DENEY SONRASINDA KUM NUMUNELERDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

DR. SEDA ÇELLEK

SERÜVEN YAYINEVİ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2023

ISBN • 978-625-6760-42-4

© copyright
Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publis-hing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing
Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
Telefon/ Phone: 05437675765
web: www.seruvenyayinevi.com
e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume
Sertifika / Certificate No: 47083

DENEY SONRASINDA KUM NUMUNELERDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

DR. SEDA ÇELLEK

SERÜVEN
YAYINEVİ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

İÇİNDEKİLER DİZİNİ I
TEŞEKKÜR II
TABLOLAR DİZİNİ III
ŞEKİLLER DİZİNİ IV
GİRİŞ 6
Elek Analizleri ve Mikroskop Görüntüleri 13
2 Nolu Elekten Geçen Taneleri 37
1 Nolu Elekten Geçen Taneleri 47
0,5 Nolu Elekten Geçen Taneleri 113
0,25 Nolu Elekten Geçen Taneleri 181
0,125 Nolu Elek Üzerinde Kalan Taneler 234
0,063 Nolu Elek Üzerinde Kalan Taneler 290
Tavada Kalan Taneleri 333
Kumların Mineralojileri 340
Kumların Kayma Parametreleri 346
KAYNAKLAR 455
EK-1 456

TEŞEKKÜR

Bu Kitap, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğünce "Ödometre Deneyi, Öncesi ve Sonrasında Kumların Davranışının Belirlenmesi" isimli ve "MMF.A4.22.015" numaralı proje çalışması kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışmaya desteği için Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Kasım, 2023. Seda ÇELLEK

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Kum gruplarının mineralojik içerikleri	340
Tablo 2.	EDS 1'e göre TP1 kumunun element dağılımı	342
Tablo 3.	EDS 2'e göre TP1 kumunun element dağılımı	342
Tablo 4.	EDS 3'e göre TP1 kumunun element dağılımı	342
Tablo 5.	EDS 4'e göre TP1 kumunun element dağılımı	343
Tablo 6.	EDS 5'e göre TP1 kumunun element dağılımı	343
Tablo 7.	EDS 1'e göre TP2 kumunun element dağılımı	344
Tablo 8.	EDS 2'e göre TP2 kumunun element dağılımı	345
Tablo 9.	EDS 3'e göre TP2 kumunun element dağılımı	345
Tablo 10.	EDS 4'e göre TP2 kumunun element dağılımı	345
Tablo 11.	Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP1 kumuna ait veriler	347
Tablo 12.	TP1 Zemin kayma dayanım parametreleri	347
Tablo 13.	Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP2 kumuna ait veriler	348
Tablo 14.	TP2 Zemin kayma dayanım parametreleri	348
Tablo 15.	Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP3 kumuna ait veriler	350
Tablo 16.	TP3 Zemin kayma dayanım parametreleri	350
Tablo 17.	Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP4 kumuna ait veriler	352
Tablo 18.	TP4 Zemin kayma dayanım parametreleri	352
Tablo 19.	Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP5 kumuna ait veriler	353
Tablo 20.	TP5 Zemin kayma dayanım parametreleri	353
Tablo 21.	Tüm kumlara ait parametreler	354

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	14
Şekil 2.	7 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	15
Şekil 3.	8 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	15
Şekil 4.	9 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	16
Şekil 5.	10 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	16
Şekil 6.	20 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	17
Şekil 7.	30 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	17
Şekil 8.	40 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	18
Şekil 9.	50 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	18
Şekil 10.	60 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	18
Şekil 11.	TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	20
Şekil 12.	7 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri	21
Şekil 13.	8 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri	21
Şekil 14.	9 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri	22
Şekil 15.	10 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri	22
Şekil 16.	20 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri	23
Şekil 17.	30 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri	23
Şekil 18.	40 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüler	24
Şekil 19.	50 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri	24
Şekil 20.	60 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri	24
Şekil 21.	TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	25
Şekil 22.	7 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	26
Şekil 23.	8 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	26
Şekil 24.	9 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	27
Şekil 25.	10 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	27
Şekil 26.	20 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	28
Şekil 27.	30 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	28
Şekil 28.	40 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	28
Şekil 29.	50 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	29
Şekil 30.	60 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	29
Şekil 31.	TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	31
Şekil 32.	7 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	31
Şekil 33.	8 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	32
Şekil 34.	9 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	32
Şekil 35.	10 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	32
Şekil 36.	20 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	33
Şekil 37.	30 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	33
Şekil 38.	40 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	33
Şekil 39.	50 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	33
Şekil 40.	60 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	33
Şekil 41.	TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	34
Şekil 42.	7 kg yük altında, TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	34
Şekil 43.	8 kg yük altında, TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	34
Şekil 44.	9 kg yük altında, TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	34
Şekil 45.	TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	35
Şekil 46.	10 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	35
Şekil 47.	20 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüler	35
Şekil 48.	30 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	35

Şekil 49.	40 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	36
Şekil 50.	50 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	36
Şekil 51.	60 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri	36
Şekil 52.	TP1 kumunun farklı yükler altında 2 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	37
Şekil 53.	TP4 kumunun farklı yükler altında 2 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	40
Şekil 54.	TP5 kumunun 2 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	47
Şekil 55.	TP1 kumunun farklı yükler altında 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	47
Şekil 56.	TP2 kumunun 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	58
Şekil 57.	TP3 kumunun farklı yükler altında 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	63
Şekil 58.	TP4 kumunun farklı yükler altında 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	79
Şekil 59.	TP5 kumunun farklı yükler altında 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	88
Şekil 60.	TP1 kumunun farklı yükler altında 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	114
Şekil 61.	TP2 Kumun 0.5 nolu elek altında kalanları	125
Şekil 62.	TP3 kumunun farklı yükler altında 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	139
Şekil 63.	TP4 kumunun farklı yükler altında 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	156
Şekil 64.	TP5 kumunun farklı yükler altında 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	168
Şekil 65.	TP1 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	181
Şekil 66.	TP2 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	193
Şekil 67.	TP3 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	204
Şekil 68.	TP4 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	221
Şekil 69.	TP1 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeler	234
Şekil 70.	TP2 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	239
Şekil 71.	TP3 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	260
Şekil 72.	TP4 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	274
Şekil 73.	TP5 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	278
Şekil 74.	TP1 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	290
Şekil 75.	TP2 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	301
Şekil 76.	TP3 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	313
Şekil 77.	TP4 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	326
Şekil 78.	TP5 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri	330
Şekil 79.	TP1 kumunun farklı yükler altında Tava üzerinde kalan malzemeleri	333
Şekil 80.	TP2 kumunun farklı yükler altında tava üzerinde kalan malzemeleri	334
Şekil 81.	TP3 kumunun farklı yükler altında tava üzerinde kalan malzemeleri	337
Şekil 82.	TP4 kumunun farklı yükler altında tava üzerinde kalan malzemeleri	338
Şekil 83.	TP5 kumunun farklı yükler altında tava üzerinde kalan malzemeleri	339
Şekil 84.	TP1 kumunun SEM analiz görüntüleri	341
Şekil 85.	TP2 kumunun SEM analiz görüntüleri	344
Şekil 86.	TP1 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği	347
Şekil 87.	TP1 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği	348
Şekil 88.	TP2 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği	349
Şekil 89.	TP2 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği	349
Şekil 90.	TP3 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği	350
Şekil 91.	TP3 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği	351
Şekil 92.	TP4 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği	351
Şekil 93.	TP4 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği	352
Şekil 94.	TP5 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği	353
Şekil 95.	TP5 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği	354

GİRİŞ

Kayma mukavemeti kavramı, zeminlerin temel ya da ana özelliği değildir (Uysal, 2014). Fakat zeminlerin kayma dayanımı özellikleri arazide etkili olan koşullara ilişkilidir ve zamana bağlı olarak değişim gösterebilir. Bu nedenle, çeşitli geoteknik tasarım ve tahmin amaçları için gereklidir (Uysal, 2014, Chan, 2017).

Yol yapımı, temel dolguları vb. birçok alanda kullanılan kum malzeme üstteki malzemelerin uzun vadeli stabilitesini sağlamak için çok önemlidir. Kum numunesinin yoğunluğundaki değişim, kayma kesme dayanımı parametreleri üzerinde de etkilidir (Chan, 2017). Laboratuvarda yapılan deneylerde ölçülen değerler, deneylerin yapıldığı koşullara bağlı olmaktadır. Ayrıca, bazı çalışmalarda ölçülen bu değerler deneylerin süreçlerine de bağlı olabilmektedir (Uysal, 2014). Doğal zeminler hem kum taneleri hem de ince tanelerden oluşur. Kayma mukavemetinin özellikleri ise kuma ince taneli malzemenin eklenmesi ile etkilenmekte ve kesme direnci artabilmektedir (Shen vd., 1977). İnce malzeme, boşluk oranındaki kararlı durumu da etkilemektedir. İnce malzemenin içeriği % 30'dan daha fazla artış ile kayma dayanımındaki bir artışa neden olmaktadır (Pitman vd.1994, Zlatovic and Ishihara, 1995 ve Thevanayagam vd., 1996). Kumlu zeminlerin kayma mukavemeti dane biçiminden, dane çapı dağılımından, sıkılık derecesinden, danelerin mineral yapısından ve su içeriğinden etkilenmektedir. Zemin tabakalarının gerilme-şekil değiştirme davranışlarını ve kayma mukavemetlerini belirlemek için birçok laboratuvar ve arazi deney yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar içinde en eski yöntemlerden biri de kesme kutusu deneyidir. Direkt kesme deneyi birden fazla numune üzerinde yapılan deneylerden elde edilen maksimum kayma gerilmeleri, τ_{mak}, ile normal gerilmeler, σ_n, arasındaki ilişkiyi gösteren eğri çizilebilir. Bu doğrunun yatayla yaptığı açı kayma direnci (içsel sürtünme) açısına, φ, eşittir.

Zemin deneylerinde, özellikle de sıvılaşma çalışmalarında kum numuneler üzerinde çeşitli deneyler yapılmaktadır. Yapılan deneyler genellikle sonuç odaklı olmakta ve kullanılan malzemenin türü ikinci plana atılmakta ya da önemsenmemektedir. Deneyde kullanılan kumlar genellikle standart kabul edilmekte ve kimlik bilgilerinin standart olacağı kabul edilmektedir. Bu amaçla, çalışmalarda kullanılan kumlar, ihale usulü ile alınmakta ve standarta yakın olanlar tercih edilmektedir.

Boşluk oranının tanımındaki "boşluk hacmi" terimi, mineral taneleri tarafından doldurulmamış boşluğu ifade eder. Kumlu bir zemin ya da bir miktar ince tane ile yeniden hazırlanan karışımlar boşlukları nedeniyle, iskelet taneler ve ince taneler olarak iki alt gruba ayrılır. Taneler arası boşluk oranı siltli kum ve ev sahibi kumda benzerdir (ev sahibi kumun

maksimum boşluk oranı daha azdır). Geoteknikte, küresel boşluk oranı (e), sıkıştırma ve dayanım gibi zeminin mühendislik davranışlarını ifade eden en önemli parametrelerden bir tanesidir (Monkul, 2005). Fakat siltli kum ana kuma göre daha düşük drenajsız kesme dayanımı gösterebilir. Bunun nedeni tanelerin heterojen dizilimi ve bazı taneciklerin bitişik olmasıdır. Başka bir deyişle bazı taneler normal kuvveti aktif olarak transfer edemeyebilir yada önemli kesme kuvvetini sürdüremez.

Uluslararası çalışmalarda Ottawa gibi birçok kumun kimlik bilgileri ortaya konmuş ve yapılan çalışmalarda genellikle kullanılan kumun referans aralıkları bu tarz kumlar ile kıyaslanmıştır. Yapılan bu proje ile Türkiye genelinden, tanınırlığı olan, Ordu (Ünye) manyezit kumu, gibi farklı türde ve içeriğe sahip kumların özelliklerinin ortaya konması ve yapılacak çalışmalarda referans aralıkları oluşturmak gibi daha önce Türkiye için yapılmamış bir çalışma yapılmak istenmektedir. Çalışmada temiz kum kullanılmamıştır. Ancak doğal kumlar genellikle önemli miktarlarda silt ve/veya kil içerir. Bu tür zeminlerin mekanik tepkisi temiz kumlardan farklıdır (Salgado, et al, 2000). Geleneksel olarak zemin davranışına ilişkin çalışmalar ya temiz kumlara ya da yumuşak kile odaklanmıştır (Murthy ve diğerleri, 2010). Çalışmanın asıl hedefinde yer alan deneylerin her kademesinden alınan örneklerin dane dağılım değişimleri, daha önce hiçbir çalışmada ortaya konmamıştır. Bu iki nedenle çalışma özgün değere sahiptir.

Projenin temel amacı, deney sürecinde, kumlarda meydana gelen değişimin gözlenmesidir. Ayrıca, farklı birleşime sahip kumların davranışlarının da kolerasyonun ortaya konması hedeflenmiştir.

Literatürde, Ticino, Ottawa ve Monterey gibi kumların davranışları özelleştirilmiştir. Bu çalışmanın diğer amaçlarından bir tanesi de belirli bölgelerden alınan kumların özelliklerinin ortaya konmasıdır. Çalışmada deney esnasında değişen boşluk oranının deneylere etkisi de gösterilmek istenmiştir. Deney esnasında malzeme kırılarak daha ince taneli hale dönüşmektedir. Bu oran ise kumun özelliğine göre değişim göstermektedir. Orana göre de kayma davranışındaki artış farklılık göstermektedir.

Her kumla deney yapılır mı? Deney öncesi ve sonrasında meydana gelen deformasyon kum içeriğine göre nasıl değişim gösterir? Mineralojik yapı ve köken bu değişim üzerinde ne kadar etkili olmaktadır? vb., deneylerde kullanılan kumlar için merak uyandıran sorulara, bu çalışma ile cevap aranmıştır.

Çellek (2017), Kum numuneler için zemin laboratuvar deneyleri, isimli kitabında, 4 farklı kum numunesinin mineralojik farklılıklarını ortaya koymuştur. Çalışmasında, numuneler üzerinde zemin deneyleri yapmış ve sonuçları karşılaştırmıştır. Çellek (2019), "Comparison of Grain Size Distribution and Grain Shape of Various Sand Samples", adlı çalışmasında

araştırmacı, kum tane dağılım ve şekil değişimlerini incelemiştir. Çellek (2019), "The Effect of Shape on the Linear Relationship of Maximum and Minimum Void Ratios of Various Sand Types", adlı çalışmada, araştırmacı, farklı kumların maksimum ve minumum boşluk oranlarını tespit ederek farklılıklarını ortaya koymuştur. Çellek (2019) "A Comparison of Quartz Sands with Different Mineralogy and Their Griding Derivations", adlı çalışmada, farklı mineralojiye sahip kumlar ve bunların öğütülmüş türevlerinin deney sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çellek (2018) "Comparison of Constraint Elastic Modulus (Ec) Behaviors of Sand Samples and Derivatives Relative to Stress (σ)", çalışmada konsolidasyon deneyi sonucu elde edilen EC modüllerinin farklı kumlara göre değişimlerini incelemiştir. Çellek (2018) "Experimental Investigation and Probabilistic Modeling Of Shear Resistance and Stress-Volumetric Unit Deformation Behaviors of Sands Having Different Mineralogies", araştırmada farklı mineralojiye sahip kumların birim hacim değişimi ve kesme dayanımı sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çellek (2018) "The Effect of Mineralogy on Engineering Behaviour of Sand", çalışmada araştırmacı, mineralojik yapının, kumların mühendislik davranışları üzerindeki etkilerinin araştırmıştır.

Bu araştırmada, farklı bölgelerden kum numunesi alınmış ya da getirtilmiştir. Çalışmada kullanılan TP1 kumu, coğrafi işarete sahip manyezit kumunudur ve Ünye (Ordu) sahil kenarından alınmıştır. Bu kum, içinde yatağında olduğu, çok farklı sektörlerde ticari amaçla kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan TP2 kumu, Ordu (Merkez), TP5 kumu ise Edremit sahil kesiminden alınmıştır. TP3, İnşaat mühendisliği deneylerinde kullanılmak için alınmış, laboratuvarına kumudur. TP4 ise Şile (İstanbul) bölgesindeki bazaltlardan hazırlanan, akvaryum kumudur. TP6 kumu ise Sinop (Merkez) sahil kesiminden alınmıştır.

Çalışmada, farklı koşullarda oluşmuş kumların kimlik bilgilerinin ortaya konması gerekmektedir. Mevcut zemin laboratuvar ortamında kumlara ait özgül ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, minimum ve maksimum boşluk oranlarını ortaya koymak adına herhangi bir deney aleti yer almamaktadır. Bu nedenle bu deneyler, ODTÜ, İnşaat Mühendisliği, Geoteknik laboratuvarında yapılmıştır. Elek analizleri ve konsolidasyon aleti ile numune hazırlanması ise KAEÜ, İnşaat mühendisliği laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. KAEÜ, Jeoloji Mühendisliğine ait kameralı mikroskop ile kum tanelerinin görüntüleri alınmıştır. Son olarak, mineral içeriklerinin belirlenmesi için SEM ve XRD çekimleri MTA'da gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada öncelikle deney öncesi kumların orijinal ve mikroskop görüntüleri alınmıştır. Daha sonra 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063 mm elek açıklığına sahip elekler üzerinde ve tavada kalan malzeme aynı şekilde ayrı ayrı görüntülenmiştir. Çalışmanın tamamında bu 7'li elek takımı kullanılmıştır.

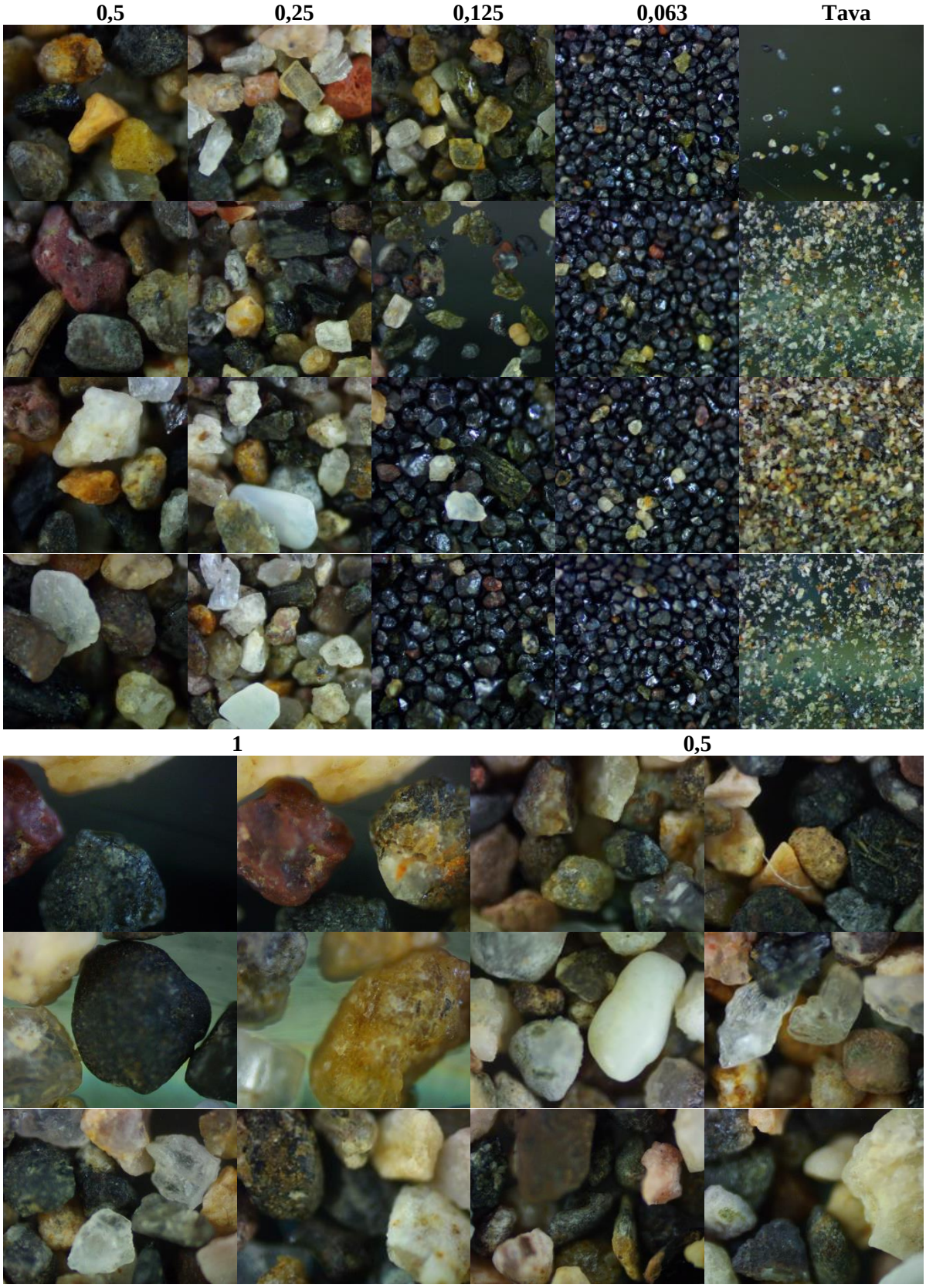
Elek Analizleri ve Mikroskop Görüntüleri

Ödometre aleti kullanılarak kumlarda kırılma oluşturulmuştur. Bunun içinde 1, 2, 3, 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 kg'lık ağırlıklar kullanılarak, 100, 200, 300, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa'lık yükler uygulanmıştır. Çalışmanın tamanında bu yük sistemi kullanılmıştır. Çalışmada ayırca kesme kutusu deneyi yapılmış ve 7, 8, 9 kg ağırlıklar ile 700, 800 ve 900 kPa'lık yük uygulanmıştır. Çalışmada her elek için ya da her yük için numune almak mümkün olmamıştır. Çalışmada kullanılan her kum numunesinin orijinal görüntüleri alınmıştır. Eleme işlemi yapıldıktan sonra ise her elek üzerinde kalan malzeme tartılmış ve mikroskop görüntüleri alınmıştır.

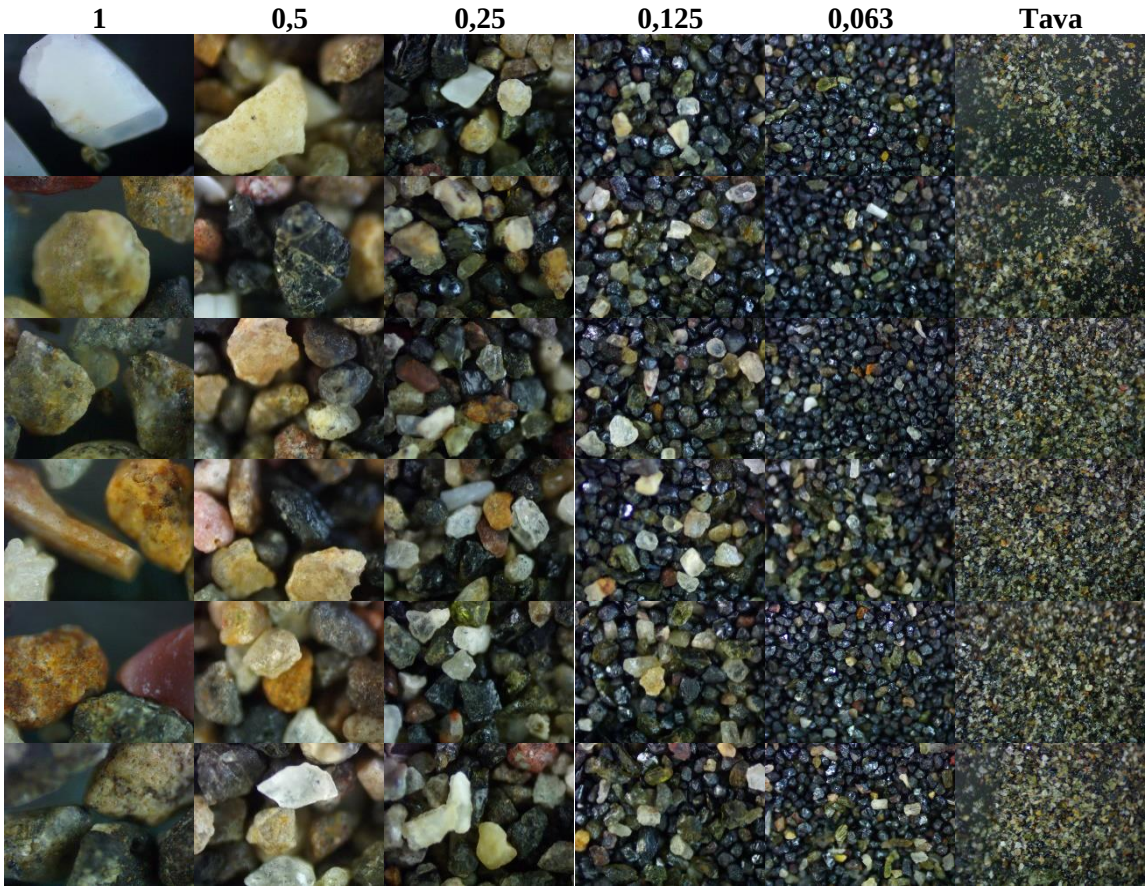
TP1 kumu için, deney öncesi ve deney sonrası farklı yük uygulamaları sonucunda elek üzerinde kalan malzemelerin, mikroskop görüntüleri Şekil 1 ile 10 arasında verilmiştir. Şekil 1'de TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 2'de, 7 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 3'de 8 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 4'de 9 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 5'de 10 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 6'da 20 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 7'de 30 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 8'de 40 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 9'da 50 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 10'da 60 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri verilmiştir.

Konsolidasyon deneyinde 1, 2 ve 3 kg yük ile yapılan deney sonuçları, kumun ilkesel durumuna yakın görseller ve değerler vermesi nedeni ile kullanılmamıştır. Tüm eleklerde yakın değerler alınmakla beraber, istenen fark 6000 kPa yük ile yapılan deney sonucunda alınmıştır. 700, 800 ve 900 kPa ile yapılan kesme kutusu deneyleri sonucunda ise, daha çok 0.5, 0.25 ve 0.125 nolu elekler üzerinde malzeme kalırken, 0.063 nolu eleğe, çok az oranda malzeme inmiştir. İki deney kıyaslandığında, kesme kutusu deneyi sonuçlarının, beklenen değişimi daha fazla yansıttığı görülmektedir.

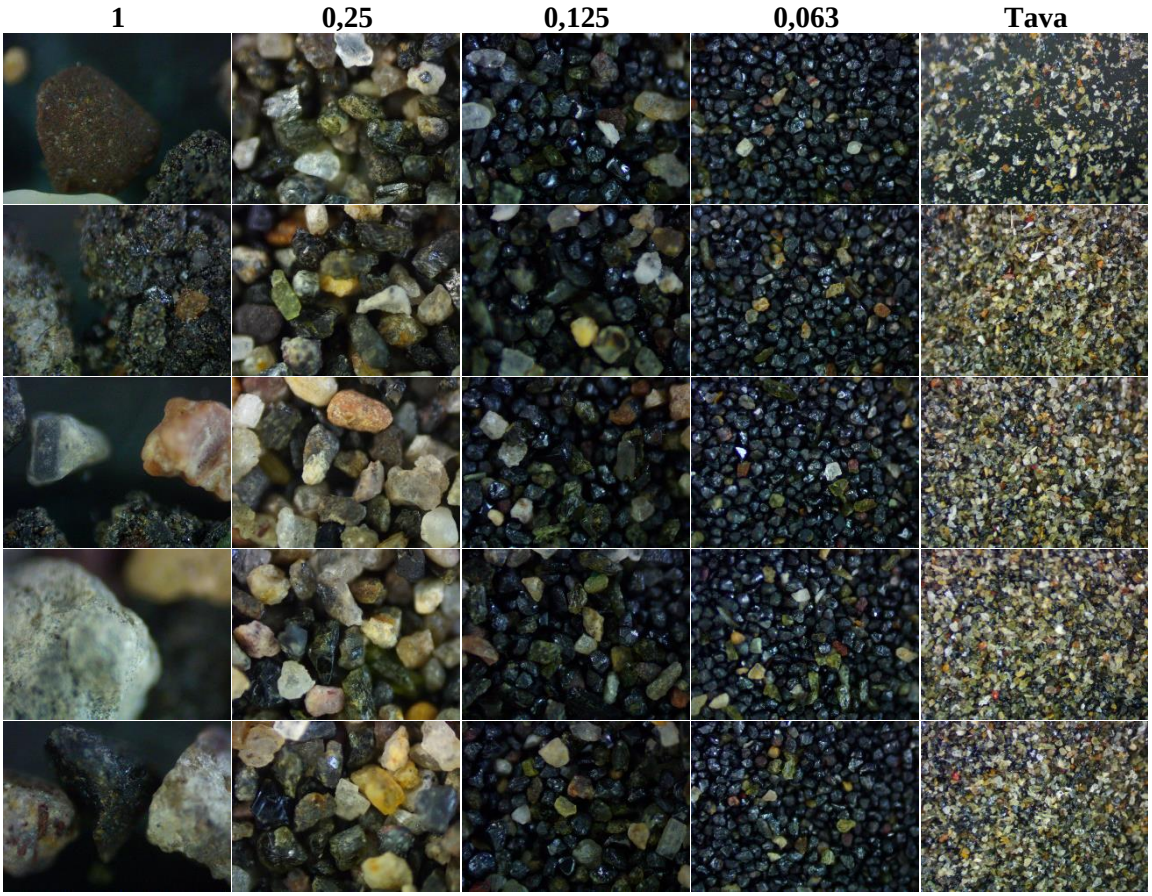
TP1, çalışmada kullanılan en farklı kumdur. Kumun manyetik özelliği nedeniyle ticaretinin yapılması, şu an kuma ulaşımın kısıtlanmasına neden olmuştur. Kumun, 0.063 nolu elek üzerinde kalan malzemesi, manyetik özelliği yansıtmaktadır. Elek üzerinde kalan kum numunelerinin taneleri kondukları kâğıt üzerinde de dağılmıştır. Bu elek üzerinde kalanların sadece siyaha yakın malzemeden oluştuğu görülmüştür. Tavada kalan kısım ise kil boyutunda ve daha açık renklidir.



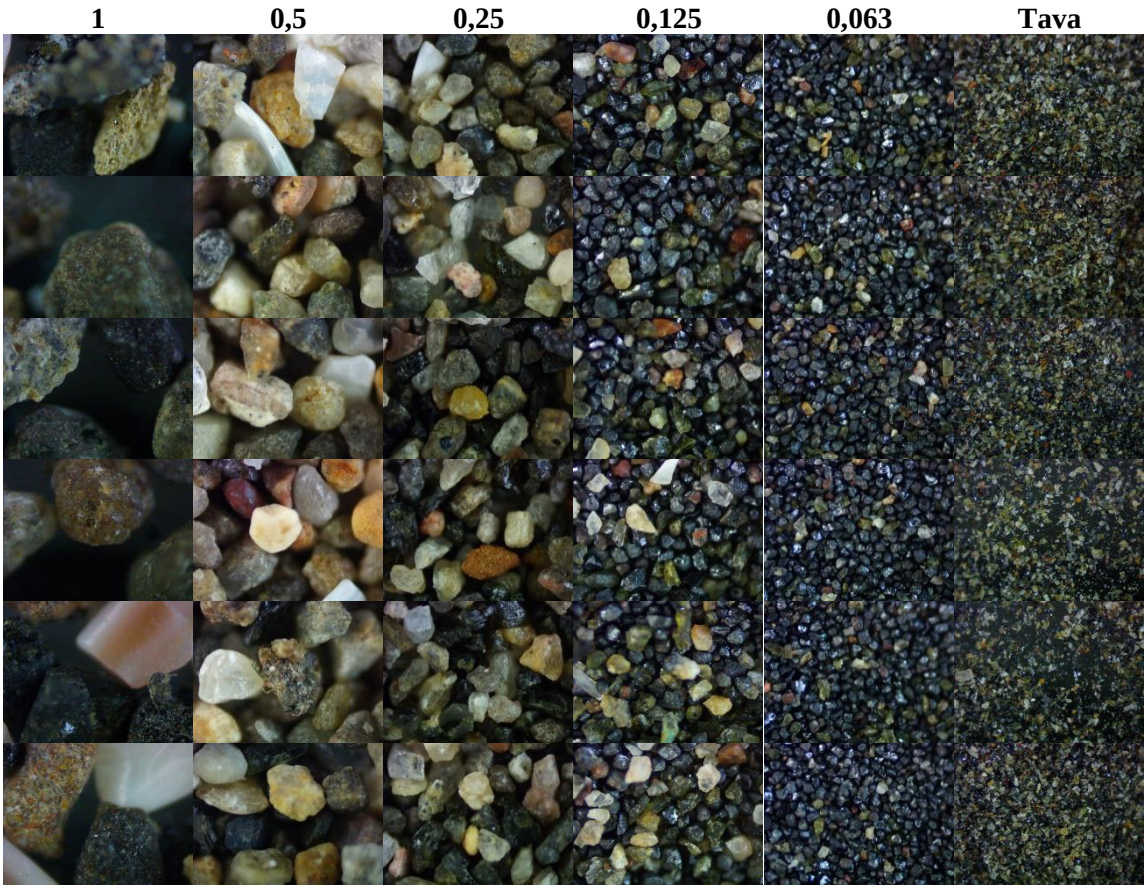
Şekil 1. TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



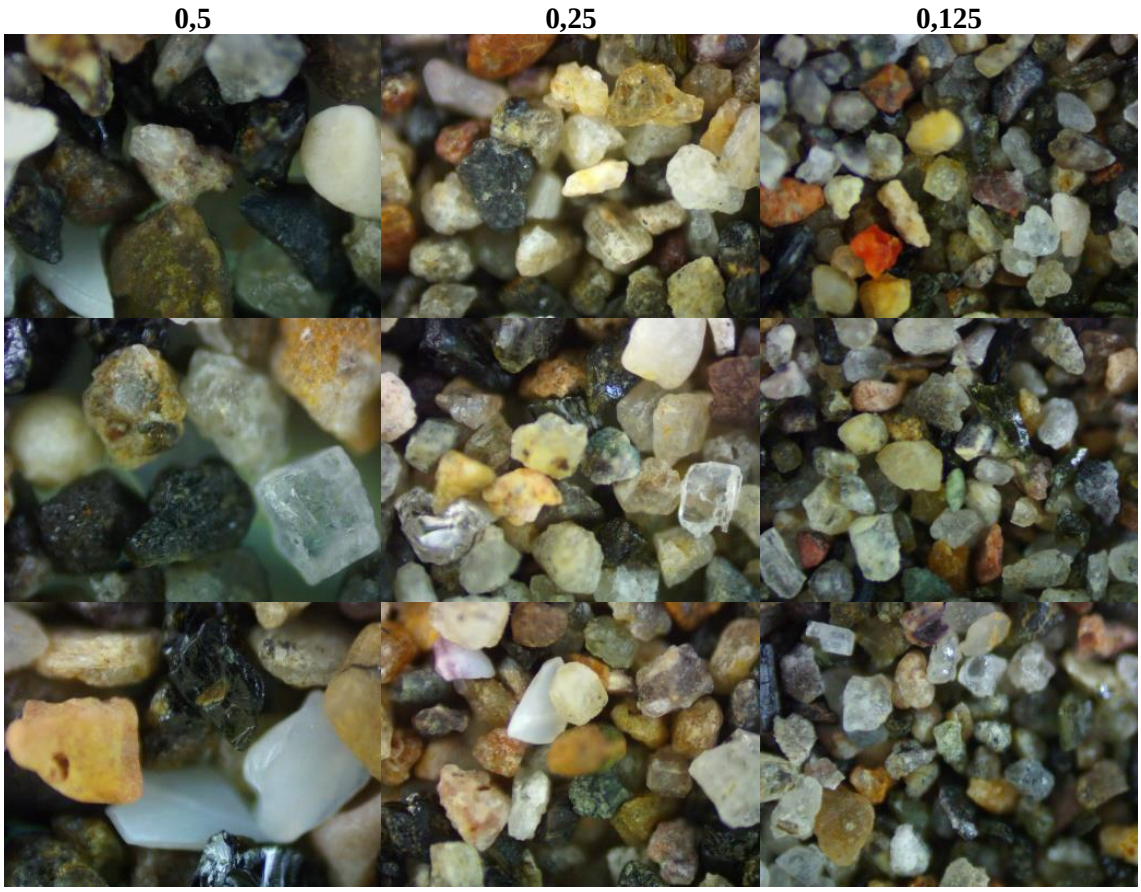
Şekil 2. 7 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



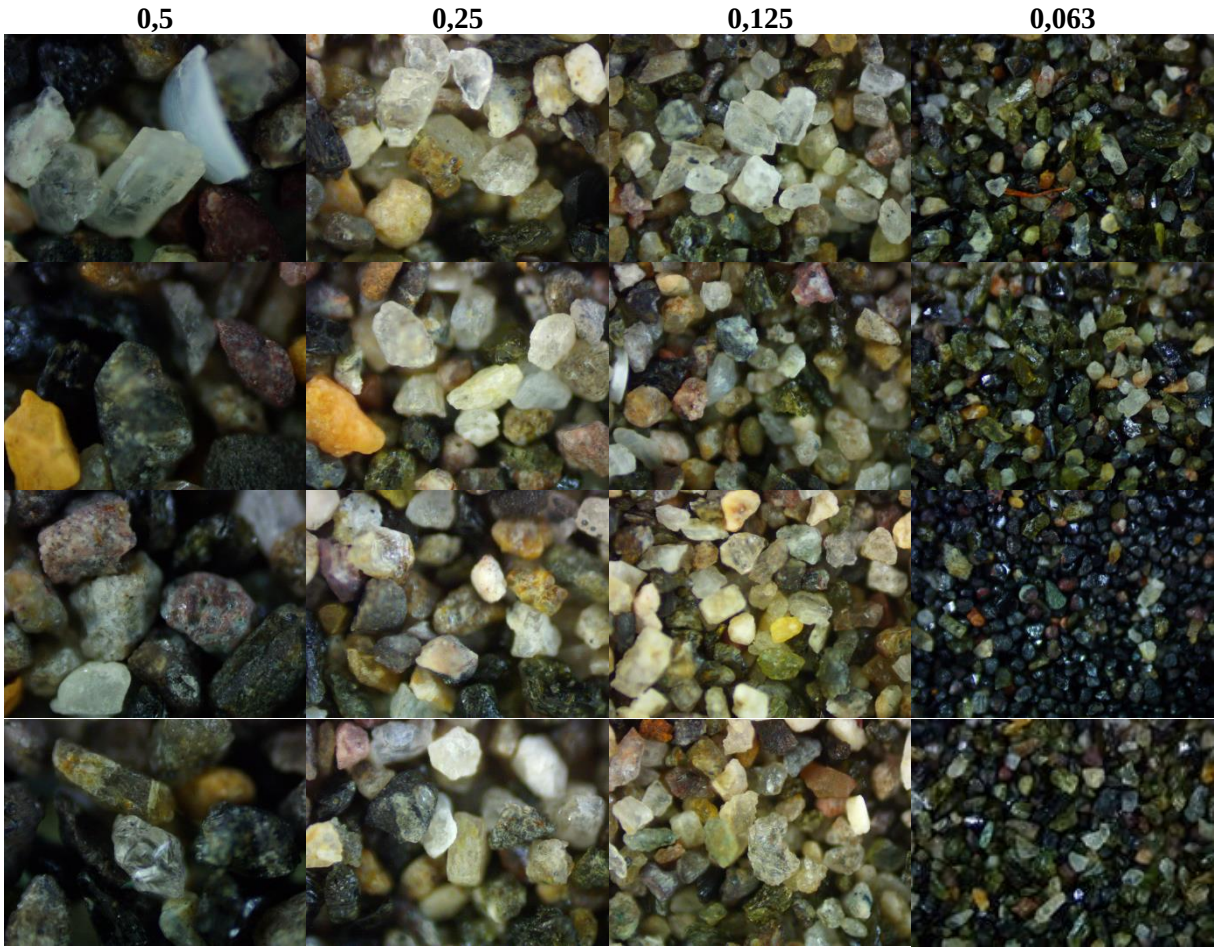
Şekil 3. 8 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



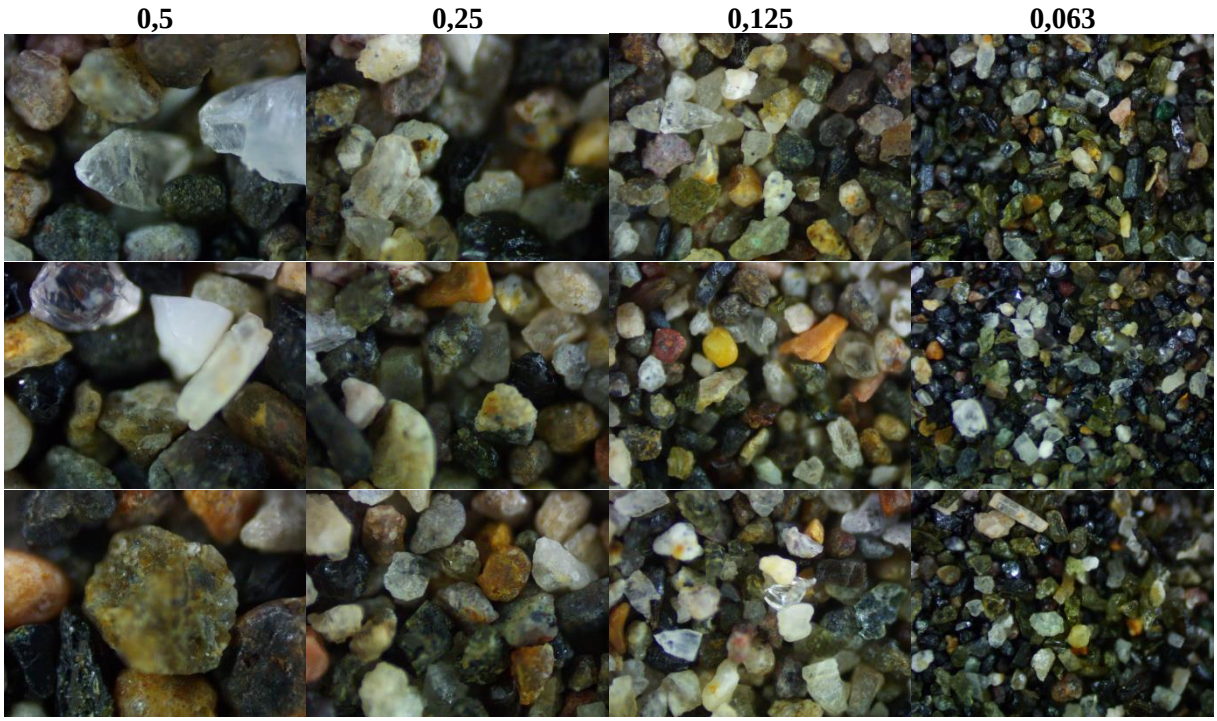
Şekil 4. 9 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



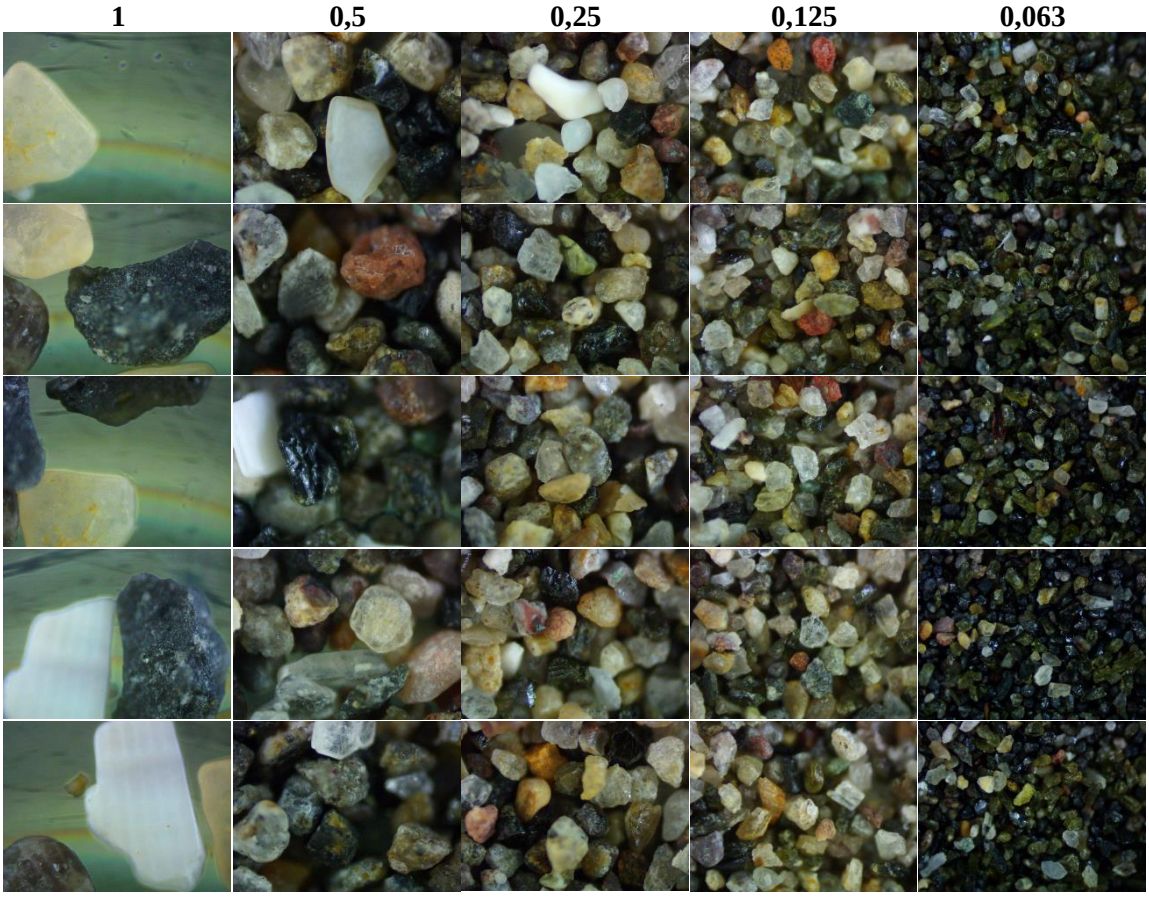
Şekil 5. 10 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



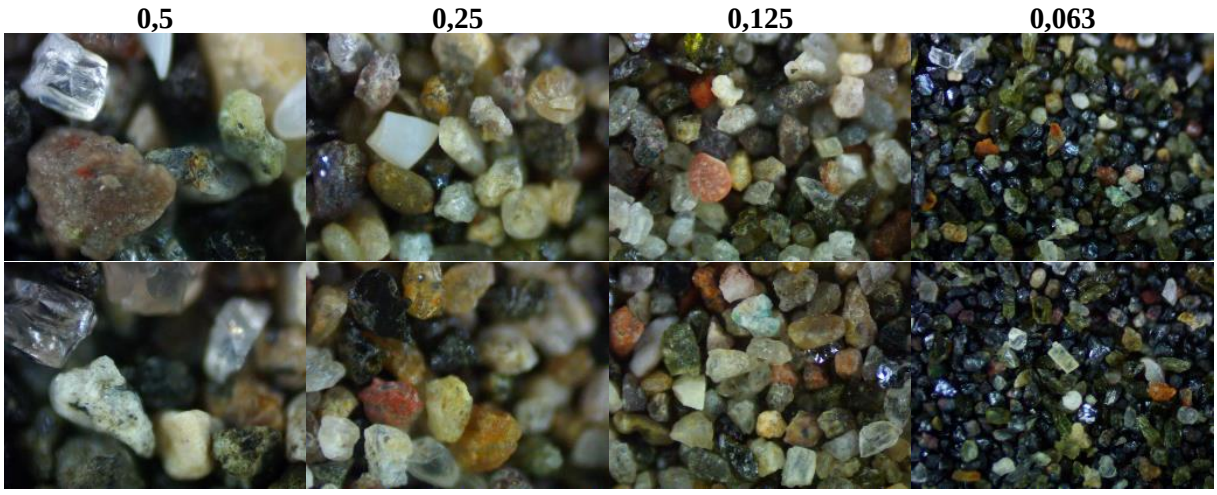
Şekil 6. 20 kg yük altında,TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



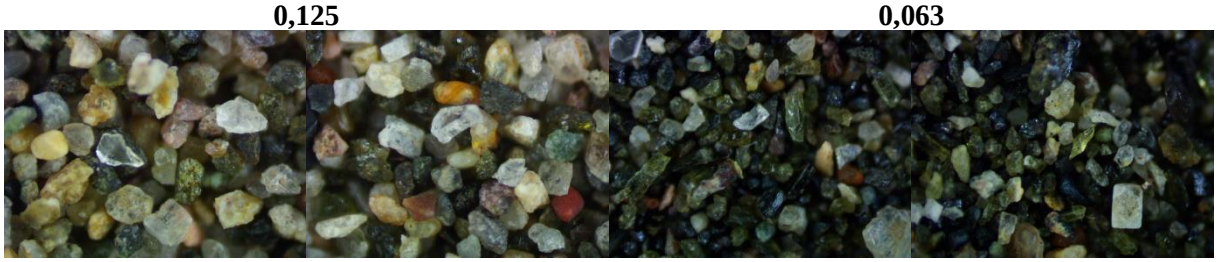
Şekil 7. 30 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



Şekil 8. 40 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



Şekil 9. 50 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri

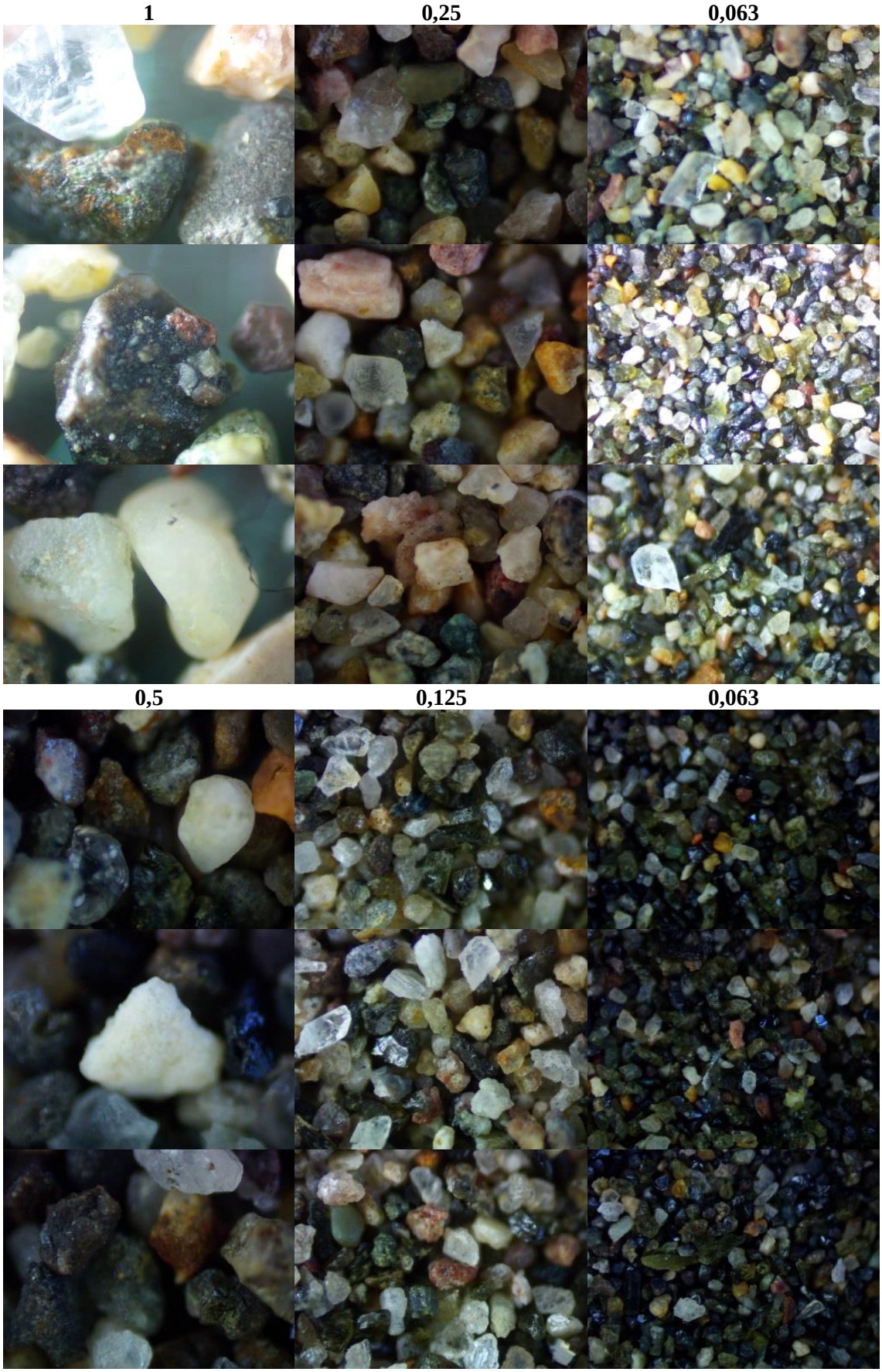


Şekil 10. 60 kg yük altında, TP1 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri

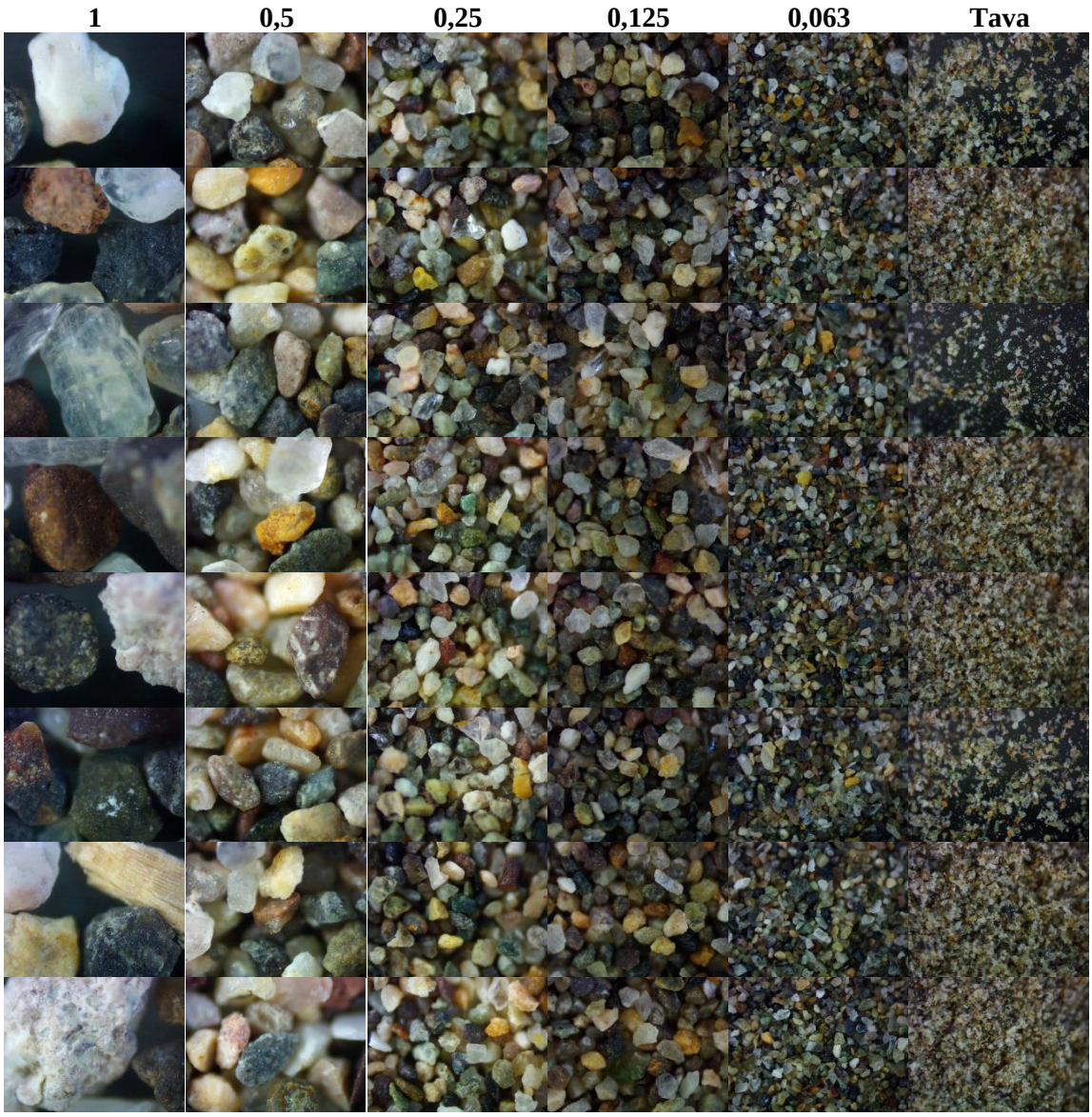
TP2 kumu için, deney öncesi ve deney sonrası farklı yük uygulamaları sonucunda elek üzerinde kalan malzemelerin, mikroskop görüntüleri Şekil 11 ile 20 arasında verilmiştir. Şekil 11'de TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 12'de, 7 kg yük altında,TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 13'de 8 kg yük altında, TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 14'de 9 kg yük altında,TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 15'de 10 kg yük altında,TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 16'da 20 kg yük altında,TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 17'de 30 kg yük altında, TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 18'de 40 kg yük altında, TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 19'da 50 kg yük altında, TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 20'da 60 kg yük altında, TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri verilmiştir.

