GeoteknikPro

STUDIO — ZEMİN İYİLEŞTİRME

Sürüm 3.0.1

KULLANICI KILAVUZU

ve Hesap Yöntemleri Belgesi

Jet-Grout · Derin Karıştırma (DSM) · Taş Kolon · Enjeksiyon
Plan ve yerleşim · Sıvılaşma ve KG · Kolon kapasitesi · Oturma · Metraj ve maliyet

TBDY 2018 esaslarına uygundur

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

İçindekiler

İçindekiler 2
Şekiller Listesi 4
Tablolar Listesi 5
Kullanılan Simgeler ve Birimler 6
1. Giriş 7
1.1 Modül ne yapar 7
1.2 Kapsam 7
2. Ekran ve İş Akışı 7
3. Zemin Profili ve Yöntem Parametreleri 8
3.1 Zemin profili 8
3.2 Yöntem seçimi 8
3.3 Yöntem parametreleri 9
Jet-grout 9
Derin karıştırma (DSM) 9
Taş kolon 10
Enjeksiyon 10
4. Temel Alanını Kurmanın Beş Yolu 11
4.1 DXF'ten alan kurma 11
4.2 Şablonlar ve koordinatla kurma 13
4.3 Serbest çizim 13
4.4 Kenarlar: çekme ve taşırma 13
5. Yerleşim 14
5.1 Yerleşim tipleri 17
5.2 Eleme kuralları 18
5.3 Elle düzenleme 18
5.4 Ampatman ve yerleşim durum bilgisi 19
6. Analiz 20
6.1 Alan değiştirme oranı 20
6.2 Sıvılaşma ve kayma gerilmesi azaltması 20
6.3 Tekil kolon kapasitesi 21
6.4 Grup etkisi ve blok göçmesi 22
6.5 Kompozit zemin ve oturma 22
6.6 Taş kolona özgü hesaplar 23
Şişme (bulging) kapasitesi 23
Priebe iyileştirme faktörü 23
Dren etkisi 23
6.7 Enjeksiyonda hedef hız profili 23
6.8 Sıvılaşma sonrası oturma 24
7. Denetimler 25

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

8. Ayarlar — Sonucu Değiştirenler 26
9. Doğrulama ve Benchmark 29
9.1 Dış benchmark 29
9.2 Doğrulama neyi söyler 29
9.3 Dış benchmark karşılaştırması 29
9.5 El hesabı kontrolleri 30
9.5 Bilinen farklar ve sınırlamalar 30
10. Metraj, Maliyet, Rapor ve Çizim 31
10.1 Metraj 31
10.2 Maliyet 31
10.3 Rapor 32
10.4 Çizim 33
11. Dikkat Edilecek Noktalar 35
11.1 Plan ve yerleşimde 35
11.2 Hesapta 35
12. Bilinen Sınırlar ve Kapsam Dışı Konular 36
13. Kaynaklar 37

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Şekiller Listesi

Şekil 1. 1 · Zemin Profili sekmesi: iyileştirme yöntemi, parametreler, zemin tablosu ve SPT kayıtları 8
Şekil 2. İyileştirme yöntemi seçimi: Jet-Grout, DSM (Derin Karıştırma), Taş Kolon ve Enjeksiyon 9
Şekil 3. Taş kolon seçiliyken Zemin Profili sekmesi: İmalat alt sekmesinde vibro yer değiştirme biçimi ile dren ve konsolidasyon süresi parametreleri 10
Şekil 4. 2 · Plan sekmesi, Alan ve kenarlar: elle çizilmiş temel alanı ve kenar listesi 11
Şekil 5. DXF yüklendikten sonra açılan Çizim birimi penceresi: çizimdeki 1 birimin kaç metre olduğu seçilir, programın birim kestirimi gösterilir 12
Şekil 6. DXF'ten kurulmuş temel alanı, kenar listesi ve tip kesit; planda üretilmiş karelaj yerleşimi 12
Şekil 7. 2 · Plan sekmesi, Yerleşim: temel geometrisi, yerleşim tipi ve aralık 14
Şekil 8. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı: iyileştirme sebebinin seçimi 15
Şekil 9. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı, 2 · Hedefler adımı: hedef oturma ve hedef taşıma gücü (final) 15
Şekil 10. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı, 3 · Sistem adımı: sistem, yerleşim tipi, çap ve maliyet-optimum çap taraması 16
Şekil 11. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı, 4 · Aralık Dizaynları adımı: her ölçüt için çözülen aralık, a_r ve eleman sayısı 16
Şekil 12. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı, 5 · Maliyet adımı: aday çaplar için aralık, eleman sayısı, imalat boyu ve toplam maliyet 17
Şekil 13. Kademeli enjeksiyon yerleşimi: birincil, ikincil ve üçüncül kademe delikleri plan ve tip kesitte 18
Şekil 14. 3 · Zemin İyileştirme sekmesi, KG Tablosu: SPT kotlarında kayma gerilmesi azaltma katsayıları (Baez ve Martin, Rayamajhi ve karar) 21
Şekil 15. İyileştirme Tablosu: her SPT kotunda iyileştirme öncesi ve sonrası güvenlik sayıları; altta metraj ve maliyet dökümü 21
Şekil 16. Sıvılaşma Oturması tablosu: iyileştirme öncesi ve sonrası hacimsel birim şekil değiştirmeler ve oturmalar 24
Şekil 17. Analiz sonrası ekranın ortasında açılan Çap denetimi uyarısı ve Denetimler sekmesindeki bulgular 25
Şekil 18. Çap denetimi penceresi: RİSKLİ uyarısı, öneriler ve döküm 26
Şekil 19. Ayarlar penceresi, Sıvılaşma sekmesi: kayma gerilmesi azaltma faktörü (KG) yönteminin seçimi 28
Şekil 20. Ayarlar penceresi, Yöntemler sekmesi: sıvılaşma yöntemi seçimi ve kompozit davranış ayarları 28
Şekil 21. Ayarlar penceresi, Maliyet (TL) sekmesi: yöntemlere göre ve ortak kalemler için birim fiyatlar 31
Şekil 22. Rapor/Çizim menüsü: Zemin İyileştirme › Rapor… ve Çizim… komutları 32
Şekil 23. Pafta çıktısı: Jet-Grout yerleşim planı (Ø60 cm, aralık 250 cm, 144 adet) — akslar, ölçü zinciri ve kolon numaraları 33
Şekil 24. Pafta çıktısı: tip kesit — temel, kolonlar ve kolon aralıkları 34

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablolar Listesi

Tablo 1. Kılavuzda kullanılan simgeler 6
Tablo 2. Üç sekme 7
Tablo 3. Jet-grout parametreleri 9
Tablo 4. Beş yolun karşılaştırması 11
Tablo 5. Serbest çizim komutları 13
Tablo 6. Yerleşim tipleri 17
Tablo 7. Kayma gerilmesi azaltma yöntemleri 20
Tablo 8. Denetimler 25
Tablo 9. Ayar başlıkları 27
Tablo 10. Dış benchmark dosyaları 29
Tablo 11. Dış benchmark karşılaştırması 29
Tablo 12. El hesabıyla kontrol edilen değerler 30
Tablo 13. Kapsam dışı ve sınırlı konular 36

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Kullanılan Simgeler ve Birimler

Birim kuralı

Programın içinde her sayı SI birimindedir: metre, kilonewton, kilopascal. Ekranda ise sahada alışılmış birimler gösterilir: santimetre, megapascal, ton/m², ton/m³, bar, cm/dk. Çevrim tek bir yerde yapılır. Bunun sebebi somuttur: karışık birim bu tür programlarda en pahalı ve en zor fark edilen hata kaynağıdır — ton/m² ile kilopascal yaklaşık on kat, megapascal ile kilopascal bin kat farklıdır ve sonuç yanlış olduğu hâlde makul görünür.

Tablo 1. Kılavuzda kullanılan simgeler

Simge	Açıklama	Birim
D	Kolon (ya da delgi) çapı	m · cm
s	Yerleşim aralığı; üçgen düzende üçgen kenarı	m · cm
a_r	Alan değiştirme oranı — kolon alanının etki alanına oranı	—
A_{etki}	Bir kolonun etki alanı (karelajda $S_x \cdot S_y$, üçgende $(\sqrt{3}/2)\cdot s^2$)	m²
G_r	Kolon kayma modülünün zemin kayma moduluna oranı	—
K_G	Kayma gerilmesi azaltma katsayısı	—
γ_r	Şekil değiştirme uyumu katsayısı (Rayamajhi)	—
n	Gerilme yoğunlaşma oranı (kolon / zemin)	—
β	Oturma azaltma çarpanı, $1/(1+a_r(n-1))$	—
q_u	Kolon malzemesinin serbest basınç dayanımı	MPa
η	Yapısal verim tavanı (kolon dayanımına uygulanan)	—
c_u	Zeminin drenajsız kayma dayanımı	t/m² · kPa
ϕ′, c′	Efektif sürtünme açısı ve kohezyon	° · t/m²
E_s, E_c	Zeminin ve kolonun elastisite modülü	MPa
K_{pc}	Kolon malzemesinin pasif basınç katsayısı	—
n_0, n_1	Priebe temel ve sıkışabilirlik düzeltmeli iyileştirme faktörü	—
FS	Güvenlik sayısı	—
BRN	DSM bıçak dönüş sayısı (devir/m)	1/m
IDI	İnce dane indeksi; kumlu ve çakıllı zeminde jet-grout çeper sürtünmesi (1 − IDI) ile azaltılır	%
V_s, V_{s1}	Kayma dalgası hızı ve gerilme düzeltilmiş hızı	m/s
ε_v	Sıvılaşma sonrası hacimsel birim şekil değiştirme	%
U	Konsolidasyon derecesi	—

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

1. Giriş

1.1 Modül ne yapar

Zemin İyileştirme modülü, dört iyileştirme yöntemi için — jet-grout, derin karıştırma, taş kolon ve enjeksiyon — hem yerleşimi hem de hesabı tek bir yerde yürütür. Kullanıcı zemin profilini ve yöntemin parametrelerini girer, temel alanını planda kurar, kolonları yerleştirir ve analizi çalıştırır; program sıvılaşma güvenliğini, kolon kapasitesini, kompozit zemin parametrelerini, oturmayı ve yataklanma katsayısını hesaplar, metrajı ve maliyeti çıkarır, raporu ve paftayı üretir.

Modülün ayırt edici yanı, plan tarafının hesap kadar ciddiye alınmasıdır. Bir iyileştirme projesinde alan değiştirme oranı, kolonların gerçekte nereye düştüğüne bağlıdır: komşuya bırakılan çekme mesafesi, yoldan çekilen pay, bir kolonun elle kaydırılması — bunların hepsi a_r'ı ve dolayısıyla bütün sonuçları değiştirir. Bu yüzden program, planı bir çizim değil bir girdi olarak tutar.

1.2 Kapsam

- Üst yapıdan gelen yük girdi olarak alınır.
- Zemin parametreleri elle girilir ya da Geoteknik Rapor modülünden alınır; sondaj ve laboratuvar yorumu o modülde yapılır.
- Oturma ve kapasite, kapalı form ve ampirik yöntemlerle hesaplanır.
- Enjeksiyonda plandaki nesne bir kolon değil bir delik, iyileştirilen hacim bir etki küresidir; kabul ölçütü metraj değil, hedef hız profilidir.
- Asansör kuyusu, avlu ya da mevcut yapı gibi boşluklar için o bölgedeki elemanlar seçilip silinir.

2. Ekran ve İş Akışı

Program tek pencereden ve üç sekmeden oluşur; ileri-geri şeridi bilinçli olarak yoktur. Sekmeler arasında serbestçe gidilir gelinir, çünkü gerçek bir projede sıra hiçbir zaman düz değildir: plan kurulduktan sonra profile dönülür, analiz sonrası yerleşim değiştirilir.

Tablo 2. Üç sekme

Sekme	İçerik
1 · Zemin Profili	Solda iyileştirme yöntemi seçimi ve yöntemin parametreleri (Malzeme ve İmalat alt sekmeleri); sağda zemin profili tablosu, SPT kayıtları, yeraltı suyu ve önceki durum değerleri.
2 · Plan	Solda plan tuvali ve durum çubuğu, sağında tip kesit; sağ tarafta üç sekmeli araç paneli: 1 · Alan ve kenarlar, 2 · Yerleşim, 3 · Eleman ve görünüm.
3 · Zemin İyileştirme	Analizi çalıştırma düğmesi, on sonuç sekmesi, hesap ve final zemin sonuçları ile ayrıntı bölümü (kolonlar, zemin bilgileri, kompozit malzeme, metraj).

Modülün komutları ana programın tek üst bandında, Zemin İyileştirme menüsü altında toplanır: Yeni Proje (yalnız bu modül), Düzen (geri al / yinele), Metraj (tablo, Excel ve CSV dışa aktarımı) ve Ayarlar. Ayarlar alt menüsünde Genel ayarlar… ayar penceresini açar; Sıvılaşma ve KG yöntemi…, Oturma ve yataklanma…, Kolon kapasitesi…, Çap denetimi…, İmalat ve kalite… ve Çizim ve rapor… komutları aynı pencereyi doğrudan ilgili sekmede (Sıvılaşma, Oturma, Kolon kapasitesi, Çap denetimi, İmalat ve kalite, Çizim ve rapor) açar (bkz. 8). Rapor ve Çizim komutları ortak Rapor/Çizim menüsünde, Yardım ortak Yardım menüsündedir. Yeni Proje komutu yalnız bu modülün verisini sıfırlar; ana projenin diğer modüllerine dokunmaz. Kayıt ve açma ana programdaki tek proje dosyasıyla (*.geos) yapılır. Yeni bir proje boş gelmez; üç örnek tabaka ve bir su seviyesiyle açılır, böylece ilk deneme hemen yapılabilir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Analizden sonra uygulanabilirlik denetimleri çalışır. Bu denetimler, seçilen yöntemin sahada uygulanabilir olup olmadığını bağımsız olarak kontrol eder; yalnız RİSKLİ bulunan bir sonuç ekranın ortasında bir pencereyle açılır, geri kalanı Denetimler sekmesinde durur. Amaç, gereksiz uyarının gerekli uyarıyı görünmez kılmasını önlemektir.

3. Zemin Profili ve Yöntem Parametreleri

3.1 Zemin profili

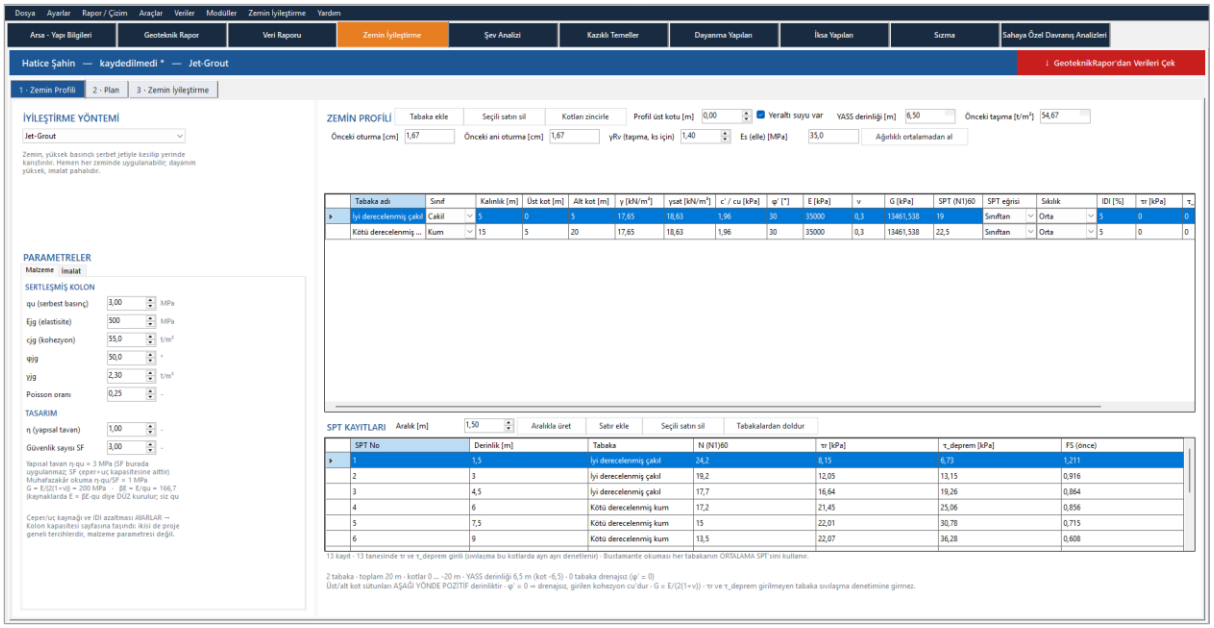
Tabakalar bir tabloda tanımlanır; her tabaka için kalınlık, zemin türü, birim hacim ağırlıklar, dayanım parametreleri, elastisite modülü ve — tanımlıysa — konsolidasyon parametreleri girilir. “Kotları zincirle” komutu tabakaları uç uca bağlayarak profili sürekli kılar, böylece aralarda boşluk ya da bindirme kalmaz.

SPT kayıtları ayrı bir panelde tutulur. Sıvılaşma denetimi, SPT girilmişse SPT kotunda satır satır yürür; hiç SPT yoksa tabaka bazında yürür. Yeraltı suyu bir kutuyla beyan edilir ve derinliği girilir; su beyan edilmemişse sıvılaşma satırlarının tamamı doygun varsayılır ve bu açıkça uyarı olarak yazılır.

“Önceki taşıma” ve “önceki oturma” değerleri, iyileştirme öncesi durumu tanımlar ve final sonuçların çıkarılabilmesi için gereklidir. Bunlar Geoteknik Rapor modülünden gelen değerlerdir; elle de girilebilir. Zemin parametreleri de o modülden bir komutla aktarılabilir; aktarım bir kopyadır, canlı bir bağ kurulmaz.

Önceki taşıma, önceki oturma, önceki ani oturma, YASS derinliği ve elle girilen E_s kutuları ok düğmesiz düz sayı kutularıdır; fare tekerleği bu kutulardaki değeri değiştirmez, böylece sayfa kaydırılırken değer yanlışlıkla bozulmaz. “Önceki ani oturma” yatak katsayısının (k_s) hesabı içindir; girilmemişse k_s hesaplanmaz ve varsayımsal bir değer verilmez. Zeminin elastisite modülü E_s, tabakaların ağırlıklı ortalamasından alınabilir (“Ağırlıklı ortalamadan al”) ya da elle girilebilir. Profilin üst kotu ayrı bir kutuyla girilir. Aynı bölümdeki “γRv (taşıma, ks için)” kutusu, taşıma gücünden türetilen yatak katsayısında kullanılan direnç katsayısıdır (varsayılan 1,40; bkz. 6.5).

