunda katı özelliğini kaybeden temel duruma sıvılaşma denir (Uyanık, 2002).

İlk olarak 1964 Niigata depreminde fark edilen durumdan sonra deprem etkisiyle birçok yapıda Şekil 2.1' de Şematik olarak gösterildiği Şekilde yana eğilme ve devrilmeler meydana gelmiştir.



**Şekil 2.1** : Sivilaşma sonucu taşıma gücü kaybı nedeniyle yapıların yan yatması ve devrilmesi (Mollamahmutoğlu & Babuçcu, 2006).

23 Ekim 2011 Van depremi sonrası Erciş ilçesinde de benzer durumlar gözlenmiştir. Van depremi sonrasında Erciş ilçesinde bitişik olarak inşa edilen iki yapının zeminindeki sıvılaşmanın yapılarda yana eğilme ve devrilmeye neden olduğu şekil 2.2’ de net olarak görülebilmektedir. Sivilaşma nedeniyle yapılar kullanılamaz hale gelmiştir.



**Şekil 2.2** : Erciş yerleşiminde 23 Ekim 2011 tarihinde gerçekleşen deprem sonrası sıvılaşmanın neden olduğu hasarın görüntüsü (Ak, 2019).

### 2.2.2 Mekanik yöntemlerle zemin iyileştirme

Kompaksiyon (sıkıştırma), öğütülmüş zemin danelerinin birbirine yaklaşmasını ve aralarındaki hava boşluklarını azaltarak daha sıkı bir pozisyon almasını sağlayan mekanik bir işlemdir. Antik çağlardan beri bu süreçle zemin özelliklerinin geliştiği bilinen bir gerçektir (Çınar, 2014).

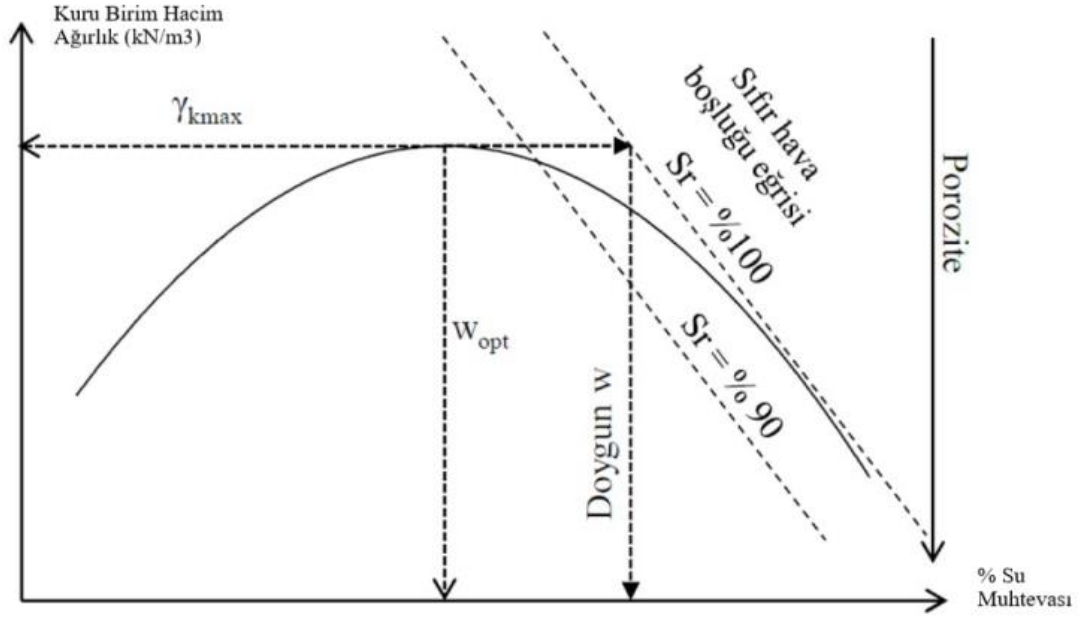
Mekanik iyileştirme, zeminin harici yükler tarafından sıkıştırılması sürecidir. Çoğu uygulamada, mekanik iyileştirme sıkıştırmaya eş değer olarak kullanılır. Sıkıştırma, dane hacmini ve su içeriğini değiştirmeden hava hacmini düşürerek doymamış zeminin sıkıştırılması işlemidir. Sıkıştırma işlemi, zemine ani ağır yükleme yaparak veya zemini belirli bir ağırlık altında ezerek öğütülmüş danelerin yeniden birbirine yaklaştırılmasını amaçlamaktadır.

Toprağın sıkıştırılmasındaki temel amaçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Kayma mukavemetini artırmak,
- Sıkıştırılabilirliğin azaltılması (sonuç olarak oturmanın azaltılması),
- Geçirgenliğin (Permeabilite) azaltılması,
- Zeminin sıvılaşma potansiyelini azaltılması,
- Şişme ve büzülme kontrolünün sağlanması,
- Zeminin stabilitesini artırmak.

Sıkıştırma, en yaygın zemin iyileştirme yöntemlerinden biridir. Mühendisler, yüksek trafik yükü nedeniyle yollarda sıkıştırma iyileştirme yöntemlerini kullanmıştır. 1930' larda inşa edilen ve doldurulan barajların yıkılarak felaketlere neden olması, mühendisleri sıkıştırma yöntemine bilimsel bir bakış açısı ile bakmaya zorladı. Günümüzde sıkıştırma aynı hassasiyetle; karayolu, havaalanı, su yapıları, temel zemini ve taşıyıcı yapıların zemin dolgularının hazırlanmasında uygulanmaktadır.

Sıkıştırma, bir başka deyişle uygulanan enerji ile su içeriği değişen zeminin kuru birim hacim ağırlığının artırılmasıdır. Zemin profilindeki su ve katı kısım sıkıştırılmaz kalırken, hava hacmi azalır ve daneler birbirine yaklaşır. Zemine bir miktar su katılarak sıkıştırılırsa zemin belirli bir kuru birim hacim ağırlık değerine sahip olacaktır. Aynı yer altı suyu içeriği artırılır ve aynı enerjide sıkıştırılırsa kuru birim hacim ağırlığı kademeli olarak artacaktır. Artan su miktarı ile kuru birim hacim ağırlığı tepe değere (maksimum kuru birim hacim ağırlığı,  $\gamma_{dmax}$ ) ulaşır ve bu sınır değerden sonra zemine su ilave edilirse kuru birim hacim ağırlığı kademeli olarak azalacaktır. Maksimum kuru birim hacim ağırlığını sağlayan su içeriği, optimum su içeriği ( $W_{opt}$ ) olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Sıkıştırma eğrisi (Coduto, 1999).

Zeminin maksimum kuru birim hacim ağırlığı–optimum su muhtevası ( $\gamma_{dmax} - W_{opt}$ ) ilişkisi, sahada sıkıştırma işleminden önce Proctor (1933) tarafından geliştirilen ve Proctor deneyi olarak bilinen laboratuvar deneyleriyle belirlenebilir. Sıkıştırma yöntemleri; yüzey sıkıştırma, dinamik sıkıştırma, hızlı darbeli sıkıştırma (RIC), vibro sıkıştırma, vibro yer değiştirme, taş kolon yöntemleri olarak sayılabilir. Sıkıştırma tiplerine göre kullanılan silindir tipleri Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6' da görülmektedir.



Şekil 2.4 : Zemin tipine göre kullanılan silindir tipleri (Url-1, 2020).



Şekil 2.5 : Farklı silindir türleri (Ercan, 2017).



Şekil 2.6 : Üçgen ayak vurmali silindir (Gül, 2015).



**Şekil 2.7** : Hızlı darbeli sıkıştırma işlemi (Gül, 2015).

Hızlı darbeli sıkıştırma (RIC) yöntemi Şekil 2.7' de, Dinamik sıkıştırma ise Şekil 2.8' de gösterilmektedir.



**Şekil 2.8** : Tipik uygulama 15-20 ton ağırlık ve 15-20 metre düşme (Çınar, 2014).

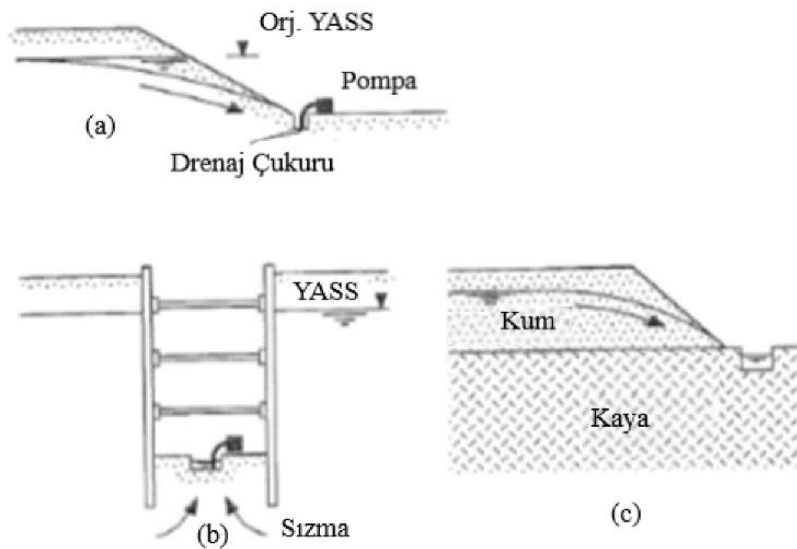
### 2.2.3 Zeminlerin hidrolik iyileştirilmesi

En genel anlamda susuzlaştırma veya drenaj; yer altı suyu seviyesini düşürerek zemini iyileştirmektir. İri daneli zeminlerde, yerçekimsel drenaj ile zemindeki suyu bir kuyu veya çukurda toplayarak ve pompalama ile merkezden uzaklaştırarak susuzlaştırmayı içerir. Yerçekimsel drenajın yavaş veya etkili olmadığı ince daneli zeminlerde, susuzlaştırma, zemini sağlamlaştırılmaya zorlayarak (önyükleme veya elektroozmoz gibi) gerçekleştirilebilir.

İnşaat mühendisliğinde, zeminlerin susuzlaştırılması aşağıdaki nedenlerle yapılabilir:

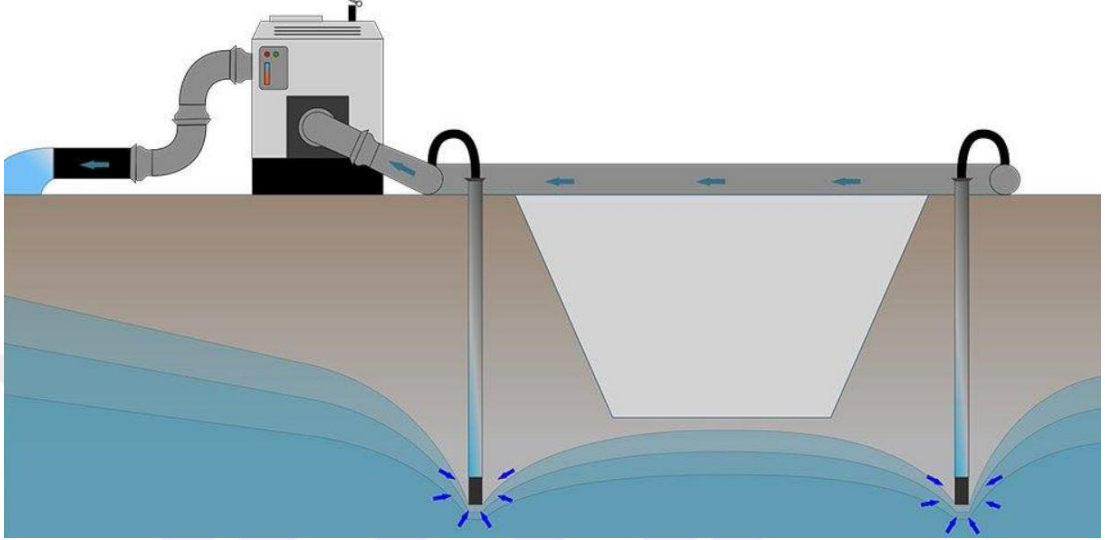
- Bina temeli için kazılarda, barajlarda veya tünellerde kuru çalışma alanı sağlamak,
- Doğal veya dik yamaçların stabilizasyonu,
- Taşıyıcı yapılar veya temellerdeki yanal basınçları azaltmak,
- Daneli zeminlerin sıkıştırılabilirliğini azaltmak,
- Temel zeminlerinin taşıma kapasitesini artırmak ve
- Sıvılaşma potansiyelini azaltmak.

Şekil 2.9' da (a) Geleneksel Susuzlaştırma (Drenaj) Yöntemleri, (b) Koruyucu Tabaka ve Dikey Drenler, (c) Kum Drenleri, Geosentetik Drenajlar şematik gösterimlerdir. Şekil 2.10' da tipik wellpoint şematik gösterimi ve uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 2.9 : Drenaj çukurları ile susuzlaştırma (Hausmann, 1990).

Geleneksel susuzlaştırma yöntemleri olan drenaj çukurları, çekici akış kuyuları (well, well point), vakum kuyuları; ince daneli zeminlerde susuzlaştırma yöntemleri açısından zemin iyileştirme yöntemleri olarak ön yükleme ve dikey drenaj yöntemleri sayılabilir (Sarsılmaz, 2017).



Şekil 2.10 : Tipik bir wellpoint sistemi (Url-11, 2021).

#### 2.2.4 Termal yöntemlerle zemin iyileştirme

Zemin özelliklerinin ısı değişimi ile iyileştirilmesi, eski çağlardan beri kullanılan yöntemler arasındadır. İnce daneli zeminlerde ısıtma, yeraltı suyu seviyesinin altındaki yerlerde ve kayalarda dondurma yöntemleri ile zeminlerin mekanik ve mukavemet özelliklerinde önemli artışlar sağlanabilir. Bu tür uygulamaların ekonomik olarak maliyeti çok yüksek olabilmektedir, ancak özel uygulama koşulları gerektiren problemlerde kullanım alanı bulabilmektedirler (Kaya, 2001).

Isıl işlem ve iyileştirme yöntemleri;

- Isıtma stabilizasyonu,
- Dondurma stabilizasyonu olarak ikiye ayrılır.

Zeminin yüksek sıcaklıklarda ısıtılması ile toprağın içerdiği su miktarı azaltılır ve özellikle killi zeminlerde, zeminin kesme dayanımı ile deformasyon modülü zemin ısıtma yöntemi ile iyileştirilir. Killer 900°C' ye kadar ısıtıldığında faz değiştirerek klinkere dönüşürler. Ayrıca daha düşük sıcaklıklara ısıtıldıklarında yaklaşık 400-600°C' de silikat haline gelirler (Ercan, 2017). Şekil 2.11' de zemininin dondurularak iyileştirildiği tünel shaftı ve bir şevin kontrol altına alınması gösterilmektedir (Ercan, 2017).



**Şekil 2.11** : Zorlu bir eğimde tünel shaftının dondurularak kontrol altına alınması (Ercan, 2017).

Dondurma ile stabilizasyon yönteminin amacı, zemindeki suyu dondurarak zeminin kesme dayanımını ve deformasyon modülünü geçici olarak artırmaktır. Böylece daha fazla mukavemete sahip geçirimsiz bir zemin elde edilir. Bu yöntem, kısa süreli toprak ıslahı gerektiren yerler için ideal bir yöntemdir. Dondurma yöntemi hemen hemen tüm zemine uygulanabilir. Zemini dondurmada soğuk taşıyıcı sıvının içteki kanaldan

gönderilerek dış cidardan geri alındığı çift cidarlı dondurma tüpü kullanılmaktadır. Dondurma tüpünün iç cidarı ile dış cidarı arasındaki soğuk taşıyıcı sıvı sirkülasyonu sonucunda tüp etrafındaki zemin dondurularak stabilizasyon tamamlanmış olur. Hafriyatın başarılı bir dondurma işlemi ile güvence altına alınması kısa bir süre için yeterli kabul edilebilir.

### **2.2.5 Fiziksel ve kimyasal yöntemlerle zemin iyileştirme**

Zeminlerin fiziksel ve kimyasal yöntemlerle iyileştirilmesi; zeminlerin katkı maddeleri kullanılarak iyileştirilmesi, güçlendirilerek iyileştirilmesi ve enjeksiyon yöntemleriyle iyileştirilmesi olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir.

#### **2.2.5.1 Katkı maddeleri kullanarak zemin iyileştirme**

Katkı maddeleri kullanarak zeminlerin iyileştirilmesi; zemine granülometrik malzeme veya çimento, kireç gibi kimyasal bileşikler ilave edilerek zeminlerin iyileştirilmesidir. Katkı maddeleri kullanılarak stabilizasyon ile zeminlerin iyileştirilecek mühendislik özellikleri şunları içerir:

- Taşıma gücünün artırmak,
- Deforme olabilirliği azaltmak,
- Hacimsel stabilite sağlamak (büzülme ve şişme kontrolü ile),
- Geçirgenliği azaltmak ve
- Kararlılığı arttırmak.

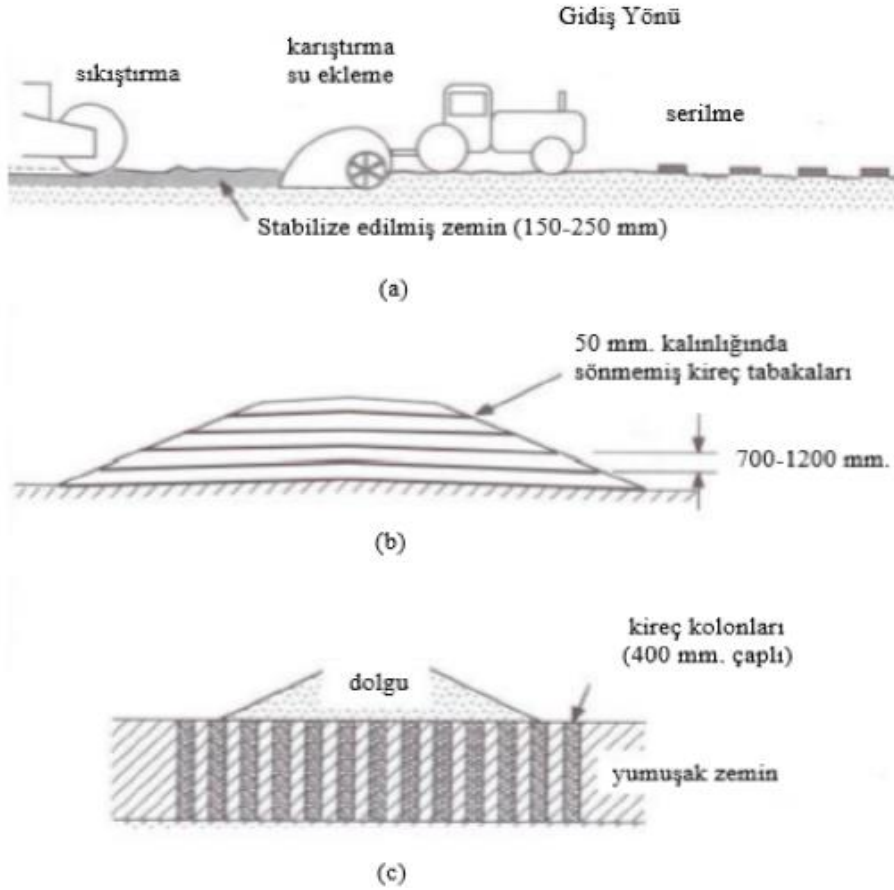
Zemine katkı eklemenin farklı yolları Şekil 2.12' de gösterilmektedir. Geleneksel yüzey stabilizasyonu zeminin kazılması ve kırılmasıyla başlar. Stabilizasyon malzemesi ve gerekirse su ilave edilir. Zemin ile katkı malzemesi karıştırıldıktan sonra sıkıştırılarak stabilizasyon tamamlanır (Şekil 2.12a).

Genel olarak, sahada zemin ve stabilizatörü karıştırmak için kullanılan ekipman, zemini 150-200 mm derinlikte stabilize edebilir. Özel ekipmanlarla bu derinlik bir metreye kadar çıkarılabilmektedir (Sarsılmaz, 2017).

Kireç gibi katkı maddeleri ile yapılan stabilizasyon işlemlerinde, toprak karıştırılmadan stabilize edilebilir. Bu durumda kullanılacak kireç miktarı biraz artabilir (Yamanouchi vd., 1982). 0,7-1 m kalınlığında sıkıştırılmış killi toprak arasına

%50 kalınlıkta ve sentetik filtre sarılı sönmemiş kireç tabakaları koyarak uygulanan bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem sandviç yöntemi de denir (şekil 2.12b).

Benzer şekilde zeminde dikey kireç kolonları mekanik karıştırma olmaksızın oluşturulabilir ve çevreleyen zemin güçlendirilebilir (şekil 2.12c). Bu teknik aynı zamanda yamaçlardaki aktif kayma bölgesinde de kullanılabilir.



**şekil 2.12 :** Katkı maddelerinin kullanıldığı stabilizasyon işlemlerine örnekler. (a) Yollar için yüzey stabilizasyonu, (b) Sönmemiş kireç kullanılarak oluşturulan yüzey, (c) Yüzey altındaki kireç sütunu (Hausmann, 1990).

Derin karıştırma yöntemi; kireç, çimento ve diğer katkı maddelerinin zeminle karıştırılmasıyla kazık, duvar veya temel bloklarının oluşturulması işlemlerinde kullanılır (Sarsılmaz, 2017).

### 2.2.5.2 Takviye kullanarak zemin iyileştirme

Orijinal kullanıma göre "güçlendirilmiş zemin" terimi; zeminle etkileşime giren (sürtünme ve/veya adezyon kuvvetleriyle) ve çekme gerilimlerine dayanabilen bir

malzeme kullanılarak zeminin güçlendirilmesidir. Bir toprak kütleini güçlendirmenin birincil amacı, zeminin stabilitesini iyileştirmek, taşıma gücünü artırmak, oturma ve yanal deformasyonu azaltmaktır. Zemin güçlendirme esnek, elastik veya bazen sıkıştırılabilir malzemeler kullanılarak gerçekleştirilebilir (Hausmann, 1990).

Bu bölümde zemin güçlendirme beş başlık altında incelenecektir:

1. Mekanik stabilize zemin istinat yapıları,
2. Güçlendirilmiş şevler,
3. Zemin ankrajları,
4. Zemin çivileri ve
5. Geosentetiğin takviye olarak kullanılması olarak sayılabilir.

### **2.2.5.3 Enjeksiyon yöntemi ile zemin iyileştirme**

En basit tanımıyla enjeksiyon yöntemiyle zeminlerin iyileştirilmesi, akışkan bir enjeksiyon malzemesinin zemin içerisindeki çatlak, fissür ve boşluklara farklı yöntem ve basınçlarla ulaştırılarak boşlukların azaltılmasıdır (Balkıs, 2009). Diğer zemin iyileştirme yöntemlerinde olduğu gibi enjeksiyonun amacı, zeminlerin hidrojeolojik özelliklerinden geçirgenliğini azaltmak, şekil değiştirmelere karşı mekanik özelliklerinden mukavemetini arttırmaktır (Altun, 2010). Zemin iyileştirme amacına göre enjeksiyon uygulamasında kullanılacak basınç, enjeksiyon için kullanılacak malzemeler ve oranları belirlenmektedir. Zemin enjeksiyon yöntemlerinin tamamında, zeminlerin geçirgenlik katsayısı 10-1 cm/sn' nin altında olması çatlamlara neden olmaktadır (Balkıs, 2009). Üretim yöntemlerine ve amaçlarına göre enjeksiyon yöntemi çeşitleri Çizelge 2.8' de gösterilmektedir (Yılmaz, ty.).

Enjeksiyon yapılacak zeminin iyileştirme amacı ve dane çapına göre enjeksiyonda kullanılacak malzemelere karar verilmektedir. Killi zeminlerde enjeksiyon yöntemleri zeminlerin iyileştirilmesi için yeterli değildir. Sadece kuruma çatlaklarını ve belirgin fissürlerin doldurulmasında kullanılabilir. İnce kum ve siltli zeminlerde enjeksiyon malzemesi olarak reçine, akrilamid, kimyasallar, silikatlar, krom-lignin, ve poliüretan gibi kimyasal eriyikler kullanılmaktadır. Orta kum ve çakıllarda bentonit, çimento ve kireç karışımları enjeksiyon malzemesi olarak kullanılmaktadır. Enjeksiyon malzemesinin zemin içerisindeki boşluklara ulaşması ve nüfuz edebilmesi

için kullanılan enjeksiyon malzemesinin, doldurulması hedeflenen boşluklardan daha ince daneli olması gerektiği unutulmamalıdır (Fırat, 2001).

**Çizelge 2.8 : Enjeksiyon yöntemi türleri.**

<b>Amacına Göre Enjeksiyonlar</b>	<b>Kullanılan Karışım Malzemelerine Göre Enjeksiyonlar</b>	<b>Zemine Yerleşimine Göre Enjeksiyonlar</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Perde enjeksiyonu</li><li>- Konsolidasyon enjeksiyonu</li><li>- Dolgu enjeksiyonu</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Çimento enjeksiyonu</li><li>- Kil enjeksiyonu</li><li>- Kimyasal enjeksiyon</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Permeasyon enjeksiyonu</li><li>- Sıkıştırma enjeksiyonu</li><li>- Çatlama enjeksiyonu</li><li>- Jet enjeksiyonu</li></ul>

Enjeksiyon yöntemi seçiminde ilk aşama iyileştirilecek zeminin sınıflandırılmasıdır. Zeminlerin ince daneli, iri daneli veya kaya olduğunu görsel olarak ayırt etmek çoğu zaman mümkündür ancak hem yapılacak iyileştirme yöntemine karar verilmesinde, hem enjeksiyon malzemesi seçiminde hem de teknik şartnamesinin oluşturulmasında yeterli olmayacaktır ve ek değerlendirilmeler yapılması gerekmektedir (Abramovich, 1963). Kayalardaki süreksizlikler, zemindeki yer altı su seviyesi ve imalat sırasındaki atmosfer koşulları nedeniyle değişen parametreler enjeksiyon yöntemleri ile zemin iyileştirmede hayati önem kazanabilmektedir.

Zeminlerin iyileştirilmesinde her zaman tek bir enjeksiyon yöntemi yeterli olmayabilir yani projelerin farklı aşamalarında farklı enjeksiyon yöntemleri kullanılabilir. Sert kaya kazılarında permeasyon enjeksiyonu, yumuşak zeminlerde sıkıştırma, penetrasyon, hidrofraktür ve jet grout enjeksiyonu yöntemleri kullanılabilir.

Zemin iyileştirmede kullanılan enjeksiyon karışımlarında kullanılan su/çimento (W/C) oranı büyük oranda 0,6 ile 1,3 değerleri arasında seçilmektedir. Su oranı arttıkça enjeksiyon malzemesi incelendiği için daha küçük çatlak ve boşluklara ulaşabilmektedir. Ancak su oranının artması mukavemetin de düşmesine neden olmaktadır. Su oranı yüksek enjeksiyonlarda akışkanlığı azaltmak için süspansiyon olarak bentonit, bazı özel durumlarda, enjeksiyonun kürlenme süresini hızlandırmak için sodyum silikat ve süspansiyon sertleşmesini hızlandırmak içinde kalsiyum klorür katkı maddesi olarak kullanılabilir. Çimento seçiminde özel bir sınırlama olmamakla birlikte, ince portland çimento hızlı kürlenme özelliği ile puzolanik veya yüksek fırın cürüflü

çimentolar ise kimyasal reaksiyon ihtimali olan ortamlarda tercih edilebilmektedir (Croce ve Flora, 2014).

### 2.2.5.3.1 Permeasyon (Emdirme) enjeksiyonu

Fransa’ da 1802 yılında geliştirilmiş olan Permeasyon (Emdirme) yöntemi kum ve çakıl gibi daneli zemimlerin özelliklerine (dokusuna) zarar vermeden nispeten düşük basınçlarda düşük viskoziteli pelte kıvamında veya granüllü yapıda karışımları göndermek için bir tekniktir. Zeminin özelliklerinin uygun olması durumunda enjeksiyon malzemesi zemindeki fissür, boşluk ve çatlaklara nüfuz eder ve ortamdaki zemin danelerine yapışarak boşlukları doldurur. Bu sayede zeminin geçirgenliği ve sıkıştırılabilirliği azaltılarak kesme direnci artırılmış olur. Çizelge 2.9’ da zemin ve kaya ortamındaki mevcut boşlukların doldurulmasında kullanılan maddelerin etkinliği gösterilmektedir (Önalp, Sert 2006).

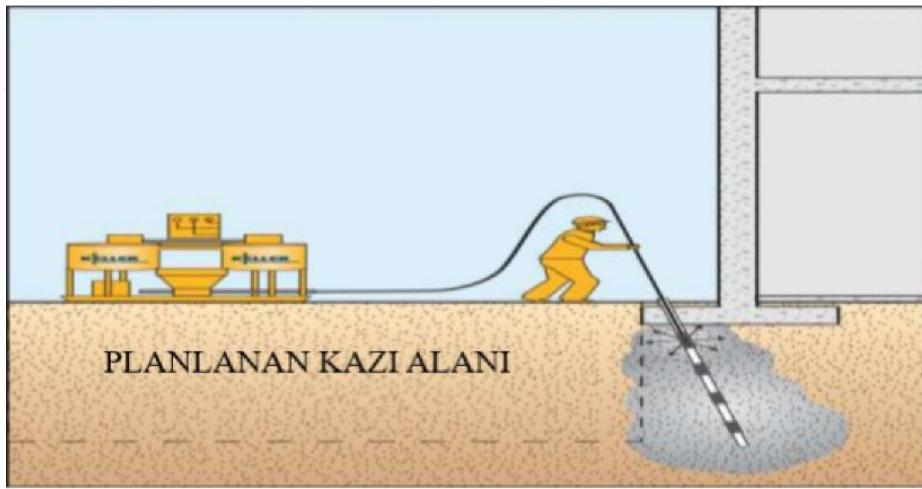
**Çizelge 2.9 :** Çeşitli enjeksiyon malzemelerinin zeminlerin dane çaplarına göre penetrasyon yetenekleri (Önalp, Sert 2006).

ENJEKSİYON SIVISI		ÇAKIL	KUM			SİLT	KİL
			KABA	ORTA	İNCE		
Çimentolayıcı	Ultra İnce Çimento	→					
	Çimento	→					
	Bentonit	→					
	Sodyum Silikat	→					
Kimyasal	Lignin	→					
	Üre Bazlı Reçine	→					
	Akrilamid	→					
Dane Boyutu (mm)		2	0,5	0,25	0,74	0,005	
Geçirimsizlik Katsayısı (cm/s)		10 <sup>0</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>

Zeminlerin iyileştirilmesi ve yeraltı suyunu kontrol altına alabilmek için en yaygın olarak kullanılan enjeksiyon türü permeasyon enjeksiyon yöntemidir. Tip I ve II portland çimento, su ve bentonit karışımından oluşan enjeksiyon harcı zemin içerisindeki boşluklara enjekte edilir. İyi derecelenmiş zeminlerde, ince kumlarda ve çatlaklı kayalarda küçük boşluklara nüfuz edebilme özellikleri nedeniyle ultra ince çimentolar ve Tip III yüksek fırınlı çimento kullanılır. Malzeme maliyetini düşürmek

amacıyla ince kum ve uçucu küller dolgu malzemesi olarak kullanılabilir (Fritsch & Kirsch, 2002).

Permeasyon enjeksiyonunda, düşük basınçlı kimyasal bazlı harç veya çimento enjeksiyon malzemesi olarak kullanıldığından bozulmaya karşı dayanıklı bir yöntem olma avantajına sahiptir. Bu özelliğiyle tünel projelerinde yeraltı suyunun kontrolünde ve baraj uygulamalarında kullanım alanı bulmaktadır. Şekil 2.13’ de temel altında yapılan permeasyon enjeksiyonunun şematik olarak gösterilmektedir. GIN (derz yoğunluğu sayısı) yöntemi baraj perdelerinde ve baraj ayarlayıcılarında kot farkını önlemek için kullanılmaktadır (Fritsch & Kirsch, 2002).



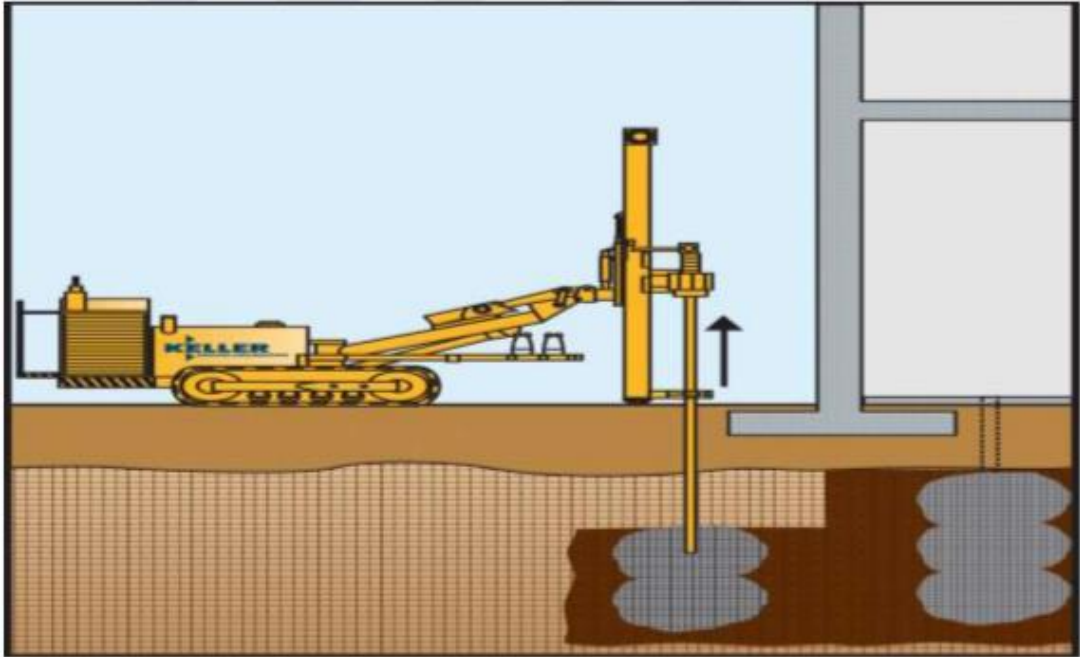
Şekil 2.13 : Emdirme (Permeasyon) enjeksiyonu (Kanat, 2018).

### 2.2.5.3.2 Kompaksiyon (Sıkıştırma) enjeksiyonu

Kompaksiyon enjeksiyonu yüksek ya da orta yoğunluktaki enjeksiyon harcının yüksek (>50 bar) basınçlarda iyileştirilmesi amaçlanan zemine, mevcut boşluk, fissür ve çatlaklara girmeden ayrı bir kütle oluşturularak zeminin sıkıştırılması mantığıyla yapılan zemin iyileştirme yöntemidir (Önalp, Sert 2006). Bu doğrultuda sıkıştırma enjeksiyon yöntemi, sedimentasyon (çökme) değeri 25 mm’ nin altında olan, hedeflenen içsel sürtünmeyi sağlamak için kum, gereken plastisiteyi karşılamak için silt içeren katı kıvamlı enjeksiyon malzemesinin yüksek basınçlarla zemine gönderilmesi ile zemin içerisindeki boşluklara dağılmadan enjeksiyon imalatının yapıldığı nokta etrafında giderek büyüyen bir kütle oluşturmak suretiyle, enjeksiyon noktası etrafındaki boşluklu gevşek zeminlerin sıkıştırılması ile zeminlerin iyileştirilmesidir (Anonim, 1997). Sıkıştırma enjeksiyonunda tamamı 8 numaralı elekten geçen, %10-30’ u 200 nolu elekten geçen kum, kil, su ve katı veya düşük

viskoziteli çimentodan oluşan enjeksiyon malzemeleri kullanılmaktadır. Katkı maddeleri, plastikliği ve enjeksiyon özelliklerini arttırmak için kullanılmaktadır (Warner & Brown, 1974). Kompaksiyon enjeksiyonunda kontrollü ya da kontrölsüz olarak önemli miktarda enjeksiyon malzemesi kullanılarak mevcut yapılardaki farklı oturumların ortadan kaldırılması için yükseltilmesi, istenilen yönlerde kaydırılması gibi hedeflerle zemin içerisindeki gevşek ortamın sıkıştırılması ile zeminlerin taşıma gücü artırılmaktadır (Önalp, Sert 2006).

Kompaksiyon enjeksiyonunda, enjeksiyon yapılacak noktaya 2-4 inç (50-100 mm) çapında boru veya kılıflar yardımıyla zemin ve proje koşullarını göre 5-20 feet (1,5-6 m) aralıklarla ulaşıldıktan sonra çökme (sedimentasyon) değeri 1-2 inç (25-50 mm) olan katı bir harç 1-7 MPa (150-1.000 psi)'lık yüksek basınçla zemine ulaştırılır (Baker, 1985). Enjeksiyon tüpünden çıkan harç hacimsel olarak artan ampül şeklinde bir kütle oluşturularak, çevresindeki yumuşak, gevşek veya bozulmuş zeminin yoğunluğunu artırır. Şekil 2.14' te kompaksiyon enjeksiyonu şematik olarak gösterilmektedir.



**Şekil 2.14 :** Kompaksiyon (Sıkıştırma) enjeksiyonu (Baker, 1995).

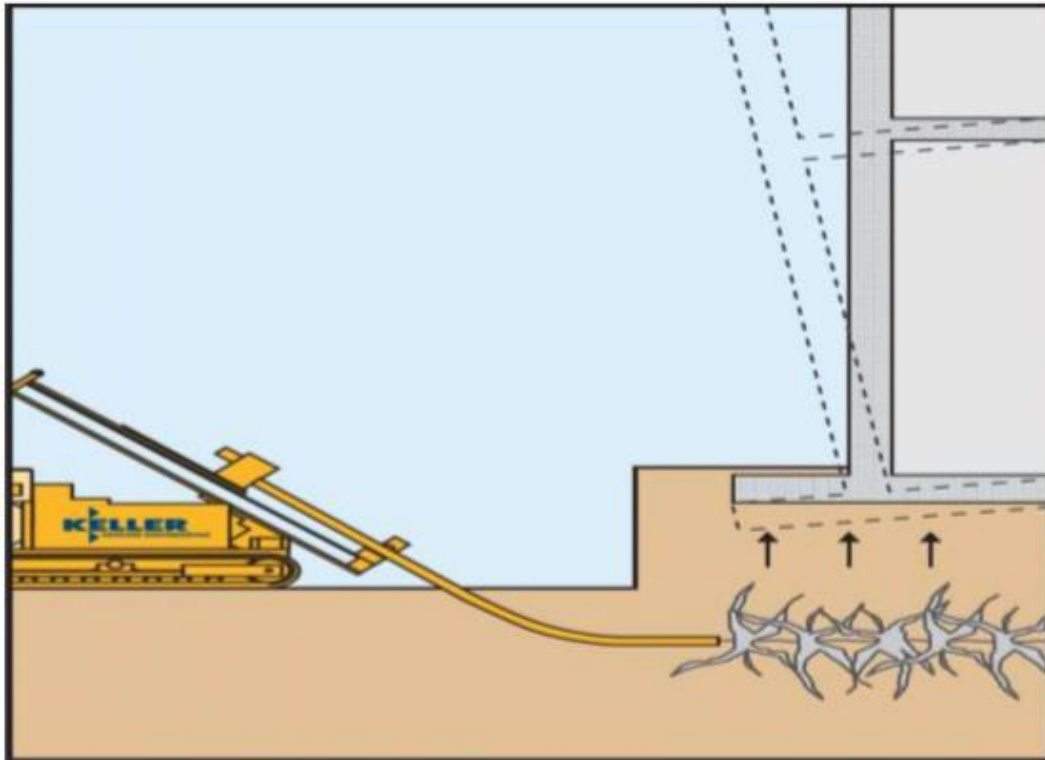
Kompaksiyon enjeksiyonu yöntemi, boşluklu, gevşek ve zayıf zeminlerin farklı noktalarında veya mevcut yapıların zeminlerinde, sıvılaşma eğilimindeki zeminlerin sıvılaşma riskini azaltmakta, farklı oturmalara maruz kalmış yapıları olması gereken seviyeye getirmede ekonomik ve riski az olan bir yöntemdir (Kanat, 2018). Yöntem

yüksek kapasiteli tesislere sahip çok büyük yapılarda kullanılabilmesinin yanında küçük yapılarda veya erişimi zor yerlerde basit el aletleri ile zeminlerin iyileştirilebildiği geniş yelpazede bir kullanım alanı sunmaktadır (Franz, 1972).

### 2.2.5.3.3 Çatlatma (Telafi) enjeksiyonu

Çatlatma enjeksiyonunda, enjeksiyon yapılacak noktaya ulaştırılan kılıf ya da borudan 1 Mpa basınçlı çimento esaslı harç zemin içerisine gönderilir ve zemin sıkıştırılmış olur. Daha sonra adım adım boru çekilerek işlem tekrarlanır ve birbiriyle bağlantısı olmayan enjeksiyon tabakaları oluşturulur (Gallavresi, 1992). Bu yöntemde, nispeten düşük viskoziteli enjeksiyon malzemesi ile tekrarlanan enjeksiyonlarla oluşturulan çatlaklar, zemine yerleştirilen özel çelik borular kullanılarak doldurulur. Genel olarak barajların temellerinin hazırlanmasında kullanılır (Gül, 2015).

Telafi enjeksiyon tekniğinde zemin içerisindeki çatlaklı, boşluklu yapının düşük hacimli çimento enjeksiyon harçları ile sıralı enjeksiyonlar yapılarak, zemin içerisinde 10-20 mm kalınlığında enjeksiyonla doldurulmuş çatlaklar oluşturularak zemin stabilize edilir. Şekil 2.15’ te telafi enjeksiyonu şematik olarak gösterilmektedir.



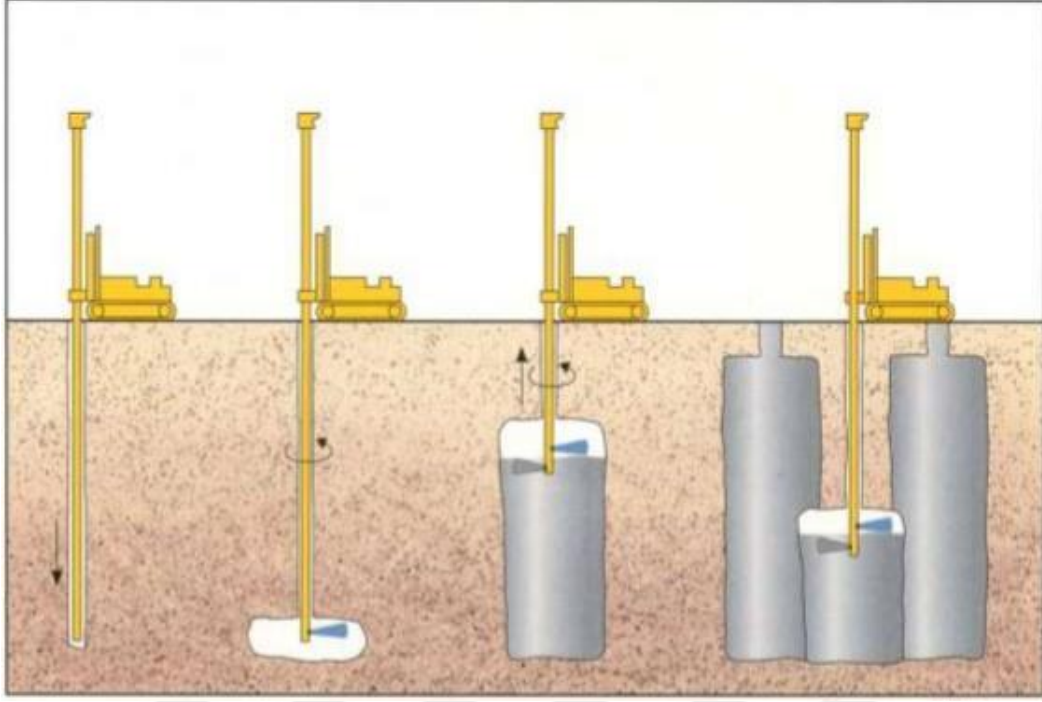
Şekil 2.15 : Çatlatma (Telafi) enjeksiyonu (Kanat, 2018).

Telafi enjeksiyon yöntemi, mühendislik yapıları altında yapılan kanal veya tünel kazılarında, yapılan kazı ile eş zamanlı olarak zemin üzerindeki yapıları veya kazı yakınındaki yapıların korunmasında, oturmuş veya yatmış yapıların olması gereken seviyeye getirilmesinde kullanılan bir yöntemdir (Hermans, 1953).

#### **2.2.5.3.4 Jet grout enjeksiyonu**

Jet grout enjeksiyonu yönteminde, çimento, su ve katkı maddeleri ile oluşturulmuş yüksek vizkoziteli çimento harcının yüksek basınçla zemine püskürtülmesi ile zeminin parçalanması, parçalanan zeminin enjeksiyon harcı ile karışması, yer değiştirmesi ile zeminlerin taşıma gücü, sıvılaşma direnci, geçirgenliği gibi özelliklerinin iyileştirildiği bir zemin iyileştirme yöntemidir. Jet grout yönteminde silindirik olarak hareket edebilen tijin proje derinliğine kadar indirildikten sonra tijin yanlarından ve ucundan yüksek basınçlı enjeksiyon harcının zemine gönderilmesi sırasında tijin belirli bir hızda çevrilmesi ve adım adım yukarı çekilmesi ile enjeksiyon harcı ile gevşek zemin danelerinin karışması ve yer değiştirmesi ile elde edilen kompozit yapıda bir kazık oluşturulmaktadır. Kullanılan çimentolu enjeksiyon malzemesi ve yüksek basınca bağlı olarak zemin içerisinde silindirik yapıda sıkıştırılmış kompozit yapıda bir kolon oluşturulmuş olur. Şekil 2.16' da jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme şematik olarak görülmektedir.

Jet grout yöntemi çok farklı zemin formasyonunda kullanılabilen, ekonomik, titreşimsiz, çevreye minimum zarar veren çok yönlü bir zemin iyileştirme yöntemidir (Abramovich, 1963). Jet grout yöntemi dikey uygulanabildiği gibi 45° lik açılarda da uygulanabilmektedir. Bu özelliğiyle tarihi yapıların desteklenmesinde, şevlerin stabilizasyonunun sağlanmasında, derin kazılarda, yapı temellerinin güçlendirilmesi için kullanılabilen bir zemin iyileştirme yöntemidir. Jet grout yöntemi ile geçirimsiz perde imalatları da yapılabilmektedir. Bu yöntemle yer altı suyunun olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması, zeminde su geçirgenliğinin azaltılması ve aynı anda yapılarda mukavemet ve taşıyıcılığın artırılması sağlanabilmektedir (Hermans, 1953).



**Şekil 2.16 : Jet grout yöntemi (Url-2, ty.).**

#### **2.2.5.4 Enjeksiyon yöntemlerinin uygulama alanları**

Geniş bir uygulama alanına sahip olan enjeksiyon yöntemi;

- Gevşek kumlarda sıvılaşmayı önlemek için,
- Hacim değişiklikleri gösterebilen kil içerikli zeminlerin şişme ve büzülme potansiyelini azaltmakta,
- Mühendislik yapılarının yer altı zemin mukavemetini arttırmakta,
- Komşu yapıların stabilitesini sağlamakta,
- Temel kazıları çevresindeki şevlerin stabilitesini sağlamak için,
- Tünel çevre duvarlarının stabilitesinin sağlamak için,
- Mevcut temellerin istikrarını sağlamakta,
- Mühendislik yapıları ile ana kaya arasındaki boşlukların doldurulmasında,
- Aşırı oturmalar ve su sızıntılarını önlemek için,
- Geçirimsizlik perdelerinin imalatında ve

- Mühendislik yapıları altındaki zeminin geçirgenliğini azaltmak için kullanılabilir (Fırat 2001).

### 2.3 Jet Grout Yöntemi ve Tarihçesi

Jet grout yönteminin başlangıcı olarak kabul edilen yüksek basınçlı su jeti kullanılarak kesme işlemi yapılması, İngiltere’ de yapılan bazı araştırmalarda Nicholson (1963) ve ABD’ deki kömür madenlerinde kullanılmıştır. Daha sonra 1965 yılında Japonya’ da Yamakado kardeşler tarafından zemin yüksek basınçlı su jeti ile kesildikten sonra çimento şerbetiyle enjeksiyon yapılmıştır (Miki & Nakanishi, 1984).

Jet grout yöntemi ilk olarak Japonya’ da geliştirilmiş ve sonrasında Avrupa ve Amerika gibi gelişmiş ülkeler tarafından benimsenmiştir. Yapı temelleri üzerinde önemli çalışmalar yapmış olan İtalya’ nın jet grout teknolojilerinin gelişimine ciddi katkıları olmuştur. Jet grout tekniğinin hızla gelişmesinde, tüm dünyada benimsenmesi ve yaygınlaşmasındaki başlıca sebepler temellerin takviyesi, zeminlerin konsolide hale getirilmesi ve geçirimsizliğin sağlanması gibi çok yönlü bir yöntem olmasının yanı sıra mevcut yöntemlerin yetersiz kaldığı birçok durumda ekonomik çözümler üretebilmesindedir (Doğu, 2005).

1970’ lerin başlarında Avrupa’ da da kullanılmaya başlanan Jet Grout yönteminde iki farklı metot ön plana çıkmıştır (Xanthakos vd., 1994). “Chemical Churning Plant” (CCP) adı verilen ilk teknik Nakanishi ve arkadaşları tarafından dört farklı kimyasal malzemedan oluşan enjeksiyon malzemesinin 1,2-2 mm çapındaki nozüllerden ve sondaj işlemini yapan borunun alt ucunda boruya dik olarak enjeksiyon harcının püskürtüldüğü yöntemdir. Bu yöntemde enjeksiyon sırasında sondaj borusu kendi eksenini etrafında döndürülerek yukarı çekiliyordu. Enjeksiyon malzemesi olarak kullanılan kimyasal malzemelerin çevreye zarar vermesinin önüne geçmek için kısa zaman içerisinde çimento bazlı enjeksiyon malzemeleri kullanılmaya başlanmıştır. Ticari kaygılarla CCP yöntemi ile jet grout imalatı ilk olarak 1973 yılında uygulanmaya başlanmıştır (Moseley & Krisch, 1993).

CCP yöntemiyle aşağı yukarı aynı zamanlarda Yahiro yönetimindeki rakip bir grup tarafından Jet grout yöntemi geliştirilmiştir. Jet grout yönteminde sondaj yapılırken zemin yüksek basınçlı su jeti yardımıyla parçalanıyor ve hedef derinliğe inildikten sonra enjeksiyon malzemesi aşağıdan yukarıya doğru su jeti ile kesilerek oluşturulan boşluğa dolduruluyordu. Bu yöntem 1975 yılında daha da geliştirilerek sondaj tiji

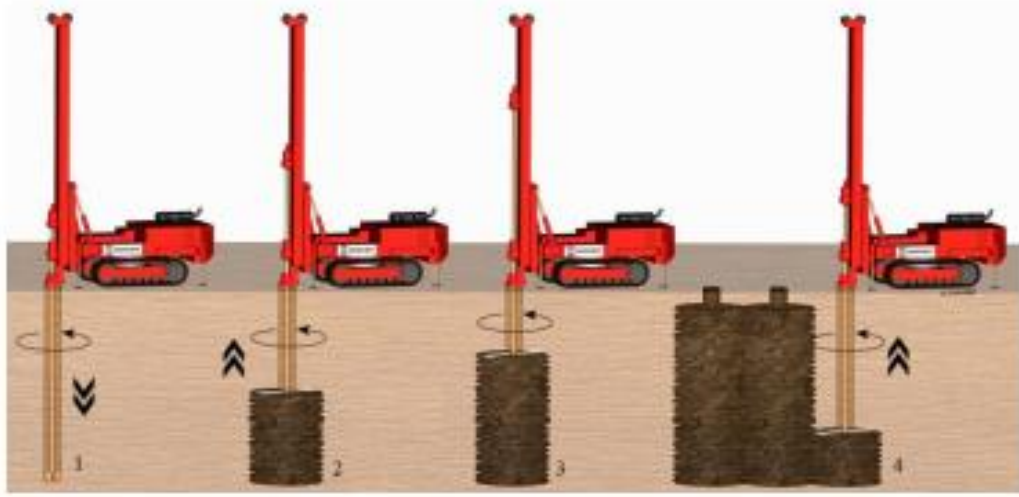
yukarıya çekilirken eksenini etrafında döndürülerek ve su jetini hava kılıfı içerisine alarak etkisinin artırılmasıyla “Column Jet Grout” (CJG) yöntemi geliştirilmiştir.

1980 yılında CCP yöntemini geliştiren grup tarafından sondaj yapıldıktan sonra basınçlı hava ile güçlendirilmiş yüksek hızlı su jeti ile zemin kesildikten sonra oluşan boşluğa yüksek basınçlı çimento şerbeti püskürtülerek iri daneli zeminlerde büyük çaplı kolonlar oluşturulabilmiştir. “Super Soil Stabilization Method” (SSS-MAN) adı verilen bu yöntem jet grout tekniğinin gelişimindeki son önemli adım olmuştur (Kauschinder & Welsh, 1989). Su jetinin yayılma açısı büyük olduğu için kesme enerjisi dağılarak su jetinin etkisini azaltmaktaydı. Dar bir açı ile yayılan hava jeti kılıfının yardımıyla su jetinin enerjisi artırılarak daha uzun bir mesafede etkili olması sağlanarak daha büyük çaplı kolonlar oluşturulması mümkün olmuştur (Yahiro & Yoshida, 1973).

Halen teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişmekte olan Jet Grout yönteminde imalat parametreleri olarak enjeksiyon harcı yoğunluğu, vizkozitesi, enjeksiyon basıncı, debi, hız, pompa güçleri olumlu yönde değişmekte, hem verimlilik hem de ekonomik açıdan önemli mesafeler katedilmektedir. İnsan gücüne ihtiyaç her geçen gün azalmakta ve kullanılan ekipmanların güvenilirliği artmaktadır. Tüm bu gelişmelere paralel olarak hedeflenen zemin iyileştirme parametrelerine önceden hesaplanabilen maliyet ve sürelerde ulaşmak mümkün olabilmektedir.

### **2.3.1 Jet grout sistemi**

Jet grout uygulamasına belirli bir çapta (örneğin 120 mm) delik açılarak başlanır. Paletler üzerinde hareket eden, ağır saha koşullarında maksimum hareket kabiliyeti sağlamak için yüksek tork ve basınç gücüne sahip hidrolik makinelerle delme yapılmaktadır. Zeminin özelliklerine göre en uygun rotary (döndürme) ve darbeli rotary yöntemleri kullanılarak delme işlemi yapılır. Kil bitleri yumuşak zeminlerde, tricone bitleri sert zeminlerde kullanılır. Sondaj borusu olarak jet grout tijleri, bağlantı manşonlarında ise 500-600 bar basınca dayanıklı sızdırmazlık elemanları kullanılmaktadır. (Erkan, 2013). Şekil 2.17’ de Jet Grout sistemini şematik olarak göstermektedir.