TP2 kumu için, konsolidasyon deneyinde 1, 2 ve 3 kg yük ile yapılan deney sonuçları, kumun ilkesel durumuna yakın görseller ve değerler vermesi nedeni ile kullanılmamıştır. TP2 kumuna 5000 ve 6000 kPa yük ile yapılan konsolidasyon deneylerinde 0.5, 0.25 ve 0.125 nolu eleklerden daha çok malzeme geçmiştir. 700, 800 ve 900 kPa ile yapılan kesme kutusu deneyleri sonucunda ise, 0.5, 0.25, 0.125 ve 0.063 nolu eleklerden diğerlerine göre daha çok malzeme geçmiştir. TP1 kumunda olduğu gibi TP2 kumunda da beklenen değişim kesme kutusu deneyleri sonucunda daha fazla görülmektedir.

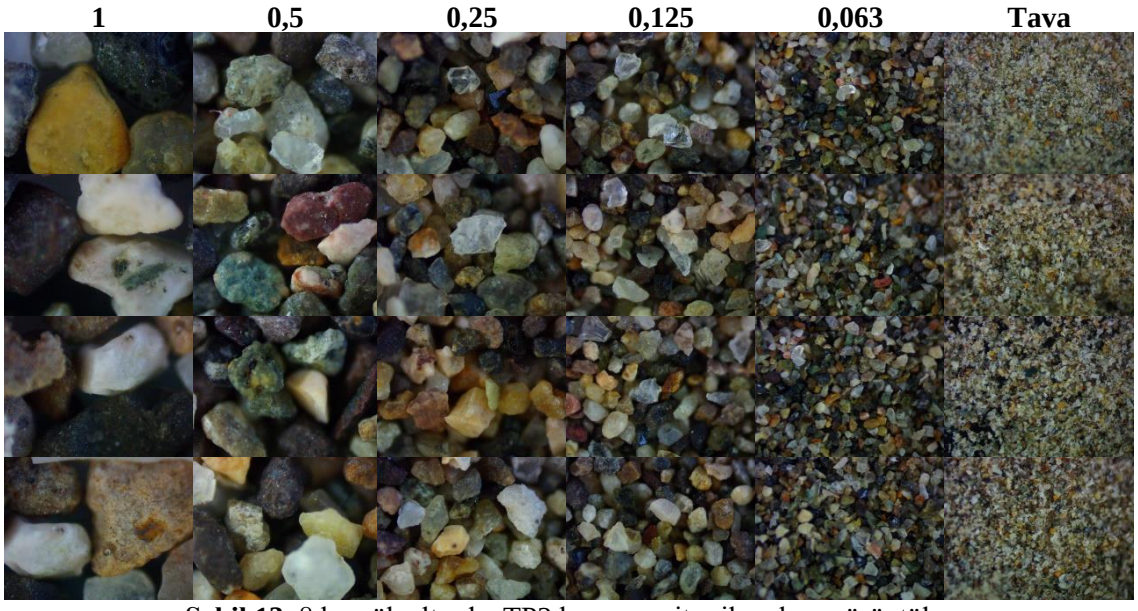
TP3 kumu için, konsolidasyon deneyinde 1, 2 ve 3 kg yük ile yapılan deney sonuçları, kumun ilkesel durumuna yakın görseller ve değerler vermesi nedeni ile kullanılmamıştır. TP3 kumu için, deney öncesi ve deney sonrası farklı yük uygulamaları sonucunda elek üzerinde kalan malzemelerin, mikroskop görüntüleri Şekil 21 ile 30 arasında verilmiştir. Şekil 21'de TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 22'de, 7 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 23de 8 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 24'de 9 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 25'de 10 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 26'da 20 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 27'de 30 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 28'de 40 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 29'da 50 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 30'da 60 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri verilmiştir. Diğerlerinde olduğu gibi, TP3 kumunda da beklenen sonuç kesme kutusu deneyi sonrasında elde edilmiştir.



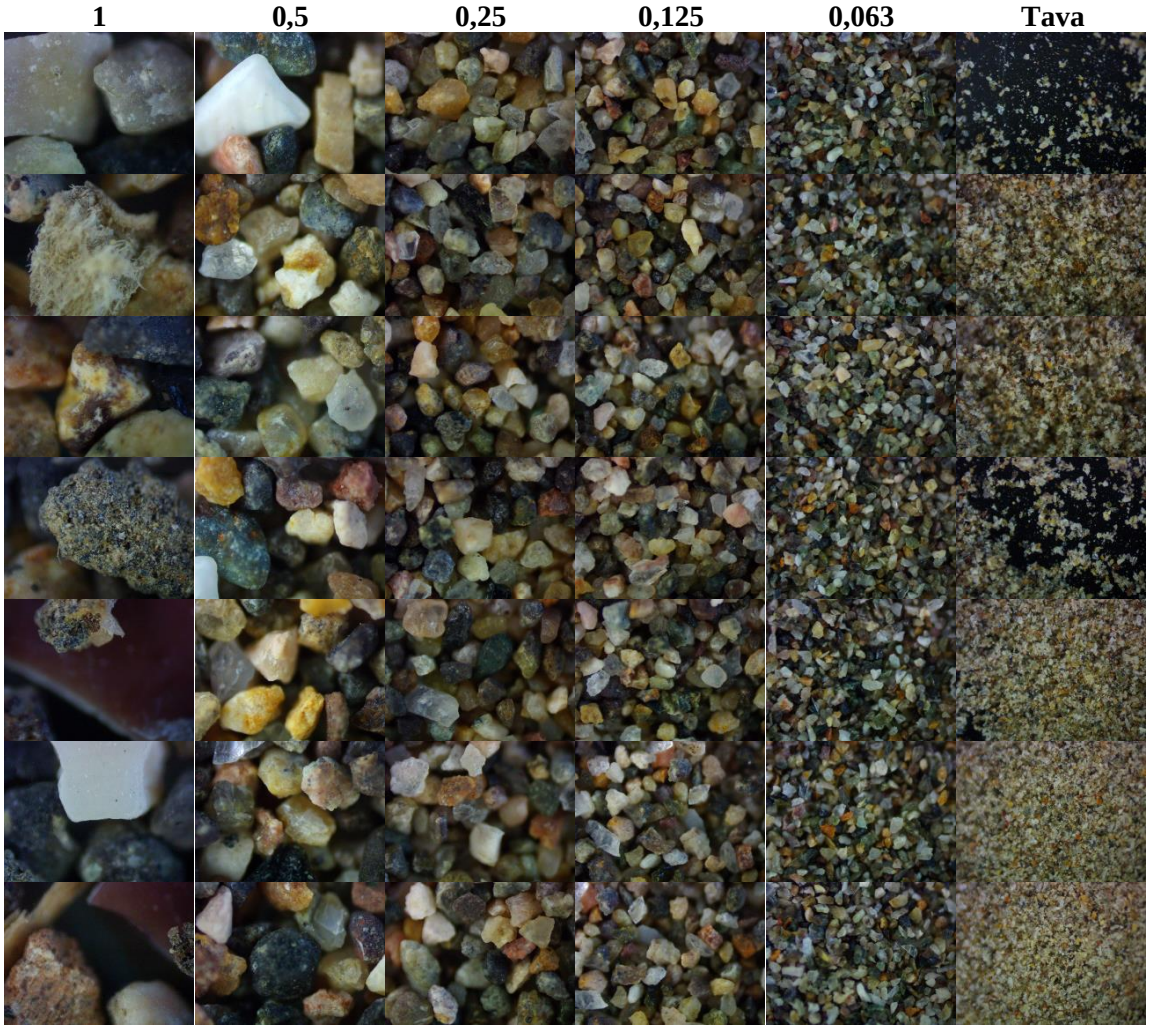
Şekil 11. TP2 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



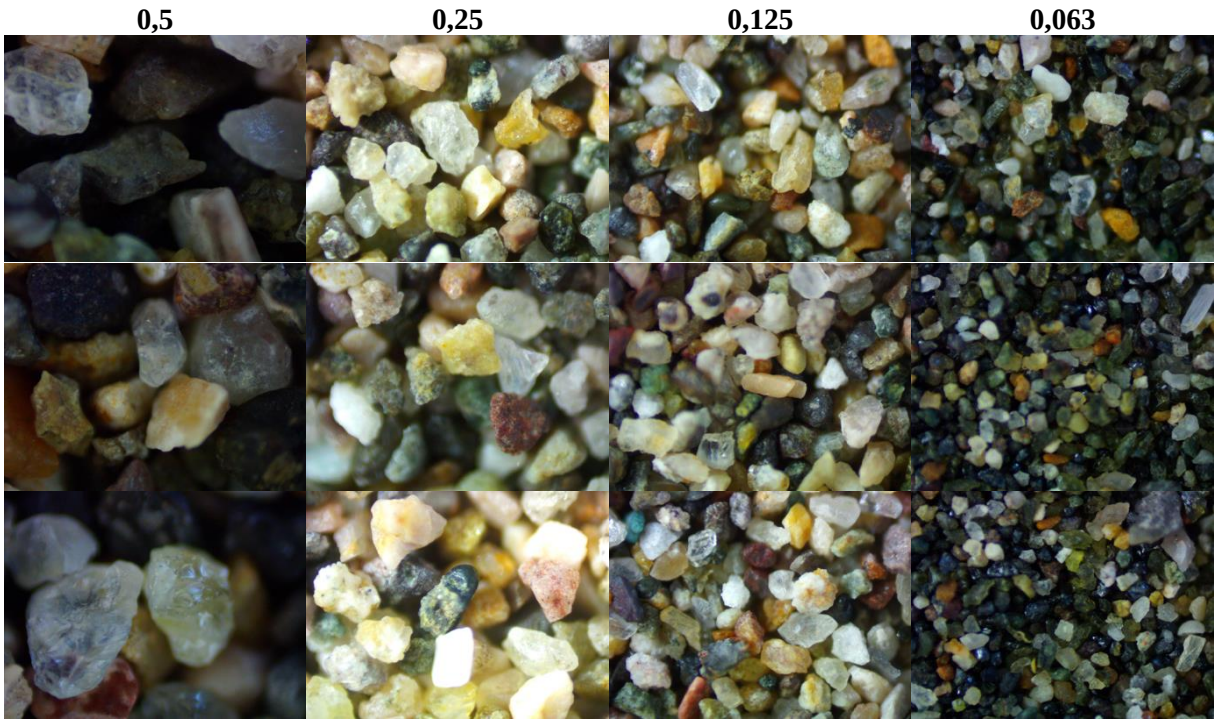
Şekil 12. 7 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüler



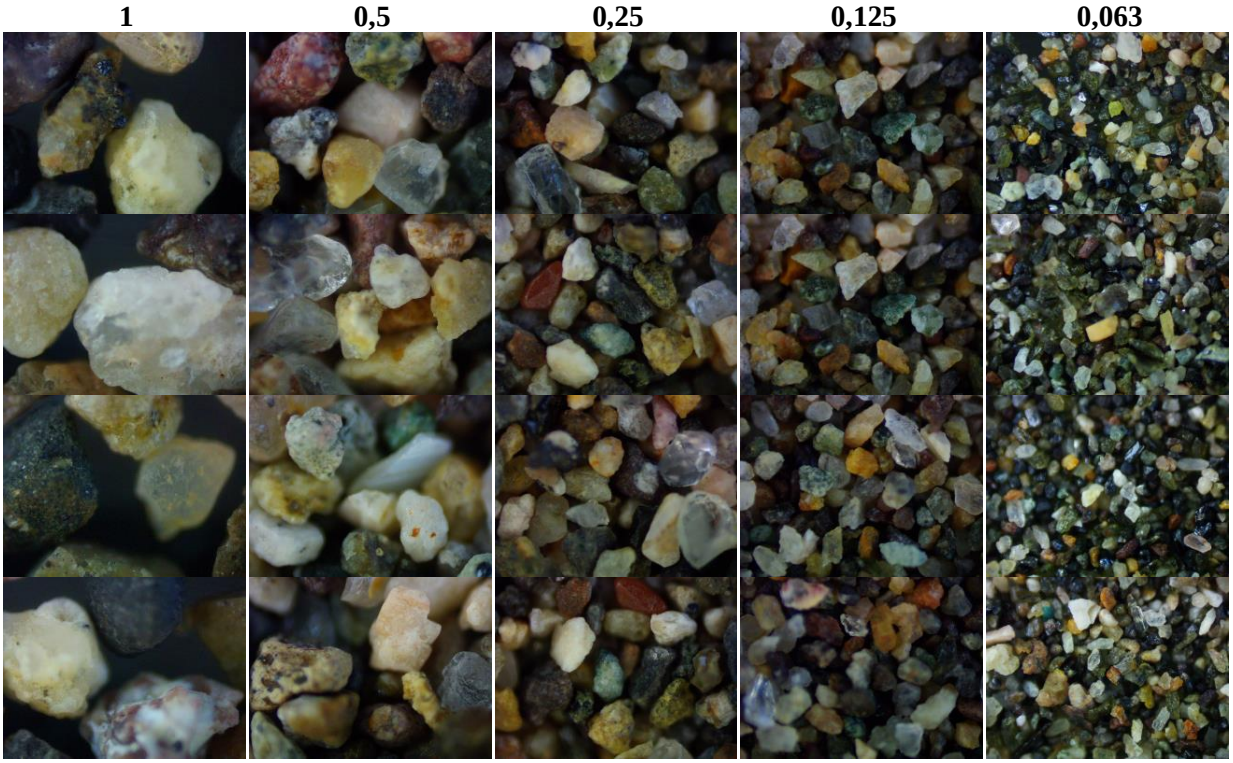
Şekil 13. 8 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüler



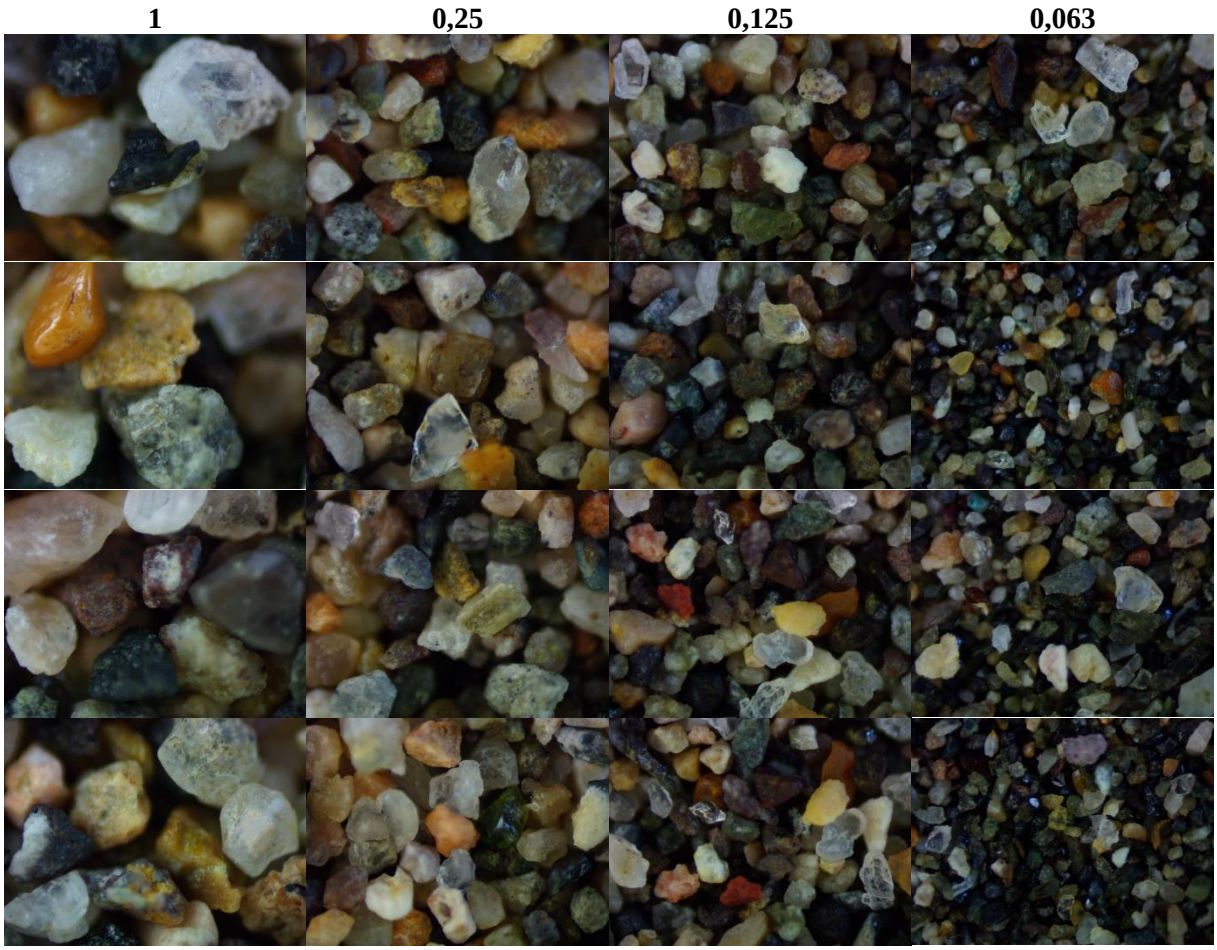
Şekil 14. 9 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüler



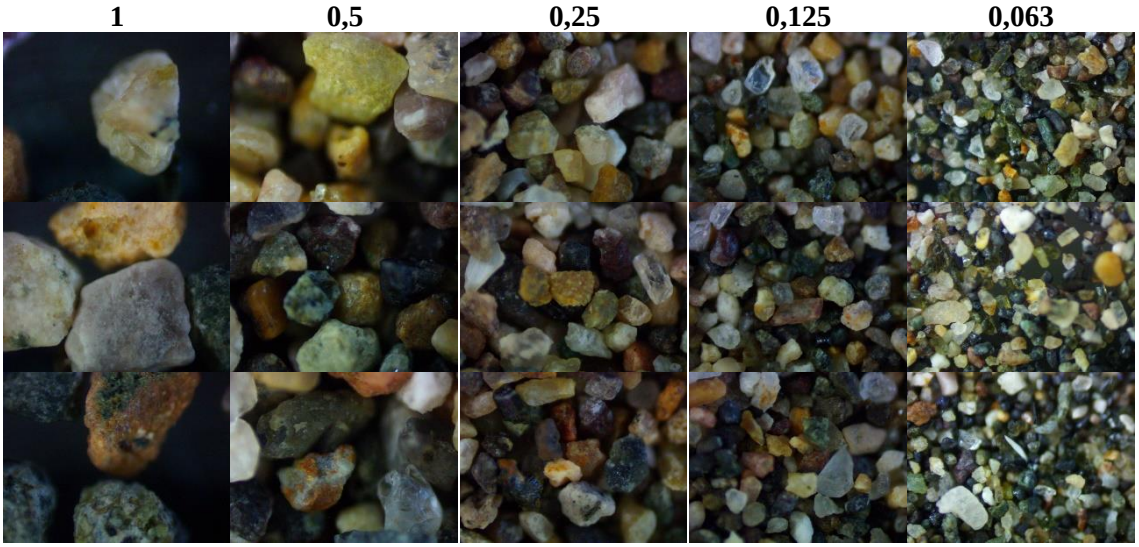
Şekil 15. 10 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüler



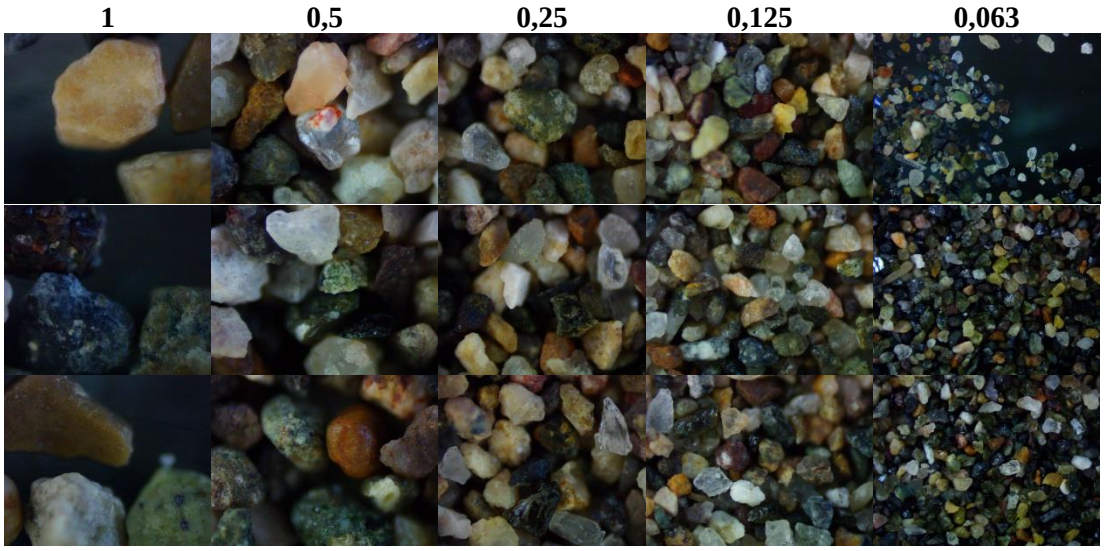
Şekil 16. 20 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüler



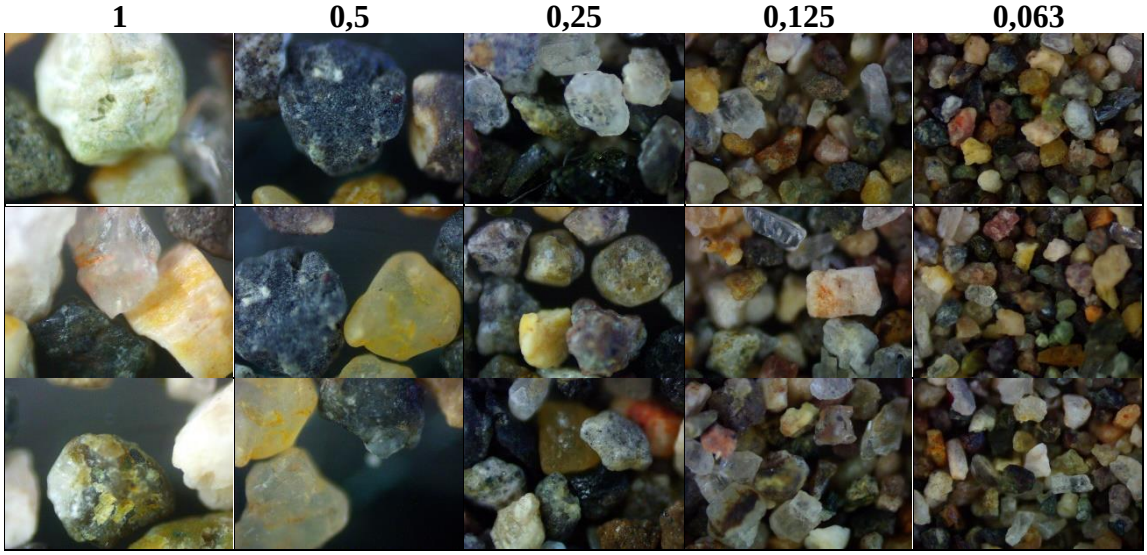
Şekil 17. 30 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüler



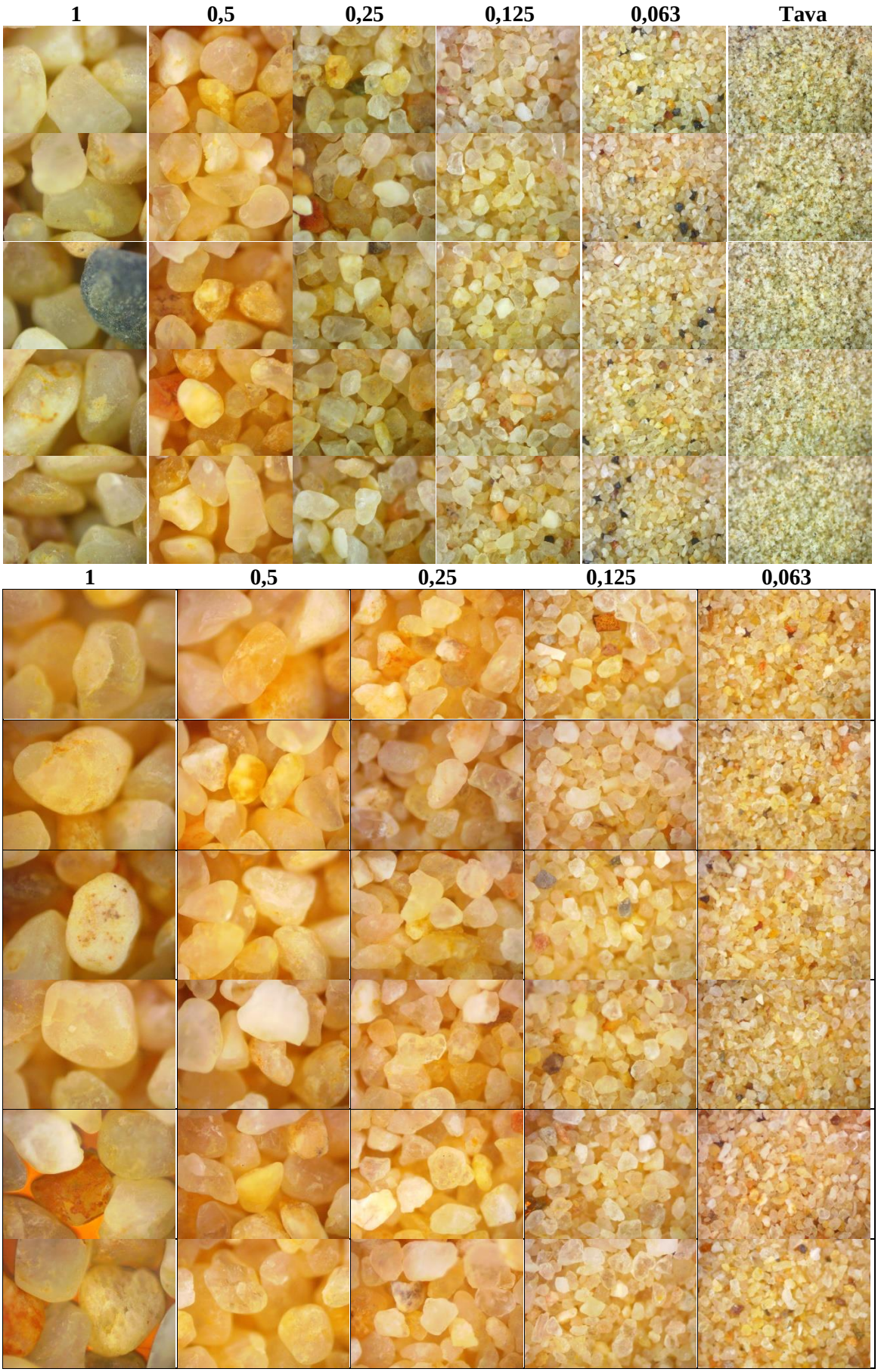
Şekil 18. 40 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüler



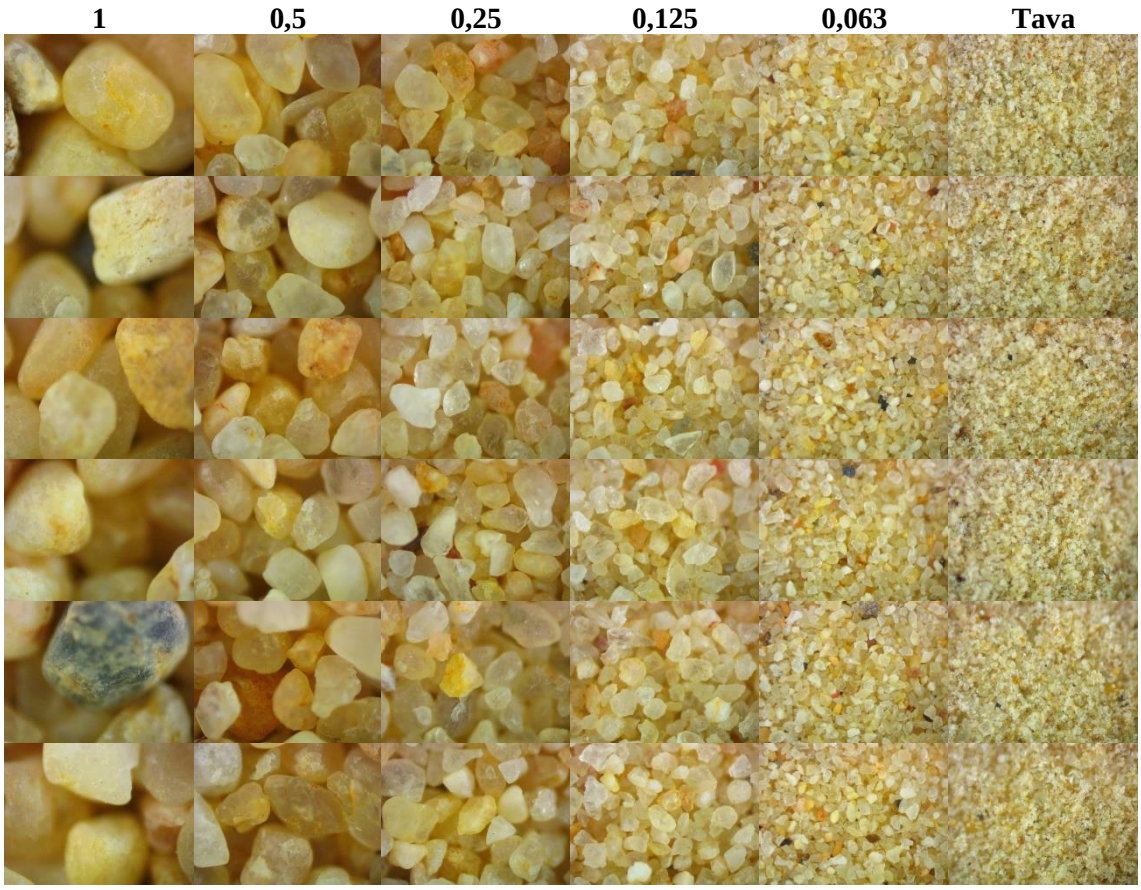
Şekil 19. 50 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri



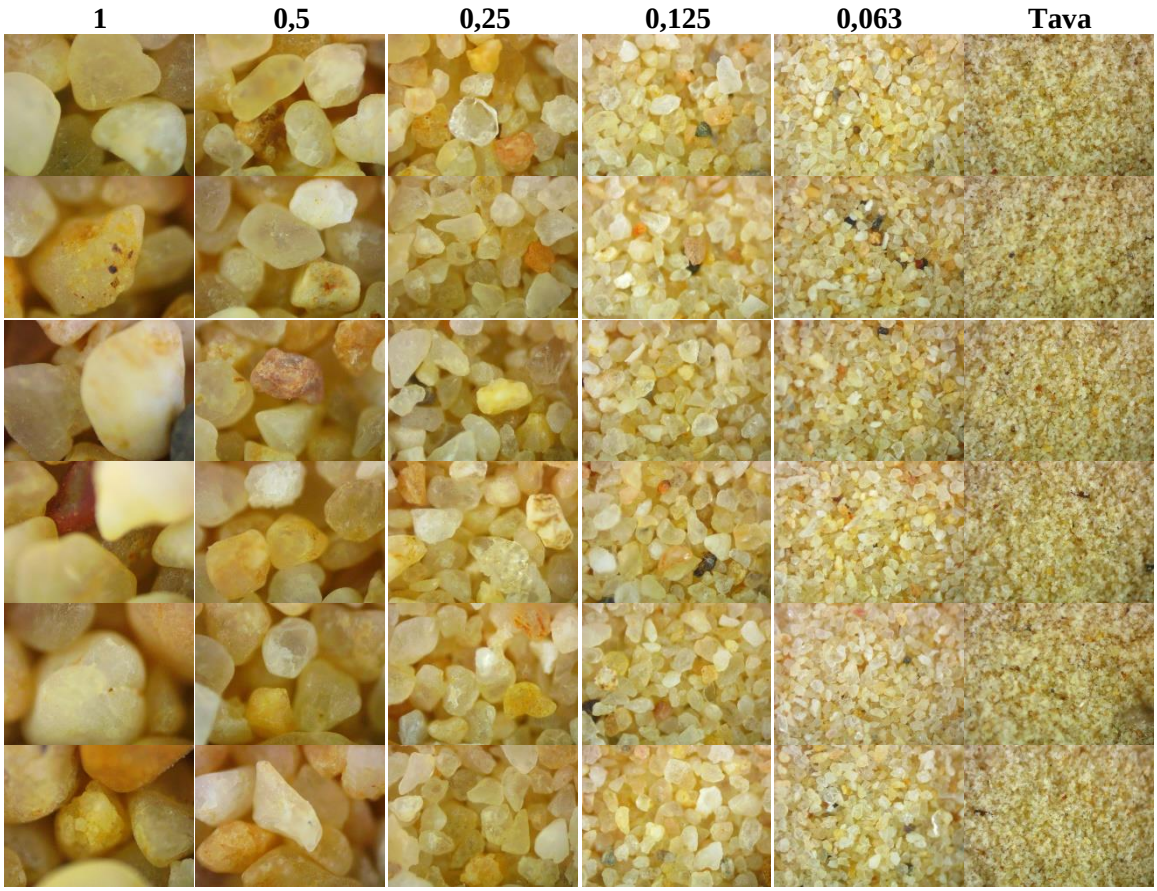
Şekil 20. 60 kg yük altında, TP2 kumuna ait mikroskop görüntüleri



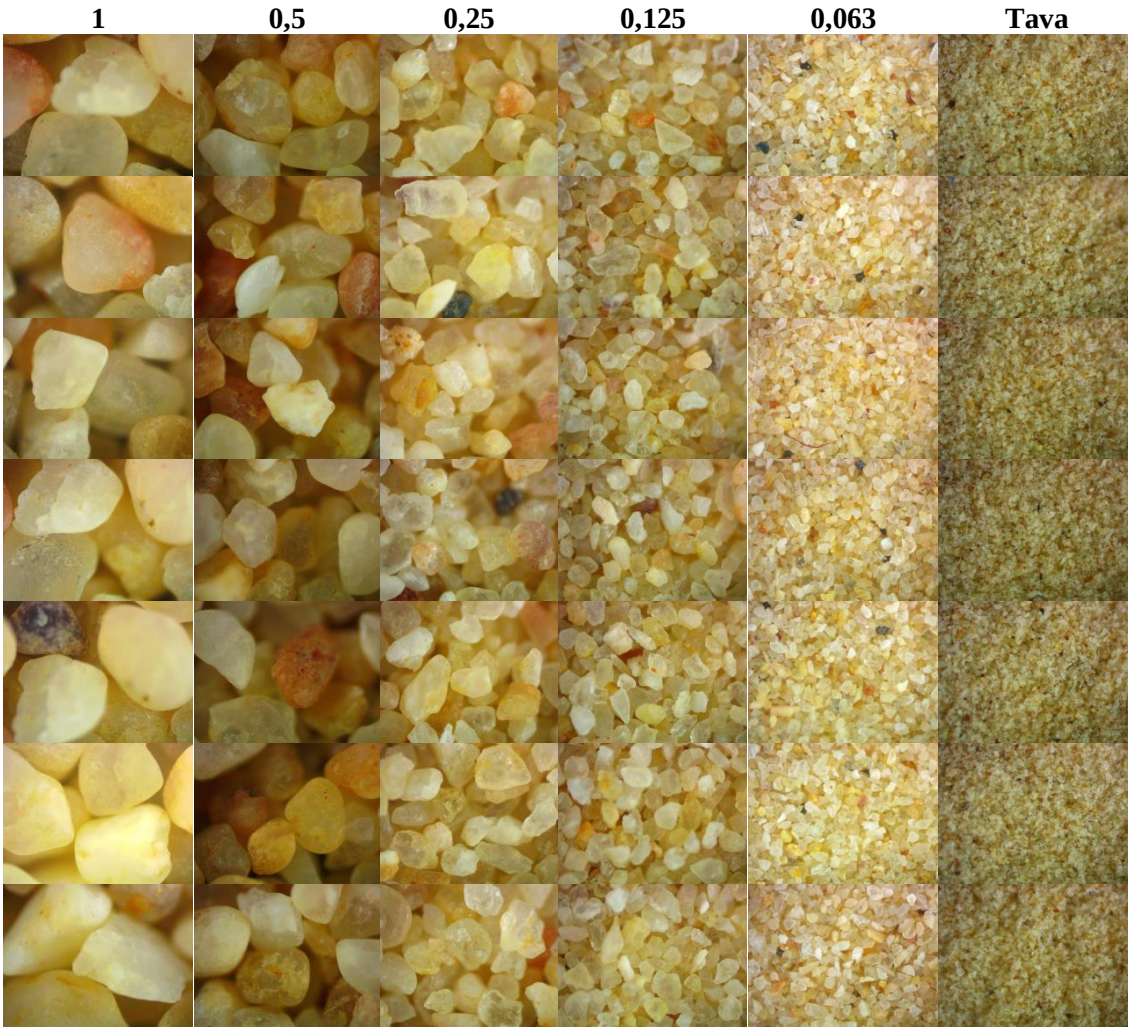
Şekil 21. TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



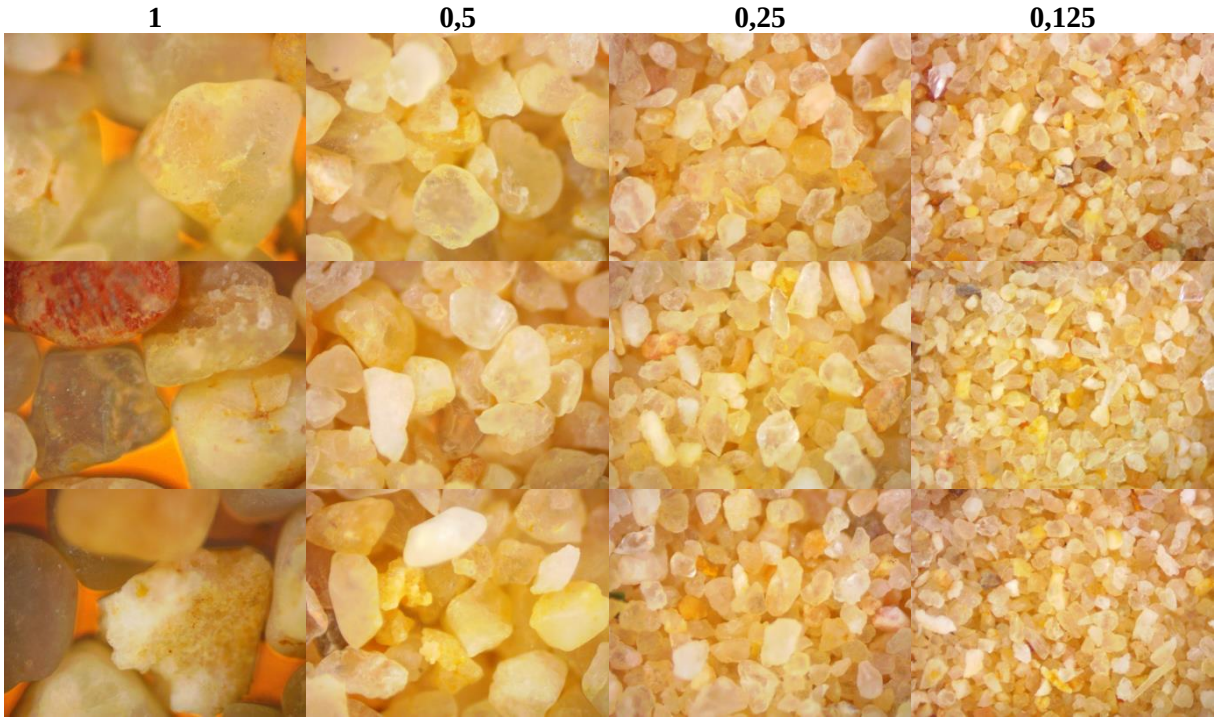
Şekil 22. 7 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



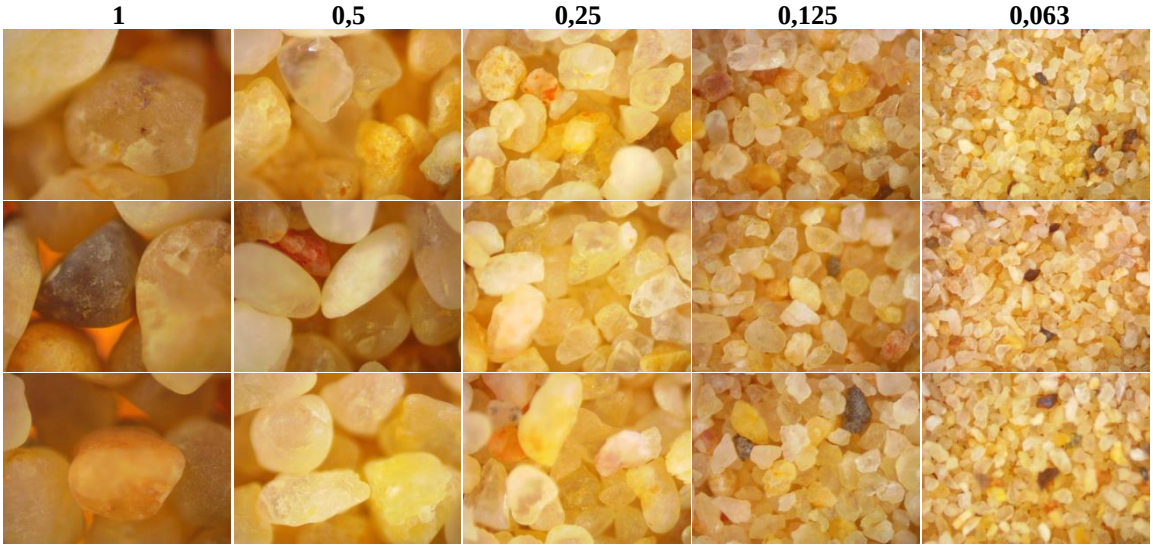
Şekil 23. 8 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



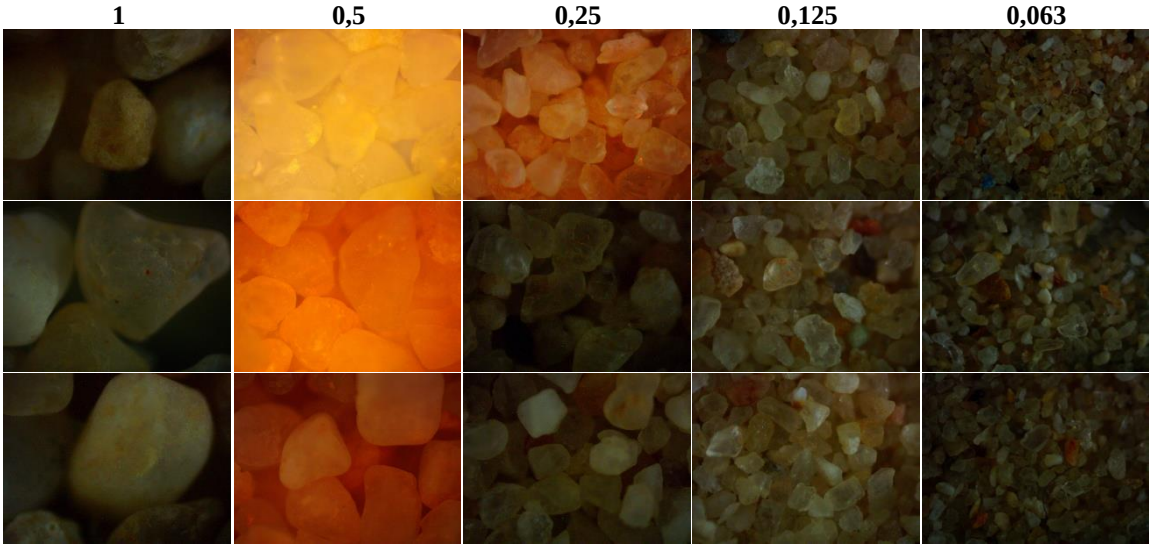
Şekil 24. 9 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



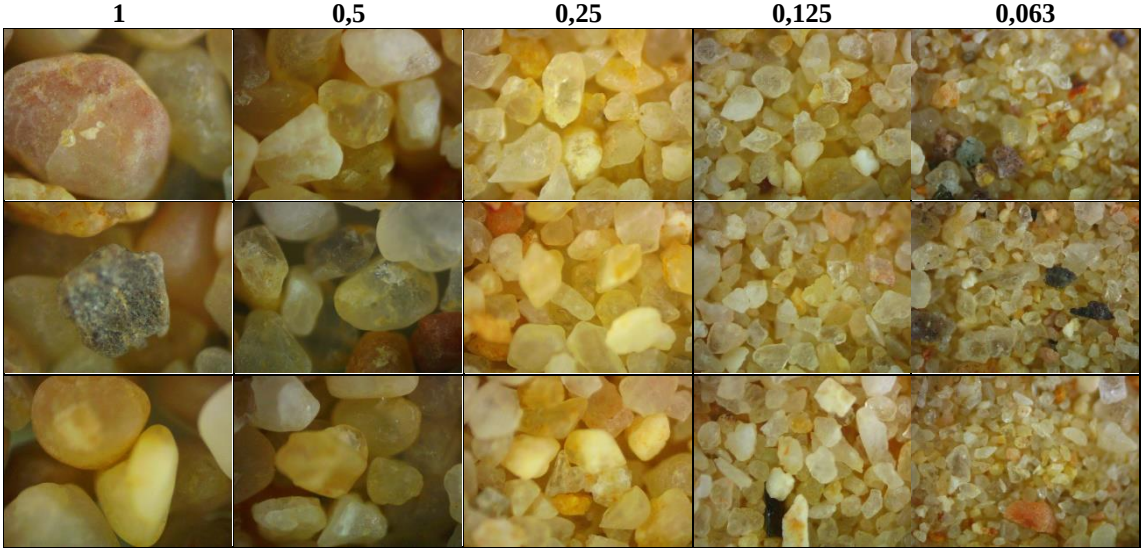
Şekil 25. 10 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



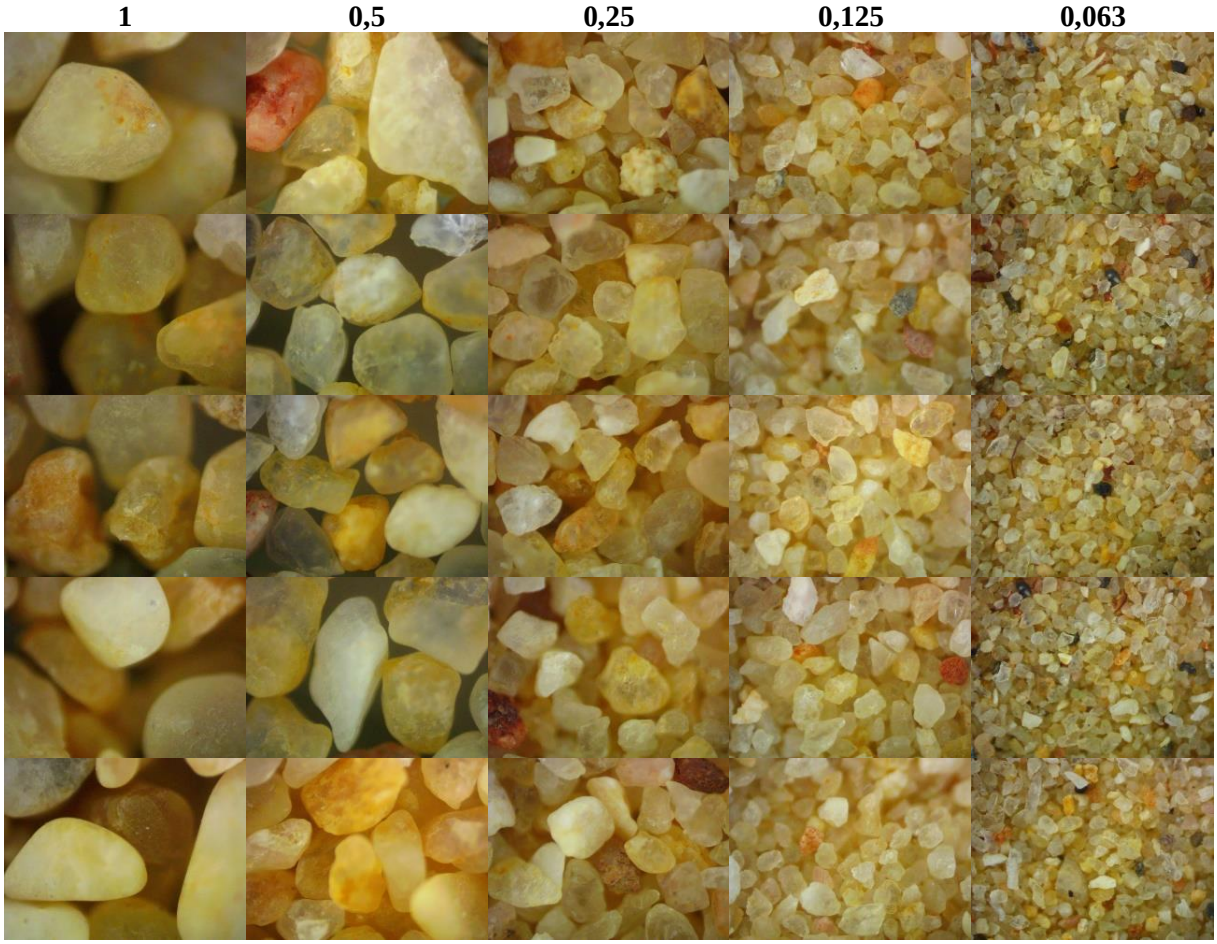
Şekil 26. 20 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