“↓ GeoteknikRapor’dan Verileri Çek” düğmesi (kırmızı ve kalın yazılıdır) zemin parametrelerini ve künye bilgilerini Geoteknik Rapor modülünden alır. Aktarım ekrandaki değerlerin üzerine yazacağından önce onay istenir; künye bilgileri her aktarımda o modülden tazelenir. Profilin altında kalan bir kota SPT satırı eklenemez.



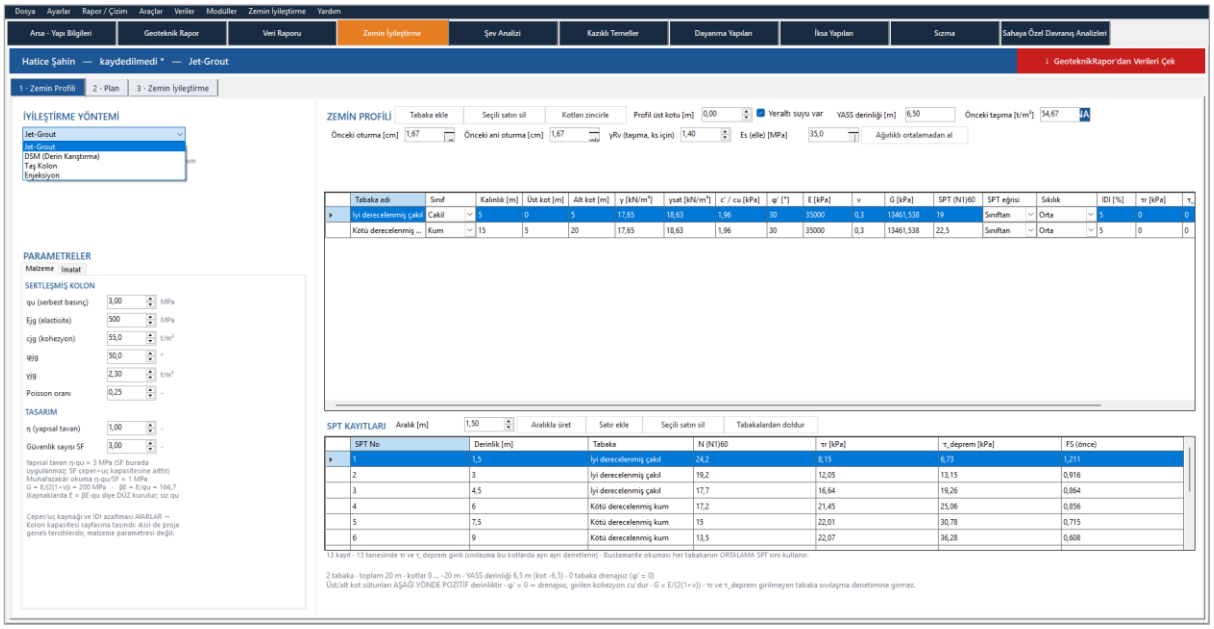
Şekil 1. 1 · Zemin Profili sekmesi: iyileştirme yöntemi, parametreler, zemin tablosu ve SPT kayıtları

3.2 Yöntem seçimi

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Dört yöntem vardır ve seçim bütün programı etkiler: hangi parametrelerin sorulacağını, planda hangi yerleşim tiplerinin sunulacağını, hangi hesapların yapılacağını ve hangi uygulanabilirlik denetiminin yapılacağını belirler. Enjeksiyon seçildiğinde ayrıca enjeksiyon türü sorulur: sızdırma (permeasyon), kompaksiyon ya da çatlatma.

Yöntem değiştirildiğinde çap miras kalmaz; o yöntemde en son kullanılan çap geri gelir. Bir jet-grout çapını taş kolona taşımak, fark edilmeyen yanlış bir metraj üretirdi.



Şekil 2. İyileştirme yöntemi seçimi: Jet-Grout, DSM (Derin Karıştırma), Taş Kolon ve Enjeksiyon

3.3 Yöntem parametreleri

Her yöntemin parametreleri iki alt sekmeye ayrılır: Malzeme (sertleşmiş kolonun ya da dolgu malzemesinin özellikleri) ve İmalat (sahadaki uygulama değişkenleri). Bu ayrım bilinçlidir: malzeme parametreleri hesaba, imalat parametreleri hem hesaba hem kalite denetimine girer.

Jet-grout

Tablo 3. Jet-grout parametreleri

Grup	Girilenler
Sertleşmiş kolon	Serbest basınç dayanımı, elastisite modülü, kohezyon, içsel sürtünme açısı, birim hacim ağırlık ve Poisson oranı. Yeni projede serbest basınç dayanımı 3 MPa gelir.
Tasarım	Yapısal verim tavanı ve güvenlik sayısı. Ekranda bunlardan türeyen değerler de gösterilir: tavan dayanım, tasarım dayanımı, kayma modülü ve modül–dayanım oranı.
Jet sistemi	Tek akışkan, iki akışkan ya da üç akışkan; enjeksiyon, hava ve su basınçları, tij çekme hızı, rotasyon hızı, nozül sayısı ve çapı, su–çimento oranı.
Metraj	Şerbet sarfiyat katsayısı ve çimento yoğunluğu.

Jet-grout'ta çeper sürtünmesi ve uç direnci için dört kaynak seçilebilir: klasik yapışma ve sürtünme bağıntısı, Bustamante ve Doix eğrileri, elle girilen bir değer ya da Bustamante'nin SPT esaslı grafikleri (varsayılan). Kumlu ve çakıllı zeminlerde çepere bir azaltma uygulanır; azaltma belirli bir düzeyi aşarsa program bu zeminin kum ya da çakıl olmadığını söyleyerek yeniden sınıflandırma ister.

Derin karıştırma (DSM)

Malzeme parametreleri jet-grout ile aynı kalemlerdir. İmalat tarafında ıslak ya da kuru yöntem, zeminin katılığı, bıçak sayısı, enjeksiyon basıncı, devir sayısı, tork, karıştırma süresi, ilerleme hızı, çekişte de karıştırılıp karıştırılmadığı, su–çimento oranı, karıştırma verimi, çimento dozajı ve en az karıştırma enerjisi girilir.

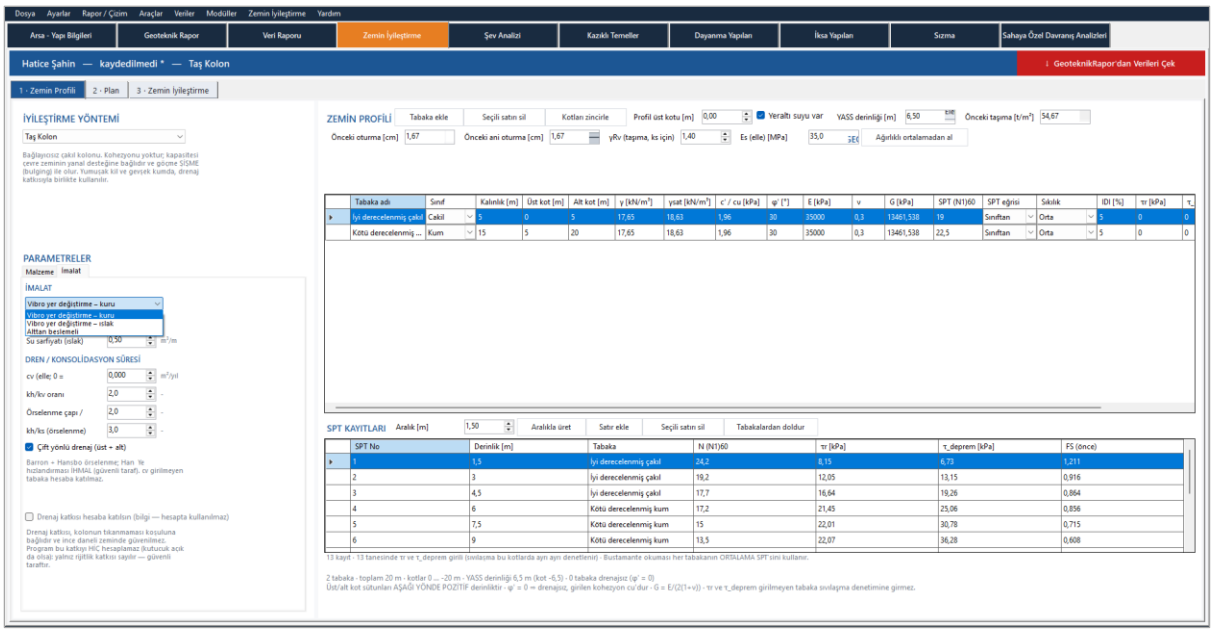
© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Bu değerlerden bıçak dönüş sayısı ve karıştırma enerjisi türetilir ve ekranda ölçütle birlikte gösterilir. Bunlar bir kalite ölçütüdür: yetersiz karıştırma, laboratuvarda ölçülen dayanımın sahada elde edilememesi demektir. Yetersiz bir dönüş sayısı hızlı sonuç paneline de düşer. Bıçak dönüş sayısı ölçütü 360 devir/m'dir (FHWA-HRT-13-046); örneğin ilerleme hızı yüksek seçilirse değer bu ölçütün altına düşer ve uyarı verilir.

Taş kolon

Kolon malzemesi için içsel sürtünme açısı, birim hacim ağırlık, elastisite modülü, Poisson oranı ve güvenlik sayısı girilir; ekranda bunlardan türeyen pasif basınç katsayısı gösterilir. Priebe hesabı için çevre zemininin Poisson oranı ile derinlik ve sıkışabilirlik düzeltmelerinin açık olup olmadığı seçilir.

İmalat tarafında vibro yer değiştirmenin kuru ya da ıslak biçimi veya alttan besleme seçilir; malzeme ve su sarfiyatları girilir. Ayrı bir grup, taş kolonun dren işlevini tanımlar: konsolidasyon katsayısı, yatay–düşey geçirimlilik oranı, örselenme çapı ve geçirimlilik oranı, çift yönlü drenaj ve — önemlisi — drenaj katkısının hesaba katılıp katılmayacağı. Bu son kutu varsayılan olarak kapalıdır.



Şekil 3. Taş kolon seçiliyken Zemin Profili sekmesi: İmalat alt sekmesinde vibro yer değiştirme biçimi ile dren ve konsolidasyon süresi parametreleri

Enjeksiyon

Hedef dayanım, boşluk oranı ve doldurma verimi; delik aralığı, etki yarıçapı ve manşet aralığı; enjeksiyon basıncı, çatlatma sınır basıncı, debi ve su–çimento oranı girilir. Ayrı bir grup uygunluk denetimini besler: zeminin ve şerbetin dane çapları ile kaba dane yüzdesi. Bu alanlarda sıfır "girilmedi" demektir ve o kalem denetlenmez.

Son grup saha kalibrasyonudur: birinci kademede gerçekleşen alım ve kademe azalma katsayısı. Alım girilmemişse metraj kuramsaldır ve kademeler arasında varsayılan oranlarla paylaştırılır; alım girildiğinde ikinci ve üçüncü kademeler bu ölçümden türetilir.

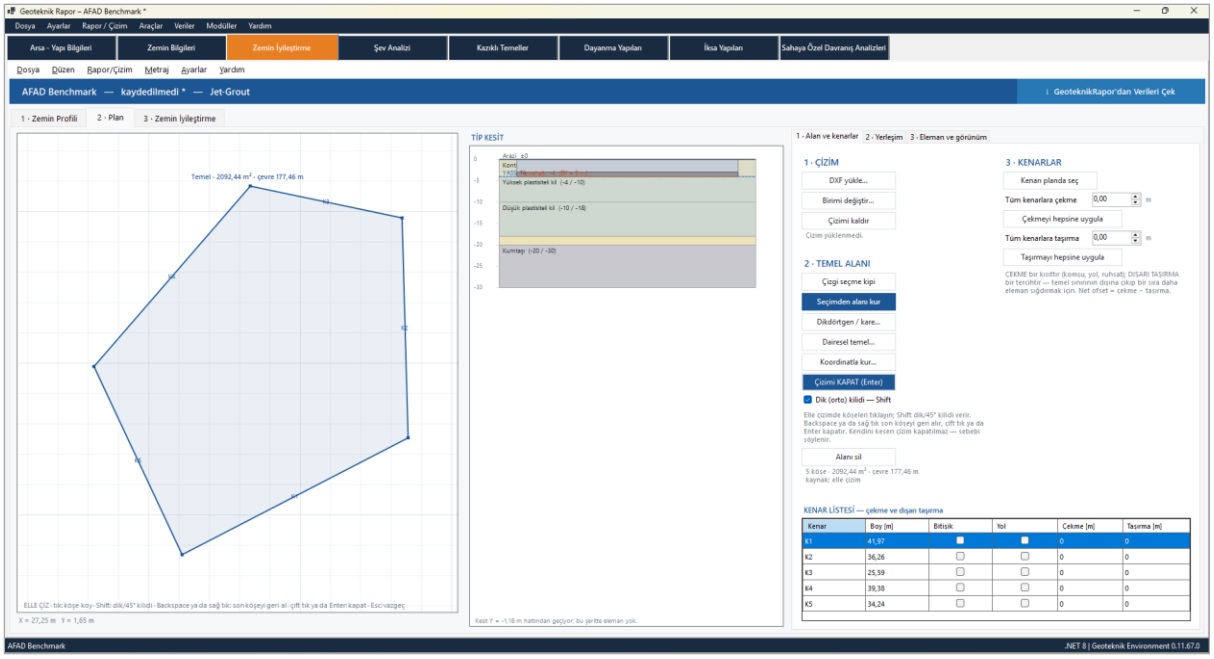
© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

4. Temel Alanını Kurmanın Beş Yolu

Temel alanı beş yoldan kurulur: DXF'ten çizgi seçerek, dikdörtgen/kare şablonundan, dairesel şablondan, köşe koordinatlarını yazarak ya da serbest çizimle. Kaynağı ne olursa olsun program içinde tek bir çokgen dolaşır; ayrı bir "dairesel alan" tipi tutmak, ondan sonraki her işlemi — ofset, içeride mi, yerleşim, metraj — ikiye katlardı.

Tablo 4. Beş yolun karşılaştırması

Yol	Ne zaman tercih edilir
DXF'ten seçim	Temel planı CAD ortamında çizilmişse — en yaygın yol.
Dikdörtgen / kare şablonu	Basit dikdörtgen temeller; hızlı bir ön çalışma için.
Dairesel şablon	Silo, kule, tank gibi dairesel temeller.
Koordinatla kur	Köşeler sayı olarak biliniyorsa; ayrıca mevcut bir alanı sayı üzerinden düzeltmek için.
Serbest çizim	Elde CAD dosyası yokken düzensiz bir temeli doğrudan çizmek için.



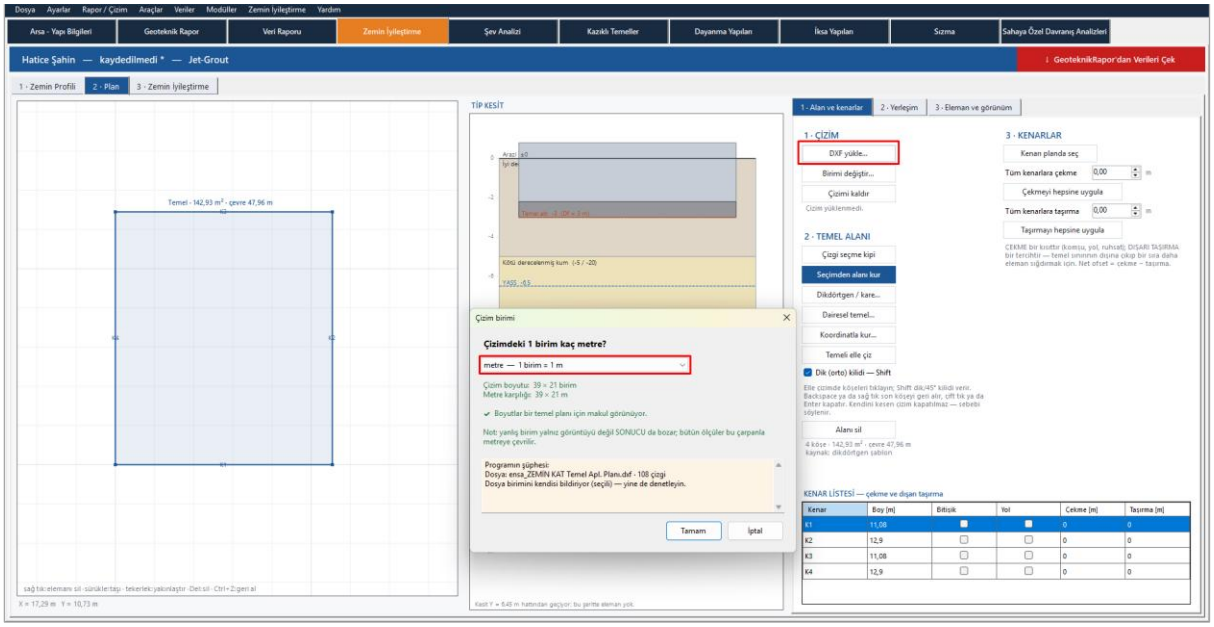
Şekil 4. 2 · Plan sekmesi, Alan ve kenarlar: elle çizilmiş temel alanı ve kenar listesi

4.1 DXF'ten alan kurma

DXF'ten okunan varlıklar LINE, LWPOLYLINE ve eski biçim POLYLINE'dır. yay, daire, spline ve elips atlanır ve kaç tanesinin atlandığı söylenerek CAD'de patlatılması istenir. İkili (binary) DXF reddedilir ve ASCII olarak kaydedilmesi istenir.