**Şekil 2.17 :** Jet grout sistemi şematik gösterimi (Soletanche Bachy, ty.).

Projede belirtilen derinliğe ulaşıldığında sondaj sonlandırılarak çelik bilya sondaj borusuna gönderilir. Bu işlem ile harcın yönü, “monitör” denilen harcı nozullara taşıyan bir takıma çevrilmiş olur. Şekil 2.18’de Jet Grout Enjeksiyonu foraj makinesi parçaları gösterilmektedir.



**Şekil 2.18 :** Jet enjeksiyon delme makinesi parçaları (Çınar, 2004).

Proje derinliğine indirilen ve monitör ile nozüllere çevrilen su ve çimento karışımından oluşan grout harcı, yüksek basınç (400-600 bar) ile zemine püskürtülerek zemin parçalanır, grout harç ile zemin birbiri içerisine nüfuz eder ve tujin etrafında zemin ile grout harcın karışımından oluşan çeşitli çaplarda kolon oluşturulmuş olur. Oluşan bu çimentolaşmış silindirik kolonlara ‘soilcrete’ adı da verilmektedir. Bu yöntem kullanılarak mümkün olduğunca homojen ve sürekli bir yapı elde edilerek zeminlerin sıkıştırılabilirliği ve geçirgenliği azaltılır, taşıma kapasitesi artırılarak zeminlerin iyileştirilmesi sağlanabilmektedir.

### 2.3.1.1 Jet grout ekipmanları

Delme makinesi, iyileştirilmesi hedeflenen zeminlerde proje derinliğine kadar rotary veya darbeli rotary yöntemlerinden biri ile sondaj yapabilen ve sonrasında jet grout kolonu oluşturabilme kapasitesine sahip bir sondaj makinesidir. Zorlu saha koşullarında yüksek hareket kabiliyeti için paletli ve yüksek torklara sahip bir makinedir. Yapıların içlerinde dar alanlarda çalışabilecek şekilde dizayn edilen makineler de mevcuttur.

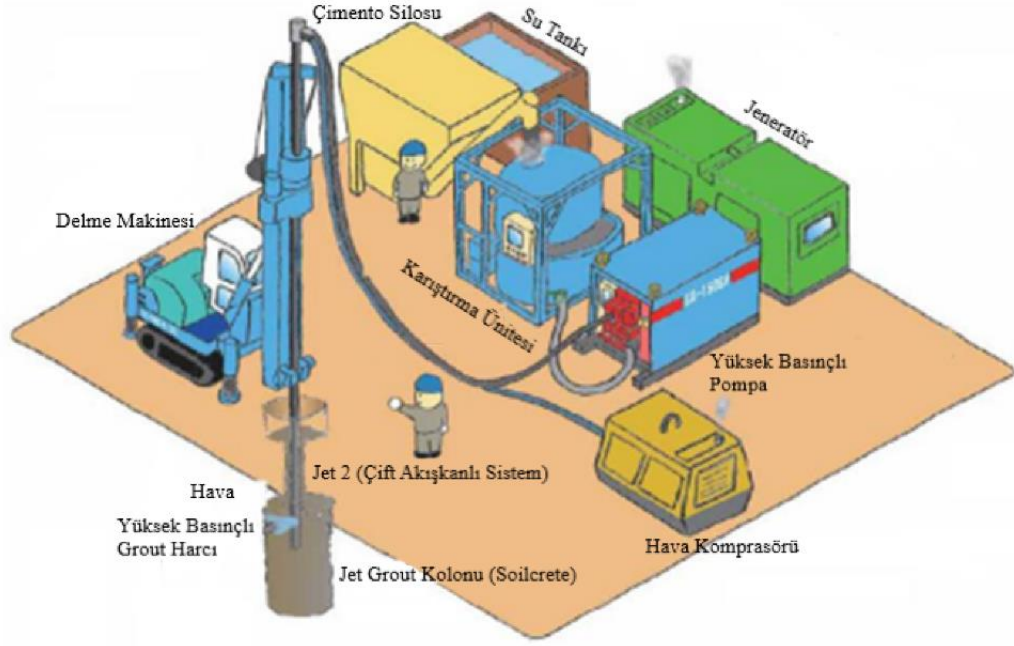
Pompa ünitesi, proje derinliğine ulaşan delme makinesindeki nozüllere su-çimento karışımını, ulaşılması hedeflenen çapta ve mukavemette çimentolaşmış kolonlar oluşturulabilmesini sağlayacak kadar yüksek basınçları sağlayabilen bir jet grout pompa birimidir.

Mikser ünitesi, jet grout pompa ünitesinin ihtiyaç duyduğu kadar grout harcını üretebilecek kapasitede, jet grout harcının içeriğindeki malzemeleri istenilen miktarlarda otomatik olarak tartarak homojen bir şekilde karıştırabilen bir mikser ve dinlendiriciden oluşan karıştırma-dinlendirme ünitesidir.

Çimento silosu, jet grout mikser ünitesinin ihtiyaç duyduğu kadar çimentoyu mikser ünitesine ulaştırabilen ve yeterli miktarda dökme çimento depolayabilen çimento silosu ve konveyöründen oluşan ünedir.

Su deposu, jet grout mikser ünitesinin ihtiyaç duyduğu kadar suyu mikser ünitesine pompalayabilen ve genellikle 15-25 ton aralığındaki su deposundan oluşan ünedir.

Jet grout sistemi ekipmanları olarak şantiyelerdeki elektrik kesintilerine karşı önlem olarak 50 kVA kapasiteli bir jeneratör, 8-12 bar basınçlı kompresör, kaynak makinesi ve kazma, kürek vb. gibi diğer el aletleri de bulundurulmalıdır. Jet grout harcı karışımı, elektronik olarak tartılarak çimento silosundan konveyör aracılığıyla çimento ve su tankından pompa aracılığıyla su, mikser ünitesine ulaştırılarak homojen olarak karıştırıldıktan sonra dinlendirme ünitesine alınır. Yeterince dinlendirildikten sonra enjeksiyon karışımı pompa ünitesi aracılığıyla delme makinesi üzerindeki nozüllere yüksek basınç ile gönderilerek jet grout kolonları oluşturulur. Şekil 2.19' da jet grout sistemi ekipmanları şematik olarak gösterilmiştir.



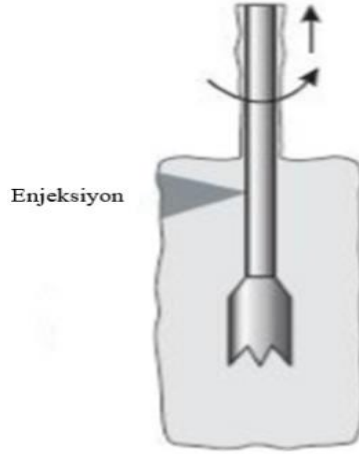
Şekil 2.19 : Jet grout sistem ekipmanlarının şematik gösterimi (Kanat, 2018).

### 2.3.1.2 Jet grout teknikleri

İyileştirilecek zemin parametrelerine göre ve hedeflenen jet grout proje kriterlerine göre kullanılan Jet grout teknikleri değişiklik gösterebilmektedir. Hedeflenen jet grout kolon çapı, mukavemeti gibi kriterlere ve kullanım amaçlarına göre Jet 1, Jet 2, Jet 3 ve Süper Jet teknikleri olmak üzere dört çeşit jet grout yöntemi kullanılmaktadır (Akan, 2013).

### 2.3.1.3 Tek akışkanlı sistem (Jet 1)

Jet grout tekniklerinin en basit ve en yaygın olarak kullanılanı Jet 1 yöntemi 1970' li yılların başında ilk olarak Japonya' da daha sonra 1970' li yıllarının ortalarında İtalya' da kullanılmaya başlanmıştır. Jet 1 yönteminde zeminin kesilmesi, parçalanması ve grout harç ile zeminin yer değiştirmesi ya da karıştırılması tek bir jet grout akımı ile yapılmaktadır. Jet 1 yönteminde tek kanallı bir delme enjeksiyon takımı kullanılır. Delme işlemi proje derinliğine ulaştıktan sonra monitör aracılığıyla enjeksiyonun yönü nozüllere çevrilir ve grout harcı yaklaşık 400-600 bar ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) basınçla bu da yaklaşık olarak 200 m/sn hızla karşılık gelmektedir, zemine püskürtülerek Jet grout kolonu oluşturulur. Şekil 2.20' de Jet 1 yöntemi şematik olarak gösterilmiştir.



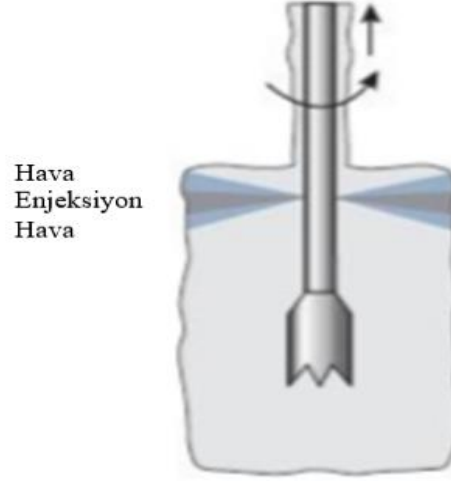
Şekil 2.20 : Jet 1 tekniği şematik gösterimi (Stark vd., 2009).

Jet 1 yönteminde çapı 2-4 mm aralığında 1 veya 2 nozül kullanılmaktadır. Nozüller genellikle delme tijinin alt ucuna yakındır ve zeminle 90° açı yapacak şekilde grout harç zemine püskürtülür. Grout harç zemine püskürtülürken tij eksenine etrafında sabit bir hızla döndürülürken adım adım ya da sürekli olarak yukarı çekilerek dairesel bir kolon oluşturulur. Jet 1 yönteminde ince daneli ve kohezyonlu zeminlerde çok etkili olamamakla birlikte çakıllı zeminlerde 0,6-1,2 m aralığındaki çaplarda kolonlar oluşturmak mümkün olabilmektedir.

#### 2.3.1.4 Çift akışkanlı system (Jet 2)

Jet 2 yönteminde birbiri etrafını saran çift cidarlı bir tij kullanılmaktadır. Bu yöntem jet 1 yönteminin modifiye edilerek geliştirildiği ve oldukça yaygın olarak kullanım alanı bulan bir yöntemdir. Jet 2 yönteminde yüksek basınçlı grout harcın orta borudan geçtiği, 8-12 bar basınçlı havanın dış cidardan geçerek aynı eksenli nozüllerden zemine püskürtülerek sürtünme kayıplarını azaltmak suretiyle grout harcın kinetik enerjisini artırarak Jet 1 yöntemine göre %60-80 oranında daha büyük çaplarda jet grout kolonu oluşturmak mümkün olabilmektedir.

Jet 2 yöntemi grout harcı çevreleyen hava konisi sayesinde kohezif zeminlerde jet 1 yöntemine oranla daha etkili olmakla birlikte orta sıkı zeminlerde kolon çapları 1,0 m' yi, gevşek ve çakıllı zeminlerde 1,8 m' yi bulabilmektedir. Jet 2 yönteminin şematik gösterimi Şekil 2.21' de sunulmuştur.

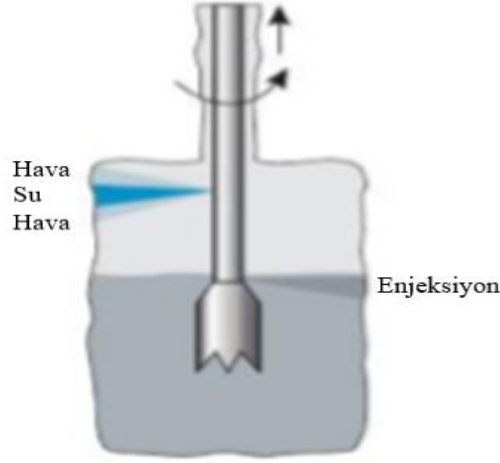


**Şekil 2.21 :** Jet 2 tekniği şematik gösterimi (Stark vd., 2009).

Kum zemin üzerine yapılan çift akışkan sistemli jet grout kolon üretiminde örmek uygulama için uygulanan basınç 45 MPa, sondaj borusunun kendi eksenini etrafında dönme hızı 8-10 devir/dk, enjeksiyon harcında kullanılan çimento miktarının 930 kg/m ve grout harcın 16-17 kN/m<sup>3</sup> birim hacim ağırlığında olduğu, grout harcı akış hızının 130 lt/dk olmasının sağlandığı durumlarda 1,4 m çapında jet grout kolonu elde edilebildiği tespit edilmiştir (Ichihashi vd., 1992).

### **2.3.1.5 Üç akışkanlı sistem (Jet 3)**

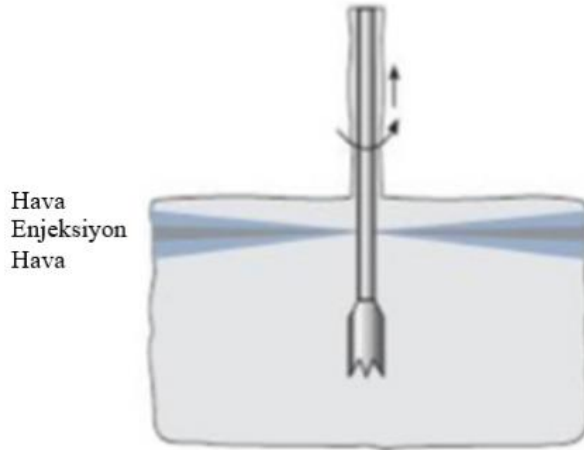
Jet 3 yöntemi, iç içe geçmiş 3 borudan oluşan delme tijinin kullanıldığı jet 1 ve jet 2 yöntemlerine göre daha karmaşık ve daha fazla ekipmana ihtiyaç duyulan ve bunun sonucu olarak daha komplike olması nedeniyle daha az tercih edilen bir yöntemdir. Jet 3 yönteminde iç borudan 400-600 bar basınçlı su etrafını saran 8-12 bar basınçlı hava ile enerjisi artırılarak aynı eksenli nozülde zemine püskürtülerek zemini keser ve parçalar, sonrasında en dış cidardan 30-80 bar basınçlı grout harç ayrı bir nozülde su ve hava karışımına enjekte edilerek çapı 2 m'yi geçen jet grout kolonları elde etmek mümkün olabilmektedir. Kohezyonlu zeminlerde diğer jet grout yöntemlerine göre etkili olan yöntem jet 3 yöntemidir. Jet 3 yönteminde daha büyük çaplı jet grout kolonları oluşturulmasına rağmen su içeriğinin fazla olması nedeniyle diğer yöntemlere oranla basınç dayanımı daha düşük kolonlar elde edilmektedir. Şekil 2.22' de Jet 3 yöntemi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.22 : Jet 3 tekniği şematik gösterimi (Stark vd., 2009).

### 2.3.1.6 Süper jet sistemi (Süper Jet)

Süper jet yöntemi, diğer jet grout tekniklerinde kullanılan 12 cm' lik tij yerine 15 cm çapındaki bir tijin kullanıldığı, yine diğer yöntemlerden daha büyük çaplara sahip nozüller kullanılarak grout harcın yüksek basınçlarla zemine püskürtülmesiyle daha büyük kolon çaplarına ulaşıldığı yöntemdir. Bu yöntemde hedef daha büyük kolon çaplarına ulaşarak proje uygulama süresini ve maliyetlerini düşürmektir. Süper jet yöntemi jet 2 yöntemine benzer olarak daha büyük çaptaki tij ile proje derinliğine inildikten sonra yüksek basınçlı grout harcı etrafını saran hava konisi ile daha büyük çaplı nozüllerden zemine ulaştırılarak 3-5 m' yi bulan jet grout kolonları oluşturulması mümkün olabilmektedir. Bazı özel durumlarda grout harcı oluşturulurken su yerine farklı sıvılar veya süspansiyonlarda kullanılabilir. Sistemin şematik gösterimi Şekil 2.23' te verilmiştir.



Şekil 2.23 : Süper jet tekniği şematik gösterimi (Küsin, 2009).

Süper Jet yönteminde, daha büyük çaplı tij ve nozüller kullanılmasının yanı sıra enjeksiyon harcı ile zeminin yer değiştirmesi ve karışması için daha fazla zaman verilmesi amacıyla tij döndürme ve çekme hızları diğer jet grout yöntemlerine oranla daha düşüktür (Bell vd., 2003). Süper jet yöntemi kullanılarak, tij dönüş hızı 3-4 rpm, tij çekme hızı 7 mm/dk., enjeksiyon basıncı olarakta 40 Mpa basınca ulaşıldığında 4 m çapında jet grout kolonu oluşturulabildiği görülmüştür. Süper jet yöntemi kullanılarak oluşturulan jet grout kolonlarının çaplarının büyüdüğü ve kazı yan yüzeylerini desteklemede, sıvılaşma eğilimi olan zemin tabakalarının stabilizasyonunda, geçirimsizlik perdeleri oluşturulmasında ve yer altı suyu kontrolünde kullanılabileceği görülmüştür (Akan, 2013).

### **2.3.2 Jet grout sistem seçimi**

Jet grout yöntemi, diğer iyileştirme yöntemlerine kıyasla daha geniş yelpazedeki zemin türlerinde etkin bir şekilde kullanılabilir. Aşınma esaslı bir iyileştirme yöntemi olduğu için zeminin aşındırılabilirliği kolon geometrisi ve oluşacak kolon kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Farklı zemin türlerinin farklı parçalanma özellikleri vardır. Kohezyonsuz zeminlerin parçalanması nispeten daha kolaydır çünkü zemin daneleri arasında nem dışında herhangi bir bağlayıcı etken içermezler. Kohezyonsuz zeminlerin daneleri arasında bağlayıcı bir etken olmaması nedeniyle türbülanslı bir ortamda başka bir çaba göstermeden kendi kendilerine parçalanıp, dağılırlar. Bununla birlikte, sahip oldukları kohezyon nedeniyle, yüksek dereceli plastik killer delme sırasında küçük parçalara ayrılır ve parçalanır. Bunun bir sonucu olarak, delik ağzı sık sık tıkanır ve delme işleminden ortaya çıkan malzemeyi dışarı atılması zorlaşır ve bir kısmı delik içinde kalması nedeniyle, imalat parametrelerinin değişmesine ve bunun sonucu olarak jet grout kolon geometrisinin bozulmasına ve mukavemetinin düşmesine neden olabilmektedir. Kesilen zeminin çıkarılması, matkabin kaplanması, püskürtme memelerinin farklı yönlere yönlendirilmesi, çoklu püskürtme nozullarının kullanılması ve hava kılıfı oluşturulması gibi uygulamalarla kolaylaştırılabilir (Fırat, 2001).

### **2.3.3 Jet grout kolon üretim parametreleri**

Jet grout kolon imalatında çalışma parametreleri; uygulama yapılan zeminin tipi, tabakalaşma durumu, hedef kolon çapı, kolon uzunluğu, kolon taşıma kapasitesi ve

uygulama yöntemine göre seçilir (Erkan 2013). Jet grout imalatı çalışma parametrelerine karar verilebilmesi için imalat yapılacak zeminle ilgili bazı özellikler hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Zeminle ilgili bu verilere sahada yapılan CPT veya SPT deneyleri sonrası alınan numunelerin laboratuvarında yapılan incelemelerle relatif sıklığın belirlenmesi gerekir. Bunun yanı sıra zeminin kohezyonlu mu, kohezyonsuz mu olduğu, kohezyonsuz zeminlerde su içeriği, doymuş birim hacim ağırlığı ve zeminin dane dağılımı belirlenmelidir. Kohezyonlu zeminlerde ise attemberg limtleri gibi kıvam limitlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Geoteknik mühendisi sahada ve laboratuvarında yapılan incelemeler neticesinde zemin iyileştirmeye ihtiyaç duyuluyorsa jet grout yönteminin uygun olup olmadığını ve jet grout sistemlerinden hangisinin en doğru ve ekonomik yöntem olacağına karar verebilmekte ve bu verilere dayanarak zeminde oluşturulacak eleman için gerekli imalat parametrelerine erişebilmektedir. Çizelge 2.10' da jet grout sistemlerine göre tipik imalat parametreleri gösterilmektedir.

**Çizelge 2.10 : Jet grout metodu üretim parametreleri (Lunardi, 1977).**

Sistem	Enjeksiyon Tipi	Basınç	Nozul Adet ve Çapı	Çekme Hızı	Dönme Hızı	Su/Çimento Oranı	Pompa Kapasitesi
		(Bar)	(Adet, mm)	(cm/dk)	(rpm)		(lt/dk)
Jet 1	Çimento	400 - 500	1-2 x 2-5	15 - 100	5-15	1,0 - 1,5	70-600
Jet 2	Çimento	400 - 550	1-2 x 2-5	10 - 30	4 - 8	1,0 - 1,5	70-600
	Hava	10 - 12	-	10 - 30	-	-	4000-10000
Jet 3	Çimento	50 - 100	1-2 x 2-5	6 - 15	4 - 8	1,2 - 1,5	80-200
	Hava	10 - 12		6 - 15	-	-	4000-10000
	Su	-	-	6 - 15	-	-	40-100

Geoteknik mühendisi iyileştirilecek zemin özelliklerine göre ihtiyaç duyulan jet grout kolonu imalat parametrelerine karar verdikten ve jet grout sistemi seçimini yaptıktan sonra imalat parametrelerini değiştirerek test kolonları üretimi yaparak hedeflenen kolon çapı, sürekliliği ve mukavemetine ulaşmasını sağlayacak en efektif

parametreleri seçer. Jet grout yönteminde sonucu etkileyen imalat parametreleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Jet Grout Sistemi seçimi (Jet 1, Jet 2, Jet 3 ve Süper Jet yöntemlerinden biri veya birkaçı seçilebilir),
- Seçilen jet grout sistemine göre kullanılacak enjeksiyon basıncının belirlenmesi (Bar),
- Nozül çapı ve kaç tane nozül kullanılacağı,
- Tijin kendi ekseninde etrafında dönme hızı (rpm),
- Tijin adımlar halinde ya da sürekli olarak yukarı çekilme hızı (cm/dak),
- Grout harcı su/çimento (W/C) oranı,
- Jet grout pompa ünitesi kapasitesi (lt/dak).

Jet grout imalatı yapılırken ortaya çıkan kolon çapını, seçilen jet grout sistemi ve imalat parametrelerinin yanı sıra zeminin tipi ve tabakalaşma durumu etkilemektedir. Jet grout kolon çapını arttırmak için grout harcının yanı sıra hava, su ve katkı maddeleri kullanılarak sistemlerin verimini arttırmak mümkün olabilmektedir. Türkiye’de jet 1 ve jet 2 yöntemleri diğer yöntemlere oranla daha kolay ve ulaşılabilir yöntemler olması nedeniyle sıklıkla kullanım alanı bulabilmektedir (Akan, 2013). Jet 3 ve Süper Jet yöntemleri nispeten daha karmaşık sistemler olması ve farklı ekipman ihtiyaçları nedeniyle Türkiye’de kullanım alanı bulamamaktadırlar.

### **2.3.3.1 Enjeksiyon basıncı**

Jet grout imalat parametrelerinin en önemlilerinden biri olan enjeksiyon basıncı çalışma basıncı aralıklarına göre yüksek, orta ve düşük olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılmaktadır.

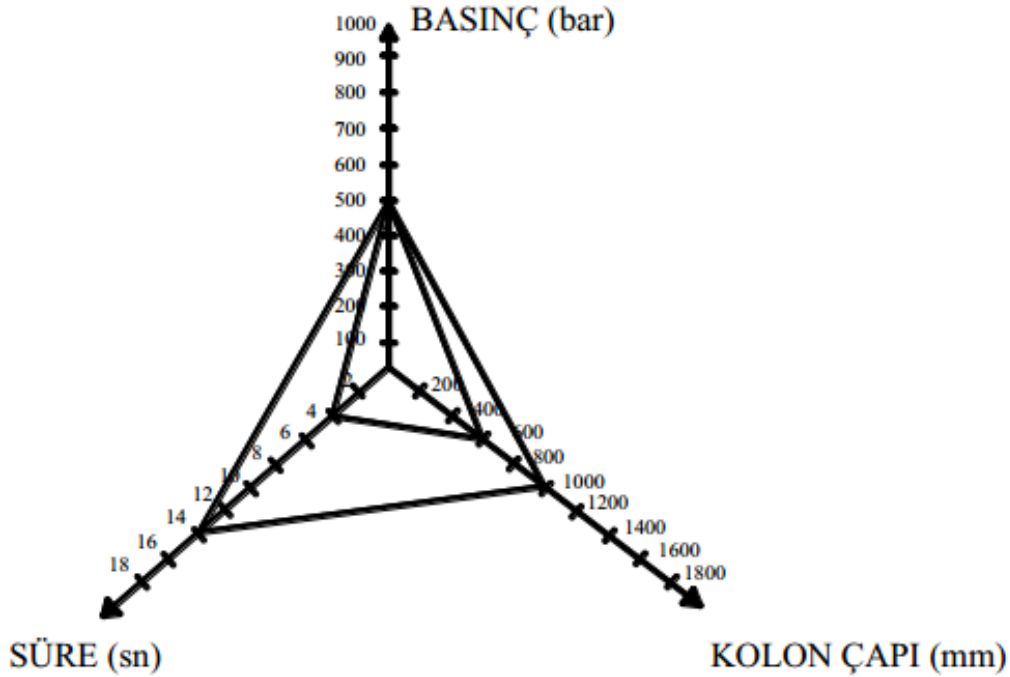
- Yüksek basınç aralığı; 400-700 bar,
- Orta basınç aralığı; 300-400 bar,
- Düşük basınç aralığı; 200-250 bar.

Enjeksiyon basıncı kolon çapını doğrudan etkileyen en önemli imalat parametrelerinden biridir. Enjeksiyon basıncı arttıkça kolon çapı artar, azaldıkça kolon çapı küçülür. İstenilen çapta ve homojenlikte jet grout kolonu oluşturabilmek için

enjeksiyon basıncı tek başına yeterli değildir. Zaman faktörü de istenilen çap ve homojenlikteki kolonun oluşmasında önemli bir etkidir. Enjeksiyonun zemine nüfuz edebilmesi için uygun basınçtaki enjeksiyon, uygun bir süre boyunca zemine tatbik edilmelidir. Bazı zemin koşullarında basıncın artırılması çapı büyütmeyle olabilir (Burke, G., 2012). Şekil 2.24' te Jet Grout kolon enjeksiyon basıncı - zaman - kolon çapı ilişkisi gösterilmiştir.

### 2.3.3.2 Tij dönme hızı

Jet grout imalatında enjeksiyon malzemesi ile parçalanmış zemin danelerinin homojen bir şekilde karışarak jet grout kolonu oluşturabilmesi için tij takımının dönüş hızı belirli bir değeri geçmemeli ve tij çekme hızı ile birlikte iyileştirilen zemin hacmi boyunca sürekliliği ve homojenliği sağlayacak şekilde belirlenmelidir. Tij döndürme hızı azaldıkça enjeksiyon harcının zemine uygulanma süresi arttığından jet grout kolon çapını artırabilir. Tij döndürme hızı çoğunlukla 10-20 devir/dk. (rpm) olmakla birlikte bazı özel durumlarda 30 devir/dk.' ya kadar çıkabilmektedir. (Kanat, 2018).

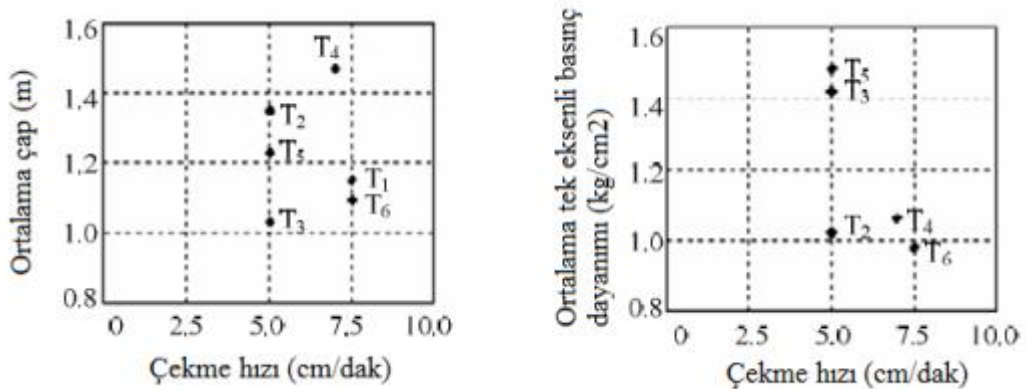


Şekil 2.24 : Jet grout enjeksiyon basıncı – zaman – kolon çapı ilişkisi (Melegary & Grassino 1997, Bakım 2007).

### 2.3.3.3 Tij çekme hızı

Jet grout imalatında tij çekme hızı da tij döndürme hızında olduğu gibi tij takımı ne kadar yavaş çekilirse enjeksiyon malzemesinin zemin ile yer değiştirmesi ve karışması için o kadar çok zamanı olacağından hem kolon çapını hem de kolon mukavemetinin artmasını sağlamaktadır. Tij takımı çekilmesi jet grout imalatını yapan makinelerinin özelliklerine göre adım adım ya da sürekli çekme olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Bazı sondaj makineleri her iki yöntemle de tij çekme özelliğine sahip olabilmektedir. Adım adım tij çekilmesinde her adımda tijin 4 cm çekilmesi ve her kademedede 6-10 sn beklemenin en iyi sonuçlara ulaşmayı sağladığı görülmüştür. Kohezyonlu zeminlerde daneler arası çekimin kuvvetli olması nedeniyle tij çekme hızının daha yavaş olması gerekmektedir. Jet 2 ve Jet 3 yöntemlerinde hedeflenen kolon çaplarının daha büyük olması nedeniyle yine tij çekme hızının daha yavaş adımlar halinde yapılması gerekmektedir. Jet grout kolon imalatlarında tij çekme hızında maksimum adım mesafesi 75 mm ya da daha küçük olmalıdır (Kanat, 2018).

Basıncı arttırarak veya tij çekme hızını azaltarak jet grout kolon çaplarında artış elde edilir. Şekil 2.25' de püskürtme gövdesinin geri çekme hızı ile jet grout kolon çapı ve tek eksenli basınç arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 2.25 : Çekme hızının jet grout kolon çapına ve tek eksenli basınç mukavemetine etkisi (Nikbakhtan vd., 2010).

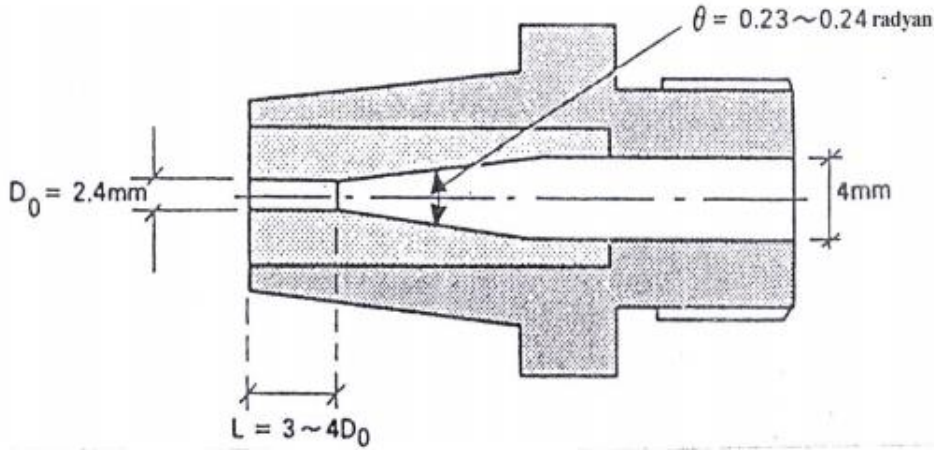
### 2.3.3.4 Su/Çimento oranı

Jet grout imalatı için kullanılan enjeksiyon harcında su/çimento oranı 1-1,5 aralığında seçilmelidir ve en yaygın olarak kullanılan su/çimento oranı 1/1' dir. Uygulamada kullanılan grout harcın yoğunluğu ise 1,410-1,570 kg/m<sup>3</sup> aralığında olmalıdır. Enjeksiyon harcındaki su/çimento oranındaki artış karışımdaki su oranının artması

nedeniyle oluşturulan jet grout kolonunun mukavemetinin düşmesine neden olacaktır. Ancak su/çimento oranı arttıkça vizkozite arttığından enjeksiyon malzemesi daha fazla yayılma eğilimi gösterecektir ve bu da daha büyük çaplı kolonların oluşmasını sağlayabilmektedir. Yüksek vizkozite aynı zamanda akışkanda odaklanmayı azaltır ve aşındırma enerjisini etkiler. İyileştirilen 1 m<sup>3</sup> zemindeki çimento miktarı 350-700 kg arasında değişmektedir Bu durumda kullanılacak su/çimento oranına jet grout imalatı yapılan zemin tipine, kullanılacak jet grout sistemine, hedeflenen kolon imalat parametrelerine göre karar verilebilir (Yağızatlı, 2012).

### 2.3.3.5 Püskürtme ucu (Nozül) çapı

Jet grout tekniğinin başarıyla uygulanabilmesi için püskürtme ucunun tasarımı çok önemlidir. Bunun sebebi ise püskürtülen grout harcın enerjisi ve debisinin püskürtme ucu çapının ve enjeksiyon basıncının fonksiyonu olmasıdır. Jet grout uygulamasında kullanılan jet grout sistemine, hedeflenen proje kriterlerine ve imalat parametrelerine göre nozül çapları 1,5-4 mm aralığında ve 1-4 adet arasında nozül kullanılabilir. Nozül çap ve sayısı, grout harcının pompalandığı enjeksiyon basıncının neden olduğu jet grout enerjisini doğrudan etkilediğinden enjeksiyon malzemenin zemine dağılımını ve sonuç olarak kolon çapını ve mukavemetini doğrudan etkilemektedir (Shibaziki, 2003). Şekil 2.26' da bir Jet enjeksiyon nozülünün örnek kesiti gösterilmektedir.



Şekil 2.26 : Jet enjeksiyon nozulunun kesit görünümü (Nozzle) (Xanthakos, 1994).

Jet grout imalatında kullanılan nozül sayısı arttıkça enjeksiyon basıncı bölünmekte, sürtünme artmakta ve dolayısıyla enerji kaybı artmaktadır. Bunun yanı sıra ince daneli

ve kohezyonlu zeminlerde birden fazla nozül kullanılması tıkanmalara neden olmakta ve yüksek basınçtan dolayı tıkanmaları farketmek mümkün olamamaktadır (Akbay, 2019).

Enjeksiyon harcının yayılması nozul çapına bağlıdır, çap azaldıkça basınç artar, dolayısıyla yayılma artar. Çizelge 2.11’ de nozul çapı ile enjeksiyon akış hızı arasındaki ilişki gösterilmektedir.

### 2.3.4 Farklı zemin türlerine göre üretim parametreleri

Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılırken öncelikle zeminden CPT ya da SPT yöntemleriyle alınan numunelerin laboratuvarında incelenmesiyle elde edilen relatif sıklığın tayini, suya doymun birim hacim ağırlığı, su içeriği, dane dağılımı, kohezyonlu zeminlerde attemberg kıvam limitleri gibi verilerden yararlanarak jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılıp yapılamayacağına karar verdikten sonra hangi jet grout sisteminin kullanılacağına karar verilmelidir. Bu adımdan sonra jet grout yönteminin başarıyla uygulanabilmesi için uygulama parametrelerin doğru seçilmesi belirleyici olacaktır. Jet grout uygulamasının yapılacağı zeminin mukavemet değerine göre enjeksiyon basıncı ve süreleri belirlenir. Tüm bu veriler ışığında kullanılacak doğru jet grout tekniği kararı verilebilir.

**Çizelge 2.11 :** Püskürtme ucu (Nozzle) çapı ve enjeksiyon debisi oranı (Melegari, 1997).

SU/ ÇİMENTO (W/C)= 1											
ENJEKSİYONUN ÖZGÜL AĞIRLIĞI = 1,52											
	PÜSKÜRTME AĞIZLIĞI (NOZÜL) ÇAPI										
	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3	3,2	3,5	4	4,5
PÜSKÜRTME AĞIZLIĞI (NOZÜL) İÇİN AKIŞ ORANI											
Basınç	lt/dak	lt/dak	lt/dak	lt/dak	lt/dak	lt/dak	lt/dak	lt/dak	lt/dak	lt/dak	lt/dak
300	18	24	30	37	53	73	83	95	114	148	188
350	20	26	32	40	58	79	90	103	123	160	203
400	21	27	35	43	62	84	96	110	131	171	217
450	22	29	37	45	65	89	102	116	139	182	230
500	23	31	39	48	69	94	106	123	147	192	242
550	25	32	41	50	72	98	113	129	154	201	254
600	26	34	42	52	76	103	118	134	161	210	266

Killi zeminlerde homojen ve düzgün geometride bir kolon elde etmek için 1,6-2 mm çaplarında 2 adet nozül kullanılmalıdır. Sıklıkla karşılaşılan zemin kırılmalarının

önüne geçilebilmesi için enjeksiyon harcının debisi düşük tutulmalıdır. Killi zeminler için geçerli bu kurallar seçilen jet grout tekniğine uyarlanarak imalata devam edilmelidir (Melegary & Garassino, 1997). Çizelge 2.12’ de killi, kumlu ve çakıllı zeminlerde farklı uygulama parametreleri ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

Konsolide killi zeminlerde zeminin enjeksiyon harcıyla karışmasında zorlanmamak için nozul sayısı bire düşürülerek sürtünmeden kaynaklanacak kayıplar azaltılmalı, tij çekme ve döndürme hızları azaltılmalı ve grout harcın zemin ile yer değiştirmesi için yeterli süre verilmelidir. Bu tür zeminlerde 250-300 bar basınçlı su enjeksiyonu ile ön yıkama yapılarak zemindeki kum yoğunluğu azaltılmaya çalışılmalıdır.

Granüler zeminlerde enjeksiyon basıncı 400-500 bar arasında seçilebilir ve nozül çapları killi zeminlerdekinden daha büyük 2,5 - 3 mm arasında seçilerek zemine daha fazla enjeksiyon harcının püskürtülmesi sağlanmaktadır. Görüldüğü üzere jet grout imalatının başarılı olabilmesi için, imalat parametreleri zeminin tipine göre farklılık göstermek zorundadır.

### 2.3.5 Jet grout karışımında kullanılacak çimento miktarının hesaplanması

Uygulanacak yöntem Jet 1' dir.

Killi-siltli SPT değerleri düşük zeminde, 800 mm kolon çapı,

Islah edilmiş zemindeki çimento dozajı 450 kg/m<sup>3</sup>,

Su/çimento = 1,

Nozül sayısı = 2,

Nozül çapı = 2 mm,

Enjeksiyon basıncı = 400 bar,

Hesap Yöntemi:

0,80 m çapındaki 1 mt’ lik Jet Grout kolonunun hacmi:

$$V_{\text{kolon}} = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 0,40^2 \cdot 1 = 0,5024 \text{ m}^3 \quad (2.1)$$

1 mt Jet Grout kolonunun çimento miktarı:

$$1 \text{ m} \cdot 450 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,5024 \text{ m}^3 = 226 \text{ kgm}$$

**Çizelge 2.12 : Jet grout tekniği temel işletme parametreleri (Mollamahmutoğlu, 2002).**

PARAMETRELER		JET GROUT SİSTEMLERİ		
		JET 1 (TEK AKIŞKANLI)	JET 2 (ÇİFT AKIŞKANLI)	JET 3 (ÜÇ AKIŞKANLI)
<b>ENJEKSİYON BASINCI</b>				
Su	(Bar)	ÖY(200-300)	ÖY(200-300)	(300-500)
Enjeksiyon Harcı	(Bar)	300-600	300-600	40-60
Sıkıştırılmış Hava	(Bar)	Yok	8-12	8-12
<b>AKIŞ ORANLARI</b>				
Su	(lt/dak)	ÖY	ÖY	70-100
Enjeksiyon Harcı	(lt/dak)	60-150	100-150	150-250
Sıkıştırılmış Hava	(lt/dak)	Yok	10-30000	10-30000
<b>PÜSKÜRTME AĞIZLIĞI (NOZÜL) BÜYÜKLÜĞÜ</b>				
Su	(mm)	ÖY (1,6-2,4)	ÖY(1,6-2,4)	1,8-2,5
Enjeksiyon Harcı	(mm)	1,6-3,0	2,0-4,0	3,5-6,0
<b>PÜSKÜRTME AĞIZLIĞI (NOZÜL) SAYISI</b>				
Su	(Adet)	ÖY(1)	ÖY(1)	1-2
Enjeksiyon Harcı	(Adet)	2-6	1-2	1
<b>TİJ DÖNME HIZI</b>				
	(Devir / dak)	10-30	10-30	10-30
<b>TİJ ÇEKİLME BİR ADIM İÇİN ÇEKİLME SÜRESİ (4 CM)</b>				
	(Saniye)	8-15	10-20	15-25
<b>KOLON (SOILCRETE) ÇAPI</b>				
Çakıllı / Kumlu Zeminler	(m)	0,6-1,0	1,0-2,0	1,5-2,5
Killi Zeminler	(m)	0,5-1,0	1,0-1,5	1,0-2,0
<b>SU/ ÇİMENTO (W/C) ORANI</b>				
	(W/C)	08:1,0 - 2:1		
<b>KULLANILAN ÇİMENTO MİKTARI</b>				
Islah Edilen Zeminin Birim Hacim Ağırlığı	(kg/m <sup>3</sup> )	400-800	400-800	400-800
<b>ZEMİN ELEMANININ MUKAVEMETİ</b>				
Çakıllı / Kumlu Zeminler	(kg/cm <sup>2</sup> )	100-300	75-250	75-200
Killi Zeminler	(kg/cm <sup>2</sup> )	15-100	15-85	15-75
NOT : ÖY= Ön Yıkama				

Çimento enjeksiyonunun hacmi su/çimento oranı olan 1/1 oranını göre;

(Çimento Özgül Ağırlığı = 2,9 kg/lit kabul ediliyor.)

$$1 / 2,9 = 0,35 \text{ lt / kg}$$

$$1,00 + 0,35 = 1,35 \text{ lt/kg (grout harcı)}$$

$$\text{Bir mt kolondaki grout harç hacmi} = 226 \text{ kgm} \cdot 1,35 \text{ lt/kg} = 305 \text{ lt.}$$

$$\text{Enjeksiyon karışımının özgül ağırlığı} = 2,0 \text{ kg} / 1,35 \text{ lt/kg} = 1,48 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{H Eşdeğer yükseklik (400 bar = 4000 m)} = 4000 / 1,48 = 2.703 \text{ m}$$

$$\text{Jet huzmesinin nozül' den çıkış hızı} = V = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)} \quad (2.2)$$

$$H = \text{hidrostatik düşü} = 4000 / 1,48 = 2,703 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{(2 \cdot 9,81 \cdot 2,703)} = 232 \text{ m / s}$$

$$\text{Grout harç miktarı} = Q = V \cdot A, \quad (2.3)$$

V = Jet hızı,

A = Jet çıkış kesiti alanı,

$$Q = 2320 \text{ dm/sn} \cdot 0,00062 \text{ dm}^2 = 1,44 \text{ lt/sn,}$$

Bir mt Jet Grout Kolonu için gerekli enjeksiyon hacmi =  $V_{enj} = 305 \text{ lt}$  ise

Bir mt Jet Grout Kolonu oluşturmak için gereken süre:

$$t = V_{enj} / Q = 305 / 1,44 = 212 \text{ saniye (3 dakika 32 saniye)} \quad (2.4)$$

### 2.3.6 Jet grout kolonlarının taşıma kapasitesi

Jet grout kolonlarının taşıma kapasitesi belirlenirken, jet grout kolonları taşıyıcı elemanlar olarak kullanılacaksa tek kazık taşıma kapasitesi hesapları kullanılır. Jet grout kolonunun toplam güvenle taşıyabileceği yük jet grout kolonun uç ve çeper sürtünme değerlerinin toplamına eşittir (Küsin, 2009). Taşıyıcı eleman olarak jet grout kolonlarının kullanıldığı hesaplama yönteminde, taşıyıcı eleman gruplarının basınç cinsinden toplam taşıma kapasitesi, tüm tekil jet grout kolonlarının taşıma kapasitesine eşit olacağı düşünülmektedir.

Jet grout methoduna göre jet grout kolonları düşey taşıyıcı elemanlar olarak dikkate alınarak hesaplamalar yapılır. Jet grout kolonları üzerlerine etkileyen yükleri iyileştirilmesi hedeflenen taşıma gücü düşük zemin katmanlarından geçirerek daha

derin taşıyıcı katmanlara aktarır. Jet grout kolonlarının toplam taşıma gücü, uç direnci ve çevresel sürtünme değerlerinin toplamından oluşur.

$$q_u = q_{uç} + q_{çev}$$

Kohezyonsuz zeminler için;

$$q_u = A_b \cdot q_b + \pi \cdot D_a \cdot \int \gamma \cdot z \cdot K_s \cdot \tan \delta \cdot dz \quad (2.6)$$

Kohezyonlu zeminler için;

$$q_u = A_b \cdot q_b + \pi \cdot D_a \cdot \int \alpha \cdot c_u \cdot dz \quad (2.7)$$

$A_b$  : Kolon taban alanı

$q_b$  : Kaba daneli zeminde  $q_b = \frac{1+2 K_o}{2} \sigma_{vo} N_q \cdot \zeta \quad (2.8)$

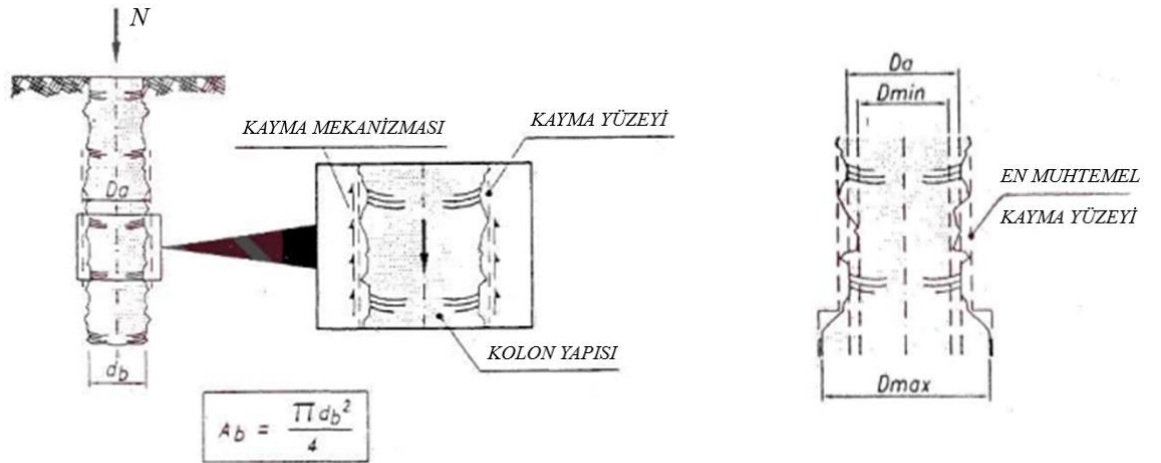
Kumda  $q_b = 9 c_u \quad (2.9)$

$D_a$  : Ortalama çap

$N_q^*$  : Derin temeller için taşıma gücü katsayısı

$\sigma_{vo}$  : Düşey toprak basıncı

Kolon ortalama çapı Şekil 2.27' de gösterildiği gibi belirlenmelidir. Aynı zamanda, Jet grout kolonu muhtemel kayma yüzeyi gerçek çapı beklenenden daha büyüktür.



Şekil 2.27 : Jet Grout kolonu muhtemel kayma yüzeyi (Melegari, 1997).

$\gamma$  : Zeminin birim hacim ağırlığı

$K_o$  : Sükûnetteki zemin basınç katsayısı

- $K_s$  : Zemin basıncı katsayısı
- $\delta$  : Zemin ve kolon arasındaki sürtünme açısı
- $\alpha$  : Adezyon için azaltma faktörü
- $c_u$  : Drenajsız kesme dayanımı
- $z$  : Derinlik
- $\zeta$  : Uç taşıma mukavemeti için azaltma faktörü

Kayma yüzeyine göre yapışma azaltma faktörü,

- Kohezyonlu zeminlerde  $\alpha = 1$  (normal konsolide zeminler)  
 $\alpha = 0,45$  (aşırı konsolide zeminlerde)
- Granüler zeminlerde  $K_s > 1$

Çizelge 2.13' te Jet Grout kolon tasarımında kohezyonlu zeminler için kullanılan sınır değerler gösterilmektedir.

**Çizelge 2.13** : Kohezyonlu zeminlerde jet grout kolon tasarımında kullanılan değerler (Doğu, 2005).

KAZIK TİPİ	Sürtünme KapasitesiAzaltma Faktörü		Birim Çeper Sürtünmesi İçin Limit Değerler	Uç Kapasitesi Azaltma Faktörü
	$\alpha$ Normal Konsolide	$\alpha$ Aşırı Konsolide	$\tau$ (kPa)	$\zeta$
Forekazık	0,9	0,35	275	0,66
Çakma Kazık (Açık Uç) (e: dış, i: iç)	0,95e 0,80i	0,40e 0,35i	200	0,7
Çakma Kazık (Kapalı Uç)	0,95	0,45	200	0,8
Jet Grout Kolon	1	0,45	280	1

Zemin basınç katsayısı 1 ile 1,4 arasında veya adezyon katsayısı 0,45-1 değerleri arasında seçilerek oluşturulan kolonların ortalama tahmini çapı, gerçekte oluşturulan kolonlara yakın olduğu belirlenmiştir (Doğu, 2005).

Çizelge 2.14' te Jet Grout kolon tasarımında granüler zeminler için kullanılan sınır değerler gösterilmektedir.

**Çizelge 2.14 :** Granüler zeminlerde jet grout kolon tasarımında kullanılan değerler (Doğu, 2005).

KAZIK TİPİ	Sürtünme Kapasitesi Azaltma Faktörü		Birim Çeper Sürtünmesi İçin Limit Değerler	Uç Kapasitesi Azaltma Faktörü
	$\delta / \varphi$	Ks	$\tau$ (kPa)	$\zeta$
Forekazık	0,6	0,5 - 0,65	100 - 200	0,33 - 0,5
Çakma Kazık (Açık Uç)	2 / 3	0,65 - 0,95	120	0,7 - 0,8
Çakma Kazık (Kapalı Uç)	0,75	1,0 - 1,5	120 - 180	1
Jet Grout Kolon	1	1,0 - 2,0	$\geq 180$	1

### 2.3.7 Jet grout kolon oturma analizi

Oturma analizi için 4 durum söz konusudur. Bunlar:

a) Yükün yapı temelleri gibi rijit bir kütle ile kolonlara aktarılması ve kolon uçlarının taşıyıcı katmanda olması durumunda tüm yük kolonlara aktarılır ve her kolonda elastik oturma meydana gelir (Şekil 2.28a).

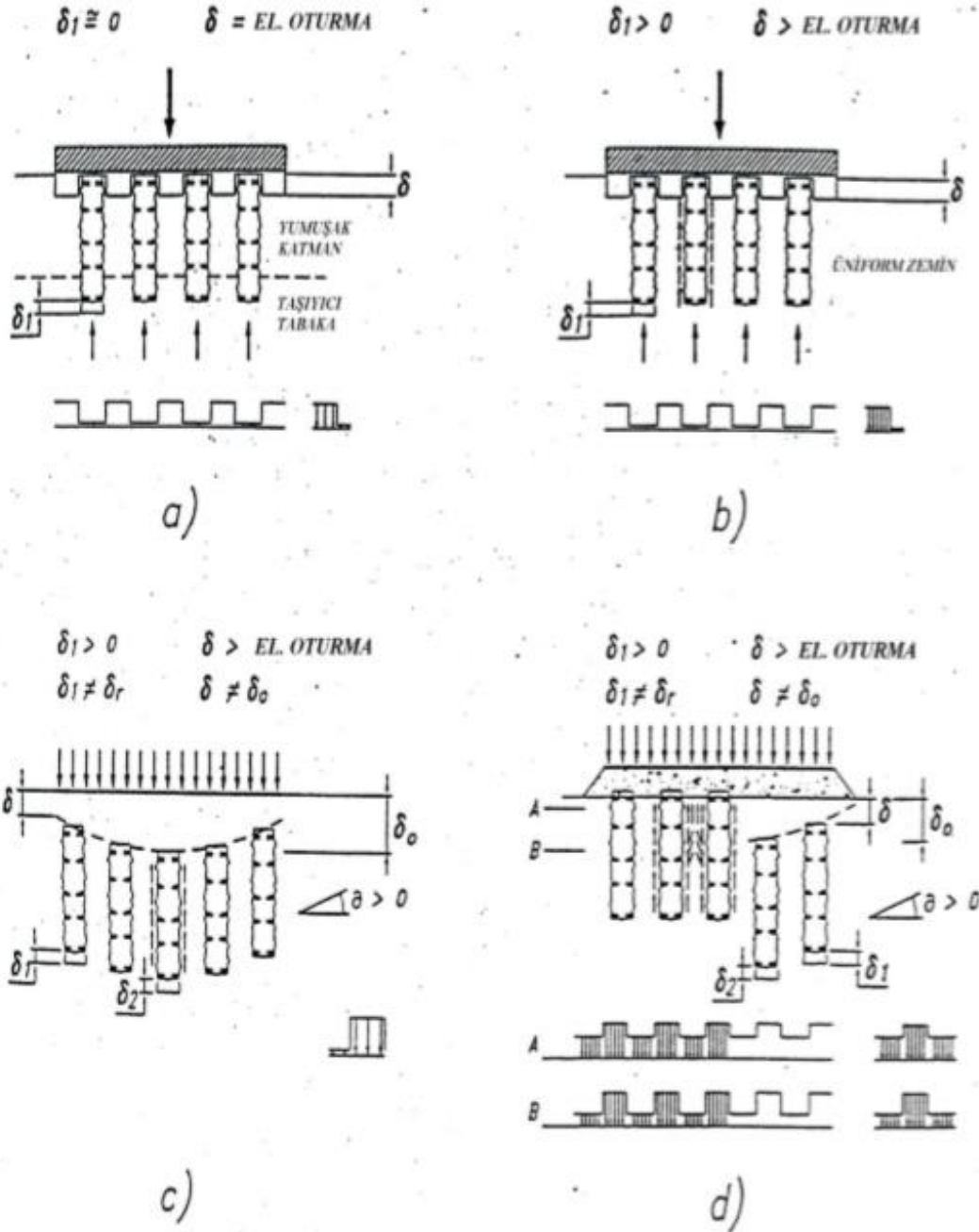
b) Yükün rijit bir kütle ile iletilmesi ve kolon uçlarının taşıyıcı tabakada olmaması durumunda, kazıklar yüzer kazık görevi görür ve yapısal yükün kayda değer bir bölümü jet grout kolonlarına aktarılır ve yükün çok küçük bir kısmı zemin tarafından karşılanır. Oturmalar kolonların elastik oturmasından daha fazladır (Şekil 2.28b).

c) Yük üniform olarak bükülebilen bir yüzey tarafından aktarılırsa ve jet grout kolon uçları taşıyıcı tabakada değilse, yapısal yükün kayda değer bir bölümü kolonlara aktarılır ve sabit orandaki bir kısmı zemin tarafından taşınır. Bu durumda oturmalar üniform değildir (Şekil 2.29c).

d) Yük ile temel sistemi arasında granüler malzeme varsa, yük genellikle kolonlar tarafından ve sabit bir oranda zemin tarafından taşınır. Granüler malzeme (yastık) varlığı, kolonların zemindeki reaksiyonlarının daha düzgün davranmasına neden

olurken, zemin gerilmelerinin daha derine inildikçe daha çok kolonlara aktarıldığı görülmektedir (Şekil 2.28d) (Doğu, 2005).