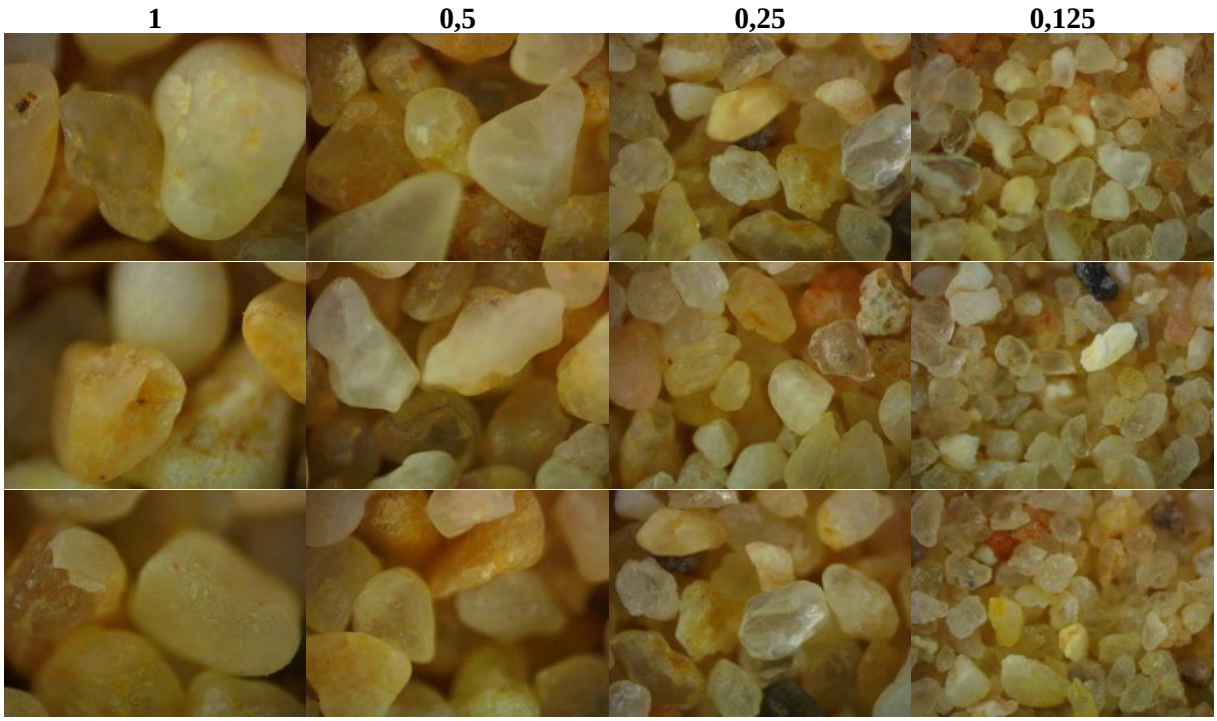
Şekil 27. 30 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



Şekil 28. 40 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



Şekil 29. 50 kg yük altında,TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri

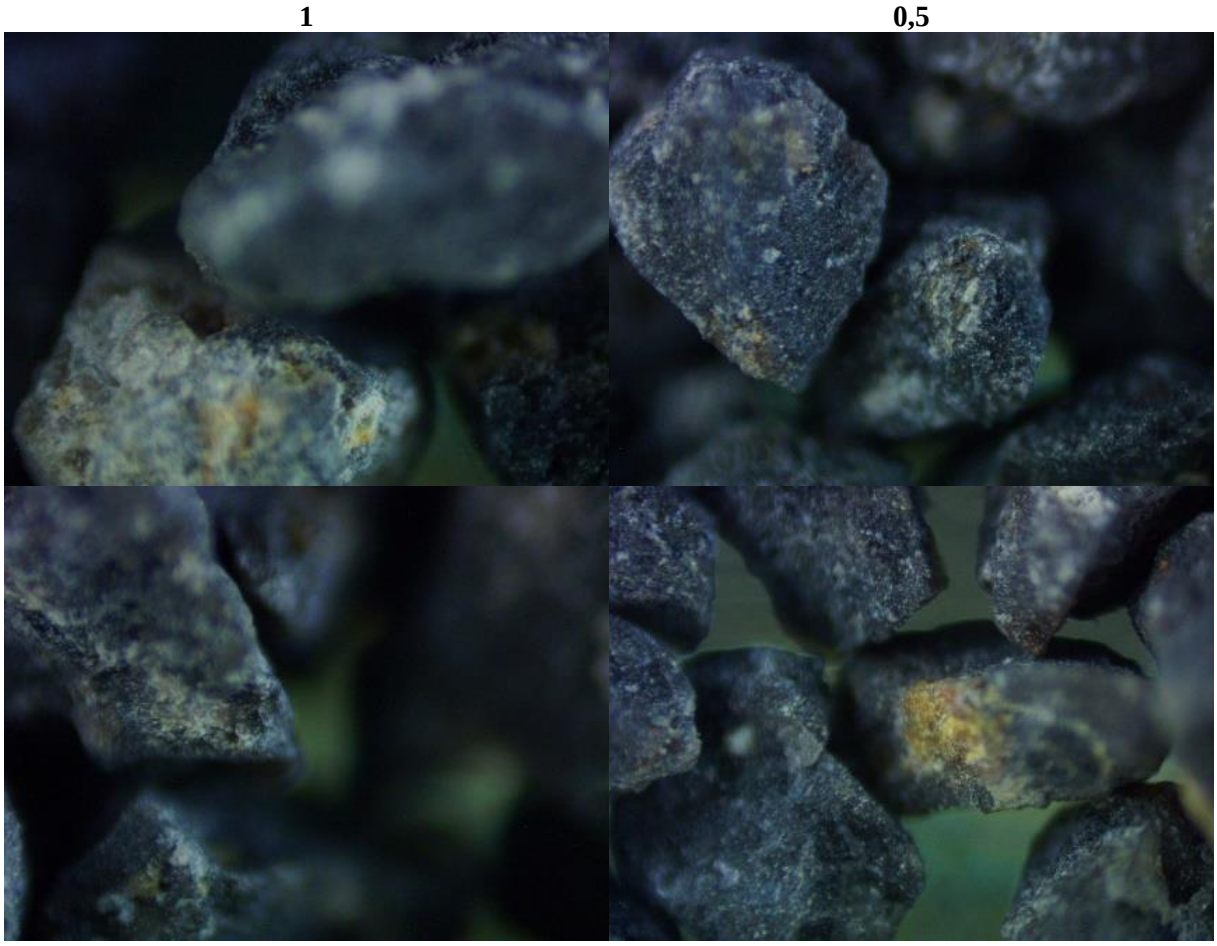


Şekil 30. 60 kg yük altında, TP3 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri

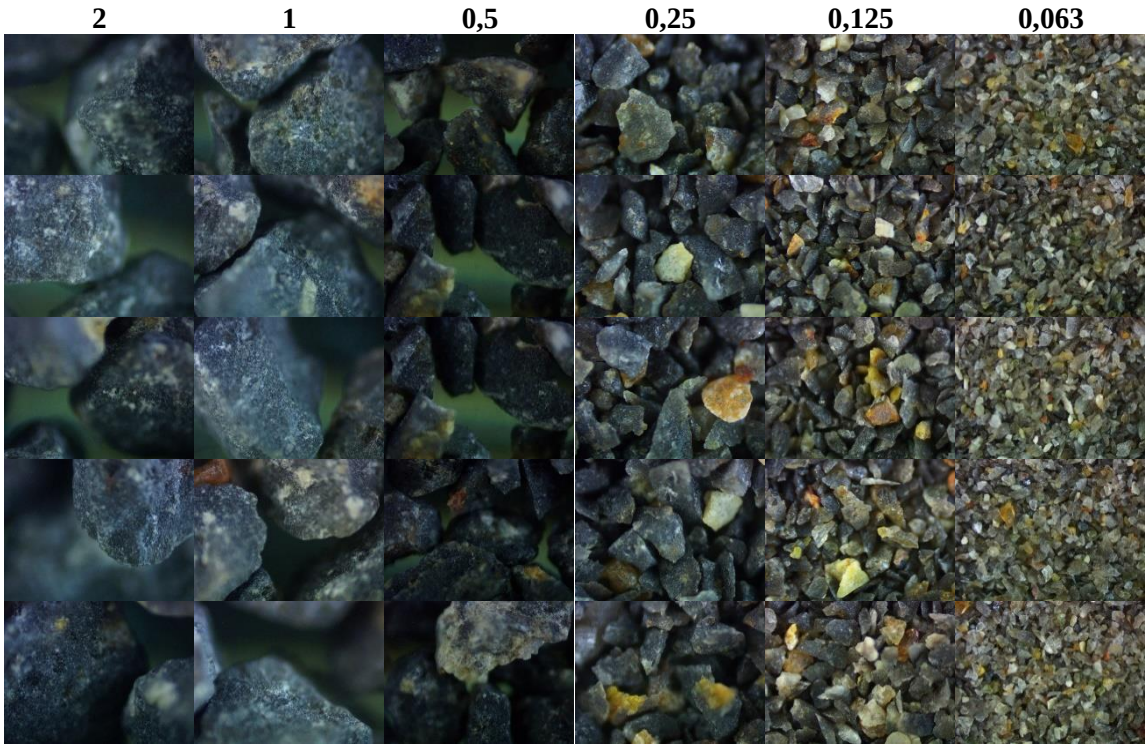
TP4 kumu için, konsolidasyon deneyinde 1, 2 ve 3 kg yük ile yapılan deney sonuçları, kumun ilkesel durumuna yakın görseller ve değerler vermesi nedeni ile kullanılmamıştır. TP4 kumu için, deney öncesi ve deney sonrası farklı yük uygulamaları sonucunda elek üzerinde kalan malzemelerin, mikroskop görüntüleri Şekil 31 ile 40 arasında verilmiştir. Şekil 31'de TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 32'de, 7 kg yük altında,TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 33de 8 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 34'de 9 kg yük altında,TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 35'de 10 kg yük altında,TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 36'da 20 kg yük altında,TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 37'de 30 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 38'de 40 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 39'da 50 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 40'da 60 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri verilmiştir. Diğerlerinde olduğu gibi, TP4 kumunda da beklenen sonuç kesme kutusu deneyi sonrasında elde edilmiştir.

TP5 kumu için, konsolidasyon deneyinde 1, 2 ve 3 kg yük ile yapılan deney sonuçları, kumun ilkesel durumuna yakın görseller ve değerler vermesi nedeni ile kullanılmamıştır. TP5 kumu için, deney öncesi ve deney sonrası farklı yük uygulamaları sonucunda elek üzerinde kalan malzemelerin, mikroskop görüntüleri Şekil 41 ile 44 arasında verilmiştir. Şekil 41'de TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 42'de, 7 kg yük altında,TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 43'te 8 kg yük altında, TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 44'de 9 kg yük altında, TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri verilmiştir.

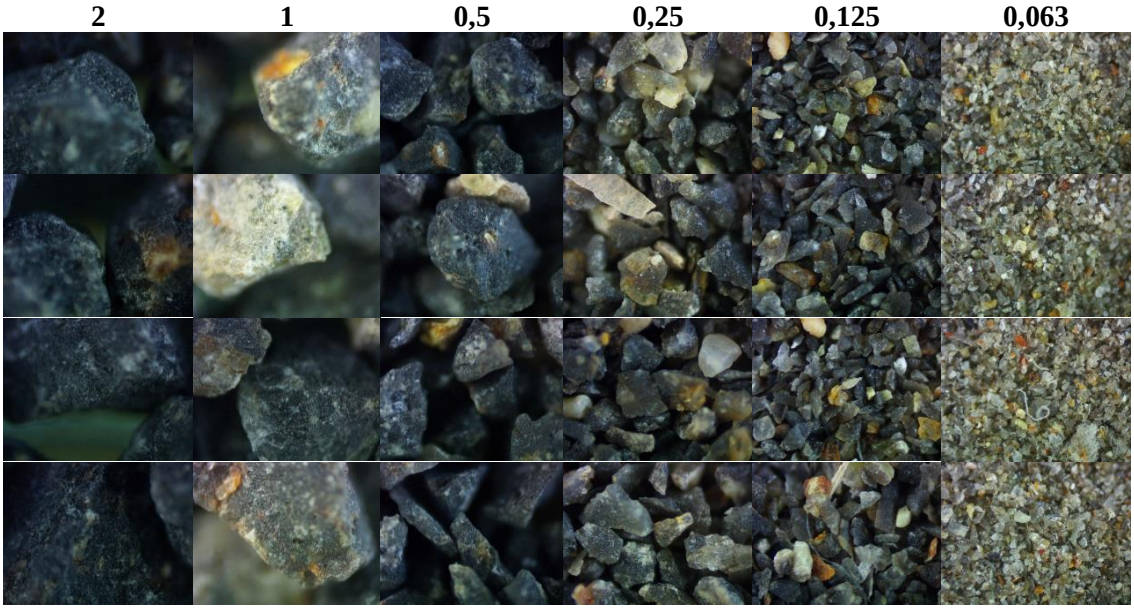
TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri, Şekil 45'de; 10 kg yük altında, Şekil 46'da; TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 47'de 20 kg yük altında,TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 48'de 30 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 49'da 40 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 50'de 50 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri; Şekil 51'de 60 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri verilmiştir. Diğerlerinde olduğu gibi, TP6 kumunda da beklenen sonuç kesme kutusu deneyi sonrasında elde edilmiştir.



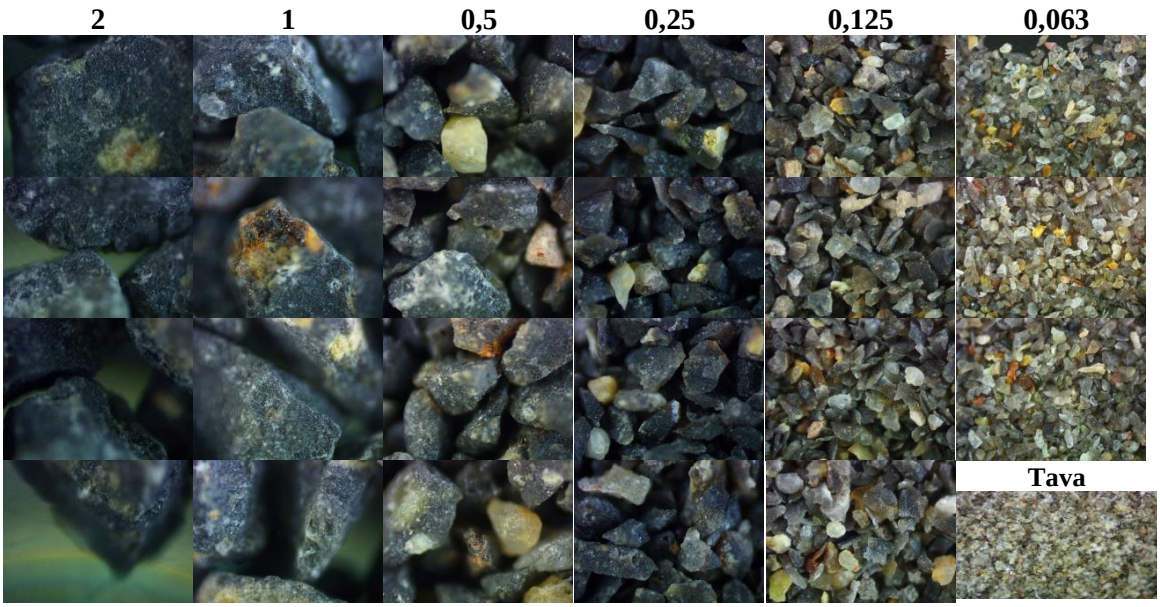
Şekil 31. TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



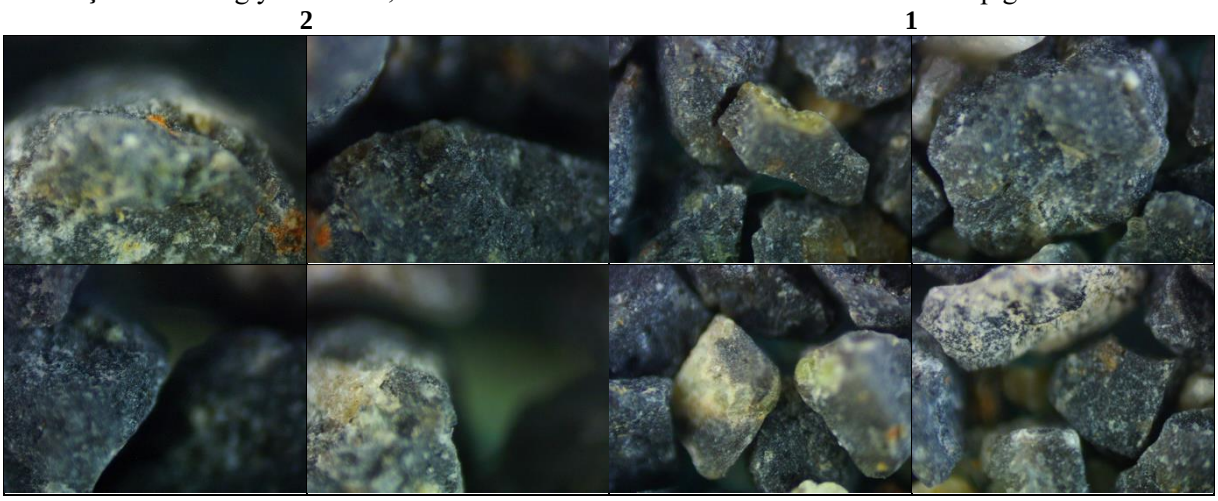
Şekil 32. 7 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



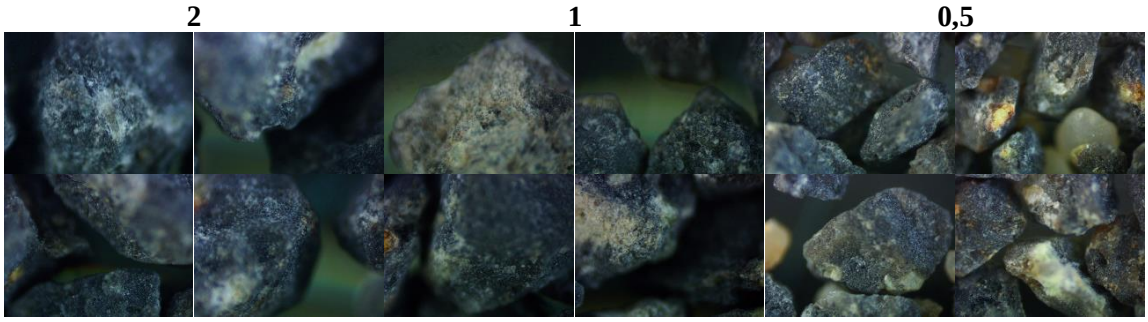
Şekil 33. 8 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



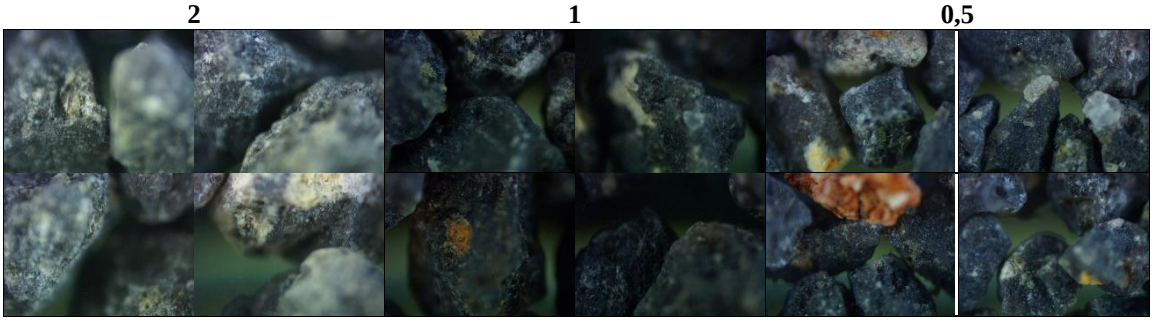
Şekil 34. 9 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



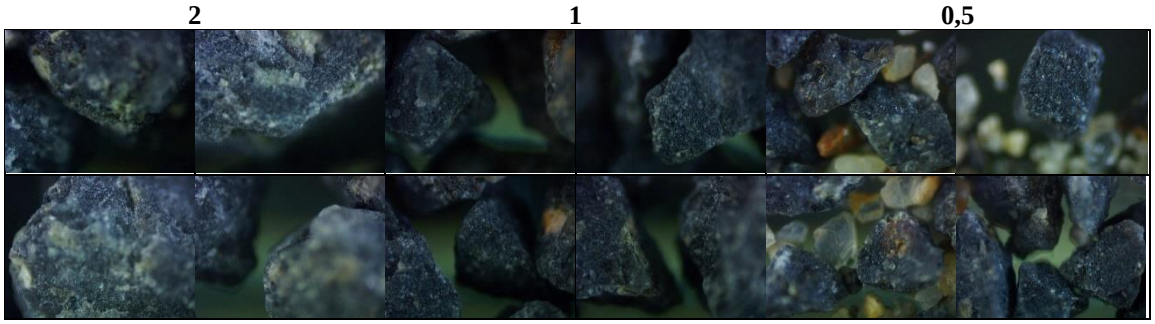
Şekil 35. 10 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



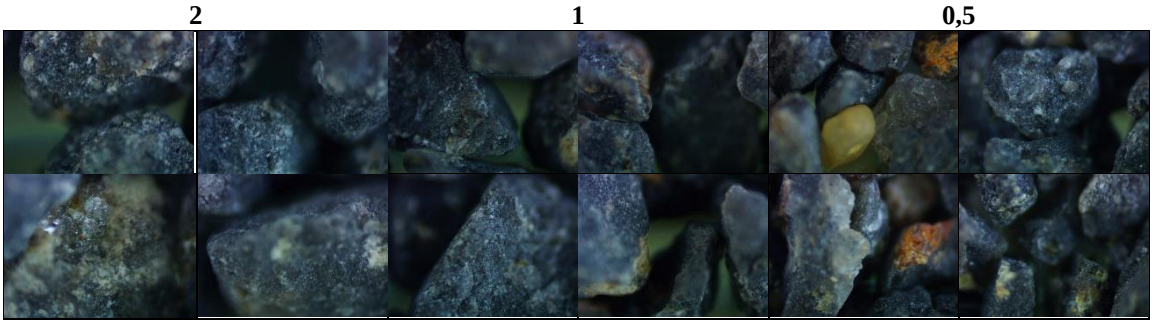
Şekil 36. 20 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



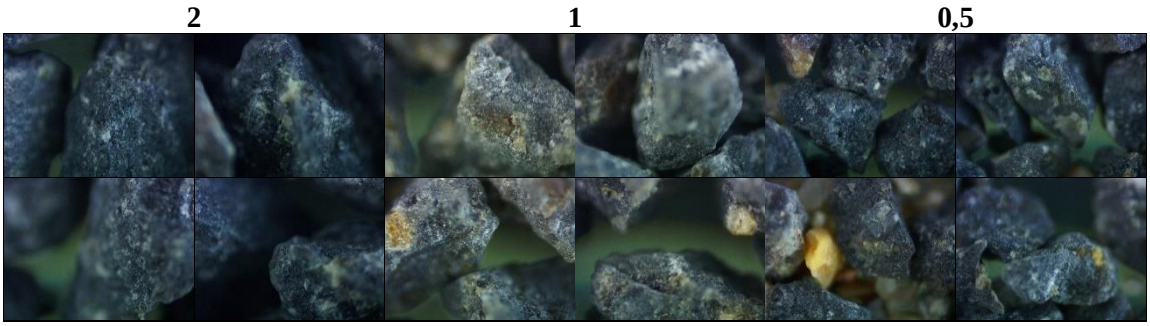
Şekil 37. 30 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



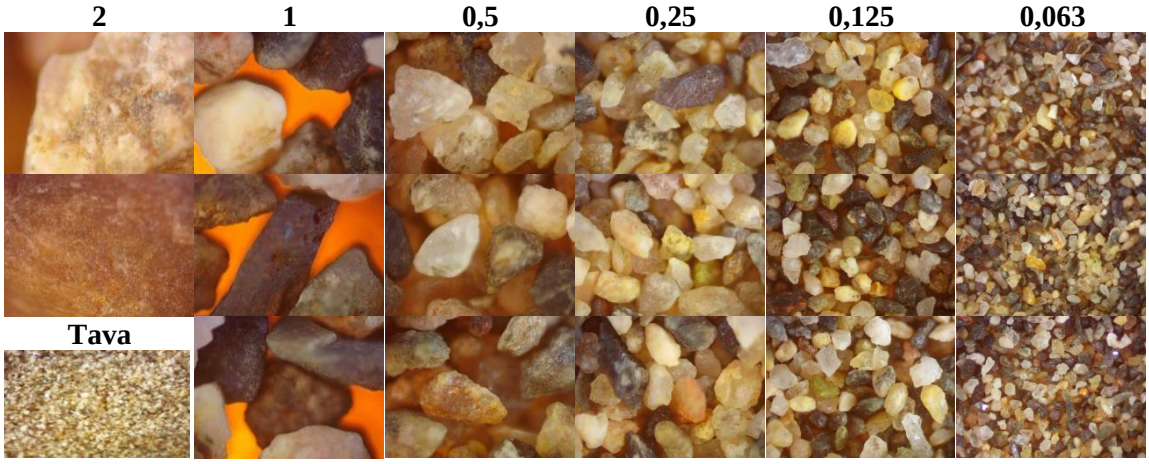
Şekil 38. 40 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



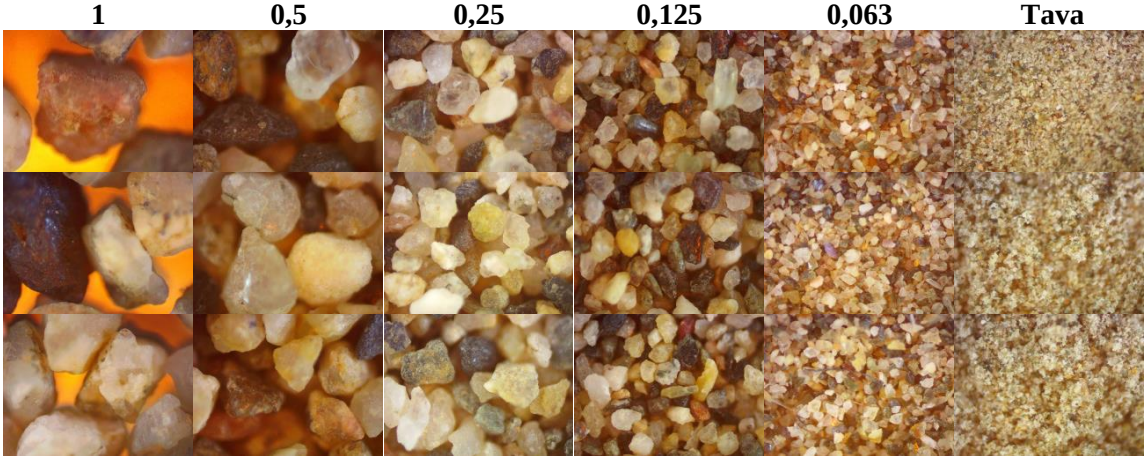
Şekil 39. 50 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



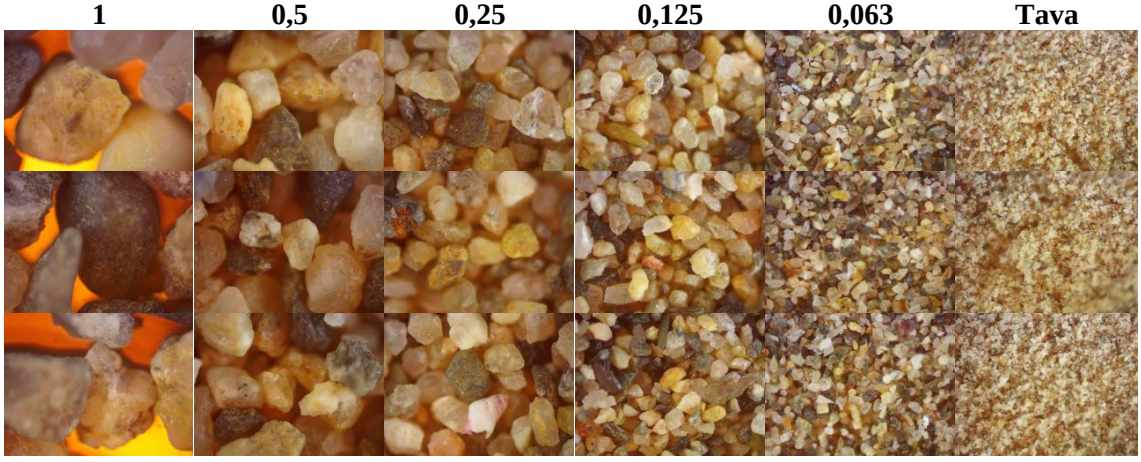
Şekil 40. 60 kg yük altında, TP4 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



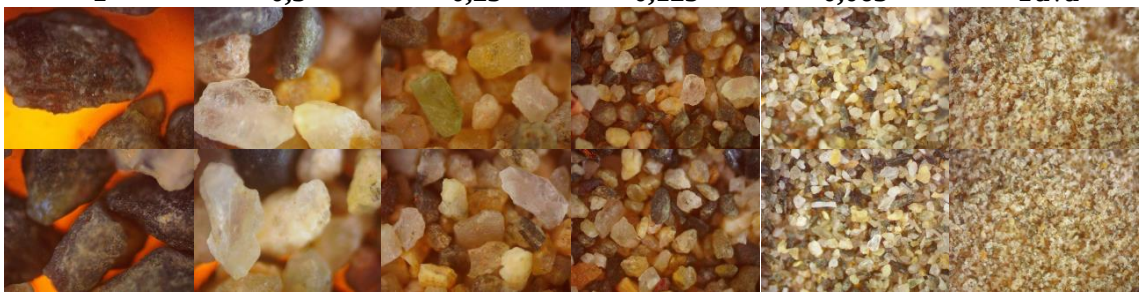
Şekil 41. TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



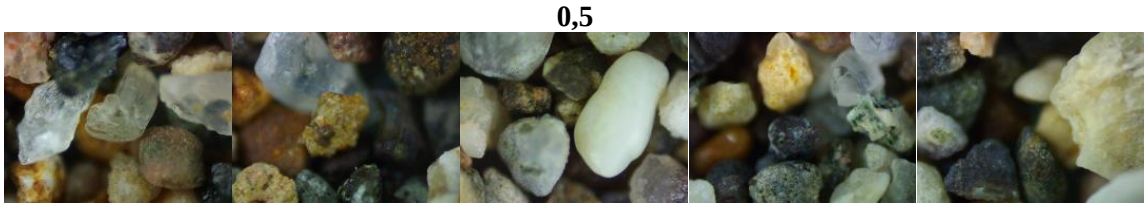
Şekil 42. 7 kg yük altında, TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



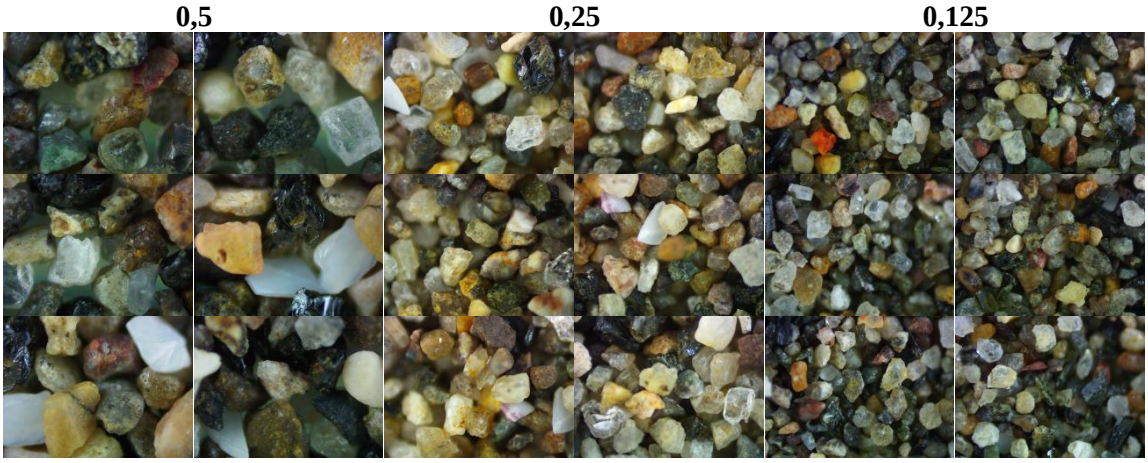
Şekil 43. 8 kg yük altında, TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



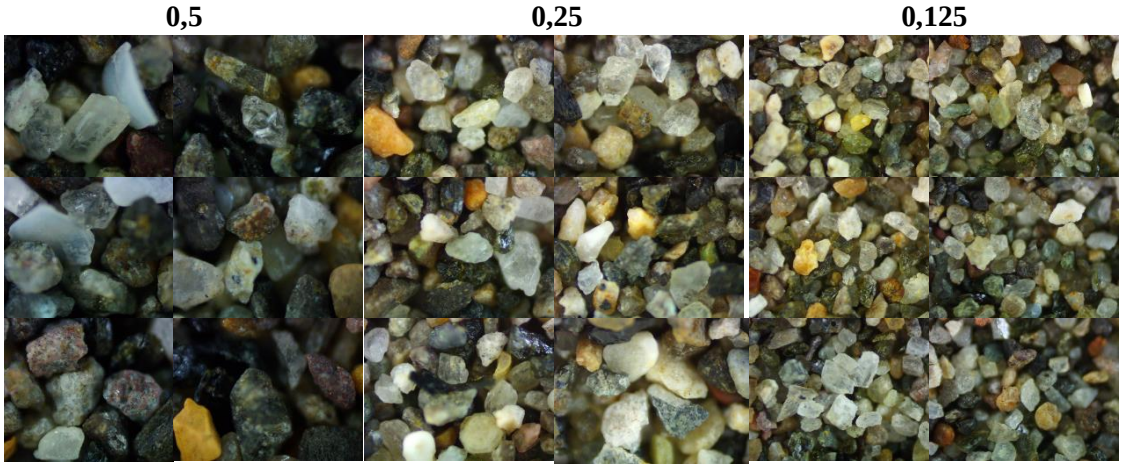
Şekil 44. 9 kg yük altında, TP5 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



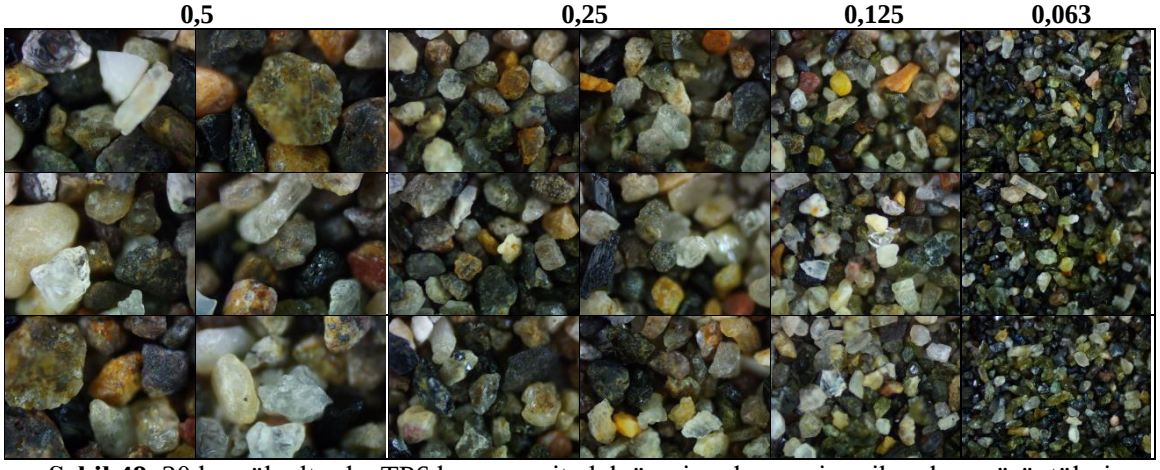
Şekil 45. TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



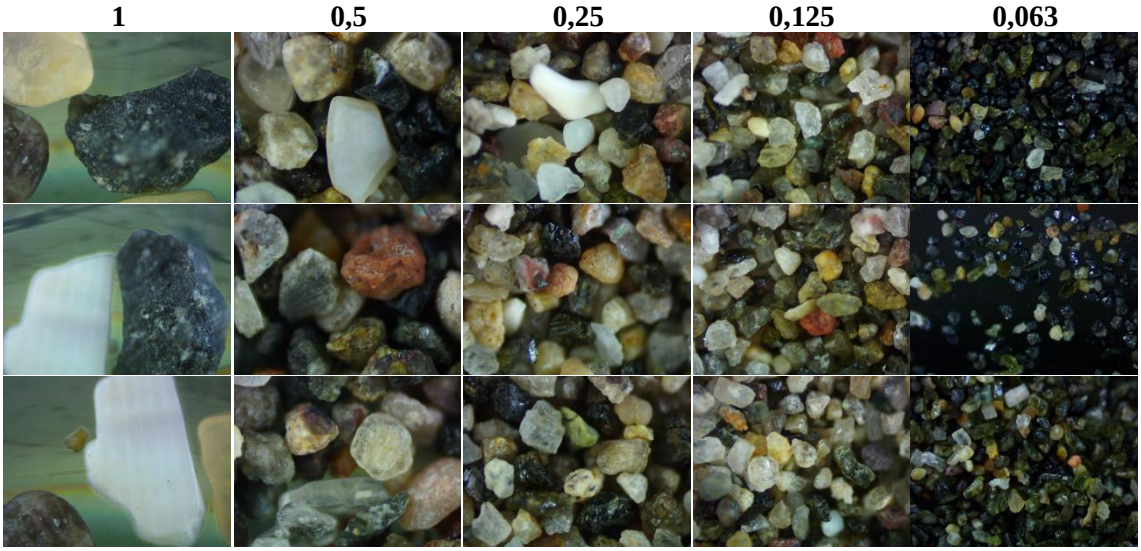
Şekil 46. 10 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



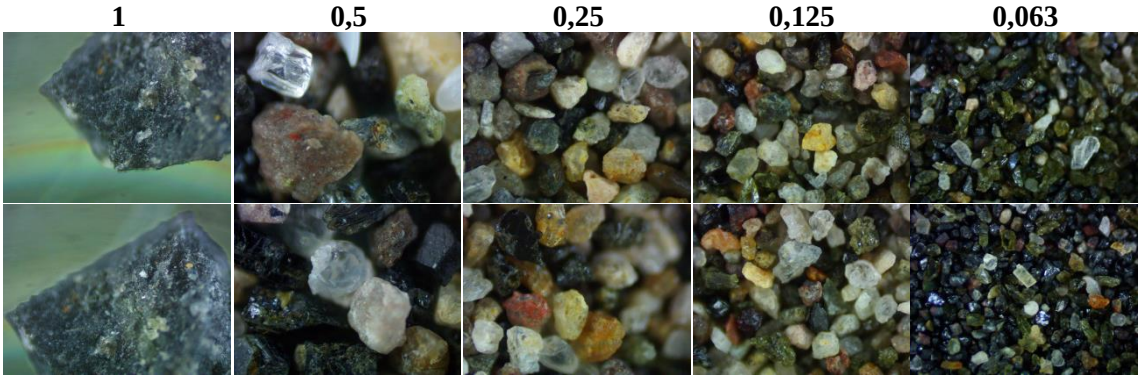
Şekil 47. 20 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüler



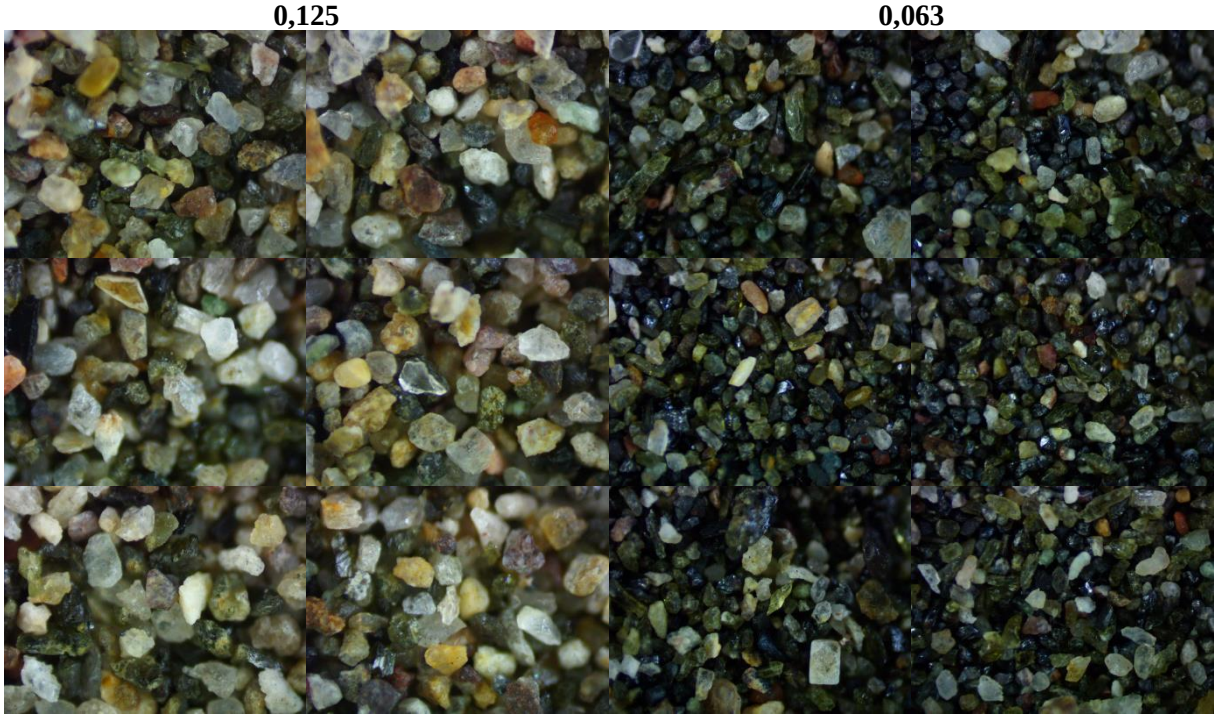
Şekil 48. 30 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



Şekil 49. 40 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri



Şekil 50. 50 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri

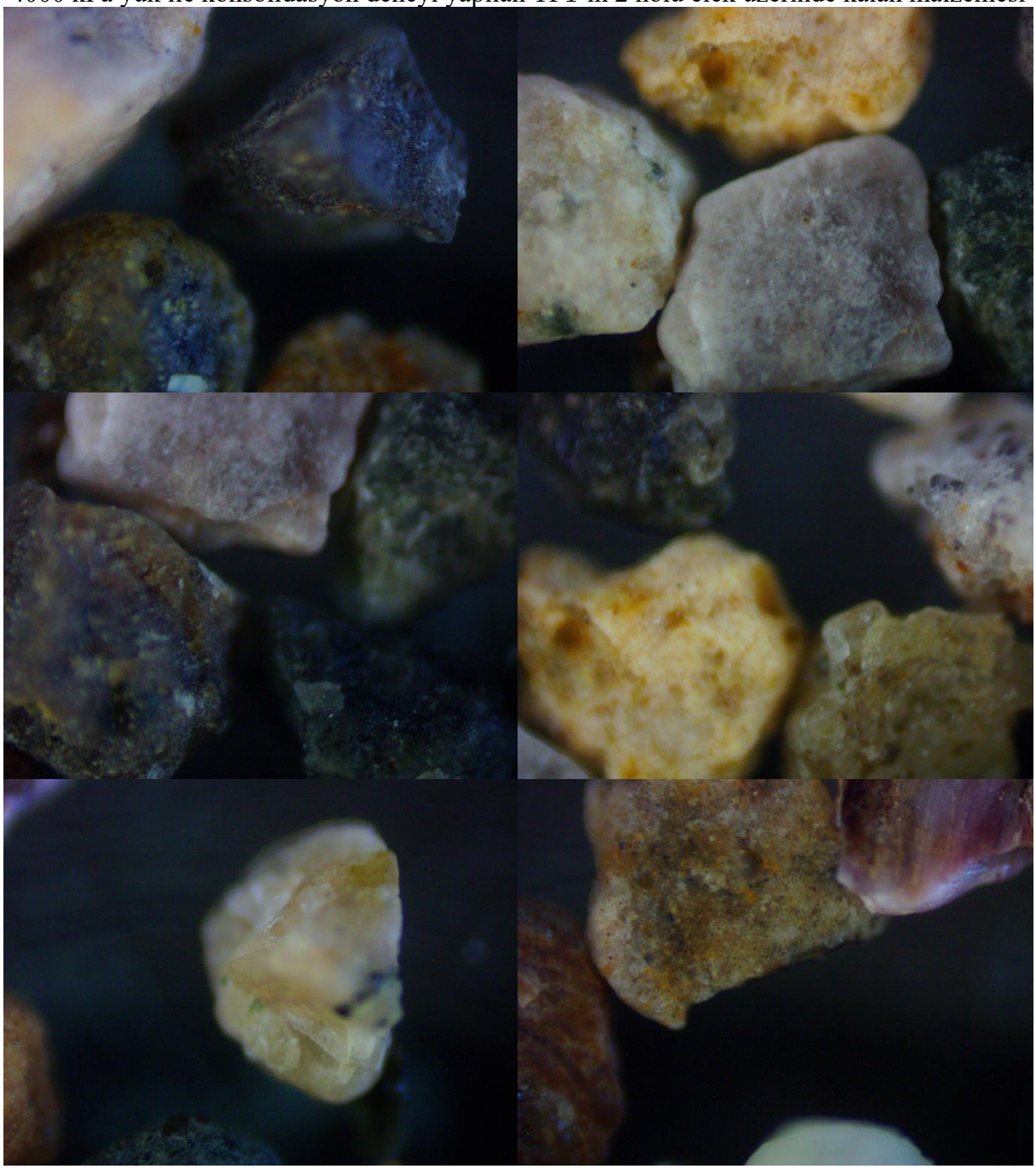


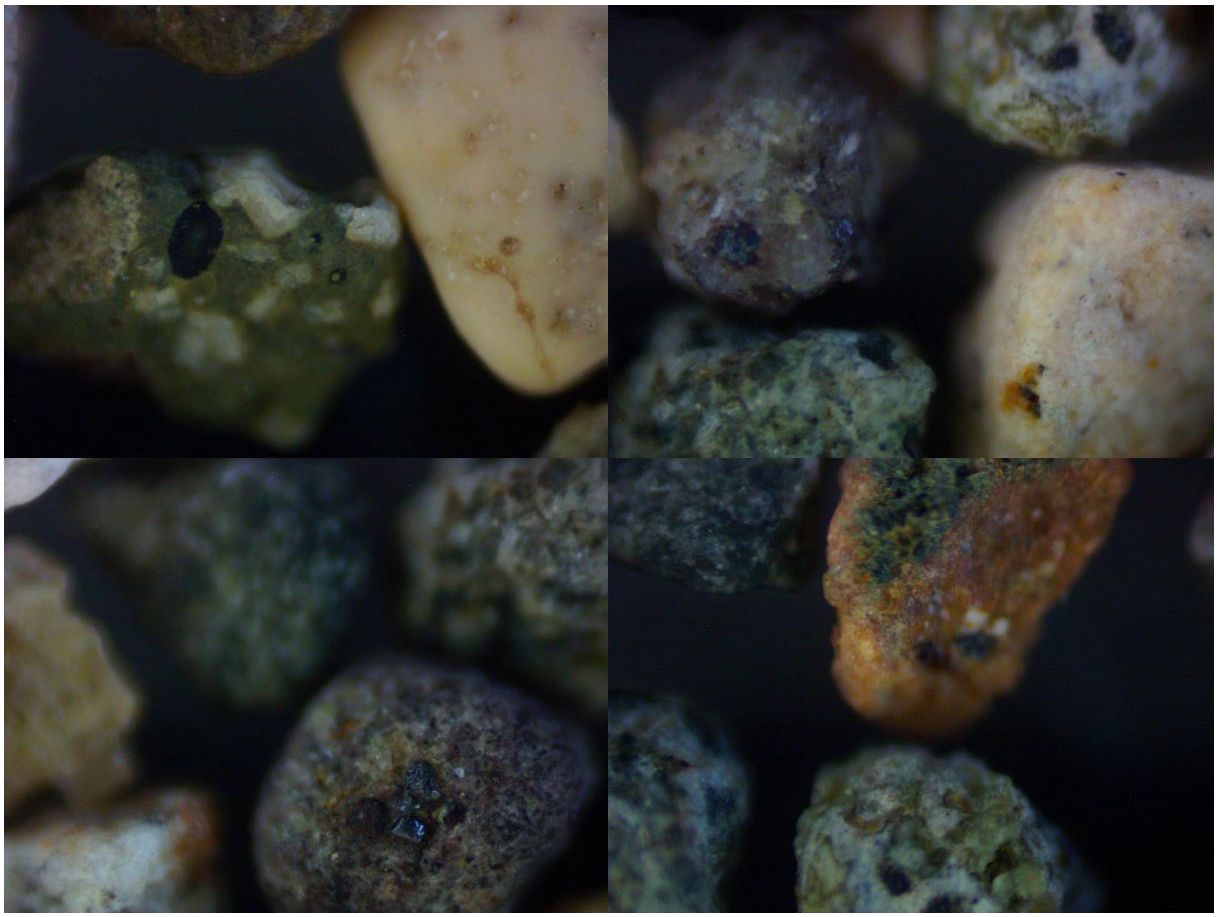
Şekil 51. 60 kg yük altında, TP6 kumuna ait elek üzeri malzemenin mikroskop görüntüleri

2 Nolu Elek Üzerinde Kalan Taneler

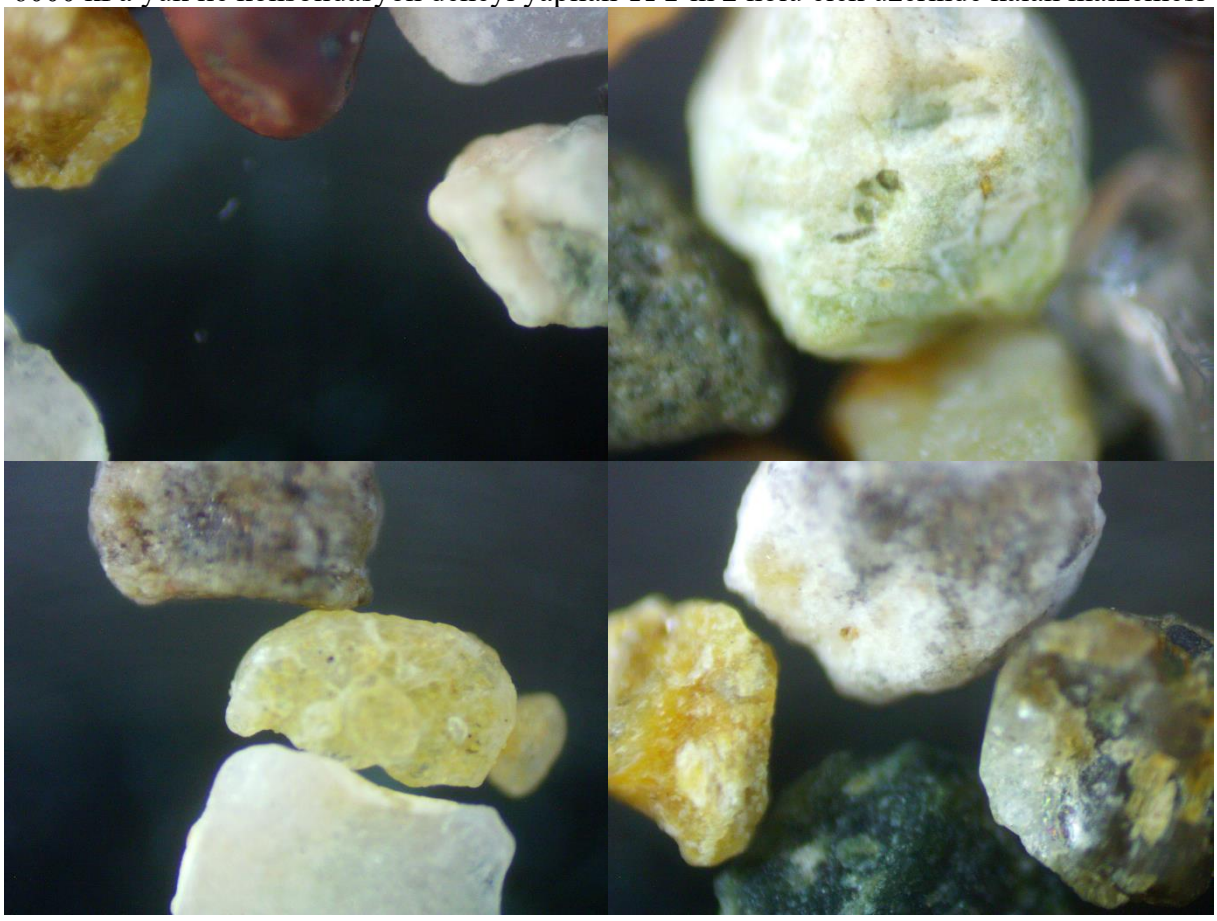
TP1 kumunun 2 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisinde belirlenmemiş, fakat, 4000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 52).