Birim, dosyanın başlığındaki birim tanımından kestirilir; tanınmazsa metre varsayılır. Bu kestirim bağlayıcı değildir: bir birim penceresi açılır ve kullanıcı seçer. Sonradan "Birimi değiştir" ile düzeltilebilir; o durumda yalnız çizimden kurulmuş alan ölçeklenir, elle girilen bir alan ölçeklenmez.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

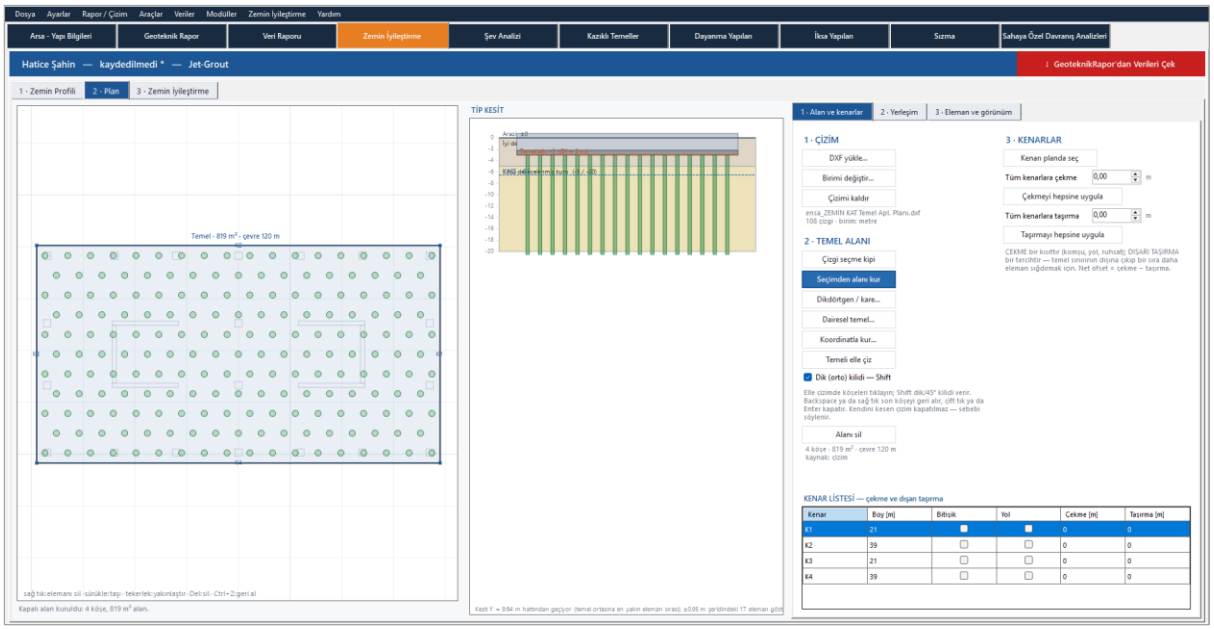


Şekil 5. DXF yüklendikten sonra açılan Çizim birimi penceresi: çizimdeki 1 birimin kaç metre olduğu seçilir, programın birim kestirimi gösterilir

Yanlış birim alanı on bin kat değiştirir

Santimetre yerine metre seçmek, alanı on bin kat büyütür. Alan değiştirme oranı bu alandan çıktığı için bütün sonuçlar birlikte kayar. Bu yüzden birim her zaman sorulur; kestirim onaysız uygulanmaz.

Okuma bittiğinde çizgi seçme kipine geçilir. Temel hattına bir kez tıklamak, uç uca bağlı zincirin tamamını toplar; tek bir çizgiyi eklemek ya da çıkarmak için denetim tuşuyla tıklanır. “Seçimden alanı kur” komutu kapalı zinciri çokgene çevirir. Zincir kapanmazsa program bunu söyler ve eksik kenarların da seçilmesini ya da toleransın büyütülmesini ister. Alan yeniden kurulurken eski kenar ayarları korunmaya çalışılır.



Şekil 6. DXF’ten kurulmuş temel alanı, kenar listesi ve tip kesit; planda üretilmiş karelaj yerleşimi

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

4.2 Şablonlar ve koordinatla kurma

Dikdörtgen şablonunda en ve boy girilir; bir kutu işaretlenerek kare yapılabilir. Canlı önizleme alanı ve çevreyi yazar; sol alt köşe orijine oturur. Dairesel şablonda çap girilir ve daire, alan hatası binde birin altında kalan çok kenarlı bir çokgene çevrilir — çünkü programda tek bir çokgen tipi dolaşır.

Koordinatla kurmada her satıra bir köşenin X ve Y değerleri yazılır. Metin yazıldıkça denetlenir. Mevcut bir alan varsa köşeleri dolu gelir; bu, alanı sayı üzerinden düzenlemenin yoludur.

4.3 Serbest çizim

Serbest çizim, şev modülündeki elle çizim aracının plan karşılığıdır. Zaten bir alan varsa, çizimin onun yerine geçeceği bildirilir ve onay istenir.

Tablo 5. Serbest çizim komutları

Komut	Etkisi
Tık	Köşe koyar.
Shift	Dik ve 45° kilidi (orto). Orto açıkken ızgara yakalaması reddedilir; yalnız uç ve köşe yakalaması kabul edilir, çünkü ikisi birlikte kilidi bozardı.
Backspace ya da sağ tık	Son köşeyi geri alır ve kaç köşe kaldığını yazar.
Çift tık ya da Enter	Çizimi kapatır.
Esc	Çizimden vazgeçer.

Yakalama sırası köşe, çizgi ucu ve ızgaradır. Ekranda canlı bir özet durur: köşe sayısı, çevre ve kapatılırsa oluşacak alan. Çizim kendini kesiyorsa bu kırmızı olarak yazılır.

Kapatma üç sebeple reddedilir

Üç köşeden az olması; çizimin kendini kesmesi; köşelerin bir alan oluşturmaması (noktaların aynı doğru üzerinde olması). Kendini kesme denetimi, alan denetiminden önce yapılır: kendini kesen bir alanın alanı, içeride-dışarıda testi ve çekme ofseti anlamsız olur; bu yüzden önce bu sebep bildirilir.

4.4 Kenarlar: çekme ve taşırma

Çekme mesafesi kenar bazındadır. Bitişik nizam olan kenarda komşuya, yola bakan kenarda yol kenarına farklı mesafe bırakılır; bir iç kenarda hiç bırakılmayabilir. Tek bir “kenar payı” sayısı bu gerçeği ifade edemez. Kenarlar tablosunda her kenar için bitişik olup olmadığı, yola bakıp bakmadığı, çekme ve taşırma mesafeleri girilir.

Çekme bir kısıt, taşırma bir tercihtir

Çekme bir kısıttır: komşu, yol, ruhsat. Dışarı taşırma bir tercihtir: temel sınırının dışına çıkıp bir sıra daha eleman sığdırmak için. Kullanılabilir alanı belirleyen net ofset, çekmeden taşırmanın çıkarılmasıdır. Bitişik ya da yola bakan bir kenara taşırma verilirse program uyarır — o kenarda taşmak çoğu zaman mümkün değildir.

Kullanılabilir alan, her kenarın taşıdığı doğrunun kendi net mesafesi kadar içeri ötelenmesi ve ardışık doğruların kesiştirilmesiyle bulunur. Köşeleri tek tek ötelemek dar açılarda boşluk ya da bindirme bırakırdı. Sonuç planda kesikli çizgiyle gösterilir.

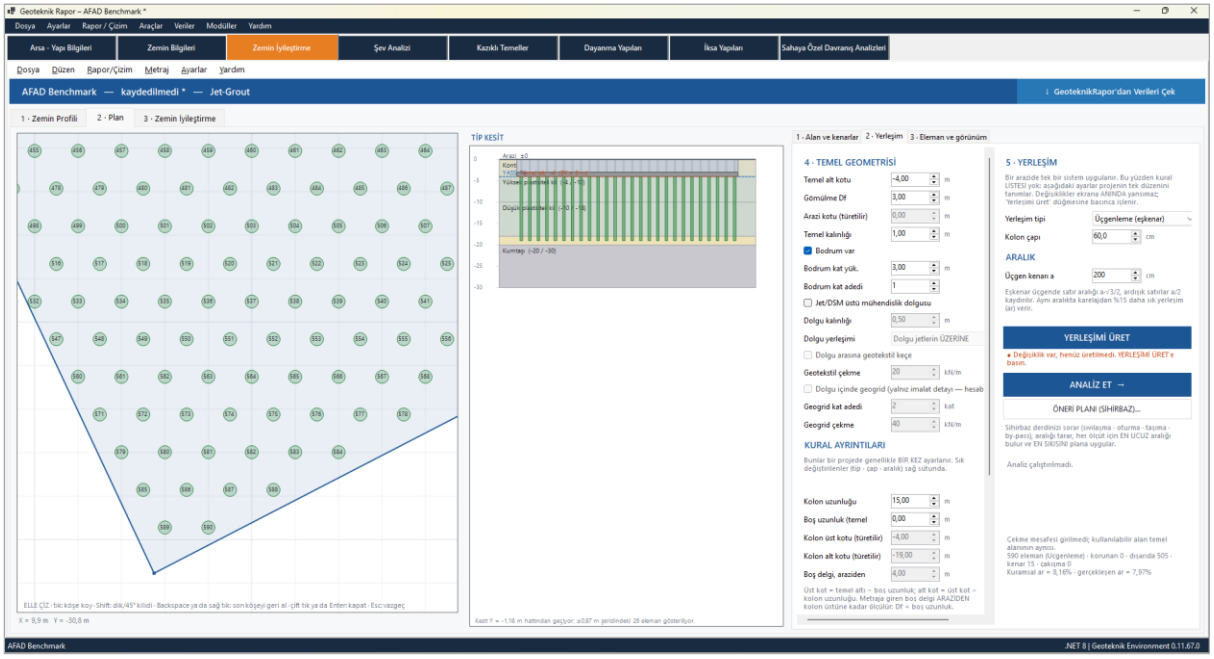
Ofsetin başarısız olabileceği hâller vardır ve hepsi adıyla söylenir: sıfır boylu bir kenar; çekmelerin poligonun dar bir yerinden büyük olması (ötelenmiş kenarların birbirini geçmesi ya da bir köşenin özgün alanın dışına düşmesi); taşırmanın kendi kendini kesmesi. Böyle bir durumda üretim durur ve sebebi bildirilir. Kullanılabilir alan temel alanının çok küçük bir oranına indiğinde de uyarı verilir.

Ofset tam bir “düz iskelet” ofseti değildir (bkz. 12).

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

5. Yerleşim

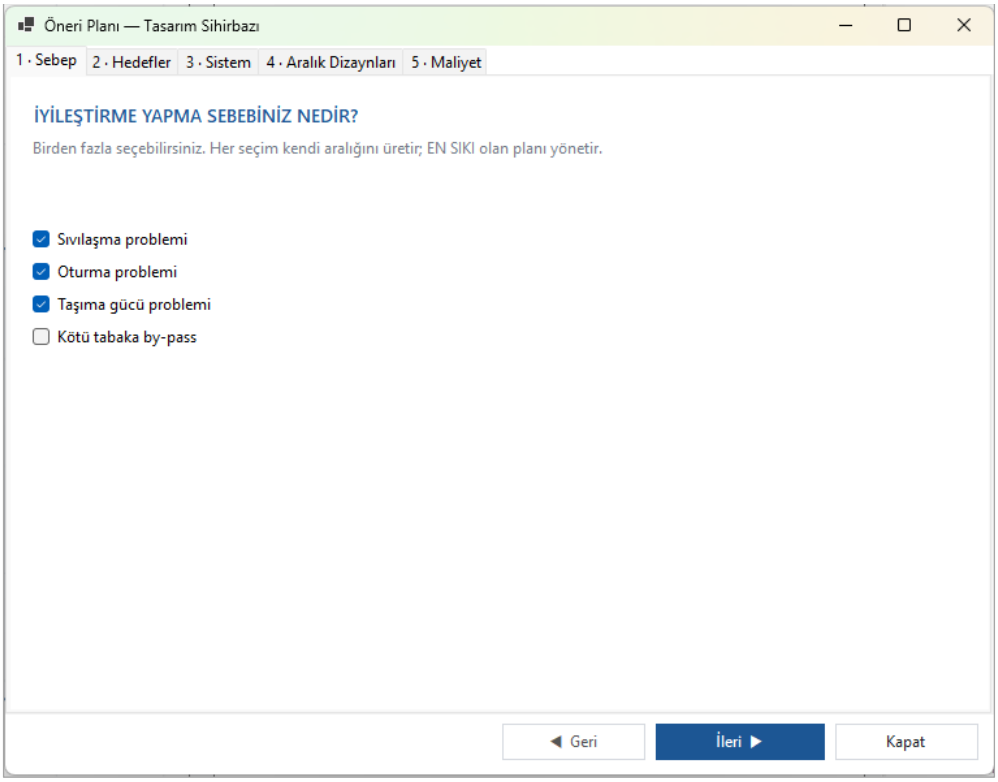
Yerleşim bir kuraldan üretilir. Sayı kutularına yazmak yalnız taslağı değiştirir; projeye ve çizime ancak üretme komutuyla geçer ve bekleyen bir değişiklik varken ekranda kırmızı bir satır durur. Böylece bir rakam düzeltilirken yerleşim her tuş vuruşunda dağılmaz.



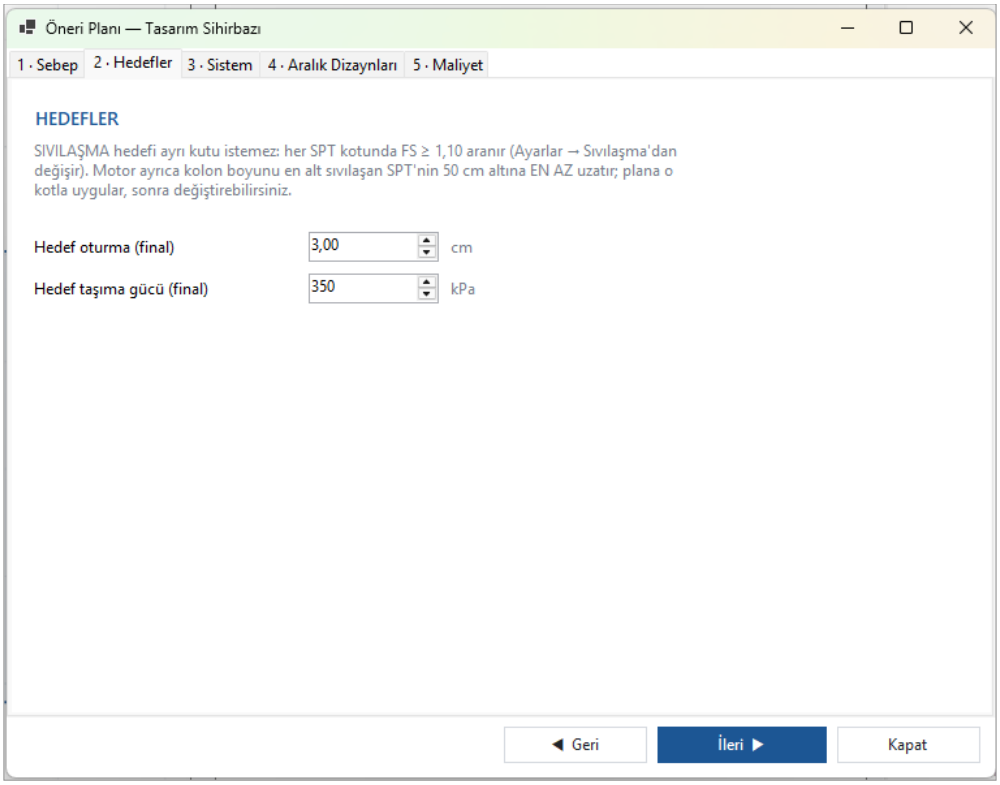
Şekil 7. 2 · Plan sekmesi, Yerleşim: temel geometrisi, yerleşim tipi ve aralık

Yerleşim sekmesindeki “ÖNERİ PLANI (SİHİRBAZ)…” düğmesi Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı penceresini açar. Sihirbaz beş adımdan oluşur: Sebep, Hedefler, Sistem, Aralık Dizaynları ve Maliyet. Seçilen her iyileştirme sebebi için aralık ayrı çözülür ve en sıkı ölçüt planı yönetir; maliyet taraması seçilmişse aday çaplar Ayarlar › Maliyet (TL) sekmesindeki birim fiyatlarla karşılaştırılır. Seçilen aday plana uygulanır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

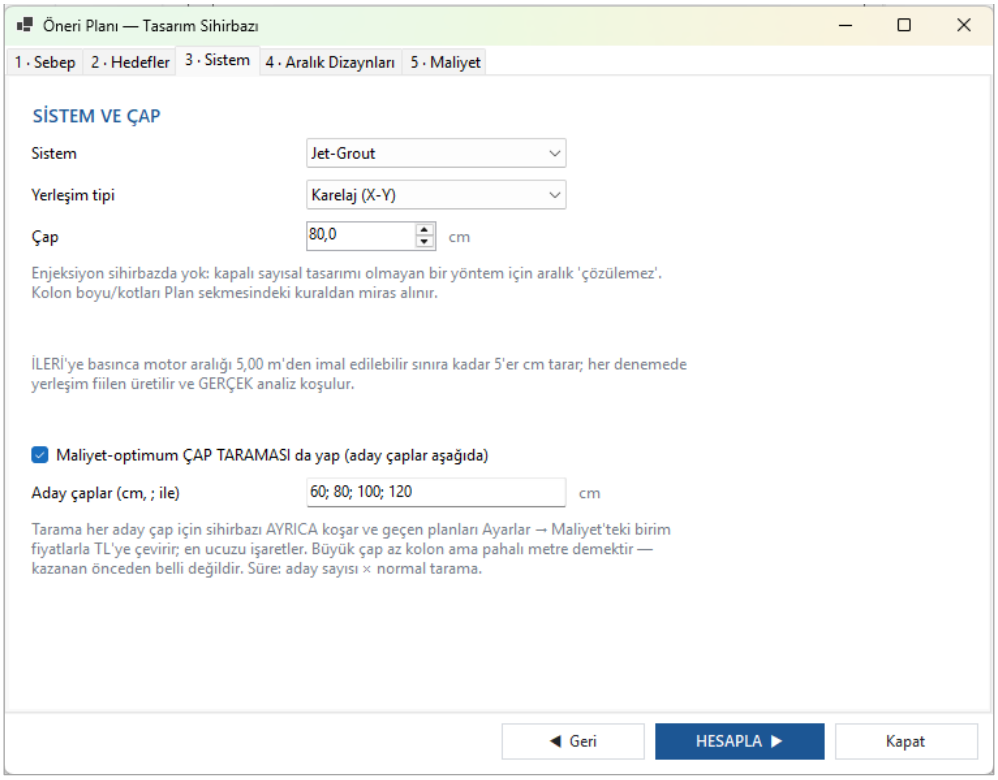


Şekil 8. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı: iyileştirme sebebinin seçimi