Şekil 2.28a' da jet grout kolonları taşıyıcı eleman olarak görev yapmaktadır. Diğer üç durumda, jet grout kolonları, zeminlerin davranışını değiştiren unsurlar olarak çalışır.



Şekil 2.28 : Jet Grout kolonlarıyla iyileştirilen zeminlerde oluşabilecek oturmalar (Melegari, 1997).

- K : Yatak katsayısı  
 Q : Zemine etki eden stres  
 Y : Oturma koşuluna göre zeminde istenen oturma

$$k = \frac{q}{y} \quad (2.10)$$

Oturma koşulu göz önüne alınarak zeminde oluşması istenen oturmadan herhangi bir derinlik için zeminin elastisite modülü bulunabilir.

$$E_s = \frac{\frac{q_{ort}}{2}}{\frac{y}{B}} \Rightarrow E_s = \frac{B \cdot k_s}{2} \quad (2.11)$$

Herhangi bir D derinliği için esneklik modülü:

$$E_s = C \left( D + \frac{B}{2} \right) \Rightarrow \frac{C \cdot B}{2} \left( \frac{2D}{B} + 1 \right) \quad (2.12)$$

Elastisite modülü C sabitine göre yazılırsa:

$$C = k_s' / \left( \frac{2D}{B} + 1 \right) \quad (2.13)$$

$$D = 0 \text{ iken "K}_s\text{" denir ise } : E_s = B \frac{K_s''}{2} \quad (2.14)$$

Zeminin elastisite modülü sabite bağlı olarak yazılırsa:

$$E_s = C \cdot z \quad (2.15)$$

$E_s$  : Herhangi bir derinlik için zeminin elastisite modülü

$Q_{ort}$  : Ortalama gerilme değeri

B : Temel genişliği

$K_s'$  : Herhangi bir derinlik için yatak katsayısı

C : Sabit

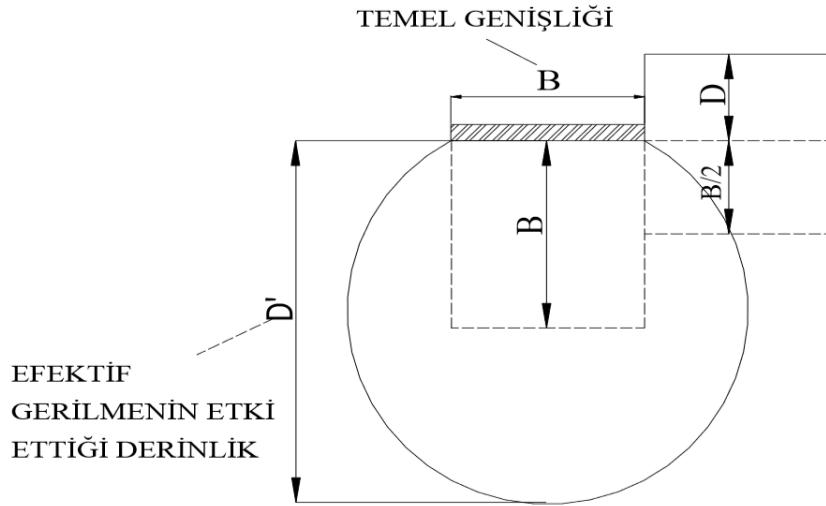
Z : Derinlik

Jet grout kolonları ile stabilize edilecek zeminin elastisite modülü,  $E_s = C \cdot z$  formülü yardımıyla bulunan oturma durumu gözönünde bulundurularak elde edilen elastisite modülüne eşit veya daha büyük olmalıdır.

$$E_{ort} = \frac{A_{jet}}{A} E_{jet} + E_s \frac{A_{islah} - A_{jet}}{A} \quad (2.16)$$

$$E_{ort} \geq E_s$$

- $A_{\text{Islah}}$  : Zemini iyileştirmesi yapılacak alan
- $A_{\text{jet}}$  : Zemin iyileştirme alanı içerisindeki jet grout alanı
- $E_s$  : Zemin elastisite modülü
- $E_{\text{jet}}$  : Jet grout kolonlarının esneklik modülü



Şekil 2.29 : Genişliği  $B$  olan temelin gerilme dağılımı (Doğu, 2005).

### 2.3.8 Jet grout kolonların uygulama alanları

Jet grout yöntemi kil, kum, çakıl vb. hemen her türdeki doğal malzemelerinin oluşturduğu zayıf zeminlerin iyileştirilmesinde uygulanabilirliği ve diğer iyileştirme metotlarına kıyasla kalıcı, hızlı, ekonomik, önceden öngörülebilir ve hesaplanabilirliği ile öne çıkan ve oldukça fazla tercih edilen bir iyileştirme yöntemidir. Jet grout yöntemi uygulanacak zeminde uygulama yapılmadan önce, kullanılacak malzeme miktarının belirlenebilmesi ve uygulamadan sonraki sıkıştırılabilirlik, geçirgenlik ve taşıma gücü gibi önemli zemin parametrelerindeki iyileştirilme miktarının hesaplanabilmesi onu diğer klasik enjeksiyon yöntemlerinden ayırır.

Durgunoğlu'na (2004) göre jet grout yönteminin kullanım türleri;

- Düşey yükler için temel altında basınç elemanı olarak düşey deplasmanın kontrol altına alınması ve taşıma gücünün sağlanmasında,

- Özellikle yüksek yayılı yükler altında zeminlerin altında düşey basınç elemanı olarak düşey deplasman kontrolünün ve taşıma gücünün sağlanmasında,
- Dolguların altında düşey basınç elemanı olarak düşey deplasman kontrolünün ve taşıma gücünün sağlanmasında,
- Köprülerdeki yaklaşma dolguları altında düşey oturma kontrolünün sağlanması ve kenar kazıklara negatif çeper sürtünmesi aktarımının önlenmesinin yanı sıra yaklaşma dolguları altındaki düşey dolgu yüklerinin taşınmasının sağlanmasında,
- Su yapılarında, yer altı su depoları ve havuzlarda imal edilirken donatı kullanılarak çekme elemanı kullanılabilir,
- Ağırılık tipi istinat yapısı şeklinde kullanılarak kazılarda yanal zemin gerilmelerinin karşılanmasında kullanılabilir,
- Kazılarda düşey bükülmeye maruz kalan istinat elemanı olarak donatılandırılarak kullanılabilir,
- Ankraj istinat yapılarında ve kazılarda özel donatı ile ankraj elemanı olarak kullanılabilir,
- Yüksek yer altı su seviyesi (YASS) bulunan ve geçirimli zeminlerde yapılan kazılarda taşıyıcı elemanlar arasında batardo kapama elemanı olarak,
- Yumuşak killi zeminlerde yapılacak kazı öncesinde, kazı taban seviyesi altında payanda elemanı olarak kullanılabilir,
- Yeraltı su seviyesinin altında yapılan kazılarda kazı zemininden gelecek yeraltı suyunun kesilmesi için geçirimsizlik elemanı olarak kullanılabilir,
- Şevlerde ağırılık batardosu teşkili ile veya zemin takviye elemanı olarak kullanılarak şevlerin stabilizasyonunun sağlanmasında,
- Zayıf zeminlerde yapılacak sığ tünel kazılarında, tünel imalatının üzerindeki zemini iyileştirmek amacıyla,
- Zayıf ve yumuşak zeminlerde yapılacak tünel kazılarında, kazıya başlamadan önce zeminin göçmesinin engellenmesinde ve kazı sonrasında tünel içinde ve tünel aynasında taşıyıcı bir yapı oluşturulmasında,

- Sıvılaşma güvenlik katsayısının düşük olduğu sıvılaşma ihtimali yüksek olan yerlerdeki ağır ve önemli mühendislik yapılarının kazıklı temellerine etkiyecek olası yatay zorlanmaların karşılanması ve yer değiştirmelerin önlenmesi için kazıklarla birlikte kullanılabilirler.
- Sıvılaşma sonucunda zeminde oluşan yatay ve düşey yer değiştirmelerin zincirleme reaksiyonlarla devam etmesinin önlenmesi için mühendislik yapılarının çevresinde veya temel altlarında destek elemanı olarak,
- Deprem gibi tekrarlı yükler etkisi altında oluşabilecek yatay ve düşey deplasmanların sınırlandırılarak kontrol altına alınmasında ve sıvılaşma eğilimine karşı zeminlerin güvenlik katsayısının artırılmasında kullanılmaktadır.

### **2.3.9 Jet grout kolon kontrol parametreleri**

Jet grout yönteminin zemin iyileştirme hedefiyle kullanılmaya başlandığı ilk günlerden itibaren yapılan uygulamalar ve çalışmalarla oluşturulan jet grout kolonların çaplarını, zemin cinsi, zeminin bağlayıcılık özellikleri, dane çapı, kuru birim hacim ağırlığı, organik madde içeriği, sıkıştırılabilirliği gibi zemin özelliklerinin yanı sıra imalat sırasında kullanılan enjeksiyon malzemesinin özellikleri, su/çimento oranı, viskozitesi, enjeksiyon basıncı, tij döndürme ve çekme hızı gibi imalat parametrelerinin birlikte ortaya çıkan sonucu etkilediği görülmüştür. Jet grout ile zemin iyileştirmeye başlanmadan önce zemin özellikleri belirlenmeli ve sonrasında zemin iyileştirmede kullanılacak jet grout sistemi, ulaşılmak istenen kolon taşıma kapasitesi ve kolon çapı seçildikten sonra jet grout imalat parametreleri belirlenmelidir. Belirlenen imalat parametrelerinin tüm proje boyunca doğru şekilde uygulandığından emin olunmalıdır.

#### **2.3.9.1 Test jet grout kolon imalatı ve çap kontrolü**

Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmaya karar verildikten sonraki ilk aşama deneme kazıkları ile jet grout kolon çap ve mukavemet kontrolü yapılmasıdır. Bu aşamada zemin iyileştirme projesinde hesaplanan özelliklerdeki jet grout kolonunu elde etmek için kullanılması gereken imalat parametrelerinin belirlenmesi hedeflenmektedir. İmalat parametreleri belirlenirken zemin iyileştirme yapılacak alanın özelliklerini birebir yansıtacak bir bölüm belirlenerek burada deneme kolonları

imal edilir. Eneksiyon su/çimento oranı, enjeksiyon basıncı, tij çekme ve döndürme hızları değiştirilerek elde edilen kombinasyonlarla imal edilen deneme kolonları priz süresi dolduktan sonra etrafı kazılarak açılır, çap kontrolü ve diğer kontroller yapıldıktan sonra proje kriterlerine ulaşmamızı sağlayan imalat parametre kombinasyonu seçilerek üretime başlanır. Şekil 2.30' da Fethiye'de kumlu silt birimlerinde oluşan test kolonlarını göstermektedir (Gökalp & Düzceer, 2002).



**Şekil 2.30 :** Fethiye' de kumlu silt birimlerde oluşturulmuş deneme kolonları (Gökalp & Düzceer, 2002).

### **2.3.9.2 Test jet grout kolonu taşıma gücü kontrolü**

Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme deneme kazıklarında belirlenen kolon imalat parametreleri ile proje kriterlerindeki hedeflenen çap ve mukavemetteki jet grout kolonları elde edilmesi gerekmektedir. Proje kriterlerine uygulama da ulaşıldığının ilk testi deneme kazıkları ile belirlenen imalat parametrelerinin tüm proje boyunca uygulandığının takip edilmesine ek olarak kolon imalatlarının 7 ve 28. günlerinde jet grout kolonlarından karot numuneleri alınarak serbest basınç testi yapılmalıdır. Bu şekilde uygulamada elde edilen jet grout kolonlarının basınç mukavemet değerleri ölçülerek projede hedeflenen mukavemet değerlerine ulaşıp ulaşılmadığı belirlenmiş olur. Elde edilen bu basınç mukavemet değerlerinin belirli bir emniyet faktörü ile üzerlerine gelen yükleri taşıdıkları unutulmamalıdır (Çınar, 2014). Şekil 2.31' de Jet Grout kolonundan çekirdek karot numune alımı gösterilmektedir.



Şekil 2.31 : Jet grout kolonu karot alınması (Doğanışık, 2010).

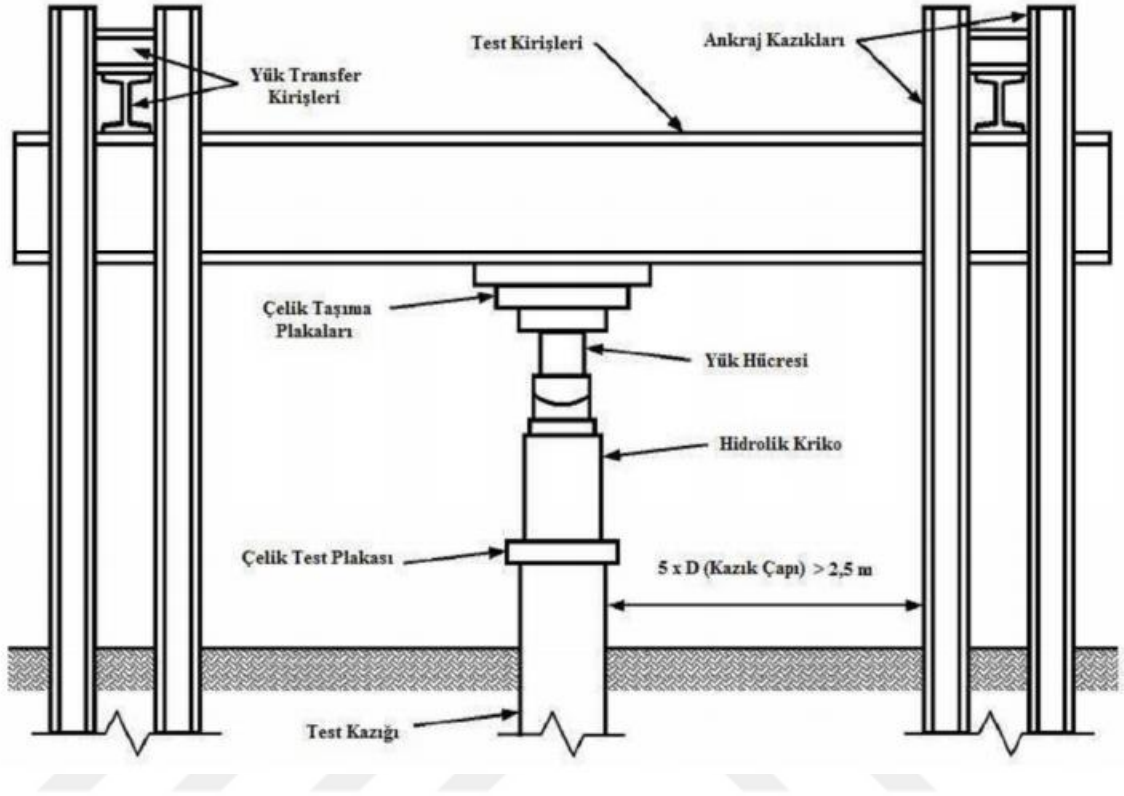
### 2.3.9.3 Kazık yükleme testi

Kazık yükleme testi proje kriterlerine göre yapılması hedeflenen kazıkların birebir aynısı, proje alanında imal edilerek yük taşıma kapasitelerinin belirlenmesi ve bu yükler altında kazıkların ne gibi deformasyonlara ve yer değiştirmelere maruz kaldığının belirlenmesi hedeflenmektedir. Kazık yükleme deneyi tam ölçekli bir uygulama deneyi olması sebebiyle en sağlıklı ve güvenilir sonuçlara ulaşmamızı sağlaması yönüyle öne çıkan bir yöntemdir. Kazık yükleme deneyinin amaçları şu şekilde sıralanabilir;

- Kazıkların yük taşıma kapasitesinin belirlenmesi,
- Kazık üretimi sonrası proje kapsamında öngörülen kazık servis yükünün kontrol edilmesi ve
- Kazıklı temellerin üzerine etkiyen yük ile meydana gelebilecek düşey deplasman yani oturma arasındaki ilişkiyi belirlemek içindir.

Kazık yükleme testi için aynı eksen ve eşit aralıklarla üç adet proje kriterlerinde kolon imal edilir. Orta kolon basınca, iki kenarlardaki kolonlar çekmeye çalışacak biçimde, basınca çalışan orta kolona deney yönünde statik aksenal basınç yükü etkilir

ve yük–oturma süresi, yük–zaman ve yük–oturma gibi değerler elde edilerek grafik haline getirilir (Çınar, 2014). Şekil 2.32 ve Şekil 2.33’ de Kazık yükü deney şeması ve görüntüsü verilmektedir.



Şekil 2.32 : Kazık yüküleme deney sistemi (ASTM D1143/D1143M, 2007).

Jet grout kolonunun toplam taşıma kapasitesi, uç ve çeper sürtünme değerlerinin toplamına eşittir. Jet grout kolonu uç direncinin ihmal edildiği durumlarda, jet grout kolonuna çekme takviyesi eklenerek çekme testi yapılması tercih edilmektedir. Test yapılırken taşınması hedeflenen yükün belirli bir güvenlik katsayısı ile çarpılarak etkilmesi daha güvenli olacağı için aksi belirtilmedikçe jet grout kolonunun toplam taşıma kapasitesinin 1,5 katı test yükü olarak kullanılmalıdır. Kazık yüküleme deneyi ekipmanları aşağıdaki dört grupta incelenebilir;

- Eksenel yükü kazığa ileten yük transfer ve test kirişleri,
- Hidrolik kriko ve hidrolik krikoyu besleyen hidrolik basınç pompası,
- Test yükünü ölçmeye yarayan manometre ve
- Ölçüm düzenekleridir.

Hidrolik pompa yardımıyla kolon başlığına ve reaksiyon kirişlerine yerleştirilen hidrolik krikoya belirli seviyelerdeki statik yük iletilir. Kolon, sistemin rijit olması nedeniyle yükün etkidiği doğrultuda aksel olarak hareket eder. Test kolonunda meydana gelen deplasmanlar ve deformasyonlar, diğer test elemanlardan bağımsız olarak ölçülerek kayıt edilmelidir.



**Şekil 2.33 :** Kazık yükleme deney düzeneği (Handley vd., 2006).

Kazık yükleme deneylerinde dikkat edilecek konular, deneylerin yapılışı ve prensipleri ASTM D- 1143 / D1143M (2007), ASTM D - 3689 (2007), TS 3167 (1978), TS 3168 EN 1536 (2001) ve TS 3169 (1978) standartları içerisinde açıklanmaktadır.

#### **2.3.9.4 Kazık süreklilik testi**

Kazık süreklilik testi, jet grout kolonunun kazık çapının ve uzunluğunun sürekliliğinin kontrol edilmesinde dünyada ve Türkiye` de yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Kazık çapının, kazık uzunluğu boyunca sürekliliğinin kontrolü için kazık üst ucundan bir çekiç darbesi uygulanır. Çekiç darbesinin ivme sinyali, kazık üzerine yapıştırılan ivmeölçer (akselometre) yardımıyla ölçülür, sayısallaştırılarak dijital ortama aktarılır. Kazık boyunca çap, şekil, malzeme değişikliklerinden ve kazık ucundan yansıyan

sinyaller hıza bağılı değişkenler olarak sayısallaştırılarak zaman ve derinliğe bağılı bir fonksiyon olarak kaydedilir. Sinyallerin derinlik ve zamanın fonksiyonu olarak sayısallaştırılması sırasında jet grout kolon betonu için dalga yayılma hızının ortalama olarak  $C = 3000-4500$  m/sn aralığında bir değer olduğunun bilinmesi gerekir (Rausche, 1988). Şekil 2.34' de kazık süreklilik testi uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 2.34 : Kazık süreklilik deneyi (Çınar, 2014).

X = Test sistemi, yansıma derinliği

t = Darbeden yansıma anına kadar geçen süre

C = Dalganın yayılma hızı

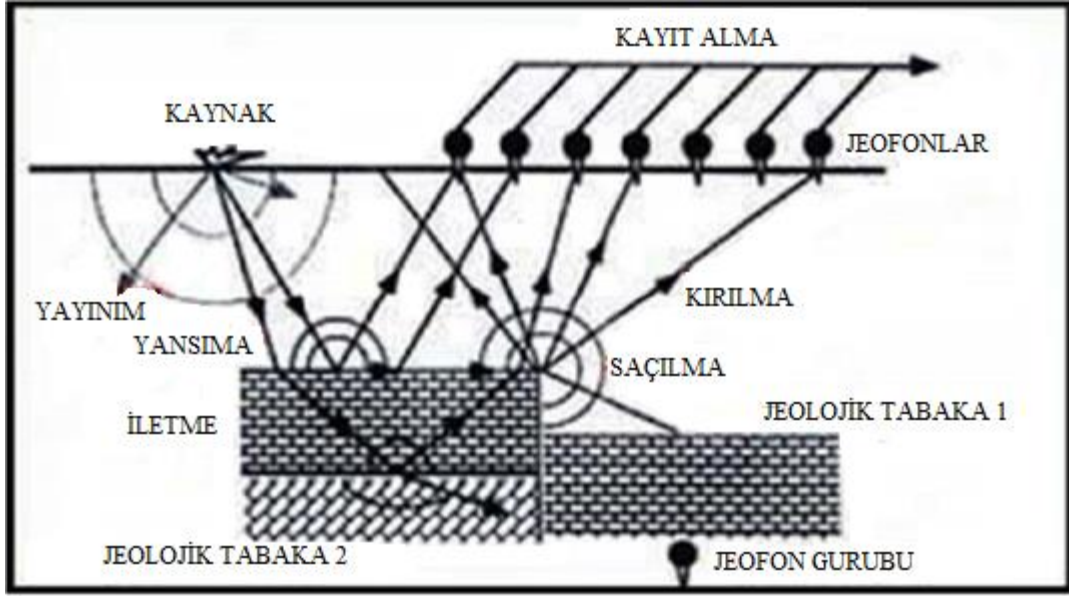
$$X = 12 \cdot C \cdot t \quad (2.17)$$

Kazık süreklilik testi sayesinde kazık üst ucundan verilen darbenin ivmesinin derinliğe ve zamana bağılı hız sinyal grafiği oluşturulur. Bu grafik yardımıyla kazık boyunca ve ucundaki olası süreksizlikler ve şekil değişiklikleri yorumlanabilir.

#### 2.3.9.5 Sismik test (PS Logging method)

PS logging yöntemi, zeminde oluşturulan yapay titreşimlerin zemin tabakalarından kırılarak dönmesi ve bu dalgaların ölçülmesine dayanan bir yöntemdir. Yer altındaki

farklı yoğunluk seviyelerinden yüzeyde oluşan yapay sismik titreşimlerin kırılarak yüzeye dönüş süresinin ölçülmesiyle yapılır. Katmanların dinamik parametreleri P ve S dalga hızlarına göre hesaplanabilir (Çınar, 2014). Şekil 2.35 ve Şekil 2.36’ da Sismik Test Yöntemi çizelgesi ve resimleri gösterilmektedir.



Şekil 2.35 : Sismik test methodu (Ünal, 2013).

PS logging yöntemiyle elde edilen kayma dalgası hızı, depreme dayanıklı yapı tasarımı için bilinmesi gereken elastisite modülü, kayma modülü gibi zeminlerin dinamik parametrelerinin belirlenmesinde, sıvılaşma potansiyeli tahmininde, zemin hakim periyodunun belirlenmesinde, ana kayada yapılan bir tasarım depreminin yüzeye yakın tabakalarda oluşturacağı gerilmelerin ve deprem özelliklerin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Kayma dalgası hızının derinliğe göre değişimini belirlemek için sondajlarla düşük deformasyon genliklerinde uygulanan alt kuyular, karşıt kuyular ve PS logging gibi kuyu içi sismik test yöntemleridir.

PS logging yöntemi tek kuyunun yeterli olması ve alıcı ile kaynak mesafesi sabit kalması gibi özellikleri nedeniyle diğer yöntemlere karşı üstünlük sağlamanın yanı sıra ekonomik olarak diğer yöntemlerden daha pahalıya mal olması nedeniyle daha seçkin projelerde tercih edilebilmektedir. İri daneli zeminlerin yoğunluğunu ve ince daneli zeminlerin kıvam limitlerinin belirlenmesinde kullanılan standart penetrasyon deneyi, SPT-N sayısını etkileyen faktörlerin kayma dalgası hızını da etkilediği çalışmalarda tespit edilmiştir (Yıldız, 2008).



**Şekil 2.36 :** Sismik deney ekipmanları (Ünal, 2013).

### **2.3.10 Jet grout metodunun avantaj ve dezavantajları**

Jet grout yönteminin avantajları aşağıdaki gibidir (Juran vd., 1988; Kauschinger vd., 1992; Okyay, 1987):

- Jet grout yöntemi çok sıkı kil zeminler gibi istisnai durumlar hariç tüm zemin tiplerinde uygulanabilir,
- Nispeten daha küçük ve hafif ekipmanlarla uygulanabilmektedir,
- Klasik enjeksiyon yöntemlerine göre enjeksiyon malzemesinin yüksek basınçlarla zemine gönderilmesi sayesinde elde edilen aşındırma etkisi sebebiyle daha verimli ve ekonomik sonuçlara ulaşılmaktadır,
- Yapıların bodrum katında ve/veya dar alanlarda küçük boyutlu makineler kullanılarak enjeksiyon yapılabilir,
- Yöntemin uygulanması sırasında titreşim, gürültü ve kirlilik oluşmaz. Kimyasal malzemeler kullanılmadığı için çevreye zarar vermez, titreşim yapmadığı için mevcut yapıların yakınında uygulanabilir,

- Mevcut yapı temellerinin güçlendirilmesinde yapıda oluşan deformasyonlar ya ihmal edilebilir seviyededir ya da deformasyon olmaz,
- Jet grout uygulama projesinde oluşturulacak kolon çap ve boyu belirtildiğinden deneme kazığı sonrasında kullanılacak malzeme miktarı ve yaklaşık maliyet önceden tahmin edilebilmektedir,
- Jet grout yöntemiyle 12-15 cm' lik bir enjeksiyon deliği ile uygun zemin koşulları ve imalat parametreleri kullanılarak 7-8 m<sup>2</sup>' ye kadar alanlarda zemin iyileştirilebilmektedir,
- Önce sondaj yapılarak proje derinliğine inildikten sonra imalata başlanması nedeniyle istenilen derinlikten başlanıp istenilen derinlikte sonlandırılabilir. Bu nedenle tünel yapımında taban kabarmasını önlemek veya zeminde sızdırmazlığı sağlamak için ekonomik bir çözüm sunar,
- İstenilen mukavemet ve geçirgenliğin tasarlanmasında klasik enjeksiyon yöntemlerine göre kontrolü daha kolaydır,
- Yöntemde enjeksiyon malzemesi olarak çok basit çimento karışımları kullanılır,
- Monitörün ve püskürtme nozüllerinin serbest tasarımı, farklı geometrilere sahip elemanların, uygulamanın amacına uygun olarak üretilebilmesini sağlar. Jet grout yönteminde imalatlar dik, yatay ya da açılı olarak yapılabilir,
- Arazi koşullarına bağlı olarak inşaat süresi %30 ile %60 arasında kısaltılabilmektedir ve
- Jet grout yöntemiyle stabilize edilen zemin hacmi, bitişikteki işlenmemiş zeminin özelliklerini de iyileştirir. Jet grout yönteminin bu etkisi sayesinde, ıslah edilmemiş zeminin SPT değerleri doğal zemine göre %20-25 civarında artmaktadır (Melegary & Garassino, 1997).

Bu avantajların yanı sıra yöntemin bazı zayıf noktaları ve dezavantajları da vardır. Bunlar aşağıda listelenmiştir (Juran vd., 1988; Kauschinger vd., 1992; Okyay, 1987):

- Geçilen zemin tabakasının özelliklerine bağlı olarak oluşan kolon için elde edilen çap ve mukavemet değişkenlik göstermekte olup, zeminde enjeksiyonun

oluşturduğu geometri ve dağılımı bilmek zordur. Kolon boyunca geometri ve mukavemet aynı olmadığından iyileştirmeye daha az duyarlı olan katmanlardan geçerken dikkatli olunmalı ve bu değişimler gözönünde bulundurulmalıdır.

- Yöntem halen geliştirilme aşamasında olduğundan, ekipman sorunlarının çözümü zaman alıcı olabilir,
- İkili ve üçlü akışkan sistemi için daha karmaşık parçalara ihtiyaç duyulacağından, sıklıkla yenilenmesi gerektiğinde maliyet olumsuz etkilenebilir,
- Tasarımda kullanılacak kurallar kesin olmamakla birlikte, eski deneyim ve literatür kullanılarak tasarım aşamasında anlık müdahaleler ile üretim gerçekleştirilir,
- Çok yüksek basınç zeminin çatlamasına veya kırılmasına neden olursa, taşıma kapasitesinde azalma veya çevredeki yapılarda oturma meydana gelebilir.

Bu tür olumsuzlukları önlemek veya azaltmak için jet grout yöntemi uygulamasında dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda verilmiştir (Okyay, 1987):

- Tasarım aşamasında ve imalat sürecinde özenli ve dikkatli gözlem ve testler yapılmalı, işin kontrolü ve yönetimi bu konuda tecrübe ve bilgi birikimine sahip mühendisler tarafından yapılmalıdır,
- Yüksek basınçlı enjeksiyon sırasında enjeksiyon borularının patlamasına neden olabilecek püskürtme nozüllerinin tıkanması sorununu önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır,
- Zeminde istenmeyen kabarma, çatlama ve kırılmaları önlemek için enjeksiyon sırasında uygulanan basıncın kontrollü bir şekilde ortadan kaldırılması sağlanmalıdır,
- Periyodik bakımlar mutlaka yapılmalı, temizlik sağlanmalı ve yedek parça tüketimi önlenmelidir (Akan, 2013).

## 2.4. İstatistikte Veri Kavramı Hakkında Literatür Taraması

### 2.4.1 Data tipleri

İstatistikte veri kavramı, yorumlama ve sunum amacıyla toplanan, analiz edilen ve özetlenen gerçekler olarak adlandırılır. Sayısal veriler nicel veriler olarak, nitel veriler ise kategorik veriler olarak tanımlanır. Nicel veriler de aralıklı ve sürekli olmak üzere iki grupta incelenebilir. Aralıklı veriler sayılarla toplanır ve genellikle sayılarla ifade edilir. Sürekli veriler ise ölçümle toplanır ve gerçek sayılarla ifade edilir. Niteliksel veriler de nominal ve sıralı olmak üzere iki gruba ayrılır. Nominal veriler yazılı olarak verilmiştir ve herhangi bir anlamlı sıralamaya tabi değildir. Sıralı veriler ise yazılı olarak ifade edilmelerine rağmen anlamlı bir sıraya konulabilen verilerdir (Anderson vd., 2011). İstatistikte doğum yılı örneğinde olduğu gibi, doğrudan elde edilen veriler basit verilerdir; yaş = Araştırma yapılırken bulunduğumuz yıl – doğum tarihi olarak ifade edilebilir. Örnekte görüldüğü gibi, basit verilerin işlenmesiyle elde edilen veriler türetilmiş veriler olarak da bilinir. Rakamlarla ifade edilir.

Veriler, ölçülerek veya istatistiksel olarak tartışma ve hesaplama yöntemleriyle elde edilen temel olgusal bilgileri analiz ederek bir sonuca ulaşmamızı sağlayan bilgi koleksiyonudur (1973 Webster' ın yeni Collegiate Sözlüğü). Veri kavramı ayrıca analiz edilebilir bir bilgi koleksiyonu olarak da adlandırılabilir (1996 Webster' s ii yeni Riverside Dictionary Revised Edition). Veriler ayrıca aşağıdaki şekilde de ifade edilebilir (URL-3):

1. Muhakeme, tartışma veya hesaplamalar için temel olarak kullanılan ölçümler veya istatistiklerle elde edilmiş olgusal bilgilerin tamamıdır.
2. Hem yararlı hem de ilgisiz veya gereksiz bilgiler içeren ve anlamlı olması için bir algılama cihazı veya organı tarafından işlenmesi gereken bilgi çıktılarıdır.
3. Dijital olarak iletilebilen veya işlenebilen dijital formdaki bilgilerdir.

Verileri bu tanımları kullanarak ifade edersek, belirli bir eylem hakkında karar vermek veya karar vermek için değerlendirilebilecek bir formatta sayılar, karakterler, görüntüler veya herhangi bir başka kayıt yöntemi ile elde edilen bilgilerin tamamıdır. Pek çok bilim adamı, verinin kendi başına bir anlamı olmadığını, ancak yorumlandığında anlam kazanarak bilgi değeri kazandığını savunmaktadır. Toplanan bilgiler analiz edilmeli, bilgilerin anlamlı olabileceği modeller bularak geliştirilmeli

ve gereksiz bilgiler temizlenerek yeni sonuç odaklı bilgilere ulaşılması sağlanmalıdır (Howe, 1993-2005).

Programlar artık, ister istatistiksel ister açıklayıcı olsun, verilerin kalitesi ve miktarının temellerini oluşturmak, etkili eylemler belirlemek, hedef veya hedefler belirlemek, ilerlemeyi izlemek ve etkileri değerlendirmek için gerekli olduğunu kabul etmektedir (URL-4). Veriler, sayılar, kelimeler, resimler, haritalar ve hatta gazete makaleleri biçiminde olabilir. Buradaki en önemli konu, verinin bilgiye dönüştürülmesi için hangi tür verilerin anlamlı ve yorumlanması en kolay olacağına karar vermek olacaktır.

Daha iyi konsept, bazıları için heyecan verici olsa da, program planlamasına ve uygulamasına zarar verebilecek niteliksel ve niceliksel tartışmalara neden olma potansiyeline sahiptir. Bu tartışmalar, nitel ve nicel verilerin nasıl farklılaştığına dair dürüst bir anlayışa ulaşmada başarısız olur, çünkü birçok insanın zihninde ikisi arasındaki farkın altında birinin diğerinden daha iyi olduğu fikriyle vurgulanmaktadır (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

#### **2.4.1.1 Nitel veriler**

Nitel araştırma, problemin doğal ortamında biçimini sorgulayan, yorumlayan ve anlamaya çalışan bir yöntemdir (Guba & Lincoln, 1994; Klenke, 2016). Bir sorunun çözümü için gözlem, görüşme ve belge analizi gibi nitel veri toplama yöntemlerini kullanan nitel araştırma, daha önce bilinen veya bilinmeyen sorunların algılanması ve ilgili doğal olayların gerçekçi bir şekilde ele alınması için öznel-yorumlayıcı bir süreci ifade eder (Seale, 1999).

Sosyal hayatın akışı içindeki fenomenlere odaklanan ve bu fenomenleri herhangi bir dönüşüm olmaksızın inceleme çabası içinde olan nitel araştırma (Maxwell, 2008), modern sosyal yaşamın çok yönlü ve karmaşık doğasını belirlemek için kullanılan çok çeşitli perspektifleri içermektedir (Kitzinger, 1995). Derinlemesine çalışmanın karmaşıklığı ve sosyal gerçekliğin açıklanması ve giderek farklılaşan problem algısı nitel araştırmanın dinamik yönünü vurgular (Denzin & Lincoln, 2008b). Etnometodoloji (kültürel analiz), fenomenoloji ve vaka çalışmaları, kuramsallaştırma ve eylem araştırması gibi çok sayıda yaklaşımı içeren nitel araştırmalar, bağlamlarını bozmadan insan fenomeninin derinlemesine anlaşılmasını sağlamıştır (Bogdan & Biklen, 1997).

Sözlü veya anlatım biçiminde temsil edilen veriler nitel verilerdir. Bu tür veriler odak grupları, görüşmeler, açık uçlu anket soruları ve diğer daha az yapılandırılmış durumlar aracılığıyla toplanır. Nitel verilere bakmanın basit bir yolu, nitel verileri kelimeler biçiminde düşünmektir (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

Nitel araştırma yöntemleri fenomenoloji, etnografi, yerleşik teori ve vaka çalışmaları olmak üzere dört başlık altında incelenebilir. Fenomenoloji yöntemi olaylar, durumlar, deneyimler veya kavramlar olabilir. Örnek olarak, bir öğrencinin herhangi bir derse yönelik olumsuz tutumunun nedenlerinin belirlenmesi verilebilir. Etnografya yöntemi, bir halkın gelenekleri, inançları, bir kültür grubu, birbirleriyle bağlantıları vb. ile ilgili bir tanımdır. Yerleşik teoride, araştırmacı verileri topladığında veya yorumladığında, verilerin içine gömülü olan teoriyi ortaya çıkarır ve araştırma boyunca yeni kavram ve teorilere ulaşabilir. Vaka çalışması yöntemi ise, nedenlerini belirlemek için özel bir durumun derinlemesine incelenmesi olarak tanımlanabilir (URL-5).

#### **2.4.1.2 Nicel veriler**

Nicel veriler, değerlerin büyük veya küçük olabileceği sayısal terimlerle ifade edilen verilerdir. Sayısal değerler, belirli bir kategori veya etikete karşılık gelebilir (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006). Nicel araştırma; Gerçekleri ve olayları gözlemlenebilir, ölçülebilir ve sayısal olarak ifade edilebilir bir şekilde sunan bir araştırma türüdür. Nicel araştırmanın amacı, bireylerin sosyal davranışlarını gözlem, deney ve test yoluyla objektif olarak ölçmek ve sayısal verilerle açıklamaktır. Nicel Araştırma “Ne kadar? Ne miktarda? Ne sıklıkla? Ne kadar yaygın?” vb. sorulara cevap arar.

Biyoloji, kimya, fizik ve mühendislik gibi doğa bilimlerinde araştırma, gözlem ve ölçüme dayanmaktadır. Gözlemlerin ve ölçümlerin tekrarlanıp objektif hale getirilebildiği araştırmaya nicel (sayısal) araştırma denir. Nicel araştırma yönteminde, araştırılan konu ile ilgili evreni temsil edecek örneklemden sayısal sonuçlar elde edilir. Nicel araştırma yönteminde araştırma evreni fikrinin araştırma konusu hakkındaki yönü sorgulanır. Yani konu ile ilgili yoğun bir analiz değil, aksine daha yüzeysel daha sayısal verilerle belirleniyor. Nicel araştırmada sayısal temsil söz konusu olduğundan, araştırma popülasyonunu hatasız temsil edecek örneklemin belirlenmesi ve bu örnekleme doğru soruların sorulması önemlidir. Nicel araştırma yöntemlerinin avantajı objektif olmalarıdır.

Nicel araştırma modelleri deneysel model, ilişkisel model, nedensel karşılaştırma modeli ve tarihsel model olmak üzere dört ana başlık altında incelenebilir. Deneysel modelde iki veya daha fazla grup üzerinde gerçekleştirilen uygulamaların etkilerinin belirli değişkenler açısından farklılaşma boyutu incelenmiştir. İstatistiksel teknikler yardımıyla gruplar arası karşılaştırmalar yapılarak sonuca ulaşılır. İlişkisel model, iki veya daha fazla değişken arasında bir ilişki olup olmadığını incelemek için kullanılır. Nedensel karşılaştırma modelinde farklı grupların belirli bir değişken açısından birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Tarihsel modelde; geçmişte yaşanan bir olayın durumu ve mevcut durum üzerindeki etkilerinin incelenmesidir (URL-5).

#### **2.4.2 Veri stratejileri**

Nicel ve nitel analiz için birçok strateji vardır. Farklı stratejiler, veri analistlerine verilerle çalışmak için organize bir yaklaşım sağlar; analistin farklı prosedürlerin kullanımı için "mantıksal bir sıra" oluşturmasını sağlar (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

Ana veriler, bir işletme için gerekli olan ve genellikle birden çok disiplinde kullanılan kritik verileri ifade eder. MDM (Ana Veri Yönetimi), hedeflenen işletme genelinde doğru, tutarlı ve eksiksiz veriler sağlamayı amaçlamaktadır. Ana veri yönetimi kavramı, özellikle veri hacminin ve veri tabanlarının sayısının artmasıyla birlikte, kullanıcıların verileri girmeleri ve doğru okumaları için önem kazanmıştır. Veriler ne kadar büyükse, onları kontrol etmek de o kadar zor olacaktır.

Veri stratejisi kavramı, toplanan tüm verilerin doğru okunması ve sonuçlandırılması için çok önemlidir. Nitel ve nicel veri değerlendirme bağlantılarının kurulması ve hedeflenen amaca en verimli şekilde ulaşılması için doğru sonuçlara ulaşılmasında izlenecek yol olarak tanımlanabilir.

#### **2.4.3 Verilerin görselleştirilmesi**

Verileri görselleştirmek, kelimenin tam anlamıyla oluşturmak ve ardından verilerin görsel bir görüntüsünü hesaba katmakla ilgilidir. Teknik olarak analiz değildir, analizin yerini tutmaz. Bununla birlikte, verileri analiz etmeden önce verileri görselleştirmek yararlı bir başlangıç noktası olabilir. Veriler üzerinde rastgele işlem yapmak çok zordur. Değerleri sıralayarak, veri setinin daha organize bir perspektifini elde edebiliriz (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

İhtiyaç duyduğumuz bilgileri ihtiyacımız olmayan bilgilerden ayırmak ve hangi bilgilerin önemli olup olmadığını taramak çok zor olabilir. Görsel bilgiler, analizi daha kolay ve daha hızlı hale getirirken, önemli konuları bir bakışta görme yeteneği sağlar. Ek olarak, çoğu insanın resimlere metinden çok daha iyi tepki verdiği bilinen bir gerçektir. Beyne gönderilen bilgilerin neredeyse tamamı görseldir ve beyin görüntüleri metinden onbinlerce kat daha hızlı işler. Bu bilgilere dayanarak, bilgileri analiz etmek ve iletmek için veri görselleştirmeyi kullanmanın ne kadar önemli olduğu netleşiyor (URL-6). Verilerin görselleştirilmesi grafikler, çizelgeler ve tablolar yardımı ile yapılabilir. Ayrıca karşılaştırmalı tablolar, çizelgeler ve grafikler, elde edilen veri analizi sonuçlarının özetlenmesi için çok verimli yöntemler olarak yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### **2.4.4 Verilerin keşif analizi**

Toplanan bilgilerin herhangi bir konuda verilecek kararın doğruluğunda veya sonuçların tahmin edilmesinde veya hedeflenen sonuçlara ulaşılmasında kullanılması için bazı aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Toplanan bilgilerin faydalı kısımlarının belirlenmesi, ihtiyacımız olmayan bilgilerin çıkarılması, mevcut bilgilerin ihtiyaç duyacağımız bilgilere dönüştürülmesi ve çeşitli modelleme yöntemlerinin belirlenmesi ve toplanan bilgilerin sonuçlara varmak, karar vermek veya sonuçlarını tahmin etmek için verilmesi gereken kararlara veri analizi denir. Veri analizi, çeşitli yöntem ve teknikler kullanılarak yapılır. İstatistikte veri analizi genellikle iki ana başlık altında incelenir. Bunlar tanımlayıcı veri analizi (EDA) ve doğrulayıcı veri analizi (CDA)'dır. Toplanan bilgilerin tümü yararlı olmayabilir ve tüm bu bilgilerin analiz edilmesi çok zor olacaktır. Bu nedenle toplanan bilgilerden istenmeyen veya gereksiz kısımların çıkarılması, aksi ve yanlış değerlerin düzeltilmesi veya kaldırılması veri temizleme olarak adlandırılır. Temizlenecek veri türüne bağlı olarak kullanılacak çeşitli veri temizleme işlemleri vardır. Nicel veri yöntemleri için, aykırı değer tespiti verilerdeki anormalliklerden kurtulmak için kullanılabilir (URL-7).

Bazen toplanan bilgiler yetersizdir. Düşük bilgi düzeyine sahip olduğumuz konulardaki bazı göstergelere bakarak farklı bir konu hakkında bilgi edinebiliriz. Bu tür durumlarda, mevcut verileri kullanarak farklı bir konuda neden-sonuç ilişkileri oluşturarak yeni verilere ulaşmaya keşifsel analiz denir (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

#### **2.4.5 Verilerin trend analizi**

Trend, bireysel ve sosyal trendler olarak iki şekilde analiz edilir. Psikoloji bilimi ile bireysel eğilim açıklanmaya çalışılırken, sosyoloji bilimi ile toplumsal eğilimler açıklanmaya çalışılır. Ekonomide, bireyin arz talebi veya sosyal ticari tüketim anlamında "eğilim" bilimine trend denir. Trend, sosyolojiye göre, toplumda uzun süredir popüler olan şeydir.

Veri analizinde trend denilince, verilerin zaman içindeki değişimi veya veri karşılaştırmaları akla gelmelidir. Trend analizinin en genel amacı, zaman içindeki verilere bakmaktır. Örneğin, herhangi bir veri göstergesinin zamanla ne miktarda artıp azaldığını ve ne kadar hızlı veya yavaş arttığını veya azaldığını belirlemek için trend analizine bakılır. Bu tartışılan ve teşvik edilen eğilim analizinin bir yönü, bir zaman çerçevesinin diğeriyle karşılaştırılmasıdır. Trend analizi formu, bir göstergenin olay öncesi ve sonrasındaki seviyesini değerlendirmek için yapılır (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

#### **2.4.6 Verilerin tahmini**

Tahmin kelimesinin sözlük anlamı; akla, sezgiye veya bazı verilere dayalı olarak gelecekteki olası olayların tahminidir. Geleceği tahmin etmek veya tahmin etmeye çalışmak sosyoekonomik gelişmenin bir unsurudur. Karar vermesi gereken tüm iş ve operasyonlar için iyi bir plan çerçevesinde gelecekteki olayları tahmin edebilmek ve uygun çözümler bulabilmek gerekir (Çağlar, 2007). Öngörü, geçmiş bilgileri veya veri setlerini kullanarak gelecek hakkında tahminler yapma ve bir tahmin modeli geliştirme sürecidir. Tahmin modeli, bir dizi ilişki olan gerçek olayın basit bir kopyasıdır. Model, bu ilişkilerle ilgili geçmiş bilgileri kullanarak gelecek hakkında tahminlerde bulunabilir. Tahmin, yönetim sürecinde hayati önem taşıdığından, her zaman işletme yöneticileri tarafından dikkate alınmalıdır. Bir yönetici, başarısızlık riskini en aza indirmek için geleceğini iyi planlamalıdır. İyi bir plan yapmak için iyi tahminler yapmak gerekir (Chen, 2000).

Temel olarak tahmin teknikleri; nitel (kavramsal) ve nicel (sayısal) tahmin tekniklerine ayrılabilir. Nitel teknikler aynı zamanda öznel veya yargılayıcı teknikler olarak da adlandırılır. Sayısal teknikler teriminde ima edilen şey, matematiksel bir yöntem olmasıdır. Sayısal teknikler, bilgisayar programlarının hızla gelişmesiyle

uygulamalara başarılı katkılar sağlamış ve bu nedenle giderek daha popüler hale gelmiştir (Lancaster vd., 1988).

Nicel veya nitel verilerle çalışırken tahmin prosedürleri ortaya çıkabilir. Herhangi bir istatistiksel veri karşılaştırmasına dayalı olarak farklı teorik verilere ulaşmamıza yardımcı olur. Tahmin, geleceği planlamaya yardımcı olmak için kullanılan birçok araçtan biridir. Tahmin, birçok istatistiksel veri karşılaştırmasında yakından ilişkili miktarları tahmin etmek için iyi çalışır. Tahmin, farklı veri kaynaklarından, herhangi bir kaynakta tek başına bulunmayan proje bilgilerine kadar olan bilgilerin bir kombinasyonudur (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

#### **2.4.7 Veri analizine göre "sorun"**

Veriler analiz edilirken çeşitli yöntemler ve özel prosedürler kullanılır. Bilgisayar programları ile bu özel prosedürleri ve yöntemleri etkili bir şekilde kullanmadan önce, veri analizinin belirli hedefleri olan bir sürecin parçası olduğu unutulmamalıdır. Veri analizinin ilk amacı gerçek verilerle çalışmaktır. Gerçek verilerin yetersiz kaldığı durumlarda hedeflerimiz doğrultusunda; Veriler ve görüşler arasındaki ilişkilere dayalı olarak bazı kararların alınması gerekebilir. Basitçe ifade etmek gerekirse, veri analizi, programınızın veya kurumunuzun çalışmalarını, hedeflerini ve planlarını desteklemek için bilgilerle (verilerle) çalışma yollarının belirlenmesidir. Bu açıdan veri analizi sürecinin ana bileşenleri şu şekilde takip edilebilir.

- Amaç,
- Sorular,
- Veri toplama,
- Veri analiz prosedürleri ve yöntemleri,
- Bulguların yorumlanması/tanımlanması,
- Yazma, raporlama, yayma ve
- Değerlendirmedir.

Literatür incelendiğinde, veri analizi sürecini kavramsallaştırmanın birçok farklı yolu olduğu görülmektedir. Temel olarak doğrusal yaklaşım ve dögüsel yaklaşım olarak iki ana başlık altında incelemek mümkündür (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

#### **2.4.8 Doğrusal bir süreç olarak veri analizi**

Doğrusal regresyon analizi, bir değişkenin değerini başka bir değişkenin değerine göre tahmin etmek için kullanılır. Belirlenmesi amaçlanan veriler mevcut verilerden elde edilir. Mevcut verilere argümanlar denir. Bağımsız değişkenler kullanılarak tahmin edilen verilere bağımlı değişkenler denir çünkü bunlar bağımsız değişkenlere bağlıdır, yani mevcut verilere göre değişiklik gösterirler.

Bu analiz şekli, bağımlı değişkenin değerini en iyi tahmin eden bir veya daha fazla bağımsız değişken kullanarak doğrusal denklemin katsayılarını tahmin eder. Gerçek çıktı değerleri ile tahmin edilen bağımlı değişkenler arasındaki ilişki doğrusal olduğundan, yani basit bir denklemle ifade edilebildiğinden, tahminler ile gerçek değerler arasında herhangi bir tutarsızlık olmayacaktır.

Doğrusal regresyon modeli, basit matematiksel formüllerle ifade edilebilen ve uyumsuzluk yaratmayan, argümanlar ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişki gibi özelliklerle yorumlanması kolay, nispeten basit bir modeldir. İşletmelerde ve akademik çalışmalarda çeşitli alanlara uygulanabilir.

Doğrusal regresyonun, biyolojik, davranışsal, çevresel ve sosyal bilimlerden iş dünyasına kadar birçok alanda kullanıldığını görebiliriz. Doğrusal regresyon modelleri, geleceği güvenilir bir şekilde tahmin eden bilimsel olarak kanıtlanmış bir yöntem haline geldi. Doğrusal regresyon köklü bir istatistiksel prosedür olduğundan, doğrusal regresyon modellerinin özellikleri iyi anlaşılmıştır ve çok hızlı bir şekilde öğrenilebilir (URL-8).

Veri analizine tamamen doğrusal bir yaklaşım, bileşenler üzerinde baştan sona sırayla çalışmaktır. Bu yaklaşımın olası bir avantajı, işlem adımlarının, sabit bir sırayla düzenlendikçe yapılandırılması ve organize edilmesidir. Ek olarak, sürecin bu doğrusal kavramsallaştırılması öğrenmeyi kolaylaştırabilir. Olası bir dezavantaj, karar vermenin adım adım ilerleyen doğasının, analizin gücünü gizleyebilmesi veya sınırlandırabilmesidir. Diğer bir deyişle, sürecin yapılandırılmış doğası etkililiğini sınırlandırmaktadır (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

#### **2.4.9 Bir döngü olarak veri analizi**

Döngüsel veri analizinde sonuçlar, koşullar değiştikçe değişir. Bir veya daha fazla koşul değiştikçe ortaya çıkacak sonuçlar da değişir ve karmaşık bir yapı oluşturur.

Bilişsel analiz adı verilen bu döngü, eski verilerin üzerine yeni veriler ekleyerek sürekli yeni bir sonuca ulaşma mantığına dayanmaktadır. Bu döngü, makine öğrenimi, derin öğrenme ve yapay zeka algoritmalarına dayalı bir öğrenme döngüsü oluşturur. Bu öğrenme döngüsünün koşul ve sonuçları, farklı koşulların sonuçlarını tahmin etmek için kullanılır (URL-9).

Veri analizinde döngüsel bir yaklaşım, karar verme kalitesine çok daha fazla esneklik sağlar ve aynı zamanda alınacak daha fazla ve farklı karar türlerini içerir. Bu yaklaşımda, her şey "sonunda bir araya geldiği" sürece, sürecin farklı bileşenleri farklı zamanlarda ve farklı sıralarda incelenebilir. Bu yaklaşımın olası bir avantajı, program personelinin her adımda sıralı olarak çalışmaya "bağımlı" olmamasıdır. Program personeli "yaparak öğrenme" ve tamamlanmadan önce süreçte iyileştirme yapma potansiyeline sahiptir (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

Peki veri analizi nedir? Sorusuna verilebilecek en basit cevap muhtemelen şudur ve duruma göre değişir. Doğrusal veya döngüsel olarak "veri analizini" sunma kararı, MSHS program personeline bilgili kararlar alma, zaten sahip oldukları becerilerini kullanma ve program/kurum amaç ve hedeflerini desteklemek için veri ve analizlerini kullanma ve geliştirme konusunda daha fazla yetenek ve esneklik sağlayacaktır (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

#### **2.4.10 Verilerin değerlendirilmesi**

Veri analizinin hedefleri olan bir sürecin parçası olduğunu belirtmiştik. Verileri değerlendirme süreci, veri analizi sürecinden önceki adımlarımızda hedeflerimize uygun hareket edip etmediğimizin bir kontrol mekanizması olarak değerlendirilebilir. Tez kapsamında anketleme çalışmaları sonrasında verilerin değerlendirilmesinde yukarıda bahsi geçen değerlendirme kriterlerine göre hareket edilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken aşağıdaki başlıklar sırasıyla gözden geçirilerek sorgulanmıştır.