4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1'in 2 nolu elek üzerinde kalan malzemesi





6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 2 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

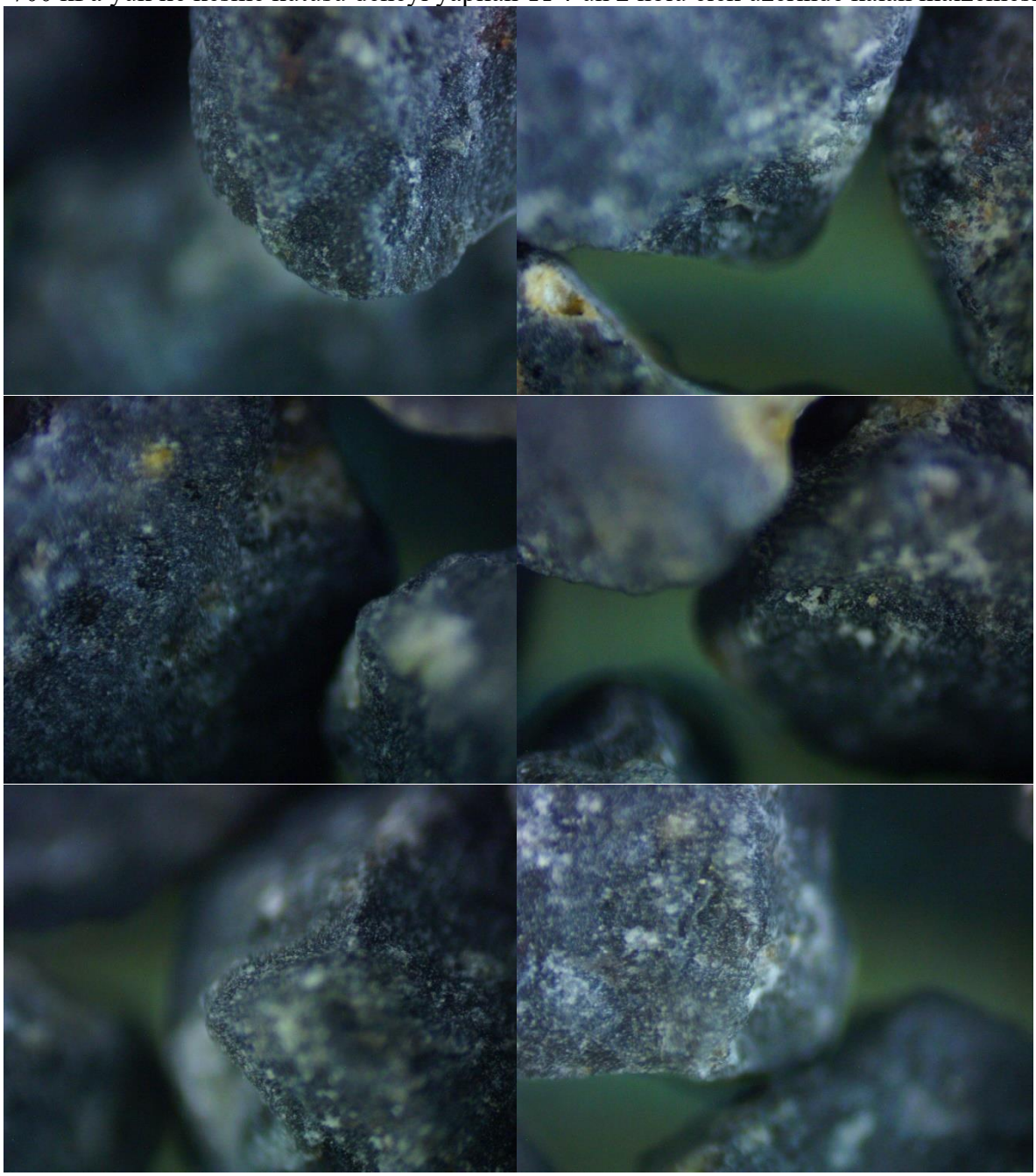


Şekil 52. TP1 kumunun farklı yükler altında 2 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

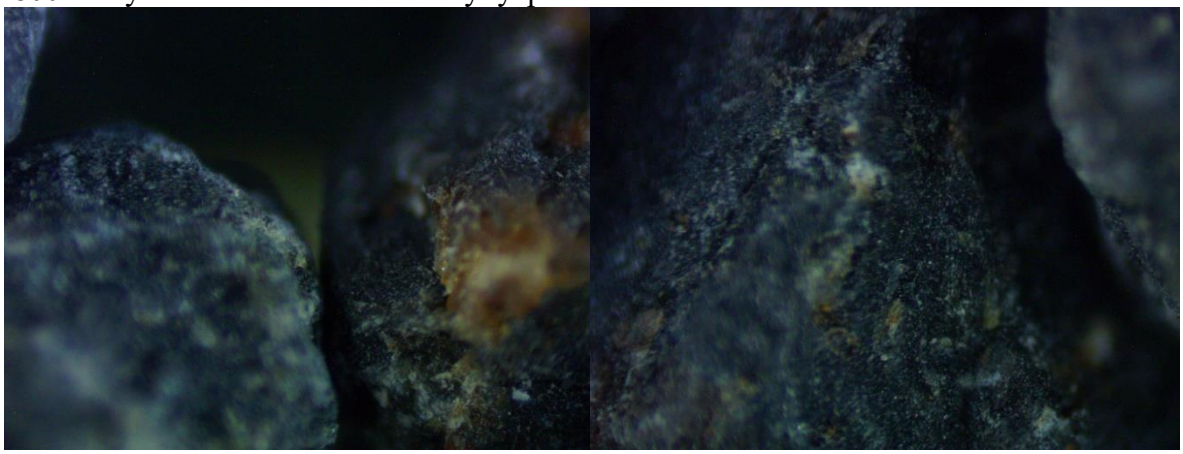
TP2, TP3 ve TP6 kumlarının kuru elemelerinde 2 nolu elek üzerinde malzeme kalmadığı belirlenmiştir. Yine deneyler sonrasında hazırlanan numunelerin elenmesi sonucu 2 nolu elek üzerinde malzeme kalmadığı belirlenmiştir.

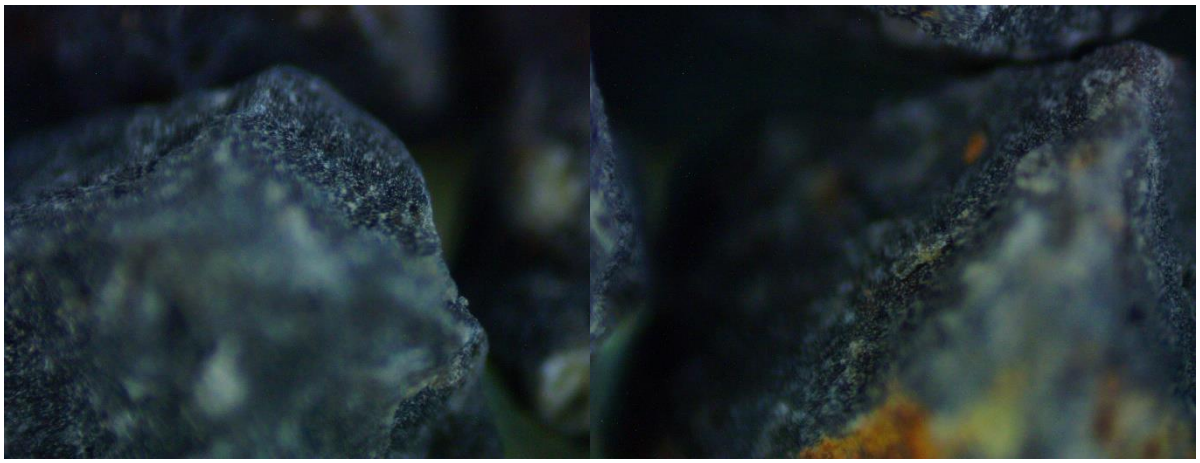
TP4 kumunun 2 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 53).

700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

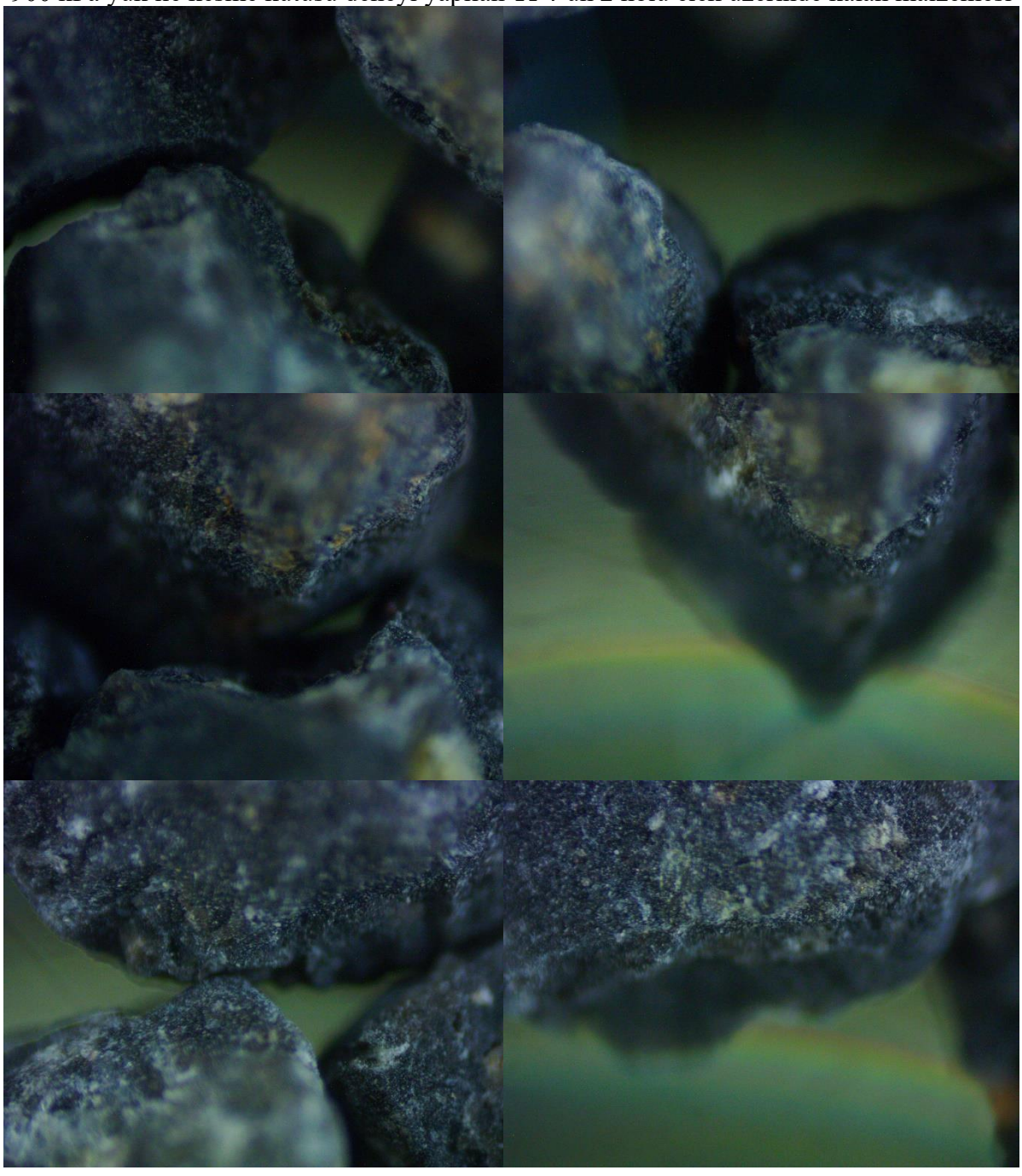


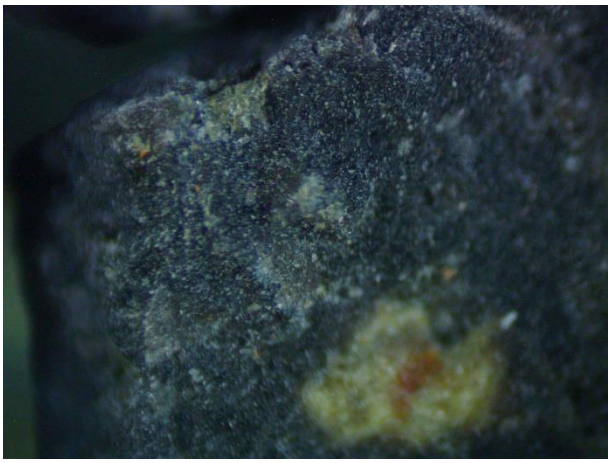
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



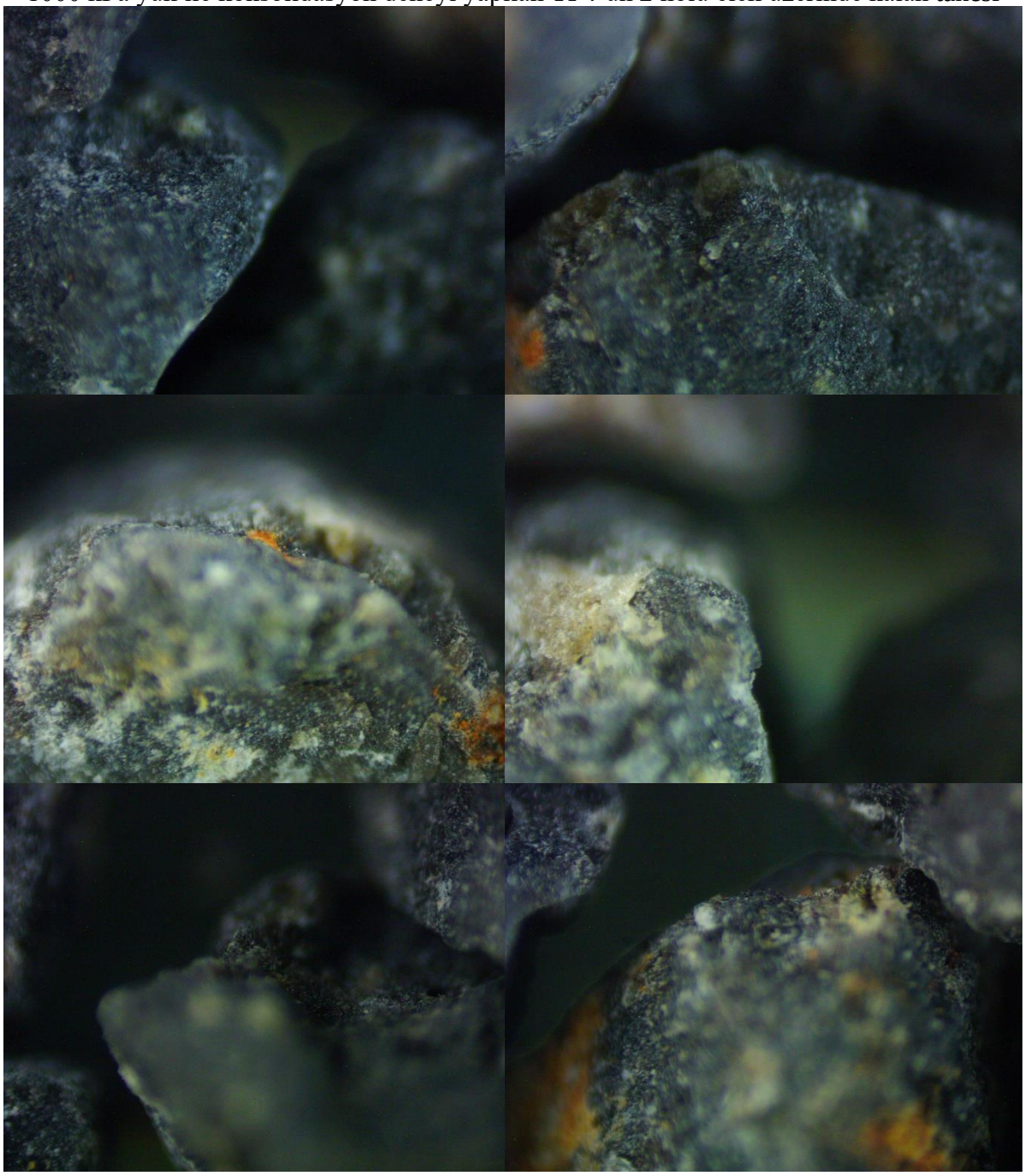


900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

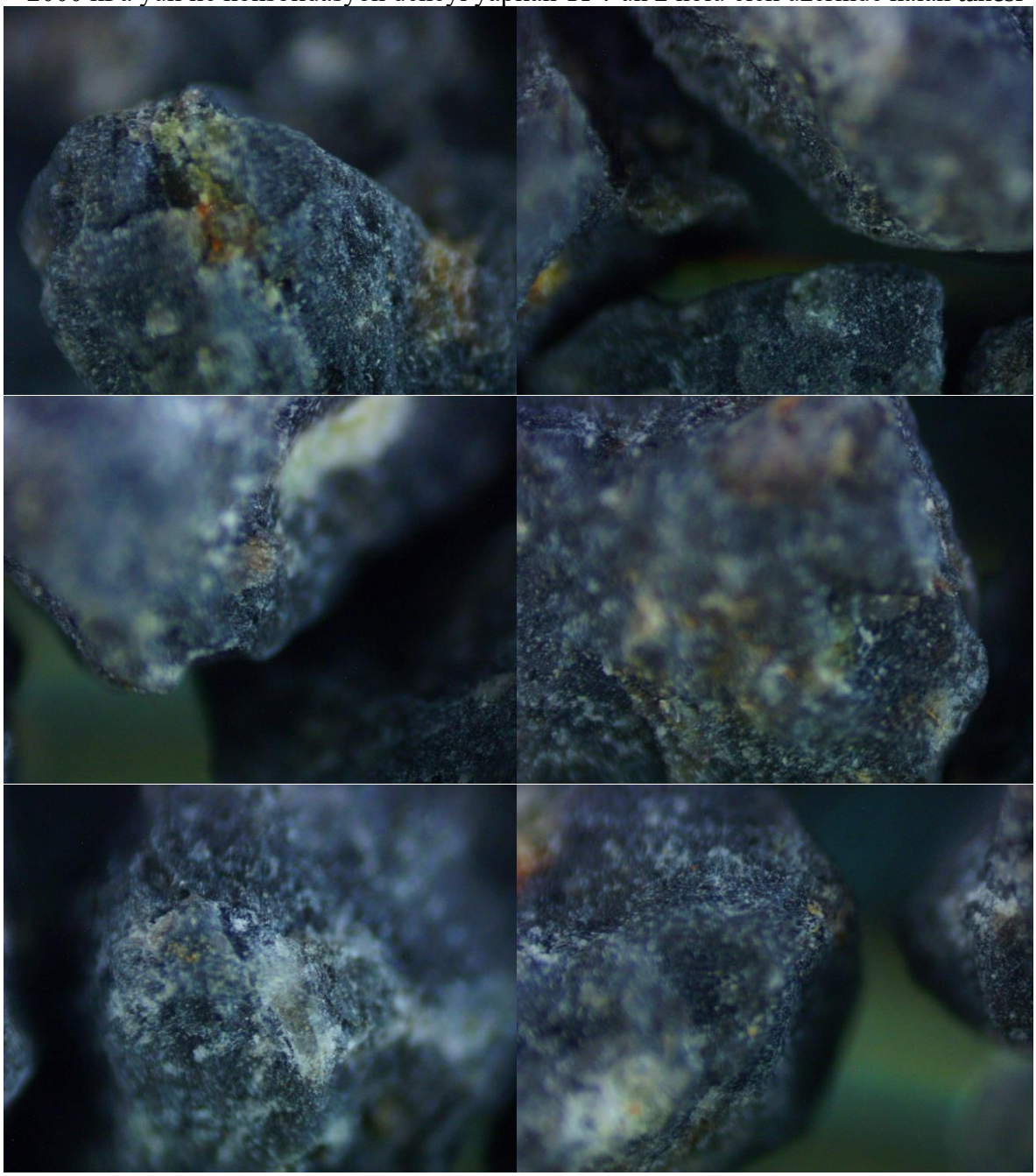




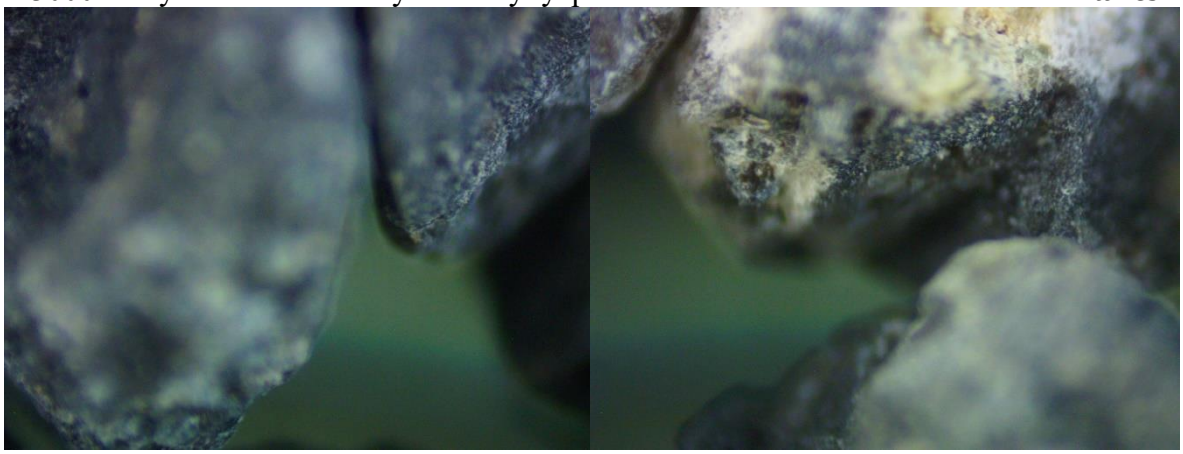
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan tanesi

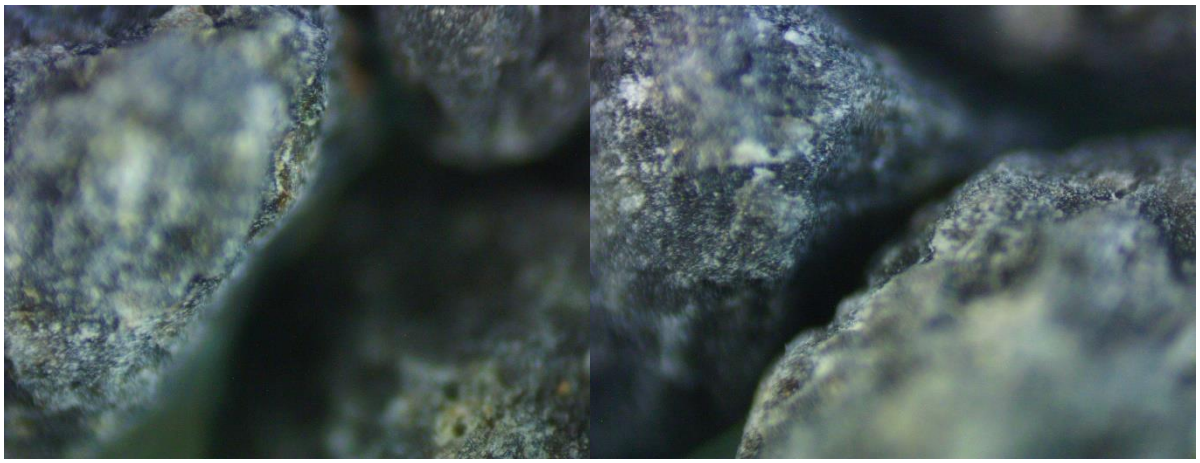


2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan tanesi

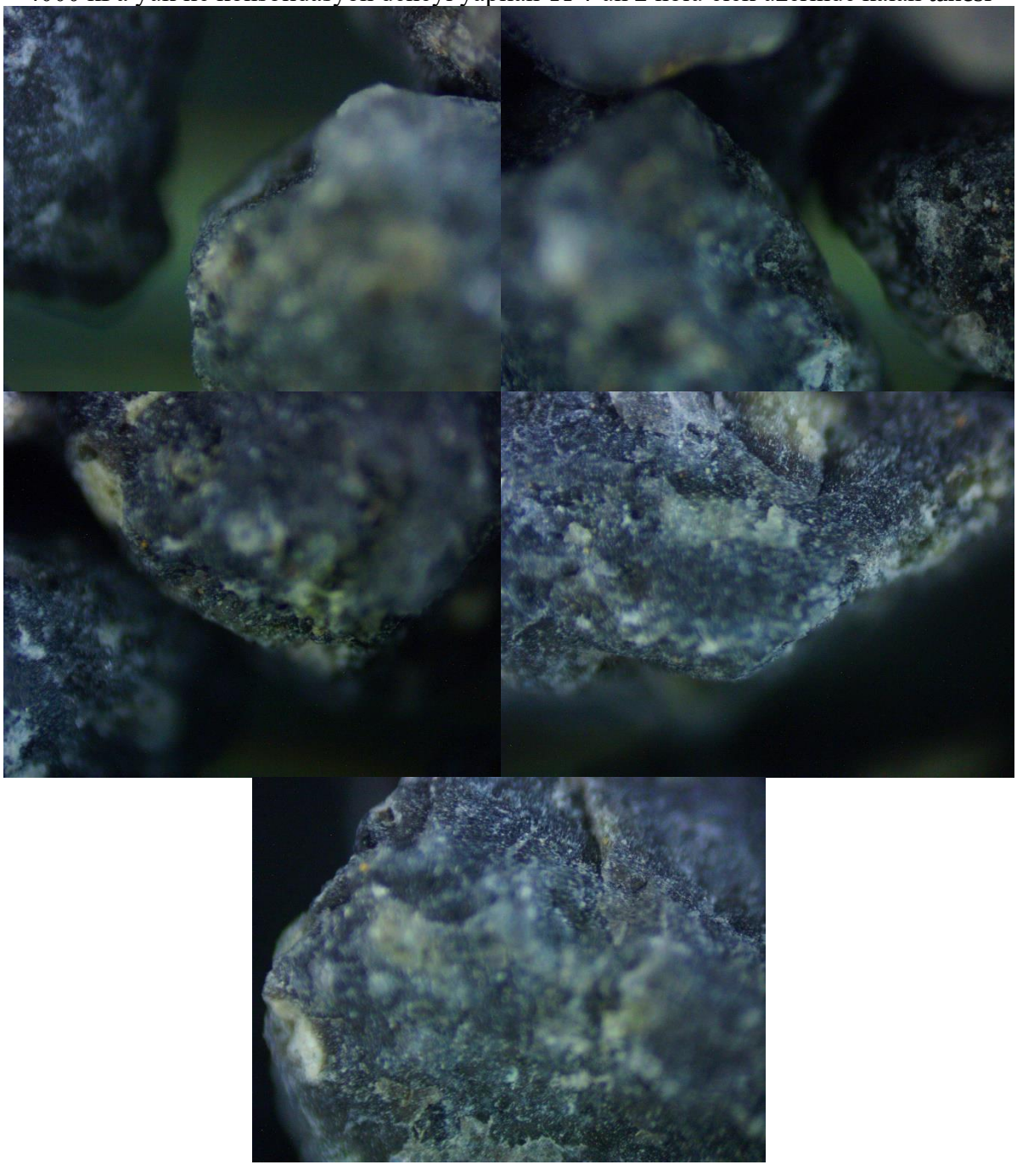


3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan tanesi

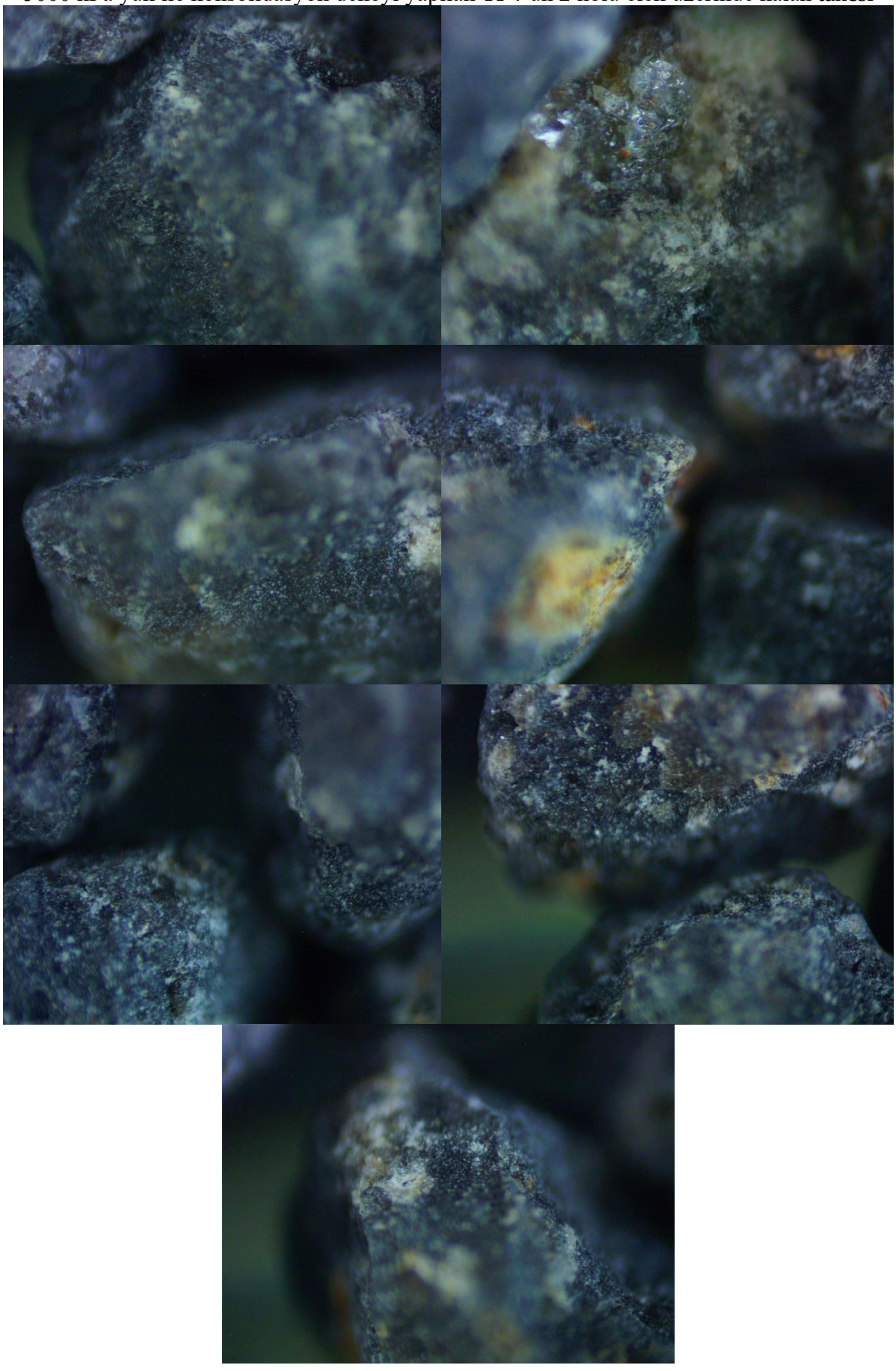




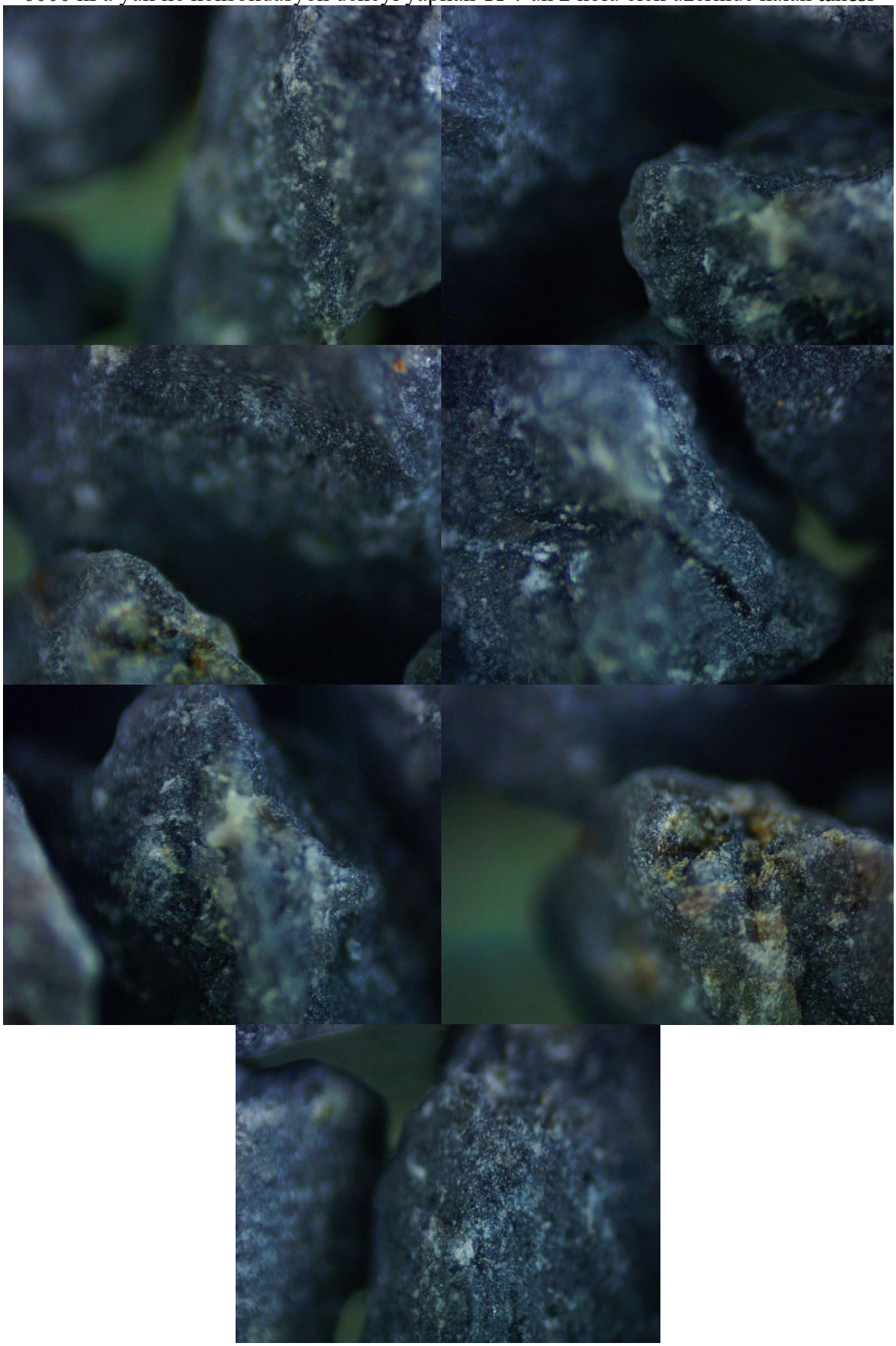
4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan tanesi



5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan tanesi



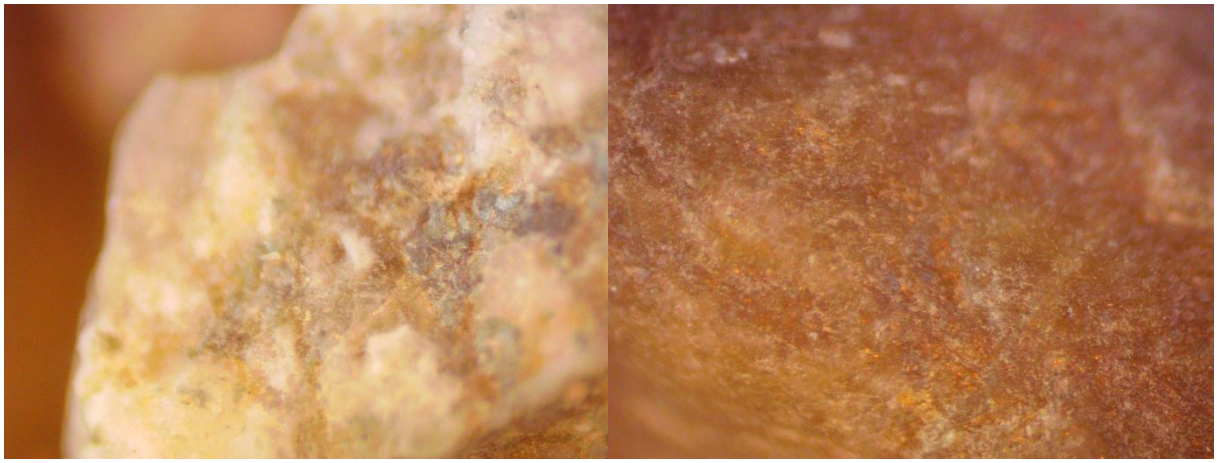
6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 2 nolu elek üzerinde kalan tanesi



Şekil 53. TP4 kumunun farklı yükler altında 2 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

TP5 kumunun 2 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, ile elde edilmiştir. Deney sonrasında ise numune elde edilememiştir (Şekil 54).

TP5 kumunun 2 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

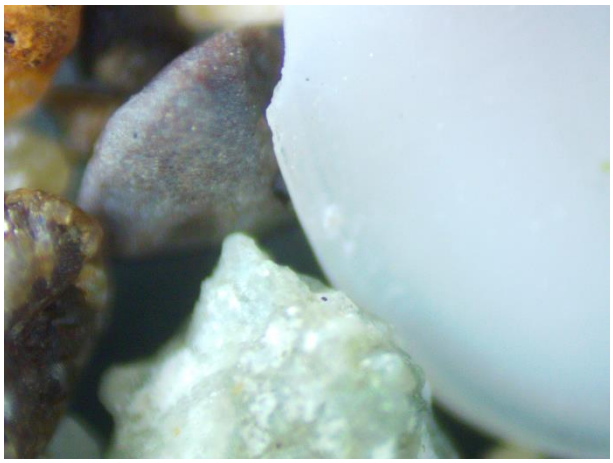


Şekil 54. TP5 kumunun 2 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

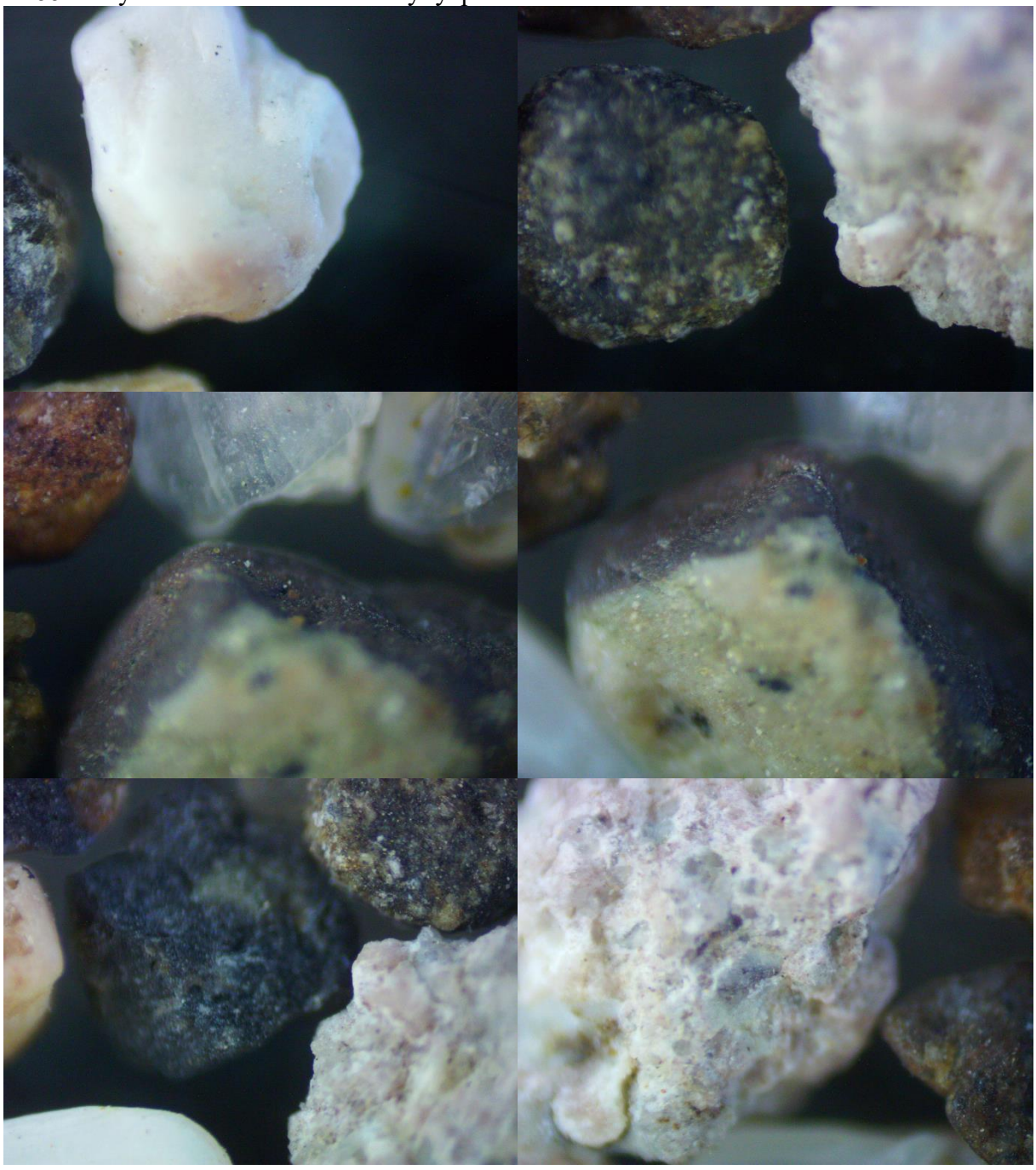
1 Nolu Elek Üzerinde Kalan Taneler

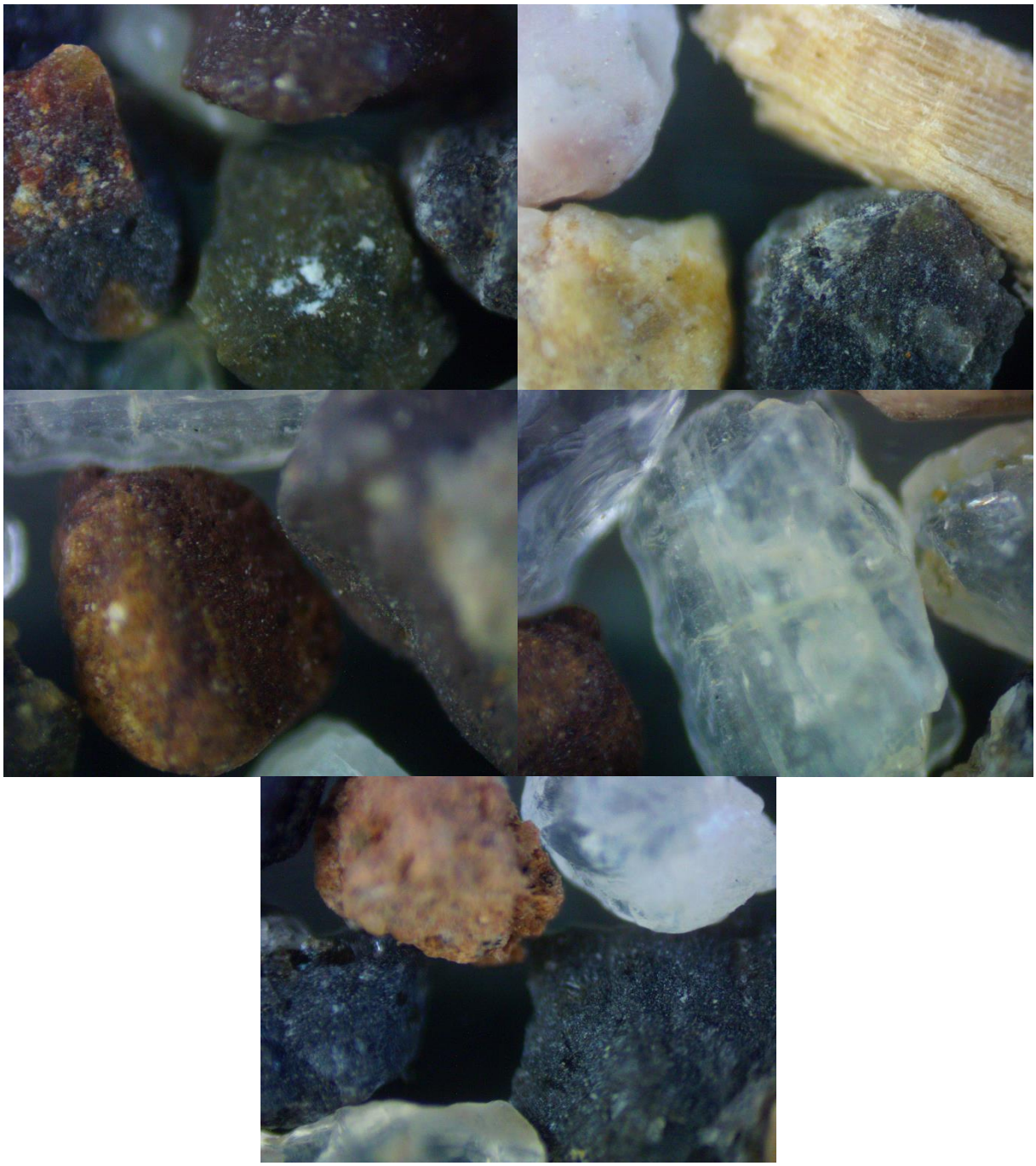
TP1 kumunun 1 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 2000, 3000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 55).