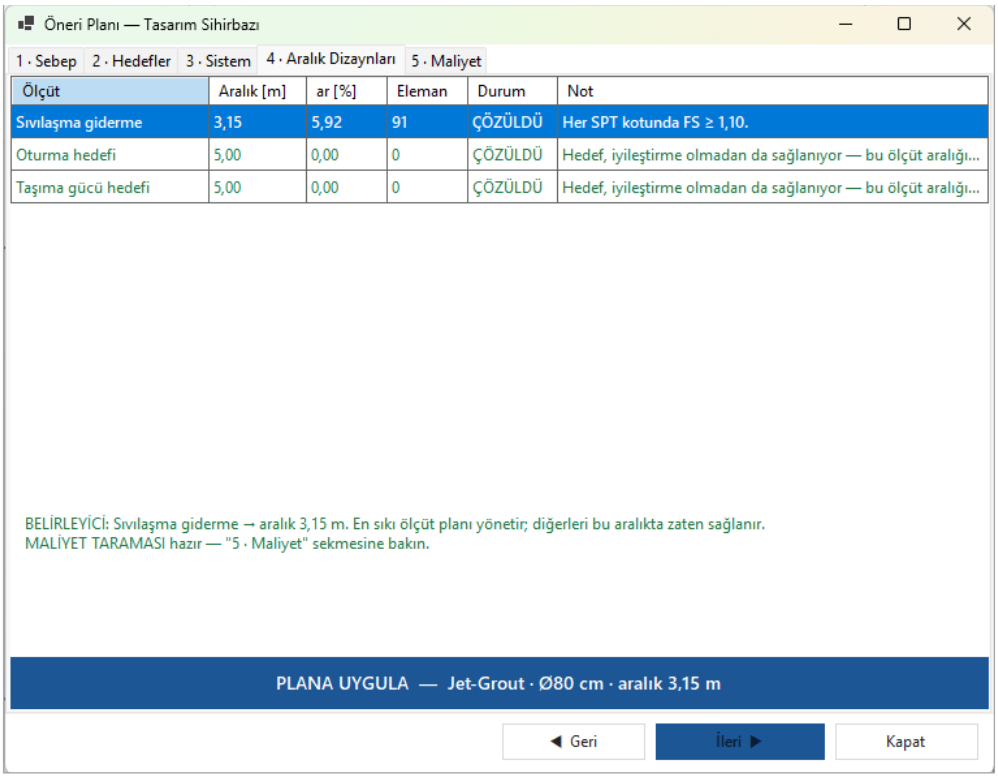


Şekil 9. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı, 2 · Hedefler adımı: hedef oturma ve hedef taşıma gücü (final)

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

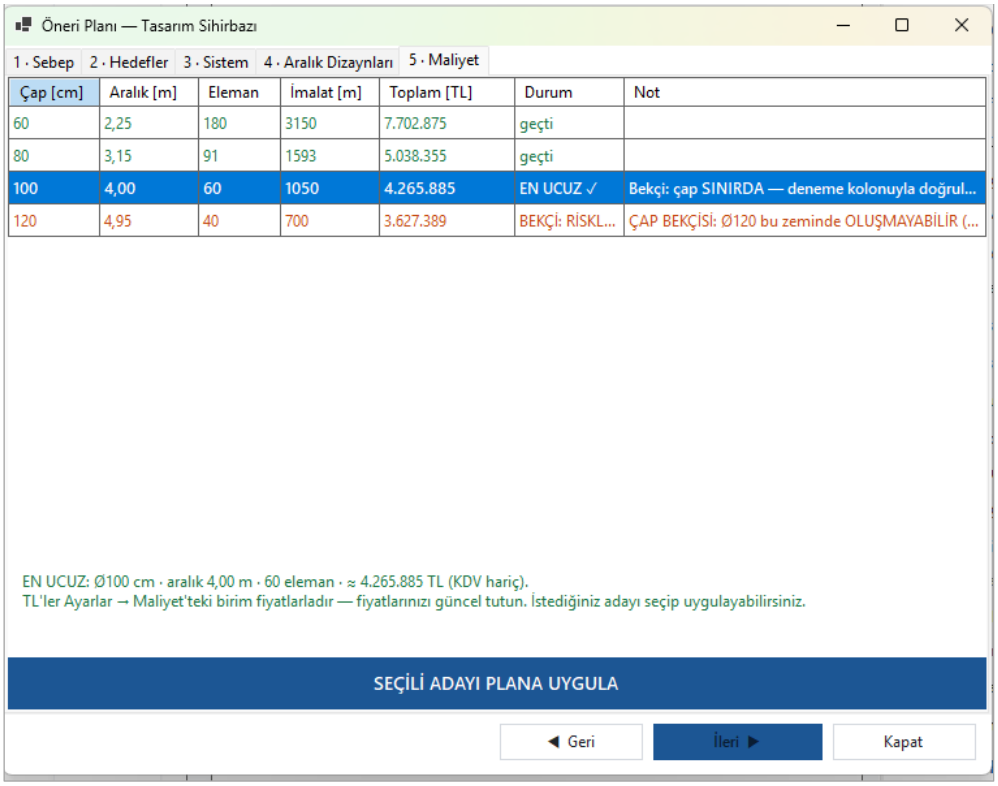


Şekil 10. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı, 3 · Sistem adımı: sistem, yerleşim tipi, çap ve maliyet-optimum çap taraması



Şekil 11. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı, 4 · Aralık Dizaynları adımı: her ölçüt için çözülen aralık, a_r ve eleman sayısı

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 12. Öneri Planı — Tasarım Sihirbazı, 5 · Maliyet adımı: aday çaplar için aralık, eleman sayısı, imalat boyu ve toplam maliyet

5.1 Yerleşim tipleri

Tablo 6. Yerleşim tipleri

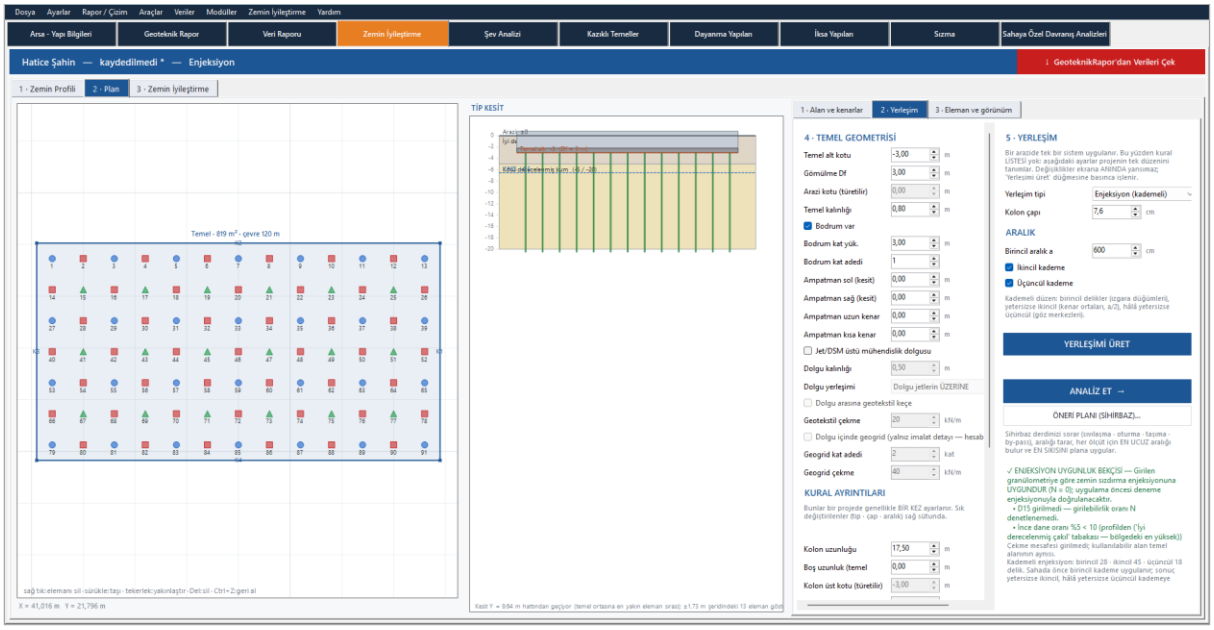
Tip	Tanımı ve etki alanı
Karelaj	X ve Y aralıkları ayrı girilir; bir kolonun etki alanı iki aralığın çarpımıdır.
Üçgenleme (eşkenar)	Üçgen kenarı girilir; satır aralığı kenarın √3/2 katıdır ve ardışık satırlar yarım kenar kaydırılır. Aynı aralıkta karelajdan belirgin biçimde daha yüksek bir alan değiştirme oranı verir.
Kutu — çevreleyici perde	Kolonlar kullanılabilir alanın sınırı boyunca dizilir ve köşelere her zaman bir kolon konur; örtüşme yüzdesi yazılır. Aralık tek değer olarak girilir.
Kademeli enjeksiyon	Birincil kademe ızgara düğümlerine, ikincil kademe kenar ortalarına, üçüncül kademe göz merkezlerine düşer; ikincil ve üçüncül kademeler ayrı ayrı açılıp kapatılır.

Kutu düzende alan değiştirme oranı şeride aittir

Çevreleyici perde düzeninde alan değiştirme oranı şeride aittir, temelin tamamına değil. İç ağ hesaba katılmadıkça kompozit zemin formülleri bu düzene uygulanmaz ve program bunu ekranda yazar; bir perdenin a_r'ını temel alanına yaymak, olmayan bir iyileştirmeyi var göstermek olurdu.

Kutu düzenin içine isteğe bağlı bir iç ağ eklenebilir. Yerleşim sekmesinde "İç ağ (kutunun içine karelaj / üçgenleme)" işaretlenir; iç ağ tipi (Karelaj ya da Üçgenleme), iç kolon çapı ve aralıklar dış perdeden ayrı girilir. İç kolonlar dış perde kolonlarına girmez: kenara en az dış kolon yarıçapı ile iç kolon yarıçapının toplamı kadar uzak kalırlar. İç ağ kolonları imalata ve metraja girer. a_r, K_G, q_{final} ve oturma hesabına katılmaları için Ayarlar › Sıvılaşma sekmesindeki "Kutu düzende İÇ AĞ kolonları ar/KG/oturma hesabına katılsın" kutusu işaretlenir (varsayılan kapalıdır). İşaretlendiğinde a_r iç ağın birim hücresinden hesaplanır ve karışım kuralı uygulanır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 13. Kademeli enjeksiyon yerleşimi: birincil, ikincil ve üçüncül kademe delikleri plan ve tip kesitte

Düzen X–Y eksenine ya da seçilen bir temel kenarına paralel kurulabilir; ayrıca bir ek açı verilebilir. Desenin dayanağı da seçilir: dört köşeden biri ya da merkez; varsayılan dayanak merkezdir. Dayanaklı bir düzende artık şerit her zaman seçilen ucun karşısında kalır — yani kullanıcı hangi kenarın tam çıkacağına karar verir.

5.2 Eleme kuralları

Üretilen her aday kolon dört süzgeçten geçer: merkezi kullanılabilir alanın içinde olmalıdır; kenara uzaklığı kolonun dış yüzüne göre ölçülür ve yarıçapı aşmalıdır; daha önce silinmiş bir noktaya çok yakın olmamalıdır; korunan elemanlara eksen mesafesi çapından küçük olmamalıdır. Üretim sonunda kaç elemanın hangi sebeple elendiği ve kuramsal ile gerçekleşen alan değiştirme oranı birlikte yazılır.

Hiç eleman yerleşmezse program bunu söyler ve aralığın küçültülmesini ya da çekme mesafelerinin azaltılmasını önerir.

5.3 Elle düzenleme

Üretilen yerleşim elle düzenlenebilir: sürükleme, ok tuşları (büyük adım için shift ile), koordinatla taşıma, silme ve geri alma. Her taşımada çakışma denetlenir; bir ihlal varsa hareket uygulanmaz ve sebebi — hangi elemanla, ne kadar bindirme ya da ne kadar net açıklık kaldığı — yazılır. Çoklu seçimde ya hepsi taşınır ya hiçbiri.

Elle taşınan eleman korunur, silinen geri gelmez

Elle taşınmış bir eleman, yerleşim yeniden üretildiğinde konumu dondurularak korunur; çapı ve kotu kuraldan gelmeye devam eder ve korunan elemanın bir çap yakınına yeni eleman konmaz. Silinen bir konum ise kuralın yasak noktalar listesine yazılır: yerleşim yeniden üretilse de orası bir daha doldurulmaz. “Silinenleri unut” komutu bu hafızayı temizler.

Numaralar her silme ve taşımadan sonra tazelenir ve süreklidir; sıra yukarıdan aşağı, sonra soldan sağadır. Seçim numarayla değil nesne kimliğiyle izlenir, bu yüzden numaralar değişse bile seçim elden kaymaz.

Kolon çapı, boyu ve temel altından bırakılacak boş uzunluk da bu panelde girilir; kolon üst ve alt kotları ile boş delgi derinliği bunlardan türetilir ve salt okunur gösterilir. Yeni projede boş uzunluk 0 gelir; yani kolon üstü temel alt kotuna oturur.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

5.4 Ampatman ve yerleşim durum bilgisi

Araç paneli üç sekmedir: 1 · Alan ve kenarlar (çizim, temel alanı ve kenarlar), 2 · Yerleşim (temel geometrisi, kural ayrıntıları, yerleşimin üretilmesi ve Öneri Planı sihirbazı) ve 3 · Eleman ve görünüm.

Temel geometrisinde bodrum konturu için ampatman tanımlanabilir: kesitte sol ve sağ, planda uzun ve kısa kenar için ayrı girilir. Ampatman yalnızca gösterimdir; plan ve kesitte çizilir, hiçbir hesaba girmez. Kolonların üstündeki boş delgi boyu kesitte çizilmez.

Plan sekmesinde görünen “elle konmuş” eleman sayısı yalnız bir ekran bilgisidir ve hesaba girmez. Üretilmiş bir elemanın yeri sonradan değiştirilirse o eleman elle sayılır. Kural ya da düzen son üretimden farklıysa ekran “Değişiklik var, henüz üretilmedi” uyarısını verir; YERLEŞİMİ ÜRET komutu yerleşimi kurala göre yeniden kurar.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

6. Analiz

Analiz tek bir komutla çalışır ve sonuçlar on sekmeye dağılır: kayma gerilmesi azaltma tablosu, iyileştirme tablosu, sıvılaşma oturması, jet ve DSM çeper sürtünmesi tabloları, taş kolon dren süresi, enjeksiyon hedef hız profili, kolon gerilmeleri, oturma tablosu ve denetimler. Bunların yanında özet hesap sonuçları, iyileştirme sonrası final zemin değerleri ve ayrıntı bölümleri bulunur.

6.1 Alan değiştirme oranı

Bütün iyileştirme hesaplarının çıkış noktası alan değiştirme oranıdır: kolon alanının, o kolona düşen etki alanına oranı. Etki alanı yerleşim tipinden gelir. Analizde oranın tanımı ayarlardan seçilebilir — temel alanına göre, karelaj gözüne göre ya da kullanılabilir alana göre — ve paydanın kalan zemin mi yoksa toplam alan mı olduğu da bir seçimdir. Bu seçim sonucu doğrudan değiştirir ve raporda yazılır. Varsayılan payda TOPLAM alandır; kalan zemin paydası standart dışıdır, alan değiştirme oranını büyütür ve kayma gerilmesi azaltma katsayısını güvensiz tarafta küçültür. Kalan zemin paydasıyla kaydedilmiş bir proje dosyası açılırken program kayıtlı seçimi değiştirmez, ancak tanımın bilinçli olarak denetlenebilmesi için uyarı verir.

6.2 Sıvılaşma ve kayma gerilmesi azaltması

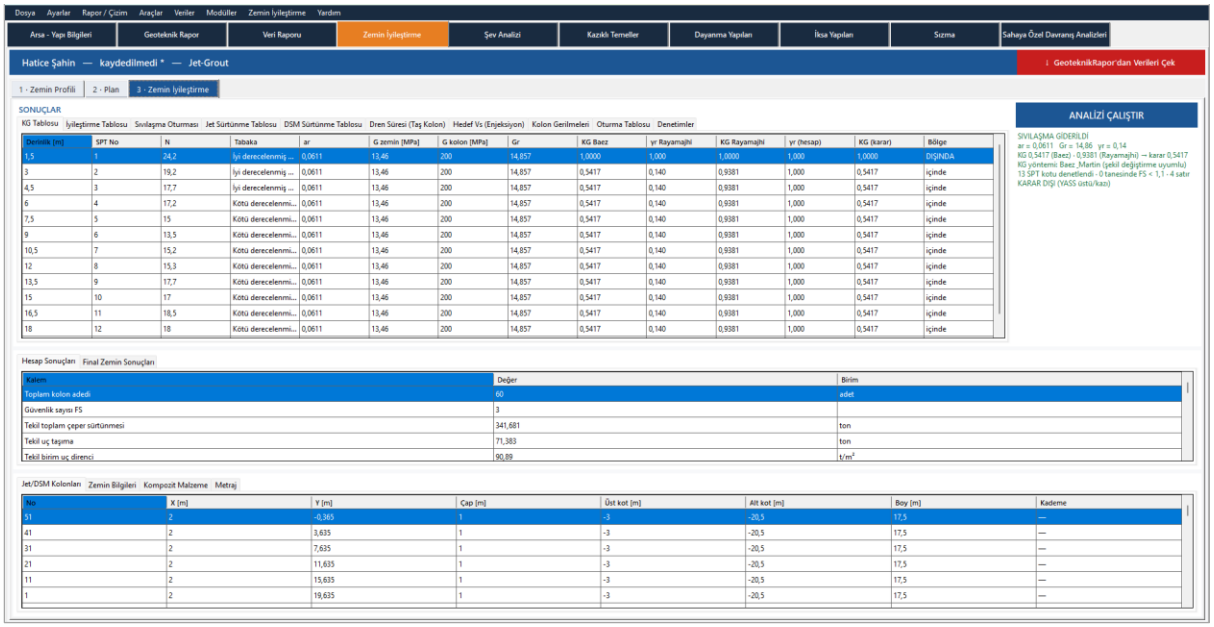
Rijit kolonlar, deprem sırasında kayma gerilmesinin bir bölümünü üstlenerek aralarındaki zemini rahatlatır. Bu etki, kolon ile zeminin kayma modülü oranından ve alan değiştirme oranından hesaplanan bir azaltma katsayısı ile ifade edilir; iyileştirme sonrası güvenlik sayısı, deprem gerilmesinin bu katsayıyla çarpılmasıyla bulunur.