- Amaç: Analiz etmek istediğimiz verilerin ve veri analizi sonuçlarının yasal olarak uygun olup olmadığı ve geçerli düzenlemeler ve federal standartlarla herhangi bir tutarsızlık olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Sorular: Hedeflenen veriye en doğru ve net şekilde cevap verebilecek sorular oluşturulmalıdır. Sorular açık, kısa ve anlaşılır olmalıdır. Sorular, mevcut

düzenlemelere, federal standartlara uygun ve amaçlanan hedefleri en uygun şekilde ifade edebilir nitelikte olmalıdır.

- Veri Toplama: Bir veri toplama planı yapılmalıdır. Öncelikle veri toplama için hedef kitle belirlenmeli ve ulaşılabilecek veri miktarı belirlenmelidir. Hedef kitleye ve veriye ulaşmak için yeterli sayıda ekip oluşturulmalı ve ekibin ne kadar veri topladığına bakılmalıdır. Hedeflenen sonuca ulaşmak için etkili veri kaynakları kullanılmalı ve kullanılmayan ek veri kaynakları ile zaman boşa harcanmamalıdır. Gerekli bilgilerin elde edilmesi için yeterli zaman ayrılmalıdır.
- Veri Analiz Prosedürleri veya Yöntemleri: Hedeflerimiz ve sorularımız doğrultusunda hangi veri analiz prosedürlerinin veya yöntemlerinin kullanılacağına karar verilmelidir. Gelecekte kullanılacak ek prosedürler veya yöntemler varsa bunlar belirlenmeli ve buna göre önlemler alınmalıdır.
- Bulguların Yorumlanması / Açıklanması: Ekip üyelerinin bulguların yorumlanma süreci üzerinde anlaştığı bir yol haritası oluşturulmalıdır. Bulguların yorumlanmasında ek bilgilerin kullanılıp kullanılmayacağına karar verilmeli ve tüm ekip bu konuda bilgilendirilmelidir. Aksi takdirde tutarsız bir değerlendirme ortaya çıkacaktır. Yorumlama süreci değerlendirilmelidir.
- Yazma, Raporlama ve Yayınlama: Oluşturulan rapor, toplanan verilerin amacını, sorularını ve yorumunu en etkili şekilde göstermelidir.

Oluşturulan raporda görsel yöntemler, tablolar, grafikler kullanılarak ve gerekirse karşılaştırmalı olarak sonuçlar arttırılmaya çalışılmalıdır. Oluşturulan sunum hedef kitleye ulaştırılmalı ve etkisi değerlendirilmelidir (Veri Analizi El Kitabına Giriş, 2006).

### 3. METODOLOJİ

Ortaya çıkan veya gözlemlenen sorunlara cevap bulmak amacıyla oluşturulan sorulara cevap bulmak için hedef kitleye ulaşarak cevapların toplanmasına anket çalışması denir. Bu yanıtların derlenmesi ve analiz edilmesi sonucunda, ileride karşılaşılabilecek sorunları tahmin etmek veya bu sorunlar ortaya çıkmadan önüne geçmek için neler yapılması gerektiğini belirlemek için mevcut durumun araştırılması ve geleceğe yönelik bir yol haritası çizilmesi amaçlanmaktadır (Isaac & Michael, 1997). Aşağıda yer alan anketleme metodolojisi literatür bilgileri ışığında oluşturulan anket soruları ile jet grout yöntemi kullanarak zemin iyileştirme uygulaması yapan ya da yaptıran firma ve yerel yönetimlerde çalışan teknik insanlara ulaşarak mevcut yönetmeliklerde ne gibi iyileştirmeler yapılabileceği ile ilgili önerilerde bulunulması hedeflenmektedir.

Anket çalışmaları, üç özelliği ile dikkat çekmektedir. Bu özelliklerden ilki, anket sorularına yön verilerek cevap alınması hedeflenen kişilerin yorumlarının veri olarak kullanılması nedeniyle öznel bir yöntem olmasıdır. İkinci özellik, hedef kitlenin belirlenen yönlerinin nicel olarak tanımlanmasıdır. Üçüncü ve son özelliği ise hedef kitleden toplanan verilerle genel olarak toplumlar için yorum yapma imkânı sağlamasıdır (Kraemer, 1991).

Anket araştırması yapılmadan önce belirlenen amaç ve hedeflenen sonuca yönelik oluşturulacak soru ve analiz modellemelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar yapılırken bağımlı ve bağımsız değişkenler kullanılarak araştırmanın hedef ve kapsamı belirlenir. Ancak tüm bu aşamalar oluşturulurken sonuçları tahmin etmek mümkün değildir. Anket araştırması sonucunda kullanılan analiz modellemesi ile elde edilen veriler işlenerek sonuçlar elde edilir ve yorumlanır.

Anket çalışması, büyük bir topluluğun özellikleri, fikirleri ve eylemleri hakkında bilgi toplamak için kullanılan bir veri toplama aracıdır (Pinsonneault & Kraemer, 1993). Anket araştırması, bir toplumun ihtiyaçlarını belirlemek, bu ihtiyaçlar doğrultusunda yaratılan talebi belirlemek ve bu talebin etkisini incelemek ve yorumlamak için

kullanılır (Salant & Dillman, 1994). Anket çalışması ve anket araştırması terimlerinin bu yönlerden ayrılması gerektiği unutulmamalıdır. Anket çalışması bir veri toplama aracı iken, anket araştırması toplanan verilerin analiz edilerek sonuca ulaştırıldığı bir çalışmadır.

Anketler, gözlemlenerek sonuçlandırılmayan konularda toplumların yönelimi hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar (McIntyre, 1999). Unutulmamalıdır ki anket yöntemi, kesin sonuçlara ulaşmaktan ziyade toplumların belli bir bölümüne ulaşır ve hepsi hakkında tahminlere olanak sağlar (Salant & Dillman, 1994). Anketler, incelenecek veya cevaplanacak sorularla ilgili ortaya çıkan değişkenlerin türü ve sayısı toplamıdır. Kalabalık bir toplumdaki örnekler toplayarak genel hakkında fikir sahibi olma becerisi kazandırır. Anketlerin geliştirilmesi kolaydır ve nispeten düşük maliyetlerle genel nüfus hakkında tahminler yapılmasını sağlayan kullanışlı bir yöntemdir (Bell, 1996).

Anket, kişilerin önceden belirlenmiş bir konu hakkındaki fikirlerini, duygularını ve deneyimlerini öğrenmek için hazırlanmış sözlü veya yazılı sorulardan oluşan bilgi ve araştırma yöntemidir. Anket yöntemi ile kişilerin sağlık durumları, ihtiyaçlarının belirlenmesi, eğitim planları, aile ve ev yaşamları, okul başarısı, çalışma yöntemleri, sosyal alışkanlıkları, tatmini vb. bilgi türlerine ulaşılmaktadır. Anketler araştırmalara katkı sağlar ve kişilerin yorumlarından gerçek verilere ulaşılmasını sağlar. Araştırmada anket kullanımını hem daha hızlı hem de daha az maliyetli olduğu için tercih edilebilir (Elabiad, 2013).

Anket yönteminin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

1. Anket yapılırken bireylerin kişisel bilgileri gizli olduğundan, daha doğru ve daha tutarlı veriler doğrudan elde edilebilir.
2. Planlamak ve uygulamak daha kolay ve sorunsuzdur.
3. Veri madenciliği programları yardımıyla anket sonuçlarının analizi oldukça kolaydır.
4. Diğer veri toplama yöntemlerine göre daha az maliyetlidir.
5. Birçok kişiye ulaşılabilirdiğinden, sonuç almak daha hızlıdır.
6. Anket yöntemi ile ilgili hedef kitlelere hem sözlü, hem yazılı, hem de çevrimiçi olarak ulaşılabilir.

7. Aynı anda farklı türde sorular sorarak çok farklı türde bilgiler elde etmek mümkündür.

### 3.1 Anket Terimlerinin Tanımı

Anketlerin yapılmasında kullanılan bazı terimlerin anlamlarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür. Bu terimler, anket çalışmalarının önemli yapı taşları olarak görülmektedir. Öncelikle anket çalışmalarında başarılı sonuçlar elde etmek için bu terimlerin anlaşılması önemlidir ve anketler oluşturulurken bu terimlerle ifade edilen kurallara uyulması önemli ve gereklidir.

- Anketler genellikle yazılı olarak yapılır. Sözlü anketlere röportaj denir.
- Anketlerin güvenilirliği genellikle ankete verilen yanıtların gelecekte geçerli olup olmadığı ile ölçülür.
- Anketlerdeki madde tutarlılığı, hedeflenen sonuçlara ulaşmak için oluşturulan modele uygun olup olmadığı, ankete verilen cevaplarla ölçülür.
- Test uygulaması ve puanlama tutarlılığı, uygulamada veya puanlamada dikkatsizliğin neden olduğu hata olasılığını inceler (Creswell, 1994).
- Anketin geçerliliği, anket çalışmasında belirlenen amaç için gerekli olan verileri toplamadaki başarısı olarak tanımlanabilir. Ancak bu başarının sonuca yansımaları için anket çalışmasındaki tüm adımların başarılı olması gerekir (Simon & Francis, 1998).
- İçerik geçerliliği, soruların ölçmek istedikleri içeriği ölçüp ölçmediğini değerlendirir.
- Öngörüselle geçerlilik, yanıtların bir kriter ölçüsünü tahmin edip edemeyeceğini inceler.
- Korelasyon, iki veya daha fazla değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir. Bir değişkenin iki veya daha fazla değişkenle ilişkisi çoklu korelasyondur; bu değişkenlerden biri sabittir ve diğer değişkenlerle ilişkisi kısmi korelasyon teknikleri ile hesaplanır (Köklü vd., 2006). Eşzamanlı geçerlilik, anket çalışmasından elde edilen sonuçlar ile daha önceki benzer çalışmalardan veya literatürdeki diğer kaynaklardan elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkinin incelenmesidir.

- Yapı geçerliliği, anket sorularının varsayımsal yapıları yeterince ölçüp ölçmediğini inceler.

### 3.2 Anket Tasarımı

Anket tasarımı iki adımdan oluşur: örnekleme planı ve tahmin prosedürlerinin belirlenmesidir (Levy & Lemeshow, 1999). İlk adım, anket çalışmasının hedeflenen amacı doğrultusunda tüm nüfus hakkında fikir sahibi olmamızı sağlayacak sayı ve özelliklerde hedef kitleyi belirlemektir. Örnekleme planı adı verilen bu ilk adımda, sadece ulaşılabilecek kişilerin sayısı ve özellikleri değil, bu hedef kitleye ulaşma yöntemi de belirlenmelidir. Anket medyası olarak adlandırılan erişim yöntemleri arasında telefonla ve yüz yüze görüşmelerin yanı sıra posta, e-posta veya bu yöntemlerin bir kısmı veya tamamının kullanıldığı karma yöntemlerle gönderilen anketler bulunmaktadır (Salant & Dillman, 1994).

Anket tasarımının ikinci aşamasında, örnekleme planı ile belirlenen hedef kitleye ve hedef kitleye anketin ulaştırılmasına yönelik yöntemler ile tüm nüfus için doğru ve güvenilir tahminler yapabilmek için tahmin prosedürleri oluşturulmalıdır. Bu adımda ulaşılabilecek yanıt oranına ve anket için tercih edilecek doğruluk düzeyine karar vermek gerekir (Salant & Dillman, 1994). Alınan tüm kararların sonuçları değiştireceği unutulmamalıdır.

Anket tasarım prosedüründe, hedef kitlenin anket sorularına vereceği yanıtlar, bu yanıtları yorumlayacak kişilerin, yani verileri toplayan kişilerin özellikleri kadar önemlidir. Verileri kullanacak kişi veya kişiler, tahminlerin yararlılığını sağlamak için ölçülecek değişkenleri, gerekli tahminleri, güvenilirliği ve geçerliliği sağlamalıdır. Gerekirse, araştırmayı yürütmek için ihtiyaç duyulan ek kaynaklar veya kaynak kısıtlamaları önceden belirlenmelidir (Levy & Lemeshow, 1999).

Anket tasarımında izlenecek üç temel unsur şu şekilde ifade edilebilir.

1. Numune seçiminde dikkat edilecek özellikler,
2. Numune büyüklüğünün belirlenmesi için gereklilikler ve
3. En etkili anket ortamını seçerken dikkate alınacak noktalar.

### 3.2.1 Anketin örneklem seçimi

Ölçmek istediğimiz alanın tamamına "Evren" denir. Fikir, düşünce ve görüşlerini öğrenmek istediğimiz grup, ülke, il, ilçe gibi o grup veya yerde yaşayan insanların tamamını oluşturan bireylere "Evren" denir.

Örneklem, evrenimizi temsil edecek özellik, seviye ve sayılara sahip insanlar topluluğudur. Araştırmada etkili olan cinsiyet, yaş ve eğitim gibi temel demografik özelliklere göre çalışmalarda hata/sapma marjının düşük olması beklenmektedir. Kadınların bir konuda farklı görüşleri olabilirken, erkeklerin farklı görüşleri olabilir. Bu durumda kadın ve erkek nüfus eşit ise araştırma alanını araştırmada temsil edebilmesi için örneklemdeki cinsiyet dağılımının eşit olması gerekmektedir. Cinsiyet ve benzer demografik faktörler, örneklemdeki bu alt argümanlardan sadece birkaçıdır (URL-10).

Anket çalışmasında, hedef kitle seçiminde hedef kitleyi olabildiğince sınırlı tutmaya çalışmanın, gerçek nüfusu tanımlamayı çoğu zaman mümkün kılmadığı için, hem ekonomik olarak hem de çalışmanın uygulama şartları açısından gereklidir. Örneklem seçimi, popülasyonun büyüklüğüne ve çeşitliliğine ve hedeflenen sonuçlar için belirlenen kesinlik derecesine bağlı olarak belirlenir (Salant & Dillman, 1994). Anket çalışmasındaki örneklem popülasyonu, genellemeyi kolaylaştırmak için rastgele seçilmelidir, yani toplumdaki herkesin eşit seçilme şansına sahip olması gerekir. Ayrıca anket yapılırken hedeflenen sonuçlara ulaşılmasında belirlenen özellikleri sergileyen kurum ve kuruluşlardan yararlanılabilir. Araştırmanın amaçları doğrultusunda belirlenen özelliklere sahip olan ve bilinçli olarak seçilen bu kuruluşlara teorik örneklem denir (Attewell & Rule, 1991). Rastgele seçilmeyen teorik örneklerde, topluluktaki rastgele örneklem seçimine benzer bir etki elde etmek için kurum ve kuruluşlar içindeki katılımcıların seçimi rastgele yapılır.

### 3.2.2 Anketin örneklem büyüklüğü

Anket örneklem büyüklüğünü belirlerken dikkate alınması gereken beş faktör şu şekilde sıralanabilir:

- İstenilen hassasiyet derecesi,
- İstatistiksel güç gereklidir,
- Araştırmacının çalışma konularına erişim sağlama becerisi,

- Nüfusun tabakalaşma derecesi ve
- İlgili analiz birimlerinin seçimidir.

Bu beş faktör gözönünde bulundurularak örneklem büyüklüğü belirlenir ve bu örneklem topluluğuna ulaşmak için gerekli önlemler alınarak bir yol haritası oluşturulur.

### **3.2.2.1 Anket hassasiyeti derecesi**

Örnekleme varsayılan bir etkinin var olduğunu belirlemek için bir anket kullanılır. Bu etkinin var olduğu iddiası, alternatif hipotezdir. Bu etkinin olmadığı duruma ise boş hipotez denilmektedir.

Örnekleme büyüklüğü, "istenilen kesinlik seviyesini sağlayacak kadar büyük" olmalıdır (Salant & Dillman, 1994). Literatürde iki hassasiyet ölçüsü tartışılmaktadır. Birincisi, önem düzeyi, araştırmacının çalışmada izin vereceği Tip I hata miktarıdır. Tip I hatası, boş hipotez aslında doğru olduğunda yani hipotez reddedildiğinde ortaya çıkar.

İkinci kesinlik ölçüsü, güven aralığıdır. Bir anket örneği, bir ortalama ve varyansın hesaplanabileceği verilerden oluşur. Bu istatistiklerin her biri için güven aralıkları oluşturulabilir. Öyle ki araştırmacı; popülasyon için karşılık gelen istatistiğin, numune istatistiğinin belirtilen aralığı içinde yer aldığından "yüzde 95 emin" olduğunu belirtebilir.

Çalışmanın amacı genel bir inanç veya tutum duygusu kazanmak olduğunda, daha düşük bir kesinlik seviyesi kabul edilebilir. Daha sonra daha küçük bir örneklem boyutu çizilebilir. Salant & Dillman (1994), araştırmacının, dağıtılan anket sayısının, hiçbir yanıt verilmemesine ve kullanılamaz, okunaksız ve eksik yanıtlara izin verecek kadar yeterli olmasını sağlaması gerektiğini belirtmiştir.

### **3.2.2.2 Araştırmanın istatistiksel gücü**

İstatistiksel güç, alternatif hipotezin doğru olduğu göz önüne alındığında, araştırmacının boş hipotezi reddetme olasılığıdır (Attewell & Rule, 1991). Boş hipotezin hatalı olarak kabul edildiği ve alternatif hipotezin doğru olduğu durumlarda, Tip II hatanın var olduğu söylenmektedir. İstatistiksel güç, kısmen, etki büyüklüğü ve örneklem büyüklüğüne göre belirlenir.

Etki büyüklüğü, "bir sonucun genel önemini değerlendirmemize" yardımcı olan istatistiksel gücün belirleyicisidir (Aron & Aron, 1997). Anket yapılırken, popülasyondan bir örnek alınır. Alternatif hipotezi temsil eden örnek dağılımı, örnek dağılımının boş hipotezinkinden önemli ölçüde farklı olup olmadığını belirlemek için araçların dağılımı ile karşılaştırılır. Etki boyutu, boş ve alternatif hipotezler için ortalamaların dağılımlarının örtüşmediği derecedir. Araç dağılımlarındaki fark ne kadar büyükse, istatistiksel güç o kadar yüksek olur.

İkinci bir güç belirleyicisi, örneklem büyüklüğüdür. Örneklem büyüklüğü arttıkça, araçların dağılımı daralır ve varyans azalır, böylece iki dağılım arasındaki örtüşme azalır ve istatistiksel güç artar (Aron & Aron, 1997).

### **3.2.2.3 Anket konularına erişim**

Örneklem büyüklüğünü belirlemede üçüncü bir faktör, araştırmacının istenen konulara erişim sağlama yeteneğidir. Bu sorunu hafifletmenin bir yöntemi, daha önce açıklandığı gibi teorik bir örnek kullanmaktır (Attewell & Rule, 1991). Teorik örneklem kullanıldığında, toplum hakkında genel bir kanıya varılabilmesi için, teorik örneklem için seçilen kurum ve kuruluşlar içindeki katılımcıların seçiminin rastgele yapılması gerektiği unutulmamalıdır.

### **3.2.2.4 Araştırmanın tabakalaşması ve kümelenmesi**

Örnek büyüklüğünün belirlenmesinde dördüncü faktör, rastgele örneğin; sektöre, büyüklüğe veya teknoloji düzeyine göre katmanlara ayrılıp ayrılamayacağıdır (Attewell & Rule, 1991). Örneğin, araştırmacı, farklı organizasyonlarda kullanılan teknolojileri tanımlamak için birden çok seviye kullanarak, teknoloji katmanlarındaki bu farklılıkları, bu teknolojilerin etkisindeki farklılıklarla (varyansları) istatistiksel olarak ilişkilendirebilir. Bununla birlikte Salant & Dillman (1994), gerekli kesinliği sağlamak için tabakalı numuneler kullanıldığında numune büyüklüğünün artırılması gerektiğini belirtmiştir. Kontrol ve test grupları oluşturulması tabakalı numune almanın bir örneğidir.

### **3.2.2.5 Anket analizi birimleri**

Örneklem büyüklüğünün belirlenmesindeki son faktör, uygun analiz birimlerinin seçimidir. Araştırmacı, bir ankete yanıt verenlerin bireyler mi, ofisler mi yoksa tüm firma mı olacağına karar vermelidir (Pinsonneault & Kraemer, 1993). Attewell & Rule

(1991), çalışma gruplarının da yararlı bir analiz birimi olabileceğini belirtmiştir. Bireysel anket yanıtlarının bir ekipte toplanması, kendine özgü veya bireysel tutumların etkilerini azaltmaya yardımcı olur. Anket yanıtlarının farklı ekip ya da kişilerce değerlendirilmesinde farklı yorumlar ortaya çıkabileceği değerlendirilmelidir. Böyle bir araştırma daha sonra çalışma grupları arasında bulunan farklılıkları açıklamaya çalışmalıdır.

### **3.3 Anket Türleri**

Anket metodolojisini; yüz yüze anket, telefon ile yapılan anket, posta tabanlı anket, web tabanlı anket, karma tip anket olmak üzere beş ana başlık altında incelemek mümkündür. Anketin metodolojisine karar verilirken, anketin konusu, hedef kitlesi ve hedef kitlenin konumları, eğitim durumu, teknoloji bilgisi, alışkanlıkları ve sosyo-kültürel durumuna göre karar verilmelidir. Bu nedenler göz önünde bulundurularak bu anket yöntemlerinden bir veya birkaçının kullanılması ya da tamamının kullanıldığı karma yöntem kullanılması kararlaştırılabilir.

#### **3.3.1 Yüz yüze anket**

Yüz yüze görüşmeler, sosyal bilim araştırmalarında veri toplamak için önemli ve verimli bir yöntem olarak düşünülebilir. Yüz yüze anket yöntemi, kullanılan diğer veri toplama yöntemleriyle karşılaştırıldığında (posta, internet yoluyla, telefonla anketler), görüşmecinin kişisel varlığı, araştırmacının cevap aradığı soruları yanıtlayana açıklaması ve yanıtlayanın tepkisini gözlemlemesi için ek fırsatlar sunar. Röportajın normal bir sohbetten ne kadar farklı olduğunu netleştirebilir. Gerekirse, soruları ve görevleri açıklayabilir ve cevaplayıcı yeterli bir cevap formüle edemezse, araştırmacı gerekli bilgi ve motivasyonu sağlayabilir. Kısacası araştırmacı, görüşmeciyi görevinde yönlendirebilir ve onu mümkün olduğu kadar bu görevi başarmaya teşvik edebilir. Bu doğrudan destek, yüz yüze görüşmeyi özellikle daha uzun ve daha karmaşık görüşmeler için uygun hale getirir. Öte yandan, araştırmacının varlığı, elde ettiği cevaplar üzerinde bir etkiye sahip olma riskini de beraberinde getirir. Riski en aza indirmek için görüşmenin standart bir şekilde yapılması tercih edilir. Görüşmecilerin anketin yapısına ve içeriğine dikkat etmeleri ve görüşmeleri yürütürken birkaç temel kuralı uygulamaları gerektiği anlamına gelir. Araştırmacı, böyle standartlaştırılmış bir görüşmeye uygun bir anket oluşturmakla sorumludur. Buna ek olarak, araştırmacı uygun eğitimi sağlamaktan, görüşmecilere gerekli görüşme becerilerini vermektен ve

onlara temel kuralları önemli problemler olmadan uygulama yeterliliğini vermekten sorumludur. Deneysel bir çalışmanın sonuçları, bu bölümde tartışılan görüşme tekniklerine güçlü bir vurgu yapan bir görüşmeci eğitiminin anket veri kalitesini artırabileceğini göstermektedir (Billiet & Loosveldt, 1988).

Yüz yüze anket yönteminde, hedeflenen kitle içerisinde yer alan katılımcılara ulaşılarak amacımız hakkında bilgi verilerek randevu alınır. Araştırmacı ile katılımcı yüzyüze görüşerek; araştırmacının soruları sorması ve katılımcıların cevaplarını kaydetmesi şeklinde yürütülen anket yöntemidir (De Leeuw vd., 2007).

Bu yöntem, katılımcının soruları net bir şekilde anlaması ve cevapların doğru şekilde kaydedilmesi açısından iyi bir yöntem olmakla birlikte, katılımcılara ulaşmanın diğer anket metodolojilerine oranla oldukça zor ve ekonomiklikten uzak bir yöntemdir. Yerel araştırmalarda kullanılması uygun olabilir (De Leeuw vd., 2007).

### **3.3.2 Telefon anketi**

Mevcut telefonla sağlanan çeşitli seçeneklere rağmen, tüm telefon anketleri, onları diğer anket metotlarından ayıran belirli özelliklere sahiptir. Görüşmeci tarafından uygulanan anketler yalnızca kâğıt kalem kullanılarak gerçekleştirilemez, aynı zamanda ister kendi kendine ister görüşmeci tarafından yönetilen tüm telefon anketleri bilgisayar destekli olabilir, böylece daha düzgün ve hatasız veri toplama sağlanır ve anlık ve sürekli veri girişi sağlanır. Bilgisayar destekli (CATI) sistemlerin çoğu önemli bir parasal yatırım gerektirse de, telefon anketleri, kâğıt kalem teknolojisi ve sabit hatlı veya mobil sıradan telefonlar kullanılarak ucuz bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bilgisayar yardımının açık bir avantajı, bir kuruluşun görüşme tesisleri farklı yerlerde olduğunda bile CATI sistemlerinin sağladığı merkezi bir yönetim sağlamasıdır. Sonuç olarak, anket laboratuvarı yöneticileri ve amirleri, görüşmeci performansının dikkatli bir şekilde izlenmesi ve değerlendirilmesi dâhil olmak üzere görüşme sürecinin tüm yönleri üzerinde tam kontrol uygulayabilir. Telefon anketleri, görüşmeci ile yanıtlayan arasında yüz yüze anketlere göre daha fazla mesafe bırakmaktadır. Hane halkı veya yanıtlayan hakkında pek çok yardımcı bilgiye erişim olmadan, görüşmeciler, girişlerini belirli endişelere göre uyarlamak için çok daha az fırsata sahiptir (Groves & Couper, 1998). Bir görüşmeci, telefonda yüz yüze olduğu kadar iyi bir ilişki kuramasa da, bu mesafe özelliği görüşmeci tarzlarından kaynaklanan hatayı azaltma etkisine sahiptir. Ayrıca görüşmeci tarafından görülemeyen yaş ve ırk gibi katılımcının kişisel

özellikleri, kişisel görüşme modunda olduğu kadar cevaplar üzerinde büyük bir etkiye sahip değildir. Bu nedenle, telefon anketlerinde araştırmacı etkilerinin belirgin olması beklenmez, ancak araştırmacıların telefon görüşmelerinde genellikle yüz yüze görüşmelerden daha büyük bir iş yükü vardır, bu durumda yine araştırmaya büyük hatalar eklenebilir (De Leeuw vd., 2007).

Telefonlar işitsel iletişim kanallarıyla sınırlı olduğu için, ortalama bir katılımcıyı pek ilgi çekici olmayabilecek konulara ilişkin bir soruya ve yanıtlama sürecine dâhil etmek zordur. Sonuç olarak, telefonla yapılan anket çalışmaları, yüz yüze anketlerden önemli ölçüde daha kısa olmalıdır. Bu özellikle, katılımcının durumunun bir restoranda olmak veya araba kullanmak gibi çeşitli dikkat dağıtıcı unsurlarla dolu olabileceği cep telefonları üzerinden yapılan görüşmeler için geçerlidir. Telefonların dar iletişim kanalı, soruların olabildiğince karmaşık olmasını ve yalnızca sınırlı sayıda basit yanıt kategorisi içermesini gerektirir. Yanıtlayanın ne sorulduğunu tam olarak anlamasını sağlamak için, genellikle bir soruyu bölümlere ayırmak gerekir, bu biçimlendirme tekniği, yanıtlayanın ne sorulduğunu tam olarak anlamasını sağlar ve yine bu dezavantaj, cep telefonu ile yapılan bir ankette daha da artabilir. En temel düzeyde, araştırmacılar bir haneye veya bir bireye erişen ayrı telefon hatlarının sayısını ayarlarlar. Sesli iletişim biçimlerinin çoğalmasıyla bu ihtiyaç ortadan kalkmayacaktır (De Leeuw vd., 2007).

Telefonla anket yönteminde, yüz yüze anket yöntemine benzer şekilde, hedeflenen katılımcılarla telefonla iletişime geçilerek amacımız hakkında bilgi verilerek katılımcının onayı alınır; araştırmacı anketi katılımcıya yönlendirir ve cevaplarını kaydeder.

Bu yöntemle geniş bir kitleye ulaşılabilir. Ancak katılımcılar müsait olmadığından veya zaman ayırmak istemediğinden onaylarının alınmasında sıkıntı yaşanma olasılığı göz ardı edilmemelidir.

### **3.3.3 Posta anketi**

En iyi bilinenleri posta ve internet anketleri olan birçok kendi kendine uygulanan anket türü vardır. Kendi kendine uygulanan anketler bireysel olarak (örneğin evde posta anketi ile) veya grup halinde (okuldaki bir sınıf odası gibi) uygulanabilir. Kendi kendine uygulanan anketlerin farklı olabileceği ikinci bir boyut, görüşmecinin uygunluk düzeyidir; bu hiç yoktan (posta anketi) görüşmeci yardımına (örneğin,

hastanede yatan hastalarla yapılan bir görüşme sırasında dağıtılan kendi kendine uygulanan bir anket) değişir. Kendi kendine uygulanan tüm anketlerde ortak olan, cevaplayıcıların kontrol odağı olmaları ve soru-cevap sürecine görüşmeci katılımı olmadan soruları tamamlamalarıdır. Sonuç olarak, yalnızca sorular ve cevap kategorileri değil, aynı zamanda çalışma ve anket hakkındaki tüm bilgiler anketin kendisi ve beraberindeki ön yazı veya talimatlar tarafından taşınmalıdır. Genel veri toplama stratejisi, anketi basit, çekici ve doldurması kolay hale getirerek, katılımcılara uygun ödüller sağlayarak, yanıtlayıcıdan talebi mümkün olduğunca düşük tutmaktır. Başarılı olmak için, tüm bu unsurların çalışılan popülasyona göre uyarlanması ve tüm unsurların (davet, talimatlar, anketler, hatırlatıcılar gibi) belirli anket durumu için önceden test edilmesi gerekir (De Leeuw vd., 2007).

Posta yoluyla anket yönteminde, hedeflenen katılımcılara e-posta veya posta yoluyla ulaşılır. Katılımcılara anketin amacı hakkında bilgi verilir ve anket, onaylarına bakılmaksızın hedeflenen katılımcılara iletilir. Bu yöntemle geniş bir kitleye ulaşılabilir. Ancak katılımcılardan geri bildirim alınmasında ciddi sorunlar yaşanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

### **3.3.4 Web tabanlı anket**

İnternet anketi veri toplama işlemi 1980' lerin sonunda e-posta anketleriyle tanıtıldı. 1990' ların ortalarında, anket verilerinin toplanması için World Wide Web (WWW) kullanılmaya başlandı. Bu yöntem günümüzün en yaygın kullanılan anket ortamıdır. Son birkaç yılda, WebTV veya dijital TV anketleri, M-CASI cep telefonu cihazlarını kullanarak bilgisayar destekli kendi kendine görüşme ve diğer entegre çözümler (örneğin, entegre CATI - bilgisayar destekli telefon görüşme sistemleri) ile sonuçlanan teknolojilerin entegrasyonu ile karşı karşıyayız. Günümüzde en sık kullanılan İnternet anketleri biçimi; bilgisayarlı, kendi kendine uygulanan anketler (CSAQ), görüşmeci olmadan yanıtlanan web anketleridir. Anket soruları, bir bilgisayardaki standart bir web tarayıcısı kullanılarak görüntülenir ve yanıtlanır. Yanıtlar internet üzerinden sunucuya aktarılır. Günümüzde, bu etkileşimli anketler (1990' ların ortalarına kadar kullanılan ilk e-posta anketlerinin veya statik web anketlerinin aksine) anketin tamamlanması sırasında yanıtlayan-araştırmacı etkileşimine izin verir ve gelişmiş anketlerin gerektirdiği bilgisayar destekli anket veri toplamasının tüm özelliklerini etkinleştirir. Otomatik atlama ve koşullu dallanma, rastgele soru/madde sıralaması,

anketlerin katılımcılara randomizasyonu, uyarlanabilir anketler (bir katılımcının daha önceki cevaplarına göre anket maddelerinin atanması), cevapsız madde kontrolü, tutarlılık ve aralık, ankete erişim için kota kontrolleri, zaman ölçüm, vb. tümüyle CATI' deki benzer bir şekilde ele alınabilir. Sunulan konuların birçoğu diğer İnternet anketlerine de uygulanabilir (De Leeuw vd., 2007).

Anketlerin bilgi kaynağı insandır. Araştırmaya katılan cevaplayıcıları bulmak giderek daha zor ve daha materyalist bir hale gelmektedir. Çevrimiçi anket, insanların internet bağlantısı üzerinden her yerden erişebilecekleri bir web sunucusu aracılığıyla internette yayınlanan bir anket türüdür. Bu tür anketler, diğer anketlerden daha fazla katılımcıya sahiptir ve daha hızlı ve daha güvenli sonuçlar sağlar. Web tabanlı anket veya çevrimiçi anket olarak da adlandırılır (Elebiad, 2013).

Çevrimiçi bir anket hazırlarken dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

1. Çevrimiçi anket yöntemi, en yaygın veri toplama yöntemlerinden biridir. Ancak veri toplamak için, çevrimiçi anketin veya diğer anket türlerinin daha yararlı olup olmadığına en baştan karar vermek gerekir.

2. Online anket hazırlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri anketin tutarlı olmasıdır. Tutarsız bir anket zaman kaybına neden olur.

3. Çevrimiçi anket bir amaca hizmet etmelidir. Konu önceden belirlenmeli ve istenilen amaca yönelik sorular hazırlanmalıdır.

4. Online anketteki kişinin adı, soyadı, telefon numarası vb. kişisel bilgi istemek gibi sorulardan kaçınılmalıdır. Kişisel bilgileri içeren sorular, anketin tutarlılığını etkileyebilir.

5. Online anket yapılırken internet üzerinden soruların cevaplanması istenir. Ancak, uzun çevrimiçi anket soruları veya çok sayıda soru, kişinin anketi bırakmasına veya ankete verilen ciddiyeti azaltmasına neden olabilir. Bu nedenle, anket soruları karşı tarafın kolayca anlayabileceği şekilde kısa ve öz olarak hazırlanmalıdır. Ayrıca soru sayısı karşı tarafı sıkmayacak şekilde belirlenmelidir ve

6. Çevrimiçi anket soruları, ankete cevap verebilecek kişilerin anlayabileceği bir şekilde, kişilerin algı farklılığı dikkate alınarak sunulmalıdır.

### **3.3.5 Karma anket**

Karma anket yöntemi, yüz yüze anket, telefonla anket, mail tabanlı anket, web tabanlı anket yöntemlerinden birden fazlası veya tamamı kullanılarak yapılan anket yöntemidir.

Salant & Dillman (1994), anket medyasını birleştiren karma metod anketlerinin kullanımını benimsemişlerdir. Bu yaklaşım ilk olarak mümkün olan en düşük maliyetle yüksek yanıt oranına ulaşmak için en iyi yöntemi kullanır. Daha sonra, anket başına artan maliyetlerle yanıt oranını iyileştirmek için diğer yöntemler kullanılır. Yazılı anketler genellikle karma anketlerde kullanılan ilk yöntemdir ve bunu sözlü anket yöntemleri izler. Araştırmacılar, karma anketlerin genellikle tek ortam anketlerinden daha yüksek birleşik yanıt oranlarını yansıttığını belirtmişlerdir.

Bu anket çalışması, Jet Grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılan projelerde hem uygulayıcı, hem kontrolör hem de yönetici veya saha personeli olarak çalışan farklı yaş ve cinsiyetteki teknik kişiler arasında gerçekleştirilmiştir. Anket çalışması, Jet Grout yönteminin seçiminde, projelendirilmesinde, uygulanmasında ve kontrolünde karşılaşılan sorunlar ve mevcut yönetmeliklerde yapılacak iyileştirmeler ve bu sorunların küçük, orta, büyük ölçekli mühendislik şirketleri ve yerel yönetimlerdeki teknik insanlar tarafından nasıl giderilebileceğiyle ilgilidir.

Yapılan anket araştırmasında, karma anket yöntemleri kullanılacak şekile hazırlanmış ve kişilerin herhangi bir zorunluluk hissetmeden, ankete her an tutarlı bir şekilde cevap vermesi sağlanmaya çalışılmıştır.

### **3.4 Anket Aracı Geliştirme**

Anket aracı geliştirmeden önce belirli ön koşullar sağlanmalıdır. Bu ön koşullar basitçe dört ana başlıkta incelenebilir. İlk olarak, çalışmanın odak noktası dikkatlice tanımlanmalıdır. İkincisi, çalışma hedefleri, bu odağa katkıda bulunan ölçülebilir faktörlere dönüştürülmelidir (Salant & Dillman, 1994). Üçüncüsü, araştırmacı konu hakkında yeterli bilgiye sahip olduğundan emin olmalıdır. Son olarak, anket tutarlı bir şekilde uygulanmalıdır (Fowler, 1995).

Araştırma araçları ideal olarak ölçüm bilimlerindeki uzmanlar tarafından geliştirilmelidir. Levy & Lemeshow (1999), araştırmacı tarafından toplanan verilerin kalitesini tespit etmek için kullanılacak prosedürlere girdi sağlamak ve araştırmanın

manipülasyona sebep olmadan, kolay veri işlemeye elverişli olmasını sağlamak için bir istatistikçi tarafından analiz edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

### **3.4.1 İyi anket soruları için standartlar**

Temel düzeyde, "iyi bir soru, tanımlamak istediğimiz bir şeyin güvenilir ve geçerli ölçüleri olan yanıtları üreten sorudur" (Fowler, 1995). İyi bir soru oluşturmak için aşağıdaki koşulların sağlanması önemlidir.

#### **3.4.1.1 Anketin soru ifadesi**

Anket soruları, ulaşılmamasını hedeflenen örneklem popülasyonu içerisindeki yanıtlayıcıların eğitim düzeyiyle tutarlı sözcükler kullanılmalıdır (McIntyre, 1999). Hem soru hem de yanıt seçenekleri hem yanıtlayan hem de araştırmacı için açık ve anlaşılır olmalıdır (Fowler, 1995; Salant & Dillman, 1994). İfadeler, yanlış yorumlamaya izin verecek alternatif yorumları veya eksik cümleleri engellemelidir (Browne & Keeley, 1998; Fowler, 1995; Salant & Dillman, 1994). Anket soruları, yanıtlayanların bir kısmı için olumlu, ancak bir başkası için olumsuz yanıt vermek isteyebileceği durumlarda birleştirilmemelidir.

#### **3.4.1.2 Uygulanabilir ve etik anket**

İyi anket sorularının yanıtlanması anketin amacına ulaşmasını sağlayacak netlikte cevapların alınabileceği ve yanıtlayanlar anket sorularını yanıtlamaya istekli olmalarını sağlamalıdır (Fowler, 1995). Sorular yanıtlayıcıların sosyokültürel yapısına uygun, medeni ve etik kurallara uygun olmalıdır (McIntyre, 1999). Araştırmacı, katılımcının konu hakkında bir şeyler bildiğini varsayan sorular da dâhil olmak üzere, cevaplayana sahip olmadığı veya sahip olamayacağı verileri soran sorulardan kaçınılmalıdır (Salant & Dillman, 1994). Araştırmacının önyargısını yansıtan kişisel sorular, sakıncalı ifadeler ve zor hesaplamalar gerektiren sorulardan da benzer şekilde kaçınılmalıdır. Aksi durumlarda katılımcının anketi yanıtlama isteği olumsuz etkilenecek, anketi tamamlamak istemeyeceği bir durum ortaya çıkacaktır ya da doğru sonuçlara ulaşılması mümkün olmayacaktır.

#### **3.4.1.3 Anketle ilgili ek hususlar**

Anket çok uzun, yorucu, külfetli olmamalı ve yanıtlayıcının cevaplama isteğinin azalmasına veya ortadan kalkmasına sebep olmamalıdır. Araştırmacı, okumada

cevaplayanı kaybeden hem anlamasının hem de cevaplamasının zor olduğu çift olumsuzluk içeren sorulardan ve uzun sorulardan kaçınmalıdır (McIntyre, 1999). Tanımlanmamış kısaltmalar, özetler ve herkes tarafından bilinmeyen, bilimsel karşılığı olmayan, yöresel olarak farklılık gösteren veya halk arasında kullanılan, jargon adı verilen kelime ve cümleler anket sorularında kullanılmamalıdır. Benzer şekilde, anket sorularının tonu, duygusal bir tepkiyi uyandıran önyargılı ifadelerden kaçınmalıdır. Derecelendirme ölçekleri, eşit sayıda olumlu ve olumsuz yanıt seçeneği sağlamak için dengelenmelidir. Ayrıca kesin cevaplar gerektiren açık uçlu soruları yanıtlayanların hızlı bir şekilde cevaplamasının zor olacağı unutulmamalıdır. Bunlara ek olarak, anketin farklı zamanlarda farklı yanıtların verilebileceği, mevsimsel veya zamansal farklılıkları yansıtabileceği şekilde oluşturulmamasına, değişen zaman referanslarına karşı dikkatli olunması gerekmektedir (Salant & Dillman, 1994).

#### **3.4.1.4 Anketin yanlış ifadesi**

Önyargılı ifadeler, sorunun belirli bir perspektif lehine veya aleyhine bir yatkınlık içerdiği durumlar anket çalışmalarında sıklıkla gözlemlenir (Salant & Dillman, 1994). Bu tür sorular yol gösterici olabilir veya doğru olmayabilecek varsayımları içerebilir (McIntyre, 1999). Her ne kadar anket soruları oluşturulurken bir amaç doğrultusunda oluşturulan ve sorunlara bir çözüm ya da sorunların oluşmadan önlenmesi hedefleriyle hareket edilsede hipotezin boş hipotez mi, alternatif hipotez mi olduğu bilinemediğinden mümkün olduğunca yanlış ifadelerden kaçınılmalıdır. Bu şekilde daha doğru sonuçlara ulaşılabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

#### **3.4.1.5 Anketin yanlış bağlamı**

Yanlış bağlam, soruların belirli bir sıraya yerleştirilmesinden kaynaklanır, böylece yanıtlayan kişi daha önceki sorulara dayanarak zaten belirli çizgiler boyunca düşünür ve cevaplarını belli bir yönde dizayn eder (Browne & Keeley, 1998). Anket uzun olduğunda da temel bağlam oluşur. Örneğin, belirli bir soru, katılımcıların farklı yanıtlar verdiği uzun bir anketin hem başında hem de sonunda kullanılabilir. Fowler (1995) ayrıca, sürekliliğin soldan sağa doğru azalması veya artması fark etmeksizin, katılımcıların bir sürekliliğin sol tarafındaki sıralamaları kullanma olasılıklarının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Salant & Dillman (1994), seçenekler beşten az seçenekle sınırlandırılmalı ve karmaşık ve soyut konuları ele almak için bir dizi soru kullanılmalıdır.

Tourangeau (1999), önyargılı bağlamın iki yönünü tanımladı. Birincisi, genellik düzeyi, anket sorusunun daha geniş bir konu tarafından kapsanan bir konuyu ele alma derecesidir veya dar bir konu hakkında uygunsuz bir şekilde genelleme yapma girişimidir. İkinci yön, tutarlılık ve karşıtlığın etkisidir. Kontrast, bir anket sorusunun, ilgilenilen sorudan hemen önce gelen veya onu takip eden diğer anket sorularıyla tutarlılık veya zıtlık derecesidir.

### **3.4.2 Anket soru türleri**

Anket soru türleri temelde açık uçlu anket soruları ve kapalı uçlu anket soruları olmak üzere iki alt başlıkta incelenebilir.

#### **3.4.2.1 Açık uçlu anket soruları**

Açık uçlu anket soruları, katılımcıların kendi sözcükleriyle yanıtlamasına olanak tanır. Açık uçlu sorular ayrıca araştırmacının başka türlü yayınlanamayacak ve ek içgörüler arandığında yararlı olabilecek fikirleri keşfetmesine de olanak tanır (Salant & Dillman, 1994). Araştırmacının konu alanına daha az aşina olduğu ve belirli yanıt seçenekleri sunmadığı durumlarda da yararlıdırlar.

Açık uçlu sorular, yanıtlayan açısından daha fazla düşünmeyi ve yorumlamayı gerektirir ve bu nedenle yanıtlamak için daha fazla zaman gerektirir (Salant & Dillman, 1994). Açık uçlu sorulardan elde edilen sonuçların analizi de daha zordur. Son olarak, açık uçlu sorulara kadar alınan geniş yanıt yelpazesinden tek bir hareket tarzı belirlemek daha zordur.

#### **3.4.2.2 Kapalı uçlu anket soruları**

Buna karşılık, kapalı uçlu sorular, yanıtlayanın verilen bir dizi yanıt arasından seçim yapmasını gerektirir (McIntyre, 1999).

Sıralı seçimleri olan kapalı uçlu sorular, yanıtlayanın her olası yanıtı diğer seçeneklerden bağımsız olarak incelemesini gerektirir. Seçenekler, likert ölçekleri ve sayısal aralıklar tarafından sağlananlar gibi bir yanıt sürekliliği oluşturur. Bu tür sorular, yanıt verenlerin yanıtlaması ve araştırmacıların verileri analiz etmesi için en kolay olanıdır.

İkinci tip kapalı uçlu soru, sırasız seçenekler içeren kapalı uçlu sorudur (Salant & Dillman, 1994). Bu sorular, yanıtlayandan olası yanıtları karşılaştırmasını ve birini

seçmesini ister. Çoktan seçmeli sorular bu tipe bir örnektir. Araştırmacı, katılımcıya kapsamlı bir yanıt seçimi verilmesini sağlamalıdır. Sırasız seçenekler içeren kapalı uçlu sorular, öğeleri tercih sırasına göre sıralamak için kullanışlıdır.

Üçüncü tip kapalı uçlu soru, yanıtlayandan olası yanıtları karşılaştırmasının ve birini seçmesinin veya "diğer" olarak yazmasının istendiği kısmi kapalı uçlu sorudur. Salant ve Dillman (1994), çoğu yanıt verenin bu tür sorular sunulduğunda verilen yanıtlardan birini seçtiğini gözlemlemiştir. Bunun sebebi diğer seçeneği tercih edildiğinde daha fazla zaman ve efor harcamak gerektiği için yanıtlayıcının bu seçeneği seçmemesi olabileceği gibi kapalı uçlu seçeneklerin yanıtlayıcının cevabının karşılığı olduğunu gösterebilir.

Kapalı uçlu sorular şu şekilde de sınıflandırılabilir: (a) insanları, yerleri ve olayları tanımlayan ve değerlendiren sorular; (b) fikirlere, analizlere ve tekliflere verilen yanıtları ölçen sorular ve (c) bilgiyi ölçen sorulardır.

### **3.4.3 Anket sorularına öznel yanıtlar**

Bir katılımcının inançları, tutumları ve davranışları kesin değildir ve zamanla değişme eğilimindedir. İnançlar, insanların ne düşündüğünü gösteren öznel görüşlerdir. Tutumlar, insanların ne istediğini belirleyen öznel görüşlerdir. Davranışlar, insanların yaptıklarının nesnel gerçekleridir. Nitelikler, insanların ne olduğunu tanımlayan nesnel gerçeklerdir. Bunlar da değişebilir, ancak bu değişim nispeten daha uzun sürelerde gerçekleşmektedir.

İnançlar, tutumlar ve davranışlar da sıklıkla yetersiz bir şekilde düşünülmektedir. Salant ve Dillman (1994), araştırmacıların inançları, tutumları ve davranışları ölçmek için bir dizi ilgili soru kullanmalarını, ardından yanıtlardaki kalıpları ve tutarlılıkları belirlemek için yanıtları incelemelerini önermektedir. Anket, belirli tavsiyelerin kabul edilmesini, reddedilmesini veya rekabet eden çıkarların göreceli önemini sıralamayı hedeflemelidir.

### **3.4.4 Anket yanıtı için gerekli bilişsel görevler**

Schwarz (1999), anket sorusuna cevap vermeleri istendiğinde katılımcıların gerçekleştirdiği bilişsel görevleri dikkate almıştır.

İlk bilişsel görev araştırmacının sorusunu yorumlamadır. Özellikle, yanıtlayıcı, araştırmacının ne istediğini anlamalı ve hangi bilgilerin bu talebi en iyi karşılayacağını belirlemelidir (Schwarz, 1999).

İkinci bilişsel görev yanıt formülasyonudur. Schwarz (1999), yanıt verenlerin yeni yargılar oluşturma eğiliminde olduklarını, çünkü bu daha önce sahip olunan yargıların sorunun belirli kısıtlamalarını karşılayıp karşılamadığını belirlemekten daha az bilişsel olarak talep edildiğini belirtmiştir.

Üçüncü bilişsel görevde, yanıtlayıcı, yanıtı araştırmacıya iletir. Schwarz (1999), verilen yanıt seçeneklerinin doğruluk veya sosyal normlar açısından bilişsel aktiviteyi kısıtlayabileceğini ve böylece katılımcının yalnızca verilen seçeneklere doğrudan uyan bir yanıt oluşturabileceğini gözlemlemiştir.

### **3.4.5 Ölçüm hatasının kaynakları**

Salant & Dillman (1994) araştırmacıları, katılımcıları belirli yanıtlara yönlendirmekten, soruları onlar için yorumlamaktan veya belirli yanıtların istendiğini düşündüren bir imajı yansıtmaktan kaçınmaları konusunda uyarmıştır. Araştırmacıların katılımcıları yönlendirdiği ve belirli yanıtların istendiğini düşündüren sorular bir ölçüm hatası kaynağıdır.

Katılımcılar, başka bir ölçüm hatası kaynağıdır. Salant & Dillman (1994), araştırmacıların cevap vermelerini istediğini düşündükleri şekilde yanıt verebileceklerini gözlemlemişlerdir. Ek olarak, anketlere verilen yanıtlar, yanıtlayanların gerçek inançlarını, tutumlarını veya davranışlarını yansıtmayabilir. Katılımcılar, anketin sonuçlarını geçersiz kılmak için kasıtlı olarak yanlış yanıtlar verebilir veya bir dizi kişisel nedenden ötürü, mantıklı olmayabilecek veya hatta yanıtlayan tarafından anlaşılmayan nedenlerle gerçek anlayışlarını açıklamamayı seçebilirler (Browne & Keeley, 1998).

Isaac & Michael (1997), katılımcıyla ilişkili üç ek önyargının bir ölçüm hatası kaynağı olduğunu belirledi. İlk olarak, bir anketin yürütülmesi genellikle çoğu yanıtlayıcının günlük rutininin dışındadır ve katılımları özel olma duygularını uyandırabilir. Adını Western Electric Company' nin Hawthorne Works' ten alan Hawthorne etkisi, bu tür önyargıların belki de en bilinen örneğidir. Hawthorne' un 1927' de işçi performansı üzerine yaptığı araştırmalar, iyileştirme sağlamak için deneysel girişimlerde bulunulduğunun bilincinde olan işçi performansının arttığını buldu.

Isaac & Michael (1997) tarafından not edilen ikinci tip yanıtlayıcı önyargı, yanıtlayanların sorunun ifadesinin doğasında var olan önyargıya katılma eğilimidir. Bu durum olumlu sözcüklerle yazılmış sorularla daha kolay anlaşılır.

Son olarak katılımcılar, sonuçların geçerliliğini azaltan bir değerlendirici önyargısını yansıtan, tutarlı bir şekilde yüksek veya düşük puanlar verebilirler (Isaac & Michael, 1997). Bu katılımcının kendisinin ne kadar önemli olduğunu hissetmesinin yani egosunun bir sonucudur.

### **3.5 Anketin Yürütülmesi**

Anket sürecinin üçüncü aşaması, anket aracının yürütülmesi veya kullanılmasıdır. Salant & Dillman (1994), bireysel yanıtların gizliliğini korumanın ve anket sonuçlarını yalnızca toplu olarak bildirmenin önemini vurgulamıştır. Diğer bir etik değerlendirme, ankete katılımın, araştırmacının, katılımcıların aşırı baskı veya zorlaması olmaksızın katılımı teşvik etmesini gerektiren gönüllü bir olay olduğunun kabul edilmesidir. Ancak bu durumda hedeflenen örneklem büyüklüğüne ulaşmanın da ne kadar zor bir süreç olacağı unutulmamalıdır.

Gerçek anket yapılmadan önce, hem enstrümanı hem de anket prosedürlerini test etmek için ilk olarak bir pilot anket yapılmalıdır (Levy & Lemeshow, 1999). Anketler iki şekilde değerlendirilebilir. İlk olarak, anket soruları odak grup tartışmaları, yanıtlayanların soruları ne kadar iyi anladıklarını ve yanıtlarını nasıl formülize ettiklerini belirlemek için bilişsel görüşmeler ve saha koşullarında anketlerin pilot testleri kullanılarak değerlendirilebilir (Fowler, 1995). İkinci olarak, anketlere verilen yanıtlar arasındaki beklenen ilişkileri ortaya çıkarmak ve sorular arasında yanıtlayan özelliklerinin tutarlılığını sağlamak için analiz edilebilir. Cevaplar, alternatif olarak yazılmış sorularla ve mevcut olduğunda resmi kayıtlarla karşılaştırılabilir. Anketler, sorulan sorulara verilen yanıtların, zaman içinde tutarlılığını ölçerek de değerlendirilebilir.

Anket aracının saha testi, daha sonraki veri toplama ve analizini kolaylaştırır (Isaac & Michael, 1997). Saha testi tamamlandıktan sonra, anket yürütülür ve veriler toplanır, kodlanır, yorumlanır, analiz edilir ve sonuçlara ulaşılır.

### **3.6 Veri Analizi ve Anket Raporlama Sonuçları**

Son olarak, anketlerin kaynak gereksinimlerini, veri analizini, sonuçların etkili sunumunu güvenilir ve başarılı bir anketin önemli unsurları olarak değerlendirmek faydalı olacaktır. Isaac & Michael (1997), veri tablolarını ve manipülasyonunu kolaylaştırmak için otomatik veri toplama araçlarının kullanımını benimsemişlerdir. Lucas (1991), küçük örneklem boyutlarının söz konusu olduğu yerlerde parametrik olmayan istatistiklerin kullanılmasını teşvik etmiştir. Güvenilir ve başarılı bir anket için çalışmanın tüm aşamaları çok önemlidir. Amaç ve hedefler doğrultusunda oluşturulan anket soruları ile toplanan verilerin analiz edilmesi, görselleştirilmesi ve sonuçlandırılması gerekir. Sonuçlarında etkili bir sunumla hedef kitleye ulaştırılması ile çalışma tamamlanmış olacaktır.