TP1 kumunun 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



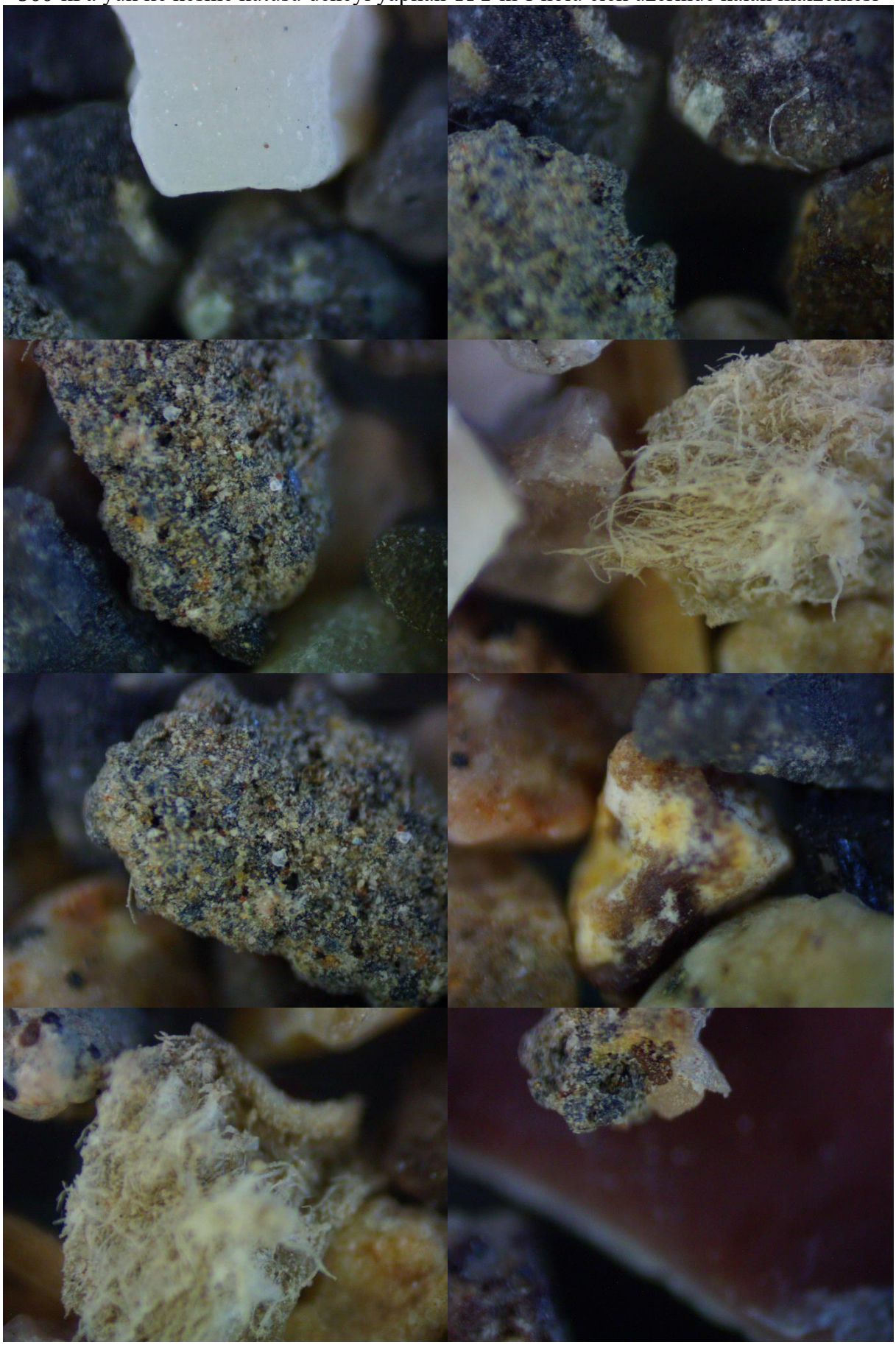
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

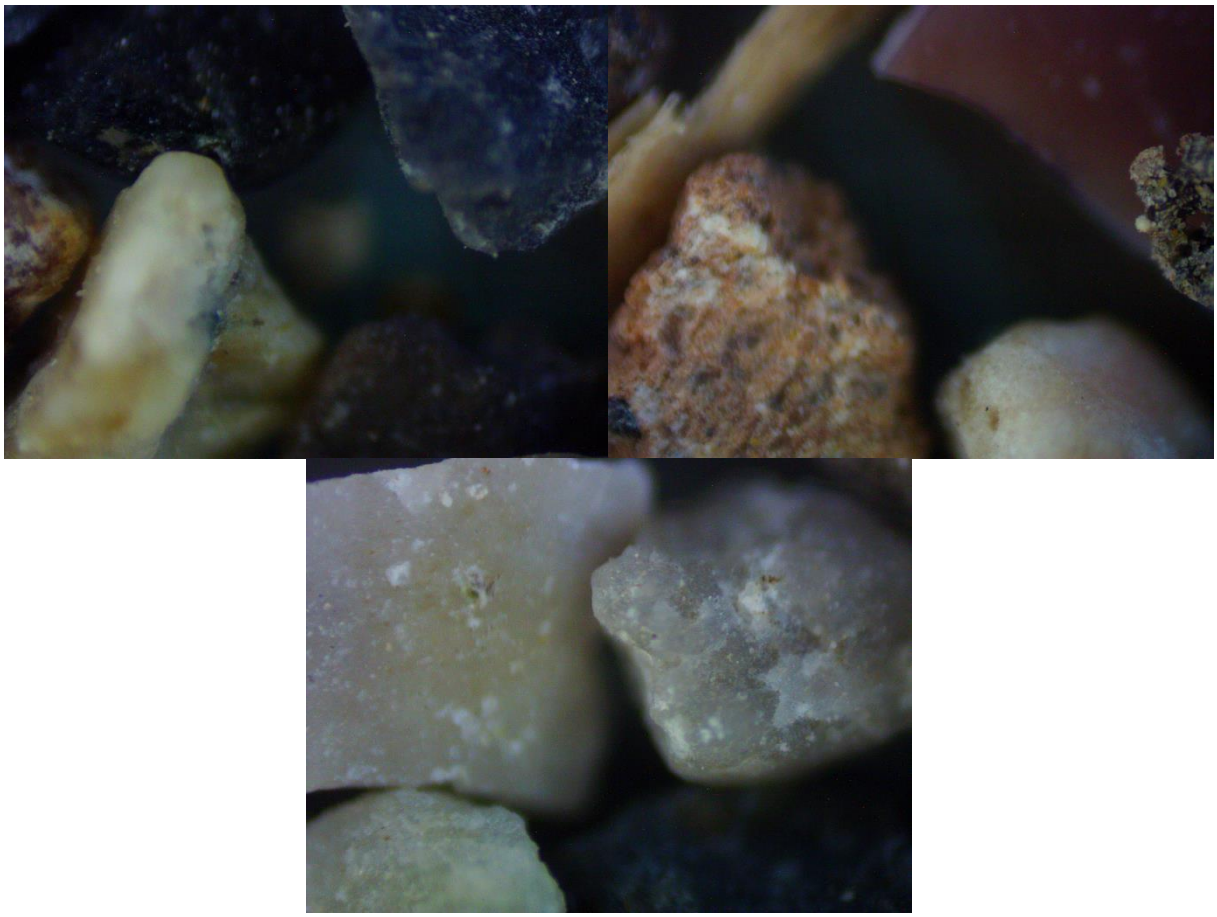




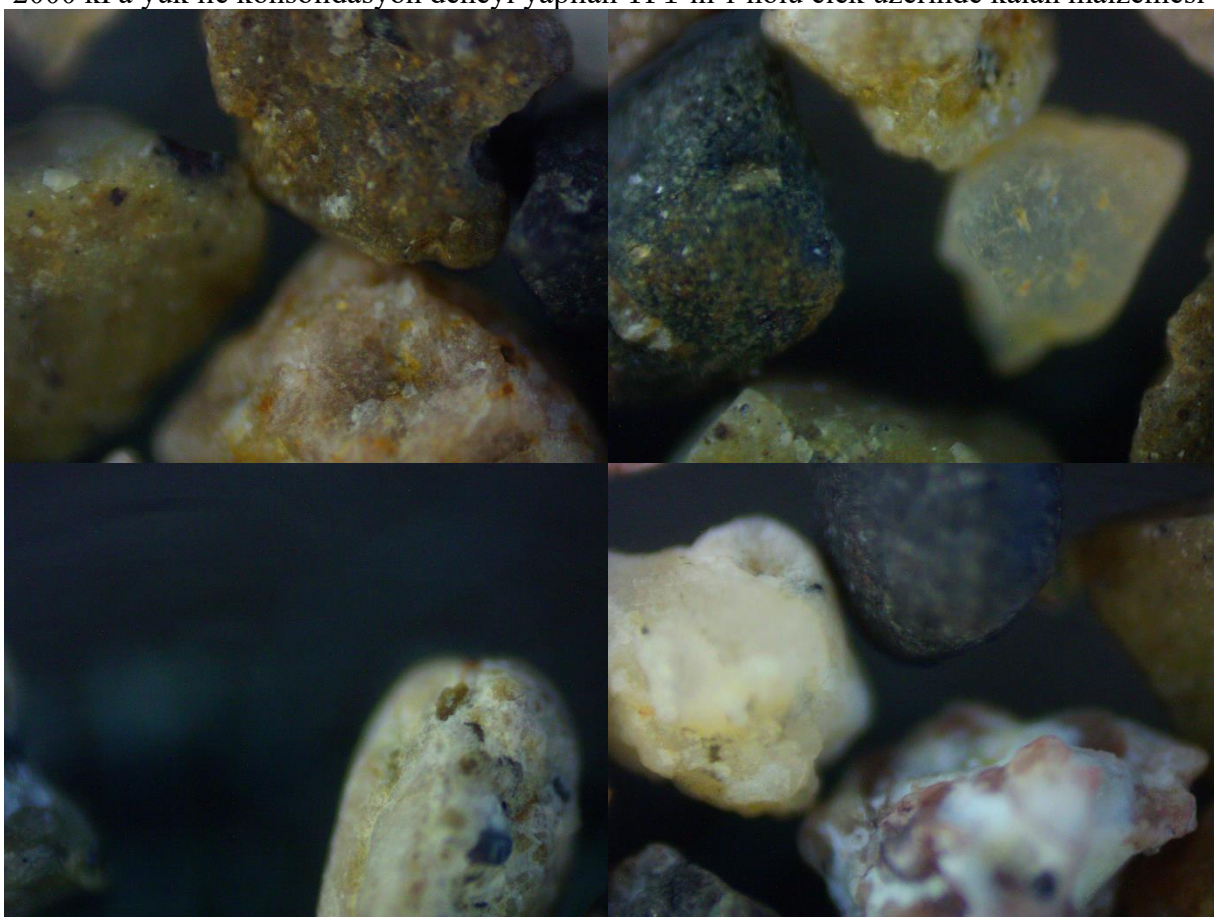
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

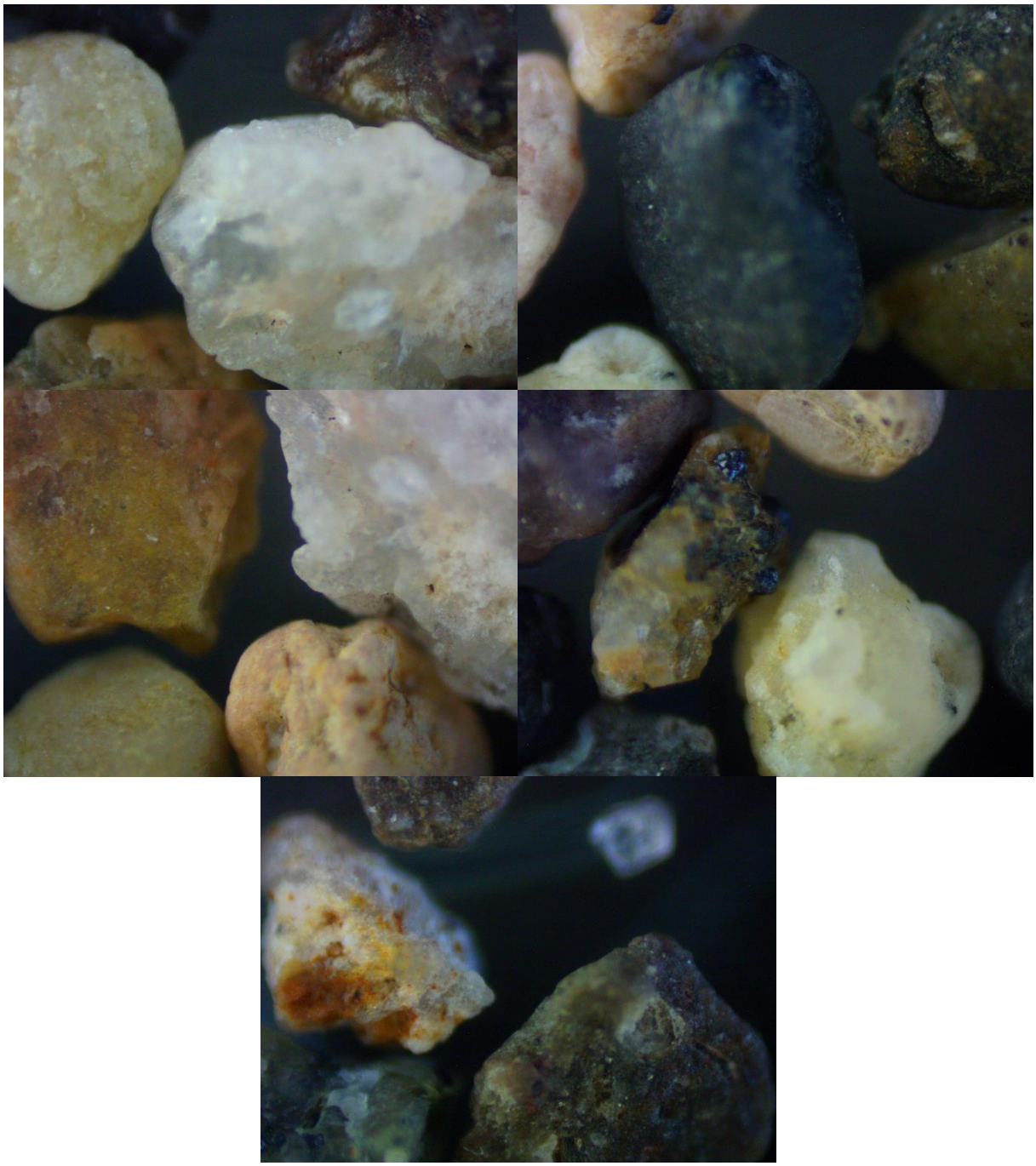
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



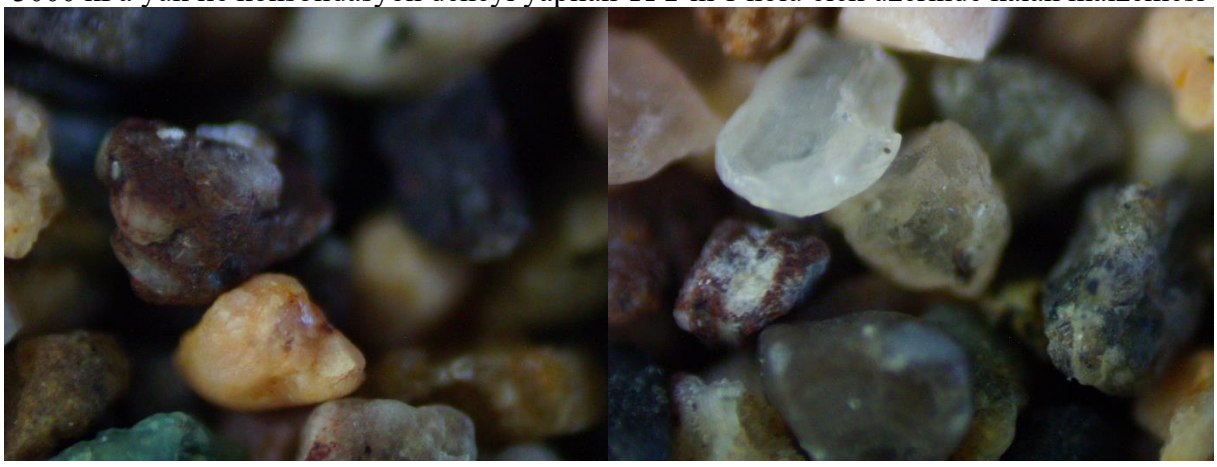


2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

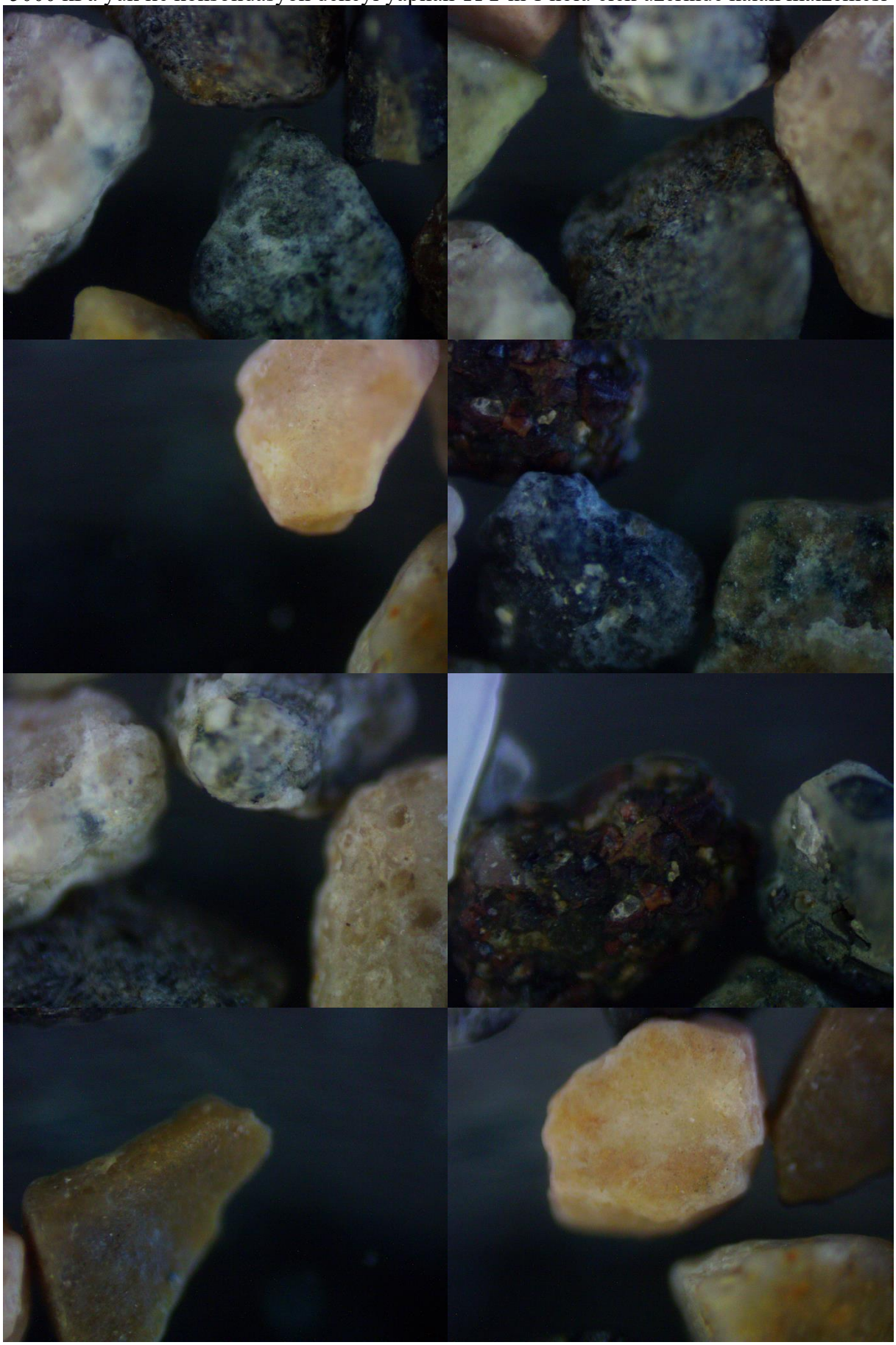


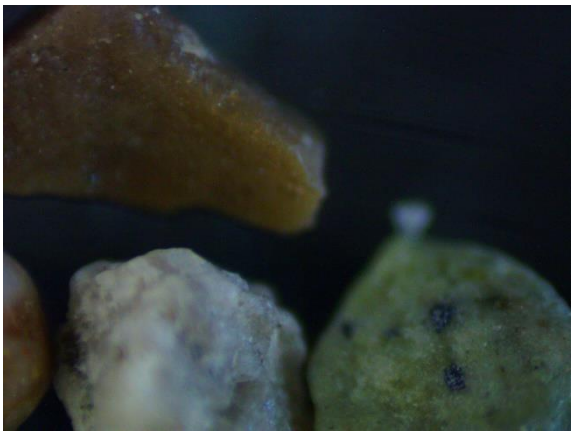


3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

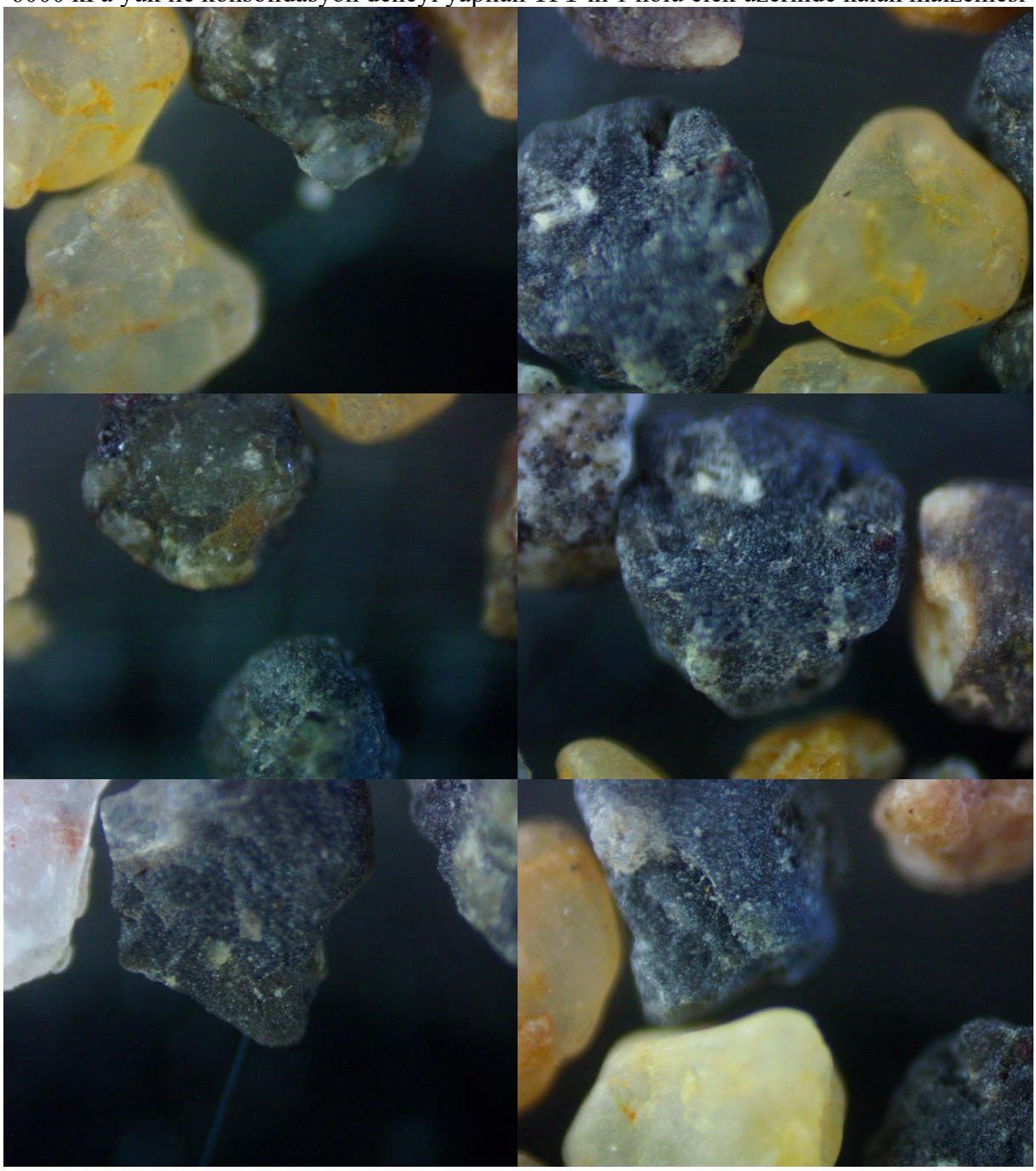


5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi





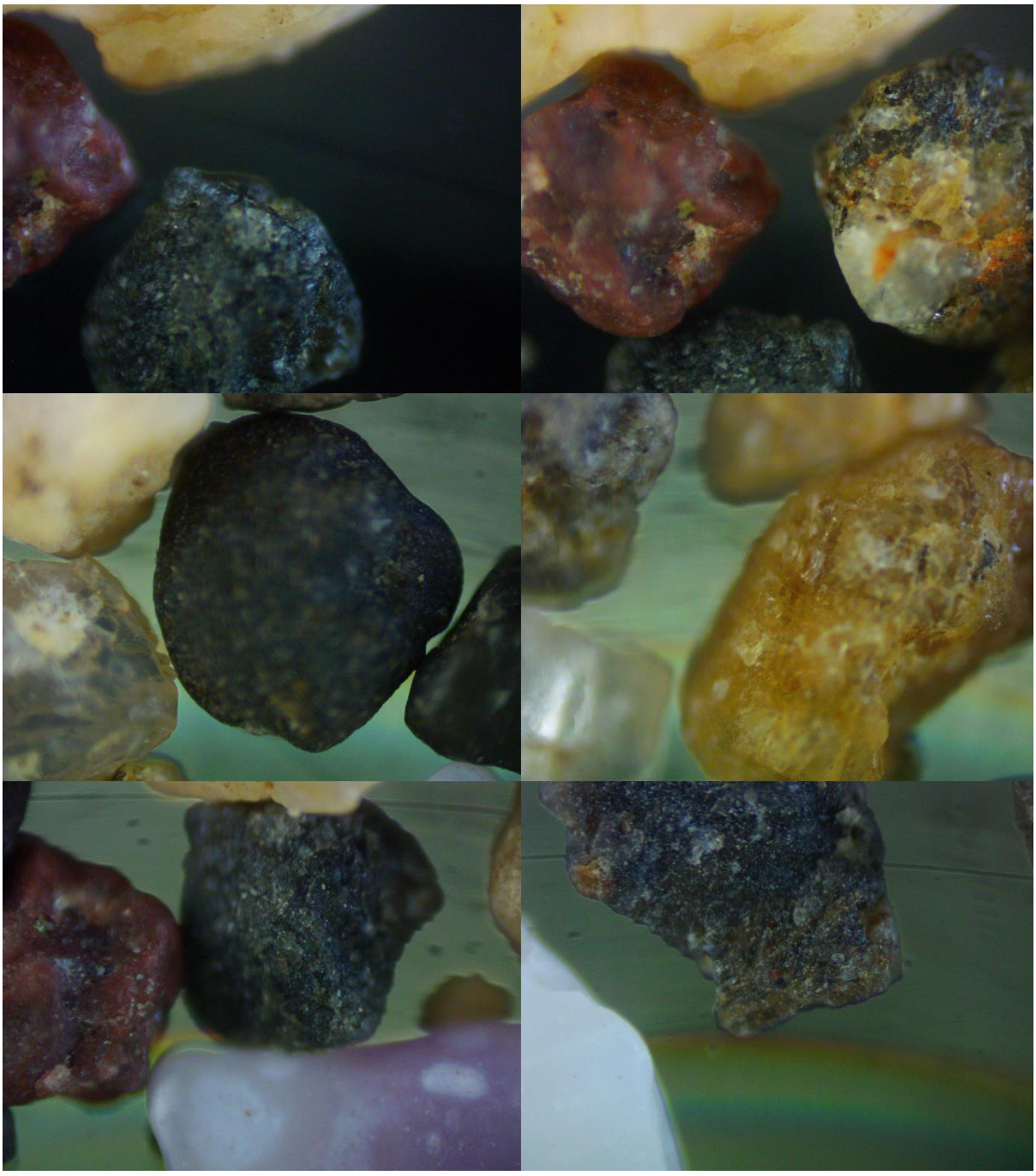
6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



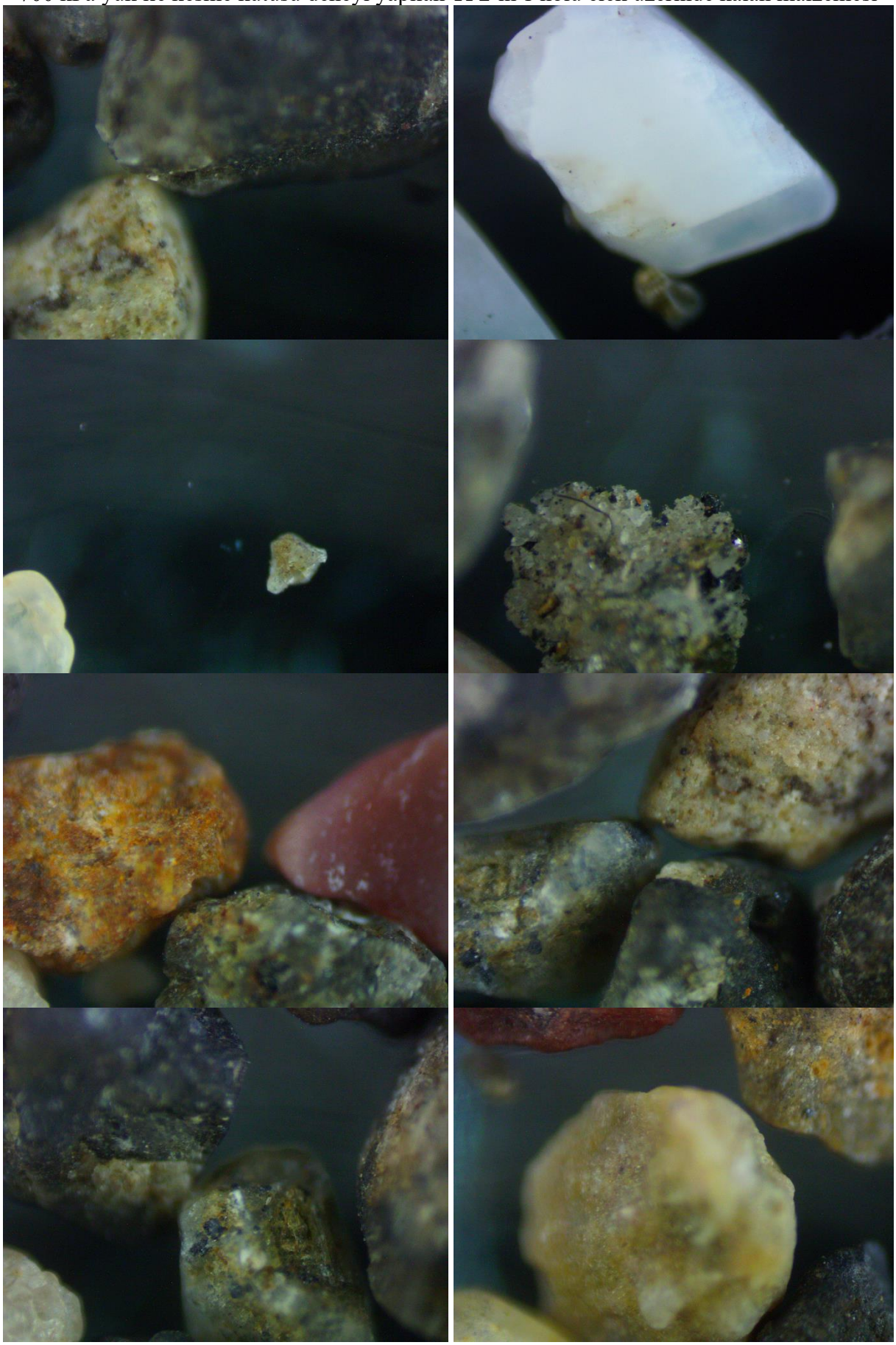
Şekil 55. TP1 kumunun farklı yükler altında 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

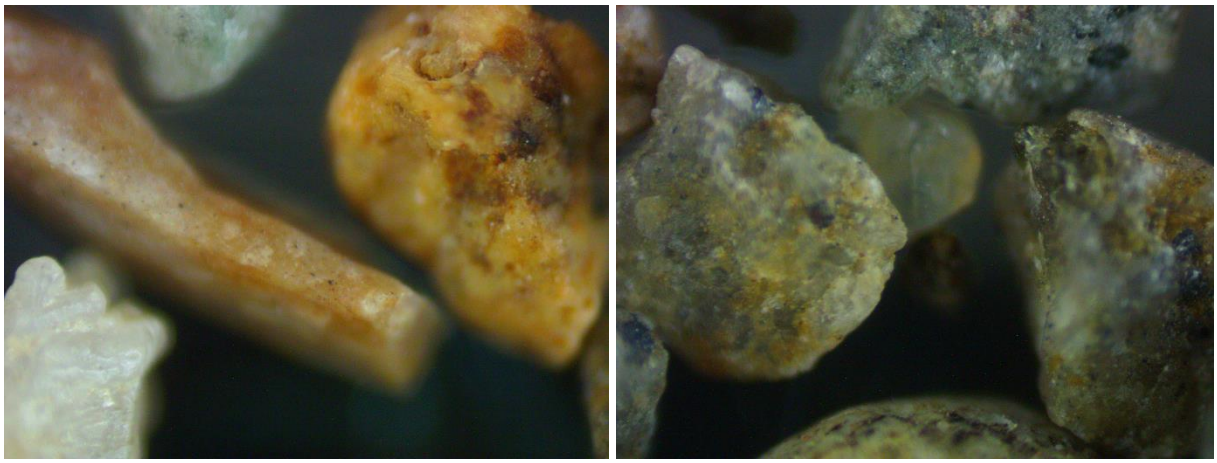
TP2 kumu için, 4 ve 2 nolu elek üzerinde malzeme kalmadığı belirlenmiştir. TP2 kumunun 1 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir. 6000 kPa için mikroskop görüntüsü alınmamıştır. 1 nolu elek için çıkan malzeme düşük gramajlardadır (Şekil 56).

TP2 kumunun 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

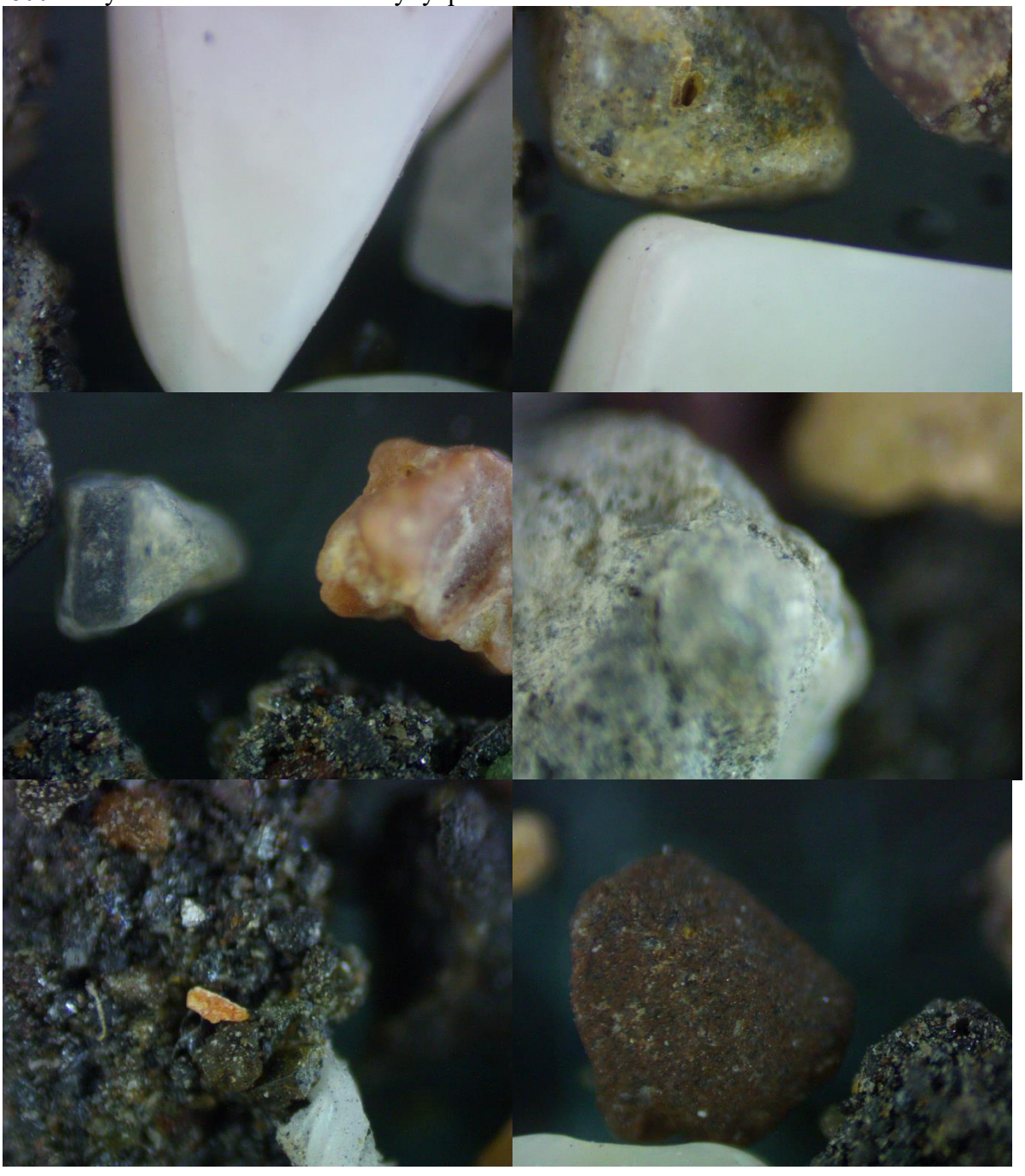


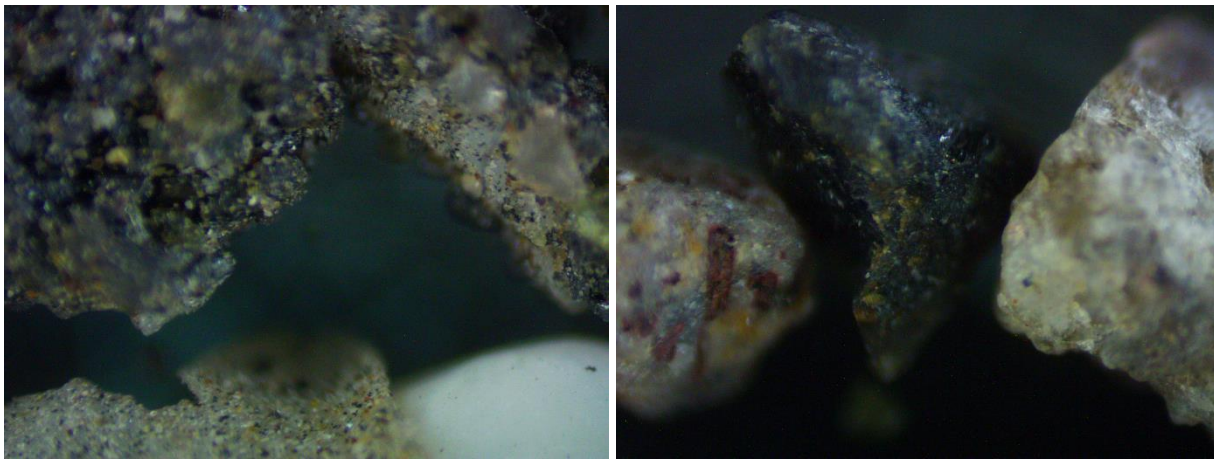
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



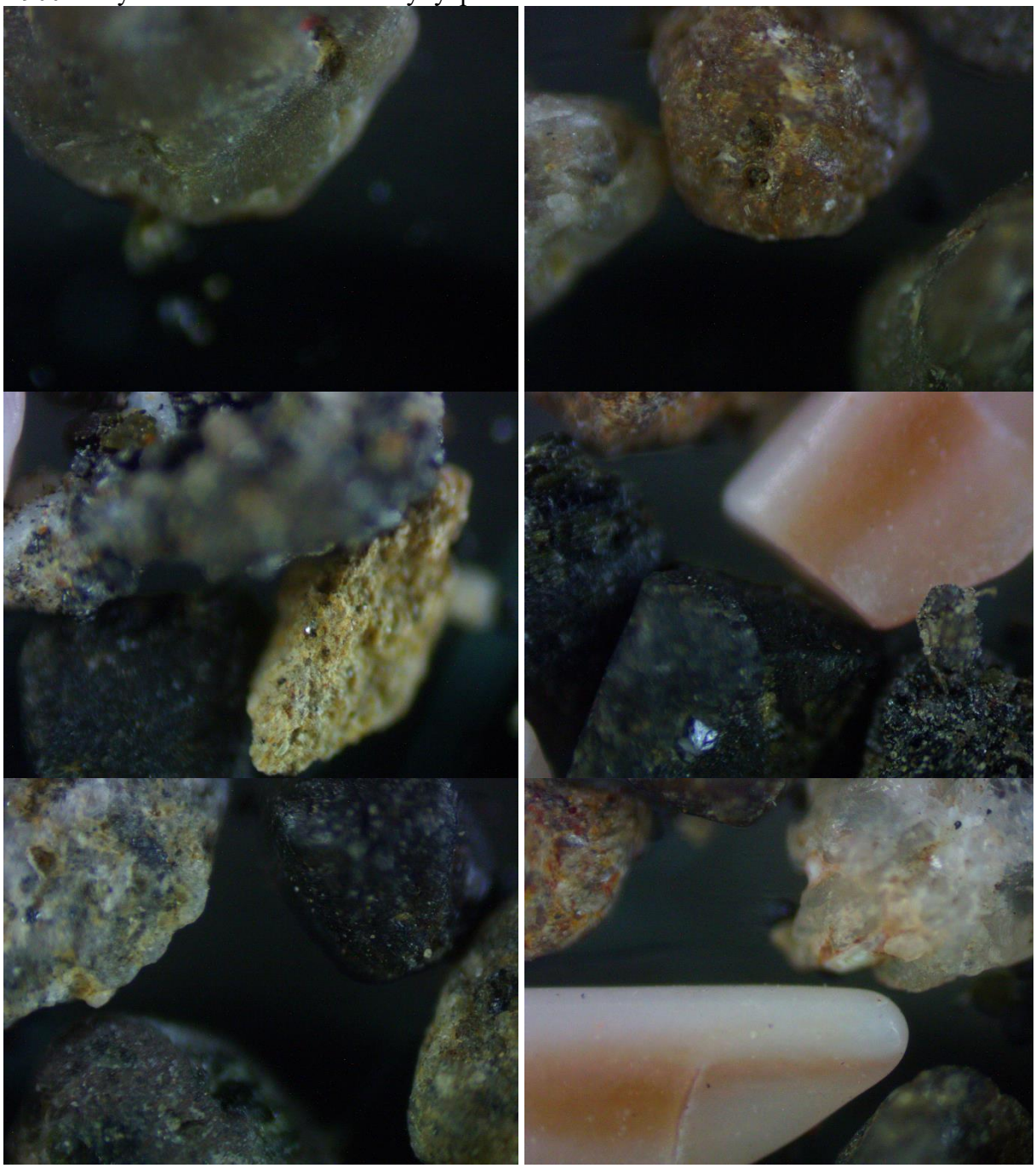


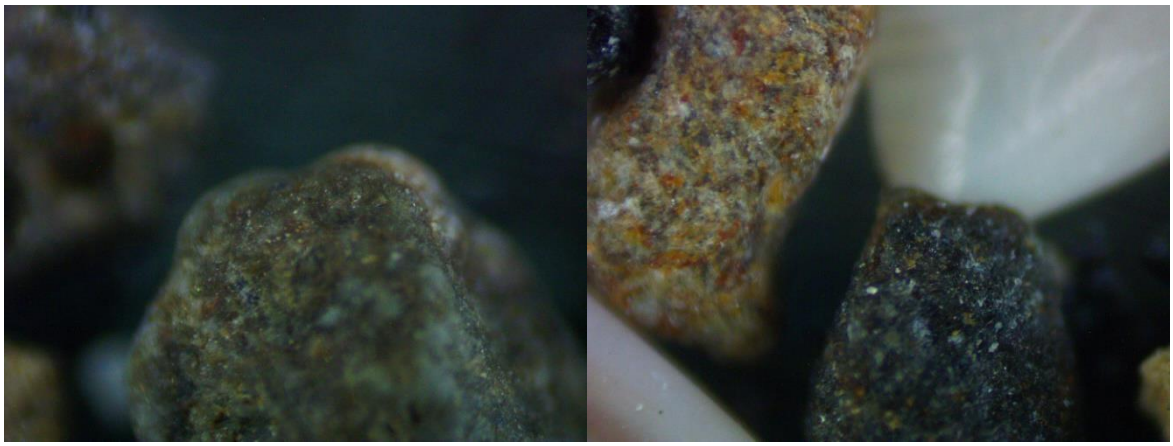
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



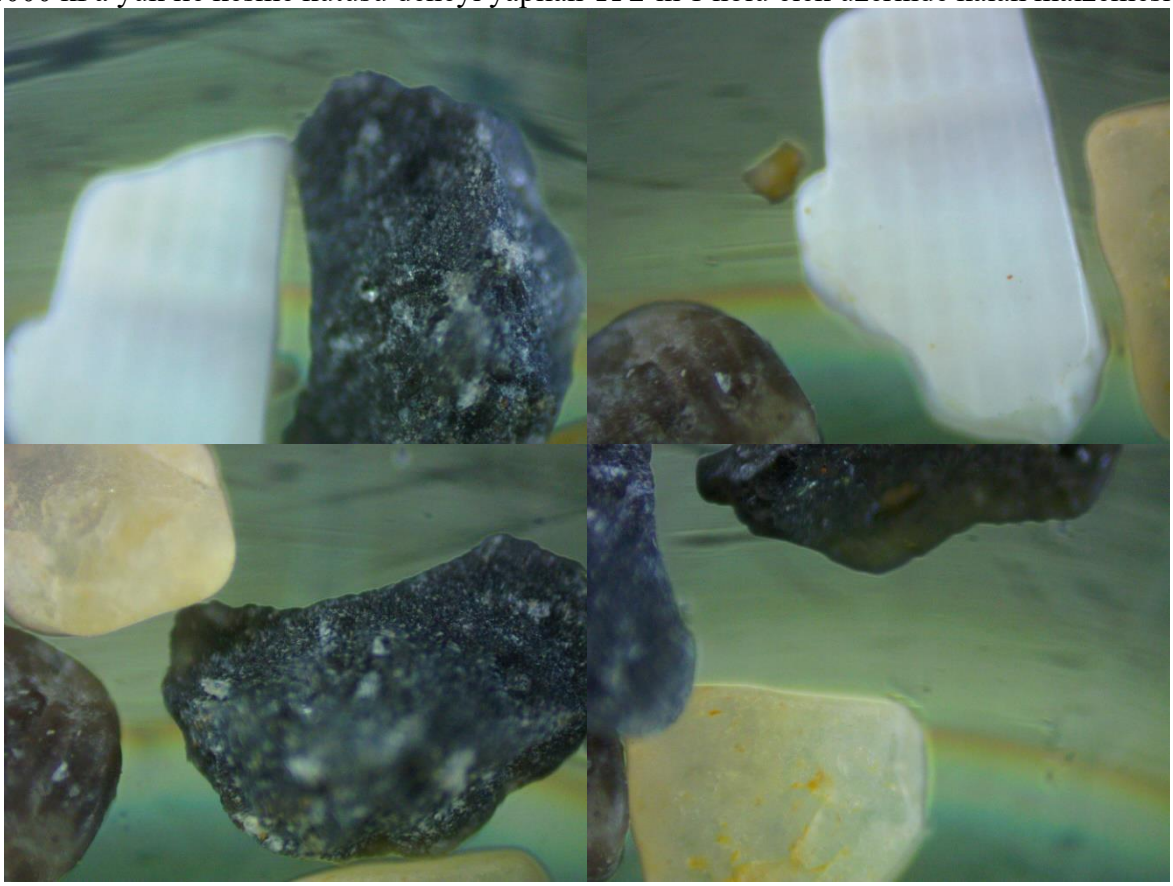


900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

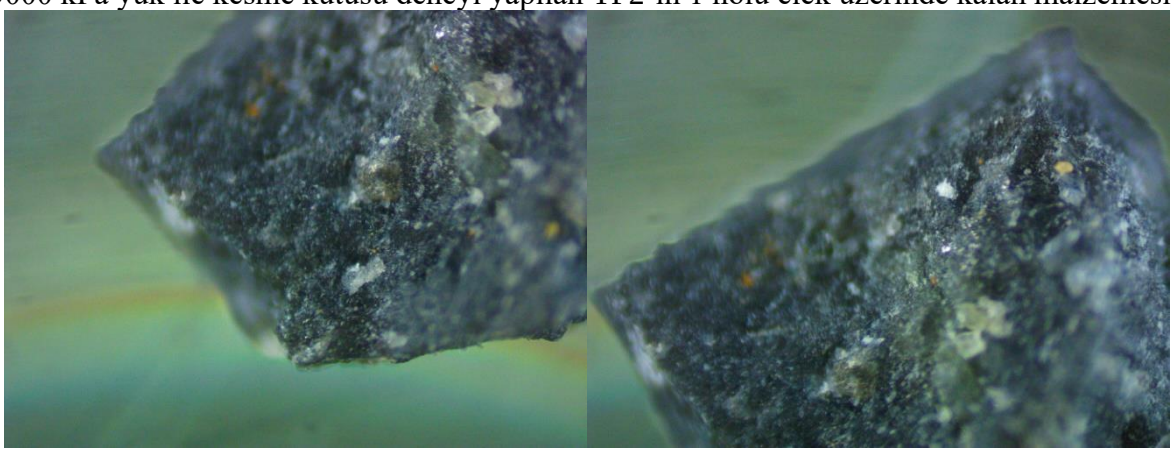




4000 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



5000 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



Şekil 56. TP2 kumunun 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

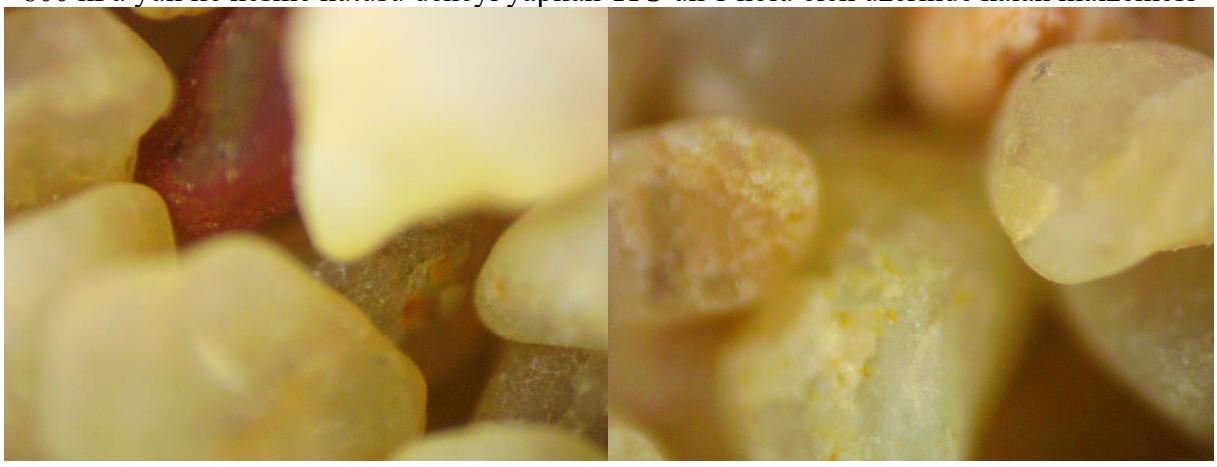
TP3 kumunun 1 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 57).

TP3 kumunun 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

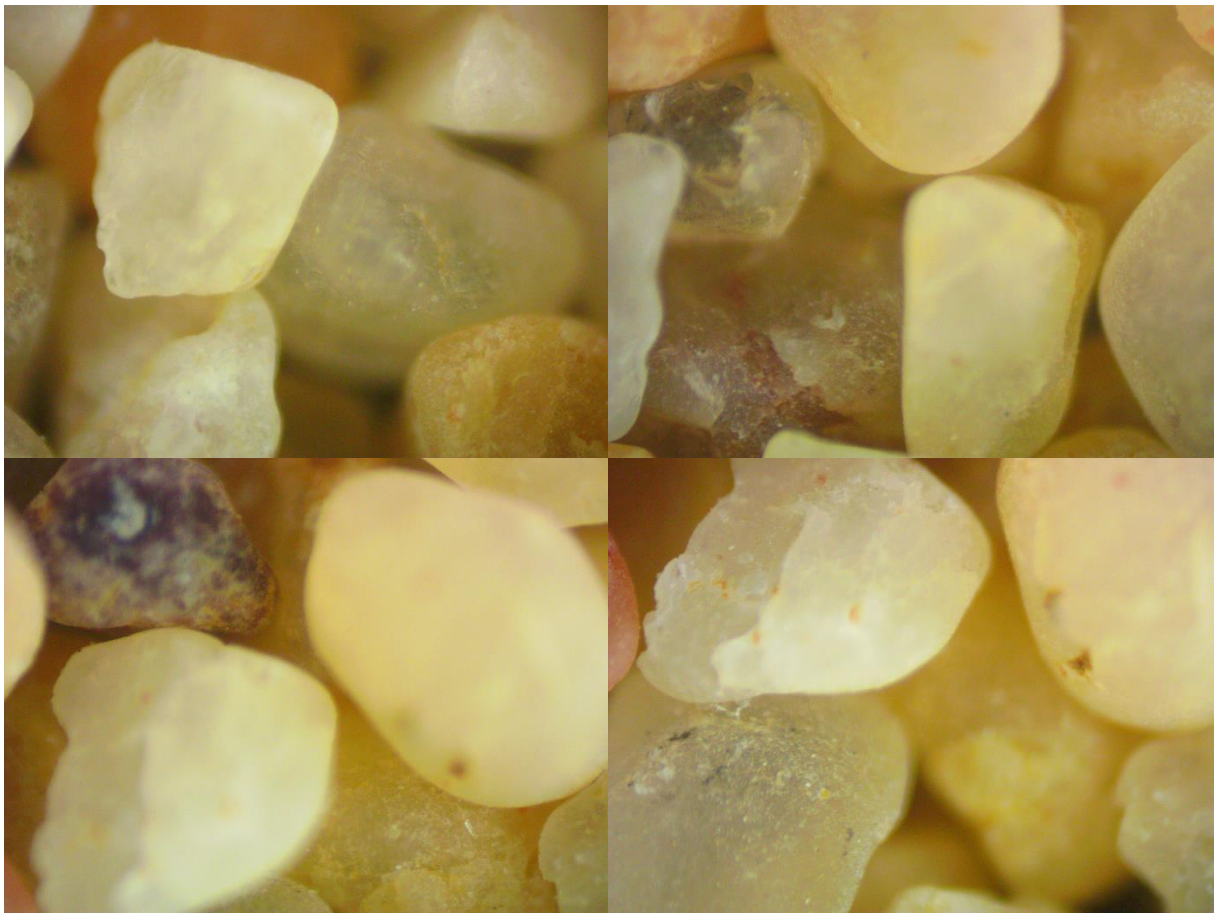
100 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



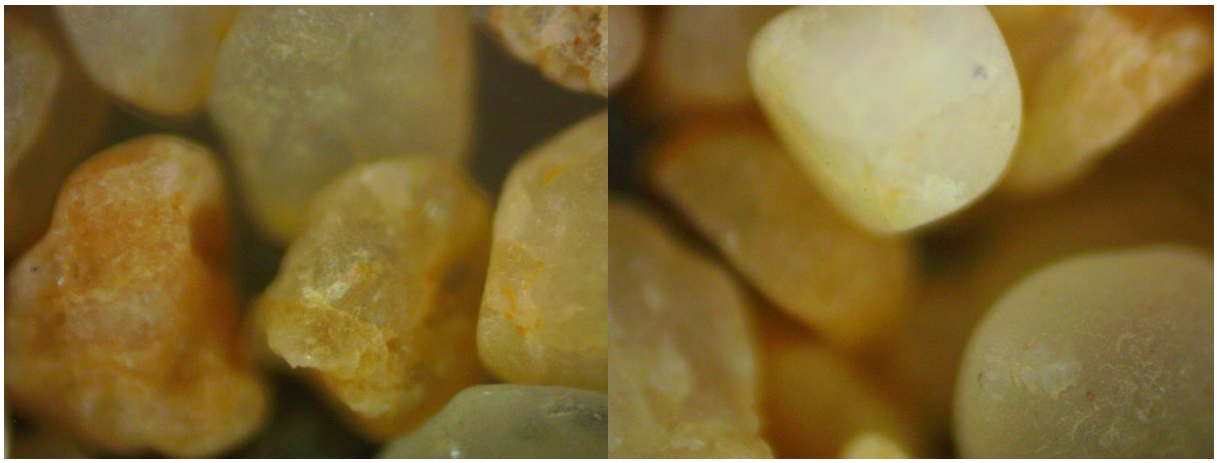
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

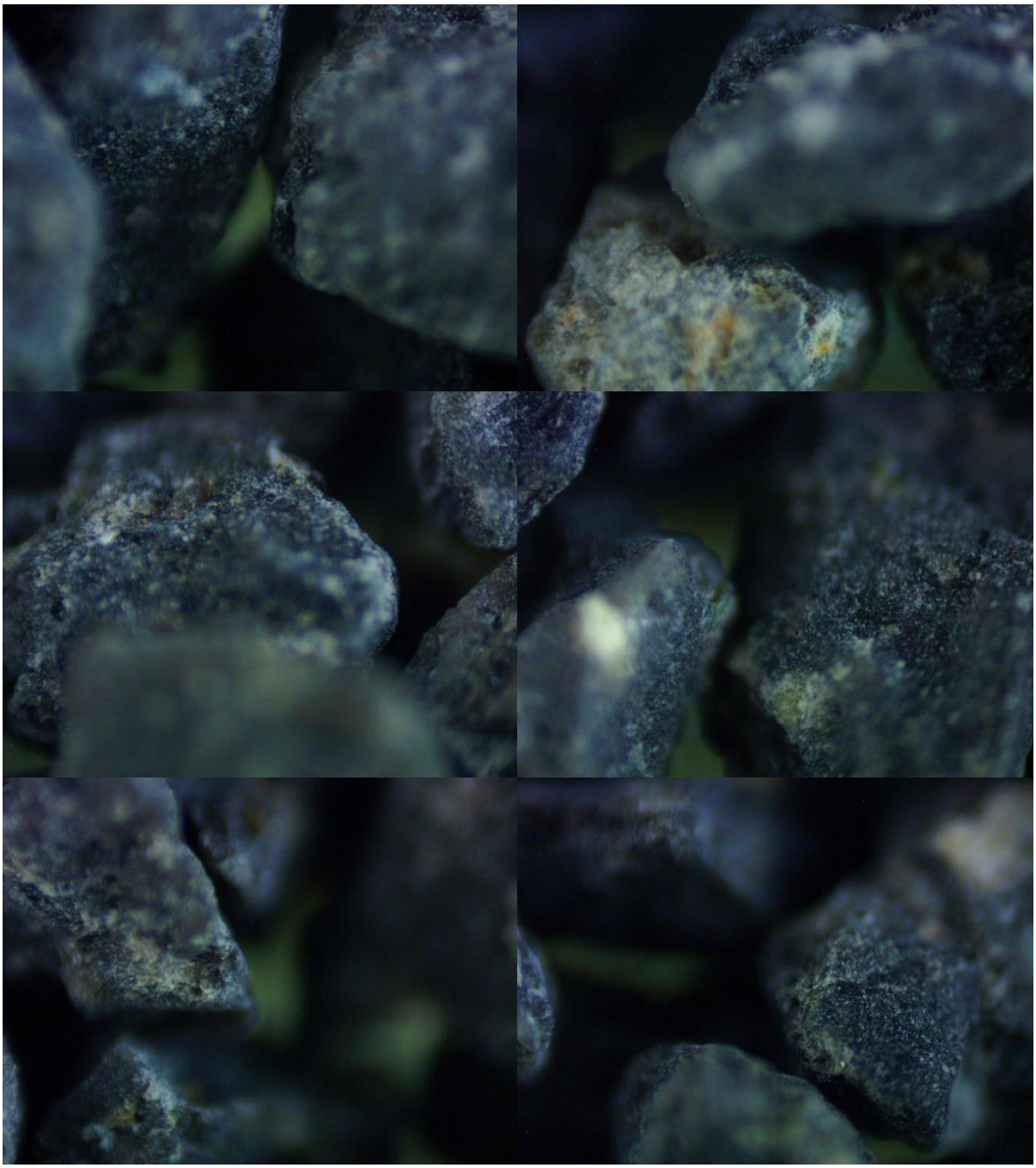


6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

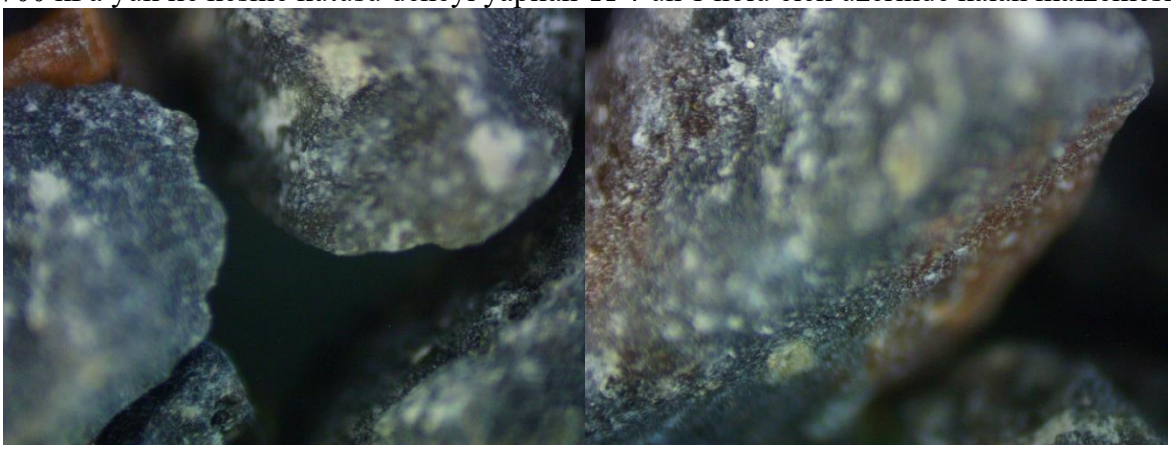
Şekil 57. TP3 kumunun farklı yükler altında 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

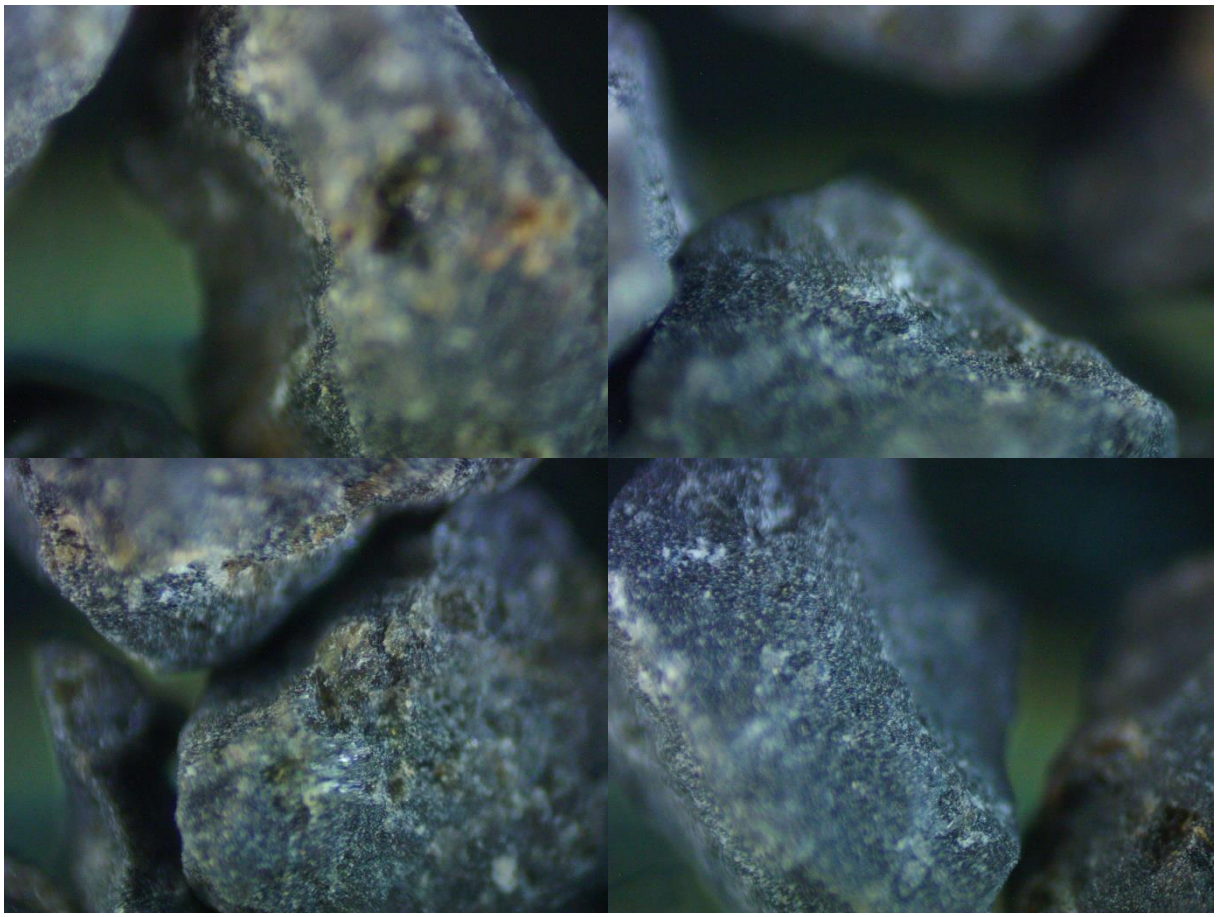
TP4 kumunun 1 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 58). 6000 kPa için mikroskop görüntüsü alınmamıştır.