Tablo 7. Kayma gerilmesi azaltma yöntemleri

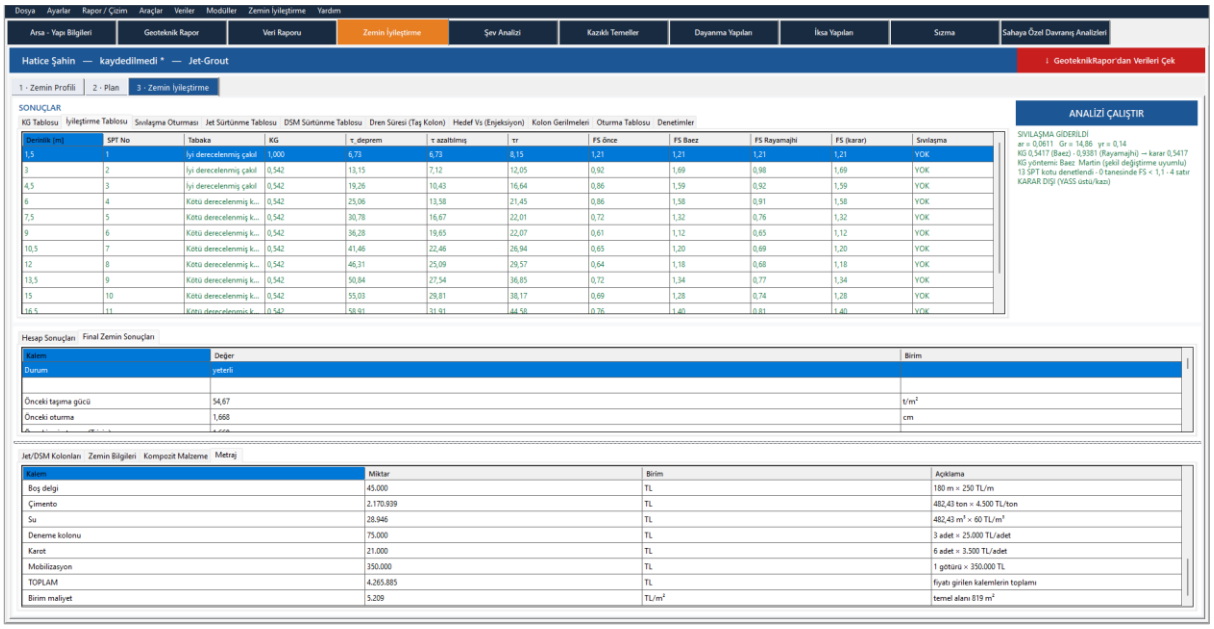
Yöntem	Kabulü ve kaynağı
Baez ve Martin	Kolon ile zeminin aynı kayma şekil değiştirmesini yaptığını kabul eder (şekil değiştirme uyumlu). Taş kolon için ve dar bir modül oranı bandı için türetilmiştir; bu bandın dışında program uyarır.
Rayamajhi ve diğerleri	Şekil değiştirmelerin uyumlu olmadığını kabul eder ve bir uyum katsayısı getirir; rijit kolonlarda beklenen azaltmayı belirgin biçimde daha küçük — yani daha muhafazakâr — verir.
Ara değer	İki yöntem arasında bir katsayıyla enterpolasyon.
İkisi de	Her ikisi de hesaplanır ve karar muhafazakâr olana verilir. Varsayılan budur.

Sıvılaşma denetimi satır satır yürür ve her satır için iyileştirme öncesi ve sonrası güvenlik sayıları birlikte verilir. Bazı satırlar karar dışı bırakılır ve bunun sebebi yazılır: temel taban kotunun üstündeki satırlar kazıyla kaldırılacağı için, yeraltı su seviyesinin üstündekiler doygun olmadıkları için. Bu satırlar ekranda kalır ama sayaçlara, karara ve sıvılaşma oturmasına girmez. Sıvılaşmaz sayılan satırlar da (sıvılaşmaz zemin sınıfı, plastisite indisi 12 ve üzeri olan ince daneli zemin, kil ve kaya) karar dışıdır; ekranda “sıvılaşmaz (TBDY 16.6.3) · KARAR DIŞI” diye işaretlenir ve sayaçlara, karara ve sıvılaşma oturmasına girmez. İyileştirme bölgesinin dışında kalıp sıvılaşabilen bir tabaka “önce” sütununa girer, “sonra” sütununda aynı kalır; iyileştirmeden fayda sağlamış gibi gösterilmez.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 14. 3 · Zemin İyileştirme sekmesi, KG Tablosu: SPT kotlarında kayma gerilmesi azaltma katsayıları (Baez ve Martin, Rayamajhi ve karar)



Şekil 15. İyileştirme Tablosu: her SPT kotunda iyileştirme öncesi ve sonrası güvenlik sayıları; altta metraj ve maliyet dökümü

Enjeksiyonda bu zincir çalıştırılmaz. Enjeksiyonun kabul ölçütü bir azaltma katsayısı değil, hedef hız profilidir (bkz. 6.7).

6.3 Tekil kolon kapasitesi

Kolon kapasitesi kazık benzeri bir yolla hesaplanır: çeper sürtünmesi tabaka tabaka toplanır, uç direnci eklenir ve güvenlik sayısına bölünür. Düşey efektif gerilme bir kritik derinlikte dondurulur; derinlik, zeminin sıkılığına göre çapın bir katıdır. Uç direncinde kohezyon çarpanı, kazıkta kullanılandan daha küçüktür; gerekçesi rijitlik farkıdır.

Taşıma gücü katsayısı için dört seçenek vardır ve son üçü cebirsel olarak aynı ifadeye iner. Jet-grout'ta çeper ve uç, Bustamante ve Doix'in SPT esaslı grafiklerinden okunur; kumlu ve çakıllı zeminlerde bir azaltma uygulanır ve çeper için bir üst sınır konur.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

İki yol, küçüğü belirleyici

Kolonun kapasitesi iki ayrı yoldan sınırlanır: geoteknik yol (çeper artı uç, güvenlik sayısına bölünmüş) ve yapısal yol (kolon malzemesinin tasarım dayanımı çarpı kesit alanı). Tasarım değeri ikisinin küçüğüdür ve hangisinin belirleyici olduğu ekranda yazılır. Taş kolonda yapısal yol belirleyici değildir; orada göçme biçimi şişmedir ve bir uyarı notu düşer.

Bu hesap negatif çeper sürtünmesini, grup etkisini ve oturmaya bağlı seferberliği içermez; grup etkisi ayrı bir adımdır.

6.4 Grup etkisi ve blok göçmesi

Rijit kolonlarda grup verimi iki ölçütün küçüğü olarak alınır: klasik geometrik bağıntı ve AASHTO (2020) ölçütü. Güvenli tarafta kalmak için küçük olan alınır. Sık aralıkta çoğunlukla AASHTO ölçütü yönetir (s/D = 2,5 için verim 0,65); aralık açıldıkça klasik bağıntı belirleyici olur ve verim bire yaklaşır (s/D = 7 için 0,91). Hangi ölçütün yönettiği not satırına yazılır. Rapor da iki değerin küçüğünün (yönetenin) kullanıldığını yazar.

Ayrıca blok göçmesi denetlenir: kolon merkezlerinin oluşturduğu zarf bir kütle kabul edilir ve bu kütlenin çevresindeki zemin-zemin kayması ile tabanındaki uç direnci hesaplanır. Karar, tekil kapasitelerin verimle çarpımı ile blok kapasitesinin küçüğüdür. Taş kolonda grup adımı uygulanmaz ve gerekçesi denetimlerde yazılır: orada birim hücre yaklaşımı zaten grup davranışının kendisidir. Ekranda gösterilen toplam taşıma kapasitesi grup verimiyle azaltılmış değerdir ve raporla aynıdır.

6.5 Kompozit zemin ve oturma

Kompozit parametreler karışım kuralıyla bulunur: birim hacim ağırlık, kohezyon ve elastisite modülü alan oranıyla ağırlıklandırılır; sürtünme açısı, gerilme yoğunlaşmasını hesaba katan bir bağıntıyla birleştirilir.

Karışım kuralının sınırı ekranda gösterilir

Karışım kuralı paralel yay kabulüdür. Kolon ile zeminin modül oranı çok büyüdüğünde kompozit modül olduğundan büyük çıkar. Program bu oranı bir sütunda gösterir ve belirli bir değerin üstünde kırmızıya boyar; böylece kabulün sınırı görünür kalır.

Oturma iki katmanlı bir yolla çözülür. Önce yük derinliğe yayılır — klasik yayılma oranıyla ya da elastik çözümle; hangisi kullanılacağı bir ayardır. Sonra etki derinliği bulunur: gerilme artışının örtü gerilmesinin belirli bir oranına düştüğü derinlik, bir tavan değerle sınırlı. Her tabakanın ham sıkışması bu dağılımdan hesaplanır ve kullanıcının girdiği önceki toplam oturma bu dağılıma paylaştırılır — böylece iyileştirme öncesi ölçülen ya da hesaplanan bir değere sadık kalınır.

Yalnız iyileştirme bölgesindeki paylar bir azaltma çarpanıyla küçültülür; bölgenin altındaki tabakalar aynen kalır. Çarpan, gerilme yoğunlaşma oranına bağlıdır; bu oran elastik modül oranından başlar ve kolonun gerçek kapasitesiyle kırpılır — bir kolon taşıyamayacağı yükü üstlenemez.

İki ikinci görüş sunulur: eşdeğer ayak yaklaşımı (kolon ve zemin birlikte tek bir eşdeğer modül) ve eşdeğer radye yaklaşımı (yükün kolon boyunun belirli bir oranı derinlikte sanal bir radyeye indiği kabulü, kolonların elastik kısalmasıyla birlikte). Eşdeğer radye yaklaşımında zemin profili sanal radyenin altında bitiyorsa hesap yapılmaz ve sebebi bildirilir; varsayımsal bir yarı-uzay eklenmez.

Karar satırında hangi oturma yaklaşımının kullanılacağı Ayarlar → Oturma sekmesinden seçilir: basit oran (s = önceki oturma × E_s / $E_{kompozit}$; varsayılan), iki katmanlı yaklaşım ya da eşdeğer radye. Hangisi seçilirse seçilsin üç görüş hesaplanıp yan yana yazılır; seçim yalnız karar satırını belirler. Taş kolonda karar satırı da bu seçime uyar: iki katmanlı yaklaşımda iyileştirme bölgesinin oturması gerilme yoğunlaşma oranına bölünür ve bölgenin altındaki oturma eklenir; basit oranda toplam oturma bu oranla azaltılır ve durum DİKKAT notuyla yazılır.

Çıktılar arasında yataklanma değerleri de vardır: kolonun yay katsayısı, kolonlar arasındaki zeminin yatak katsayısı ve tek bir ortalama değer. Yatak katsayısı için kullanılan T katsayısı tablosu Geoteknik Rapor modülüyle

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

ortaktır (Bowles, Foundation Analysis and Design) ve ani oturmadan okunur; önceki ani oturma girilmemişse T ve k_s hesaplanmaz. Oturma sınırı denetimi yalnız toplam oturmaya uygulanır; farklı oturma ve açısal dönme denetlenmez. Taşıma gücünden türetilen yatak katsayısı bağıntısında kolon güvenlik sayısı FS değil, Zemin Profili sekmesinde girilen direnç katsayısı γRv ("γRv (taşıma, ks için)", varsayılan 1,40) kullanılır; rapordaki formül de bu katsayıyla yazılır.

6.6 Taş kolona özgü hesaplar

Şişme (bulging) kapasitesi

Taş kolonun göçme biçimi kesme değil şişmedir: kolon, çevresindeki zeminin sağladığı yanal desteği aşan bir yükte yanlara doğru genişler. Kapasite, kolon üstünden çapın birkaç katı bir derinlik boyunca taranır ve en küçük değer yönetir — en zayıf nokta en sığ noktadır, çünkü orada örtü gerilmesi en düşüktür. Yanal sınır gerilme, drenajsız durumda kovuk genişlemesi kuramından, drenajlı durumda pasif basınçtan gelir.

Bunun yanında yaygın bir kısayol bağıntısı da hesaplanır ve karar, uygulanabilir değerlerin küçüğüdür.

Priebe iyileştirme faktörü

Priebe yöntemi, iyileştirilmiş zeminin oturmasının iyileştirilmemişe oranını bir faktör olarak verir. Program temel faktörü hesaplar ve sıkışabilirlik düzeltmesini — seçiliyse — uygular. Derinlik faktörü bu sürümde uygulanmaz ve bu açıkça yazılır.

Dren etkisi

Taş kolon aynı zamanda bir düşey drendir. Radyal konsolidasyon, örselenme bölgesini de hesaba katan klasik bir çözümle hesaplanır ve düşey konsolidasyonla birleştirilir; sonuç, belirli bir konsolidasyon derecesine ulaşma süresinin iyileştirme öncesine oranı — yani hız kazancı — olarak verilir. Kolonun rijitliğinden gelen ek hızlanma (Han ve Ye, 2001) bilerek ihmal edilir (güvenli taraf); konsolidasyon katsayısı girilmemiş bir tabaka hesaba katılmaz; tıkanma çekincesi bir not olarak yazılır. Bu katkı varsayılan olarak kapalıdır ve açılması kullanıcının beyanıdır.

6.7 Enjeksiyonda hedef hız profili

Kabul ölçütü metraj değil performanstır

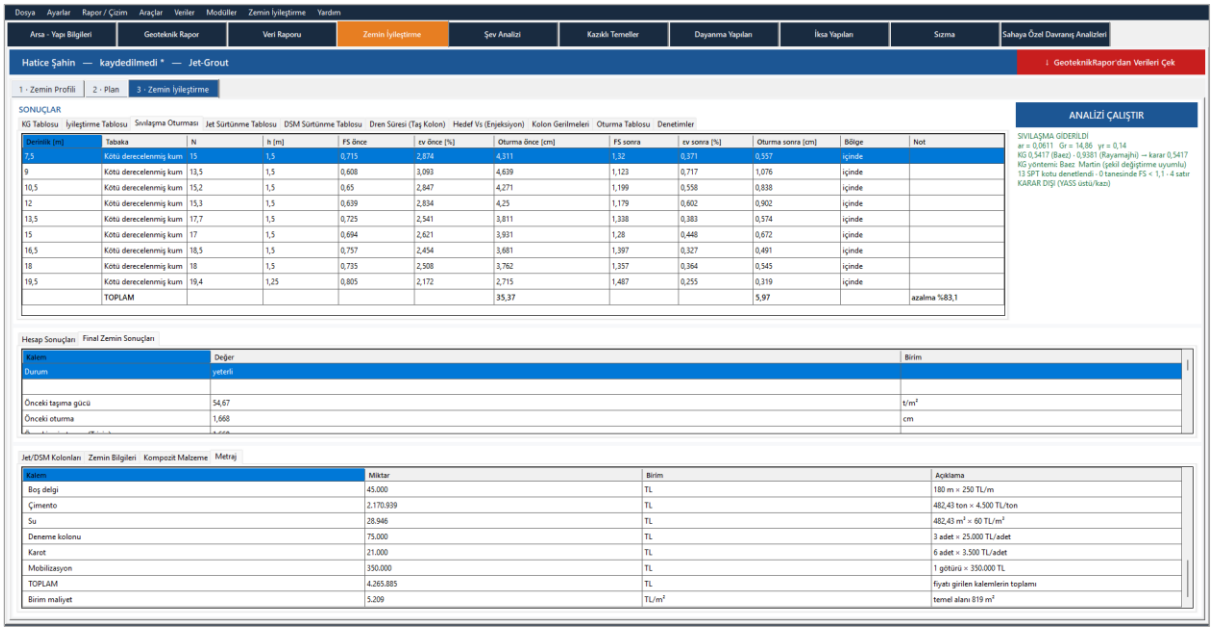
Enjeksiyonda iyileşmenin ne kadar olduğunu metrajdan bilmek mümkün değildir. Program bu yüzden tersini yapar: her derinlikte gerekli güvenlik sayısını sağlayacak kayma dalgası hızını çözer ve bunu bir hedef profil olarak verir. Enjeksiyon sonrası sahada ölçülen hız profili bu eğrinin üstündeyse sıvılaşma giderilmiştir. Böylece kabul ölçütü girdiden (metraj) çıktıya (performans) taşınır; program enjeksiyonda metraj öne sürmez, hedef verir.

Kullanılan dayanım eğrisinin bir üst sınırı vardır ve eğri bu sınıra yaklaşırken dikleşir. Gereken hız bu sınıra dayanıyorsa hiçbir gerçekçi saha ölçümü güvenliği gösteremez; o satır GÖSTERİLEMEZ olarak işaretlenir ve rapor bunu saklamaz — o derinlikte enjeksiyon yeterliliğinin hızla kanıtlanamayacağını ve yöntemin değiştirilmesi gerektiğini söyler.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

6.8 Sıvılaşma sonrası oturma

Sıvılaşan tabakalarda hacimsel birim şekil değiştirme, düzeltilmiş darbe sayısı ve güvenlik sayısından kapalı bir bağıntıyla hesaplanır ve tabaka kalınlıklarıyla toplanır. Aynı bağıntı iyileştirme öncesi ve sonrası için ayrı ayrı uygulanır; tek fark güvenlik sayısıdır. Darbe sayısının bağıntının kalibrasyon aralığının altında kaldığı satırlarda değer sınıra kırpılır ve bu bildirilir. İyileştirme bölgesinin dışında kalan tabakalarda oturma değişmez.