#### 4. ANKET SORULARININ OLUŞTURULMASI

Mühendislik yapıları için uygun olmayan zeminlerde zorunluluklar neticesinde yapılaşmaya karar verildiğinde zemin iyileştirme yöntemlerinden uygun olanı seçilerek projelendirilir ve uygulamaya geçilir. Zemin iyileştirme yoluyla mühendislik yapıları için elverişli olmayan zemin parametreleri iyileştirilerek, yapıların güvenle inşaa edilmesi ve kullanılması sağlanmaya çalışılır. Gerek projelendirme aşamalarında gerekse uygulama da öncelikle bulunulan coğrafyada geçerli en güncel yönetmelik eğer böyle bir yönetmelik yoksa dünyada geçerli olan yönetmelikler yol gösterici olmaktadır. Bu çalışmada amaç zemin iyileştirme yöntemi olarak Türkiye’ de ve dünyada oldukça yaygın olarak kullanılan Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılırken projelendirme ve uygulamada karşılaşılan sorunlar ya da durumlarla başedilirken mevcut yönetmeliklerin eksik kaldığı ya da yeterince yönlendirme yapmadığı konularda iyileştirme önerilerinde bulunmaktır.

Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirmede mevcut yönetmeliklerde iyileştirme önerileri yapılabilmesi amacıyla metodoloji olarak anketleme yöntemine başvurulmuştur. Anket tasarımı yapılırken ilk olarak örneklem planı ve tahmin prosedürlerinin oluşturulması gerekmektedir. Örneklem planı oluşturulurken konunun jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme gibi spesifik bir konu olması nedeniyle doğru sonuçlara ulaşılabilmesi için seçilen örnekleme en azından konu hakkında temel düzeyde bilgi sahibi olan teknik insanlar olması gerekmektedir. Bu nedenle hedef kitle meslekleri geoteknik mühendisi, inşaat mühendisi ya da teknikeri, jeoloji mühendisi gibi konuyla ilgili gerek eğitim aşamasında gerekse meslek hayatında temel düzeyde bilgi sahibi ya da uzman olan kişiler seçilmiştir.

Anketleme yöntem tasarım prosedürlerinin ikinci adımı olan tahmin prosedürlerin oluşturulmasında ne tip sorular ile anketleme yapılacağına kararının verilmesi önem arz etmektedir. Anket soruları oluşturulurken açık uçlu ya da kapalı uçlu sorular kullanılabilir. Bu çalışmada kesinlikle katılmıyorum, katılmıyorum, kararsızım, katılıyorum, kesinlikle katılıyorum seçeneklerinden oluşan kapalı uçlu soruların yanısıra katılımcıların görüş ve önerilerini belirtmelerinin istendiği açık uçlu sorular

da kullanılmıştır. Açık uçlu sorular değerlendirilmesi zor olan sonsuz varyasyonda cevaplar alınabilen sorulardır. Açık uçlu sorular, gelecekte yapılacak çalışmalarda bir yol haritası oluşturması açısından önemli ipuçları içermesinin yanısıra mevcut anket çalışmasında gözden kaçırılan detayları gözler önüne serebilmektedir.

Anket tasarımında oluşturulan örneklem planına göre şu 3 temel unsur dikkate alınarak yola devam edilmiştir. İlk olarak spesifik bir konu olan Jet Grout yöntemi ile zemin iyileştirme hakkında en azından temel bilgi seviyesine sahip olan geoteknik mühendisliği, inşaat mühendisliği ya da teknikerliği, jeoloji mühendisliği eğitimi almış insanların oluşturduğu topluluk evren olarak kabul edilmiştir. İkinci aşamada bu evrende konuyla ilgili bilgi sahibi olan, uygulama ya da proje aşamalarında fiilen ya da denetleyici olarak görev yapmış olan büyük, orta ve küçük ölçekli firmalarda ya da yerel yönetimlerde çalışan teknik insanlara ulaşmak hedeflenmiştir. Üçüncü aşama ise hedef kitlenin sosyokültürel durumu gözönüne alınarak en etkili anket ortamı belirlenmeye çalışılmıştır. Yüzyüze, telefonla, posta yoluyla, web tabanlı ya da karma yöntemli anket ortamlarından en avantajlı olan karma yöntem kullanılarak anketler hedef kitleye ulaştırılmıştır. Aynı çalışma ortamında bulunan meslektaşlarımızla yüzyüze, farklı yerlerdeki hedef kitleye mail yoluyla veya mobil telefon uygulamaları kullanılarak anketler ulaştırılarak data havuzu oluşturulmuştur.

Anket yönteminin sonucu doğrudan etkileyen en önemli adımı olan amaç doğrultusunda oluşturulmuş anket sorularına gelince; anket soruları mümkün olduğunca amaç doğrultusunda net cevaplar alınabilecek şekilde hazırlanmaya çalışılmıştır. İyi bir soru tanımlamak istediğimiz konuya geçerli ve güvenilir ölçüde cevaplar üreten sorudur. Mümkün olduğunca kısa ve net ifadelerle sorular aktarılmaya çalışılsa da zaman zaman konuyu doğru aktarmak ve cevabı aranan soruları ifade etmek amacıyla uzayan ve karışıklaşan sorular da minimum sayıda tutulmaya çalışılmıştır. Öncelikli hedef katılımcıların soruları doğru anlamaları ve cevaplayabilmeleri sağlamak olmuştur. İkinci olarak anketin amacına ulaşmasını sağlayacak netlikte cevapların alınabileceği ve katılımcıların anket sorularını yanıtlamaya istekli olmalarını sağlamaya yönelik soruların oluşturulması hedeflenmiştir. Ayrıca içerik olarak katılımcıların bilgi sahibi olmadığı ya da bilgi edinemeyeceği konularda soru sorulmamaya çalışılmıştır.

Anket soruları hedeflenen amaç doğrultusunda ulaşılmak istenen cevapları almaya çalışırken katılımcıları yormadan, sıkıcı olmadan, yarım bırakmalarının önüne geçerek

anketi tamamlamaları sağlanmıştır. Sorular ifade edilirken herkes tarafından anlaşılabilir bir dil kullanılmıştır. Yöresel olarak değişiklik gösteren ya da tüm katılımcılar tarafından anlaşılması mümkün olmayan kelimeler ya da cümleler kullanılmamıştır. Mümkün olduğunca anket soruları içerisinde anlamayı zorlaştıracak, katılımcının ilgisini kaybettirecek kısaltmalar kullanılmamıştır.

Anket sorularının tamamı yerleri değiştirilebilir şekilde oluşturulmuştur. Gerekli açıklama soru içerisinde mevcuttur. Önceki soru veya sonraki soru nedeniyle herhangi bir anlam kaybı yaşanmasının önüne geçilmiştir. Sorular arasında anlamsal bir ilişki kurulmasa da tüm anket sorularının zıt ifadeler içermemesine dikkat edilmiştir. Tüm bu detaylara rağmen sorularının sıralanmasında belirli bir sıra izlenerek “yanlı bağlam” adı verilen katılımcıların düşüncelerinin konudan konuya geçerek dağılması engellenerek orta uzunluktaki anketi tamamlama isteğine yardımcı olması sağlanmıştır. Bu sayede anket soruları, katılımcılar belirli bir sırayla düşünerek cevaplayabilecekleri Çizelge 4.1a ve Çizelge 4.1b’ de gösterilen hale getirildikten sonra anket ortamı olarak karma yöntemler kullanılarak katılımcılara ulaştırılmıştır.

**Çizelge 4.1a : Anket soruları birinci sayfa.**

NO	SORULAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
1	Jet grout yöntemlerinden Jet 1, Jet 2, Jet 3 veya Superjet yöntemlerinden uygulanması planlanan proje için hangi yöntem daha verimli ise o yöntem tercih edilmelidir.					
2	Mevcut zemini iyileştirmek için proje kapsamında Jet grout yöntemlerinden Jet 1, Jet 2, Jet 3 veya Superjet yöntemlerinden her hangi biri, bir diğeri yerine tercih edilebilir.					
3	Jet Grout imalatında tecrübeli projeci, tecrübeli uygulamacıdan daha etkilidir.					
4	Jet Grout uygulama projelerinin ilgili kurum veya odalardan onay alınarak uygulanması, güvenilir uygulama projeleri oluşturulmasında hayati öneme sahiptir.					
5	Jet Grout uygulama projelerini oluşturan proje firmaları veya projecilerin dünyadaki gelişmeleri takip etmesi doğru ve ekonomik çözümler oluşturulmasında önem arz etmektedir.					
6	Jet Grout uygulama projelerini oluşturan proje firmaları veya projecilerin oda veya kurumlar tarafından belirli periyotlarla eğitimler verilerek sertifikasyon sistemine tabii tutulmaları doğru ve ekonomik çözümler oluşturulmasında önem arz etmektedir.					
7	Jet Grout uygulama projelerinin daha güvenilir, ekonomik ve problemsiz olarak oluşturulabilmesi için yönetmelik ve uygulamalarda ne gibi iyileştirmeler yapılması gerektiğini düşünüyorsunuz?					
8	Jet grout ile zemin iyileştirme uygulaması yapan firmaların tecrübeleri, uygulanması planlanan projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde doğrudan etkilidir.					
9	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin uzmanlık veya ustalık belgelerinin olması, uygulanması planlanan projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde doğrudan etkilidir.					
10	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin geçmiş tecrübeleri, uygulanması planlanan projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde doğrudan etkilidir.					
11	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin yönetiminde uzman teknik personellerin olması, projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde, uygulamayı yapan personellerin uzmanlık veya ustalık belgelerinin olmasından daha etkilidir.					
12	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin yönetiminde uzman teknik personellerin olması, projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde, uygulamayı yapan personellerin tecrübeli olmasından daha etkilidir.					
13	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin daha güvenilir ve problemsiz uygulamalar ortaya çıkarabilmesi için yönetmelik ve uygulamalarda ne gibi düzenlemeler yapılması gerektiğini düşünüyorsunuz?					
14	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının hızla değişen teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması uygulamacı firma seçiminde önemli bir etkidir.					
15	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının periyodik bakımlarının ve kalibrasyonlarının yapılmış olması uygulamacı firma seçiminde önemli bir etkidir.					
16	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması uygulamacı firma seçiminde periyodik bakımlarının ve kalibrasyonlarının yapılmış olmasından daha önemli bir etkidir.					
17	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının periyodik bakımlarının ve kalibrasyonlarının yapılmış olması uygulamacı firma seçiminde teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmamasından daha önemli bir etkidir.					
18	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının daha güvenilir, ekonomik ve problemsiz uygulamaları hayata geçirebilmesi için yönetmelik ve uygulamalarda ne gibi düzenlemeler yapılması gerektiğini düşünüyorsunuz?					
19	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde en önemli etken ekonomik olarak en düşük maliyet ortaya koyan firmadır.					
20	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde ekiplerin ustalık veya uzmanlık belgesinin olması önemli bir etkidir.					
21	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde tecrübeli ve uzman ekiplerle çalışmak daha düşük maliyetle projeyi hayata geçirmekten daha önemli bir etkidir.					
22	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde makine ve ekipmanların teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması daha düşük maliyetle projeyi hayata geçirmekten daha önemli bir etkidir.					
23	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde makine ve ekipmanların periyodik bakım ve kalibrasyonlarının yapılmış olması daha düşük maliyetle projeyi hayata geçirmekten daha önemli bir etkidir.					
24	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde yönetmelik ve uygulamalarda hangi kriterlerin daha ön planda tutulması gerektiğini düşünüyorsunuz?					
25	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşmak için test kazıkları yapılması projenin doğru şekilde uygulanması için çok önemlidir.					

**Çizelge 4.1b : Anket soruları ikinci sayfa.**

NO	SORULAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
26	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tıj döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi projenin sağlıklı bir şekilde hayata geçirilmesi direk etkileyen parametrelerin tüm jet grout kolonlarında takip edilmesi çok önemlidir.					
27	Jet Grout imalatının uygulandığı hava sıcaklığı, enjeksiyonun viskozitesini etkileyeceğinden enjeksiyon basıncını, Jet Grout kolonu mukavemetini ve çapını etkiler. Bu nedenle Jet grout uygulaması yapılrkın hava sıcaklığının alt ve üst limiti belirtilmelidir.					
28	Jet Grout imalatında kullanılan çimento cinsi, priz alma süresi ve mukavemeti etkileyeceğinden projede çimento cinsi belirtilmelidir.					
29	Jet Grout uygulaması yapılırken, zeminin su muhtevası jet grout kolon çapını ve mukavemetini etkileyeceğinden, su muhtevası mevsim koşullarına göre değişkenlik gösterebileceğinden test kazıklarını, uygulama yapılacak zemin koşullarıyla aynı olmasına dikkat edilmelidir.					
30	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığı mukavemetinin hedeflenen değerlere ulaştığı 7 ve 28 günlük karot numuneleri ile kontrol edilmeden imalata devam edilmemelidir.					
31	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığı mukavemetinin kontrol edilmesi tüm projenin doğru şekilde uygulandığının anlaşılması için yeterlidir.					
32	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tıj döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi parametrelerin kontrolü için jet grout makine ve ekipmanlarına ek göstergeler eklenmesi kontrolü kolaylaştıracağından projenin daha sağlıklı hayata geçirilmesini sağlar.					
33	Jet grout yöntemlerinden Jet 1, Jet 2, Jet 3 veya Superjet yöntemlerinden birine karar verilmeden önce uygulanacak olan yöntemin kazık etki alanı sınırları içinde en az bir adet sondaj yapılması ve böylelikle uygulama sırasında karşılaşılabilecek olası zemin sıkıntılarının önüne geçilmelidir.					
34	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tıj döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi parametrelerin kontrolü için bir otomasyon sistemi oluşturulması kontrolü kolaylaştıracağından projenin daha sağlıklı hayata geçirilmesini sağlar.					
35	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tıj döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi parametrelerin kontrolü için gözlem yapılması yeterlidir.					
36	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tıj döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi parametrelerin kontrolü için gözlem yapılmasının yanı sıra tüm jet grout kolonları için bahsi geçen parametrelerin işlendiği bir takip çizelgesi olması faydalı olacaktır.					
37	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon su/çimento oranı mukavemeti ve vizkozitesi de dolaylı olarak enjeksiyon basıncını etkileyeceği için azami özen gösterilmelidir.					
38	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, imalat tamamlandıktan sonra tüm jet grout kolonlarının hedeflenen mukavemet değerine ulaşmadan (son kolon imalatı tamamlandıktan sonra 28 gün geçmeli) üst yapıya başlanmamalıdır.					
39	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme imalat süreçleri için yönetmelik ve uygulamalarda gördüğünüz eksiklikler nelerdir? Ne tür iyileştirmelerin yapılmasının faydalı olacağını düşünüyorsunuz?					
<b>EKLEMEN İSTEDİĞİNİZ ANKET SORU ÖNERİLERİNİ LÜTFEN AŞAĞIDA BELİRTİNİZ.</b>						
Ek_1						
Ek_2						
Ek_3						
Ek_4						

## 5. ANKET VERİ ANALİZİ

Teknolojinin ve sanayinin gelişmesiyle birlikte daha fazla mühendislik yapısı ihtiyacı oluşmuş ve bu yapılar içinde daha fazla alan gerektiğinden özellikle büyük ve kalabalık kentlerde alan sıkıntısı yaşanmaktadır. Bu nedenle zeminin yapılaşmaya elverişli olmadığı alanlarda dahi yapılaşma zorunluluğu doğmaktadır. İnşaata uygun olmayan alanlarda mühendislik yapıları inşa edilebilmesi veya mevcut yapıların temel ve zemin problemlerinin oluşturduğu riskli durumların ortadan kaldırılması için zemin iyileştirme yöntemleri en ekonomik çözümler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Zemin ve temel güçlendirme için kullanılan birçok yöntem vardır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan jet grout yöntemi, diğer yöntemlere göre daha ekonomik olması ve inşaat süresinin daha kısa olması ve hemen her türlü zemin ve mevcut yapılarda uygulanabilmesi gibi avantajları nedeniyle tercih edilmektedir.

Jet grout yönteminde imal edilecek kolonların çap, uzunluk ve basınç dayanımları projelendirme aşamasında belirlenir ve bu değerler tam olarak sahada uygulanır. Birçok zemin iyileştirme yönteminde zeminlerin homojen olmayan ve süprizlerle dolu yapısından dolayı maliyetler çok değişken olmakta ve proje öncesinde yapılan fizibilite çalışmalarında ciddi sapmalar meydana gelebilmektedir. Jet grout yönteminde proje aşamasında belirlenen kolon çapları ve derinlikleri gibi kriterlere maksimum şekilde uyulması hedeflendiğinden üretim için gerekli malzeme miktarları ve işçilikler oldukça isabetli bir şekilde önceden hesaplanabilmesiyle oldukça avantajlıdır. Ayrıca proje aşamasında zemin taşıma kapasitesinin, sıvılaşma direncinin ne kadar arttırılacağı ve geçirgenliğin ne kadar azaltılacağı gibi hedefler uygulamadan önce belirlenebilir.

Bu yöntemin temel amacı, zeminin dayanım parametrelerini artırarak zeminin taşıma mukavemetini, stabilitesini ve elastisite modülünü artırmak ve geçirgenliğini azaltmaktır.

Yöntemin başarılı ve etkili olabilmesi için en önemli detay, uygun jet grout tekniği ve parametrelerinin belirlenmesi ve üretimin sonuna kadar belirlenen imalat parametrelerine bağlı kalınarak projenin tamamlanmasıdır.

Bu nedenle imalat öncesinde sahada deneme kolonları oluşturmak ve imalat sırasında kalite kontrol testlerine devam etmek önemli ve gereklidir.

Son yıllarda jet grout yönteminde kullanılan klasik yöntemlerin durumu tam olarak yansıtmadığı, bu yöntemlerle güvenlik sayısının yüksek olduğu ve ekonominin olumsuz etkilendiği görülmektedir. Bu nedenle jet grout yönteminde kullanılmak üzere çeşitli sayısal analizlere ihtiyaç vardır.

Uygulamada, kontrol mekanizmasının iyi işletilememesi, imalatları kontrol eden teknik kişilerin yetersiz bilgi birikimi veya mevcut şartnamelerin düzgün uygulanmaması nedeniyle proje ile uygulama arasında da ciddi farklılıklar ve eksiklikler ortaya çıkabilmektedir. Deneme kazığı imalatından sonra sahaya uygulanan diğer jet grout kolonlarına belirli oranlarda süreklilik testi ve mukavemet değerleri kontrolü yapılsa da kolonların hiç birinde çap kontrolü yapılmamaktadır. Bu nedenle test kazığında belirlenen imalat parametrelerinin sahaya eksiksiz uygulanması azami önem kazanmaktadır. Güvenlik katsayısının arttırılması ise maliyetleri yükselteceğinden projelerde istenmeyen ek külfetlere sebep olabilmektedir. Yeterli güvenlik katsayısı ile tasarlanmış projelerin, en doğru şekilde uygulanması ile güvenilir bir mühendislik çözümü oluşturulmuş olur.

Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılırken projenin doğru uygulanmasının yanı sıra, imalat sırasında yüksek basınç (minimum 350 - 400 bar) kullanılması nedeniyle yer altı suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerde; Jet Grout imalatı yeraltı suyu seviyesinin doğal akışını bozacağından, çevresinde veya yakınında bir yapı varsa bu yapılarda oturmalara neden olabilir. Bu nedenle Jet Grout kolonlarının üretileceği alanlara yakın yapıların zarar görmemesi için önlemler alınmalı ve alınan önlemleri kontrol etmek için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Bu çalışmanın amacı, zemin iyileştirme yöntemlerini incelemek, hangi zemin iyileştirme yönteminin daha doğru ve ekonomik olacağını araştırmak, hemen her tür zeminde kullanılabilirliği ile öne çıkan jet grout yönteminin imalat ve kontrol parametrelerini araştırmaktır. Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirmede mevcut yönetmelik ve düzenlemelerin yeterli olup olmadığı araştırılarak, hedef kitlesi jet grout

teknikleri ile zemin iyileştirmesi yapan, yaptıran veya kontrol eden teknik insanlar olan bir anket çalışması yapılarak yönetmeliklerde ne gibi iyileştirmeler yapılabileceği ile ilgili önerilerde bulunulması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan anketleme yönteminin avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları olduğu da unutulmamalıdır. Pinsonneault ve Kraemer (1993), olayların tarihsel bağlamının anlaşılmasının gerekli olduğu durumlarda anketlerin genellikle uygun olmadığını belirtmiştir. Bell (1996), ya hedeflenen katılımcılardan yanıt alınamaması ya da alınan yanıtların doğası ve doğruluğu açısından önyargıların ortaya çıkabileceğini gözlemlemiştir. Diğer hata kaynakları, anket sonuçlarını karıştırmak veya uygunsuz davranışları gizlemek için yanıtlayanlar tarafından davranışların kasıtlı olarak yanlış bildirilmesidir. Son olarak, katılımcılar kendi davranışlarını değerlendirmekte güçlük çekebilir veya davranışlarını çevreleyen koşulları yeterince hatırlamayabilir.

1. Yazılı anketlere cevap verebilmek için anketi cevaplayanların en düşük okuryazarlık derecesine sahip olması gerekir.

2. Soruların kapsamlı olması her katılımcının farklı seviyelerde olması nedeniyle, anket hızını ve ölçümleri olumsuz etkileyebilir.

3. Anketin hedef kitlesinin anket sorularına yanlış cevap vermesi veya gerçek dışı cevaplar vermesi objektif sonuçların elde edilmesini etkileyebilir.

4. Anketin sonuçları, sadece bir araştırma için kesin bilimsel sonuçlar elde etmeyi değil, aynı zamanda yorum ve fikir geliştirmeyi de sağlar.

5. Anket sonuçlarının araştırmaya katkı sağlaması için anket sorularının özenle hazırlanması gerekmektedir. Aksi takdirde anketin tutarlılığı olumsuz etkilenmektedir.

6. Cevaplanacak soru miktarının fazla olması, kişinin anketi doldurma isteğini etkiler. Ayrıca soru miktarının fazla olması anket yanıt süresinin artmasına neden olarak tutarlı cevaplar alınmasını etkilemektedir.

Araştırmanın hedef kitlesine bir anket sunmadan önce aşağıdaki aşamalardan geçmek gerekir:

1. Anketin amacının belirlenmesi ve anketin planlanması,
2. Anket sorularının hazırlanması,

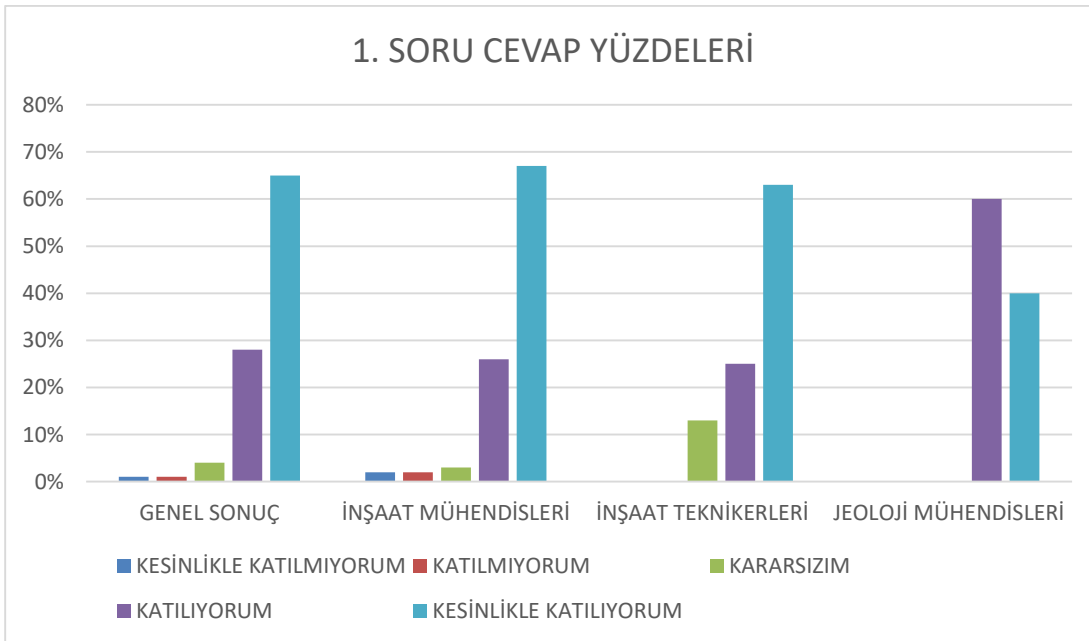
3. Anket sorularının tutarlılığı için bir uzmana danışma,
4. Küçük bir grup için ön anket çalışması yapılması,
5. Anketin sonuçlandırılması ve hedef kitle ile paylaşılması.

Bu bilgiler ışığında hazırlanan anket sorularına verilen cevaplar aşağıdaki şekilde analiz edilmiştir.

İlk soruda sorulan; Jet grout sistemlerinden hangisi en verimli ise o sistem tercih edilmeli midir? İlk soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.1 ve Şekil 5.1’ de katılımcıların %93 oranıyla katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %2 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum derken %4 gibi bir oranla kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.1 : Bir nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
1	Jet grout yöntemlerinden Jet 1, Jet 2, Jet 3 veya Superjet yöntemlerinden uygulanması planlanan proje için hangi yöntem daha verimli ise o yöntem tercih edilmelidir.	GENEL SONUÇ	1%	1%	4%	28%	65%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	2%	2%	3%	26%	67%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	13%	25%	63%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	60%	40%

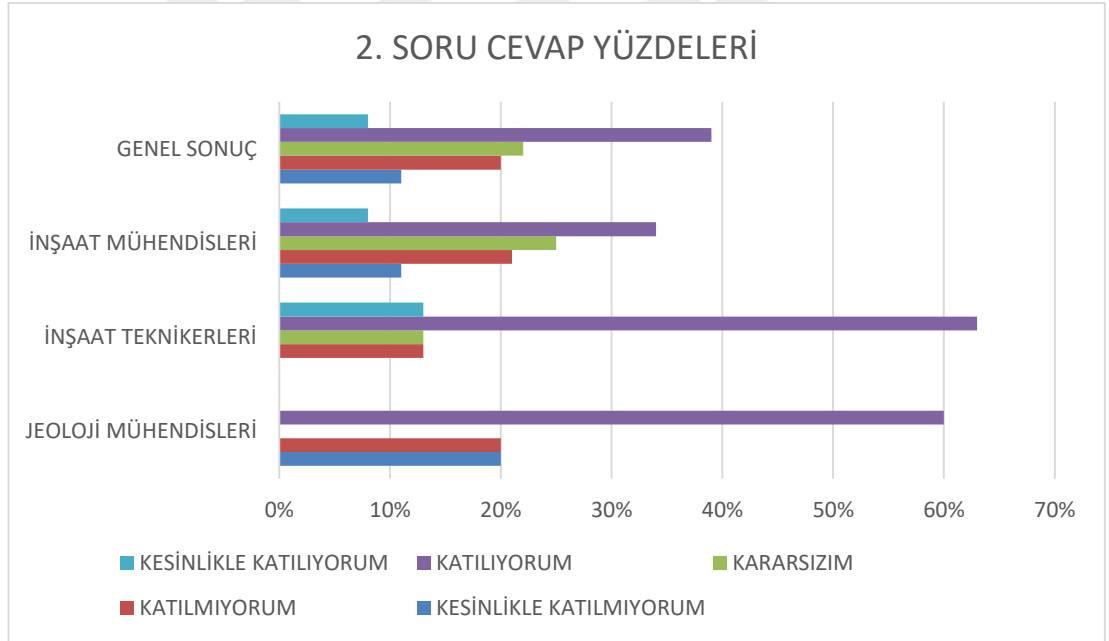


**Şekil 5.1 : Bir nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

İkinci soruda sorulan; Jet grout sistemlerinden herhangi biri bir diğeri yerine tercih edilebilir mi? İkinci soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.2 ve Şekil 5.2’ de katılımcıların %47 oranıyla katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %31 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum derken %22 gibi bir oranla kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.2 : İki nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
2	Mevcut zemini iyileştirmek için proje kapsamında Jet grout yöntemlerinden Jet 1, Jet 2, Jet 3 veya Superjet yöntemlerinden her hangi biri, bir diğeri yerine tercih edilebilir.	GENEL SONUÇ	11%	20%	22%	39%	8%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	11%	21%	25%	34%	8%
		İNŞAAT TEKNİKLERİ	0%	13%	13%	63%	13%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	20%	20%	0%	60%	0%



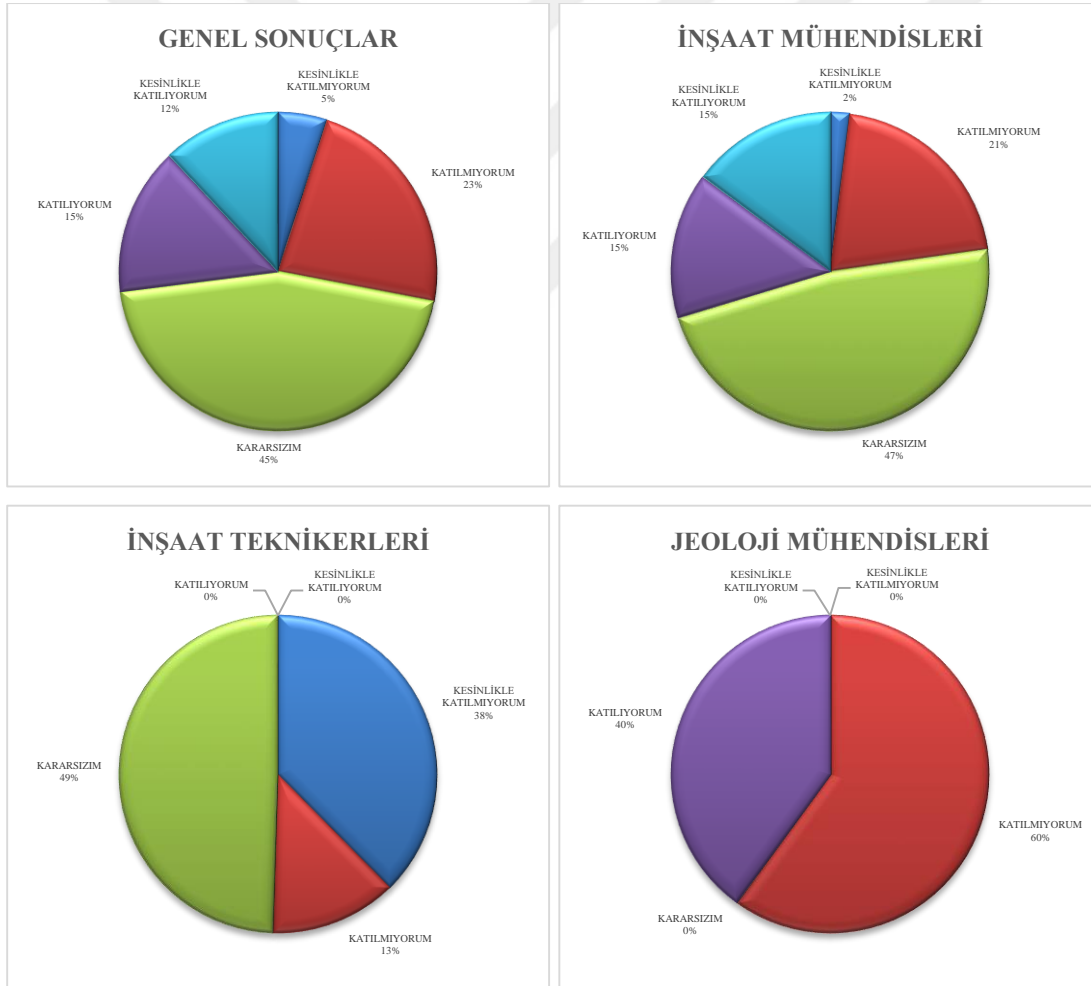
**Şekil 5.2 : İki nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

Üçüncü soruda sorulan; iyi projeci, iyi uygulamacıdan daha etkili midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.3 ve Şekil 5.3’ de katılımcılar %27 oranında katılıyorum veya kesinlikle katılıyorum, %28 oranında

katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum cevabı verirken %45 gibi yüksek oranda katılımcının kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.3 : Üç nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE
			KATILMIYORUM	KATILMIYORUM		KATILYORUM	KATILYORUM
3	Jet Grout imalatında tecrübeli projesi, tecrübeli uygulamacıdan daha etkilidir.	GENEL SONUÇ	5%	23%	45%	15%	12%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	2%	21%	48%	15%	15%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	38%	13%	50%	0%	0%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	60%	0%	40%	0%

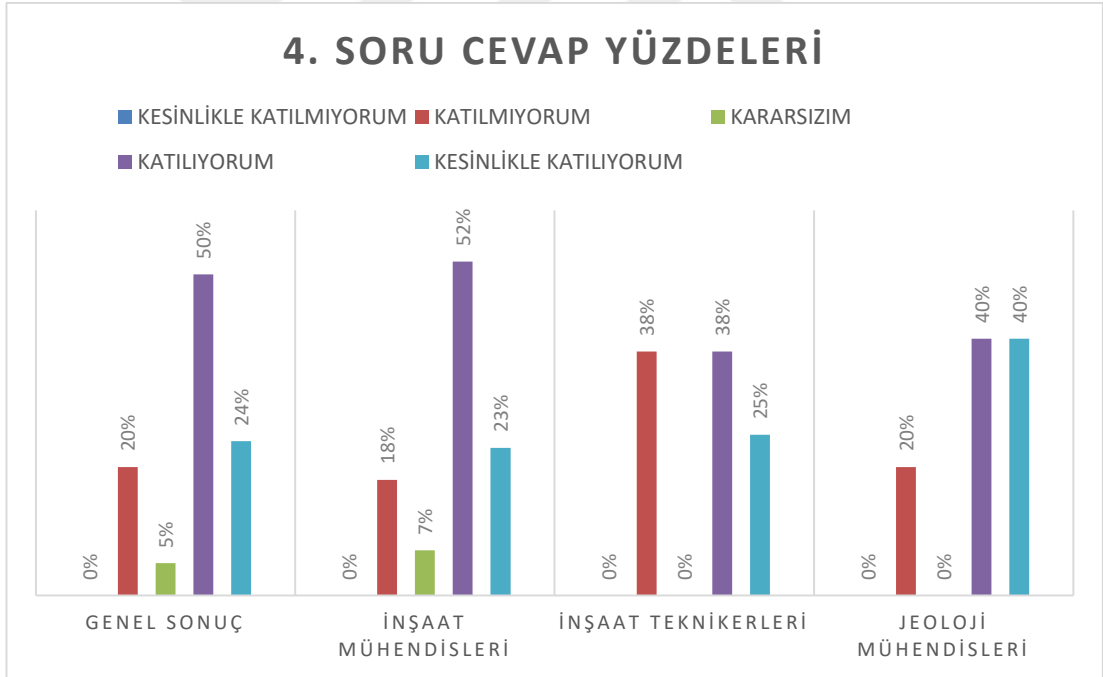


**Şekil 5.3 : Üç nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.**

Dördüncü soruda sorulan; Jet grout uygulama projeleri ilgili kurum ve kuruluşların onayından geçirilmeli midir? Dördüncü soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.4 ve Şekil 5.4’ de katılımcılar %74 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %20 oranında katılmıyorum, %5 oranında da kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.4 : Dört nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILIYORUM	KESİNLİKLE KATILIYORUM
4	Jet Grout uygulama projelerinin ilgili kurum veya odalardan onay alınarak uygulanması, güvenilir uygulama projeleri oluşturulmasında hayati öneme sahiptir.	GENEL SONUÇ	0%	20%	5%	50%	24%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	0%	18%	7%	52%	23%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	38%	0%	38%	25%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	20%	0%	40%	40%



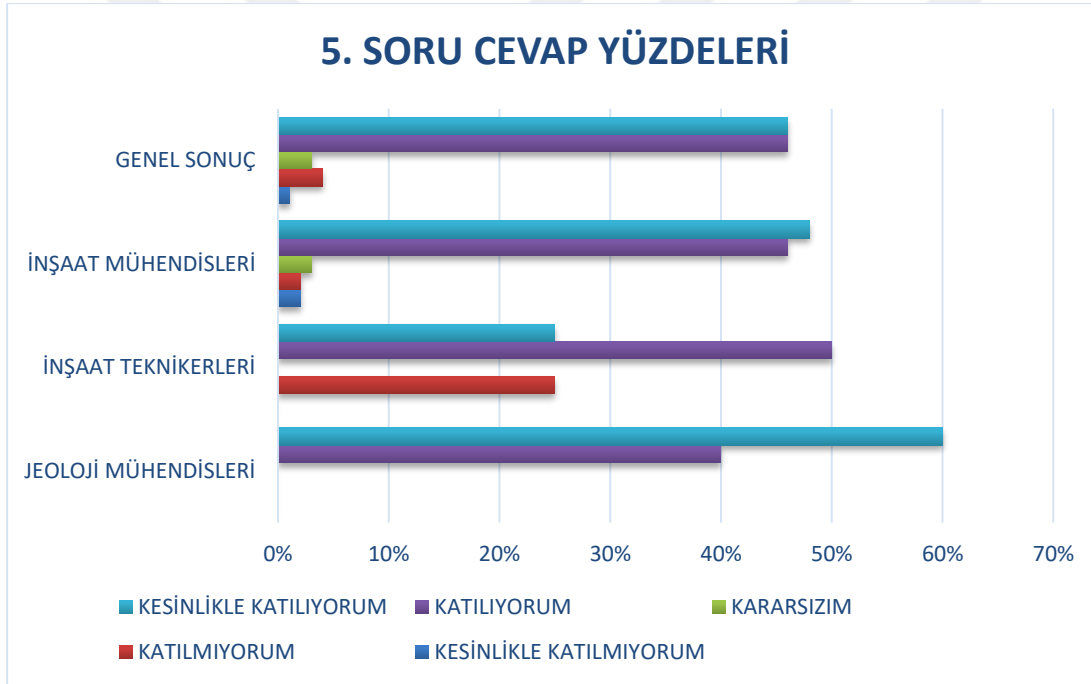
**Şekil 5.4 : Dört nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

Beşinci soruda sorulan; Jet grout uygulama projelerini oluşturan proje firmaları ya da projecilerin dünyadaki gelişmeleri takip etmesi doğru ve ekonomik çözümler oluşturulmasını etkiler mi? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.5 ve Şekil 5.5’ de %92 oranında katılıyorum ya da kesinlikle

katılıyorum, %5 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %3' ünün kararsız oldukları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.5 :** Beş nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
5	Jet Grout uygulama projelerini oluşturan proje firmaları veya projecilerin dünyadaki gelişmeleri takip etmesi doğru ve ekonomik çözümler oluşturulmasında önem arz etmektedir.	GENEL SONUÇ	1%	4%	3%	46%	46%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	2%	2%	3%	46%	48%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	25%	0%	50%	25%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	40%	60%

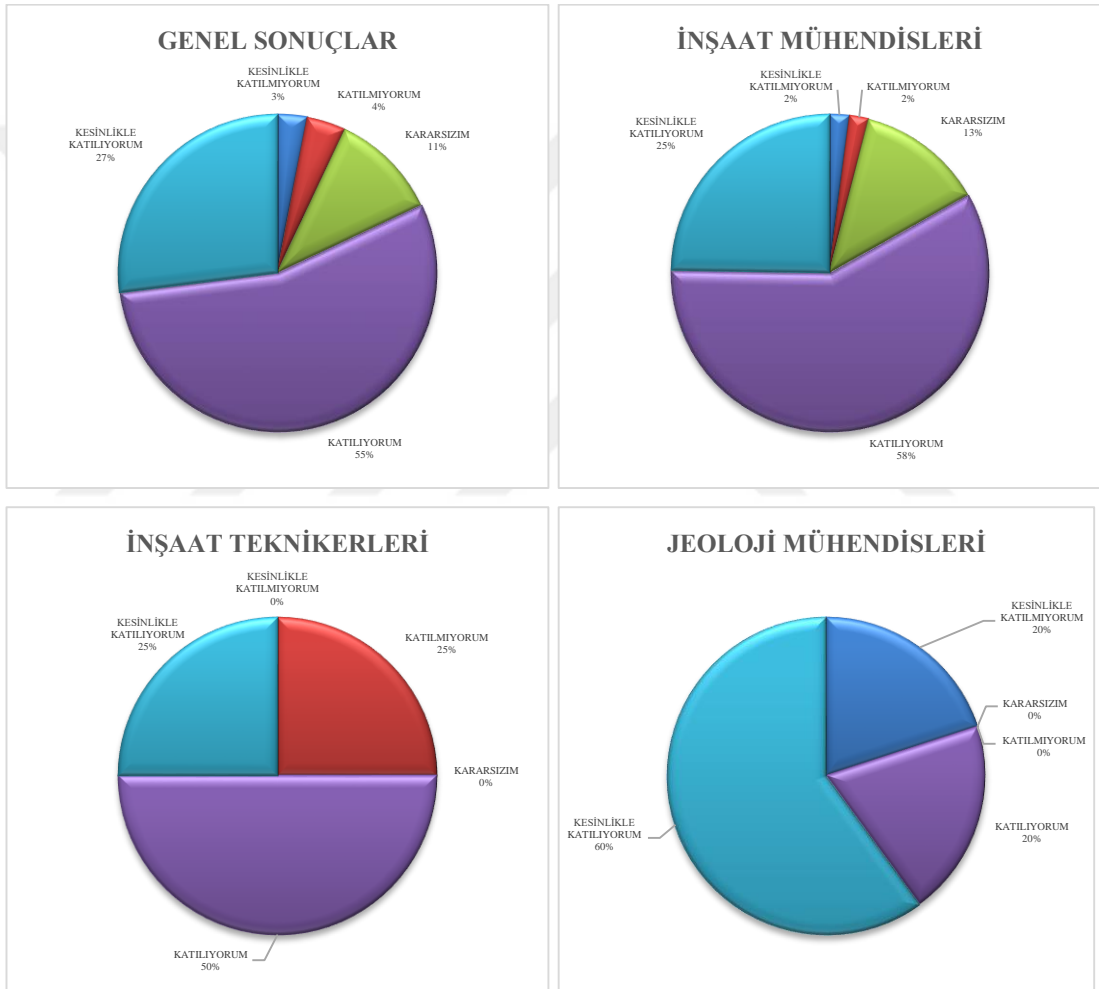


**Şekil 5.5 :** Beş nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

Altıncı soruda sorulan; Jet grout uygulama projelerini oluşturan proje firmaları ve projecilerin bir sertifikasyon sisteminin tabi tutulmalarının ve belirli periyotlarla kontrol edilmelerinin doğru ve ekonomik çözümlere ulaşılabilmesi için önemli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.6 ve Şekil 5.6' da %82 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %7 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %11' inin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.6 : Altı nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
6	Jet Grout uygulama projelerini oluşturan proje firmaları veya projecilerin oda veya kurumlar tarafından belirli periyotlarla eğitimler verilerek sertifikasyon sistemine tabii tutulmaları doğru ve ekonomik çözümler oluşturulmasında önem arz etmektedir.	GENEL SONUÇ	3%	4%	11%	55%	27%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	2%	2%	13%	59%	25%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	25%	0%	50%	25%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	20%	0%	0%	20%	60%



**Şekil 5.6 : Altı nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.**

Çizelge 5.7' de verilen yedi numaralı açık uçlu soruya katılımcılardan gelen yanıtlar; öncelikle zemin etüt raporunun yeterli ölçüde kontrol edilmesi ve güvenilirliği sorgulanmalı ve sağlanmalıdır. İlgililer ön lisans, lisans eğitimlerinde konuyla ilgili daha fazla bilgilendirilmeli, uygulamaların mümkünse yerinde, mümkün değilse video

ve animasyonlar gibi görsel araçlar yardımıyla eğitime katılmasının faydalı olacağı belirtilmiştir. Hem uygulama hem de projelendirme aşamalarında meslek odaları, yeterli ve yetkin yapı denetim kuruluşları, üniversitelerin ilgili anabilim dalları, laboratuvarları ve konuyla ilgili akademisyenlerin kontrolünden veya onayından geçmesi gerektiği belirtilmiştir. Standart ve yönetmelikler yeterlidir. Standart ve yönetmelikler yeterli değildir tüm ilgililer biraraya getirilerek güncellenmelidir. Yönetmeliklerdeki yoruma açık ifadeler azaltılmalı ve uygulamaya yönelik oluşabilecek sorun ve durumlar hakkında saha araştırmaları yapılarak çözüm, öneri ve zorunluluklar ifade edilmelidir. Dünyadaki gelişen teknoloji ve yeniliklere hem ilgili kişilerce hem de makine parkı olarak ayak uydurulmalı ve güncel kalınmasına dikkat edilmelidir. Uygulamayı yapacak ekiplerin kayıt altına alınması ve herkesin her işi yapmasının önüne geçilerek tecrübe ve deneyimin fark yaratması sağlanmalıdır.

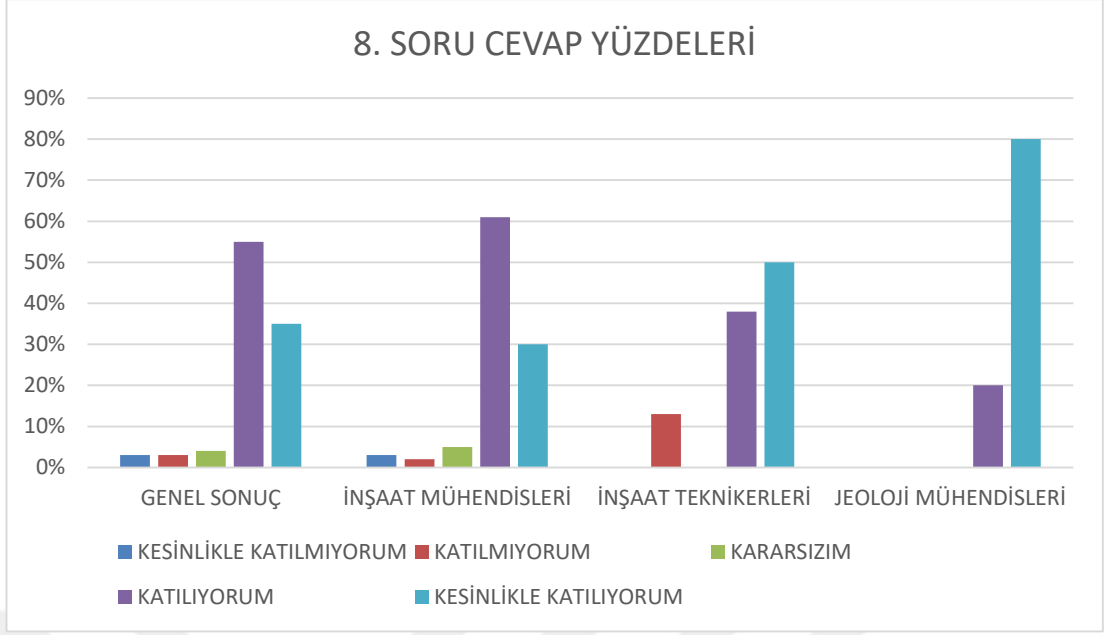
**Çizelge 5.7 : Yedi nolu açık uçlu anket sorusu.**

NO	SORULAR	GÖRÜŞ VE ÖNERİLERİNİZİ BELİRTİNİZ
7	Jet Grout uygulama projelerinin daha güvenilir, ekonomik ve problemsiz olarak oluşturulabilmesi için yönetmelik ve uygulamalarda ne gibi iyileştirmeler yapılması gerektiğini düşünüyorsunuz?	

Sekizinci soruda sorulan; Jet grout uygulama firmalarının geçmiş tecrübeleri, planlanan projelerin hayata geçirilmesinde doğrudan etkili midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.8 ve Şekil 5.7' de katılımcıların %90 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %6 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %4 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

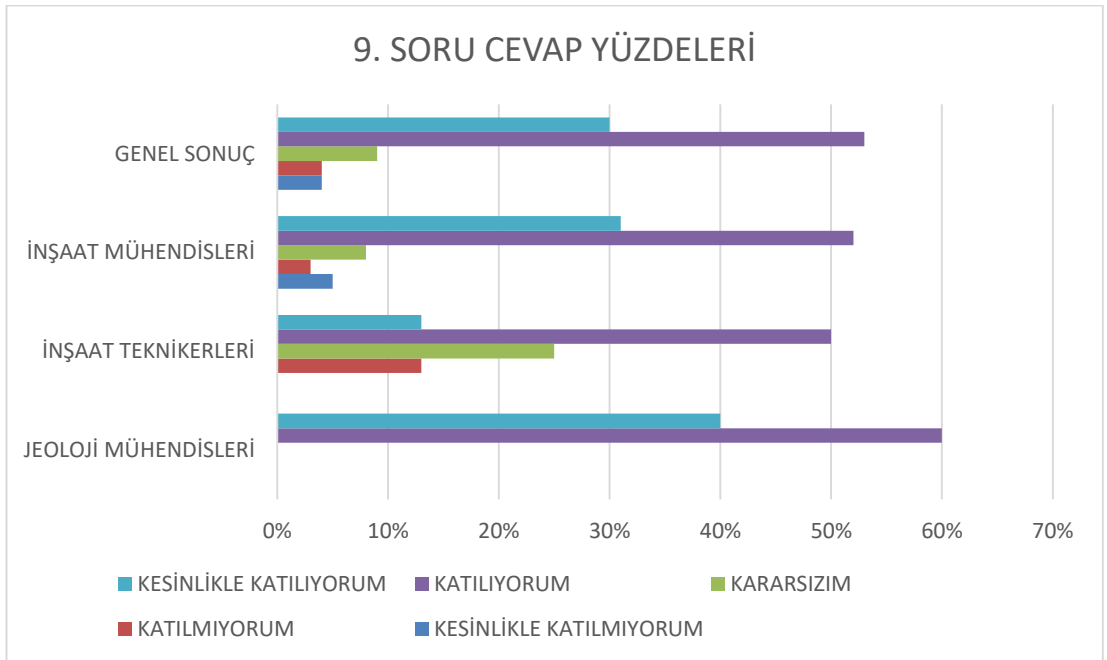
**Çizelge 5.8 : Sekiz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
8	Jet grout ile zemin iyileştirme uygulaması yapan firmaların tecrübeleri, uygulanması planlanan projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde doğrudan etkilidir.	GENEL SONUÇ	3%	3%	4%	55%	35%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	2%	5%	61%	30%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	13%	0%	38%	50%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	20%	80%



**Şekil 5.7 :** Sekiz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

Dokuzuncu soruda sorulan; Jet grout uygulama ekiplerinin ustalık ya da uzmanlık belgelerinin olması, planlanan projelerin hayata geçirilmesinde doğrudan etkili midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.9 ve Şekil 5.8’ de katılımcıların %83 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %8 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %9 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

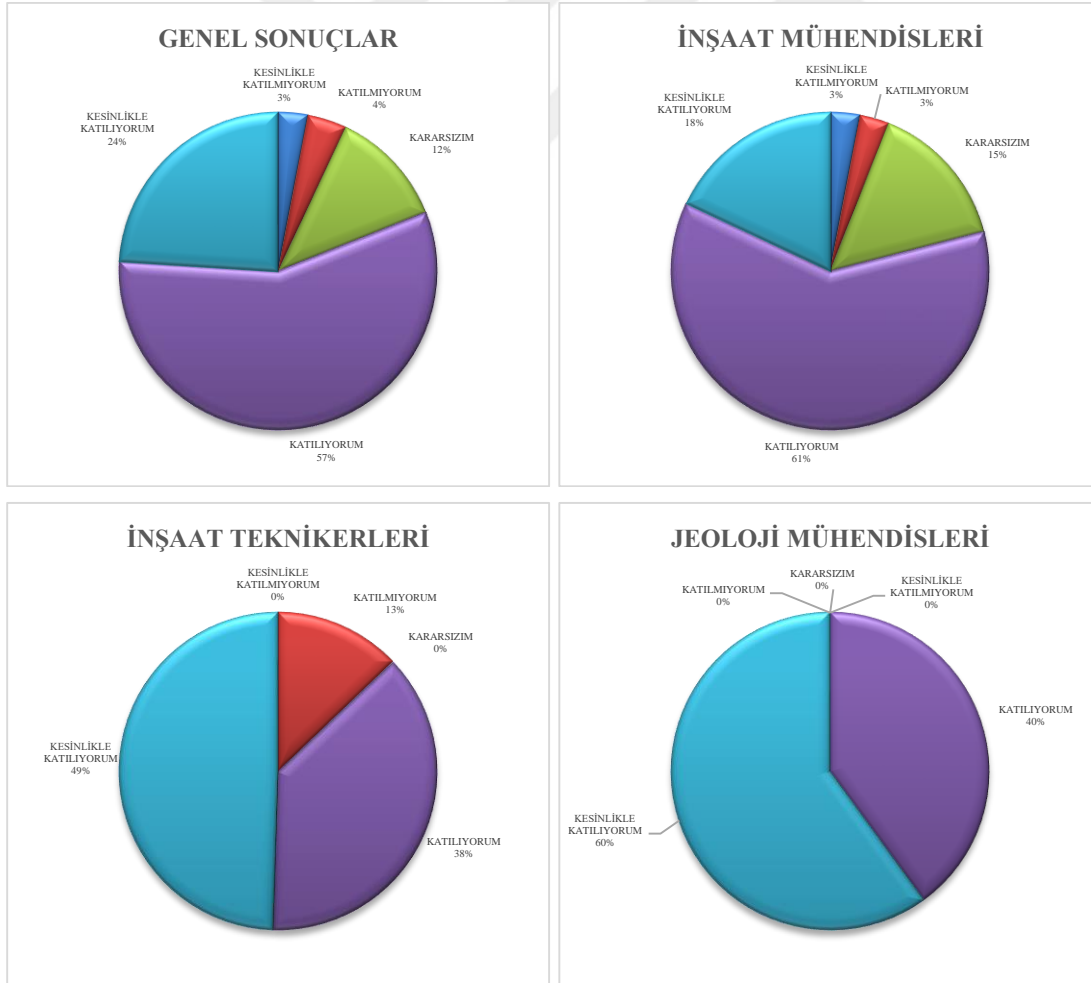


**Şekil 5.8 :** Dokuz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

**Çizelge 5.9 : Dokuz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
9	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin uzmanlık veya ustalık belgelerinin olması, uygulanması planlanan projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde doğrudan etkilidir.	GENEL SONUÇ	4%	4%	9%	53%	30%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	5%	3%	8%	52%	31%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	13%	25%	50%	13%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	60%	40%

Onuncu soruda sorulan; Jet grout uygulama ekiplerinin geçmiş tecrübeleri, planlanan projelerin hayata geçirilmesinde doğrudan etkili midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.10 ve Şekil 5.9’ da katılımcıların %81 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %7 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %12 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

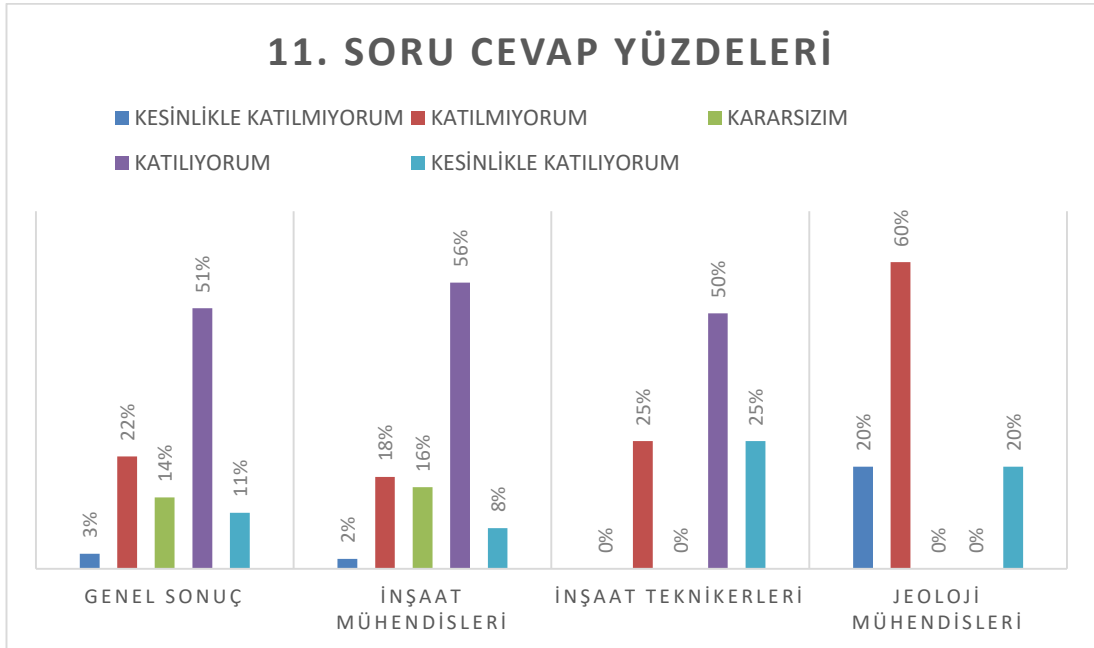


**Şekil 5.9 : On nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.**

**Çizelge 5.10 : On nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILIYORUM	KESİNLİKLE KATILIYORUM
10	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin geçmiş tecrübeleri, uygulanması planlanan projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde doğrudan etkilidir.	GENEL SONUÇ	3%	4%	12%	57%	24%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	3%	15%	61%	18%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	13%	0%	38%	50%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	40%	60%

On birinci soruda sorulan; Jet grout uygulamalarında, uygulama ekiplerinin yönetiminde uzman teknik personellerin olması, uygulama ekiplerinin uzmanlık veya ustalık belgesine sahip olmasından daha etkili midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.11 ve Şekil 5.10’ da katılımcıların %62 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %25 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %14 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir. Bu konuda özellikle jeoloji mühendisleri %80 oranında katılmayarak diğer gruplardan ayrılmışlardır.