TP4 kumunun 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

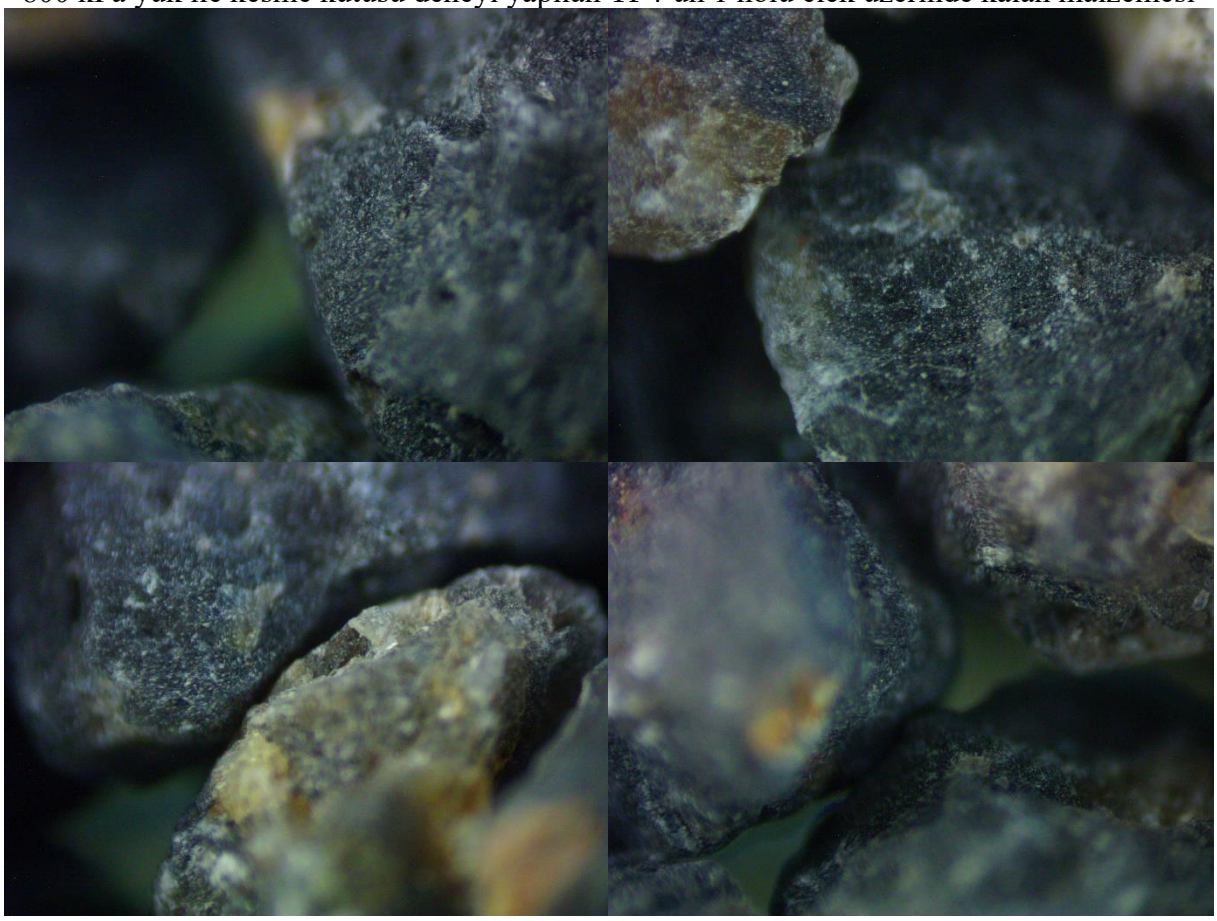


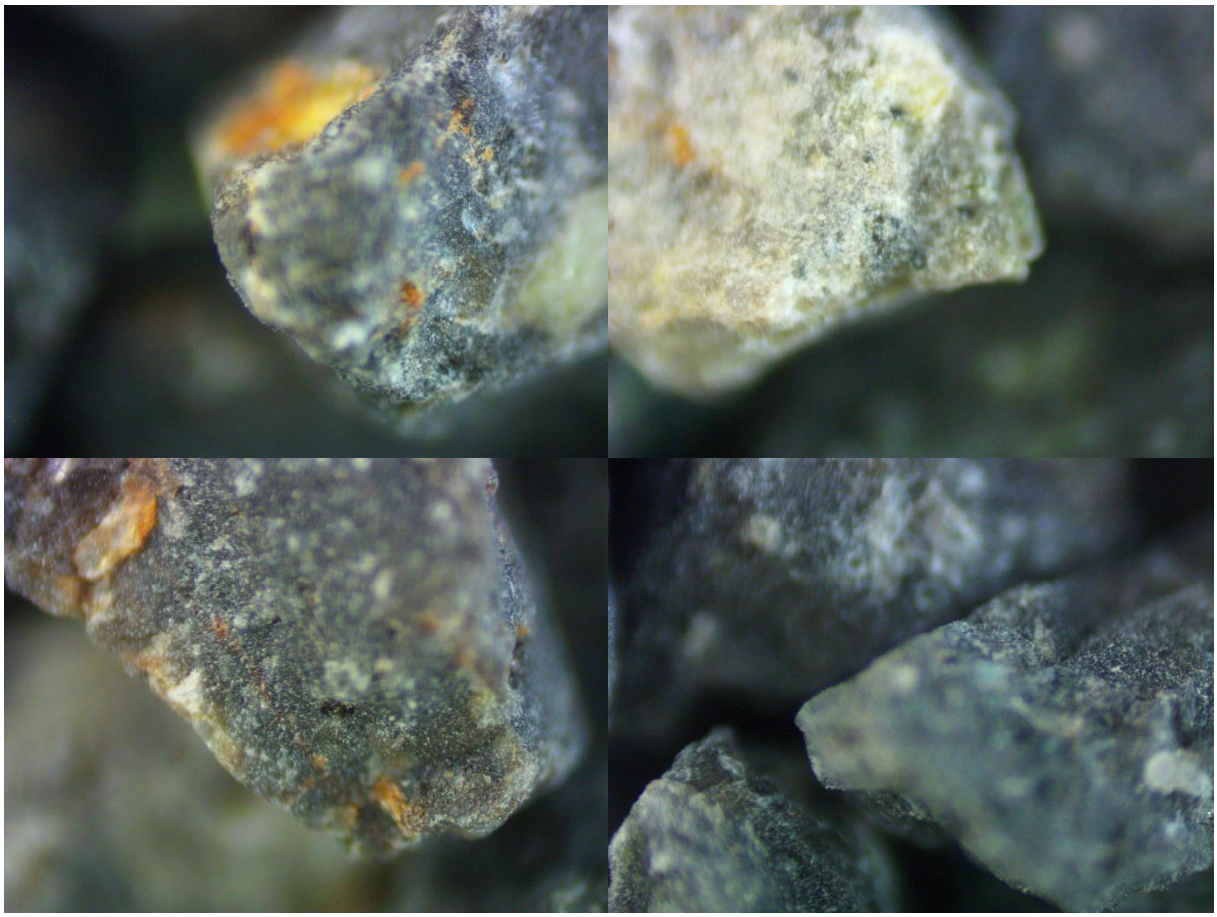
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4'ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



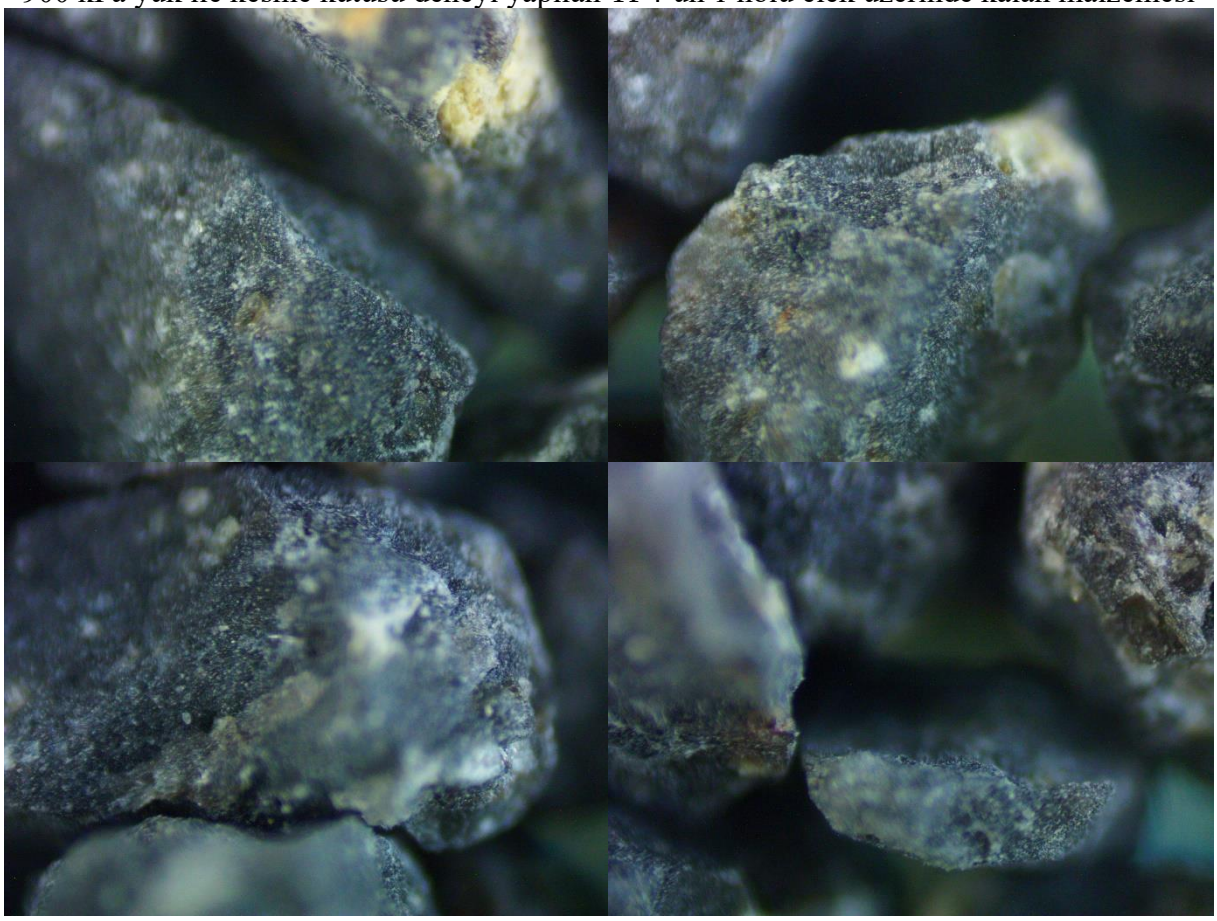


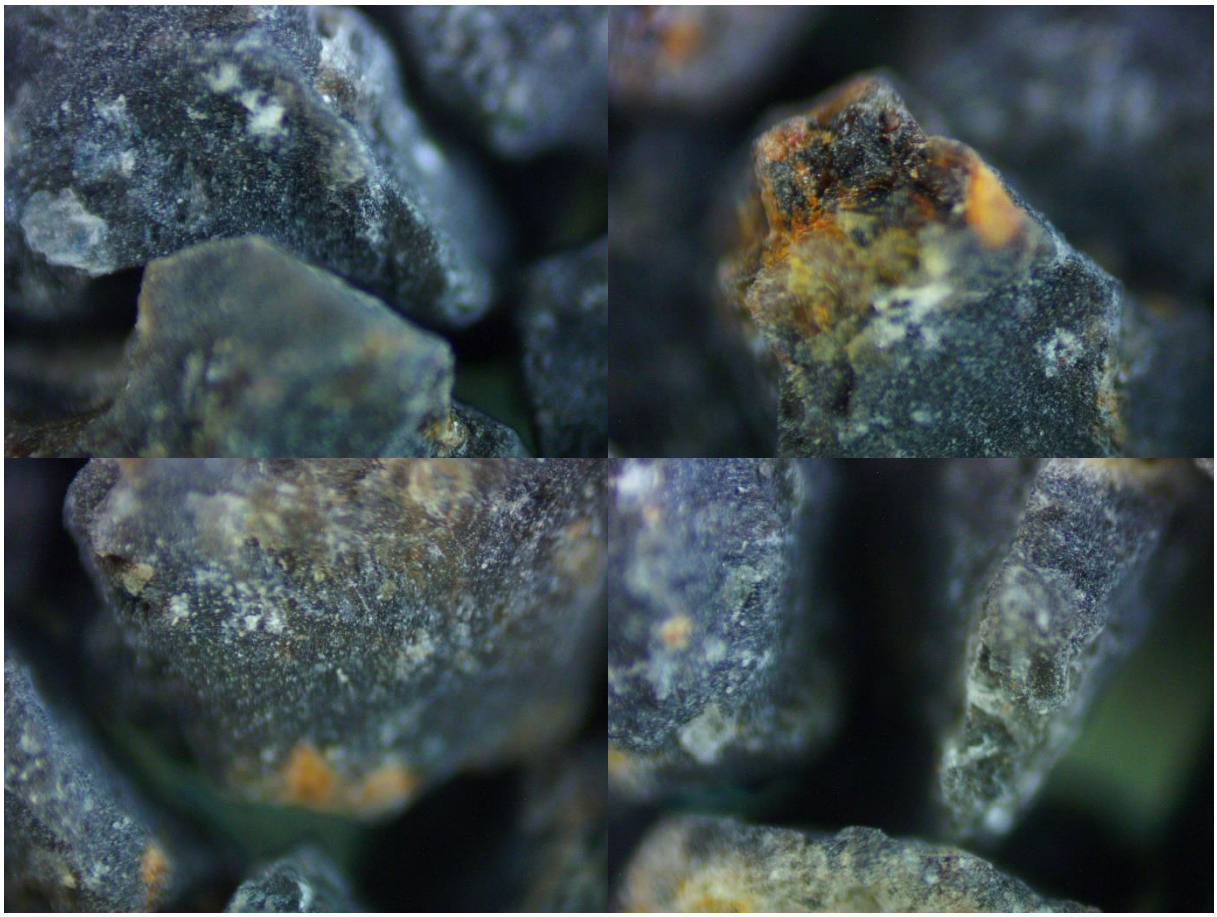
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4'ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



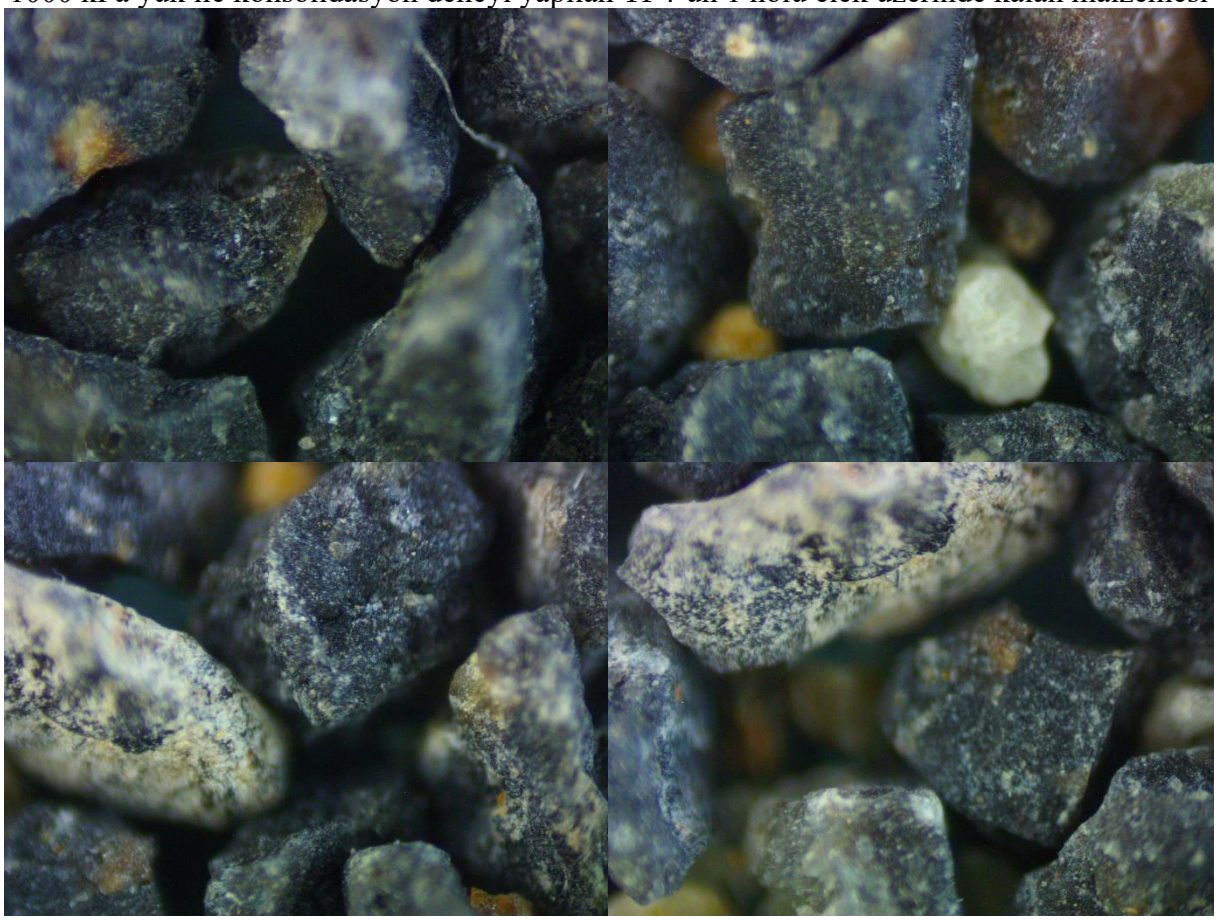


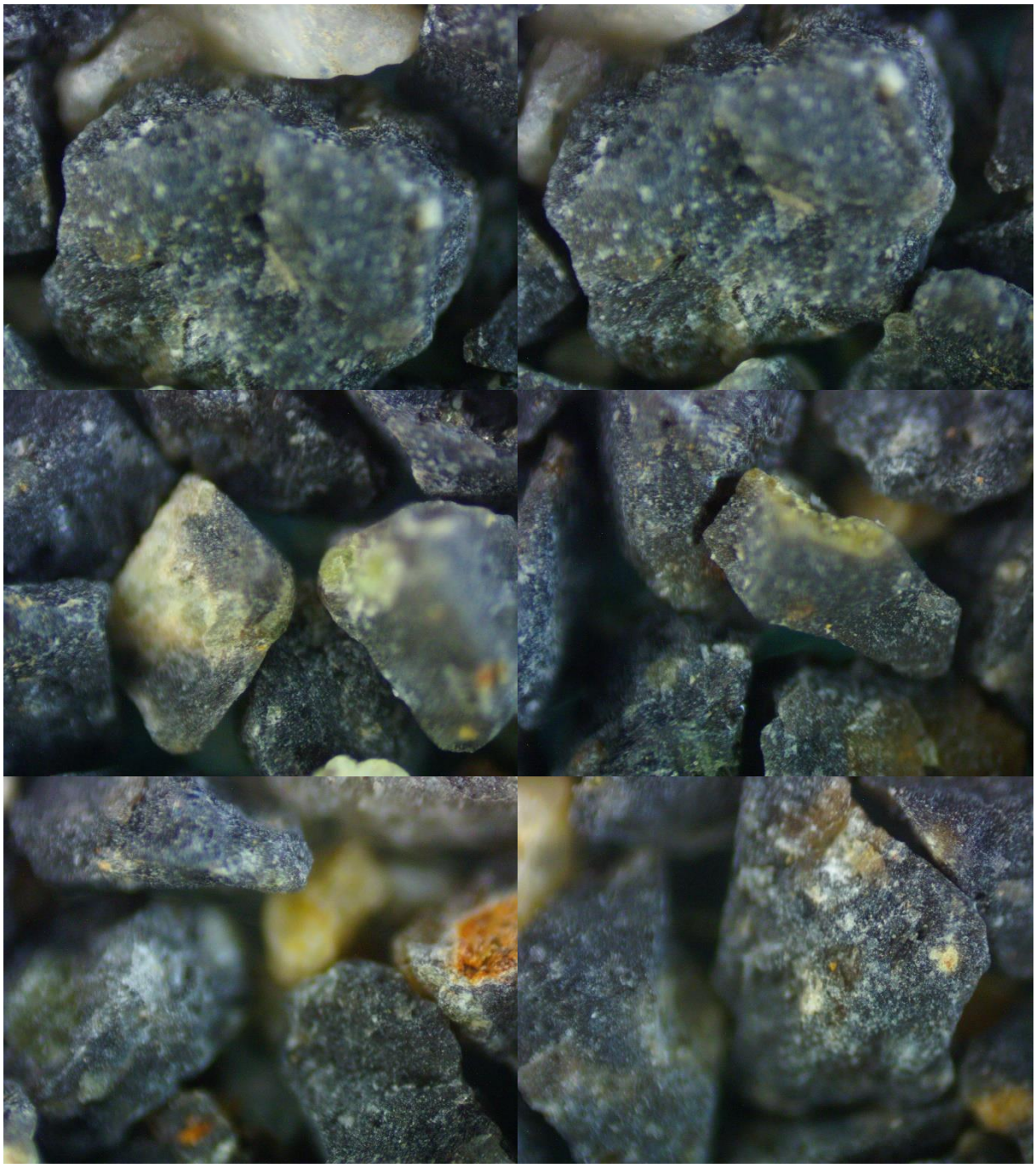
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



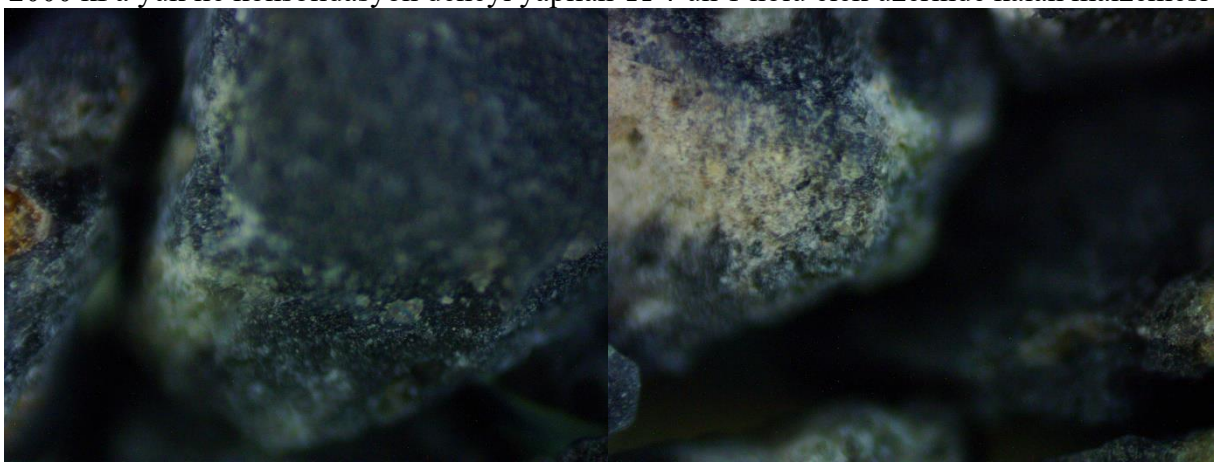


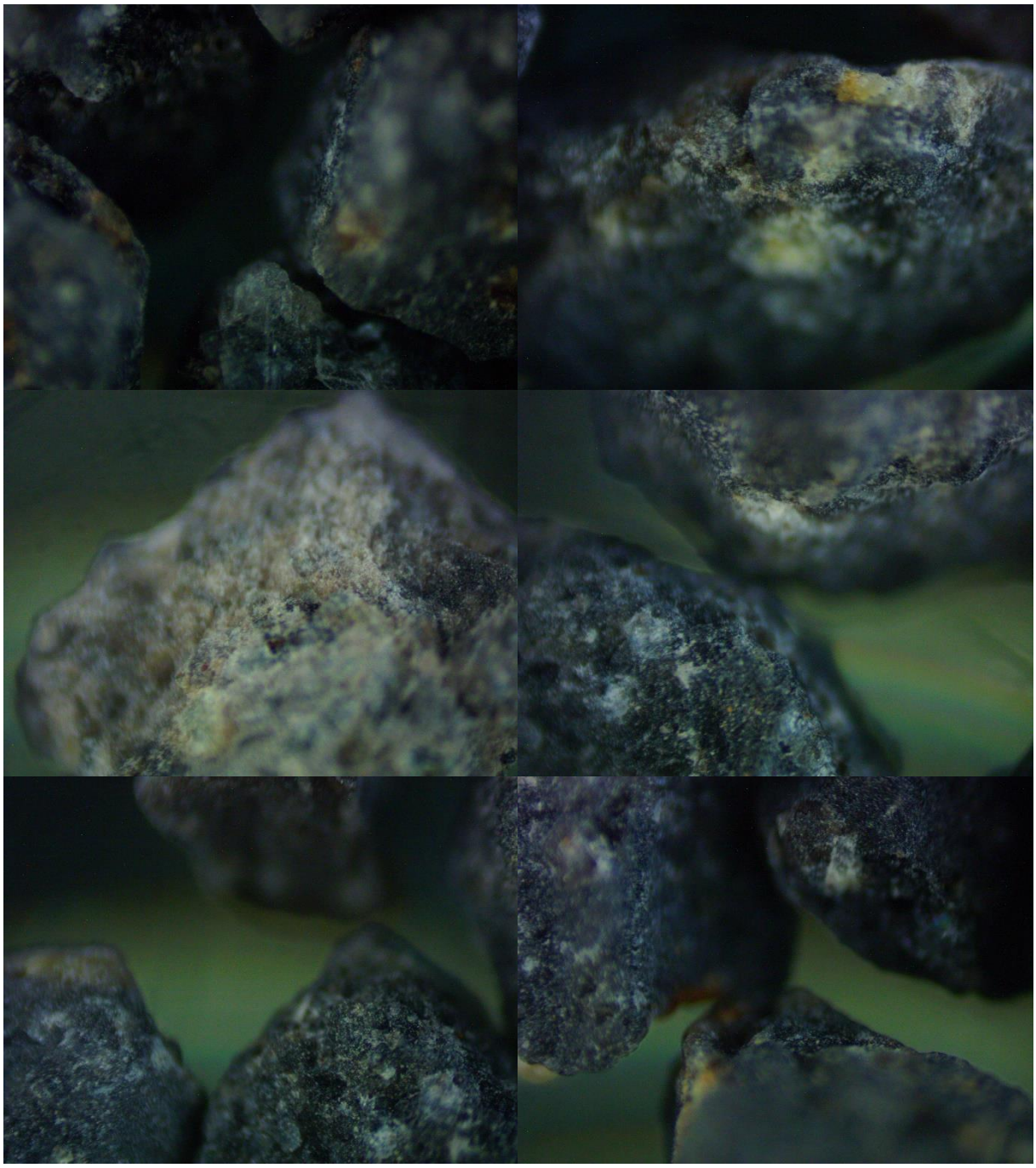
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4'ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



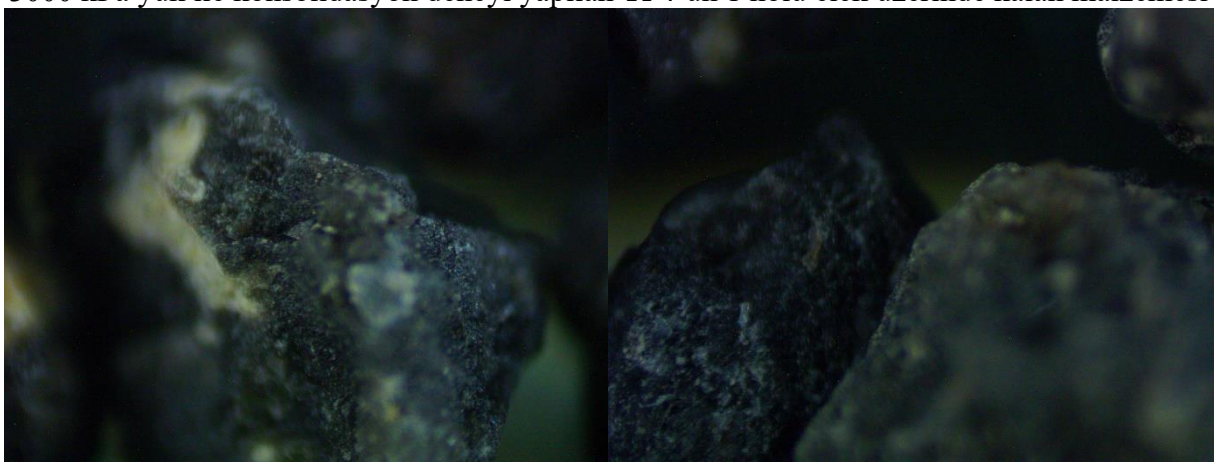


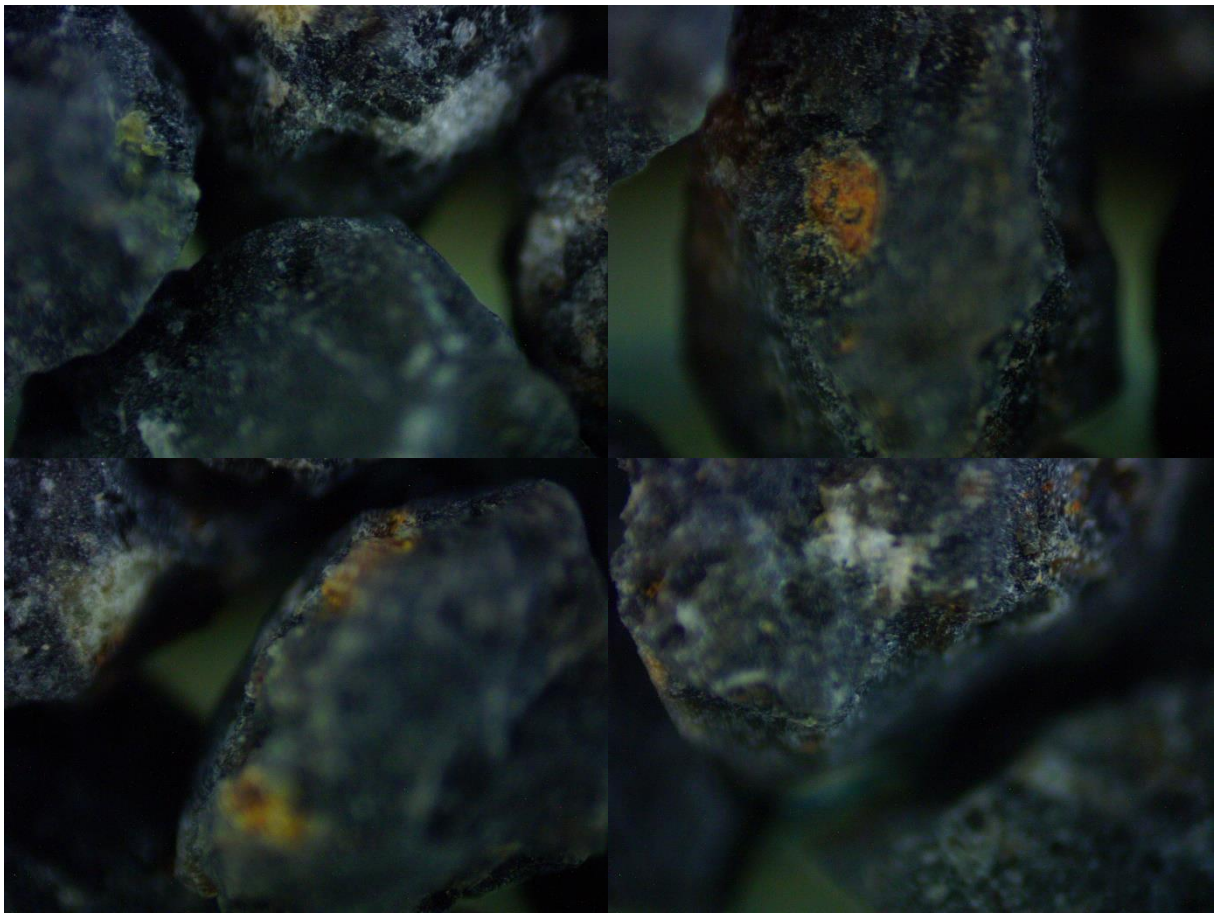
2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



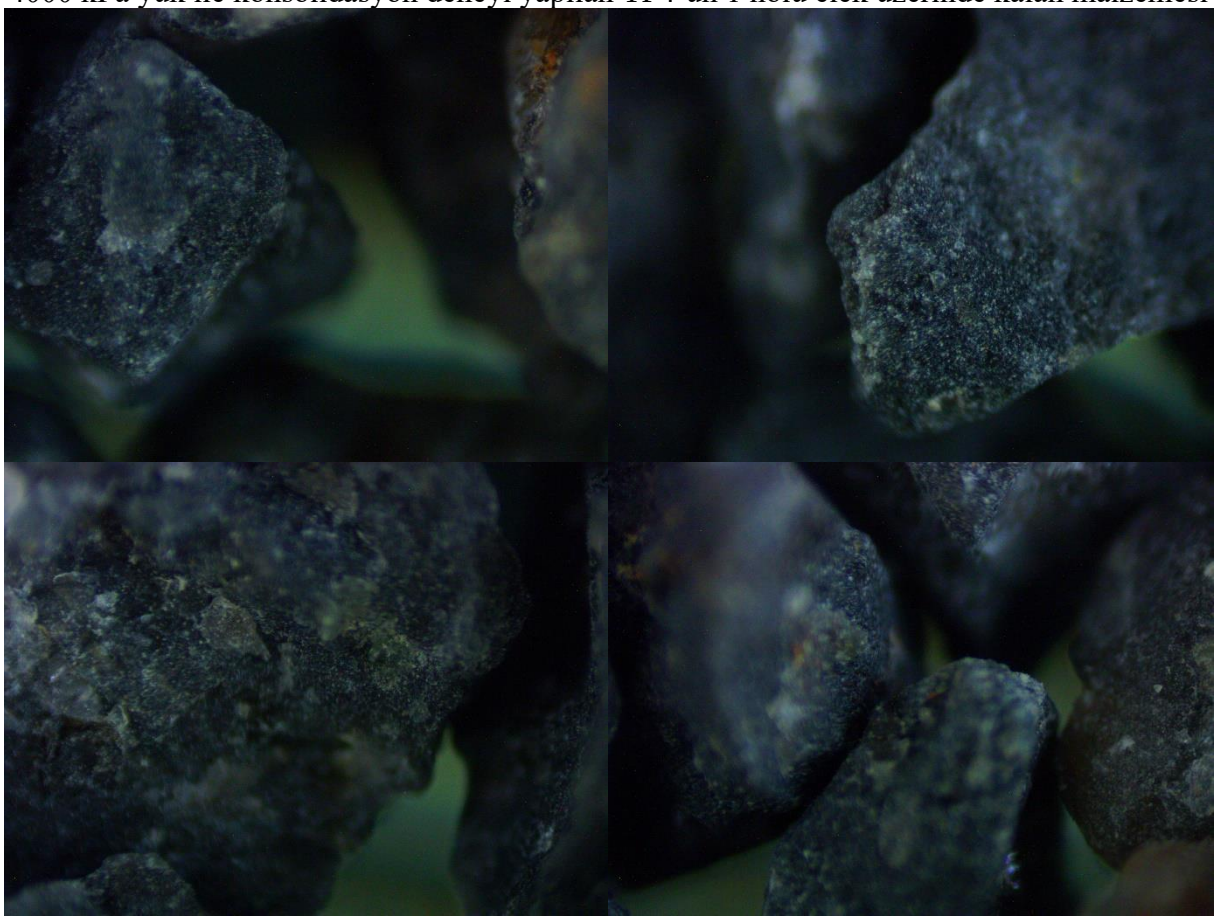


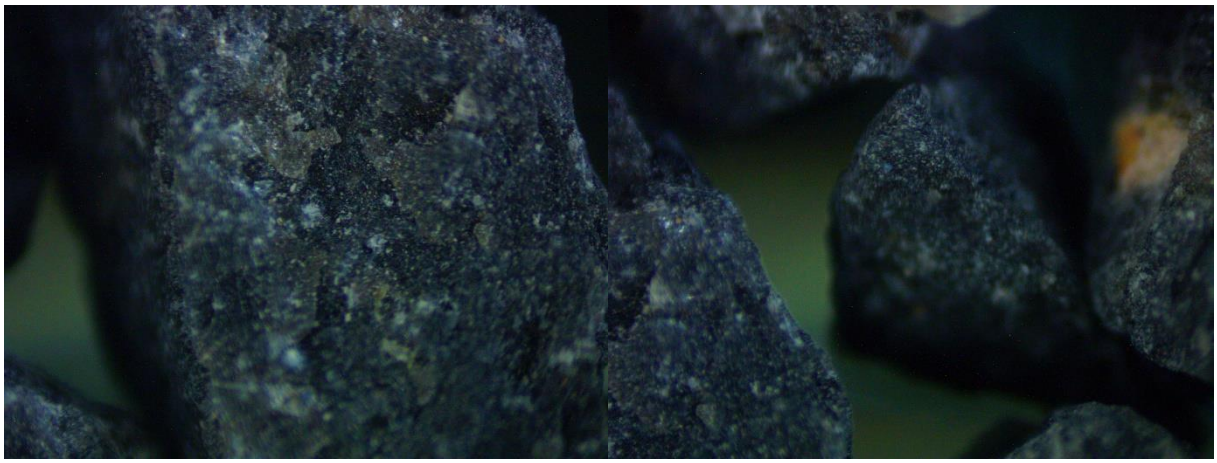
3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4'ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



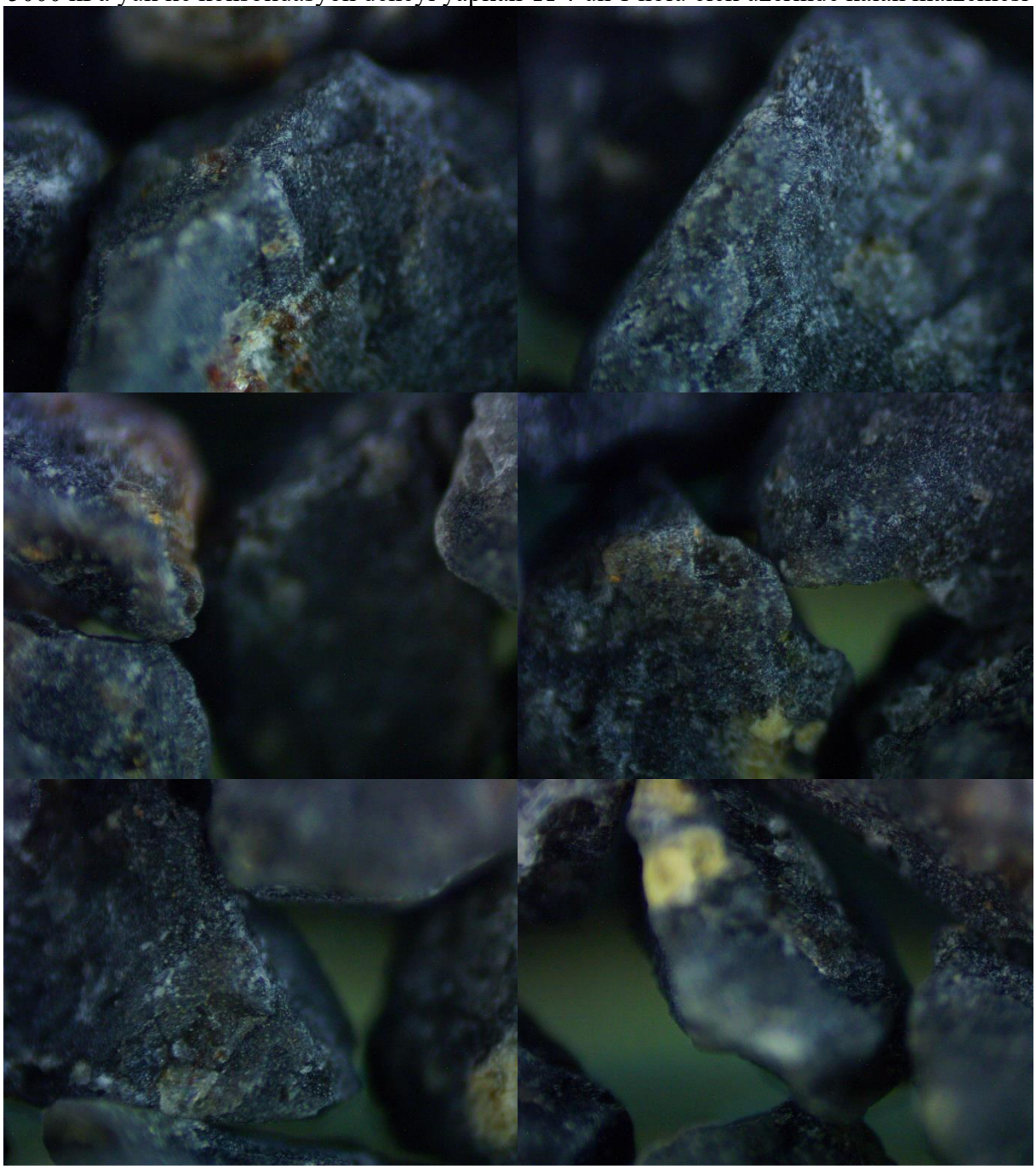


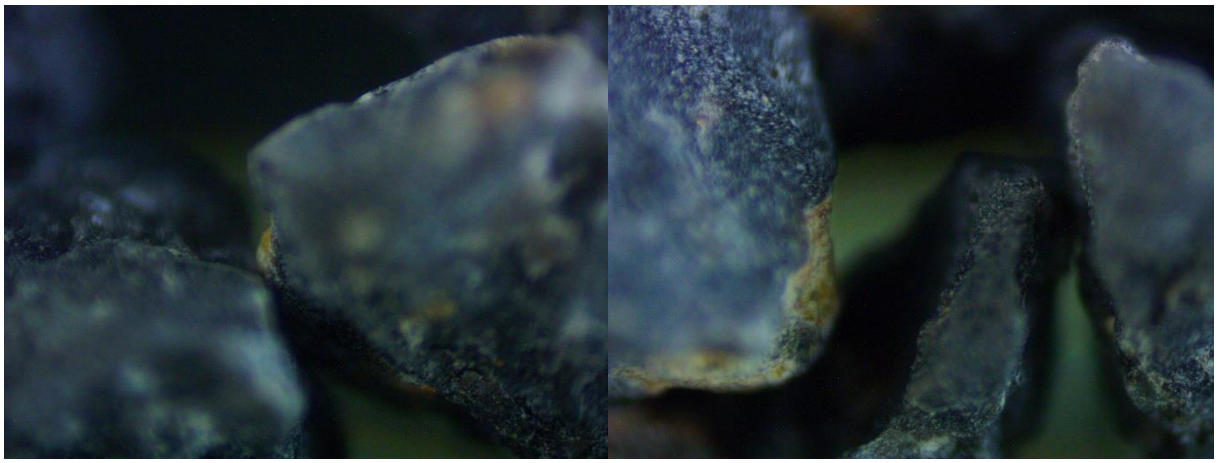
4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