Şekil 16. Sıvılaşma Oturması tablosu: iyileştirme öncesi ve sonrası hacimsel birim şekil değiştirmeler ve oturmalar

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

7. Denetimler

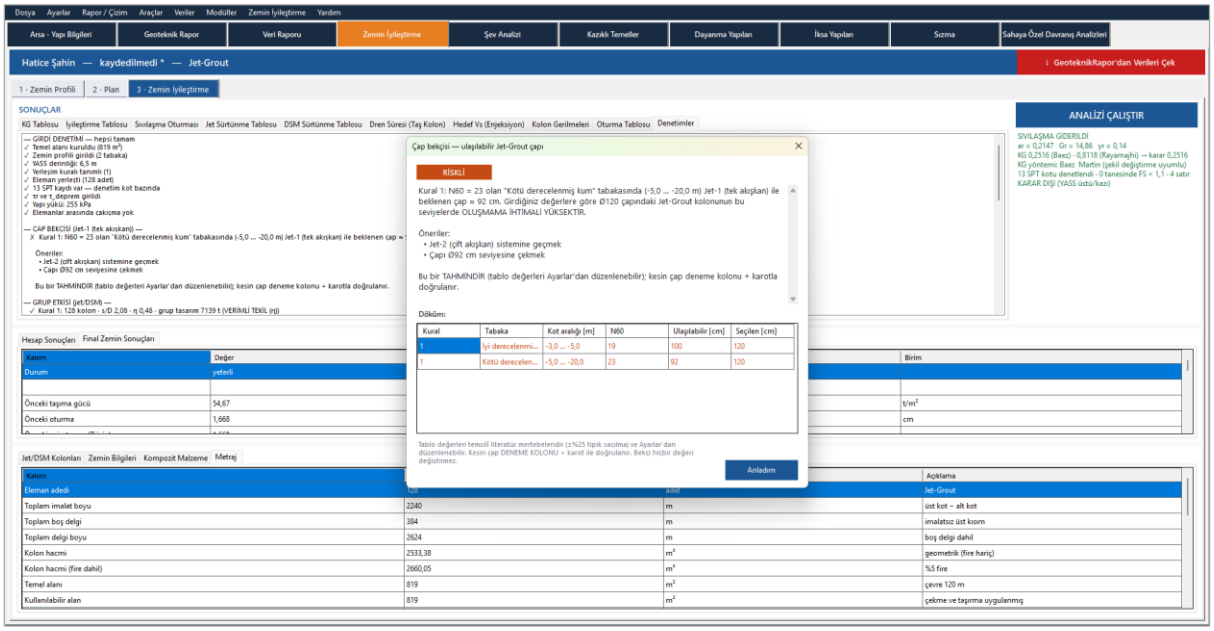
Denetimler sekmesi, analizde yapılan her varsayımı ve uygulanmayan her hesabı adıyla söyler: eksik parametreler, kalibrasyon aralığının dışına çıkan değerler, uygulanmayan hesaplar ve bunların gerekçeleri. Bir hesap uygulanmıyorsa niçin uygulanmadığı yazılır.

Tablo 8. Denetimler

Denetim	Ne denetler
Çap denetimi	Jet-grout'ta seçilen çapın, girilen imalat parametreleri ve zemin türüyle sahada gerçekten elde edilebilir olup olmadığını denetler. Bir çap girmek onu üretmez.
DSM denetimi	Bıçak dönüş sayısı ve karıştırma enerjisinin ölçütü sağlayıp sağlamadığını denetler; yetersiz karıştırma, laboratuvar dayanımının sahada elde edilememesi demektir.
Enjeksiyon uygunluk denetimi	Zeminin ve şerbetin dane çapları ile kaba dane yüzdesinden, seçilen enjeksiyon türünün o zeminde uygulanabilir olup olmadığını denetler. Girilmemiş bir kalem denetlenmez.

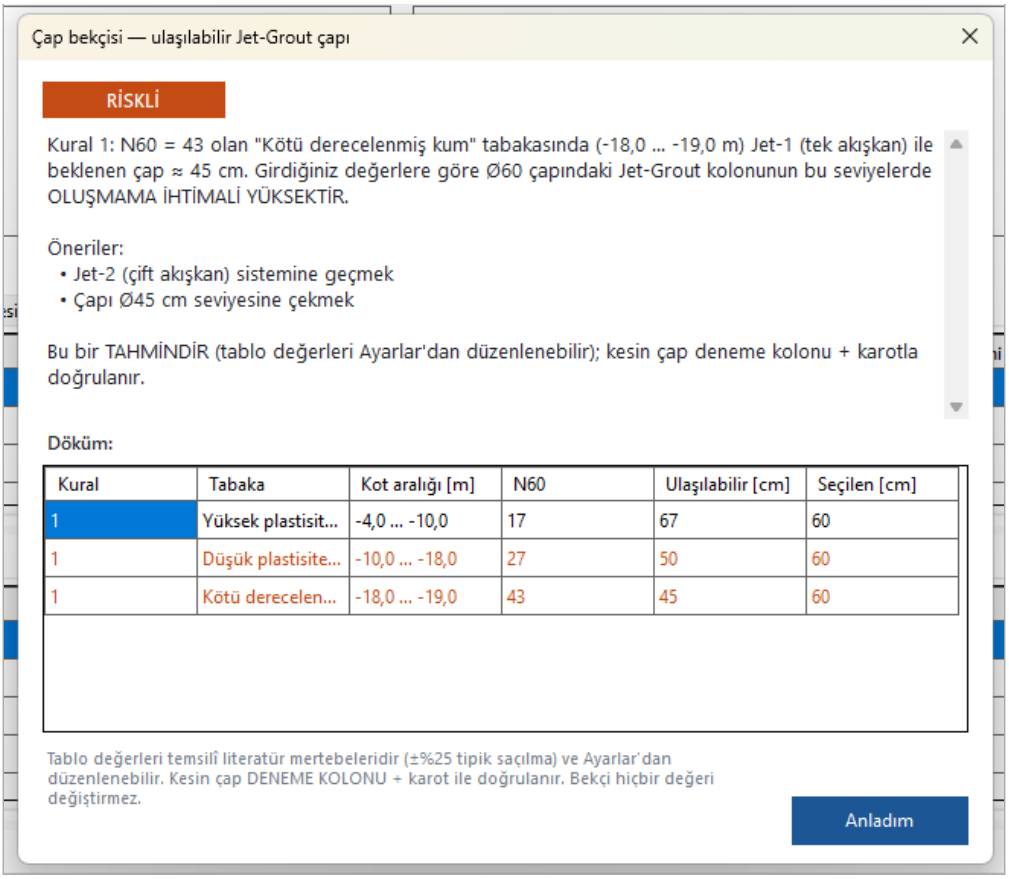
Denetim bulguları üç seviyededir ve yalnız RİSKLİ olan bir bulgu analiz sonrası ekranın ortasında açılır. Geri kalanı Denetimler sekmesinde durur ve rapora girer.

Rapor, tablolarla çapraz denetlenen bir sonuç hükmüyle biter: sıvılaşma, kolon kapasitesi ya da oturma tablolarından herhangi bir satır SAĞLANMIYOR diyorsa ya da bir denetim yapılamamışsa genel hüküm "uygun" olamaz. İyileştirilmiş taşıma gücü qt(iyileştirilmiş) ile temel taban basıncının karşılaştırılması yalnız uyarıdır; Denetimler sekmesine ve rapora yazılır, ancak hükmü değiştirmez ve işlemi durdurmaz. Programın genel ilkesi geçerlidir: uyarır, işlemi durdurmaz.



Şekil 17. Analiz sonrası ekranın ortasında açılan Çap denetimi uyarısı ve Denetimler sekmesindeki bulgular

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 18. Çap denetimi penceresi: RİSKLİ uyarısı, öneriler ve döküm

8. Ayarlar — Sonucu Değiştirenler

Ayarlar tek bir pencerede, on sekmede toplanır: Güvenlik ve sınırlar, Deprem, Sıvılaşma, Oturma, Yöntemler, Kolon kapasitesi, Çap denetimi, İmalat ve kalite, Maliyet (TL) ile Çizim ve rapor. Ayarlar ana proje dosyasında saklanır ve raporda gösterilir. Ana programda bu ayarlar, ortak Ayarlar penceresinde Zemin İyileştirme sekmesi altında açılır. İki hazır hesap profili vardır — piyasa uygulamasına ve literatüre yakın duran iki kümelenme — ve bunlardan biri seçilip sonra tek tek değiştirilebilir.

Tasarım yönetmeliği: hesabın hangi yönetmeliğe göre yapıldığı Ayarlar › Güvenlik ve sınırlar sekmesindeki “Tasarım yönetmeliği” seçicisinden belirlenir ve projeyle birlikte saklanır. Yalnız programda uygulanmış (Etkin) yönetmelikler seçilebilir; diğerleri (ör. FHWA GEC-7 ve EN 1997-1) gri görünür ve yanında “Bu sürümde kullanılamaz.” notu yazar. Seçim bilgi amaçlıdır, hesapta kullanılmaz. Seçim, rapor şablonuna |tasarim_yonetmeligi| alanı konursa rapora yazılır; hazır şablonda bu alan yoktur.

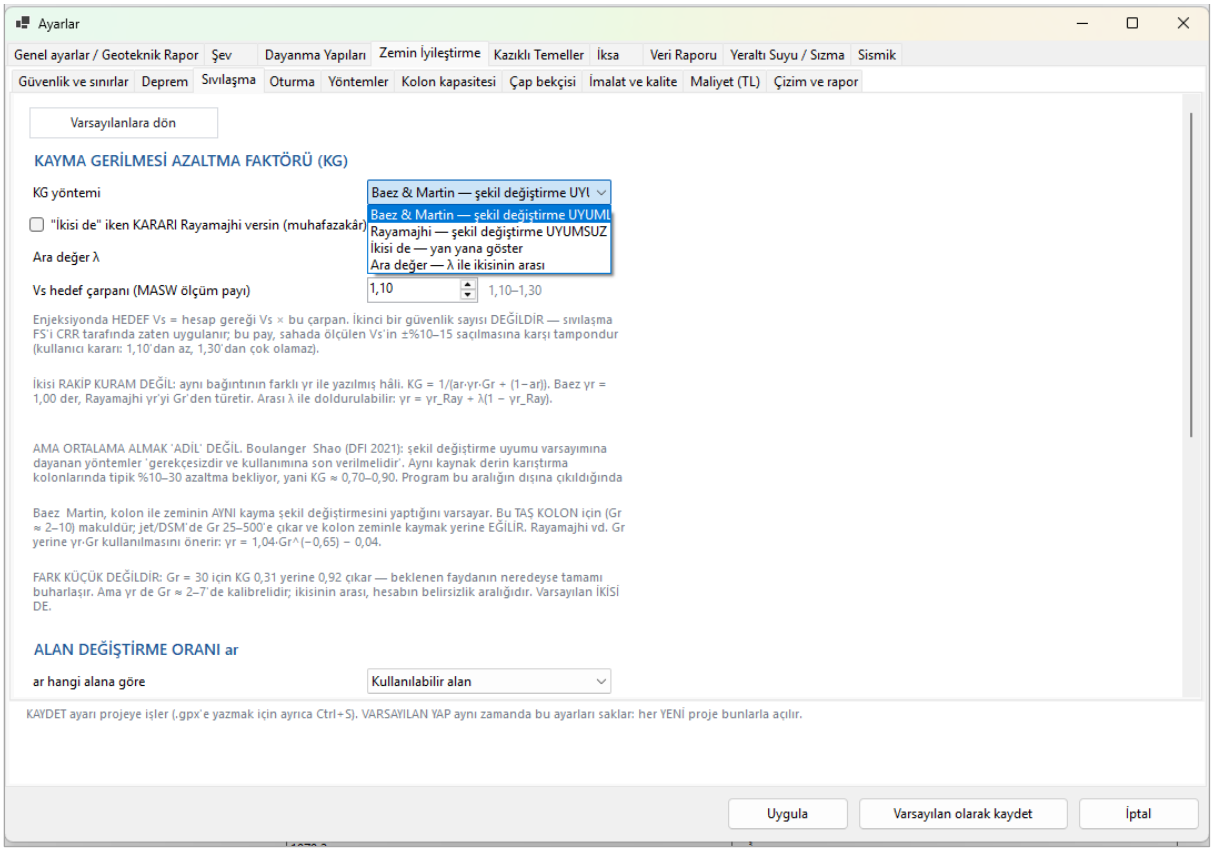
© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablo 9. Ayar başlıkları

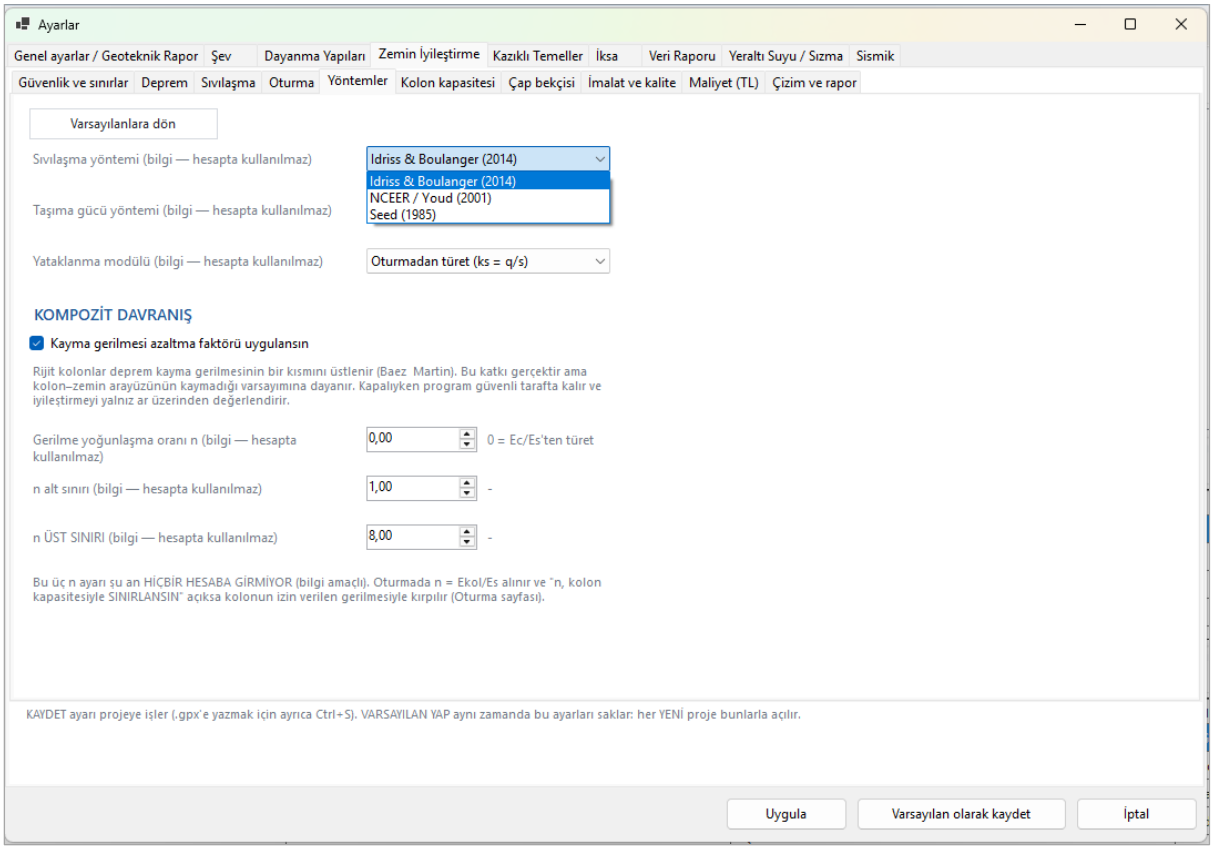
Başlık	İçerdikleri
Güvenlik ve sınırlar	Hesap profili, tasarım yönetmeliği (bilgi amaçlı), taşıma gücü güvenlik sayıları (statik ve depremli; bilgi amaçlı), kolon malzeme güvenlik sayısı, sıvılaşma için gerekli güvenlik sayısı, izin verilen toplam oturma, izin verilen farklı oturma ve açısal dönme sınırı (bilgi amaçlı), suyun birim hacim ağırlığı.
Deprem	Deprem etkisinin hesaba katılıp katılmayacağı, S_{DS}, S_{D1} (bilgi amaçlı), PGA, deprem büyüklüğü.
Sıvılaşma	Kayma gerilmesi azaltma yöntemi (Baez ve Martin, Rayamajhi, ikisi birden ya da ara değer katsayısı), enjeksiyon için hedef V_s çarpanı, alan değiştirme oranının tanımı ve paydası, kutu düzende iç ağın hesaba katılması, kolonun yapısal kontrolü (çekme dayanımı / q_u oranı; varsayılan 0,25), sıvılaşma için gerekli güvenlik sayısı.
Oturma	Karar satırının oturma yaklaşımı, gerilme yayılım yöntemi, etki derinliği oranı ve tavanı, gerilme yoğunlaşma oranının kolon kapasitesiyle sınırlanması, eşdeğer ayak şekil faktörü, oturma T katsayısı tablosu (Geoteknik Rapor ile ortak).
Yöntemler	Sıvılaşma yöntemi, taşıma gücü yöntemi ve yataklanma modülü seçimleri (bilgi amaçlı); kompozit davranış: kayma gerilmesi azaltmasının uygulanıp uygulanmayacağı, gerilme yoğunlaşma oranı ve sınırları.
Kolon kapasitesi	Jet-grout çeper ve uç kaynağı, IDI azaltması, uç direnci, kritik derinlik, Bustamante SPT grafikleri ve uç katsayısı.
Çap denetimi	Denetimin açık olup olmadığı, jet çapı kalibrasyon katsayısı, deneme kolonundan oto-kalibrasyon, SPT darbe sayısına göre ulaşılabilir çap tablosu.
İmalat ve kalite	Metraj kalemleri (fire yüzdesi), kalite kontrol: deneme kolonu ve karot oranları, sapma sınırları.
Maliyet (TL)	Jet-grout, DSM, taş kolon ve ortak kalemler için birim fiyatlar.
Çizim ve rapor	Eleman numaralarının bütün düzende sürekli olması, plan ve kesit ölçekleri (standart seriden seçilir), zemin deseni ölçeği, RAPOR BİRİMLERİ ve DAVRANIŞ grupları (girdi değişince sonucun ‘eskimiş’ işaretlenmesi, proje açılınca analizin kendiliğinden çalışması). Rapor bölümleri ve şablon Rapor Oluştur penceresinden seçilir (bkz. 10.3).