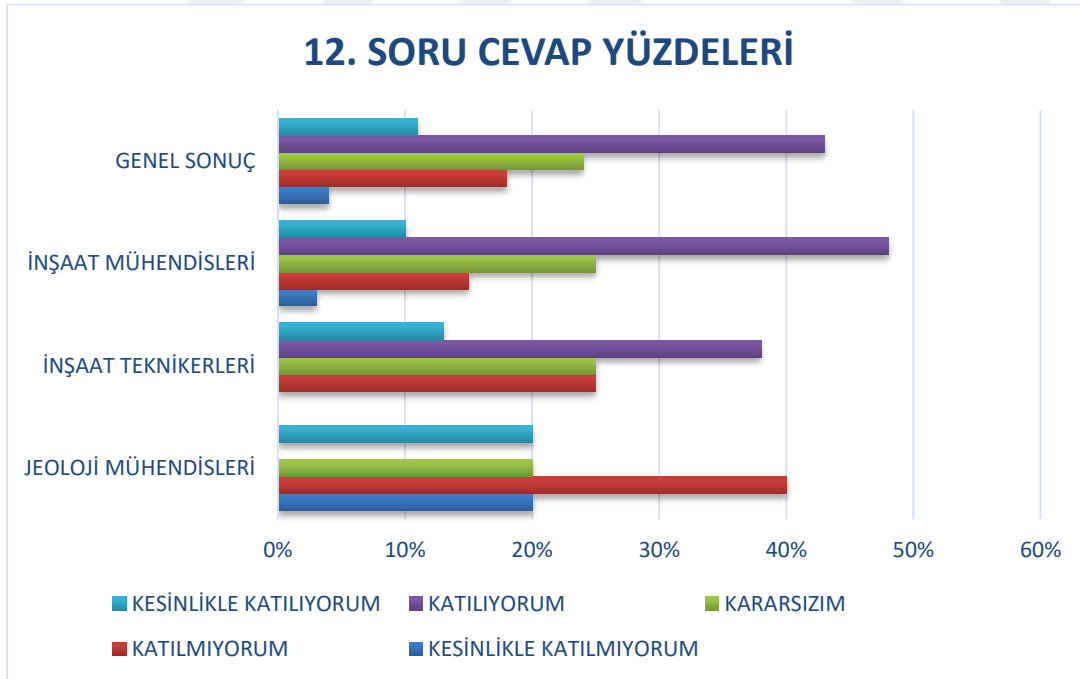


**Şekil 5.10 : On bir nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

**Çizelge 5.11 : On bir nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILIYORUM	KESİNLİKLE KATILIYORUM
11	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin yönetiminde uzman teknik personellerin olması, projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde, uygulamayı yapan personellerin uzmanlık veya ustalık belgelerinin olmasından daha etkilidir.	GENEL SONUÇ	3%	22%	14%	51%	11%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	2%	18%	16%	56%	8%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	25%	0%	50%	25%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	20%	60%	0%	0%	20%

On ikinci soruda sorulan; Jet grout uygulamalarında, uygulama ekiplerinin yönetiminde uzman teknik personellerin olması, uygulama ekiplerinin tecrübeli olmasından daha etkili midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.12 ve Şekil 5.11’ de katılımcıların %54 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %22 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %24 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir. Bu konuda özellikle jeoloji mühendisleri %60 oranında katılmayarak diğer gruplardan ayrılmışlardır.



**Şekil 5.11 : On iki nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

**Çizelge 5.12 : On iki nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
12	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin yönetiminde uzman teknik personellerin olması, projenin en doğru şekilde hayata geçirilmesinde, uygulamayı yapan personellerin tecrübeli olmasından daha etkilidir.	GENEL SONUÇ	4%	18%	24%	43%	11%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	15%	25%	48%	10%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	25%	25%	38%	13%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	20%	40%	20%	0%	20%

Çizelge 5.13’ de gösterilen on üç numaralı açık uçlu soruya katılımcılardan gelen yanıtlar; ekiplerin yanı sıra kullanılan ekipmanların da güncel olması sağlanmalı, periyodik bakımlarının yapılması ve kayıt altına alınması gerekir. Uygulamayı yapan ekiplerin devlet tarafından yapılan veya devlet tarafından kontrol edilen kuruluşlar aracılığıyla bir sertifikasyon sistemine tabii tutulması ve periyodik olarak sınav veya uygulamalı sınav yapılarak belgelendirilmeleri gerekmektedir. Uygulamacıların öncelikle staj süreleri olmalı ve stajlarını başarıyla tamamladıktan sonra ustalık belgesi almaları sağlanmalıdır. Uygulamaların şantiye şefi ve yapı denetimler dışında bağımsız kuruluşlar tarafından denetlenmesi faydalı olacaktır. Yönetmeliklerde yeterli deneyim ve iş bitirmelerin olması gerektiği ile ilgili ifadeler eklenmesi, çok iyi olan projelerin ancak deneyimli ve yeterli uygulamacıların elinde değer bulabileceği belirtilmektedir. Yönetmeliklerde güvenlik önlemlerinin üst seviyede tutulması gerektiği tüm ekiplerin kişisel koruyucu donanımlarını eksiksiz kullanmaları gerektiği belirtilmelidir.

**Çizelge 5.13 : On üç nolu açık uçlu anket sorusu.**

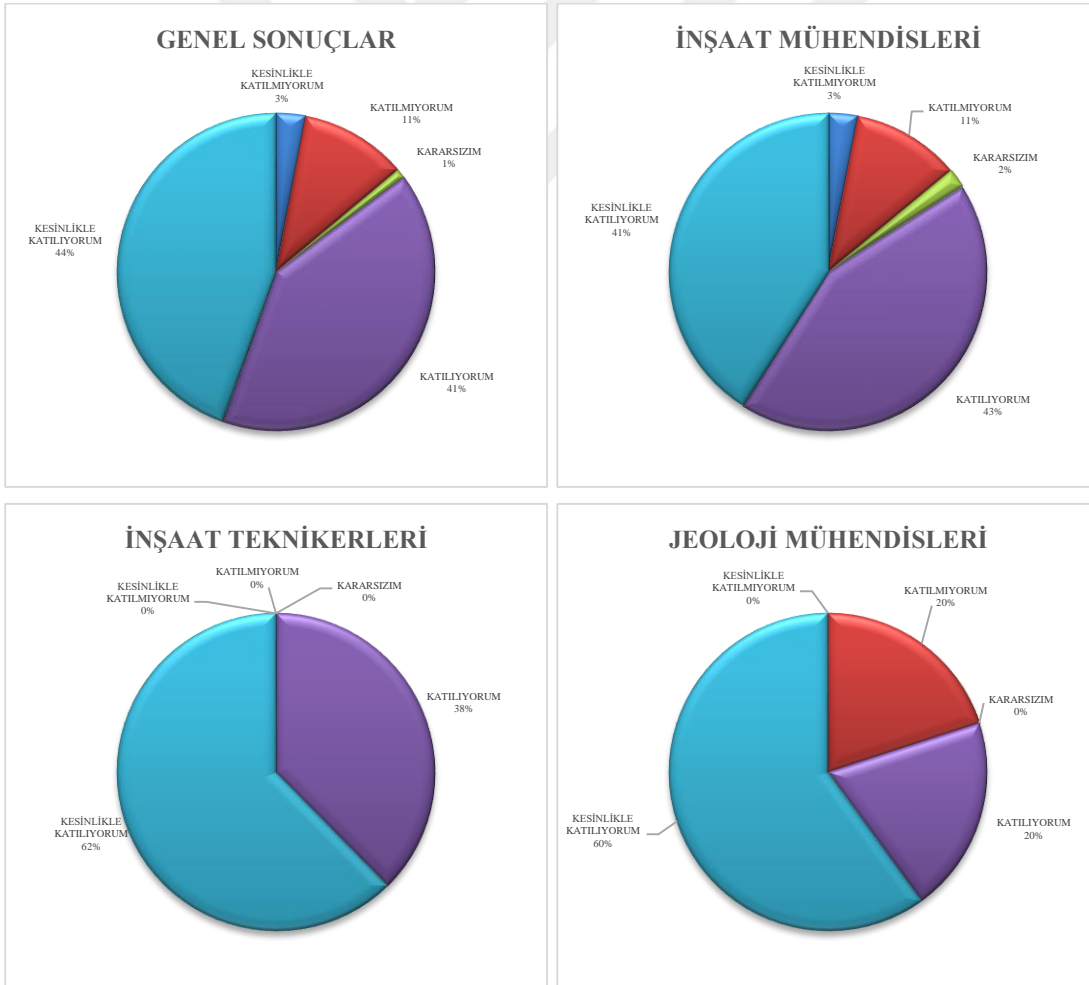
NO	SORULAR	GÖRÜŞ VE ÖNERİLERİNİZİ BELİRTİNİZ
13	Jet grout imalatı uygulaması yapan ekiplerin daha güvenilir ve problemsiz uygulamalar ortaya çıkarabilmesi için yönetmelik ve uygulamalarda ne gibi düzenlemeler yapılması gerektiğini düşünüyorsunuz?	

On dördüncü soruda sorulan; Jet grout uygulama firmalarının makine ve ekipmanlarının teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması tercih sebebi midir? Bu

soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.14 ve Şekil 5.12’ de katılımcıların %85 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %14 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %1 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.14 :** On dört nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
14	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının hızla değişen teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması uygulamacı firma seçiminde önemli bir etkidir.	GENEL SONUÇ	3%	11%	1%	41%	45%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	11%	2%	43%	41%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	0%	38%	63%
		JEOLojİ MÜHENDİSLERİ	0%	20%	0%	20%	60%

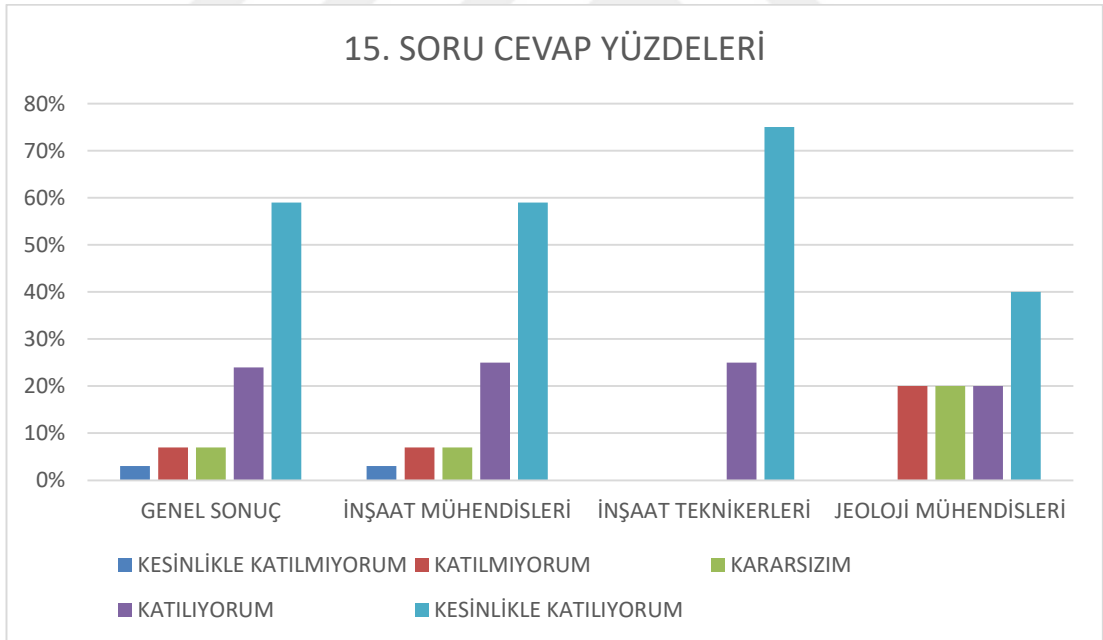


**Şekil 5.12 :** On dört nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.

On beşinci soruda sorulan; Jet grout uygulama firmalarının makine ve ekipmanlarının periyodik bakım ve kalibrasyonlarının yapıyor olması tercih sebebi midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.15 ve Şekil 5.13’ de katılımcıların %83 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %10 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %7 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.15 :** On beş nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
15	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının periyodik bakımlarının ve kalibrasyonlarının yapılmış olması uygulamacı firma seçiminde önemli bir etkindir.	GENEL SONUÇ	3%	7%	7%	24%	59%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	7%	7%	25%	59%
		İNŞAAT TEKNİKLERİ	0%	0%	0%	25%	75%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	20%	20%	20%	40%



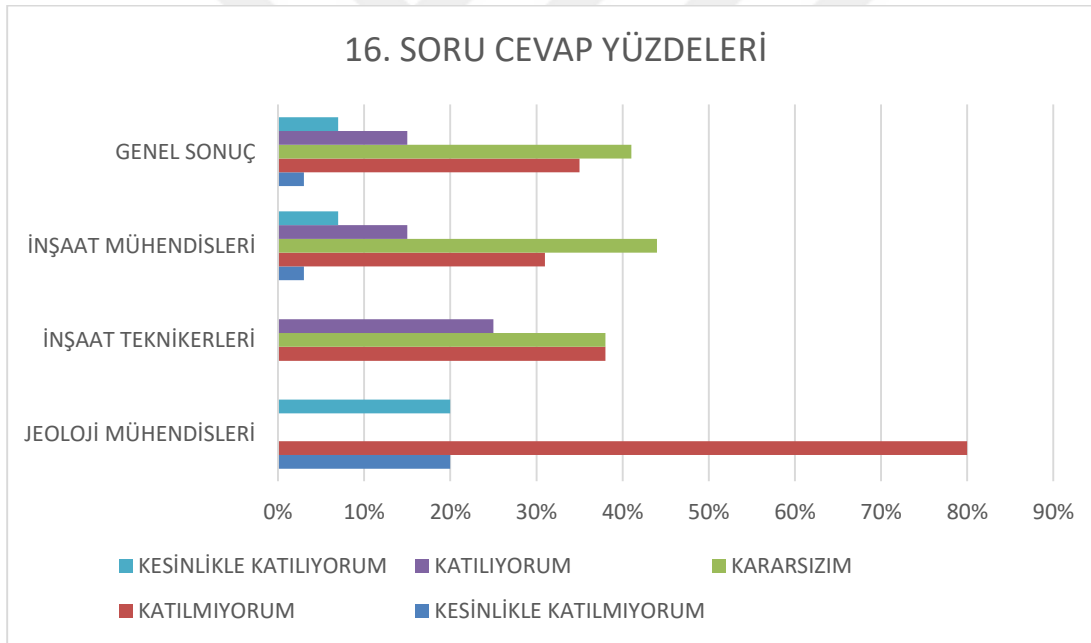
**Şekil 5.13 :** On beş nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

On altıncı soruda sorulan; Jet grout uygulama firmalarının makine ve ekipmanlarının teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması mevcut makine ve ekipmanlarının periyodik bakım ve kalibrasyonlarını yapıyor olmasından daha önemli bir tercih sebebi

midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.16 ve Şekil 5.14’ de katılımcıların %22 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %38 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %40 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.16 :** On altı nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
16	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması uygulamacı firma seçiminde periyodik bakımlarının ve kalibrasyonlarının yapılmış olmasından daha önemli bir etkidir.	GENEL SONUÇ	3%	35%	41%	15%	7%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	31%	44%	15%	7%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	38%	38%	25%	0%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	80%	0%	0%	20%



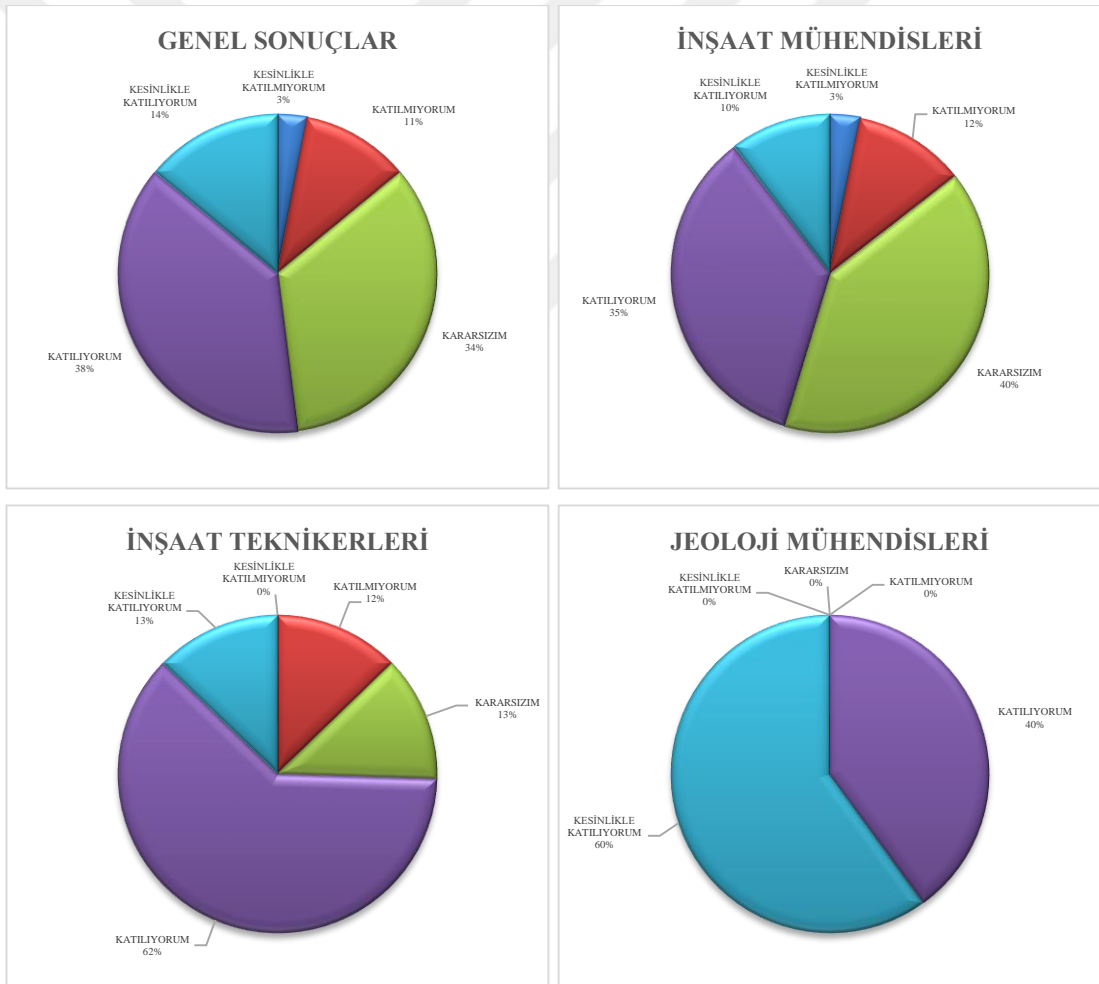
**Şekil 5.14 :** On altı nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

On yedinci soruda on altıncı sorunun tersi sorularak; Jet grout uygulama firmalarının makine ve ekipmanlarının periyodik bakım ve kalibrasyonlarını yapıyor olması, teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmamasından daha önemli bir tercih sebebi midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.17 ve Şekil 5.15’ de katılımcıların %52 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %14

oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %34 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.17 : On yedi nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
17	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının periyodik bakımlarının ve kalibrasyonlarının yapılmış olması uygulamacı firma seçiminde teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmamasından daha önemli bir etkidir.	GENEL SONUÇ	3%	11%	34%	38%	14%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	11%	39%	34%	10%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	13%	13%	63%	13%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	40%	60%



**Şekil 5.15 : On yedi nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.**

Çizelge 5.18’ de gösterilen on sekiz numaralı açık uçlu soruya katılımcılar; makine ve ekipmanların periyodik bakımlarının ilgili oda, kurum veya denetlenen kuruluşlar tarafından tıpkı trafiğe çıkan araçlarda olduğu gibi belirli periyotlarla kontrol edilerek kayıt altına alınması gerektiğini, belirli çalışma saatlerini, yılı, yaşı ya da modeli aşan makine ve ekipmanların kullanılmasına izin verilmemesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bazı katılımcılar makinelerin periyodik bakımlarının yapılmasının ve ilgili mercilerce kontrol altında tutulmasının yeterli olduğunu, makinelerin model yılının imalatı ve imalat kalitesini doğrudan etkilemeyeceğini belirtmişlerdir. Zemin türüne göre (kil, silt, kum, alüvyon, vb.), zemin formasyon geçişlerine göre kullanılan makine ve ekipmanlar değiştirilmelidir. Makine periyodik bakımları ve makine operatörlerinin yetkinikleri denetlenmelidir. Makine periyodik bakımları yolcu ve yük asansörlerindeki yeşil – mavi – kırmızı etiket uygulamasında olduğu gibi takip edilerek kayıt altına alınmalıdır. Katılımcılar kullanılan makinelerin de kayıt altına alınmasının ve bakım, onarım ve kalibrasyonlarının zamanında ve eksiksiz yapılmasının takip edilmesinin gerektiğini belirtmişlerdir.

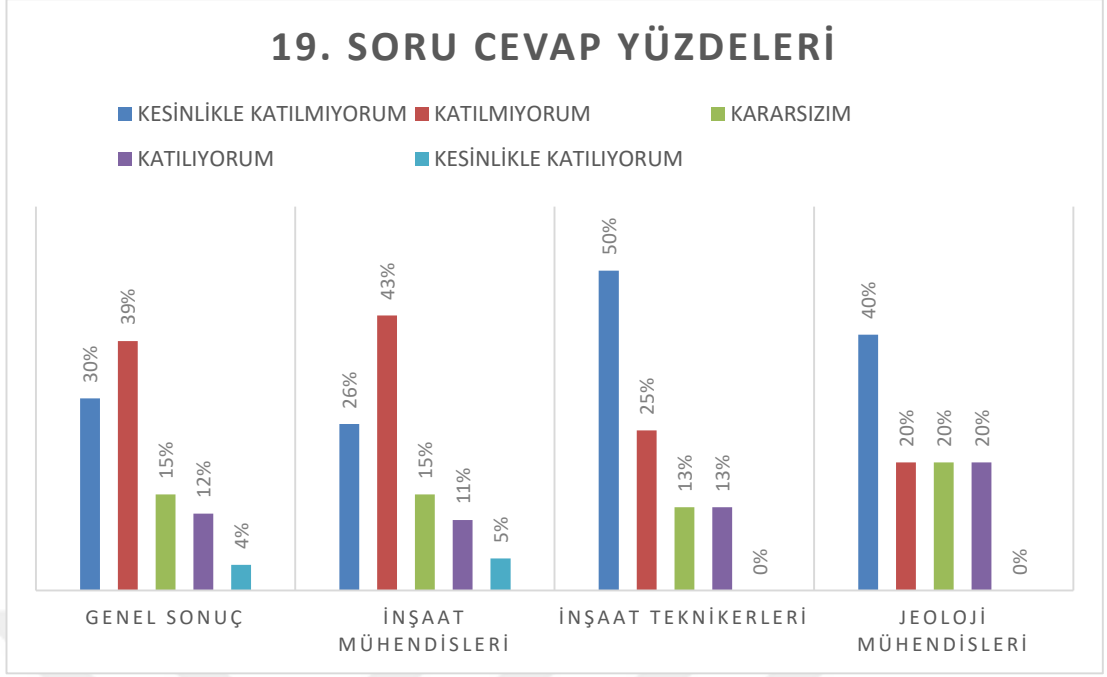
**Çizelge 5.18 : On sekiz nolu açık uçlu anket sorusu.**

NO	SORULAR	GÖRÜŞ VE ÖNERİLERİNİZİ BELİRTİNİZ
18	Jet grout imalatı uygulaması yapan firmanın makine ve ekipmanlarının daha güvenilir, ekonomik ve problemsiz uygulamaları hayata geçirebilmesi için yönetmelik ve uygulamalarda ne gibi düzenlemeler yapılması gerektiğini düşünüyorsunuz?	

On dokuzuncu soruda sorulan; Jet grout uygulama firma seçminde ekonomik olarak en düşük maliyeti ortaya koymak tercih sebebi midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.19 ve Şekil 5.16’ da katılımcıların %16 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %69 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %15 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.19 : On dokuz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
19	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde en önemli etken ekonomik olarak en düşük maliyet ortaya koyan firmadır.	GENEL SONUÇ	30%	39%	15%	12%	4%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	26%	43%	15%	11%	5%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	50%	25%	13%	13%	0%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	40%	20%	20%	20%	0%

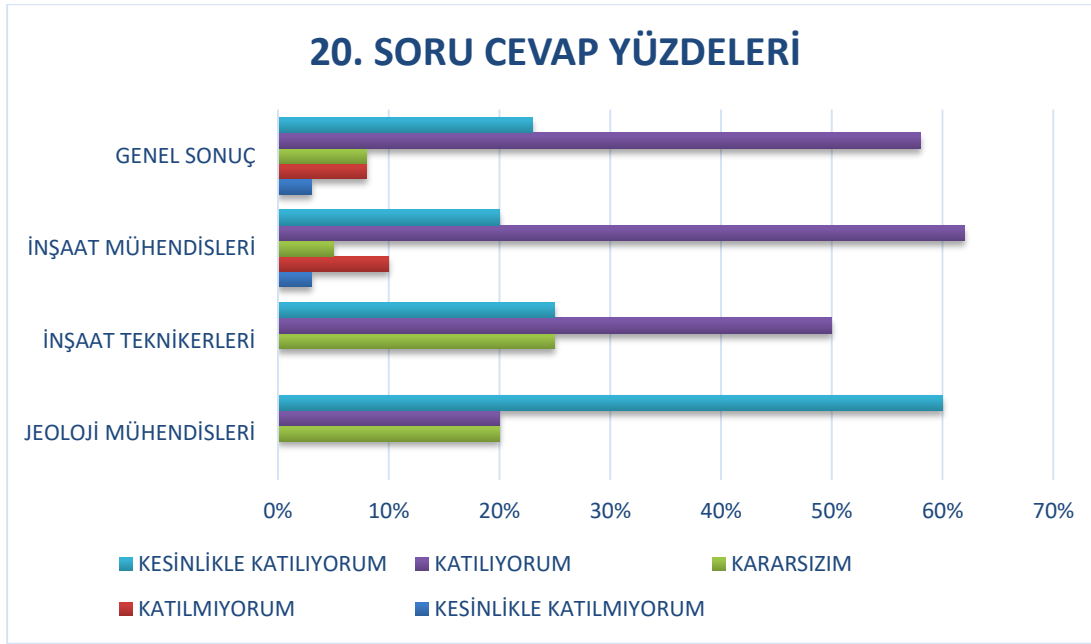


**Şekil 5.16 :** On dokuz nolu anket sorusu yanıt yüzdeleri gösteren diyagram.

Yirminci soruda sorulan; Jet grout uygulama ekiplerinin uzmanlık veya ustalık belgesine sahip olması uygulamacı firma seçiminde etkili midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.20 ve Şekil 5.17’ de katılımcıların %81 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %11 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %8 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.20 :** Yirmi nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
20	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde ekiplerin ustalık veya uzmanlık belgesinin olması önemli bir etkidir.	GENEL SONUÇ	3%	8%	8%	58%	23%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	10%	5%	62%	20%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	25%	50%	25%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	20%	20%	60%

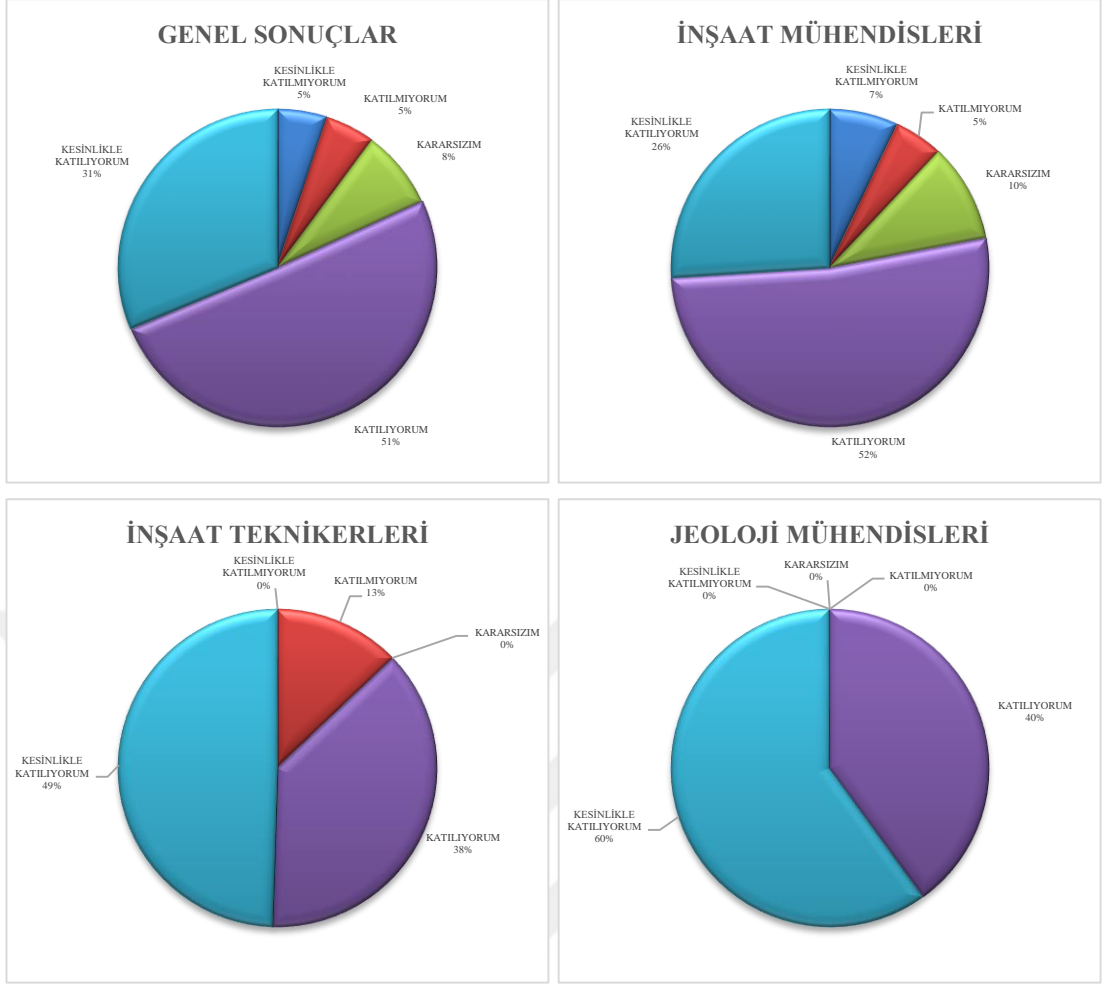


**Şekil 5.17 :** Yirmi nolu anket sorusu yanıt yüzdeleri gösteren diyagram.

Yirmi birinci soruda sorulan; Jet grout uygulama firma seçiminde tecrübeli ve uzman ekiplerle çalışmak projeyi daha düşük maliyetle hayata geçirmekten daha önemli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.21 ve Şekil 5.18’ de katılımcıların %81 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %10 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %8 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

**Çizelge 5.21 :** Yirmi bir nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
21	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde tecrübeli ve uzman ekiplerle çalışmak daha düşük maliyetle projeyi hayata geçirmekten daha önemli bir etkidir.	GENEL SONUÇ	5%	5%	8%	50%	31%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	7%	5%	10%	52%	26%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	13%	0%	38%	50%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	40%	60%

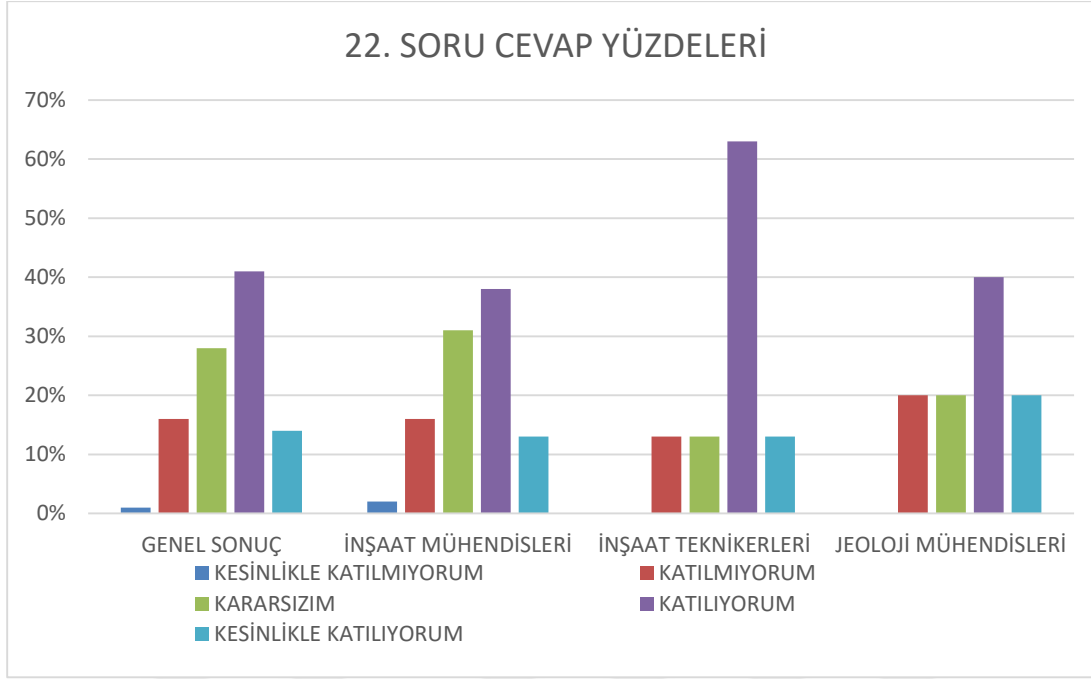


Şekil 5.18 : Yirmi bir nolu anket sorusu yanıt yüzdelelerini gösteren şemalar.

Yirmi ikinci soruda sorulan; Jet grout uygulama firma seçiminde makine ve ekipmanların teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması projeyi daha düşük maliyetle hayata geçirmekten daha önemli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.22 ve Şekil 5.19' da katılımcıların %55 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %17 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum, %28 oranında kararsız kaldıkları gösterilmektedir.

Çizelge 5.22 : Yirmi iki nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
22	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde makine ve ekipmanların teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması projeyi daha düşük maliyetle hayata geçirmekten daha önemli bir etkidir.	GENEL SONUÇ	1%	16%	28%	41%	14%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	2%	16%	31%	38%	13%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	13%	13%	63%	13%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	20%	20%	40%	20%

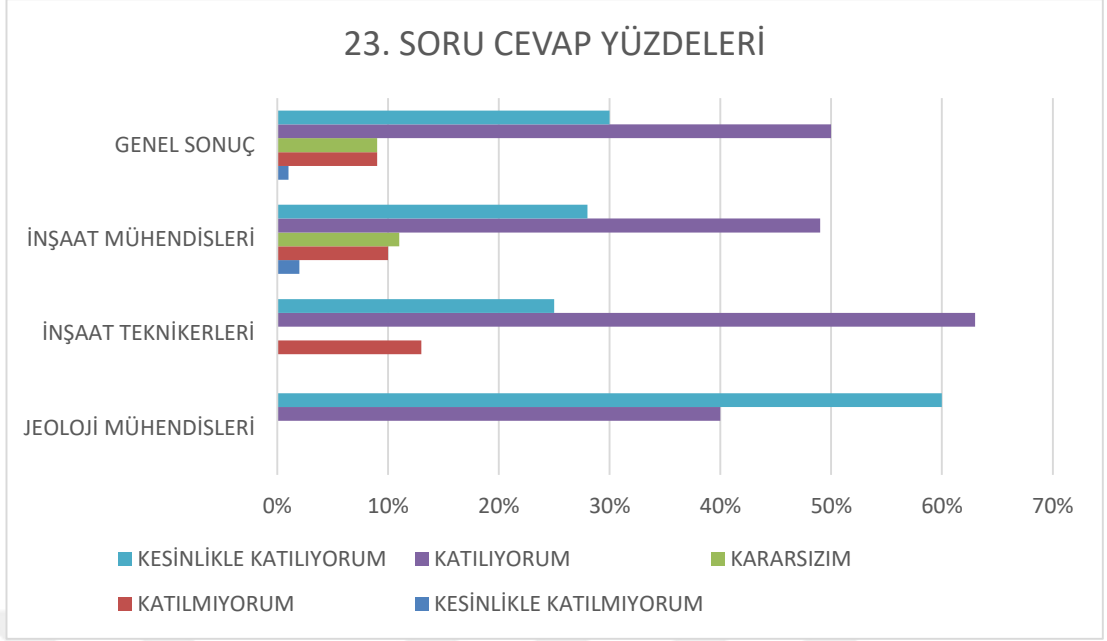


**Şekil 5.19 :** Yirmi iki nolu anket sorusu yanıt yüzdeleri gösteren diyagram.

Yirmi üçüncü soruda sorulan; Jet grout uygulama firma seçiminde makine ve ekipmanların periyodik bakım ve kalibrasyonlarının yapılmış olması projeyi daha düşük maliyetle hayata geçirmekten önemli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.23 ve Şekil 5.20’ de %80 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %10 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %9’ unun kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.23 :** Yirmi üç nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
23	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde makine ve ekipmanların periyodik bakım ve kalibrasyonlarının yapılmış olması daha düşük maliyetle projeyi hayata geçirmekten daha önemli bir etkidir.	GENEL SONUÇ	1%	9%	9%	50%	30%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	2%	10%	11%	49%	28%
		İNŞAAT TEKNİKLERİ	0%	13%	0%	63%	25%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	40%	60%



**Şekil 5.20 :** Yirmi üç nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

Çizelge 5.24’ de gösterilen yirmi dört numaralı açık uçlu soruya katılımcıların verdiği cevaplar; ilgili kurum veya kuruluşlar tarafından onaylanan iş bitirme, referans ve tecrübelerin ön planda tutulması gerekmektedir. Birçok işverenin önceliği işi daha ekonomik rakamlara yaptırmaktır. Firmalara iş bitirme, referans ve tecrübeler, sertifikalı çalışan işçi ve operatör sayısı, makine ve ekipman parkuru ve periyodik bakımlarını gösterir belgeler gibi belirleyici unsurları içeren bir formülüzasyon ile puanlama yapılması ve değerlendirmelerde bu puanın kullanılması gerekir.

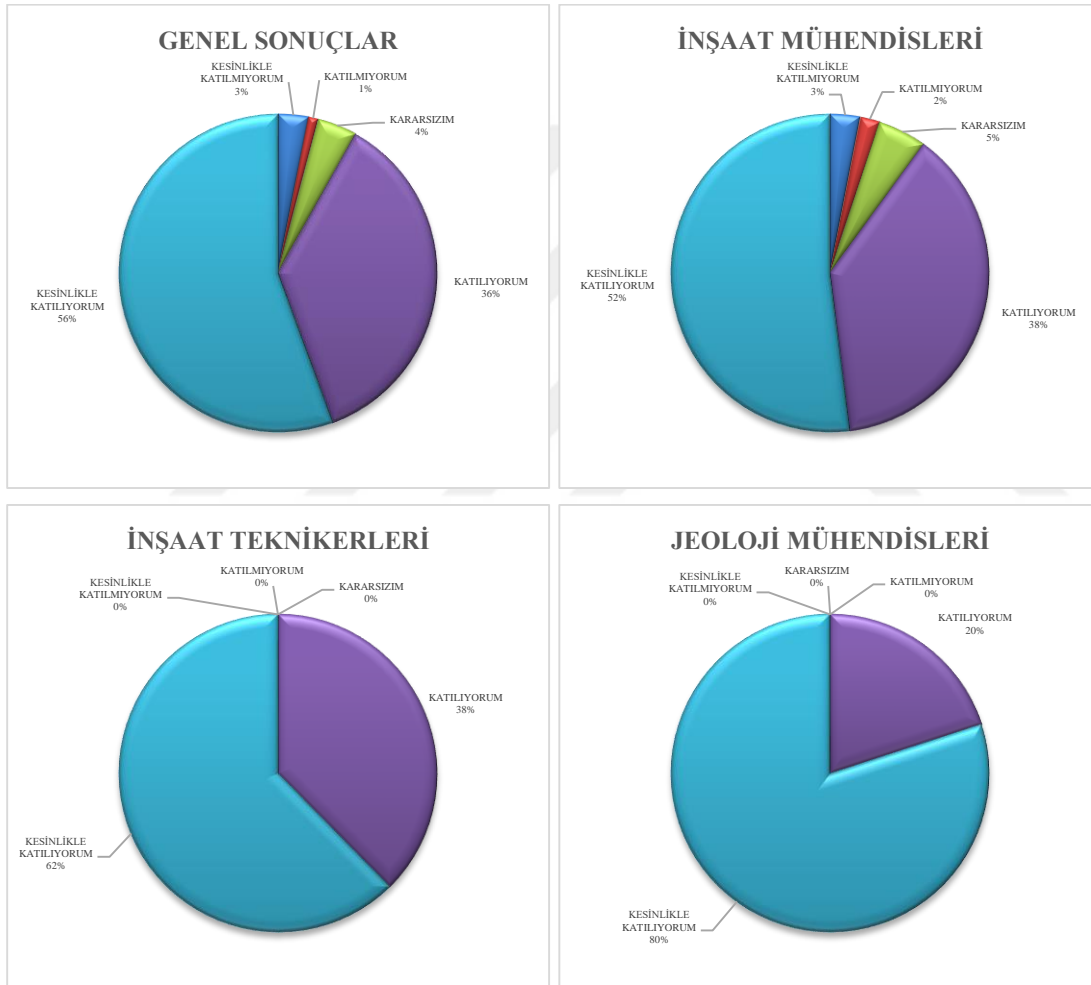
**Çizelge 5.24 :** Yirmi dört nolu açık uçlu anket sorusu.

NO	SORULAR	GÖRÜŞ VE ÖNERİLERİNİZİ BELİRTİNİZ
24	Jet grout imalatı uygulaması yapan firma seçiminde yönetmelik ve uygulamalarda hangi kriterlerin daha ön planda tutulması gerektiğini düşünüyorsunuz?	

Yirmi beşinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılırken proje hedef kriterlerine ulaşılmasında test kazığı yapılması hayati öneme sahip midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.25 ve Şekil 5.21’ de %91 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %4 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %4’ ünün kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.25 : Yirmi beş nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
25	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşmak için test kazıkları yapılması projenin doğru şekilde uygulanması için çok önemlidir.	GENEL SONUÇ	3%	1%	4%	36%	55%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	2%	5%	38%	52%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	0%	38%	63%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	20%	80%



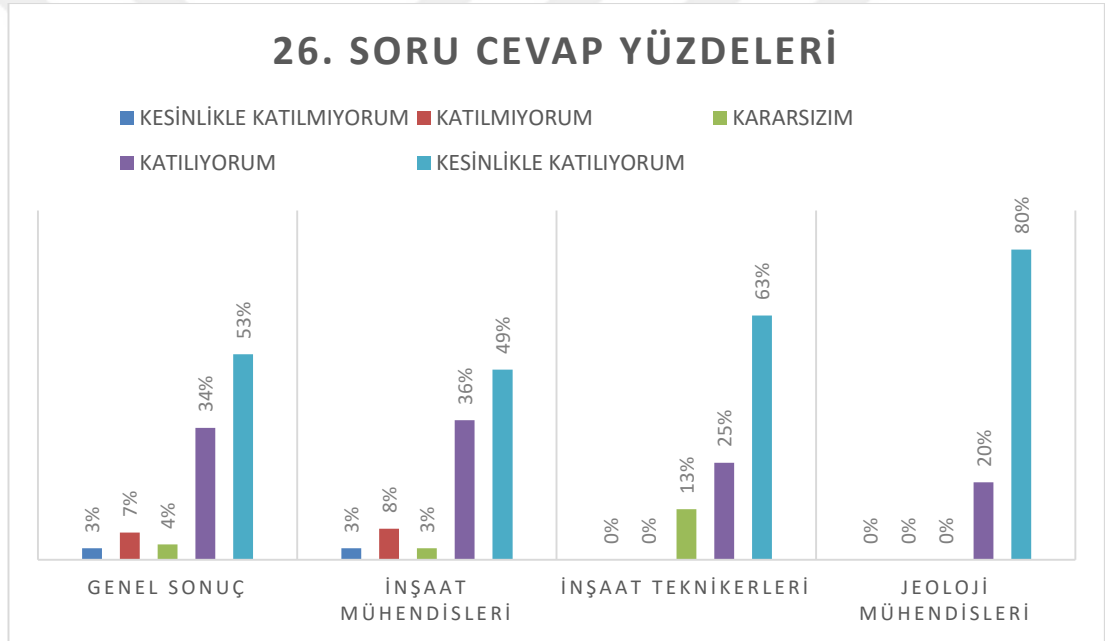
**Şekil 5.21 : Yirmi beş nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.**

Yirmi altıncı soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılırken proje hedef kriterlerine ulaşılan test kazığı imalat parametrelerinin tüm jet grout kolonlarında takip edilmesi önemli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.26 ve Şekil 5.22’ de %87 oranında katılıyorum ya da kesinlikle

katılıyorum, %10 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %4' ünün kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.26 : Yirmi altı nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
26	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tij döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi projenin sağlıklı bir şekilde hayata geçirilmesi direk etkileyen parametrelerin tüm jet grout kolonlarında takip edilmesi çok önemlidir.	GENEL SONUÇ	3%	7%	4%	34%	53%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	8%	3%	36%	49%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	0%	13%	25%	63%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	20%	80%

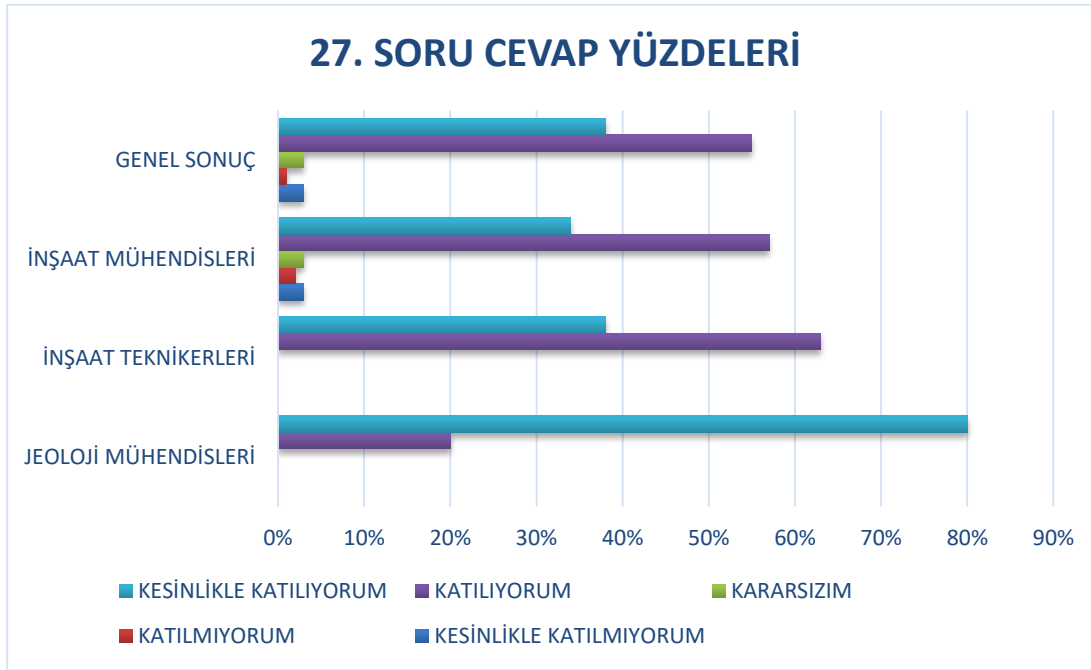


**Şekil 5.22 : Yirmi altı nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

Yirmi yedinci soruda sorulan; Jet Grout imalatının uygulandığı hava sıcaklığı, enjeksiyonun viskozitesini etkileyeceğinden enjeksiyon basıncını, Jet Grout kolonu mukavemetini ve çapını etkiler. Bu nedenle Jet grout uygulaması yapılırken hava sıcaklığının alt ve üst limiti belirtilmeli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.27 ve Şekil 5.23' de %93 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %4 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %3' ünün kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.27 : Yirmi yedi nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
27	Jet Grout imalatının uygulandığı hava sıcaklığı, enjeksiyonun viskozitesini etkileyeceğinden enjeksiyon basıncını, Jet Grout kolonu mukavemetini ve çapını etkiler. Bu nedenle Jet grout uygulaması yapılrkn hava sıcaklığının alt ve üst limiti belirtilmelidir.	GENEL SONUÇ	3%	1%	3%	55%	38%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	2%	3%	57%	34%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	0%	63%	38%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	20%	80%

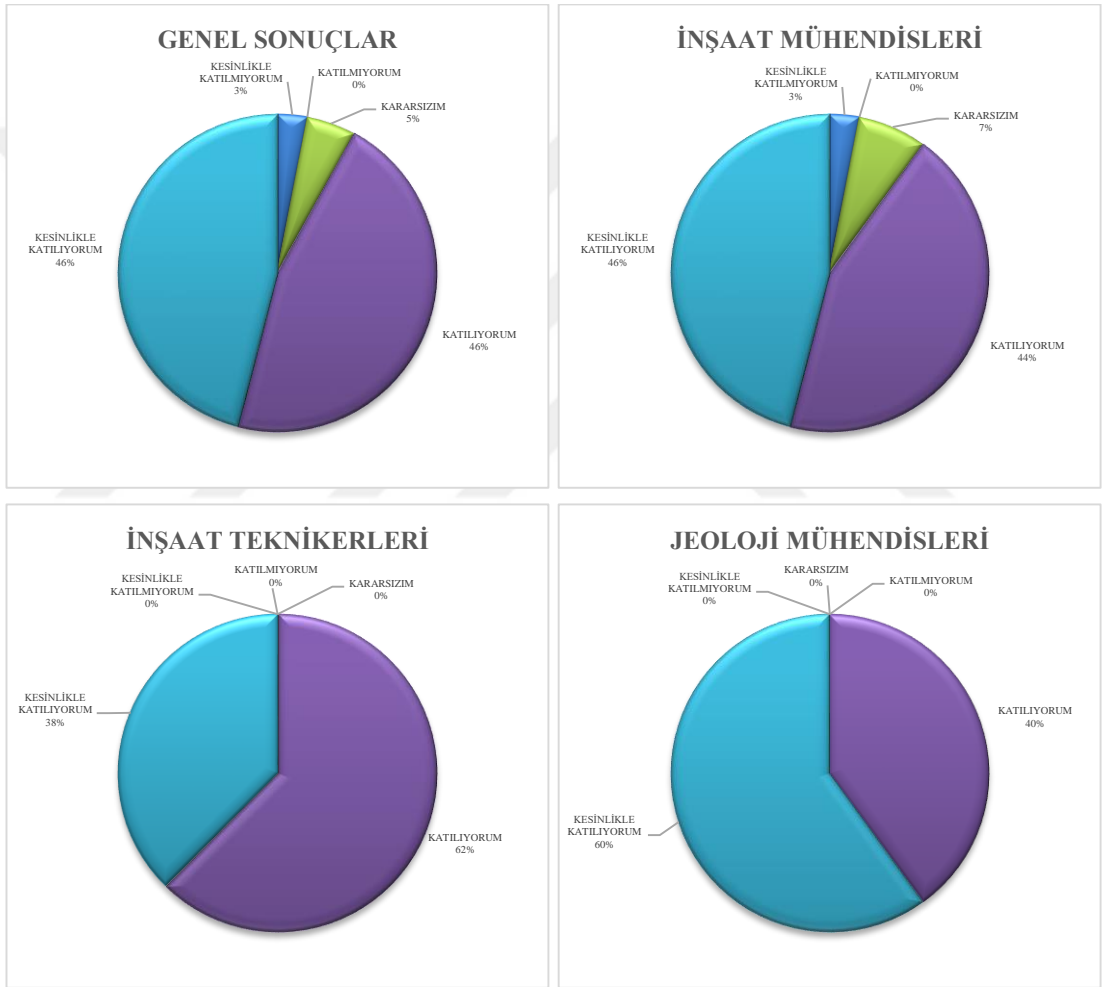


**Şekil 5.23 : Yirmi yedi nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

Yirmi sekizinci soruda sorulan; Jet Grout imalatında kullanılan çimento cinsi, priz alma süresi ve mukavemeti etkileyeceğinden projede çimento cinsi belirtilmeli midir? Soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.28 ve Şekil 5.24' de %92 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %3 oranında kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %5' inin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.28 :** Yirmi sekiz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
28	Jet Grout imalatında kullanılan çimento cinsi, priz alma süresi ve mukavemeti etkileyeceğinden projede çimento cinsi belirtilmelidir.	GENEL SONUÇ	3%	0%	5%	46%	46%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	0%	7%	44%	46%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	0%	63%	38%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	40%	60%



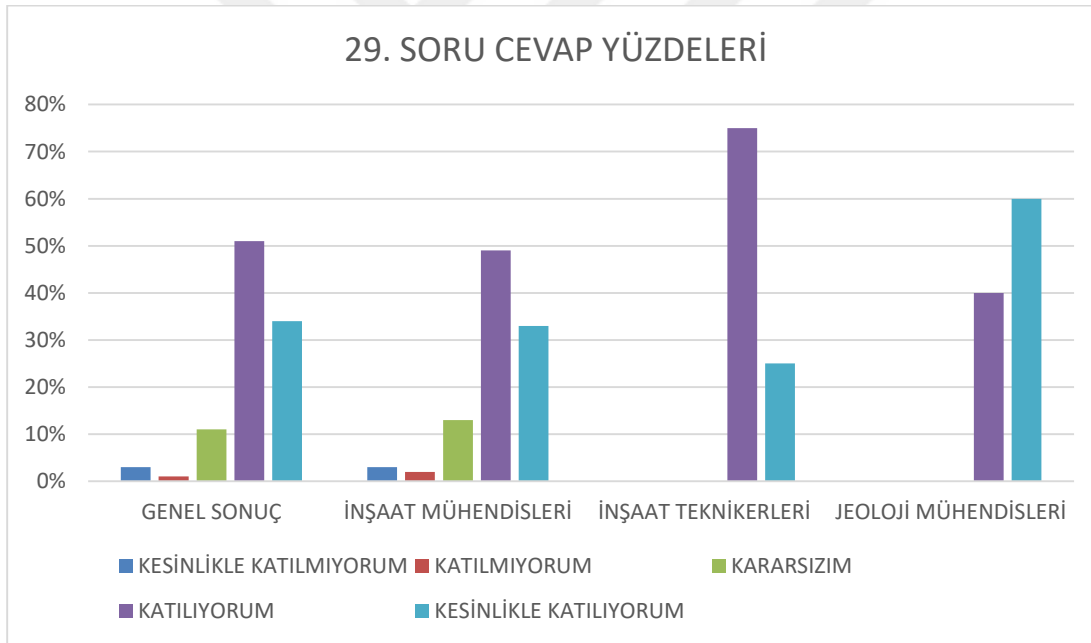
**Şekil 5.24 :** Yirmi sekiz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.