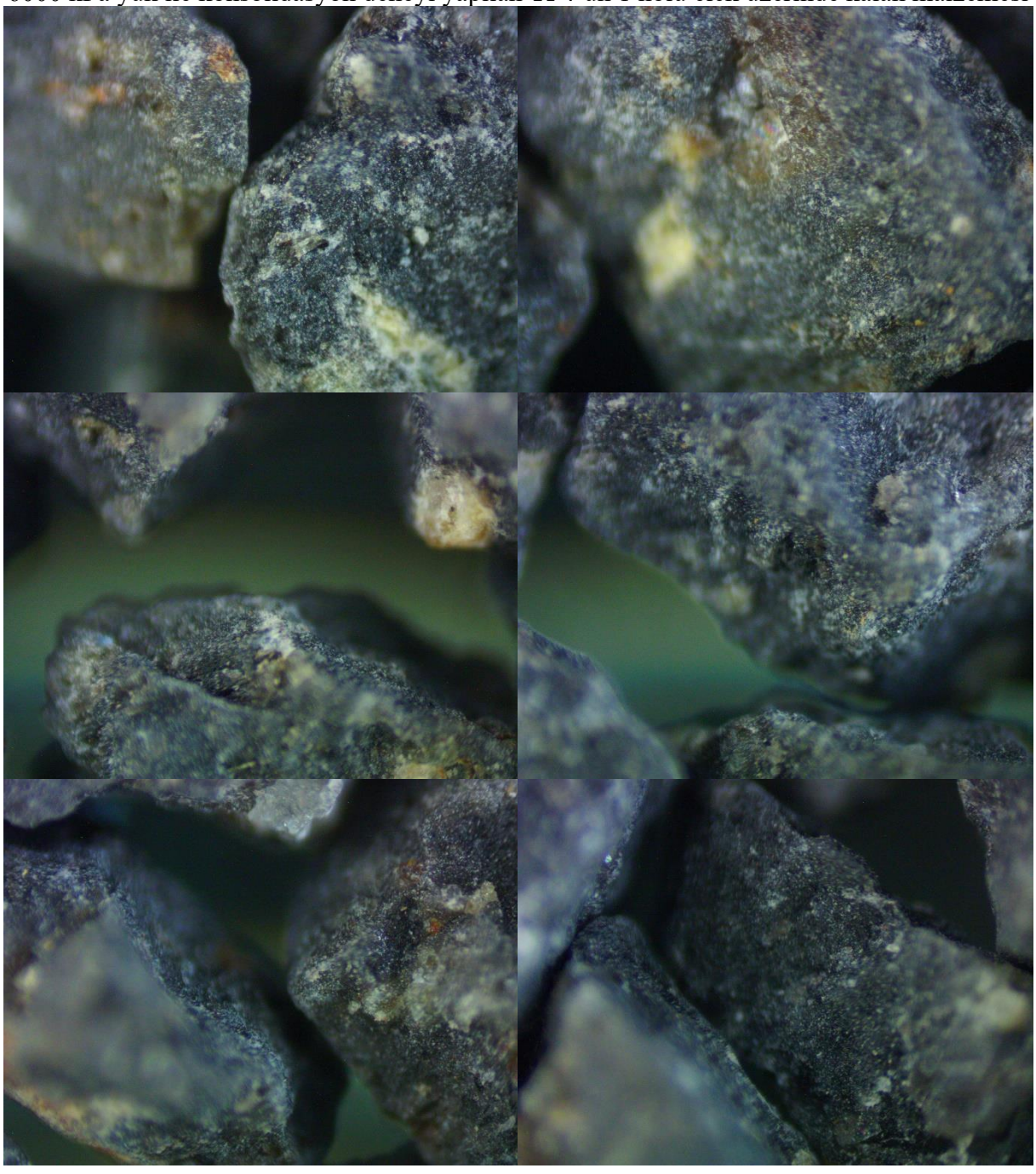


5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi





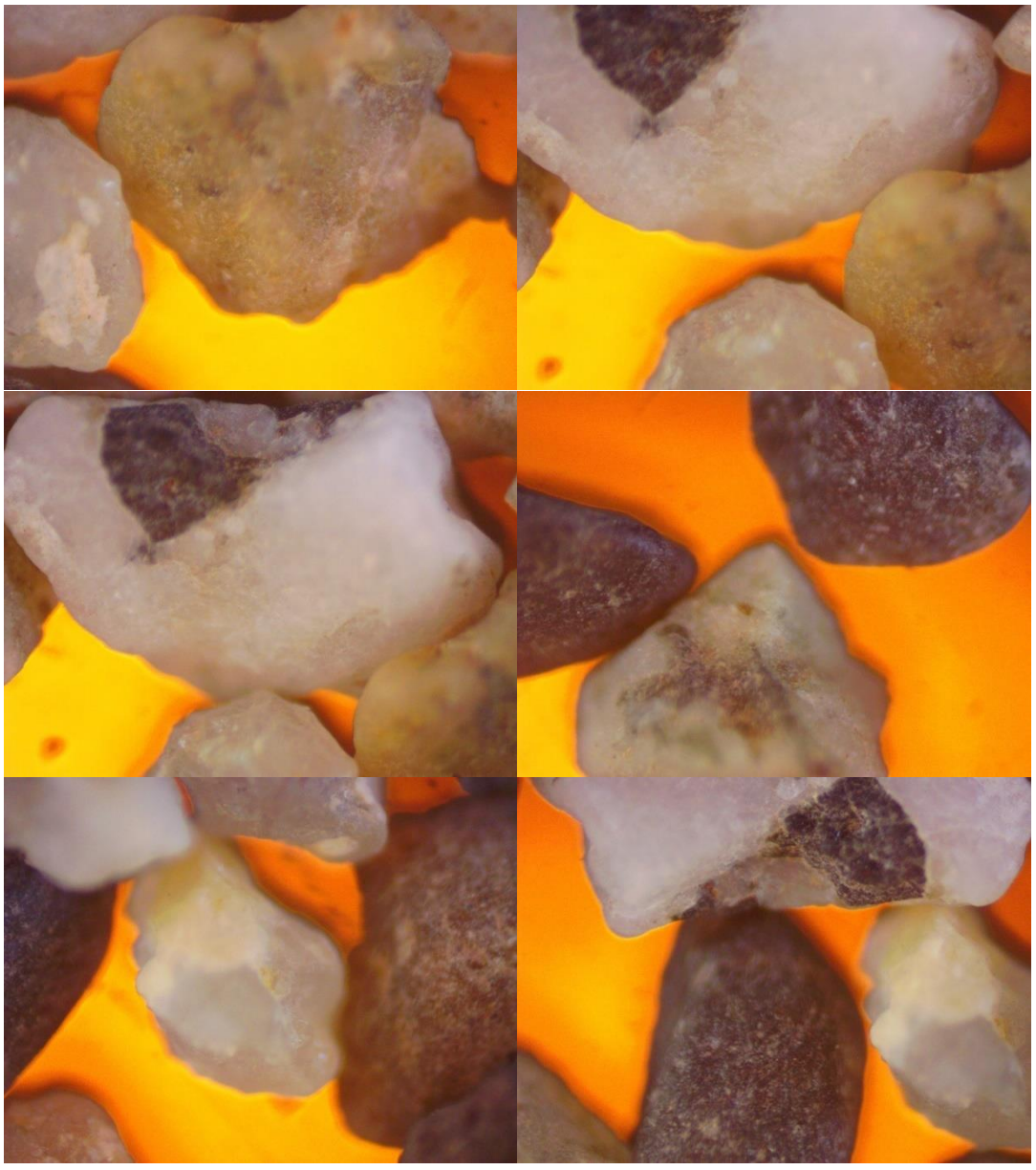
6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

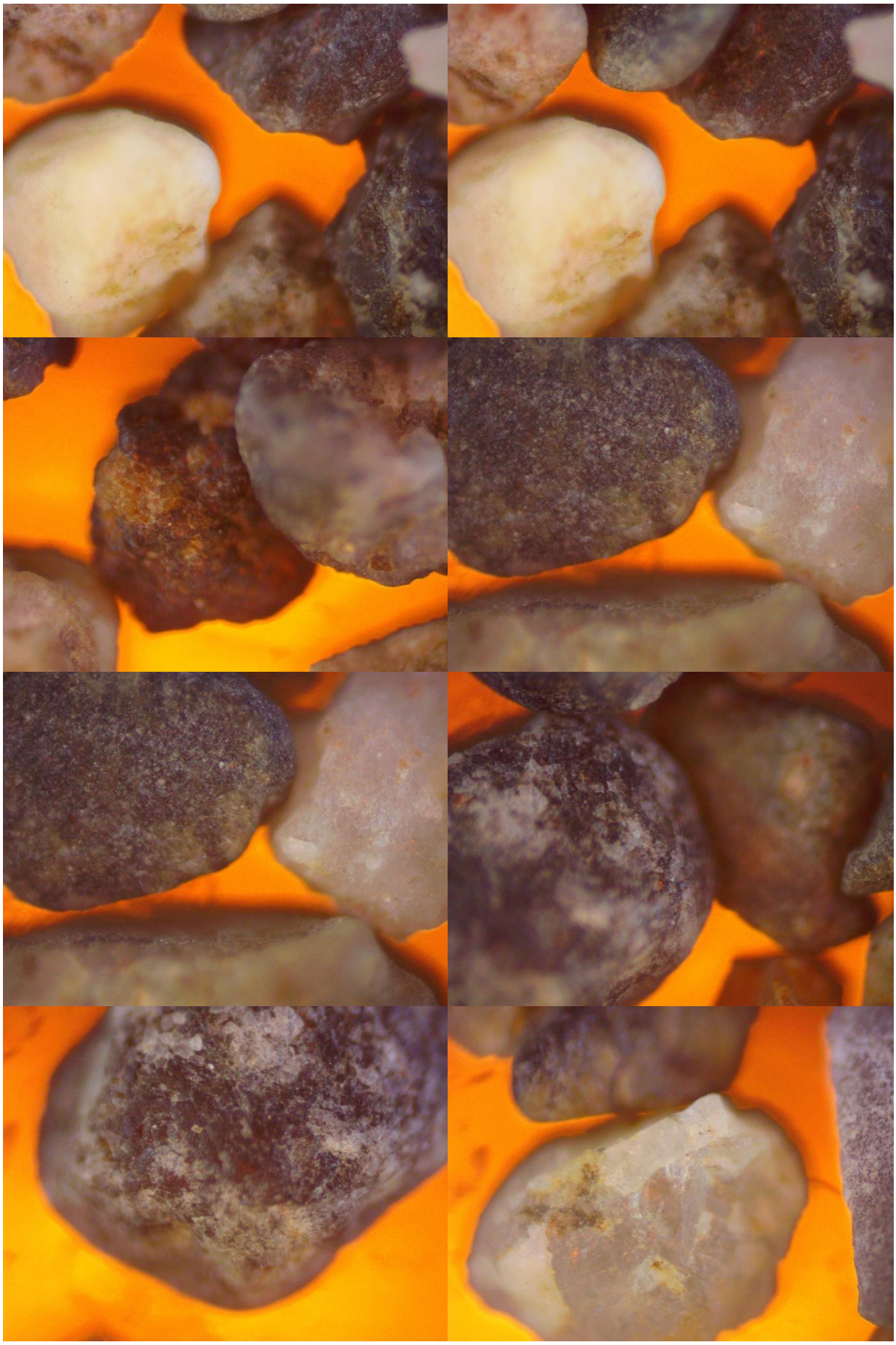


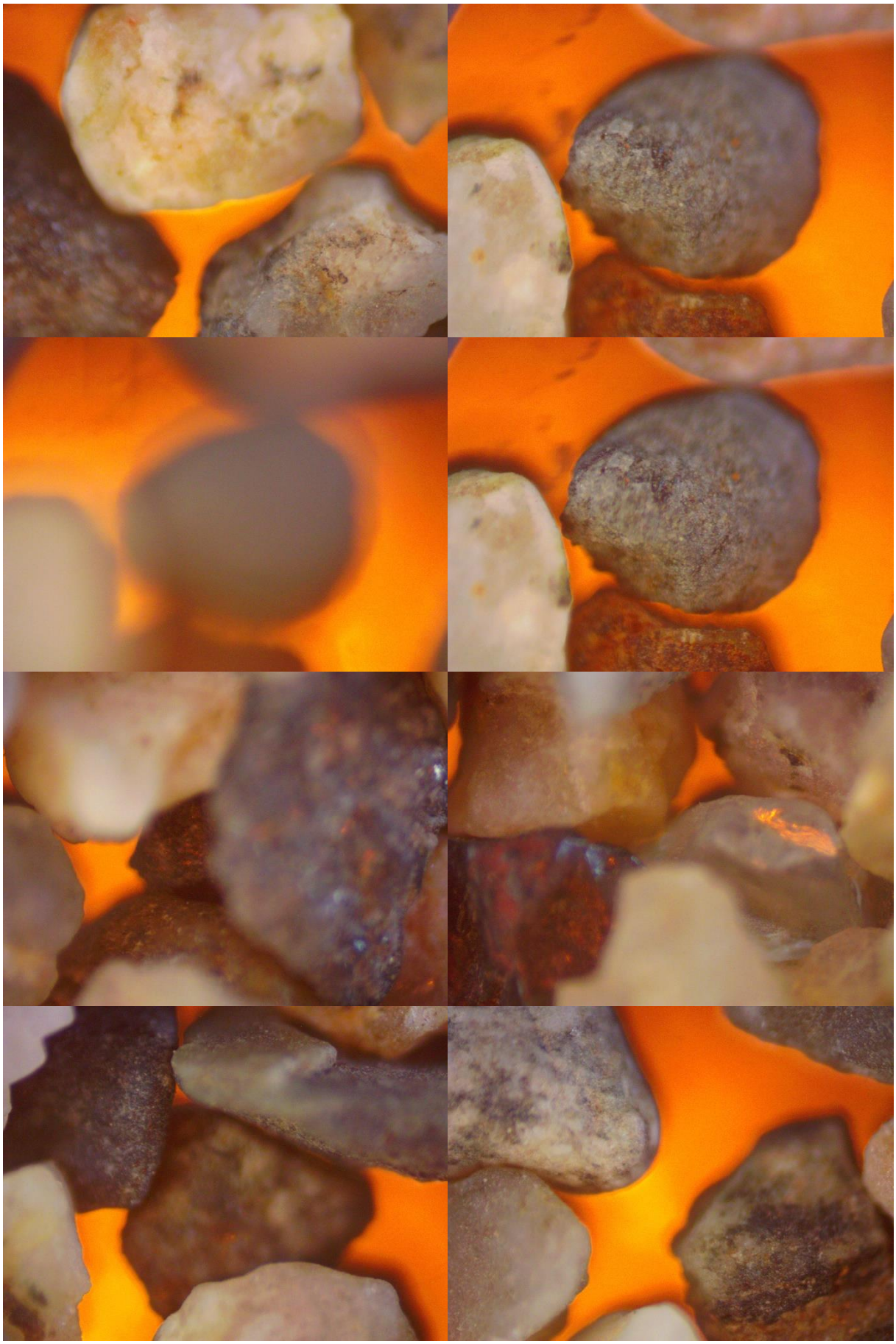
Şekil 58. TP4 kumunun farklı yükler altında 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

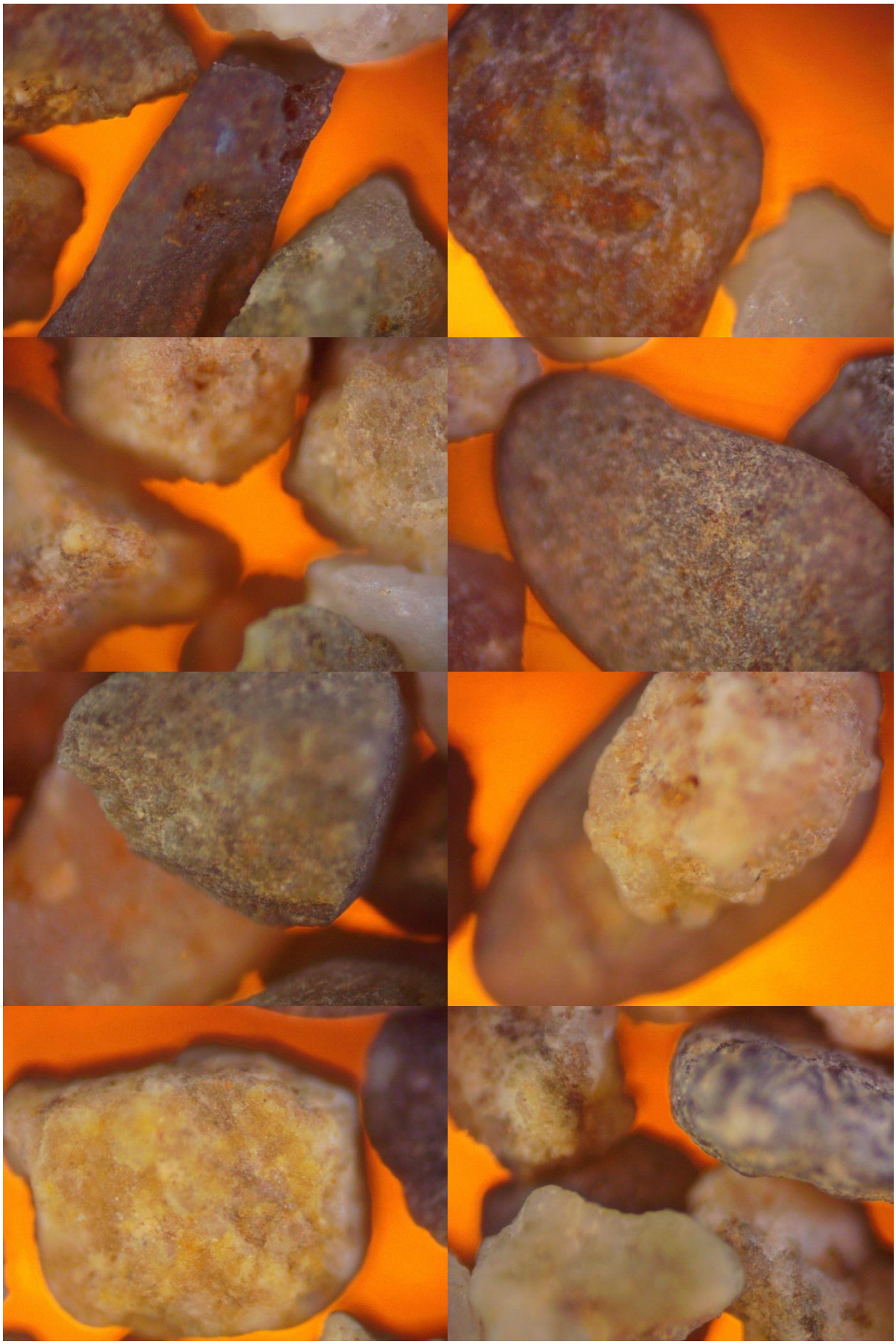
TP5 kumunun 1 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 59).

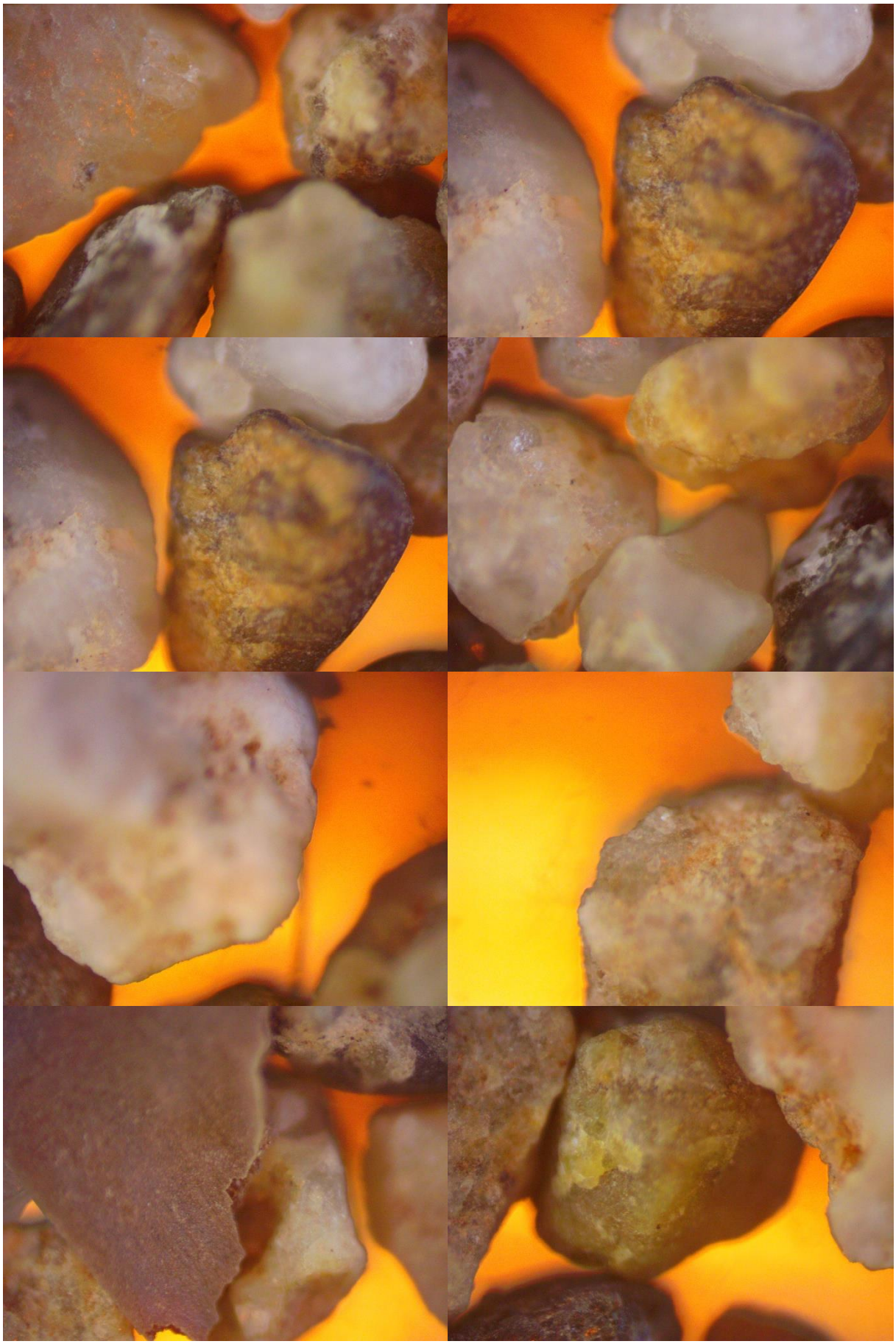
TP5 kumunun 1 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

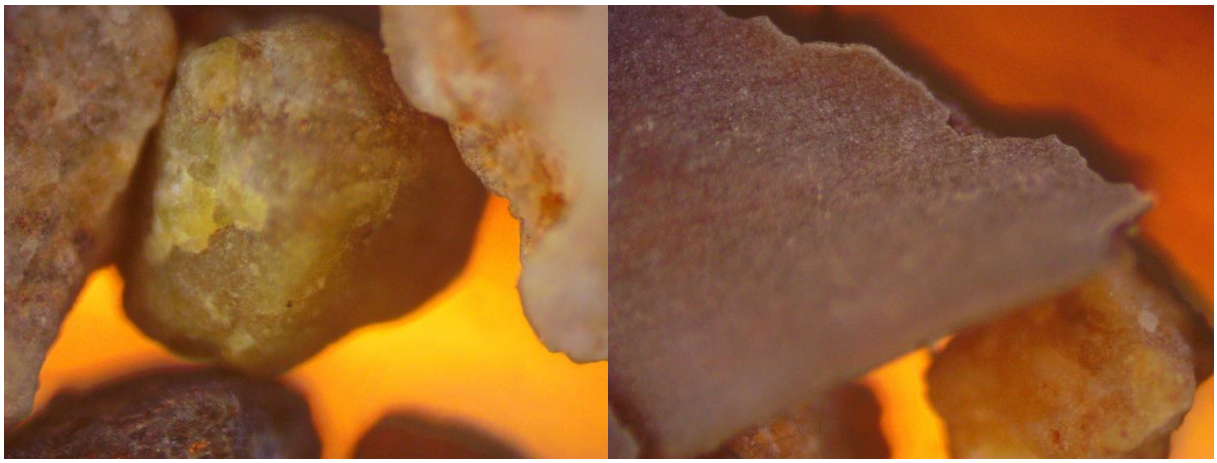




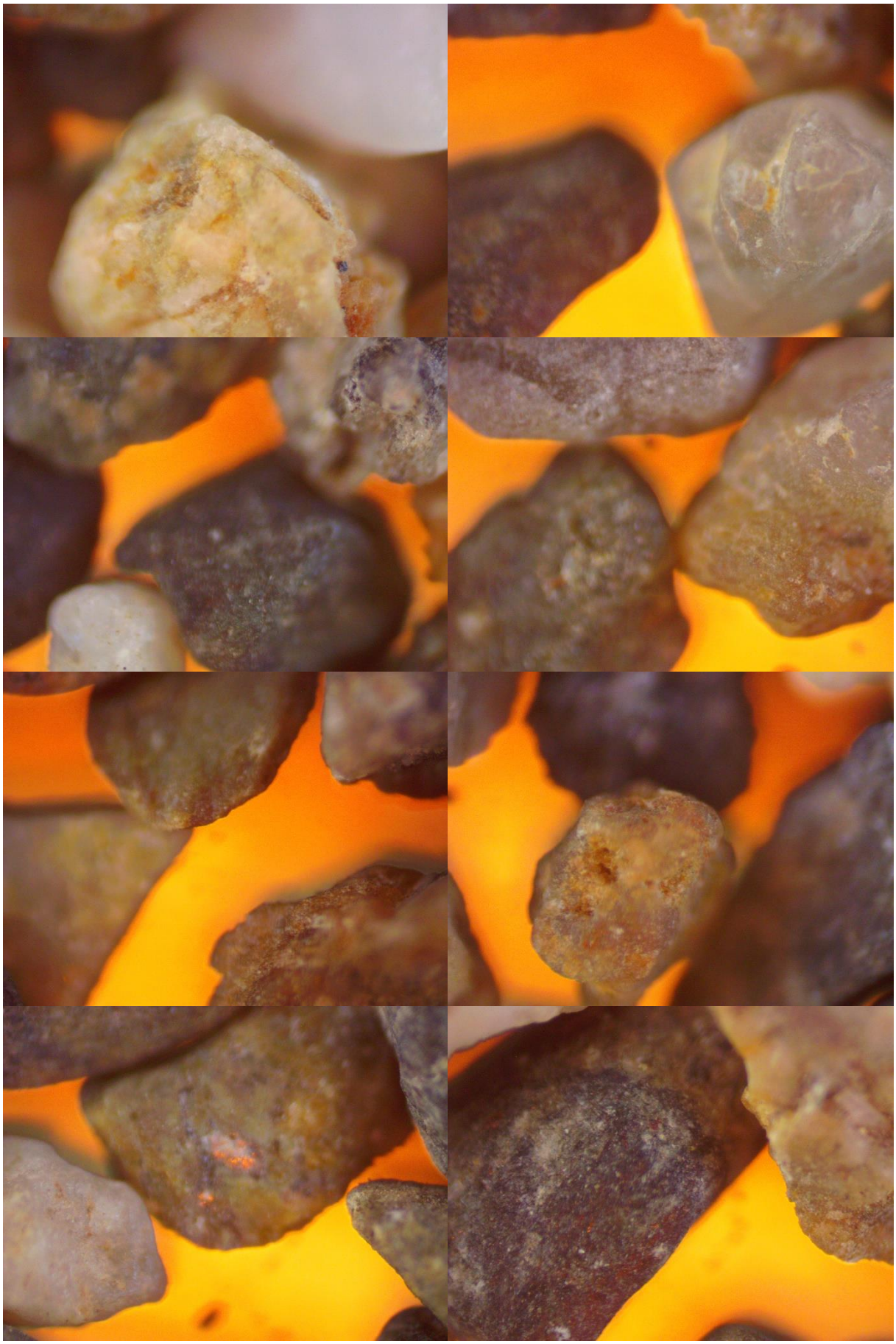


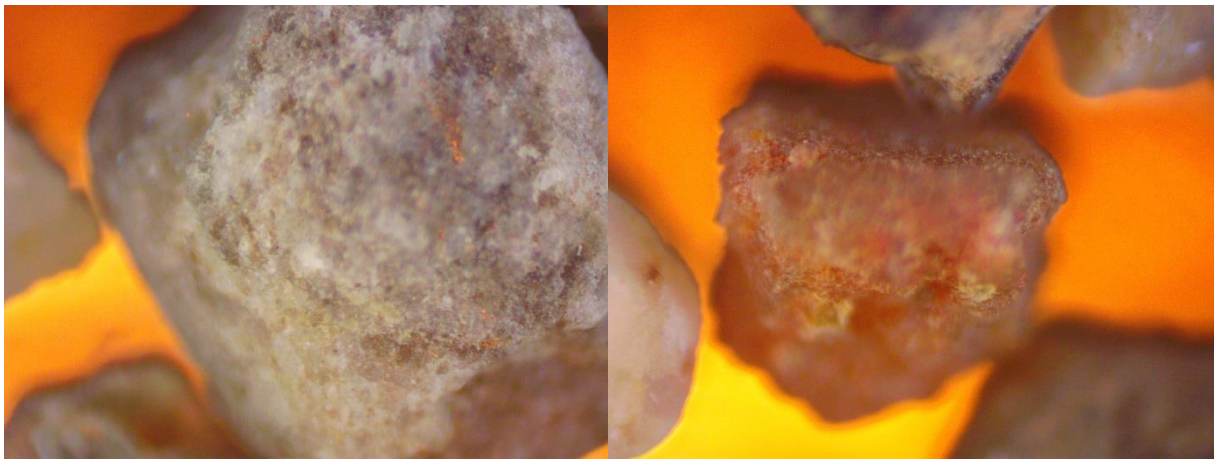




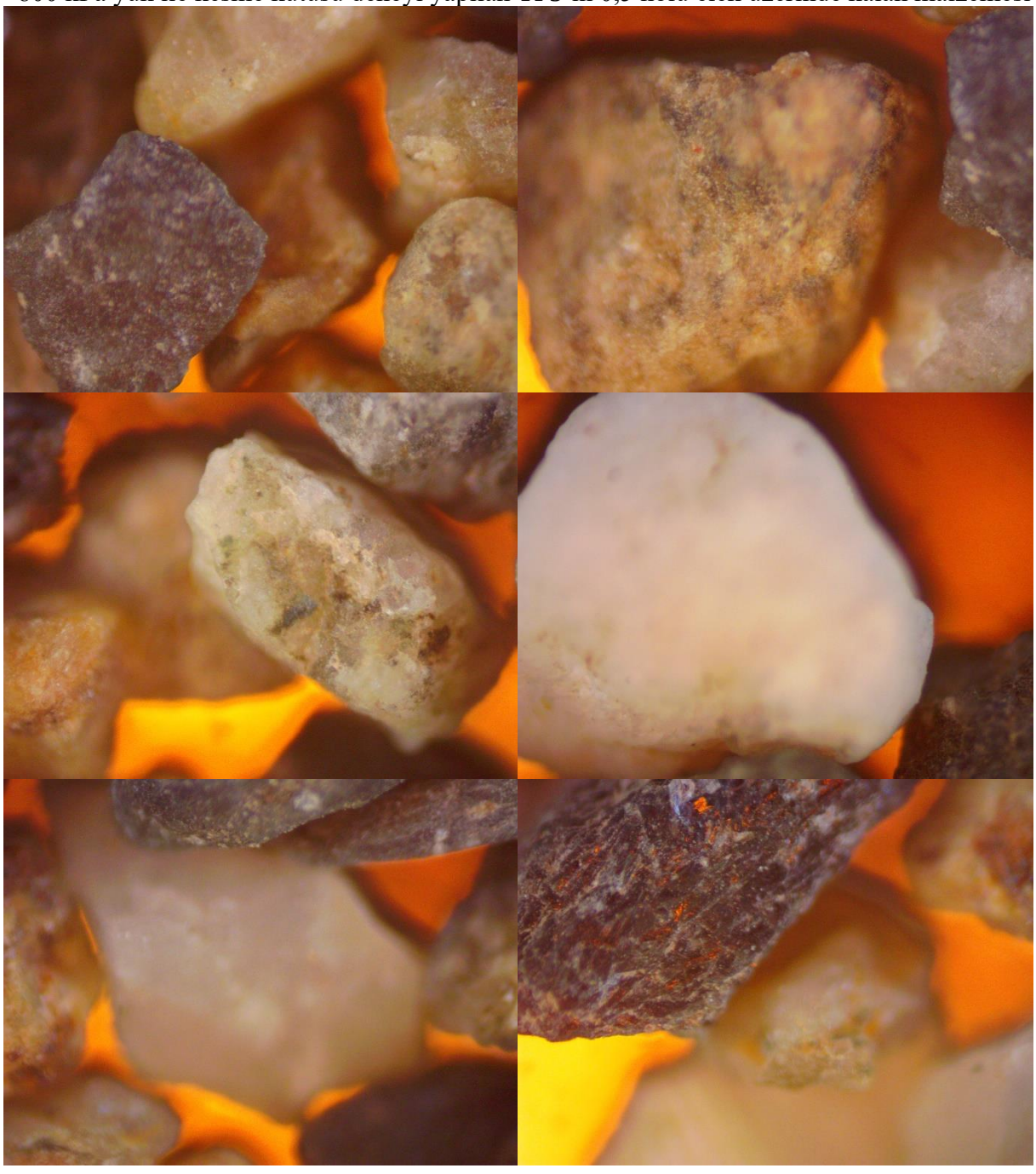


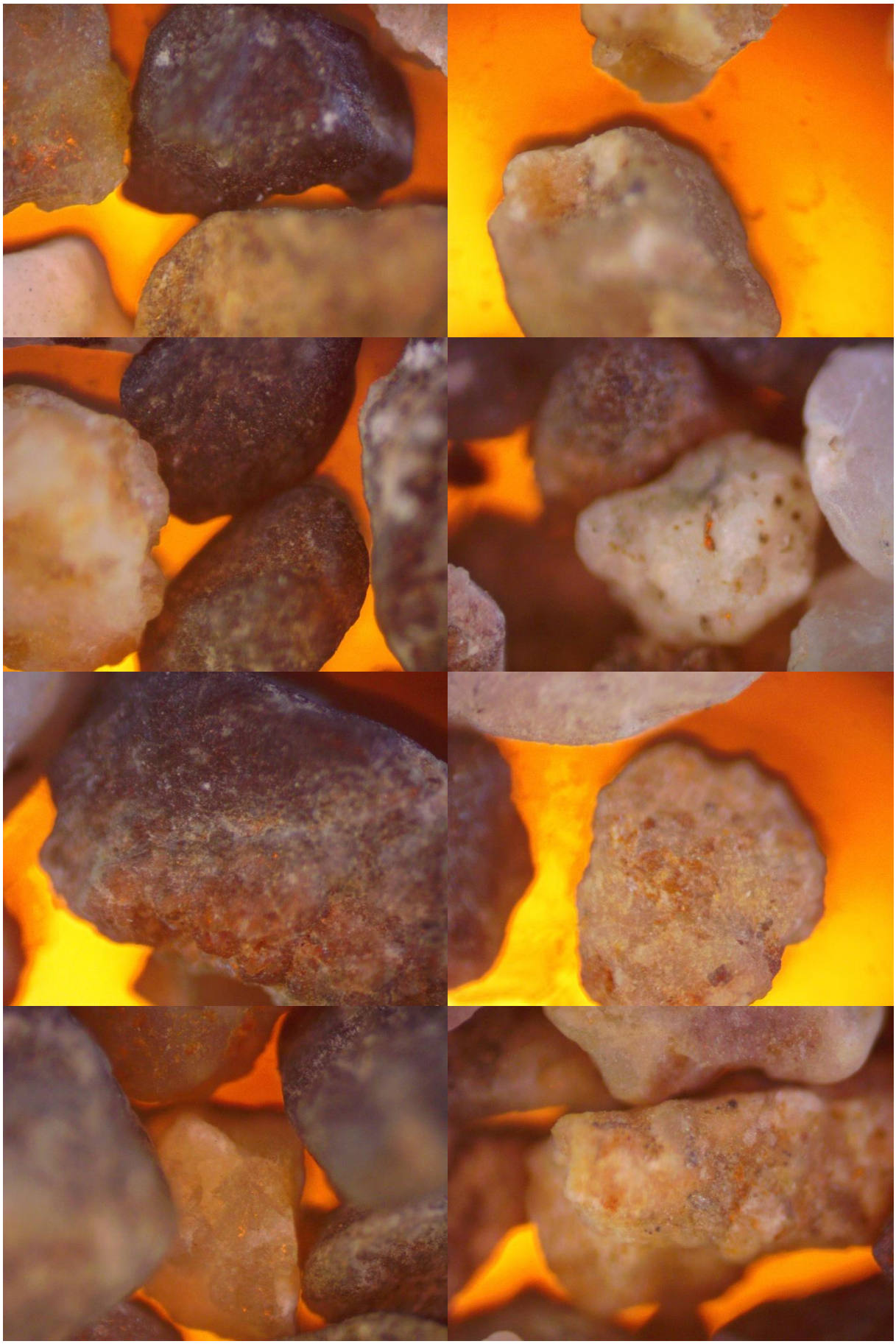
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5'in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

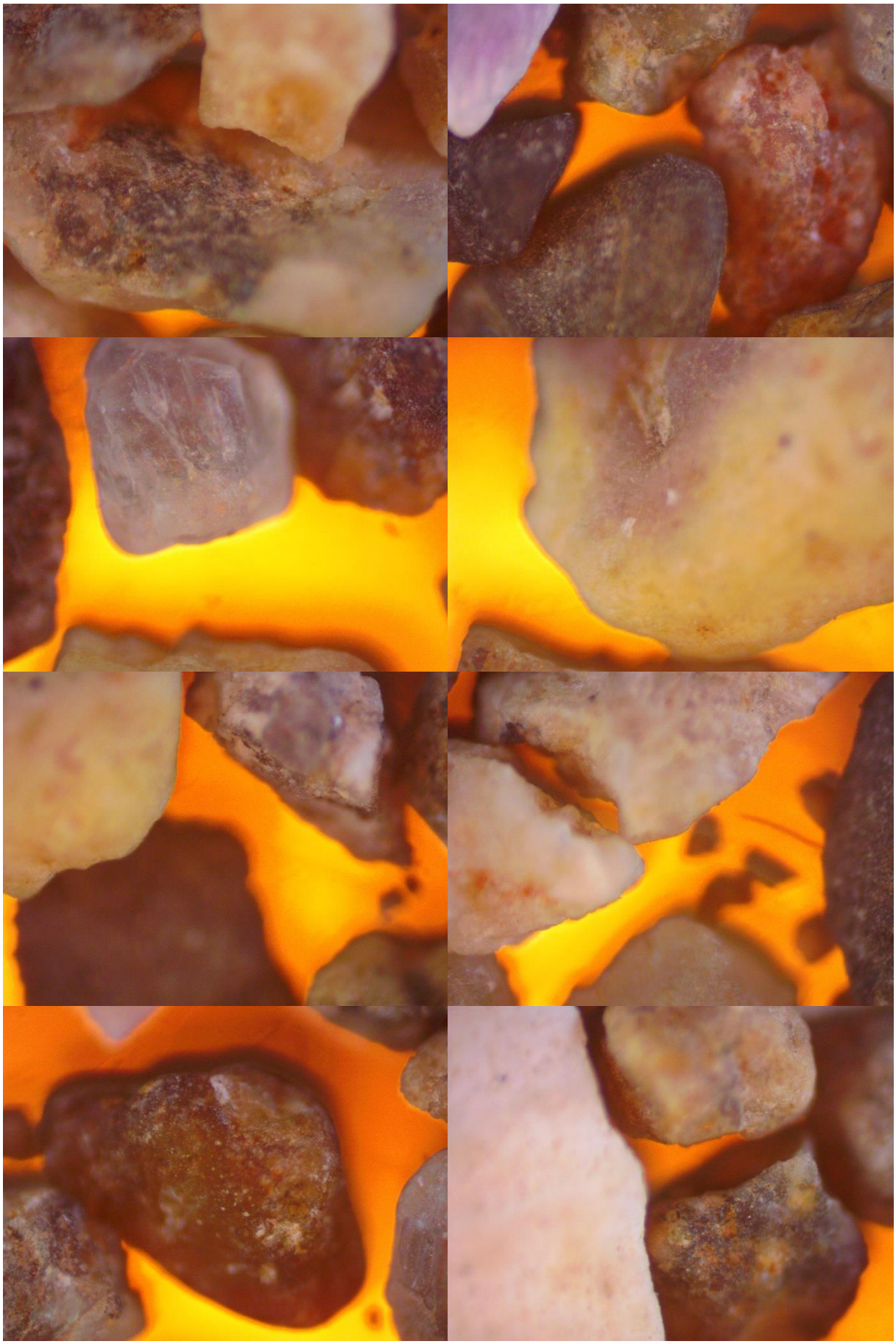


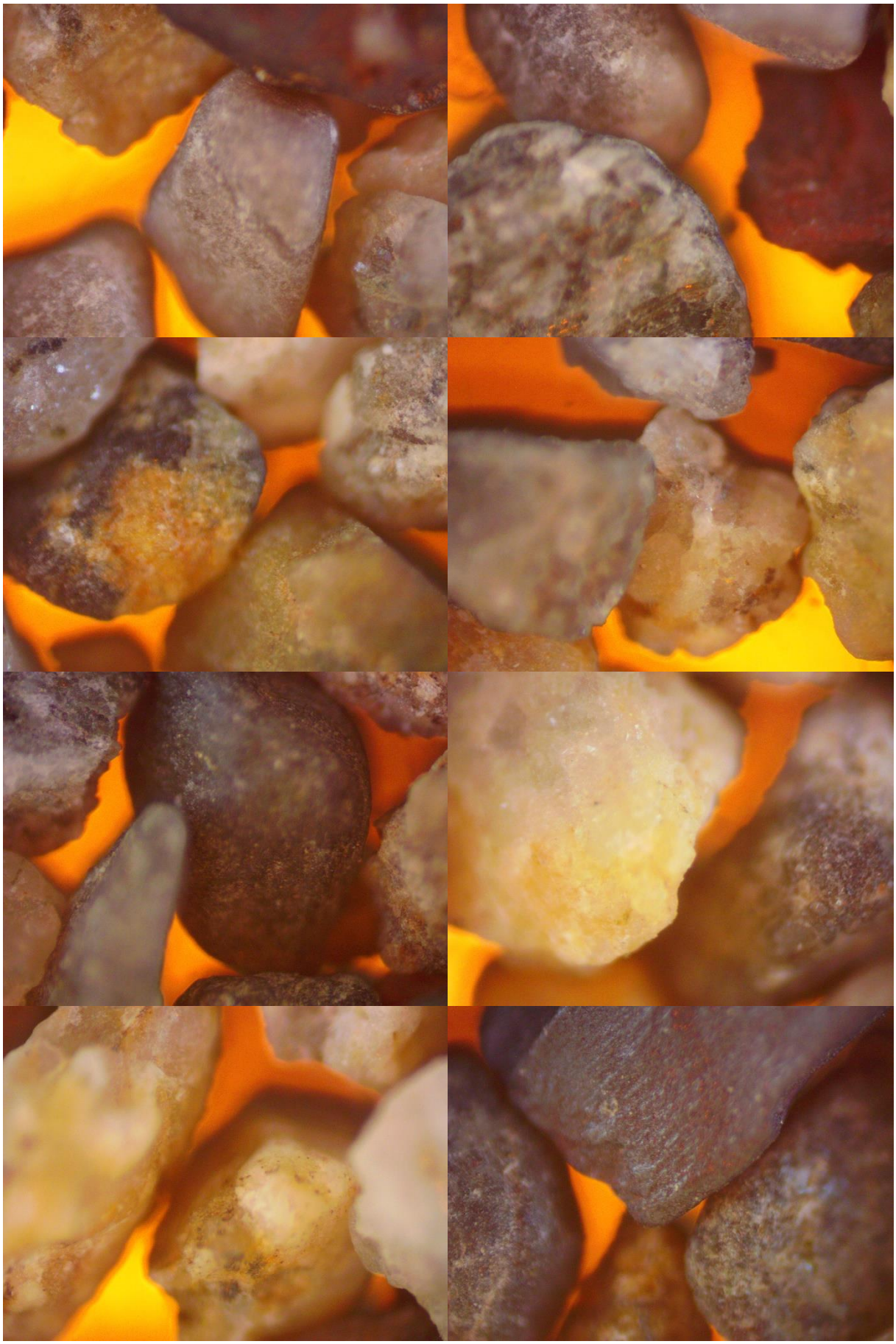


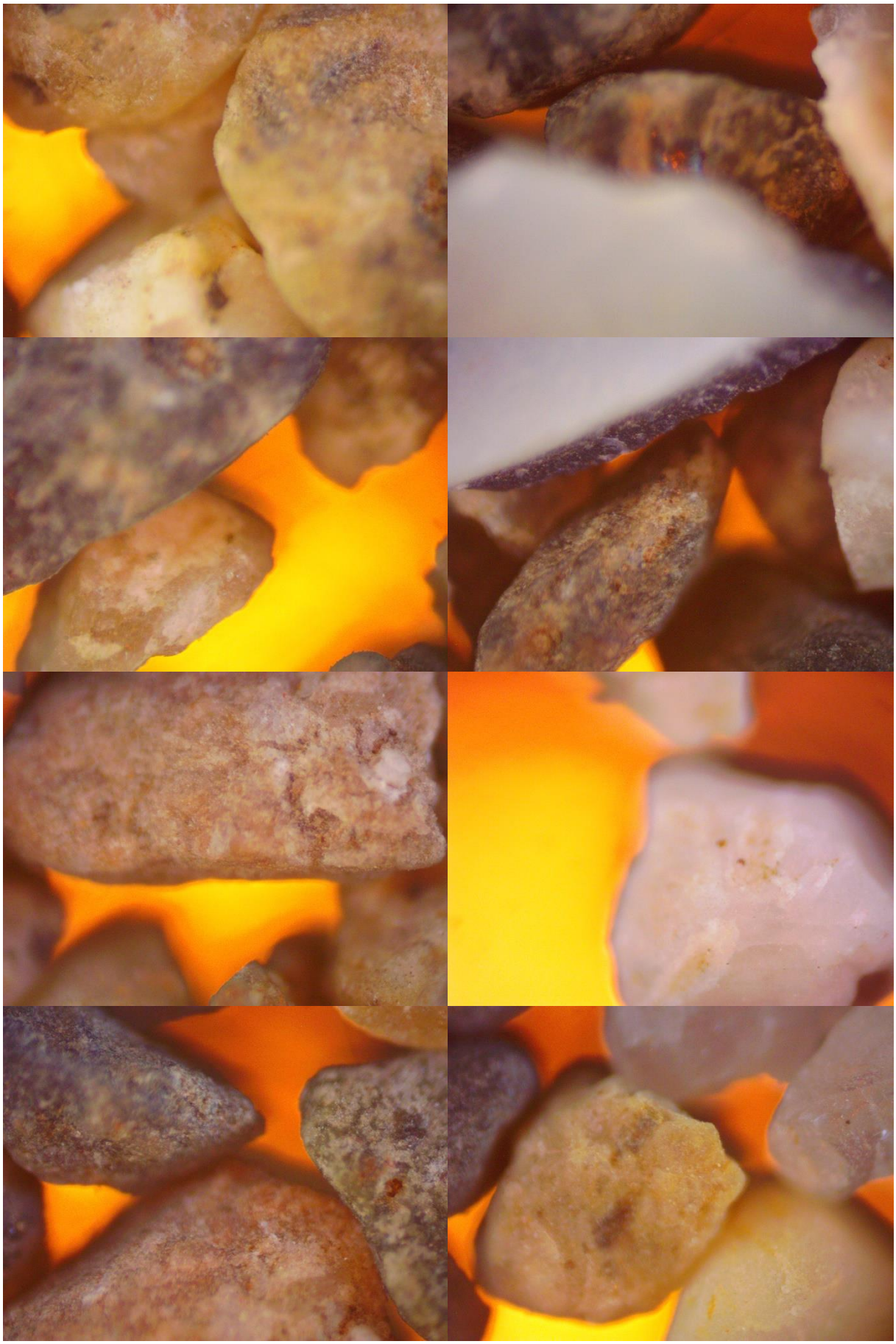
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5'in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