Her sekmede “Varsayılanlara dön” düğmesi yalnız o sekmeyi varsayılan değerlerine getirir. Ana programın Ayarlar penceresinde alt şeritte Uygula ayarı projeye işler; Varsayılan olarak kaydet ayrıca bu ayarları saklar ve her yeni proje onlarla açılır; İptal değişiklikleri atar. Pencere Zemin İyileştirme menüsünün Ayarlar alt menüsünden açıldığında tek başına açılır ve aynı işleri KAYDET, KAYDET + VARSAYILAN YAP ve Vazgeç düğmeleri yapar. Bazı ayarlar bilgi amaçlıdır ve etiketlerinde “(bilgi — hesapta kullanılmaz)” ibaresi bulunur. Sıvılaşma denetiminde kullanılan dayanım ve deprem kayma gerilmesi değerleri bu modülde seçilen bir yöntemden değil, Geoteknik Rapor modülünden gelir. Varsayılan olarak saklanan ayarlar kullanıcı profilinde, %LocalAppData%\GeoteknikPro Studio\Ayarlar\ZeminIyilestirme.varsayilan.json dosyasında tutulur; program Belgeler klasörüne yazmaz. Rapor ve pafta yalnız Kaydet penceresinde seçilen yere yazılır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 19. Ayarlar penceresi, Sıvılaşma sekmesi: kayma gerilmesi azaltma faktörü (KG) yönteminin seçimi



Şekil 20. Ayarlar penceresi, Yöntemler sekmesi: sıvılaşma yöntemi seçimi ve kompozit davranış ayarları

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

9. Doğrulama ve Benchmark

Bu modülün hesapları bağımsız doğrulama örnekleri ve el hesaplarıyla kontrol edilmiştir. Literatür karşılaştırmaları 9.3'te, el hesabı kontrolleri 9.4'te verilmiştir.

9.1 Dış benchmark

Dış benchmark örnekleri nasıl karşılaştırılır

Her benchmark, programın kendi kayıt biçiminde hazırlanmış bir örnek projedir: program dosyayı açar, analizi çalıştırır ve sonucu literatürün sayısıyla karşılaştırır. Bu dosyalar kullanıcı arayüzünden yüklenmez ve kurulum paketine girmez. Karşılaştırmalar her sürümde yeniden yapılır.

Tablo 10. Dış benchmark dosyaları

Benchmark	Kontrol edilen hesap ve dayanak
Taş kolon şişme kapasitesi	Yayımlanmış bir saha yükleme deneyi. Program, sahada ölçülen nihai gerilmenin yaklaşık beşte bir altında kalır — güvenli tarafta, çünkü şişme bölgesinin en zayıf (en sığ) noktasını esas alır. Kabul bandı yayımlanmış aralıktır.
Priebe iyileştirme faktörü	Yöntemin kendi abağından okunan değerle karşılaştırılır; program abak bandının içinde kalır.
Sıvılaşma sonrası hacimsel şekil değiştirme	Yayımlanmış abaktan okunan değerle karşılaştırılır.
Kayma gerilmesi azaltması	Aynı geometride iki yöntem birlikte hesaplanır: şekil değiştirme uyumsuz yöntem, literatürde bildirilen azaltma bandının içinde; şekil değiştirme uyumlu yöntem bandın dışında kalır. Bu, muhafazakâr yöntemi varsayılan yapma kararının gerekçesidir.
Radyal konsolidasyon	Örselenme etkili radyal konsolidasyon katsayısı el hesabıyla, hız kazancı ise beklenen mertebeyle karşılaştırılır.

Tolerans felsefesi açıktır: abaktan okunan değerler bir bantla, kapalı form bağıntılar el hesabı hassasiyetiyle karşılaştırılır. Saha deneylerinde programın güvenli tarafta kalması başarıdır, birebir tutturması değil.

Ayrıca yerleşim kuralı yeniden işletildiğinde kolon adedinin ve alan değiştirme oranının değişmediği de doğrulama örnekleriyle kontrol edilir.

9.2 Doğrulama neyi söyler

Doğrulama örnekleri, hesapların literatürün sayılarını tuttuğunu ve programın kendi kurallarına uyduğunu gösterir. Bir sahanın zemin parametrelerinin doğru seçildiğini, imalatın tasarlandığı gibi yapıldığını ya da seçilen yöntemin o zemin için uygun olduğunu göstermez; bunlar mühendisin ve saha denetiminin sorumluluğundadır.

9.3 Dış benchmark karşılaştırması

Tablo 12 dış benchmark karşılaştırmalarının sonuçlarını verir. Referans sütunu yayımlanmış saha değerini, abaktan okunan bandı ya da el hesabını; program sütunu aynı girdiyle programın ürettiği değeri gösterir. Bant verilen yerde fark, değerin bandın içinde kalıp kalmadığıyla; nokta değer verilen yerde yüzde farkla belirtilmiştir.

Tablo 11. Dış benchmark karşılaştırması

Örnek	Referans değer	Program değeri	Fark	Durum
Taş kolon şişme kapasitesi — Hughes ve Withers (1974)	Saha ≈ 25·c_u; kabul bandı 18–26·c_u; kuramsal bağıntı 385 kPa	q_{ult} = 380 kPa = 20,0·c_u	Sahaya göre ≈ −%20 (güvenli taraf); kuramsal bağıntıya göre −%1,3	Bant içinde
Priebe iyileştirme faktörü (1995); a_r = 0,25, ϕ_c = 40°	n_0 abak bandı 2,5–2,7	n_0 = 2,57	Bant içi; bant ortasına (2,6) göre −%1,2	Uyumlu

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Örnek	Referans değer	Program değeri	Fark	Durum
Sıvılaşma sonrası hacimsel şekil değiştirme — Ishihara ve Yoshimine (1992); $D_r \approx$ %50	Abak bandı %3–4,5	ε_v = %3,74	Bant içi; bant ortasına (%3,75) göre −%0,3	Uyumlu
Şekil değiştirme uyum katsayısı γ_r — Rayamajhi vd. (2014)	0,1929 (literatür, el hesabı)	0,1928	−%0,05	Uyumlu
Kayma gerilmesi azaltma katsayısı K_G, Rayamajhi yöntemi — Boulanger ve Shao (2021) bandı	Bant 0,70–0,90; el hesabı 0,843	0,8434	Bant içi; el hesabına göre +%0,05	Uyumlu
K_G, Baez ve Martin yöntemi (aynı geometri)	Aynı bant 0,70–0,90	0,357	Bandın dışında	Beklenen sonuç (bkz. 9.5)
Radyal konsolidasyon faktörü F — Barron (1948), Hansbo (1981)	F = 1,4517 (el hesabı)	F = 1,452	+%0,02	Uyumlu
Konsolidasyon hız kazancı (kolonsuz / kolonlu)	Beklenen bant 15–30 kat	22,3 kat (t_{90}: 4,24 yıl → 0,190 yıl)	Bant içi	Uyumlu

Bu karşılaştırmalar arasında bir sonlu eleman programıyla (ör. PLAXIS) yapılmış kıyas bulunmamaktadır; modülün kapsamı da sonlu eleman analizi değildir (bkz. 1.2).

9.5 El hesabı kontrolleri

Tablo 13'teki kontrollerde program değeri el hesabıyla tolerans içinde örtüşmüştür.

Tablo 12. El hesabıyla kontrol edilen değerler

Kontrol	El hesabı (referans)	Durum
Andrus ve Stokoe (2000): CRR (V_{s1} = 150 m/s)	0,0796 (program 0,07955; fark −%0,06)	Uyumlu
Gerilme azaltma katsayısı r_d (6 m ve 12 m)	0,9541 ve 0,8536	Uyumlu
Ters çözüm: CRR değerinden V_{s1}	CRR 0,05 → 122,2; 0,10 → 163,41; 0,20 → 193,56 m/s	Uyumlu
Grup verimi, s/D = 2,5	0,65 = en küçük(klasik 0,7578; AASHTO 0,65); AASHTO yönetir	Uyumlu
Grup verimi, s/D = 5	0,8743 (klasik), AASHTO 0,90'dan küçük; klasik yönetir	Uyumlu
Grup verimi, s/D = 7	0,9097 (klasik yönetir; AASHTO 1,00)	Uyumlu
Blok göçmesi: zarf ve çevre sürtünmesi	Çevre 10,513 m; alan 7,703 m²; çevre sürtünmesi 4205 kN	Uyumlu
DSM bıçak dönüş sayısı	4·1/0,01 × 2 = 800 devir/m (ölçüt 360); hızlı ilerlemede 160 (uyarı); çekişte karıştırma kapalıysa 80	Uyumlu
Enjeksiyon şerbet ve çimento miktarı	100·10·0,35·0,75 = 262,5 m³; çimento 198,5 t; saha kalibrasyonlu 4 + 1,5 + 0,75 = 6,25 m³	Uyumlu
Eşdeğer radye	Kot −6,667 m; q = 100·100/7,84 = 1275,5 kPa	Uyumlu

9.5 Bilinen farklar ve sınırlamalar

- Hughes ve Withers: program, sahada ölçülen değerin yaklaşık beşte bir altında kalır. Bu, şişme bölgesinin en zayıf (en sığ) noktası esas alındığı için bilinçli bir güvenli taraf tercihidir ve değer kabul bandı içindedir.
- Baez ve Martin yöntemi aynı geometride bandın dışındadır; bu fark bir hata değil, iki yöntemin birlikte gösterilmesinin ve Rayamajhi yönteminin belirleyici olmasının gerekçesidir.
- Priebe derinlik faktörü uygulanmadığı için Priebe karşılaştırması derinlik faktörsüz yapılmıştır.
- Kayma gerilmesi azaltmasında kullanılan Kσ ve Gr katsayılarının kaynağı henüz teyit edilmemiştir; bu katsayılara bağlı sonuçları ihtiyatla kullanın.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

10. Metraj, Maliyet, Rapor ve Çizim

10.1 Metraj

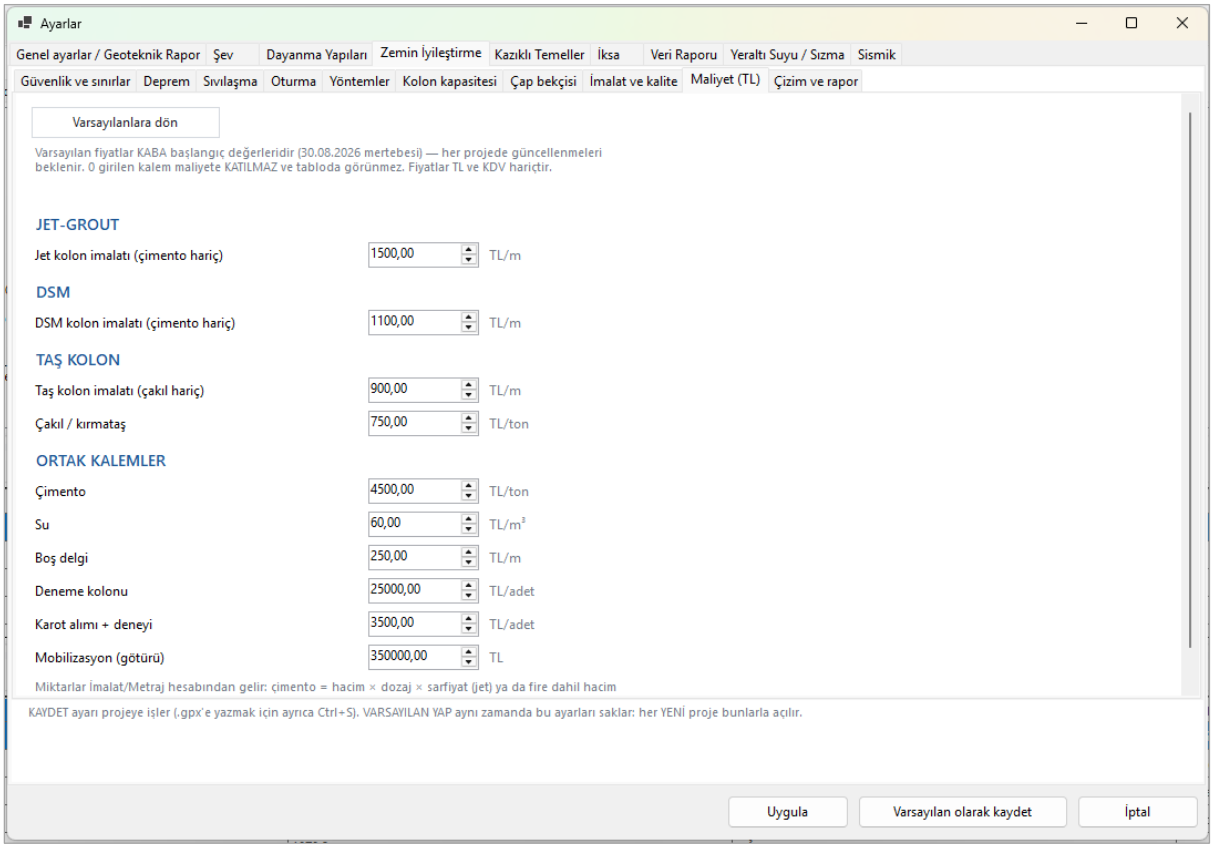
Metraj doğrudan yerleşimin sonucudur ve bir mühendislik kabulü içermez: kolon sayısı, toplam kolon boyu, boş delgi, kolon hacmi ve fireli hacim geometriden çıkar. Yönteme göre malzeme kalemleri eklenir: jet-grout ve derin karıştırmada çimento, su ve şerbet; taş kolonda gevşek ve sıkışmış çakıl; enjeksiyonda kademe kademe şerbet. Saha kontrol miktarları — deneme kolonu sayısı, karot sayısı ve PIT (bütünlük) deneyi sayısı; sonuncusu kolonların %2'si, en az bir adet — tek bir yerde hesaplanır; böylece rapor ve pafta aynı sayıları basar.

Enjeksiyonda kademe metrajı, saha kalibrasyonu girilmemişse kuramsaldır ve kademeler arasında varsayılan oranlarla paylaştırılır; birinci kademede gerçekleşen alım girildiğinde ikinci ve üçüncü kademeler bu ölçümden türetilir ve metrajın kalibre edildiği yazılır.

Metraj tablosu Excel ve CSV olarak dışa aktarılabilir.

10.2 Maliyet

Birim fiyatlar ayarlardan girilir: yöntem başına imalat, boş delgi, çimento, su, çakıl, deneme kolonu, karot ve mobilizasyon. Bunlardan bir maliyet özeti ve — günlük imalat kapasitesi ve makine sayısıyla — bir süre kestirimi çıkar. Maliyet bölümü raporda varsayılan olarak açıktır.



Şekil 21. Ayarlar penceresi, Maliyet (TL) sekmesi: yöntemlere göre ve ortak kalemler için birim fiyatlar

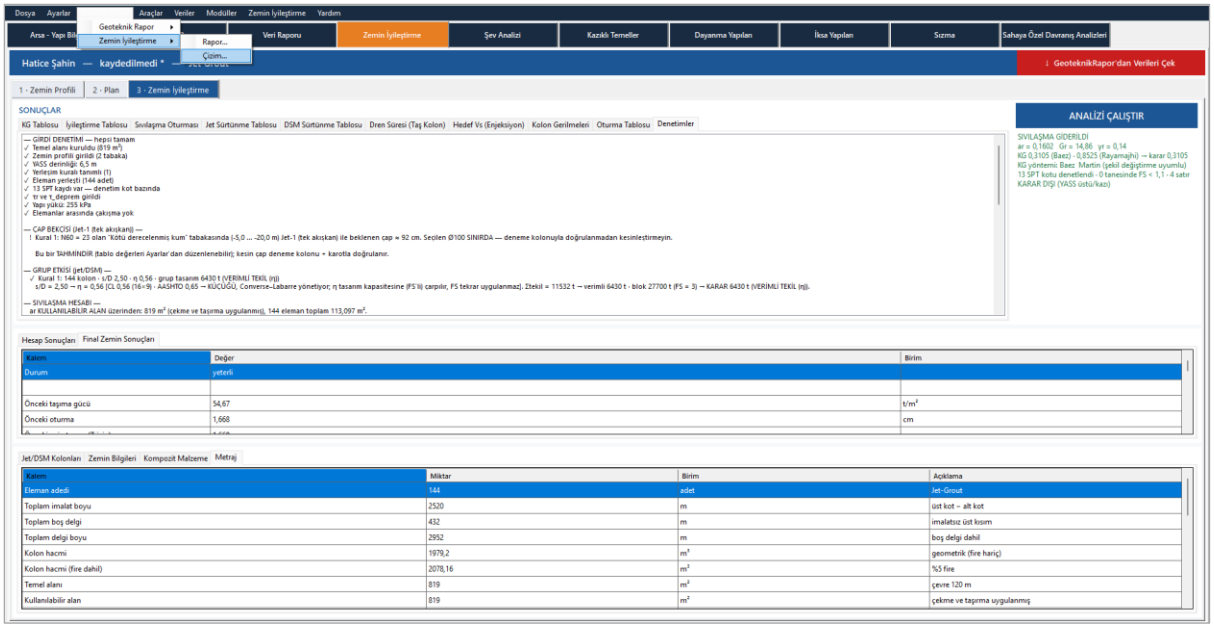
© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

10.3 Rapor

Rapor, yönteme göre seçilen düzenlenebilir bir Word şablonundan üretilir; şablondaki yer tutucular hesaplanan değerlerle değiştirilir ve tablolar satır sayısına göre çoğalır. Şablon, Rapor Oluştur penceresindeki ŞABLON alanından (Gözat…) seçilir. Pencere açılırken bu alan şu sırayla doldurulur: projede kayıtlı, programın varsayılan şablon adını taşımayan ve yerinde duran bir şablon yolu varsa o; yoksa Rapor / Çizim › Rapor şablonları… penceresinde yöntem için seçilmiş özel şablon; o da yoksa kurulumdaki güncel varsayılan şablon. Programın kendi varsayılan şablonu her zaman güncel kurulum kopyasından alınır. Rapor bölümleri aynı penceredeki RAPOR BÖLÜMLERİ listesinden tek tek kapatılır ve bu seçim projeyle birlikte saklanır.

Rapor / Çizim menüsünün sonundaki “Rapor şablonları…” penceresi programla gelen Word şablonlarını Modül, Şablon, Kullanılan ve Varsayılan dosya sütunlarıyla tek listede gösterir. Zemin İyileştirme için dört satır vardır: Jet-grout, Derin karıştırma (DSM), Taş kolon ve Enjeksiyon.