Yirmi dokuzuncu soruda sorulan; Jet Grout uygulaması yapılırken, zeminin su muhtevası jet grout kolon çapını ve mukavemetini etkileyeceğinden, su muhtevası mevsim koşullarına göre değişkenlik gösterebileceğinden test kazıklarının uygulama yapılacak zemin koşullarıyla aynı olmasına dikkat edilmeli midir? Bu soruya verilen

yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.29 ve Şekil 5.25’ de %85 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %4 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %11’ inin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.29 :** Yirmi dokuz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
29	Jet Grout uygulaması yapılırken, zeminin su muhtevası jet grout kolon çapını ve mukavemetini etkileyeceğinden, su muhtevası mevsim koşullarına göre değişkenlik gösterebileceğinden test kazıklarını, uygulama yapılacak zemin koşullarıyla aynı olmasına dikkat edilmelidir.	GENEL SONUÇ	3%	1%	11%	51%	34%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	2%	13%	49%	33%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	0%	0%	75%	25%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	40%	60%



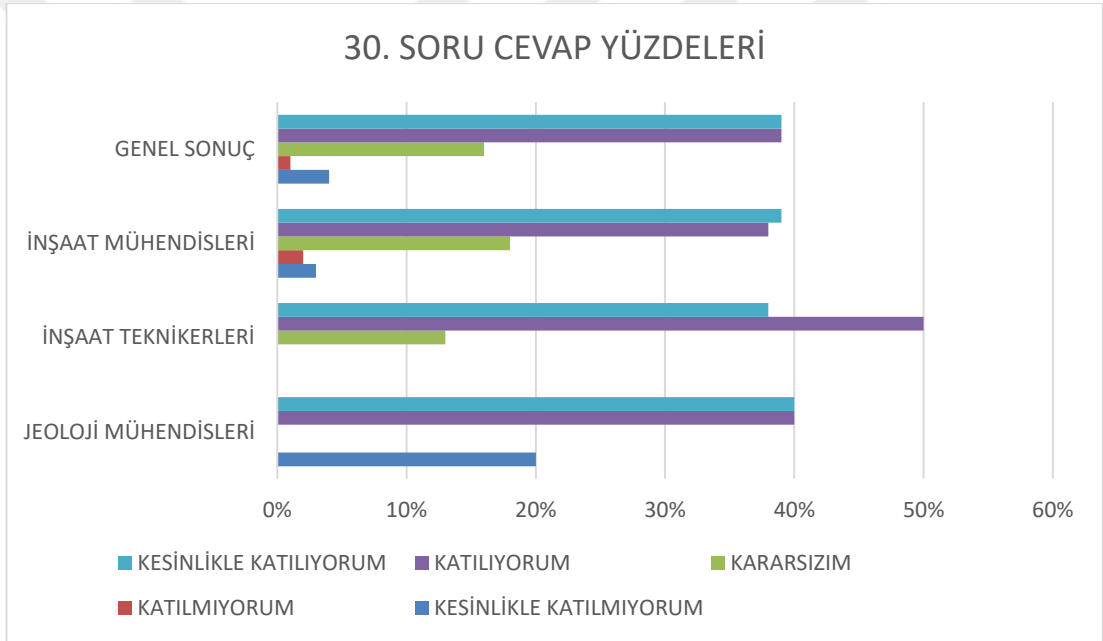
**Şekil 5.25 :** Yirmi dokuz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

Otuzuncu soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığı mukavemetinin hedeflenen değerlere ulaştığı 7 ve 28 günlük karot numuneleri ile kontrol edilmeden imalata devam edilmemeli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.30 ve Şekil 5.26’ da %78 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum,

%5 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %16' sının kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.30 : Otuz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
30	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığı mukavemetinin hedeflenen değerlere ulaştığı 7 ve 28 günlük karot numuneleri ile kontrol edilmeden imalata devam edilmemelidir.	GENEL SONUÇ	4%	1%	16%	39%	39%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	2%	18%	38%	39%
		İNŞAAT TEKNİKLERİ	0%	0%	13%	50%	38%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	20%	0%	0%	40%	40%

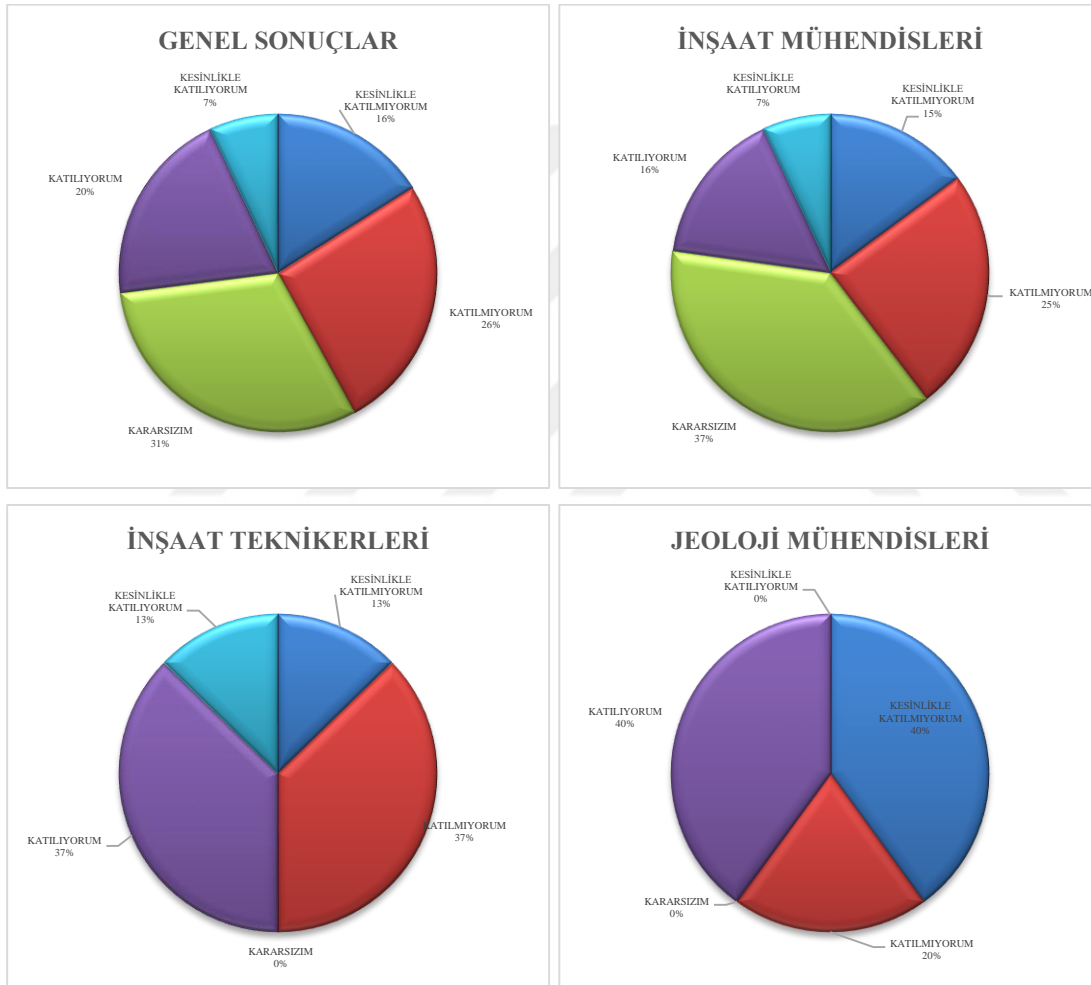


**Şekil 5.26 : Otuz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

Otuz birinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığı mukavemetinin kontrol edilmesi tüm projenin doğru şekilde uygulandığının anlaşılması için yeterli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.31 ve Şekil 5.27' de %27 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %42 katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %31' inin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.31 : Otuz bir nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
31	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığı mukavemetinin kontrol edilmesi tüm projenin doğru şekilde uygulandığının anlaşılması için yeterlidir.	GENEL SONUÇ	16%	26%	31%	20%	7%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	15%	25%	38%	16%	7%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	13%	38%	0%	38%	13%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	40%	20%	0%	40%	0%



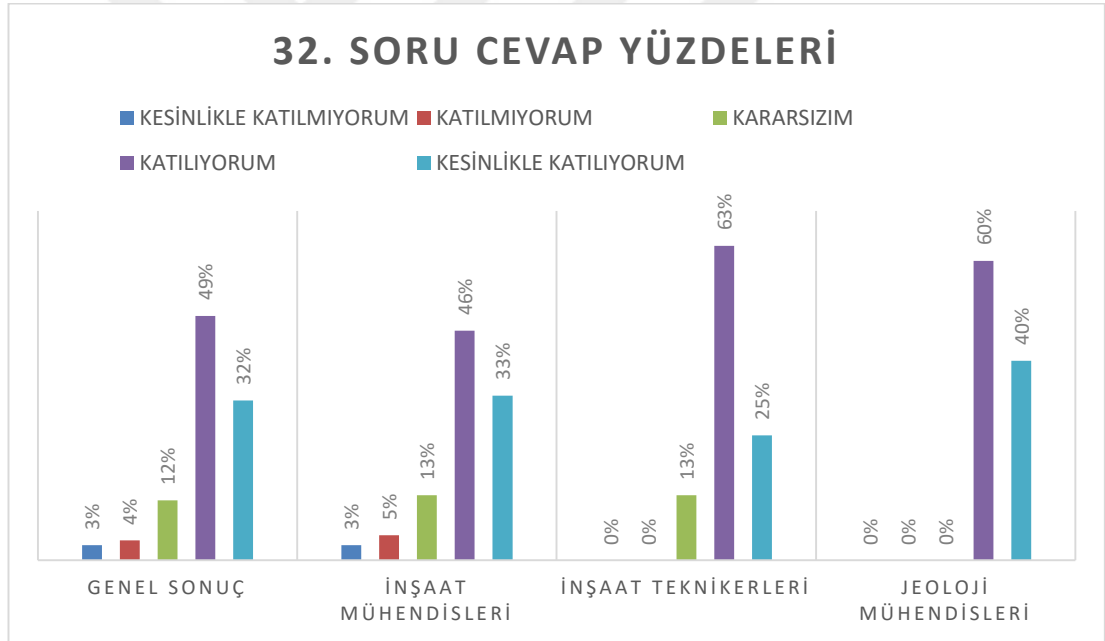
**Şekil 5.27 : Otuz bir nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.**

Otuz ikinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındandaki imalat parametrelerinin kontrolü için jet grout makine ve ekipmanlarına ek göstergeler eklenmesi kontrolü kolaylaştıracağından projenin daha sağlıklı hayata geçirilmesini sağlar mı? Bu soruya

verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.32 ve Şekil 5.28’ de %81 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %7 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %12’ sinin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.32 :** Otuz iki nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
32	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tij döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi parametrelerin kontrolü için jet grout makine ve ekipmanlarına ek göstergeler eklenmesi kontrolü kolaylaştıracağından projenin daha sağlıklı hayata geçirilmesini sağlar.	GENEL SONUÇ	3%	4%	12%	49%	32%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	5%	13%	46%	33%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	13%	63%	25%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	60%	40%



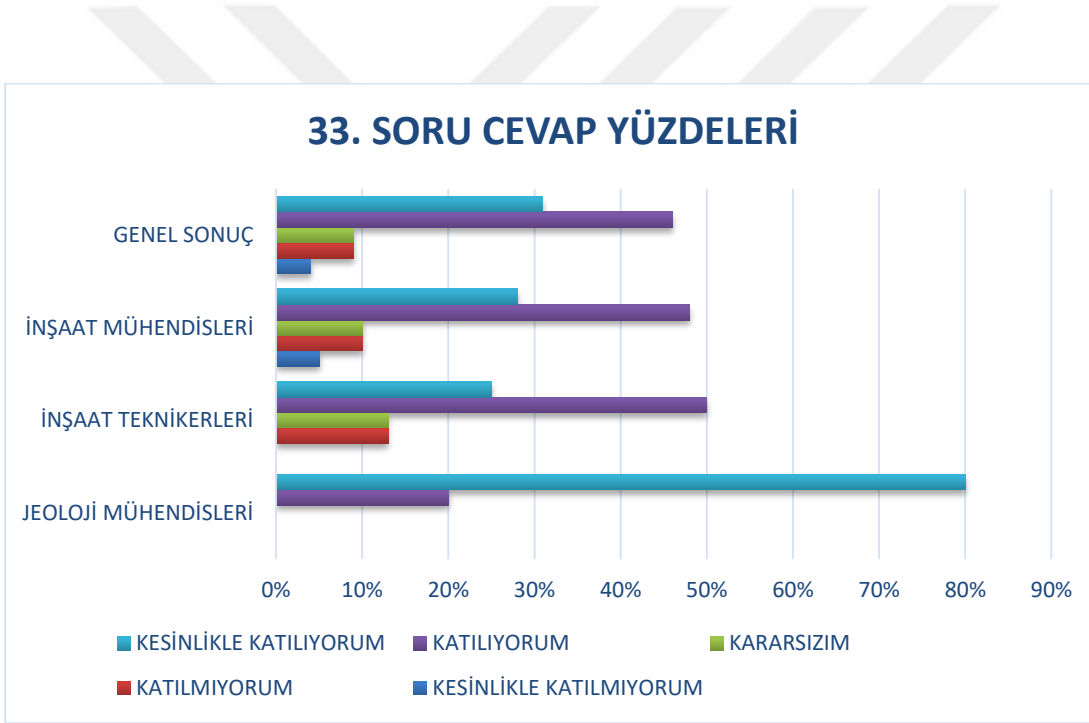
**Şekil 5.28 :** Otuz iki nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

Otuz üçüncü soruda sorulan; Jet grout yöntemlerinden Jet 1, Jet 2, Jet 3 veya Superjet yöntemlerinden birine karar verilmeden önce uygulanacak olan yöntemin kazık etki alanı sınırları içinde en az bir adet sondaj yapılması ve böylelikle uygulama sırasında karşılaşılabilecek olası zemin sıkıntılarının önüne geçilmeli midir? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.33 ve Şekil 5.29’ da %77

oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %13 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %9'unun kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.33 : Otuz üç nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
33	Jet grout yöntemlerinden Jet 1, Jet 2, Jet 3 veya Superjet yöntemlerinden birine karar verilmeden önce uygulanacak olan yöntemin kazık etki alanı sınırları içinde en az bir adet sondaj yapılması ve böylelikle uygulama sırasında karşılaşılabilecek olası zemin sıkıntılarının önüne geçilmelidir.	GENEL SONUÇ	4%	9%	9%	46%	31%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	5%	10%	10%	48%	28%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	13%	13%	50%	25%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	20%	80%



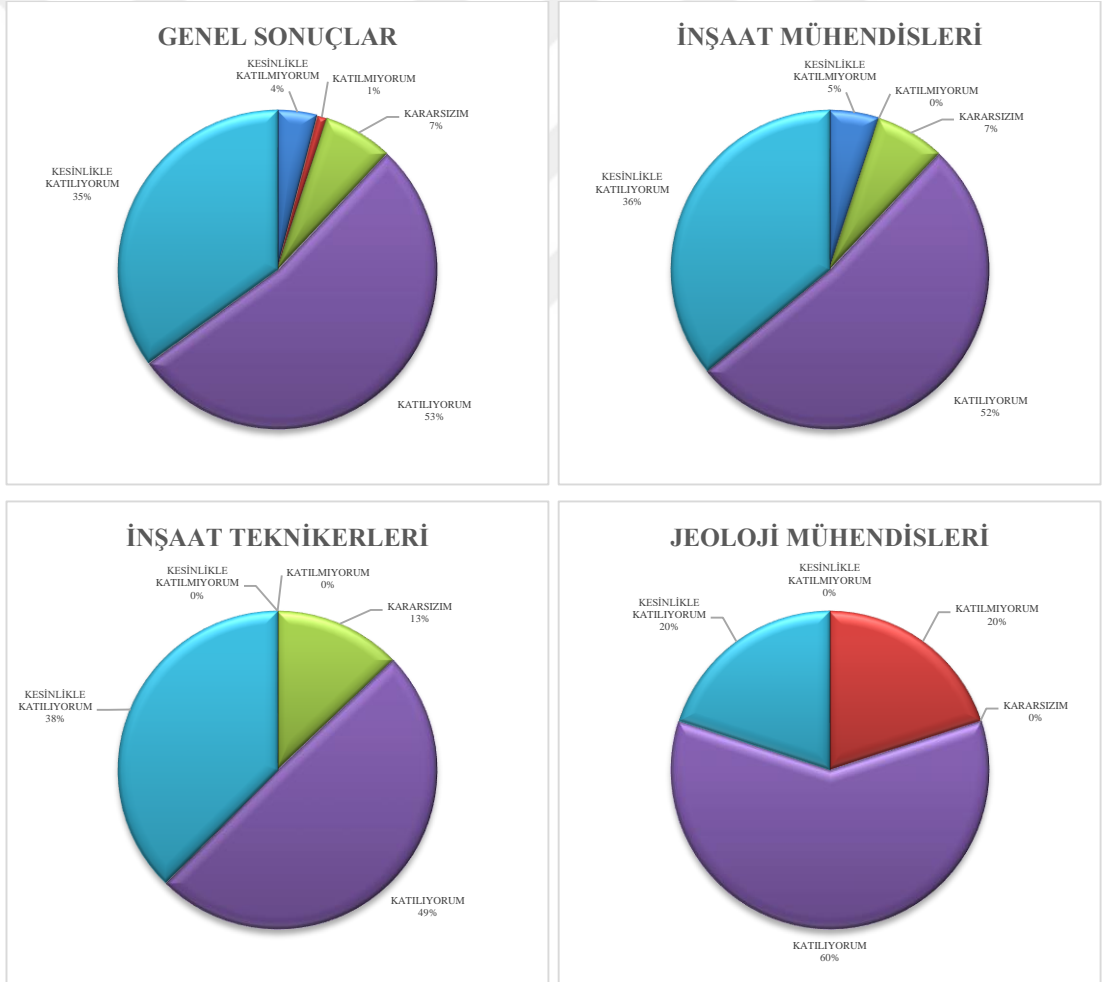
**Şekil 5.29 : Otuz üç nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

Otuz dördüncü soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, proje kriterlerine ulaşılan test kazığındandaki imalat parametrelerinin kontrolü için bir otomasyon sistemi oluşturulması projenin daha sağlıklı hayata geçirilmesini sağlar mı? Soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.34 ve Şekil 5.30' da %88 katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %5 katılmıyorum ya da

kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %7' sinin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.34 : Otuz dört nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
34	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tıj döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi parametrelerin kontrolü için bir otomasyon sistemi oluşturulması kontrolü kolaylaştıracağından projenin daha sağlıklı hayata geçirilmesini sağlar.	GENEL SONUÇ	4%	1%	7%	53%	35%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	5%	0%	7%	52%	36%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	13%	50%	38%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	0%	20%	0%	60%	20%



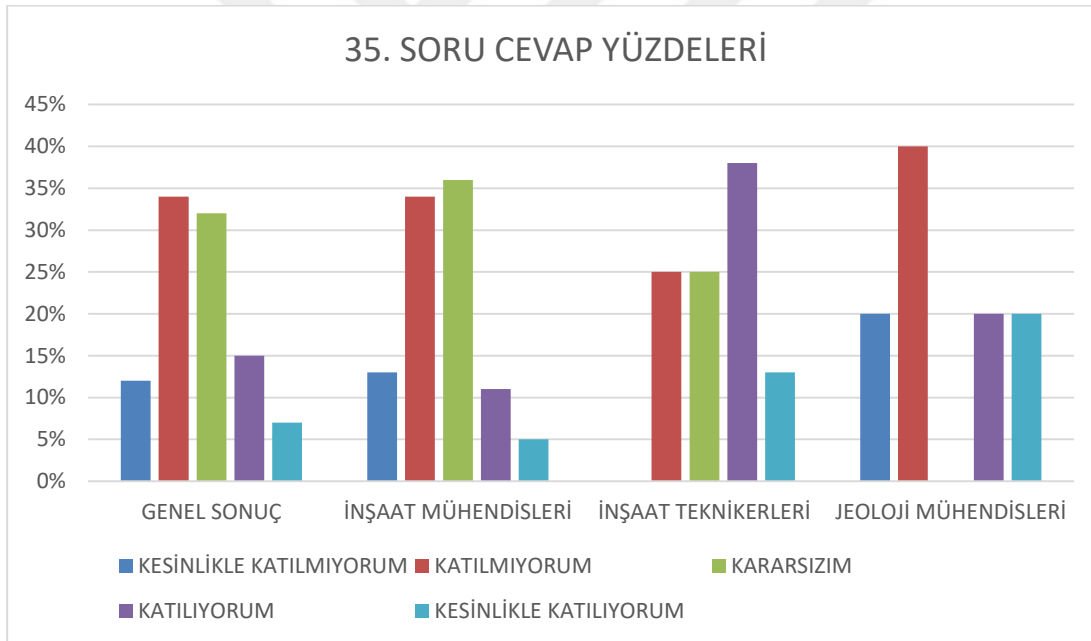
**Şekil 5.30 : Otuz dört nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.**

Otuz beşinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki imalat parametrelerinin

kontrolü için gözlem yapılması yeterli mi? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.35 ve Şekil 5.31’ de %22 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %46 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %32’ sinin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.35 :** Otuz beş nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
35	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tıj döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi parametrelerin kontrolü için gözlem yapılması yeterlidir.	GENEL SONUÇ	12%	34%	32%	15%	7%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	13%	34%	36%	11%	5%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	25%	25%	38%	13%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	20%	40%	0%	20%	20%



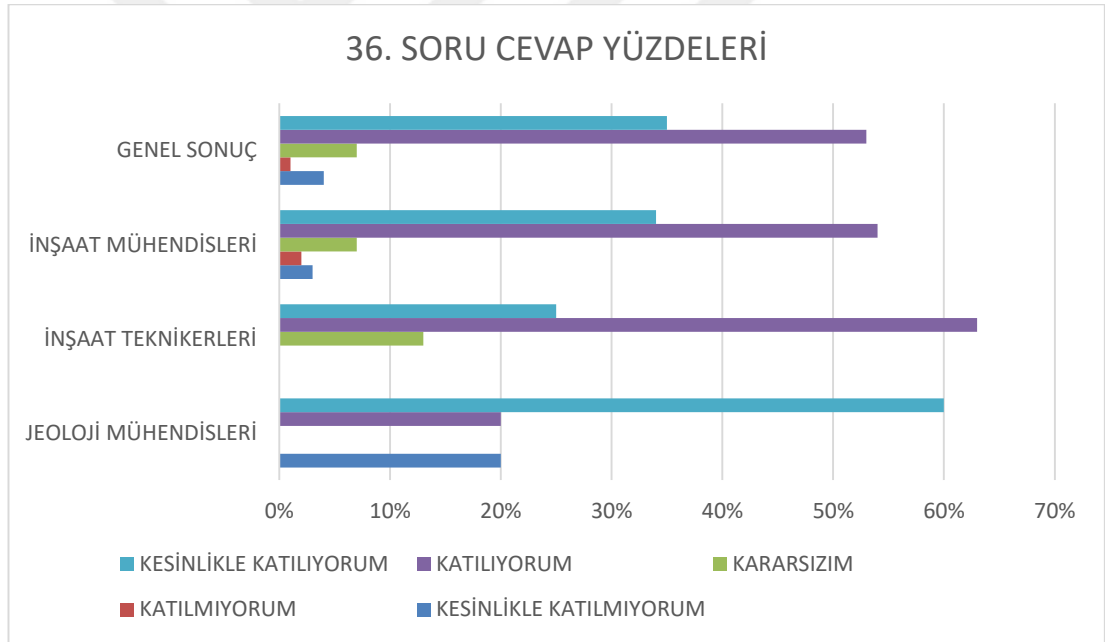
**Şekil 5.31 :** Otuz beş nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

Otuz altıncı soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki imalat parametrelerinin kontrolü için gözlem yapılmasının yanı sıra tüm jet grout kolonları için bahsi geçen parametrelerin işlendiği bir takip çizelgesi olmasının faydası olur mu? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.36 ve Şekil 5.32’ de

%88 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %5 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %7' sinin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.36 :** Otuz altı nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
36	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon basıncı, tij döndürme ve çekme hızı, enjeksiyon su/çimento oranı gibi parametrelerin kontrolü için gözlem yapılmasının yanı sıra tüm jet grout kolonları için bahsi geçen parametrelerin işlendiği bir takip çizelgesi olması faydalı olacaktır.	GENEL SONUÇ	4%	1%	7%	53%	35%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	2%	7%	54%	34%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	0%	13%	63%	25%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	20%	0%	0%	20%	60%



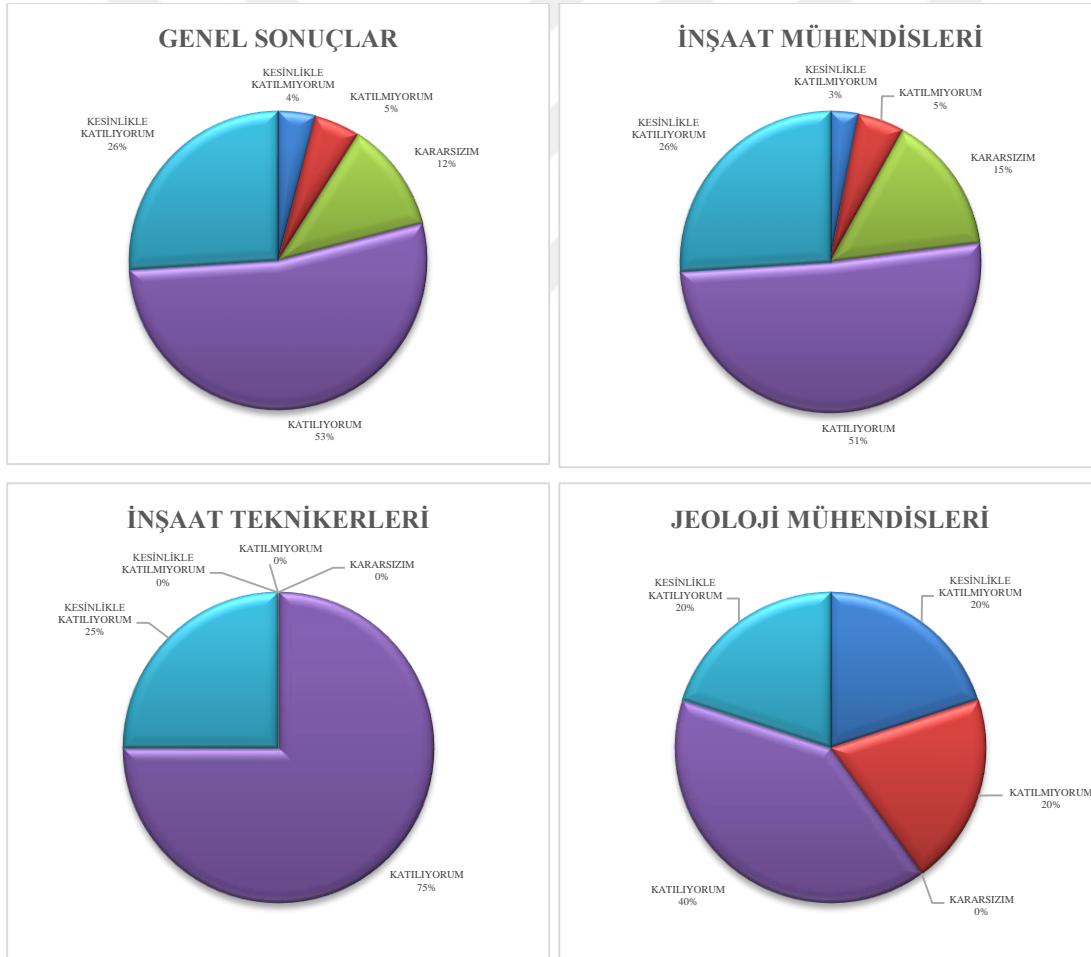
**Şekil 5.32 :** Otuz altı nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.

Otuz yedinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon su/çimento oranı mukavemeti dolaylı olarak enjeksiyon basıncını etkileyeceği için azami özen gösterilmeli midir? Soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.37 ve Şekil 5.33' de %79 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum,

%9 katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %12' sinin kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.37 : Otuz yedi nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
37	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon su/çimento oranı mukavemeti ve vizkozitesi de dolaylı olarak enjeksiyon basıncını etkileyeceği için azami özen gösterilmelidir.	GENEL SONUÇ	4%	5%	12%	53%	26%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	5%	15%	51%	26%
		İNŞAAT TEKNİKERLERİ	0%	0%	0%	75%	25%
		JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ	20%	20%	0%	40%	20%



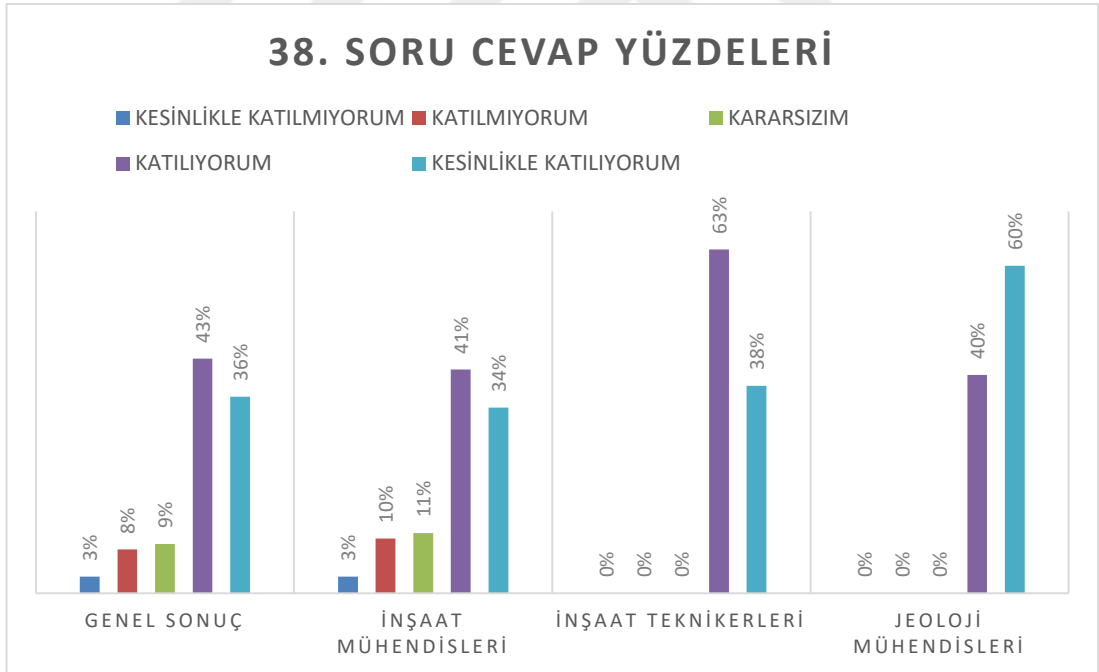
**Şekil 5.33 : Otuz yedi nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren şemalar.**

Otuz sekizinci soruda sorulan Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, imalat tamamlandıktan sonra tüm jet grout kolonlarının hedeflenen mukavemet

değerine ulaşmadan (son kolon imalatı tamamlandıktan sonra 28 gün geçmeli) üst yapıya başlanmamalı mıdır? Bu soruya verilen yanıtların tablo ve şematik olarak gösterildiği Çizelge 5.38 ve Şekil 5.34’ de %79 oranında katılıyorum ya da kesinlikle katılıyorum, %11 oranında katılmıyorum ya da kesinlikle katılmıyorum diyen katılımcıların %9’ unun kararsız kaldığı gösterilmektedir.

**Çizelge 5.38 : Otuz sekiz nolu anket sorusuna verilen cevap yüzdeleri.**

NO	SORULAR	MESLEKLERE GÖRE VE GENEL SONUÇLAR	KESİNLİKLE KATILMIYORUM	KATILMIYORUM	KARARSIZIM	KATILYORUM	KESİNLİKLE KATILYORUM
38	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, imalat tamamlandıktan sonra tüm jet grout kolonlarının hedeflenen mukavemet değerine ulaşmadan (son kolon imalatı tamamlandıktan sonra 28 gün geçmeli) üst yapıya başlanmamalıdır.	GENEL SONUÇ	3%	8%	9%	43%	36%
		İNŞAAT MÜHENDİSLERİ	3%	10%	11%	41%	34%
		İNŞAAT TEKNİKLERLERİ	0%	0%	0%	63%	38%
		JEOLJİ MÜHENDİSLERİ	0%	0%	0%	40%	60%



**Şekil 5.34 : Otuz sekiz nolu anket sorusu yanıt yüzdelerini gösteren diyagram.**

Çizelge 5.39’ da gösterilen otuz dokuz numaralı açık uçlu soruya katılımcıların verdiği cevaplar; zemin iyileştirme imalatlarının tamamında proje ekibi ile uygulama ekibinin birbirinden çok kopuk olarak çalıştıkları ancak birlikte çalışmalarının sağlanması

gerekmektedir. Yönetmeliklerin yeterli olduğu, ekonomik kaygılar neticesinde projeler ve uygulamalar gelişi güzel şekilde hayata geçirilmekte, öncelikle bu zihniyetin değişmesi gerekmektedir. Eğitime daha fazla önem verilmesi gerekmekte ve yönetmelikler uygulamaya çokta uygun değil bu nedenle iyileştirmeler yapılması faydalı olacaktır. İş güvenliğine en az işin yapılması kadar önem verilmesi gerekmektedir.

**Çizelge 5.39 :** Otuz dokuz nolu açık uçlu anket sorusu.

NO	SORULAR	GÖRÜŞ VE ÖNERİLERİNİZİ BELİRTİNİZ
39	Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme imalat süreçleri için yönetmelik ve uygulamalarda gördüğünüz eksiklikler nelerdir? Ne tür iyileştirmelerin yapılmasının faydalı olacağını düşünüyorsunuz?	

## 6. SONUÇLAR

İlk soruda sorulan; Jet grout sistemlerinden hangisi en verimli ise o sistem tercih edilmeli midir? İlk soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirilecek olursa; mühendislik, hedeflenen sonuçlara en verimli ve en ekonomik şekilde ulaşmak olduğuna göre bu sonuç hiçte sürpriz olmamalıdır. Jet grout sistemlerinden en verimli olanı tercih edilmelidir. Kararsız olduğunu belirten %4 ya da katılmayan %2 oranındaki kesim ise bazen verimlilikten çok zorunlulukların daha anlamlı olduğuna inandıkları için bu cevabı vermiş olma olasılığının yüksek olduğu düşünülebilir.

İkinci soruda sorulan; Jet grout sistemlerinden herhangi biri bir diğeri yerine tercih edilebilir mi? İkinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; bu soruda cevapların belli bir kanıda yoğunlaşmamış olmasının en büyük sebebi sorunun detayları düşünüldüğünde ortaya çıkmaktadır. Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılırken projelendirilerek hedeflenen jet grout kolon çapı ve mukavemeti gibi imalat parametrelerinin yanı sıra iyileştirilecek zeminin sınıflandırılması seçilecek Jet grout sisteminin belirlenmesinde önemli parametrelerdir. Çakıl ve kum gibi granüler zeminlerde etkili olan Jet 1 yöntemi, kil ve siltli sıkı olmayan ince daneli zeminlerde çokta etkili olamamakta ve oluşturulabilecek kolon çapları düşmektedir. İnce daneli zeminlerde Jet 3 ve Süper Jet yöntemleri ile daha başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bunun yanında Jet 1 yöntemi ile en başarılı sonuçlara ulaşılabilen gevşek ve granüler zeminlerde bile 1,00 m çapın üzerinde kolon elde etmek sistem detaylarından dolayı mümkün olamamaktadır. Bu durumda hedeflenen proje Jet grout kolon çapı 1,00 m' nin üzerindeyse Jet 1 yöntemini kullanmak mümkün olamayacaktır. Bunun yanında Jet 3 yönteminde jetin aşındırma enerjisini arttırmak için kullanılan su ve havanın jet grout kolonunun çapını ciddi ölçülerde arttırmasına rağmen kolon mukavemetinin düşmesine sebep olduğu unutulmamalıdır.

Üçüncü soruda sorulan iyi projeci, iyi uygulamacıdan daha etkili midir? İkinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; iyi bir projenin anlam kazanabilmesi için mümkün olduğunca doğru ve eksiksiz olarak sahaya tatbik edilmesi gerekmektedir. Bu da ancak iyi ve tecrübeli uygulamacılar sayesinde gerçekleşebilir.

Elbette iyi bir sonuç elde edebilmek için tüm aşamalar ve imalat adımları çok önemlidir ve titizlikle takip edilmelidir. Doğru bir zemin etüdü, tecrübeli bir proje mühendisinin elinde iyi bir projeye, iyi bir projede tüm aşamaları titizlikle sahaya uygulandığında iyi ve tecrübeli bir uygulama ekibinin elinde anlam kazanır.

Dördüncü soruda sorulan; Jet grout uygulama projeleri ilgili kurum ve kuruluşların onayından geçirilmeli midir? Dördüncü soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; mühendislik yapılarında zemin etüdü, mimari, statik, mekanik ve elektrik projeleri ilgili kurumların onayından geçmeden imalata izin verilmemektedir. Sonrasında da ilgili bakanlığın atadığı yapı denetimler, yerel yönetimlerin kontrolünde hayata geçirilmektedir. Tüm bu mühendislik yapısını taşıyan zeminin eğer gerekiyorsa hem jet grout yöntemi ile iyileştirilmesinde hem de diğer zemin iyileştirme yöntemlerinde hazırlanan projeler ve sonrasında uygulamalar yeterince denetlenmemektedir. Hem projelerin hem de uygulamaların denetlenmesi yeterli bilgi ve deneyime sahip kişi ya da kurumlarca yapılmasının, bu zemin üzerine inşa edilecek mühendislik yapısının güvenliği için hayati öneme sahiptir.

Beşinci soruda sorulan; Jet grout uygulama projelerini oluşturan proje firmaları ya da projecilerin dünyadaki gelişmeleri takip etmesi doğru ve ekonomik çözümler oluşturulmasını etkiler mi? Beşinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; teknolojik gelişmeler özellikle son yüzyılda ivmesini daha da arttırmıştır. Bu hızlanmanın bilişim sektörünün, hem donanım hem de yazılımlarla desteklenen gelişmelerine yapay zekâların da katılmasıyla gerçekleşmektedir. Kullanılan makine ve teknolojilerde bu doğrultuda hızla gelişmektedir. Tüm bu gelişmelerin takip edilmesinin verimliliği arttıracığı, daha güvenilir verilere ulaşmamızı ve daha güvenilir sonuçların ortaya çıkmasını sağlaması sürpriz olmayacaktır.

Altıncı soruda sorulan; Jet grout uygulama projelerini oluşturan proje firmaları ve projecilerin bir sertifikasyon sisteminin tabi tutulmalarının ve belirli periyotlarla kontrol edilmelerinin doğru ve ekonomik çözümlere ulaşılabilmesi için önemli midir? Altıncı soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; bahsi geçen uygulama statik proje çizen mühendisler inşaat mühendisleri odası aracılığıyla her yıl belirli bir puanı dolduracak kadar seminere katılma zorunluluğu şeklinde geçmiş yıllarda uygulanmaktaydı. Bu şekilde hem aktif olarak proje oluşturanların kayıt altına alınması sağlanmakta hem de kısıtlı da olsa akademik ve teknolojik olarak

gelişmelerden haberdar olmaları sağlanmaktaydı. Bu veya benzer bir sistemin geliştirilerek zemin iyileştirme projeleri oluşturan proje mühendislerine de uygulanması faydalı olacaktır.

Yedi nolu açık uçlu soruda; daha iyi projeler için uygulama ve yönetmeliklerde ne gibi iyileştirmeler yapılmalıdır? Katılımcıların verdiği cevaplara bakıldığında jet grout uygulama projelerini oluşturan firma ve projecilerin teknolojik gelişmeleri takip etmelerinin, bir sertifikasyon sistemine tabi tutulmalarının ve belirli periyotlarla sertifikaların güncellenmesinin, ortaya çıkan projelerin devlet tarafından veya devlet kontrolündeki ilgili oda, kurum veya kuruluşlarca ya da üniversitelerin ilgili bölüm ve akademisyenleri tarafından kontrol edilerek onaylanmasının, yönetmeliklerin güncellenerek yoruma açık ifadelerin azaltılması ve sahada karşılaşılan problemlere karşı çözüm ve önerilerde bulunmasının faydalı olacağı belirtilmiştir.

Sekizinci soruda sorulan; Jet grout uygulama firmalarının geçmiş tecrübeleri, planlanan projelerin hayata geçirilmesinde doğrudan etkili midir? Sekizinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; benzer iş tecrübesi ne kadar fazla olursa sahada karşılaşılabilecek sorunlarla yüzleşilmesi ve bu sorunlara çözüm bulunma oranı o denli fazla olacaktır. Bunun yanısıra projenin en doğru şekilde sahaya uygulanması için yapılması gereken tüm aşamalar ve kontrollerin daha önce birçok kez tekrarlanmış olması da avantaj sağlayacaktır. Ancak tecrübe kişiden kişiye, kurumdan kuruma değişen kişi ve kurumların ilgi beceri ve kapasiteleriyle orantılı olarak farklı sonuçlar ortaya çıkabileceğinden ölçülebilir bir veri değildir ve bilimsel bir karşılığı yoktur.

Dokuzuncu soruda sorulan; Jet grout uygulama ekiplerinin ustalık ya da uzmanlık belgelerinin olması, planlanan projelerin hayata geçirilmesinde doğrudan etkili midir? Dokuzuncu soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; uygulama yapacak ekiplerin jet grout imatları ve sistemleriyle ilgili olarak bir eğitime tabi tutulmalarının, şantiye kurulumundan, makine ve ekipmanların kullanımı, bakımı, imalat aşamaları gibi konularda eğitilmeleri, yapılması ve yapılmaması gereken konularında bilgilendirilmeleri hem imalat kalitesini arttıracak hem de istenmeyen kazaların ve iş kayıplarının önüne geçecektir.

Onuncu soruda sorulan; Jet grout uygulama ekiplerinin geçmiş tecrübeleri, planlanan projelerin hayata geçirilmesinde doğrudan etkili midir? Onuncu soruya verilen

yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; benzer iş tecrübesi ne kadar fazla olursa sahada karşılaşılabilecek sorunlarla yüzleşilmesi ve bu sorunlara çözüm bulunma oranı o denli fazla olacaktır. Bunun yanısıra projenin en doğru şekilde sahaya uygulanması için yapılması gereken tüm aşamalar ve kontrollerin daha önce birçok kez tekrarlanmış olması da avantaj sağlayacaktır. Ancak tecrübe kişiden kişiye, kurumdan kuruma değişen kişi ve kurumların ilgi, beceri ve kapasiteleriyle orantılı olarak farklı sonuçlar ortaya çıkabileceğinden ölçülebilir bir veri değildir ve bilimsel bir karşılığı yoktur.

On birinci soruda sorulan; Jet grout uygulamalarında, uygulama ekiplerinin yönetiminde uzman teknik personellerin olması, uygulama ekiplerinin uzmanlık veya ustalık belgesine sahip olmasından daha etkili midir? On birinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; elbette tercih edilecek olan uygulama ekiplerinin ustalık ve uzmanlık belgelerinin olmasının yanında ekiplerin başlarında uzman teknik personellerin olması olacaktır. Ekiplerin yeterli bilgi ve birikime sahip olmamaları durumunda yönetimlerinde uzman bir teknik personelin olmasının tek başına iyi bir sonuç ortaya çıkmasına yeterli olacağını düşünmek fazla iyimser bir düşünce olacağı unutulmamalıdır.

On ikinci soruda sorulan; Jet grout uygulamalarında, uygulama ekiplerinin yönetiminde uzman teknik personellerin olması, uygulama ekiplerinin tecrübeli olmasından daha etkili midir? On ikinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; on birinci soruya benzer olarak tercih edilecek olan uygulama ekiplerinin tecrübeli olmasının yanında ekiplerin başlarında uzman teknik personellerin olması olacaktır. Elbette tecrübe göreceli bir kavramdır ancak ekiplerin yeterli bilgi ve birikime sahip olmamaları durumunda yönetimlerinde uzman bir teknik personelin olmasının tek başına iyi bir sonuç ortaya çıkmasına yeterli olmayabilir.

On üç nolu açık uçlu soruda; uygulama ekiplerinin daha iyi sonuçlara ulaşması için uygulama ve yönetmeliklerde ne gibi iyileştirmeler yapılmalıdır? Katılımcıların verdiği cevaplara bakıldığında jet grout uygulama ekiplerinin teknolojik gelişmeleri takip etmelerinin, bir sertifikasyon sistemine tabi tutulmalarının ve belirli periyotlarla sertifikaların güncellenmesinin yanı sıra uygulamacıların öncelikle staj süreleri olmalı ve stajlarını başarıyla tamamladıktan sonra ustalık belgesi almaları sağlanmalıdır. Uygulamaların yeterince denetlenmediği, gerekiyorsa şantiye yönetimine ek olarak devlet kurumları ve devletin yetkilendirdiği kuruluşlar tarafından denetlenmesinin faydalı olacağı söylenebilir. Yönetmeliklerde yeterli deneyim ve iş bitirmelerin olması

gerektiği ile ilgili ifadeler eklenmesinin faydalı olacağı belirtilmesine rağmen, tecrube ve deneyimin kişiden kişiye, kurumdan kuruma değişen, kişi ve kurumların ilgi, beceri ve kapasiteleriyle orantılı olarak farklı sonuçlar ortaya çıkabileceğinden ölçülebilir bir veri değildir ve bilimsel bir karşılığı yoktur.

On dördüncü soruda sorulan; Jet grout uygulama firmalarının seçiminde makine ve ekipmanlarının teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması tercih sebebi midir? On dördüncü soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; makine ve ekipmanların teknolojinin gerisinde kalmaması aynı zamanda bu makine ve ekipmanları kullanacak ekiplerin de yeni makine ve ekipmanlara adaptasyonunun sağlanması yani güncellenmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle sadece makinelerin güncellenmesi olarak bakmak doğru olmayacaktır. Aynı zamanda ekiplerinde eğitimine ve güncel kalmasına yatırım yapıldığı anlamına gelmektedir ve tercih sebebi olmalıdır.

On beşinci soruda sorulan; Jet grout uygulama firmalarının makine ve ekipmanlarının periyodik bakım ve kalibrasyonlarının yapıyor olması tercih sebebi midir? On beşinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; periyodik bakım ve kalibrasyonların zamanında ve eksiksiz yapılması imalatın yapılırken kullanılan enjeksiyon basıncı, tij çekme ve döndürme hızı, enjeksiyon harcı su/imento karışım oranları gibi imalat parametrelerinin doğru olarak uygulanması için çok önemlidir ve bakımlı makine ve ekipman beklenmeyen arızaların ve iş gücü kayıplarının önüne geçmek için en önemli argümanlardan biridir.

On altıncı soruda sorulan; Jet grout uygulama firmalarının makine ve ekipmanlarının teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması mevcut makine ve ekipmanlarının periyodik bakım ve kalibrasyonlarını yapıyor olmasından daha önemli bir tercih sebebi midir? On altıncı soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; daha önceki değerlendirmelerde belirtildiği üzere, makine ve ekipmanların teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması aynı zamanda makine ve ekipmanları kullanan ekiplerinde yeni teğhizata göre eğitilmesi ve güncellenmesi yatırımı olarak olumlu değerlendirilmelidir. Aynı zamanda tüm makine ve ekipmanların kalibrasyon ve bakımları zamanında ve eksiksiz yapılmalıdır. Hızla gelişen teknolojiye ayak uydurmak tüm firmalar için çok mümkün ve ekonomik olmayacaktır. Bu nedenle katılımcıların azımsanmayacak bölümü kararsız kalmıştır.

On yedinci soruda on altıncı sorunun tersi sorularak; Jet grout uygulama firmalarının makine ve ekipmanlarının periyodik bakım ve kalibrasyonlarını yapıyor olması, teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmamasından daha önemli bir tercih sebebi midir? On yedinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; hızla gelişen teknolojiye ayak uydurmak tüm firmalar için çok mümkün ve ekonomik olmayacaktır. Bu nedenle bu güce sahip olmayan firmaların en azından makine ve ekipmanlarının kalibrasyon ve bakımlarını eksiksiz yaparak imalat kalitesi ve sürecine olumlu bir katkı sağlamış olacaktırlar. Teknolojiyi takip etmenin ekonomik olarak bir maliyeti vardır, teknolojiyi takip etmek verimliliği arttıracak bir etkiye de sahip olabilir ancak bu ikisinin nasıl bir denge oluşturacağı belirsizdir. Teknolojiyi takip edemeyen firmalar, muhtemelen teknolojiyi takip eden firmalara oranla daha uygun maliyetler ortaya koyabilecektir. Katılımcıların çoğunlukla bu görüşe katılmasının sebebi ekonomik kaygılar olabilir. Buna ek olarak katılımcıların azımsanmayacak bölümü kararsız kalmıştır.

On sekiz nolu açık uçlu soruda; uygulama firması makine ve ekipmanlarının daha güvenilir, ekonomik ve problemsiz uygulamaları hayata geçirebilmesi için uygulama ve yönetmeliklerde ne gibi iyileştirmeler yapılmalıdır? Katılımcıların verdiği cevaplara bakıldığında jet grout uygulama firmalarının makine ekipmanlarının, trafiğe çıkan araçlara uygulanan muayene zorunluluğu ya da yolcu ve yük asansörlerindeki etiket uygulamalarına benzer şekilde ilgili oda, kurum veya yetkilendirilen kuruluşlar tarafından kayıt altına alınması belli model yılı veya çalışma saatini dolduran makinelerin kullanılmasına izin verilmemesi, bakım, onarım ve kalibrasyonlarının yapılması ve takip edilmesinin sağlanmasının faydalı olacağı söylenebilir. Ayrıca zemin formasyonlarına göre uygun özellikteki makine ve ekipmanlar kullanılmalıdır.

On dokuzuncu soruda sorulan; Jet grout uygulama firma seçiminde ekonomik olarak en düşük maliyeti ortaya koymak tercih sebebi midir? On dokuzuncu soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; mühendislik en iyi sonuca en ekonomik şekilde ulaşmaktır demiştik. Ancak her zaman en ekonomik yol en iyi sonuca ulaşmamızı sağlamaz. Bu nedenle en düşük maliyeti ortaya koyan firma seçilmeden önce ekip, ekipman, makine parkı, geçmiş tecrübeleri sorgulanmalı hedeflenen proje hayata geçirilirken problem yaşatmayacak ya da en az problemle sonuca ulaşılmasını sağlayacak firma seçilmeye çalışılmalıdır.

Yirminci soruda sorulan; Jet grout uygulama ekiplerinin uzmanlık veya ustalık belgesine sahip olması firma seçiminde etkili midir? Yirminci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; firma seçiminde tek sorgulanması gereken konu bu olmamakla birlikte, sorgulanması gereken tüm diğer konu ve detaylara ek olarak; uygulama ekiplerinin uzmanlık veya ustalık belgesine sahip olmaları, makine operatörlerinin operatör belgelerinin olması sorgulanmalıdır.