“Kopyasını kaydet…” varsayılan şablonun bir kopyasını seçilen yere yazar; kopya Word’de kuruma göre düzenlenir, yer tutucular (|…|) korunmalıdır. “Özel şablon ekle…” düzenlenen dosyayı şablon klasörüne kopyalar, denetler ve o yöntem için seçer: açılmayan dosya eklenmez, varsayılandaki yer tutuculardan bazıları eksikse uyarı verilir (o alanlar raporda boş kalır, rapor yine üretilir). “Özel şablon seç…” daha önce eklenmiş bir özel şablonu seçer, “Varsayılana dön” seçimi kaldırır, dosya silinmez. “Şablonları yedekle…” şablon klasörünün tamamını tek bir zip dosyasına yazar; “Yedekten geri yükle…” bu dosyayı geri açar ve klasörde bulunan dosyaların üstüne yazılıp yazılmayacağını sorar. “Şablon klasörünü aç” klasörü Windows Gezgini’nde açar.



Şekil 22. Rapor/Çizim menüsü: Zemin İyileştirme › Rapor… ve Çizim… komutları

Raporun insan yüzlü bütün satır tablolarında düşey eksen pozitif derinliktir — yüzeyden aşağı. Kot yalnız geometride kalır: kolon üst ve alt kotu, kesit ve DXF. Bu yalnız bir gösterim tercihidir; proje dosyasında geometri kot olarak saklanır.

Raporun başında içindekiler, şekil listesi ve tablo listesi yer alır; bunlar Word’de alan olarak kurulur ve belge açılırken Word’den bütün alanları güncellemesi istenir; böylece listeler ile şekil ve tablo numaraları F9’a basmadan günceldir. F9 yalnız alanlar güncellenmemiş görünürse gerekir. Sonda kaynaklar (yalnız metinde atıf yapılanlar) ve semboller ve birimler tablosu bulunur. Alt indisli simgeler sabit metinde de gerçek alt indis olarak basılır; a_r, A_{jet}, A_{kol}, G_{kol}, G_s, G_r ve K_G bunların arasındadır. Dolgu özellikleri, raporun dolgu kontrol bölümü ve paftadaki dolgu notu yalnız kolonların üstünde mühendislik dolgusu seçilmişse üretilir; dolgu yoksa bunlar rapora ve paftaya girmez.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Kapakta şekil yazısı yoktur; kapak fotoğrafı Geoteknik Rapor modülünün güncel kapak fotoğrafıdır. Plan görselinde kolonlar numaralı yazılır (ör. J001); uygulama kesitleri kolonlu çizilir ve kesit hattı en yakın kolon sırasına oturur. Maliyet bölümü raporda varsayılan olarak açıktır. Rapordaki değerlerin hesap değerleriyle tutarlılığı program tarafından otomatik olarak kontrol edilir (SPT numaralandırması, DSM bıçak dönüş sayısı, karot yüzdesi, önce ve sonra güvenlik sayıları, kapasite özeti).

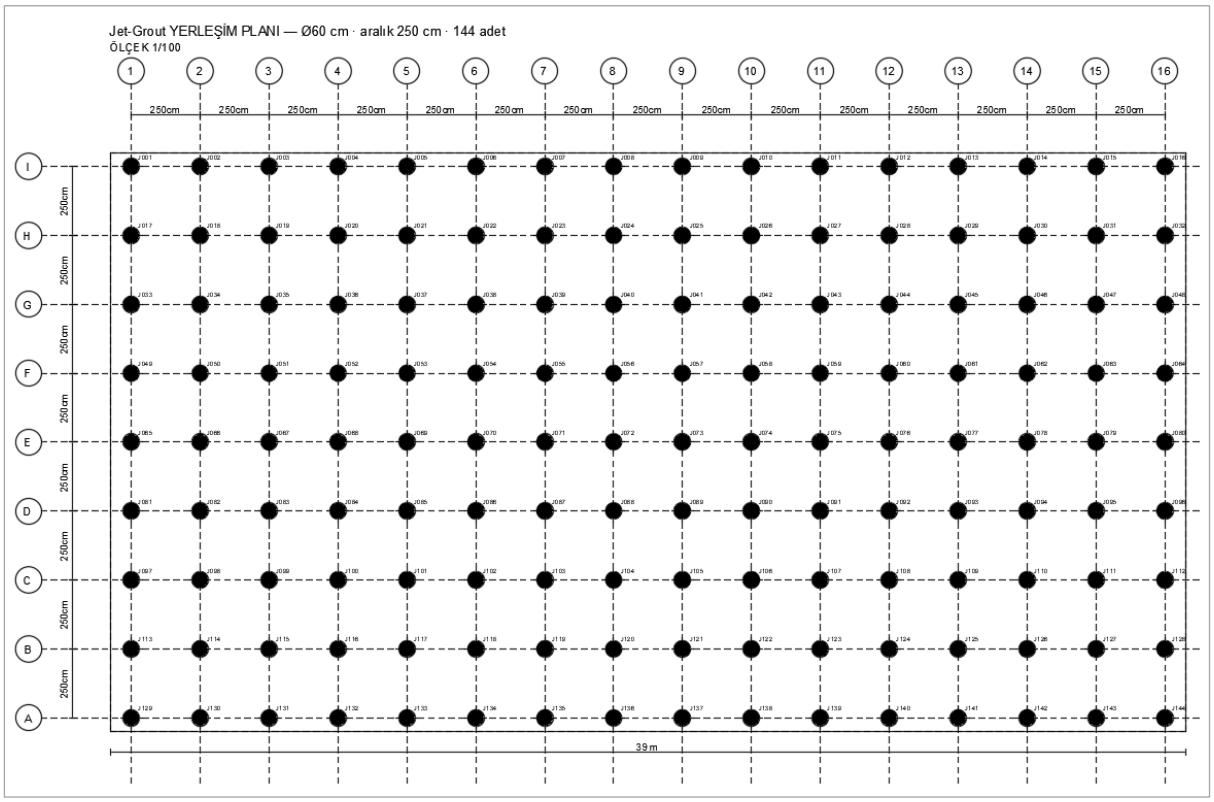
10.4 Çizim

Pafta, plan ve tip kesiti bir çerçeve ve antetle birlikte üretir. Katmanlar ayrıdır: temel, kullanılabilir alan (kesikli), kolonlar ve kolon taraması, kolon numaraları, enjeksiyon kademeleri, akslar ve aks yazıları, ölçü zinciri, zemin tabakaları ve taraması (ortak zemin kesiti katmanları ZEMIN-TARAMA, ZEMIN-SINIR, ZEMIN-SU, ZEMIN-YAZI ve ZEMIN-KOT; tarama yoğunluğu Ayarlar › Çizim ve rapor sekmesindeki “Zemin deseni ölçeği” ile değişir), perdeler, dolgu, notlar, yazı, antet ve çerçeve. Kolon numaraları yöntem harfiyle birlikte yazılır ve kolon sayısı yüzü aştığında üç haneye geçer.

Tip kesitin sağında kot yazıları yer alır: temel üstü, temel altı, dolgu altı, kolon üstü, kolon altı ve arazi. Kotlar temel altına görelidir; temel altı ±0,00 okunur, altındaki seviyeler eksi işaretle yazılır. Aynı seviyeye düşen kotlar tek satırda birleştirilir ve etiketler üst üste binmez. Notlar, katman etiketleri ve tip kesit aynı kot sistemini kullanır ve dayanak (temel altı ±0,00) paftaya yazılır. Antetteki uygulama standardı yönteme göredir: jet-grout için TS EN 12716, derin karıştırma için TS EN 14679, taş kolon için TS EN 14731, enjeksiyon için TS EN 12715.

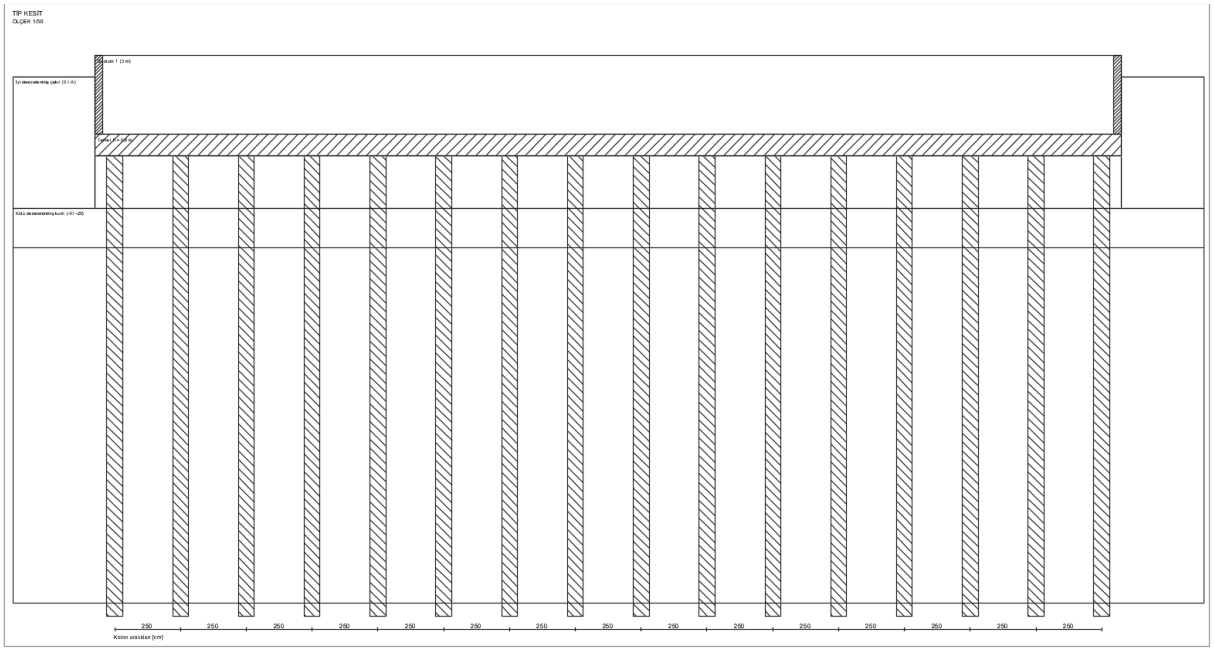
Dışarı taşma verilmişse ölçü zincirleri, aks balonları ve tip kesit taşan kolonların ötesine alınır; yazılar iç içe girmez. Genel notlar çok uzun olduğunda metraj tablosu notların altına iner. Ölçek her zaman standarttır: kâğıt gerektiğinde büyür, ölçek küçültülmez ve çizime kâğıt ya da sığmadı notu yazılmaz.

Dolgu seçilmişse tip kesitte jet üstü mühendislik dolgusu ayrı bir katmanda gösterilir. Dolgu jetlerin üzerindeyse jet başı dolgu tabanında biter, dolguya girmez. Dolgu açıklaması kesitin solunda, iki satırlı tek bir etiketle yazılır; geotekstil ve geogrid bilgisi ikinci satırdadır. Geosentetik donatı seçildiğinde kat çizgileri ve bir açıklama notu çizime girer. Bu bir çizim detayıdır; donatının katkısı hesaba girmez ve bu çizimde de yazılıdır.



Şekil 23. Pafta çıktısı: Jet-Grout yerleşim planı (Ø60 cm, aralık 250 cm, 144 adet) — akslar, ölçü zinciri ve kolon numaraları

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 24. Pafta çıktısı: tip kesit — temel, kolonlar ve kolon aralıkları

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

11. Dikkat Edilecek Noktalar

11.1 Plan ve yerleşimde

- DXF biriminin yanlış seçilmesi alanı on bin kata kadar değiştirir ve bütün sonuçları birlikte kaydırır. Birim penceresi geçilecek bir adım değildir.
- Çekme mesafeleri kullanılabilir alanı, kullanılabilir alan da alan değiştirme oranını belirler. Bir kenara fazladan yarım metre çekme vermek, sıvılaşma sonucunu değiştirebilir.
- Aynı aralıkta üçgen düzen, karelajdan belirgin biçimde yüksek bir alan değiştirme oranı verir. İki düzeni aynı aralıkla karşılaştırmak yanıltıcıdır.
- Çevreleyici perde düzeninde kompozit zemin formülleri (iç ağ hesaba katılmadıkça) uygulanmaz; o düzenin alan değiştirme oranı şeride aittir.
- Elle taşınan bir eleman korunur, silinen bir konum ise bir daha doldurulmaz. Yerleşimi yeniden üretmek bu iki kararı geri almaz; geri almak için ilgili komut kullanılır.
- Kuramsal ve gerçekleşen alan değiştirme oranı farklı olabilir; hesaba giren gerçekleşen orandır ve üretim notunda ikisi birlikte yazılır.

11.2 Hesapta

- Alan değiştirme oranının tanımı ayarlardan seçilir ve sonucu doğrudan değiştirir. İki raporu karşılaştırırken önce bu tanımın aynı olduğu doğrulanmalıdır.
- Kayma gerilmesi azaltmasında iki yöntem aynı geometride belirgin biçimde farklı sonuç verir. Varsayılan, muhafazakâr olanı seçer; yöntemin değiştirilmesi bilinçli bir karardır.
- Yeraltı suyu beyan edilmemişse bütün satırlar doygun varsayılır. Bu güvenli taraftır ama gerçeği yansıtmayabilir; su seviyesi girilmelidir.
- Kompozit elastisite modülü, kolon ile zeminin modül oranı büyüdükçe olduğundan büyük çıkar. Tablodaki oran sütunu kırmızıya döndüğünde sonuç bu gözle okunmalıdır.
- Taş kolonda belirleyici göçme biçimi şişmedir; kazık benzeri çeper–uç tablosu orada karar vermez.
- Dren katkısı varsayılan olarak kapalıdır. Açmak, taş kolonun bir düşey dren gibi çalışacağını beyan etmektir; tıkanma çekincesi göz önünde tutulmalıdır.
- Enjeksiyonda program bir metraj iddia etmez. Kabul, sahada ölçülecek hız profilinin hedef eğrinin üstünde kalmasıdır; bu ölçüm planlanmalıdır.
- Bir uygulanabilirlik denetimi RİSKLİ dediğinde, hesabın sayıları doğru olsa bile imalatın sahada o sayıları üretemeyeceği söyleniyordur. Çap girmek çapı üretmez, dayanım girmek dayanımı üretmez.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

12. Bilinen Sınırlar ve Kapsam Dışı Konular

Tablo 13. Kapsam dışı ve sınırlı konular

Konu	Durum
DXF varlık türleri	Yalnız LINE, LWPOLYLINE ve POLYLINE okunur; yay, daire, spline ve elips atlanır ve sayısı bildirilir. İkili DXF desteklenmez.
Temel alanında delik (ada)	Tanımlanamaz. Asansör kuyusu, avlu ya da mevcut yapı için o bölgedeki elemanlar seçilip silinir.
Ofset algoritması	Tam bir “düz iskelet” ofseti değildir. Çekme mesafesi poligonun dar bir yerinden büyükse kenarlar birbirini geçer; program bunu teşhis edip geçersiz sayar ve söyler.
Enjeksiyonun yerleşimi	Kolon mantığıyla çalışmaz; plandaki nesne bir delik, iyileştirilen hacim bir etki küresidir. Kademeli düzen sunulur ama kompozit formüller uygulanmaz.
Priebe derinlik faktörü	Bu sürümde uygulanmaz.
Dren hızlanmasında rijitlik katkısı	Bilerek ihmal edilir (güvenli taraf); tıkanma çekincesi nota yazılır.
Geosentetik donatı	Yalnız bir çizim detayıdır; katkısı hesaba girmez.
Negatif çeper sürtünmesi	Kolon kapasitesi hesabına dahil değildir.
Sonlu eleman analizi	Kapsam dışıdır.
Farklı oturma ve açısal dönme	Denetlenmez; oturma sınırı denetimi yalnız toplam oturmaya uygulanır. İlgili ayarlar bilgi amaçlıdır.
Ampatman	Yalnız gösterimdir; plan ve kesitte çizilir, hesaba girmez.
Sıvılaşma yöntemi seçimi	Seçim bilgi amaçlıdır; dayanım ve deprem kayma gerilmesi değerleri Geoteknik Rapor modülünden gelir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

13. Kaynaklar

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

EN 1997-1:2004. Eurocode 7 — Geotechnical design, Part 1: General rules. CEN.

EN 14679:2005. Execution of special geotechnical works — Deep mixing. CEN.

EN 12716:2018. Execution of special geotechnical works — Jet grouting. CEN.

EN 14731:2005. Execution of special geotechnical works — Ground treatment by deep vibration. CEN.

AASHTO (2020). LRFD Bridge Design Specifications, 9th edition. American Association of State Highway and Transportation Officials.

Andrus, R. D. ve Stokoe, K. H. (2000). Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 126(11).

Baez, J. I. ve Martin, G. R. (1993). Advances in the design of vibro systems for the improvement of liquefaction resistance. Symposium on Ground Improvement, Vancouver.

Barksdale, R. D. ve Bachus, R. C. (1983). Design and Construction of Stone Columns. FHWA/RD-83/026.

Barron, R. A. (1948). Consolidation of fine-grained soils by drain wells. Transactions of the ASCE, 113.

Boulanger, R. W. ve Shao, L. (2021). Discussion on shear stress reduction in ground improvement. Deep Foundations Institute.

Bustamante, M. ve Doix, B. (1985). Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 140.

Carrillo, N. (1942). Simple two- and three-dimensional cases in the theory of consolidation of soils. Journal of Mathematics and Physics, 21.

Han, J. ve Ye, S. L. (2001). Simplified method for consolidation rate of stone column reinforced foundation. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127(7), 597–603.

Hansbo, S. (1981). Consolidation of fine-grained soils by prefabricated drains. 10th ICSMFE, Stockholm.

Hughes, J. M. O. ve Withers, N. J. (1974). Reinforcing of soft cohesive soils with stone columns. Ground Engineering, 7(3).

Idriss, I. M. ve Boulanger, R. W. (2008). Soil Liquefaction During Earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute, MNO-12.

Ishihara, K. ve Yoshimine, M. (1992). Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes. Soils and Foundations, 32(1).

Janbu, N. (1976). Static bearing capacity of friction piles. 6th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vienna.

Kulhawy, F. H. ve Mayne, P. W. (1990). Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design. EPRI Report EL-6800.

Priebe, H. J. (1995). The design of vibro replacement. Ground Engineering, 28(10).

Rayamajhi, D., Nguyen, T. V., Ashford, S. A., Boulanger, R. W., Lu, J., Elgamal, A. ve Shao, L. (2014). Effect of discrete columns on shear stress distribution in liquefiable soil. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 140(3).

Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics. John Wiley and Sons.

Vesić, A. S. (1972). Expansion of cavities in infinite soil mass. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 98(3).

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.