Yirmi birinci soruda sorulan; Jet grout uygulama firma seçiminde tecrübeli ve uzman ekiplerle çalışmak projeyi daha düşük maliyetle hayata geçirmekten daha önemli midir? Yirmi birinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; ne yapacağını bilen tecrübeli ve uzman ekiplerle çalışmak projenin daha doğru hayata geçirilmesinde bir adım önde başlanmasını sağlayacak önemli bir avantajdır. Süre, kalite, güvenilirlik gibi birçok konuda da daha avantajlı olunmasını sağlayacağı yadsınamayacak bir gerçekliktir.

Yirmi ikinci soruda sorulan; Jet grout uygulama firma seçiminde makine ve ekipmanların teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmaması projeyi daha düşük maliyetle hayata geçirmekten daha önemli midir? Yirmi ikinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; teknolojik gelişmeler daha iyi sonuçlara daha ekonomik olarak ulaşmamızı yani verimliliği artırma hedefiyle yapılan güncellemelerdir. Bazen bu güncellemeler makine ve ekipmanların tamamen ya da kısmen değiştirilmesine neden olabileceğinden bir maliyet oluşmasına neden olmakta ve bu maliyette yapılan işe yansiyabilmektedir. Uzun vadede verimliliğin artması kısa vadede maliyeti arttırabilmektedir. Ancak bu fizibilite yapılırken tüm değerler ortaya koyulmalıdır. Bazen projenin ihtiyacı aynı işi daha kısa sürede yapmak olabilir bunu daha güncel bir yöntemle sağlamak mümkünse aynı işe bir miktar daha fazla ödeme yapılarak zaman kazanmak daha önemli bir kazanım olabilir.

Yirmi üçüncü soruda sorulan; Jet grout uygulama firma seçiminde makine ve ekipmanların periyodik bakım ve kalibrasyonlarının yapılmış olması projeyi daha düşük maliyetle hayata geçirmekten önemli midir? Yirmiüçüncü soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; makine ve ekipmanın kalibrasyonu ve periyodik bakımları yapılmadığında yaptığımız imalattaki enjeksiyon basıncı, tij çekme ve döndürme hızı, enjeksiyon harcı su/çimento oranı gibi önemli imalat parametrelerinin doğruluğundan nasıl emin olabiliriz. Aynı zamanda bakımsız makine ve ekipman her an beklenmeyen bir arıza ya da iş kazasına sebep olma potansiyeli ile

işin durmasına, iş gücü kaybına ve istenmeyen bir çok durumun ortaya çıkmasına sebep olabilme potansiyeli ile düşünüldüğünden daha pahalıya mal olabilmektedir.

Yirmi dört nolu açık uçlu soruda; uygulama firma seçiminde uygulama ve yönetmeliklerde hangi kriterler ön planda tutulmalıdır? Firmalara iş bitirme, referans ve tecrübeler, sertifikalı çalışan işçi ve operatör sayısı, makine ve ekipman parkuru ve periyodik bakımlarını gösterir belgeler gibi belirleyici unsurları içeren bir formülizasyon ile puanlama yapılması ve değerlendirmelerde bu puanın kullanılması faydalı olabilir. Belirli puanın altında kalan firmaların uygulama yapmasına izin verilmemesi gibi kriterler firmaların bu konularda olumlu anlamda değişimlerini sağlayacaktır. Bunun yanında işverenlerin ekonomik kaygılardan önce işin doğru ve güvenilir olarak hayata geçirilmesinin sağlanmasını önemsemeleri gerekmektedir.

Yirmi beşinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılırken proje hedef kriterlerine ulaşılmasında test kazığı yapılması hayati öneme sahip midir? Yirmi beşinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; zemin etüt raporuyla belirlenen zemin formasyonuna ve durumuna göre oluşturulan jet grout kolonu çapı ve mukavemeti gibi proje kriterlerine ulaşılması için kullanılacak jet grout sistemi seçilebilmektedir. Ancak hangi enjeksiyon basınç değeri, hangi tij döndürme ve çekme hızı, hangi su/çimento oranı kullanılması gerektiği ancak test kazıkları yapılarak bilinebilir. Test kazıkları prizini tamamladıktan sonra etrafı kazılarak minimum çap kontrolü ve karot numuneleri alınarak mukavemet kontrolü yapılarak imalat parametrelerine karar verilmelidir.

Yirmi altıncı soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılırken proje hedef kriterlerine ulaşılan test kazığı imalat parametrelerin tüm jet grout kolonlarında takip edilmesi önemli midir? Yirmi altıncı soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; test kazıklarında karar verilen imalat parametreleri proje kriterlerine ulaşılması için gereken imalat parametreleridir. Test kazıklarının etrafı açılarak kontrol edilmektedir. Ancak sonrasında yapılan proje jet grout kolonlarının etrafı kazılmamaktadır ya da tamamı kazılmamaktadır. Bu nedenle belirlenen imalat parametreleri tüm jet grout kolonlarında uygulanmalı, kontrol edilmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Aksi halde doğru uygulama yapıldığından, proje kriterlerine ulaşıldığından emin olmak mümkün değildir.

Yirmi yedinci soruda sorulan; Jet Grout imalatının uygulandığı hava sıcaklığı, enjeksiyonun viskozitesini etkileyeceğinden enjeksiyon basıncını, Jet Grout kolonu mukavemetini ve çapını etkiler. Bu nedenle Jet grout uygulaması yapılırken hava sıcaklığının alt ve üst limiti belirtilmeli midir? Yirmi yedinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; beton dökümü sırasında; ortalama sıcaklığın art arda üç gün süre ile + 5 °C'un altına düşmesi TS 1248 standardında soğuk hava olarak tanımlanmıştır. Birbirini izleyen 3 günden uzun bir süre içinde; günlük ortalama hava sıcaklığı 5°C' den az ise veya 24 saatlik bir sürenin yarısından daha fazla bir sürede sıcaklık 10°C' nin üzerine çıkmıyor ise, bu koşullar da yine soğuk hava koşulları olarak tanımlanmaktadır. Beton ve dolayısıyla enjeksiyonun kullanıldığı ortamın sıcaklığı düşünce priz süresi uzar, hidrasyon yavaşlar ve dayanım kazanma hızı azalır. Beton ya da enjeksiyonla birlikte içindeki suyun donmasıyla birlikte hidrasyon da durur. Don etkisine uğrayan beton çözülünce hidrasyon yeniden başlayabilir, ancak çimento hamuru-agrega, çimento hamuru-donatı ya da Çimento hamuru-zemin ara yüzeylerinde aderans büyük ölçüde azalır. Bu durum ise beton ya da enjeksiyon harcı dayanımında düşüşe yol açar. Aynı şekilde TS 1248 standardına göre; beton dökümü sırasında ortalama sıcaklığın art arda üç gün süre ile 30°C' nin üstünde bulunduğu süredeki hava durumu sıcak hava olarak tarif edilmektedir. Amerikan Beton Enstitüsü ACI 305'de ise, sadece sıcak hava değil, bunun yanında beton özelliklerini olumsuz etkileyebilecek yüksek beton sıcaklığı, düşük bağıl nem, yüksek rüzgar hızı ve güneş ışınları da dikkate alınmaktadır. Sıcak havada oluşan problemlerin çoğunluğu, çimentonun hidrasyon hızının artması ile enjeksiyon harcı ve taze beton karışımındaki suyun buharlaşma hızının artması ile ilişkilidir. Oluşan ısı; çimento bileşimi ve inceliğine, beton bileşimine, ortam ve beton sıcaklığına, katkı maddelerinin kullanımına bağlı olarak değişir. Sıcak havaya bağlı olarak enjeksiyon harcı ve taze betonda; çökme kayıp hızının artması, priz süresinin kısalması, plastik rötrenin artma olasılığı gibi problemler ortaya çıkar. Sıcak havada betonun erken kuru daha büyük önem kazanır. Bu nedenle jet grout imatları yapılırken hava sıcaklığı ve enjeksiyon harcının sıcaklıkları kontrol edilmeli alt ve üst sınırları belirtilmelidir.

Yirmi sekizinci soruda sorulan; Jet Grout imalatında kullanılan çimento cinsi, priz alma süresi ve mukavemeti etkileyeceğinden projede çimento cinsi belirtilmeli midir? Yirmi sekizinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; Çizelge 6.1' de 2014 yılı verilerine göre Türkiye' de üretilen ve satılan çimento tip ve miktarları

gösterilmektedir. Çimento tipinden sonra “/” işaretini izleyen A, B ve C harfleri kullanılan mineral katkı miktarına göre verilmektedir. En az katkı kullanıldığında A, daha fazla katkı kullanıldığında B ve en çok katkı kullanıldığında C harfi kullanılmaktadır ya da başka bir deyişle nihai karışımdaki klinker oranı en yüksek olan A, orta olan B ve en az olan C ile gösterilmektedir. Bu katkıların miktarları ise standartta belirtilmiştir. Bu harfleri izleyen “-” işaretinden sonra belirtilen S (Yüksek fırın cürufu), D (Silis dumanı), P (Doğal puzolan), Q (Doğal kalsine puzolan), V (Silisli uçucu kül), W (Kireçli uçucu kül), T, L ve LL (Kireç taşı katkısını) harfleri ise kullanılan mineral katkı türünü belirtmektedir. Bu ifadelerden en önemli olanı çimentonun dayanımı TS EN 196-1’e göre tayin edilen 28 günlük basınç dayanımı (MPa) olarak tanımlanır ve 32,5, 42,5 ve 52,5 olmak üzere üç ayrı şekilde verilir.

**Çizelge 6.1 : 2014 yılı verilerine göre Türkiye’ de üretilen çimento tip ve miktarları (URL-12).**

Çimento Tipi	Adı	Notasyon	Klinker Oran (%)	32.5	42.5	52.5	TOPLAM	%
CEMI	Portland Çimento	CEMI	95-100	11.209	32.918.321	783.849	33.713.379	53,40%
CEM II	Portland Cürufu Çimento	CEM II/A-S	80-94	0	270.379	0	270.379	0,40%
		CEM II/B-S	65-79	0	143.232	0	143.232	0,20%
	Portland Puzolanlı Çimento	CEM II/A-P	80-94	0	757.138	0	757.138	1,20%
		CEM II/B-Q	65-79	0	127.730	0	127.730	0,20%
	Portland Uçucu Külü Çimento	CEM II/A-V	80-94	0	119.529	0	119.529	0,20%
		CEM II/B-V	65-79	0	18.983	0	18.983	0,00%
	Portland Kalkerli Çimento	CEM II/A-L	80-94	0	921.075	0	921.075	1,50%
		CEM II/B-L	65-79	452.290	42.446	0	494.736	0,80%
		CEM II/A-LL	80-94	0	2.486.607	0	2.486.607	3,90%
		CEM II/B-LL	65-79	1.018.265	69.692	0	1.087.957	1,70%
	Portland Kompoze Çimento	CEM II/A-M	80-94	203.519	10.024.146	83.295	10.310.960	16,30%
		CEM II/B-M	65-79	2.724.902	1.802.217	0	4.527.119	7,20%
CEM III	Yüksek Fırın Cürufu Çimento	CEM III/A	35-64	142.922	647.490	0	790.412	1,30%
		CEM III/B	20-34	135.649	0	0	135.649	0,20%
CEM IV	Puzolanik Çimento	CEM IV/A	65-89	514.054	322.526	0	836.580	1,30%
		CEM IV/B	45-64	5.126.360	114.285	0	5.240.645	8,30%
CEM V	Kompoze Çimento	CEM V/A	40-64	476.811	271.124	0	747.935	1,20%
		CEM V/B	20-38	73.973	244.639	0	318.612	0,50%
DİĞER				45.300	81.973	0	127.273	0,20%
			<b>TOPLAM</b>	<b>10.925.254</b>	<b>51.383.532</b>	<b>867.144</b>	<b>63.175.930</b>	
			<b>%</b>	<b>17,30%</b>	<b>81,30%</b>	<b>1,40%</b>	<b>100,00%</b>	

Çimento standart basınç dayanımının ardına ise çimentonun dayanım kazanma hızını ifade eden bir harf ilave edilir. Eğer çimento erken yüksek basınç dayanımı kazanıyorsa (R), normal ise (N) ifadesi eklenir. Sadece CEM III tipi çimentolara ise çok yavaş basınç dayanımı kazanıyorsa (L) ifadesi konulabilir. TS EN 197-1'de herhangi bir çimentonun belirli bir dayanım sınıfına dahil edilebilmesi için gereken koşullar verilmektedir. Dayanıma ilave olarak TS EN 197-1 kapsamında yer alan çimentolardan 7 ürün bazı koşulları sağladıkları takdirde sülfata dayanıklı (SR) genel çimento olarak tanımlanabilmektedir. Örneğin CEM III-C 32,5 L-LH/SR çimento denildiğinde; yüksek fırın cürufu, dayanım sınıfının 32,5 Mpa, çok yavaş basınç dayanımı kazanan, düşük bir reaksiyon ısısına sahip ve sülfata dayanıklı olduğunu işaret etmektedir (URL-13).

Yirmi dokuzuncu soruda sorulan; Jet grout uygulaması yapılırken, zeminin su muhtevası, jet grout kolon çapını ve mukavemetini etkileyeceğinden, su muhtevası mevsim koşullarına göre değişkenlik gösterebileceğinden, test kazıklarının uygulama yapılacak zemin koşullarıyla aynı olmasına dikkat edilmeli midir? Yirmi dokuzuncu soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; zemin etüdü yapıldığı zaman dilimi ve hava koşulları, test kazığı ve sonrasında proje kazıklarının yapıldığı zaman dilimi ve hava koşullarına göre zemin içeriğindeki su muhtevası ve yer altı su seviyesi değişkenlik gösterebilir. Zemindeki su miktarı arttıkça oluşacak kolon mukavemetinin azalmasına neden olabileceği dikkate alınmalıdır. Proje ile hedeflenen kolon basınç mukavemet değerlerinin altına düşülmemesine dikkat edilmeli ve gerekiyorsa riskli olduğu düşünülen kazıklardan karot numunesi alınarak kolon basınç dayanımları kontrol edilmelidir. Eğer yeterli basınç dayanımı elde edilemeyecek olursa ilgili kazık etrafına mutlaka ek kazıklar yapılarak projenin güvenilirliği sağlanmalıdır.

Otuzuncu soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığı mukavemetinin hedeflenen değerlere ulaştığı 7 ve 28 günlük karot numuneleri ile kontrol edilmeden imalata devam edilmemeli midir? Otuzuncu soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; test kazığı ile zemin iyileştirme projesinde hedeflenen kolon çapı ve mukavemetine ulaşıldığında kullanılan imalat parametreleri ile kazık imalatına devam edilmesi gerekmektedir. Betonda ve enjeksiyon harcında kullanılan çimento tipi ve hava koşullarında bir miktar etkisi olmakla birlikte 7 günde toplam elde

edilecek basınç mukavemetinin %70' ine 28 günde %95' ine ulaşıldığı düşünülmektedir. Bazı durumlarda 7 günde %70 mukavemet elde edildiği halde 28 günde %95 seviyesine ulaşamadığı durumlar gerçekleşebilmektedir. En doğru olan 28 gün sonundaki basınç muavemet değerini tespit edip kontrolü tamamlandıktan sonra imalata geçilmesi olmakla birlikte 7 gün sonunda elde edilen sonuçlar değerlendirilerek imalata devam edilmesine karar verilebilmektedir.

Otuz birinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığı mukavemetinin kontrol edilmesi tüm projenin doğru şekilde uygulandığının anlaşılması için yeterli midir? soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; elbette jet grout yöntemi ile iyileştirilecek alanın büyüklüğüne göre karar verilebilecek bir konu olmakla birlikte test kazığı ile elde edilen imalat parametreleri sahaya sorunsuz olarak tatbik edilebilirse sıkıntı yaşanma olasılığı düşürülmüş olacaktır. Ancak zemin homojen bir yapıda olmayıp zemin formasyonları, zemin su muhtevası ve yer altı su seviyesi değişiklik gösterebileceği için hem kolon çapları hem de mukavemetleri değişkenlik gösterebilir. Belirli aralıklarla ya da belirli sayıda kazık imalatı yapıldıktan sonra kolon çapları ve basınç mukavemetlerinin kontrol edilmesi projenin güvenilirliğini arttıracak ve belirsizliği ortadan kaldıracaktır.

Otuz ikinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki imalat parametrelerinin kontrolü için jet grout makine ve ekipmanlarına ek göstergeler eklenmesi kontrolü kolaylaştıracağından projenin daha sağlıklı hayata geçirilmesini sağlar mı? Otuz ikinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; teknolojinin ilerlemesiyle paralel olarak hem verimlilik artmakta, hem de ihtiyaç duyulan insan gücü azalmaktadır. Bunun yanı sıra beşeri hataları da en aza indirmek hedefiyle sondaj makinelerine sondaj derinliğini, enjeksiyon basıncını, tij döndürme ve çekme hızlarını gösteren ekipmanlar eklemek hem imalat parametrelerinin doğru uygulanmasını hemde kontrolünü kolaylaştıracağı için çok faydalı olacaktır.

Otuz üçüncü soruda sorulan; Jet grout yöntemlerinden Jet 1, Jet 2, Jet 3 veya Superjet yöntemlerinden birine karar verilmeden önce uygulanacak olan yöntemin kazık etki alanı sınırları içinde en az bir adet sondaj yapılması ve böylelikle uygulama sırasında karşılaşılabilecek olası zemin sıkıntılarının önüne geçilebilir mi? Otuz üçüncü soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; jet grout sistemleri arasındaki

farklardan kaynaklanan ekipman farklılıklarının oluşturacağı tedarik sorunu aşılabiliyorsa bu şekilde elbette çok olumlu sonuçlar elde edilmesi sağlanacaktır. En doğru sisteme karar verilerek, en verimli sonuçlara ulaşılması sağlanabilecektir.

Otuz dördüncü soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki imalat parametrelerinin kontrolü için bir otomasyon sistemi oluşturulması kontrolü kolaylaştıracağından projenin daha sağlıklı hayata geçirilmesini sağlar mı? Otuz dördüncü soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; imalat parametrelerine karar verildikten sonra tüm sahaya uygulanması ve kayıt altına alınmasını kolaylaştıracak bir otomasyon sistemi oluşturulması projenin güvenilirliğini arttıracak ve belirsizlikleri azaltacaktır. Gerçekci olmak gerekirse büyük çaplı projelerde otomasyon sistemi kurulması kontrol mekanizmasını kolaylaştıracak, belirsizlikleri ve hataları azaltacaktır. Ancak küçük çaplı projelerde otomasyon sistemi kurulması yatırıma ihtiyaç duyulmayabilir. Otomasyon sistemi yerine nispeten küçük hacimli projelerde imalat parametrelerinin takibi ve kontrolü için makine ve ekipmanlara eklenecek ek göstergeler daha verimli sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

Otuz beşinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki imalat parametrelerinin kontrolü için gözlem yapılması yeterli midir? Otuz beşinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; imalat aşamalarının kontrolü ilk olarak gözlemlenmektedir. Kullanılan makine ve ekipmanların bakımlı olması, kalibrasyonlarının yapılmış ve göstergelerin doğru olduğu durumlarda gözlem yoluyla doğru sonuçlara ulaşılabilceğini düşünmek yanlış olmaz. Ancak jet grout imalatında enjeksiyonun uygulandığı yer zeminin içerisinde olduğundan zemindeki süreksizlikler kontrolümüz dışında kalacaktır ve örenğin nozüllerin tıkanması, farklı katmanlarda farklı kolon çapları oluşması gibi belirsizlikler oluşmasına sebebiyet verecektir.

Otuz altıncı soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki imalat parametrelerinin kontrolü için gözlem yapılmasının yanı sıra tüm jet grout kolonları için bahsi geçen parametrelerin işlendiği bir takip çizelgesi olmasının faydası olur mu? Otuz altıncı soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; tüm jet grout kolonlarına kullanılan imalat parametrelerin işlendiği, imalat tarihi, hava durumu gibi bilgilerin işlendiği bir kimlik kartı tanımlanması sonrasında eneksiyonun priz sürelerinin takibi,

üst yapıya başlanabileceği tarihin belirlenmesinde ve proje kriterlerine ulaşıp ulaşılmadığının kontrolünün sağlanmasında faydalı olacaktır.

Otuz yedinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, hedeflenen proje kriterlerine ulaşılan test kazığındaki enjeksiyon su/çimento oranı mukavemeti ve vizkozitesi de dolaylı olarak enjeksiyon basıncını etkileyeceği için azami özen gösterilmeli midir? Otuz yedinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; enjeksiyon harcının su/çimento oranında su oranı arttıkça akışkanlık artacak, sürtünme azalacak ve enjeksiyon basıncı artacaktır. Enjeksiyon basıncının artması, nozüllerden çıkan enjeksiyonun enerjisini arttırarak kolon çapının artmasını sağlayabilir. Ancak enjeksiyon harcındaki su miktarı arttıkça oluşacak jet grout kolonu basınç mukavemetinin düşeceği unutulmamalıdır. Bu nedenle jet grout harcının içeriğindeki malzemeleri istenilen miktarlarda otomatik olarak tartarak homojen bir şekilde karıştırabilen bir mikser ve dinlendiriciden oluşan karıştırma-dinlendirme ünitesi kullanılmaktadır. Test kazığında belirlenen enjeksiyon harcı su/çimento oranına tüm kazıklarda uygulandığından emin olunmalıdır.

Otuz sekizinci soruda sorulan; Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılmasında, imalat tamamlandıktan sonra tüm jet grout kolonlarının hedeflenen mukavemet değerine ulaşmadan (son kolon imalatı tamamlandıktan sonra 28 gün geçmeli) üst yapıya başlanmamalı mıdır? Otuz sekizinci soruya verilen yanıtların veri analizi değerlendirildiğinde; test kazığında 7 gün sonunda elde edilen basınç mukavemet değerinin ulaşılacak toplam mukavemet değerinin %70' ine ulaştığı kabul edilerek proje kolonlarının imalatlarına devam edilebileceği düşünülebilir. Ancak üst yapıya başlandığında henüz 28 günlük prizini tamamlamamış ve en azından toplam basınç mukavemetinin %95' ine ulaşmamış jet grout kolonlarına üst yapı yükünün yüklenmesi doğru olmayacaktır. Ancak üst yapı imalatlarına alanı doğru kullanarak ilk yapılan jet grout kolonların priz sürelerini tamamlamasının ardından bu bölümden başlanarak zaman kazanılması sağlanabilir.

Otuz dokuz nolu açık uçlu soruda; jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme imalat süreçleri için uygulama ve yönetmeliklerde ne gibi iyileştirmeler yapılmalıdır? Zemin iyileştirme projelerini oluşturulduktan sonra işin tamamı uygulama ekibine bırakılmakta ve iletişim kesilmektedir, daha iyi uygulamalar ortaya çıkması için projeci ile uygulamacı imalat süreçlerinde birlikte hareket etmelidir. Ekonomik kaygılar neticesinde projeler ve uygulamalar gelişmiş güzel şekilde hayata

geçirilmektedir ancak bu zihniyet değiştirilmelidir. Projeci ve uygulamacıların eğitimine daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Yönetmeliklerdeki yoruma açık ifadeler azaltılmalı ve uygulamaya yönelik oluşabilecek sorun ve durumlar saha araştırmaları yapılarak çözüm, öneri ve zorunluluklar ifade edilmelidir.



## 7. ÖNERİLER VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALAR

Laboratuar ve saha deneyleri ile zemin profili olabildiğince doğru şekilde ortaya çıkarıldıktan sonra, hedeflenen zemin taşıma kapasitesi, sıvılaşma direnci, geçirgenlik gibi hayati önem taşıyan zemin parametrelerinin istenilen değerlerin altında olması durumunda en doğru şekilde projelendirildikten sonra gerekiyorsa en ekonomik ve doğru yöntemle zeminin iyileştirilmesine karar verilir. Zemin iyileştirme yöntemlerinden Jet Grout yönteminin kullanılması kararı verildikten sonra ikinci aşama hangi Jet Grout yönteminin en etkili yöntem olduğuna karar verilmeli ve tasarlanmalıdır. Bu aşamada daha ekonomik ve doğru çözümler olsa bile, ülkemizde kullanım alanı bulamayan Jet 3 ve Süper Jet yöntemleri, ekipman ve teknik bilgi eksikliğinden dolayı tercih edilememekte veya çok büyük projeler dışında kullanılmamaktadır. Bu eksiklik giderilerek daha etkili sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca zemin iyileştirme projeleri, projeleri oluşturan proje firmaları ve proje mühendisleri yeterince denetlenmemektedir. Proje firmaları ve proje mühendisleri ilgili odalar tarafından, devlet kurumları ya da devletin yetkilendirdiği kurumlar tarafından eğitime tabii tutularak, başarı ile eğitimi tamamlayan firma ve mühendislere sertifika verilerek zemin iyileştirme projeleri oluşturabilme izni verilebilir. Teknolojik gelişmeler, yönetmelik değişiklikleri gibi önemli güncellemelerin firma ve mühendisler tarafından takip edilebilmesini sağlamak için belirli periyotlarla güncellenerek eğitimler yeniden verilmeli ve sertifikaların geçerlilik süreleri olmalıdır. Buna ek olarak her yıl ilgili oda ve kurumlar dünyada ve ülkemizdeki teknolojik gelişmeler ve yönetmelik değişiklikleriyle ilgili daha aktif olarak çalışmalı; seminer, konferans, video ve eğitimlerle proje firma ve mühendislerine destek vermelidirler. Bu eğitim çalışmalarının tüm ilgililere ulaştırılmasının sağlanması; daha önceleri statik projeleri oluşturan mühendislere inşaat mühendisleri odası tarafından uygulanan belirli puanları olan seminer ve eğitimlerden her yıl belirlenen bir puana ulaşma zorunluluğu getirilerek sağlanabilir.

Jet Grout yönteminde kullanılan ekipman ve makineler, diğer iksa ve zemin iyileştirme yöntemlerinde kullanılan makine ve ekipmanlarla aynı veya basit değişikliklerle

dönüştürülebildiği için oldukça yaygındır. Bu bir avantaj olmakla birlikte, Jet Grout yöntemi hakkında deneyimsiz veya eksik bilgiye sahip kişiler tarafından yapılabilmesi açısından da bir dezavantaj olarak görülmektedir. Jet Grout Yöntemi, uzman ve deneyimli ekipler tarafından yapılması tercih edilmeli ve sağlanmalıdır. Bu nedenle ilgili oda, devlet kurumları ya da devletin yetkilendirdiği ve kontrol ettiği kurumlar tarafından ustalık belgesi veya etkin bir belgelendirme sistemi oluşturulmalı ve değerlendirilmelidir. Jet grout uygulaması yapan firma ve ekipler geçerlilik süresi olan sertifika, ustalık ve uzmanlık belgeleri ile Türkiye ve Dünya' daki teknolojik gelişmeler, yönetmelik ve uygulama değişiklikleri hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmalıdır. Buna ek olarak Jet Grout yöntemleri ile zemin iyileştirme yapabilen firma ve uygulama ekiplerinin geçerli sertifika, operatör ehliyeti, ustalık ve uzmanlık belgeleri olanlar kayıt altına alınarak, yeterliliği olan, tecrübeli, eğitimli firma ve uygulamacıların imalatlarda görev alması sağlanmalıdır.

Jet Grout yöntemi ve diğer tüm zemin iyileştirme yöntemleri de dahil olmak üzere makine ve ekipmanların periyodik bakım ve kalibrasyonu hem işçi sağlığı ve güvenliği hem de iş ve imalat kalitesi ve güvenliği açısından önemlidir. Bu nedenle periyodik bakım ve kalibrasyonlar dikkate alınmalı ve kontrol edilmelidir. Aksi takdirde hem iş kesintileri hem de iş gücü kaybı yaşanması ve istenmeyen kazalarla karşı karşıya kalınması içten bile değildir. Tüm diğer aşamalarda olduğu gibi jet grout yöntemleri ile zemin iyileştirme yapılırken kullanılacak olan makine ve ekipmanlar kayıt altına alınarak belirli çalışma ömrünü tamamlayan makine ve ekipmanların yenilenmesi, periyodik bakım ve kalibrasyonlarının yapıldığı ilgili oda, devlet kurumu veya devletin yetkilendirdiği ve kontrol ettiği firmalar tarafından sağlanmalıdır. Teknolojik gelişmelerin takip edilmesi verimliliği, iş kalitesini arttıracığından ve belirsizliği azaltacağından takip edilmeli ve gerekli güncellemelerin yapılması sağlanmalıdır.

Jet Grout yönteminin uygulanması proje planlaması kadar önemlidir. Projenin doğru uygulandığından emin olmak için hem imalat aşamasında hem de sonrasında kontrol edilmesi gerekmektedir. Ulaşılması hedeflenen proje kriterleri için test kazıklarının oluşturulması hayati önem taşımaktadır. En az bu konu kadar önemli olan bir diğer nokta ise test kazığındaki tüm imalat parametrelerini projenin tamamında sahada uygulamaktır. Enjeksiyon basıncı, tij döndürme hızı ve çekme hızı, su/çimento oranı gibi parametreler proje uygulaması boyunca devam ettirilmelidir. Bu bakımdan mevcut makinelere çubukların tij derinliğini, tij çekme ve dönme hızını gösteren

ekipmanların eklenmesi hem makine operatörü hem de proses kontrolünü yapacak ekipler için kolaylık sağlayacaktır.

Ayrıca su/çimento oranı Jet Grout kolonlarının mukavemetini doğrudan etkilediği ve viskozite enjeksiyon basıncını da etkilediği için test kazığında kullanılan su ve çimento miktarı dikkate alınmalıdır. Test kazığında belirlenen çimento miktarından az ya da çok çimento kullanımı değerlendirilmeli, hem maliyet açısından hem de projenin tamamlanmasında önemli bir adım olduğu unutulmamalıdır. Enjeksiyon harcında kullanılacak çimento cinsi de hedeflenen imalat parametrelerini sağlayacak şekilde seçilmeli ve projelerde belirtilmelidir.

Jet Grout kolonlarının mukavemetinin önemi unutulmamalı ve alınan 7 ve 28 günlük karot numuneleri ile hedef değere ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilmelidir. Ancak çoğu zaman bu sonuçları beklemeden üretim devam etmektedir. Zaman ve işçilik kaybını önlemek için yapılan bu hatanın daha büyük ekonomik kayıplara neden olabileceği unutulmamalıdır.

Sadece proje kriterlerini ulaşmamızı sağlayacak imalat parametrelerini belirlemek için yapılan test kazıklarında değil, tüm proje de uygulanan jet grout kolonlarından belirli sayıda imalat yapıldıkça karot numuneleri alınarak tüm uygulamada proje kriterlerine ulaşıldığı kontrol edilmelidir. Test kazığında belirlenen imalat parametrelerinin sahaya uygulanmasında hava sıcaklığı alt ve üst sınırları (+5°C' nin altı düşük, +30°C' nin üstü yüksek sıcaklık olarak değerlendirilmektedir.), yer altı su seviyesi, enjeksiyon harcı sıcaklığı gibi mukavemeti direk etkileyecek ortam koşullarının da dikkate alınması gerekmektedir.

Türkiye genelinde Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapan ya da yaptıran firma ve yerel yönetimlerde çalışan 61 inşaat mühendisi, 8 inşaat teknikeri, 5 jeoloji mühendisi olmak üzere toplam 74 katılımcı ile gerçekleştirilen açık ve kapalı uçlu 39 sorudan oluşan bir anket çalışmasının değerlendirilmesi ile bu sonuçlara ulaşılmıştır. Çizelge 7.1' de tüm katılımcıların kapalı uçlu sorulara verdikleri yanıtlara ek olarak mesleklere göre ve genel sonuçlar yüzdesel olarak ifade edilmiştir.

Gelecek çalışmalarda gerek Türkiye' den gerekse Dünya' dan daha fazla katılımcıya ulaşılarak daha geniş kapsamlı bir anket çalışması yapılarak, daha net sonuçlara varılabilecek çalışmalar yapılabilir. Daha fazla katılımcıya ulaşıldığında sahada uygulamalarda karşılaşılan daha fazla problem hakkında bilgi sahibi olunarak, bu

problemlerle karşılaşıldığında ne gibi sonuçlar oluştuğu ya da nasıl çözümlenebildiği ile ilgili de bilgi edinilerek daha fazla faydalı sonuç çıkarılabilir. Bu sonuçlar değerlendirilerek uygulamada yaşanabilecek problemler ve çözüm önerileri ile ilgili uygulamacı ve teknik insanların bilgilendirilmesi ve yönetmeliklerde güncellemeler yapılarak yönlendirilmeleri sağlanabilir.

Özellikle yurtdışında yapılacak anket ve benzeri çalışmalarla, jet grout yöntemi ile zemin iyileştirme yapılması ile ilgili olarak, dünyada geçerli olan diğer yönetmeliklerin değerlendirilmesi, daha çeşitli zemin formasyonlarında kullanılan tüm jet grout sistemlerinin uygulamalarının değerlendirilmesi ve sonuçlarının yorumlanması oldukça faydalı sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Ayrıca dünyanın diğer ülkelerinde geçerli olan standartlar ve yönetmeliklerin içerisinde Türkiye’de geçerli yönetmelikteki eksikliklerin tamamlanarak daha iyi bir yönetmelik ortaya çıkması sağlanabilir. Bu şekilde mevcut yönetmelikteki belirsizlikler azaltılarak, uygulamaya yönelik daha iyi ve doğru yönlendirmelerin olduğu bir güncel yönetmelik oluşturulabilir.





## KAYNAKLAR

- Abamovich, G. N.** (1963). The theory of Turbulent Jets, Cambridge, MA: MIT Press
- ACI 305**, “Hot Weather Concreting”, American Concrete Institute, 1999.
- Ak, Y.** (2019). Jet Grout (Jet-Enjeksiyon) Uygulamasının Jeoteknik Yöntemlerle Kontrolü: Erçiş (Van) Atıksu Arıtma Tesisi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Akan, R.** (2013). Jet Grout Yönteminin Zemin İyileştirmesine Katkısının Ve Bu Yöntemde Kullanılan Parametrelerin Etkilerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Altun, S.** (2010). Zemin İyileştirme Yöntemleri, Derin Temeller ve Uygulama Örnekleri Sunumu, İMO, İzmir Şubesi, İzmir.
- Anderson, D. R., D. J. Sweeney, and T. A. Williams.** (2011). Statistics for Business and Economics. 11th Edition. P. 5-7. South-Western.
- Aron, A., & Aron, E. N.** (1997). Statistics for the behavioral and social sciences: A brief course. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- ASTM D1143\D1143M, American Society For Testing And Materials** (2007). “Standard Test Method for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load”, United States.
- Attewell, P., & Rule, J. B.** (1991). Survey and other methodologies applied to IT impact research: Experiences from a comparative study of business computing. Paper presented at The Information Systems Research Challenge: Survey Research Methods.
- Baker, W. H.** (1985). Embankment Foundation Densification by Compaction Grouting, Issues in Dam Grouting, 104-122p.
- Bakım M. U.** (2007). Enjeksiyon yöntemleriyle zemin iyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Balkıs, A. P.** (2009). Enjeksiyon Yöntemleriyle Zemin İyileştirilmesi, Üçüncü Geoteknik Sempozyumu, Adana, 3-4 aralık 2009.
- Bell, S.** (1996). Learning with information systems: Learning cycles in information systems development. New York: Routledge.
- Billiet, J., & Loosveldt, G.** (1988). Improvement of the quality of responses to factual survey questions by interviewer training. Public Opinion Quarterly, 52, 190–211.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K.** (1998). Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon, Inc.

- Browne, M. N., & Keeley, S. M.** (1998). Asking the right questions: A guide to critical thinking. (5. Ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Burke, G. K.** (2004). Jet Grouting Systems: Advantages and Disadvantages. GeoSupport Conference 2004.
- Coduto, D. P.** (1999). Geotechnical Engineering Principles and Practices, Prentice – Hall, USA
- Creswell, J. W.** (1994). Research design: Qualitative and quantitative approaches. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Croce, P., Flora, A., Modoni, G.** (2014). Jet Grouting: Technology, Design and Control. CRC.
- Çağlar, Tarık** (2007). Application. Master Thesis, Kırıkkale University, Institute of Science, Kırıkkale.
- Chen, Jui-Chi** (2000). Forecasting Method Applications to Recreation and Tourism Demand, Doctoral Thesis, North Carolina State University, USA.
- Creswell, J. W.** (1994). Research Design: Qualitative and Quantitative Approaches. Thousand Oaks. CA: Sage.
- Çınar, H.** (2014). Zemin İyileştirilmesinde Jet Grout Yöntemi Ve Uygulamaya Yönelik Proje Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- De Leeuw E. D. Dilmann A. D. and Hox J. J.** (2007). International Handbook of Survey Methodology, International Handbook of Survey Methodology, 2008, Van Montfort/Oud/Satorra: Longitudinal Models in the Behavioral and Related Sciences, 2007.
- Denis Howe** (1993-2005). The Free on-line Dictionary of Computing.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S.** (2008). Introduction: The discipline and practice of qualitative research. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), Strategies of qualitative inquiry (p. 1–43). Sage Publications, Inc.
- Dereli, Z. A., Tolon, M.** (2015). The Comparison of Back-Propagation (BPNN) and General Regression (GRNN) Neural Network Architectures used for SPT Based Liquefaction Analysis, Department of Civil Engineering, Nisantasi University, Istanbul, Turkey. International Journal of Engineering Issues Vol. 2015, no. 1, pp. 17-32.
- Doğanışık S. K.** (2010). Jet Grout Kolonundaki Gerilme Dağılısının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, 95s, İstanbul.
- Doğu, O.** (2005). Jet Grouting Tekniği İle Zemin Islahı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Durgunoğlu, H. T.** (2004). Yüksek Modüllü Kolonların Temel Mühendisliğinde Kullanımı. Türkiye Mühendislik Haberleri, (431), 39-52.
- Elebiad, Z.** (2013). Web Tabanlı Anket Sistemi ile Elde Edilen Verilerin Veri Madenciliği Yöntemi ile Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul.

- Ercan, M.** (2017). Jet Grout Yöntemi Uygulanılarak Yapılan Bir Zemin İyileştirme Vaka Analizi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Bayburt Üniversitesi, Bayburt.
- Erdoğan, T.** (2018). Jet Grout Uygulamasından Sonra Zemin Özelliklerinde Meydana Gelen Değişiklikler, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Erkan, İ. H.** (2013). Jet grout kolonlarının performansını etkileyen faktörlerin deneysel olarak araştırılması. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Fırat, A. T.** (2001). Jet Grouting Yöntemi İle Temel Takviyesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Franz, N. C.** (1972). Fluid Additives for Improving High Velocity Jet Cutting, Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Symposium on Jet Cutting Technology, British Hydromechanics Research Association, April 5 – 7, 1972, Coventry, England, A7 – 93.
- Fritsch, M. and Kirsch, F.** (2002). Deterministic and Probabilistic Analysis of the Soil Stability Above Jet Grouting Columns, 5<sup>th</sup> European Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering, NUMGE, Paris, Presses de LENPC.
- Fowler, J., Floyd J.** (1995). Improving survey questions: Design and evaluation. (Vol. 38). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Gallavresi, F.** (1992). Grouting Improvement of Foundation Soils Grouting, Soil Improvement and Geosynthetics, Geotechnical Special Publication, ASCE (Cilt 1), 1-39p.
- Glasow A. Priscilla,** (2005). Fundamentals of Survey Research Methodology, April 2005.
- Gökalp, A., Düzceer, R.** (2002a). Hidrolik Dolguların Vibrokompaksiyon Yöntemi ile Sıkıştırılması, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi, Eskişehir, 525 – 534s.
- Gökalp, A., Düzceer, R.** (2002b). Akaryakıt Tank Temellerinin Taş Kolonlar ile İyileştirilmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi, Eskişehir, 454 – 463s.
- Groves, R. M., & Couper, M. P.** (1998). Nonresponse in household interview surveys. New York: Wiley.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S.** (1994). Competing paradigms in qualitative research. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), Handbook of qualitative research.
- Gül, S.** (2015). Zemin İyileştirmesinde Kullanılan Yöntemlerden Biri Olan Jet Grout Yöntemine İlişkin Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Handley B., Ball J., Bell A., Suckling T.** (2006). Handbook on Pile Load Testing. Federation of Piling Specialists, Beckenham, Kent, BR3 1NR, 10-16.
- Harputlugil, F. H.** (2018). Yeraltı Suyundaki Sülfat Oranının Jet Enjeksiyonu Kolonlarının Kalitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

- Hausmann, M. R.** (1990). *Engineering Principles of Ground Modification*, Mc Graw – Hill Publishing Company, Singapore, 632p.
- Hermans, J. J.** (1953). *Flow Properties of Disperse Systems*, Amsterdam, The Netherlands: North Holland Publishing Company.
- Ichihashi, Y., Shibasaki, M., Kubo, H., Iji, M., Mori, A.** (1992). *Soil Improvement and Geosynthetics*, ASCE, New Orleans, 182 – 193p.
- Introduction to Data Analysis Handbook**, (2006). Migrant & Seasonal Head Start Technical Assistance Center Academy for Educational Development, Spring 2006.
- Isaac, S., & Michael, W. B.** (1997). *Handbook in research and evaluation: A collection of principles, methods, and strategies useful in the planning, design, and evaluation of studies in education and the behavioral sciences.* (3rd Ed.). San Diego: Educational and Industrial Testing Services.
- İnce, H., Tolon, M., Toy, E.** (2018). Influence of Local Soil Conditions on the Structural Design and Associated Costs, Civil Engineering Graduate Program, Institute of Science and Technology, İstanbul Gedik University. *International Journal of Engineering and Natural Sciences (IJENS's)*, Vol. 1, Num. 1, (21.12.2018), (Page 21 – 25).
- Juran I., Ider H. M., Acar Y. B.** (1988). *Soil Improvement Methods for Reinforcing Foundation Soils. Jet Grouting and Compaction Grouting*, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.
- Kanat, A.** (2018). *Jet Grout Kolonlarının Oluşumu Ve Davranışı Üzerinde Çok İnce Taneli Çimento Ve Mikro Silika Kullanımının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Kauschinger, L. J., Hankour, R. & Perry, E. B.** (1992). *Methods to Estimate Composition of Jet Grout Bodies*, Proceedings of the conference of Grouting, Soil Improvement and Geosynthetics, New Orleans, 182-193p.
- Kaya, Z.** (2001). *Temel Zemini İyileştirme Yöntemleri ve Uygulamaya Yönelik İki Proje Çalışması*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 194s.
- Kaymakçı, S.** (2014). *Jet Grout Kolona Soketli Fore Kazığın Çalışma Performansının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Kitzinger J.** (1995). *Focus groups: method or madness?* In Boulton M, ed. *Challenge and innovation: methodological advances in social research on HIV/AIDS*. London: Taylor and Francis, (1994:159-75).
- Klenke, K.** (2016). *Qualitative research in the study of leadership*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- Kraemer, K. L.** (1991). *Introduction*. Paper presented at The Information Systems Research Challenge: Survey Research Methods.
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş. & Bökeoğlu, Ö. Ç.** (2006). *Sosyal Bilimler İçin İstatistik (2. Baskı)*. Ankara: PegemA Yayıncılık.

- Küsin, C. C.** (2009). Jet Grout Yöntemi İle İyileştirilen Zeminlerin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Sayısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Lancaster, Geoffrey and Massingham** (1988). Essentials of Marketing: Text and Cases. London: McGraw-Hill Book Company.
- Levy, P. S., & Lemeshow, S.** (1999). Sampling of populations: Methods and applications. (3.Ed.). New York: John Wiley and Sons.
- Lucas, J., Henry C.** (1991). Methodological issues in information systems survey research. Paper presented at The Information Systems Research Challenge: Survey Research Methods.
- Maxwell, J. A., & Miller, B. A.** (2008). Categorizing and connecting strategies in qualitative data analysis. In P. Leavy & S. Hesse-Biber (Eds.), Handbook of emergent methods. New York: Guilford Press.
- McIntyre, L. J.** (1999). The practical skeptic: Core concepts in sociology. Mountain View, CA: Mayfield Publishing.
- Melegari, C., Garassino, A. L.** (1997). Seminar on Jet grouting, CI Premier Pte, Ltd. Singapore.
- Mitchell, J. K.** (1976). Stabilization of Soils for Foundations of Structures, Geotechnical Engineering, University of California.
- Mollamahmutoğlu, M., Babuçcu, F.** (2006). Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri. Gazi Kitabevi, Ankara
- Mollamahmutoğlu, M., Yılmaz, Y.** (2002). Sıvılaşma Kökenli Göçmelere Bina Tasarımlarının Etkisi Üzerine Laboratuvar Model Çalışmaları, Zemin Mekanığı ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 21-22 Ekim 2002, s. 349-351.
- Moseley, M. P.** (1993). Ground Improvement, Chapman and Hall, Boca Raton.
- Nikbakhtan, B., Ahangari, K.** (2010). Field study of the influence of various jet-grouting parameters on soilcrete unconfined compressive strength and its diameter. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 47(4), 685-689.
- N. H. Jacoby, H.A. Gleason, Jr.** (n. d.). Published extensive data on economic growth.
- Okyay S.** (1987). Yüksek Basıncılı Enjeksiyon. Rapor, BAUER Spezialtiefbau GmbH, İstanbul.
- Önalp, A, Sert, S.** (2006). Geoteknik Bilgisi III Bina Temelleri, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Özdemir A. ve Özdemir M.** (2006). Zayıf zeminlerin iyileştirilmesi ve son yıllarda yaygın olarak uygulanan bazı zemin iyileştirme yöntemleri, Sondaj Dünyası Dergisi sayı 3, 34-38.
- Öztürk, S.** (2016). Sıvılaşmaya Karşı Jet Grout Yöntemi İle Zemin İyileştirilmesi: Samsun-Tekkeköy Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

- Pinsonneault, A., & Kraemer, K. L.** (1993). Survey research methodology in management information systems: An assessment. *Journal of Management Information Systems*, 10, 75-105
- Rausche, F., Goble G., Likins G.** (1988). Recent WEAP Developments, Proceedings of the Third International Seminar on the Application of Stress Wave Theory to Piles, Ottawa.
- Salant, P., & Dillman, D. A.** (1994). How to conduct your own survey. New York: John Wiley and Sons.
- Sarsılmaz, O. M.** (2017). Zemin İyileştirme Yöntemlerinin Sınıflandırılması, İncelenmesi, Değerlendirilmesi Ve Anılan Yöntemlerin Seçilme Kriterleri Üzerine Kapsamlı Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Schwarz, N.** (1999). Cognitive research into survey measurement: Its influence on survey methodology and cognitive theory. In M. G. Sirken, D. J. Herrmann, S. Schechter, N. Schwarz, J. M. Tanur, & R. Tourangeau (Eds.), *Cognition and Survey Research*. New York: John Wiley and Sons.
- Seale, C. F.** (1999). The quality of qualitative research. London: Sage.
- Shibazaki, M.** (2003). State of practice of Jet Grouting. International Conference on Grouting and Ground Treatment. New Orleans.
- Simon, M. K., & Francis, J. B.** (1998). The dissertation cookbook: A practical guide to start and complete your dissertation. (2.Ed.). Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Stark, T., D., Axtell, P., J., Lewis, J., R., Dillon, J., C., Empson, W., B., Topi, J., E. ve Walberg, F., C.**(2009). Soil Inclusions in Jet Grout Columns, DFI Journal, Vol.3, No.1, May, 33-44.
- Tachir, C.** (2015). Samsun Terme Kombine Doğalgaz Çevrim Santrali Zeminlerinin Fore Kazık Ve Jet Grout Yöntemleri İle İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Tolon, M.** (2007). Artificial Neural Network Approaches for Slope Stability, M.Sc. Thesis, İstanbul Technical University, Institute Of Science And Technology, İstanbul. The 2012 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (ACEM' 12) Seoul, Korea, August 26-30, 2012 (page 3265 – 3276)
- Tolon, M. and Ural, D. N.** (2008). Slope Stability During Earthquakes: A Neural Network Application, The Challenge Of Sustainability In The Geoenvironment, GeoCongress, March 9-12, 2008.
- Tolon, M. and Ural, D. N.** (2010). Slope Stability During Earthquakes: a Neural Network Application, International Review on Computers and Software (I.RE.CO.S.), Vol. 5, N. 4 July 2010.
- Tolon, M. and Ural, D. N.** (2011). Karşılaştırmalı Sayısal Sıvılaştırma Analizi, Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran, 2011.

- Tolon, M. and Ural, D. N.** (2012). Geotechnical Considerations for Offshore Wind Turbines based on Neural Network, Istanbul Technical University, Department of Civil Engineering.
- Tolon, M. and Ural, D. N.** (2012). Liquefaction Analysis in 3D based on Neural Network Algorithm, 15th World Conference On Earthquake Engineering Lisboa - Portugal 24 To 28 September 2012.
- Tolon, M.** (2013). A Comparative Study on Computer Aided Liquefaction Analysis Methods, Department of Civil Engineering, Istanbul Technical University. Int. Journal for Housing Science, Vol.37, No.2 pp 121 -135, 2013.
- Tolon, M.** (2013). A Comparative Numerical Analysis for Liquefaction, Ph.D. Thesis, İstanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering And Technology, İstanbul.
- Tolon, M. & Toy, E.** (2019). An Overview of Recent Advances on Structural Health Monitoring Methods for Structural Sustainability (Oral), Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, İstanbul Gedik University, TURKEY. ISTE-CE'2019-International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering, 13-15 June 2019, Iskenderun, Hatay / TURKEY, (Page 220 – 223)
- Tolon, M. & Toy, E.** (2019). Use of Energy Piles in terms of Sustainability and its Future in Turkey (Oral), Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, İstanbul Gedik University, TURKEY. ISTE-CE'2019-International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering, 13-15 June 2019, Iskenderun, Hatay / TURKEY, (Page 351 - 358).
- Tolon, M. & Toy, E.** (2019). İnşaat Mühendisliği Bölümlerinde İş sağlığı ve Güvenliği Eğitiminin Değerlendirilmesi Örnek Çalışma, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü Sağlık Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Gedik Üniversitesi, TÜRKİYE. ISTE-CE'2019-International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering, 13-15 June 2019, Iskenderun, Hatay / TURKEY (Sayfa 790 – 796).
- Toraman, E., Tolon, M. & Ural D. N.** (2015). A Comparative Study of Soil Classifications Using International Approaches, SECED 2015 Conference: Earthquake Risk and Engineering towards a Resilient World 9-10 July 2015, Cambridge UK.
- Tourangeau, R.** (1999). Interdisciplinary survey methods research. In M. G. Sirken, D. J. Herrmann, S. Schechter, N. Schwarz, J. M. Tanur, & R. Tourangeau (Eds.), Cognition and Survey Research. New York: John Wiley and Sons.
- TS 1248**, “Betonun Hazırlanması, Dökümü ve Bakımı Kuralları - Anormal Hava Şartlarında”, Türk Standardları Enstitüsü, 2012.
- Tunç, A.** (2002). Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.

- Url-1** : <http://www.kiraliksatiliksilindir.com/bilgi-keci-ayagi-silindir-Imalati-58.html>, 2020
- Url-2** : <http://www.haywardbaker.com>.
- Url-3** : <http://www.m-w.com>
- Url-4** : <http://www.worldbank.org/data/aboutdata/aboutdata.html>.
- Url-5** : <https://haldunozturk.com/nitel-ve-nicel-arastirma-nedir-aralarindaki-farklar-nelerdir/>
- Url-6** : <https://simpleshows.com/us-en/blog/visuals-v-text-what-does-the-brain-prefer/>
- Url-7** : <https://proente.com/veri-analizi-nedir/#:~:text=Yararlı%20bilgiler%20bulma%20sonu%20A7lara%20varma,%20A7e%20Fitli%20teknikler%20ve%20yakla%20F%20C4%B1mlar%20vard%20C4%B1r/>
- Url-8** : <https://www.ibm.com/tr-tr/analytics/learn/linear-regression>
- Url-9** : <https://medium.com/kodcular/veri-analizi-ke%20Fif-rehberi-e79b25657927>
- Url-10** : <https://www.asarda.com/gundem/anketlarda-evren-and-example/>
- Url-11** : <https://www.facebook.com/geoteknikmuh/posts/1942061595903895/>
- Url-12** : <https://www.betonvecimento.com/cimento/cimento-cinsleri>
- Url-13** : <https://insapedia.com/cimento-turleri-bilesenlerine-gore-cesitleri-ve-ozellikleri/>
- Uyanık, O.** (2002). Kayma dalga hızına bağlı potansiyel sıvılaşma analiz yöntemi, DEU Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi) s.176, İzmir.
- Uzuner, B. A.** (2007). Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği, K.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Derya Yayınevi, Trabzon 2007
- Ünal, G.** (2013), Parsele Esas Jeofizik Etüt Raporu, Farkım Mimarlık Mühendislik, 2-14, (2013).
- Warner, J., and Brown, D. R.** (1973). Compaction Grouting, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division (ASCE Vol. 99, No. SM8).
- Webster's new Collegiate Dictionary** (1973).
- Webster's ii new Riverside Dictionary Revised Edition** (1996).
- Xanthakos, P., Abramson, L.W., Bruce, D. A.** (1994). Ground Control and Improvement, New York, John Wiley&Sons, Inc., 670.
- Yağızatlı, E.** (2012). Jet-Grout Kolonların SEM Analizi ve Etkin Parametrelerin Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Yıldırım, S.** (2002). Zemin incelemesi ve Temel Tasarımı. Birsen Yayınevi, İstanbul, 466s.
- Yıldız, A. H.** (2008) "Mermer Toz Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi Doktora Tezi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

**Yılmaz, Y.** (t.y.). Enjeksiyon Tekniğiyle Zemin İyileştirme – Jet Enjeksiyonu Sunumu, Gazi Üniversitesi İnşaat Anabilim Dalı, Ankara.

**Yoshida, H., Shibizaki, M. and Matsumoto Y.** (1996). Development of a Soil Improvement Method Utilizing Cross Jet, pp. 707-710, Grouting and Deep Mixing, Balkema, Rotterdam.



## ÖZGEÇMİŞ

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2003, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER :

- Ağustos 2017 – Halen çalışıyorum. Pendik Belediyesi Etüd Proje Müdürlüğü Yapı İşleri Biriminde İnşaat Mühendisi
- Haziran 2015 – Temmuz 2017. Vekmar Gemi Elektrik Makine Müh. San. Ltd. Şti. Gebze Güzeller OSB İçerisinde 12.000 M2 Kapalı Alanlı Endüstriyel Yapının Şantiye Şefi

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER :

- Tolon, M., Taşçı, E., 2020. Jet Grout Method and Recommendations on Improvements in Current Regulations: A Preliminary Study. *Icon Tech International Symposium on Innovative Surveys in Positive Sciences*, 23-26 September, 2020 Budapest, Hungary Tomori Pal College.