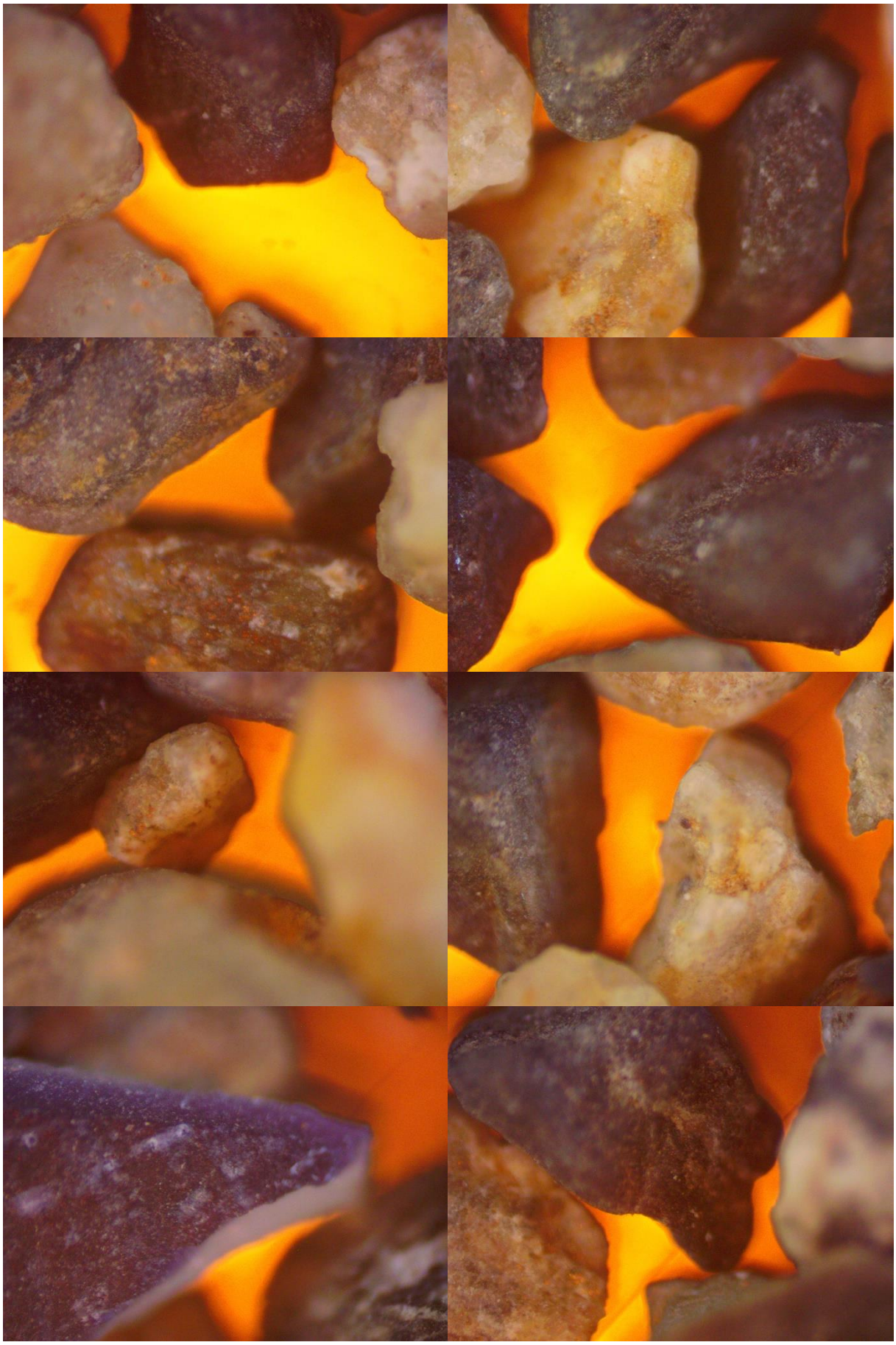




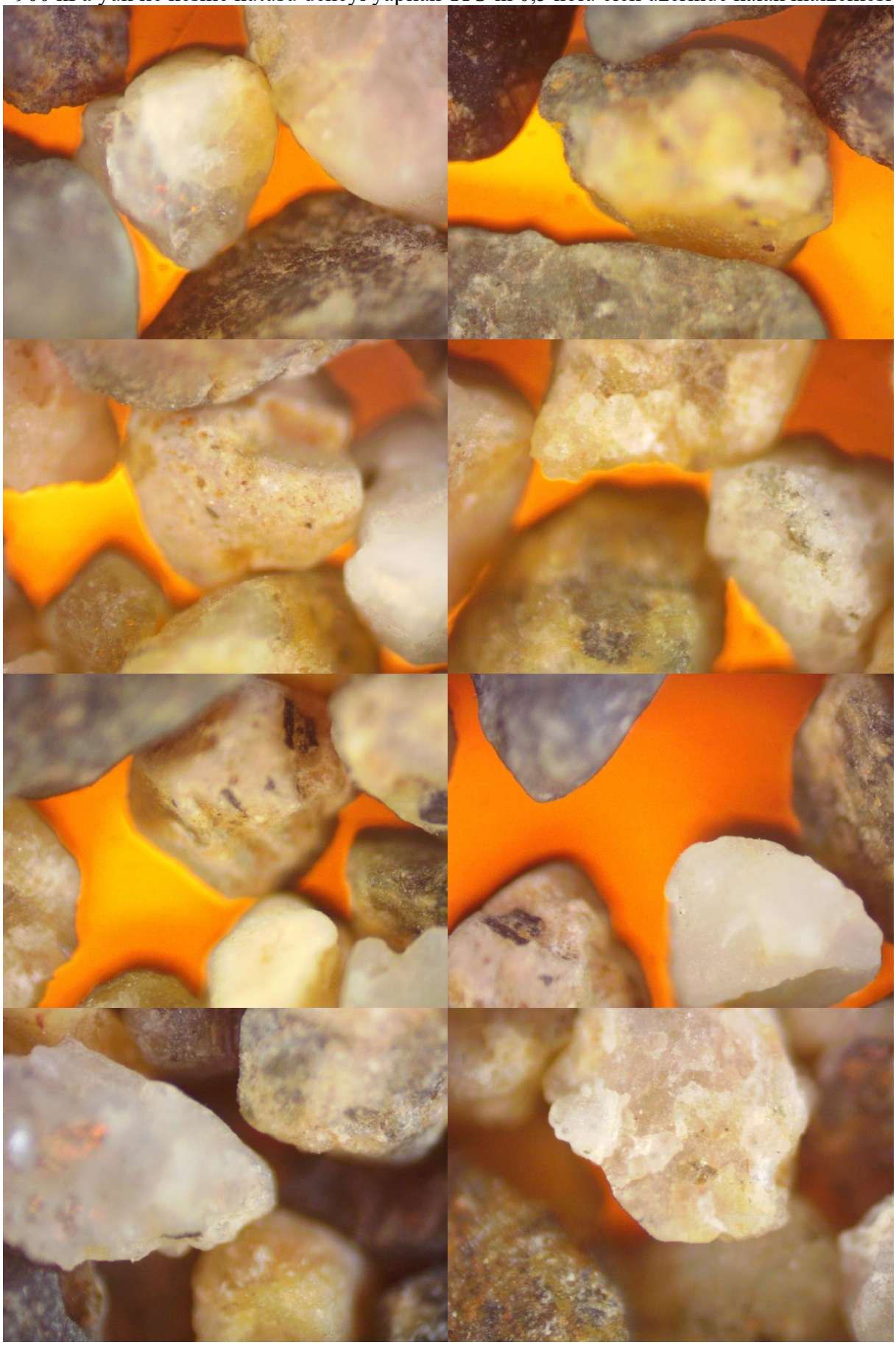


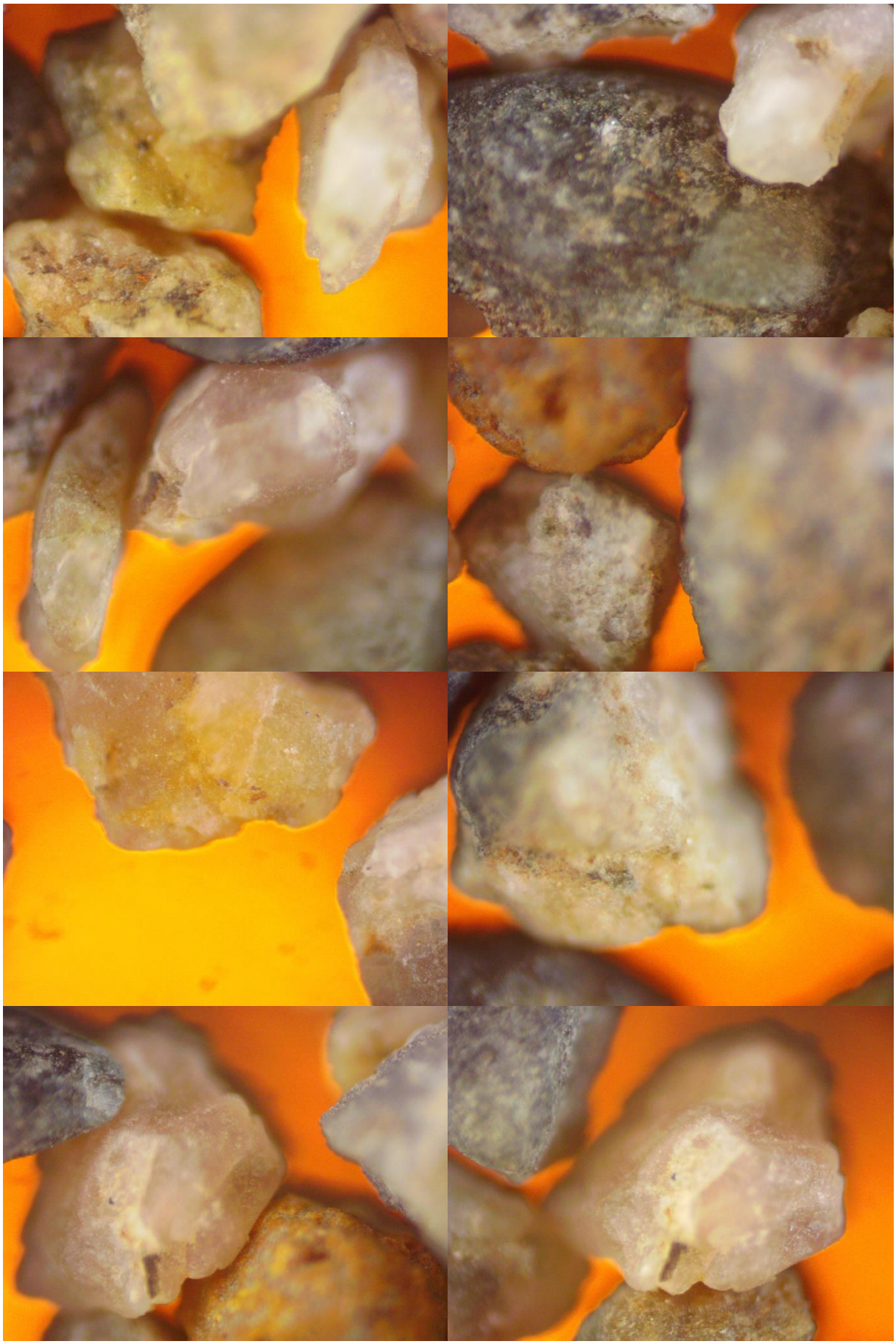


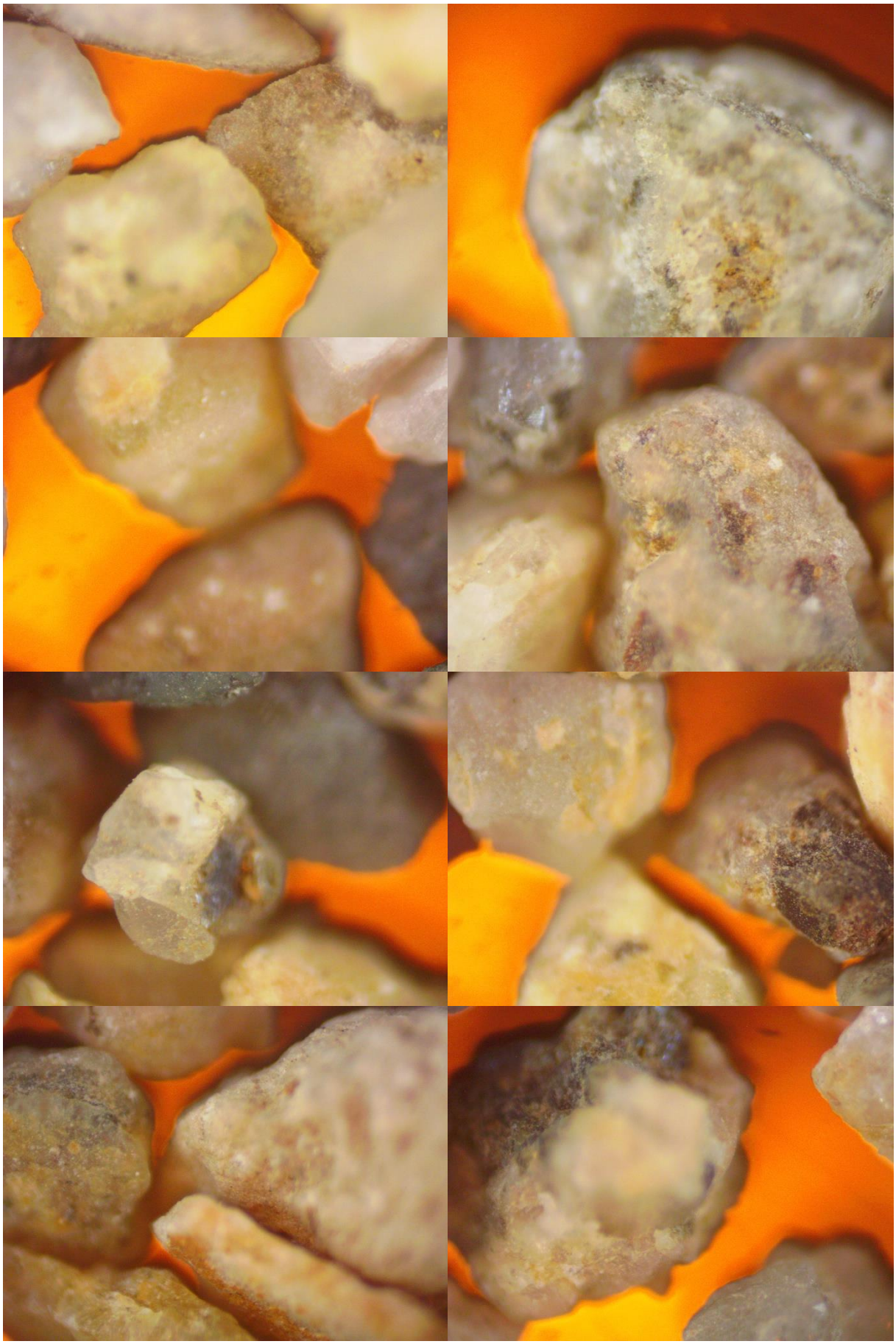


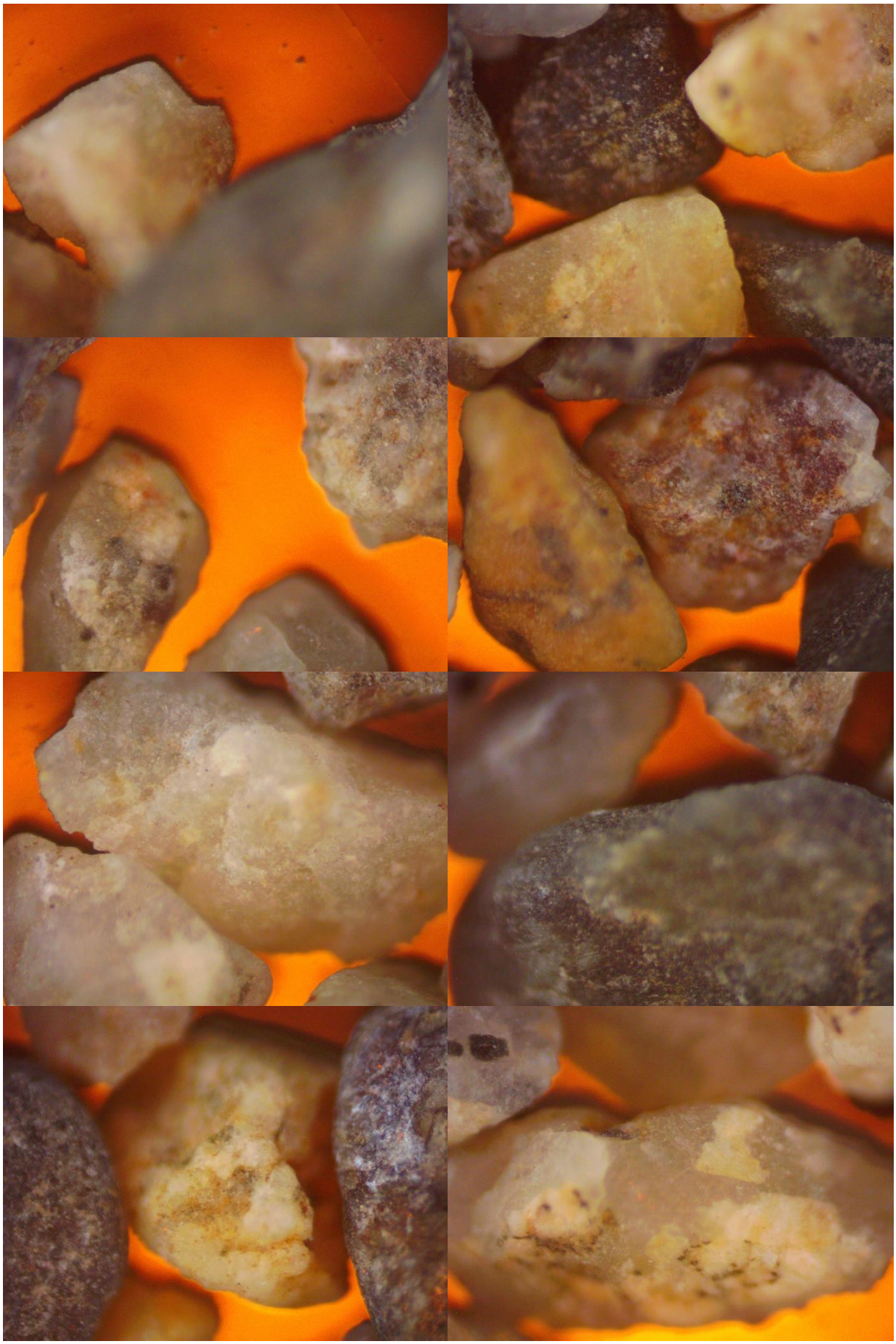


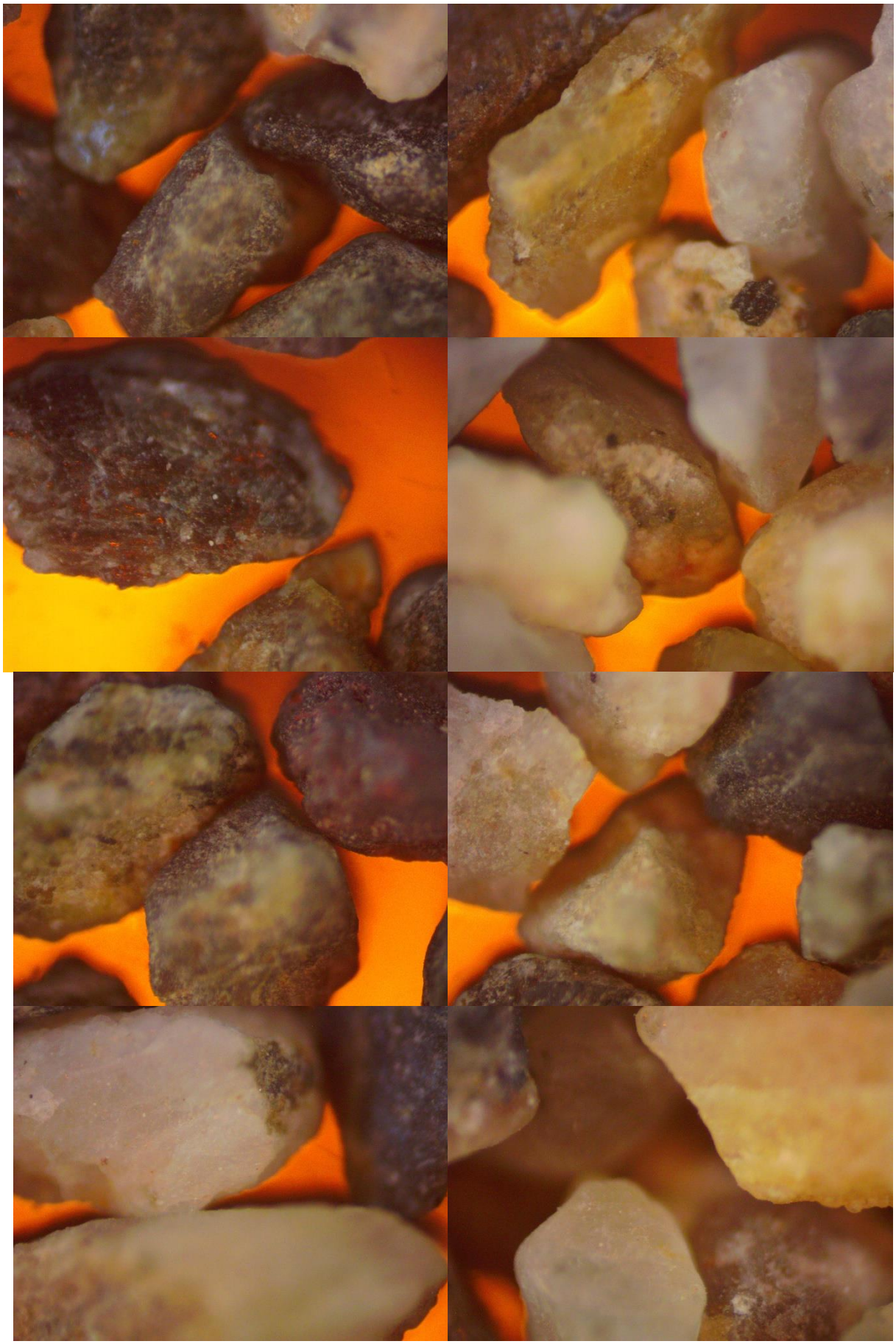
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

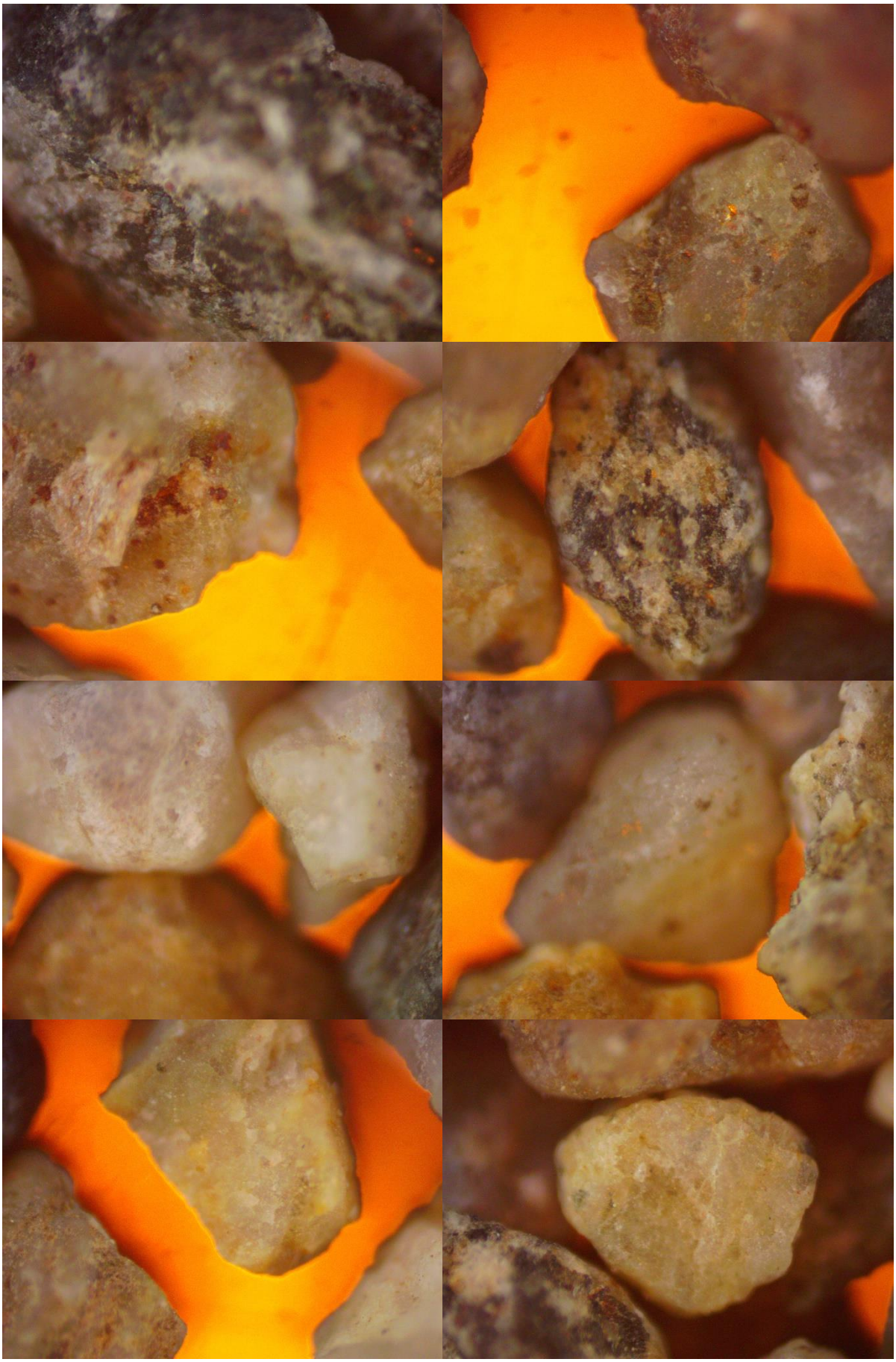


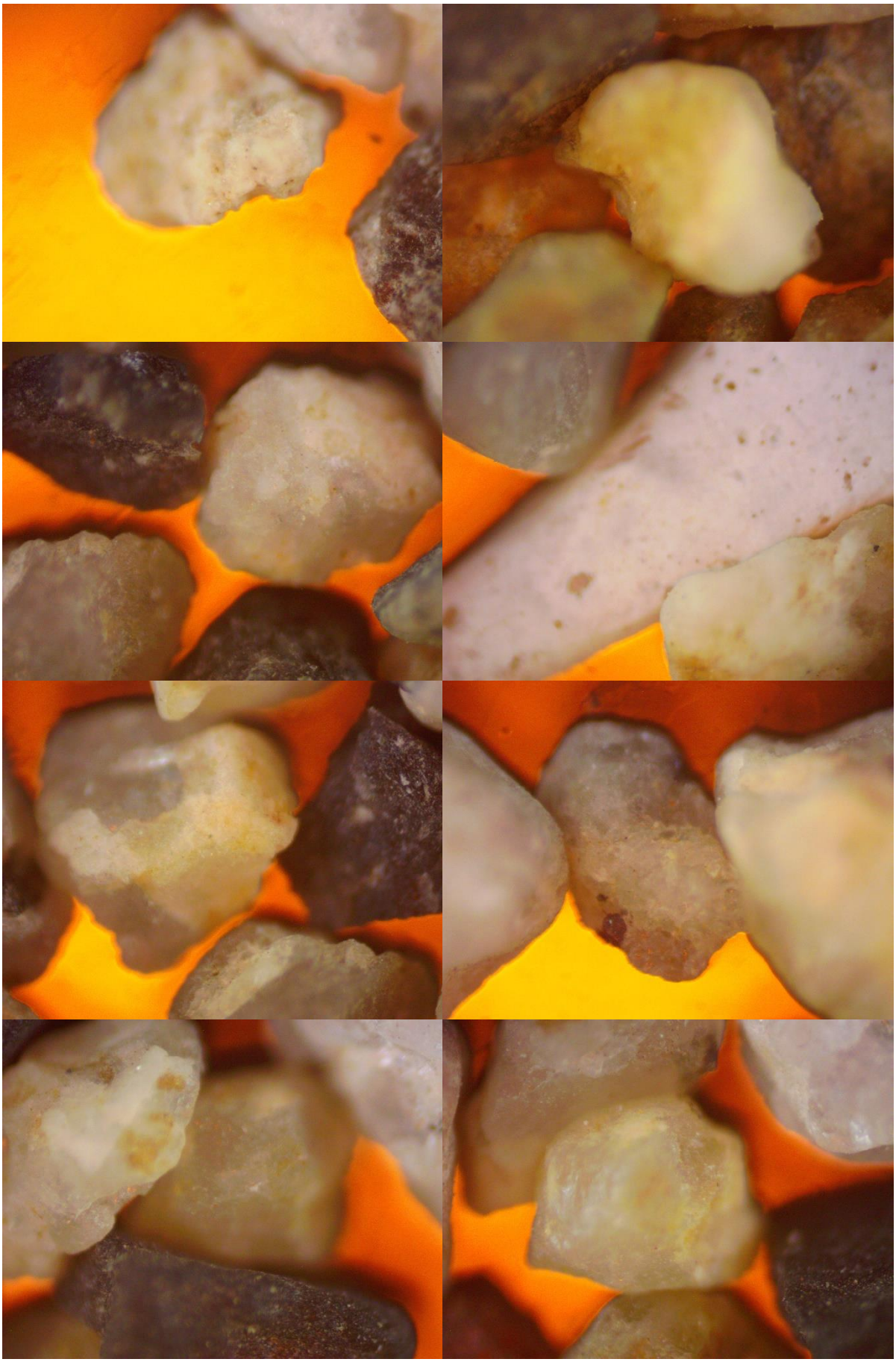


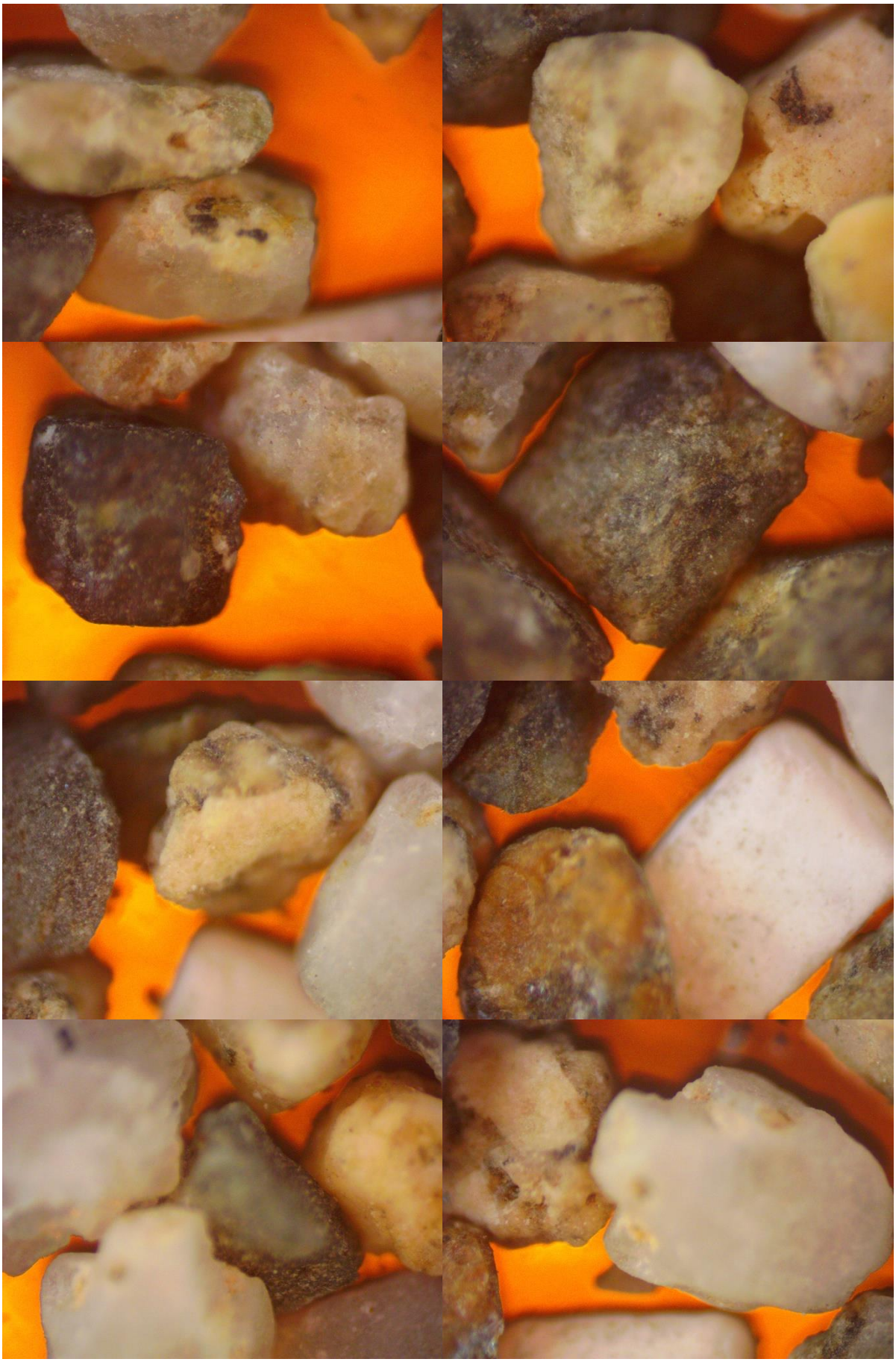


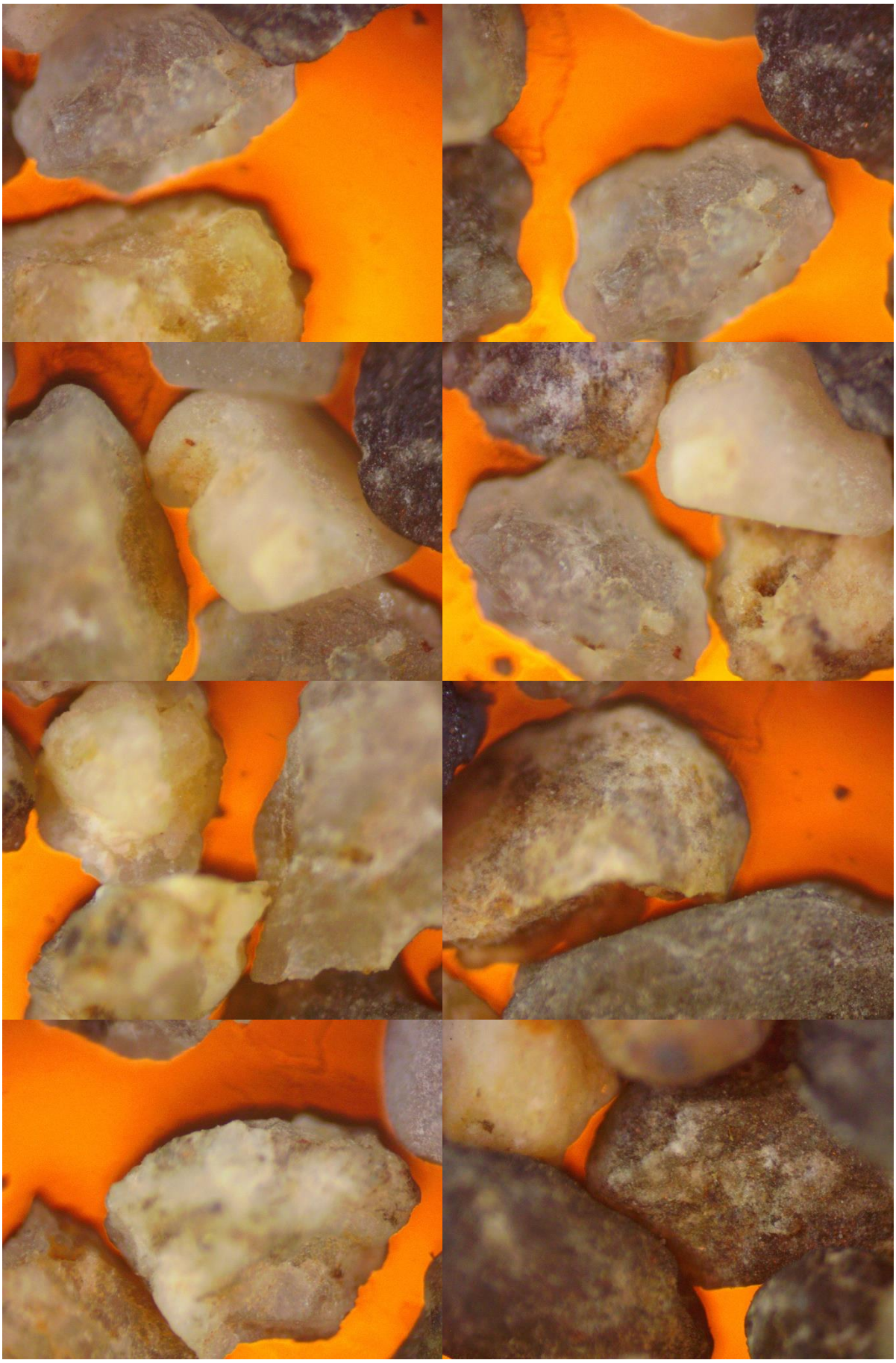


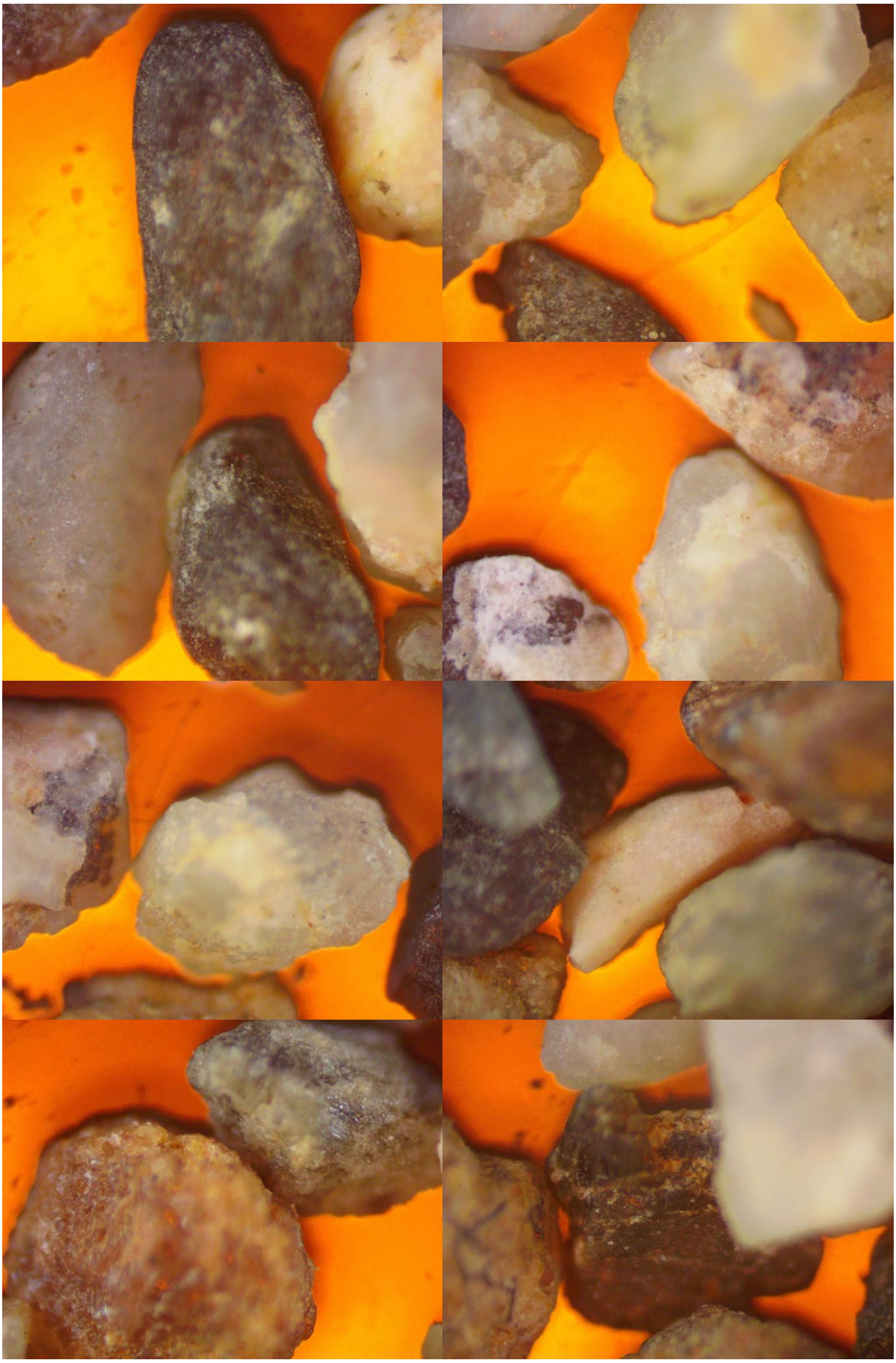










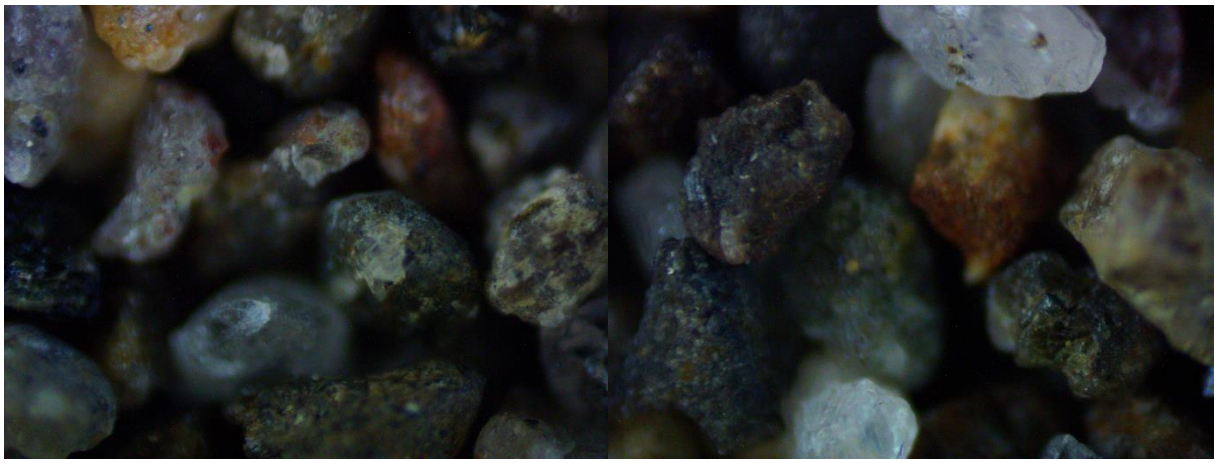


Şekil 59. TP5 kumunun farklı yükler altında 1 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

0,5 Nolu Elek Üzerinde Kalan Taneler

TP1 kumunun 0,5 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 60).

TP1 kumunun 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



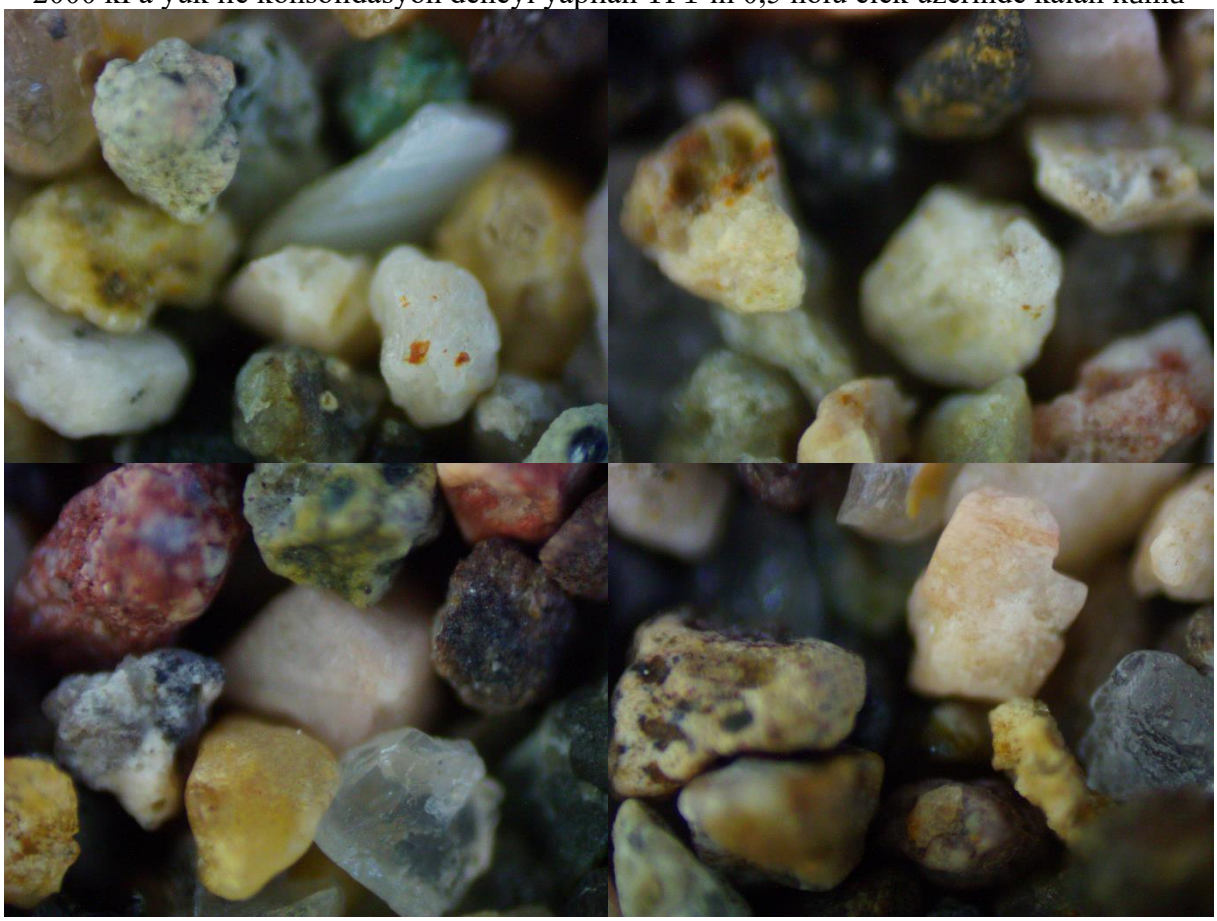
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

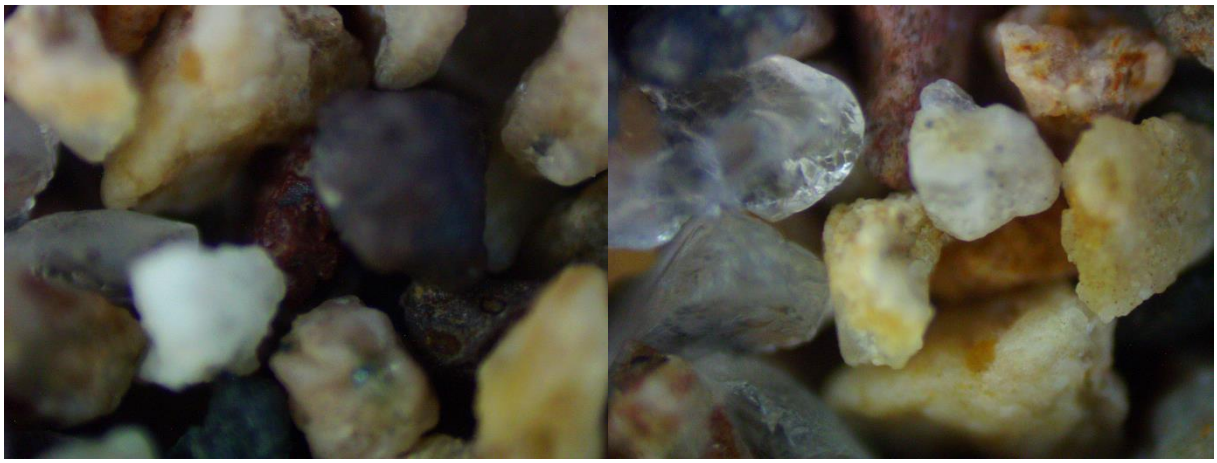
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu

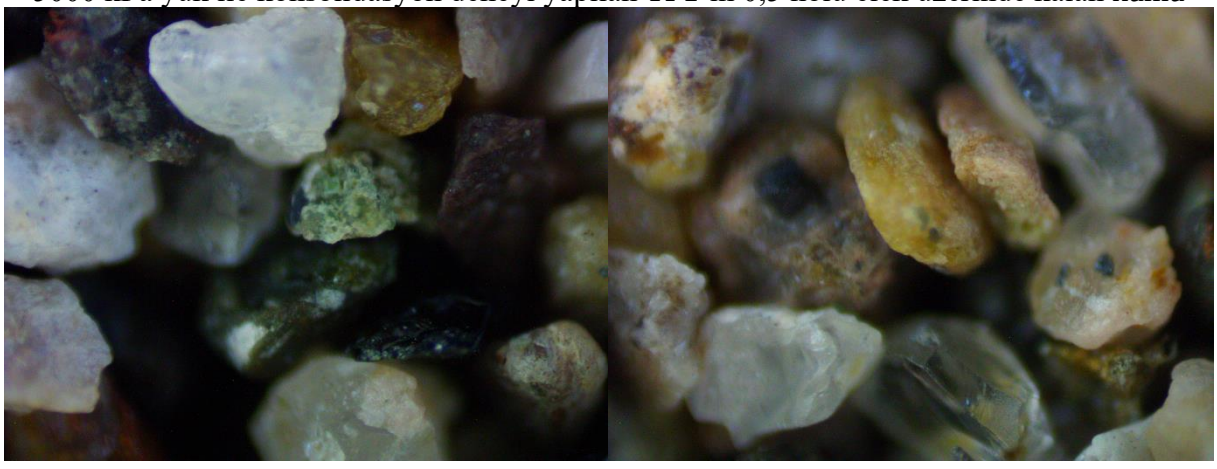
2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu



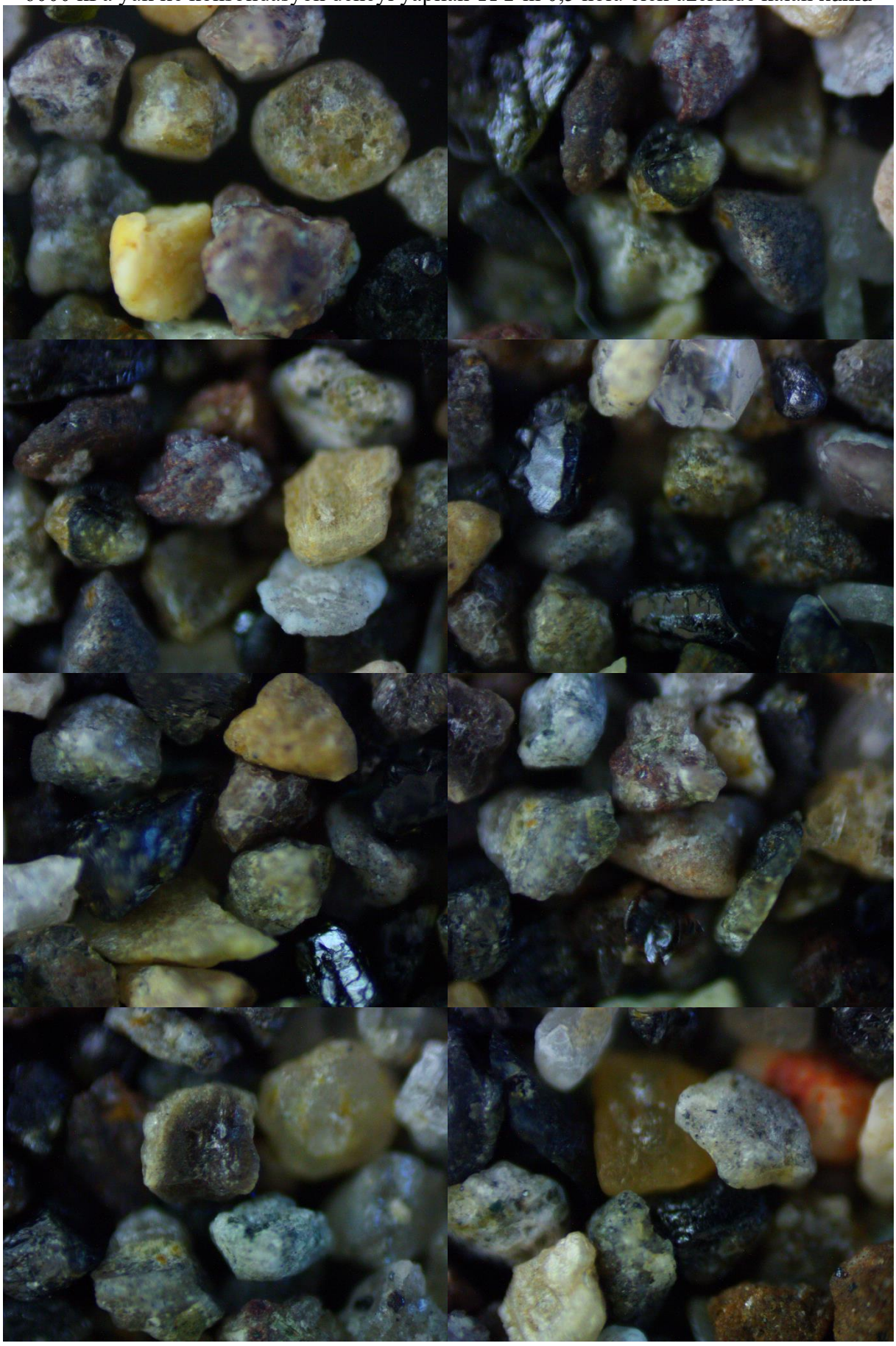


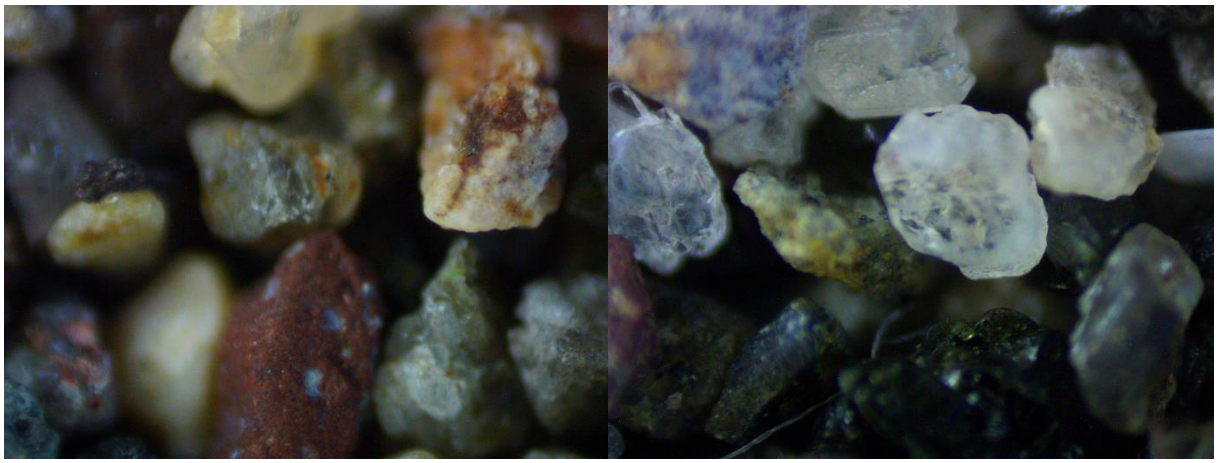
4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1'in 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu

5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu



6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu



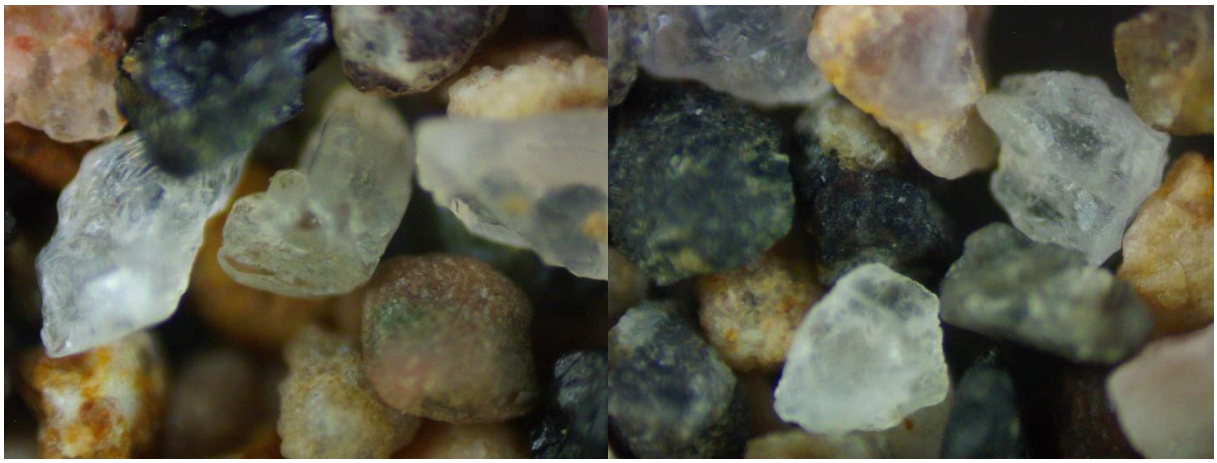


Şekil 60. TP1 kumunun farklı yükler altında 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

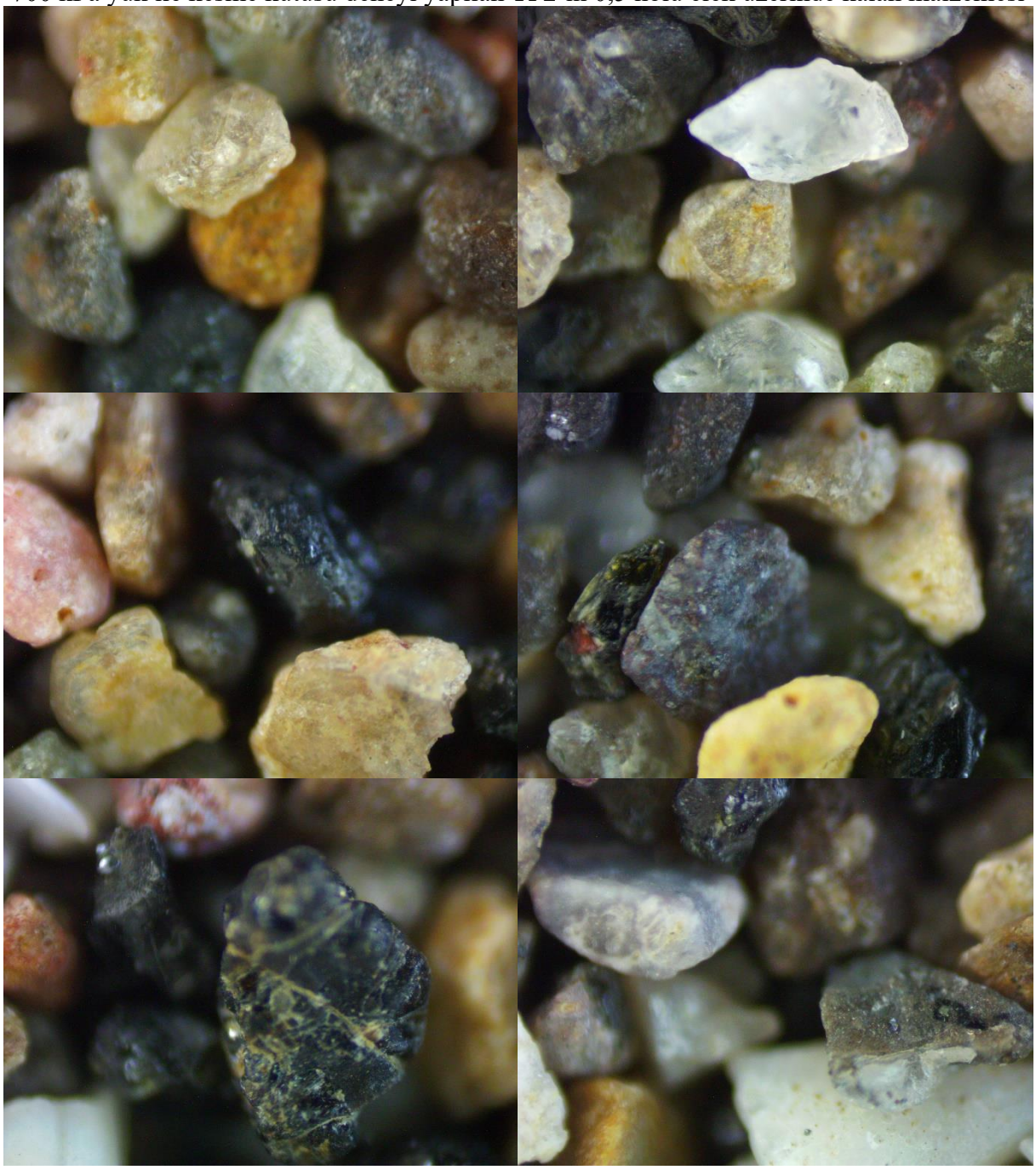
TP2 kumunun 0,5 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 61).

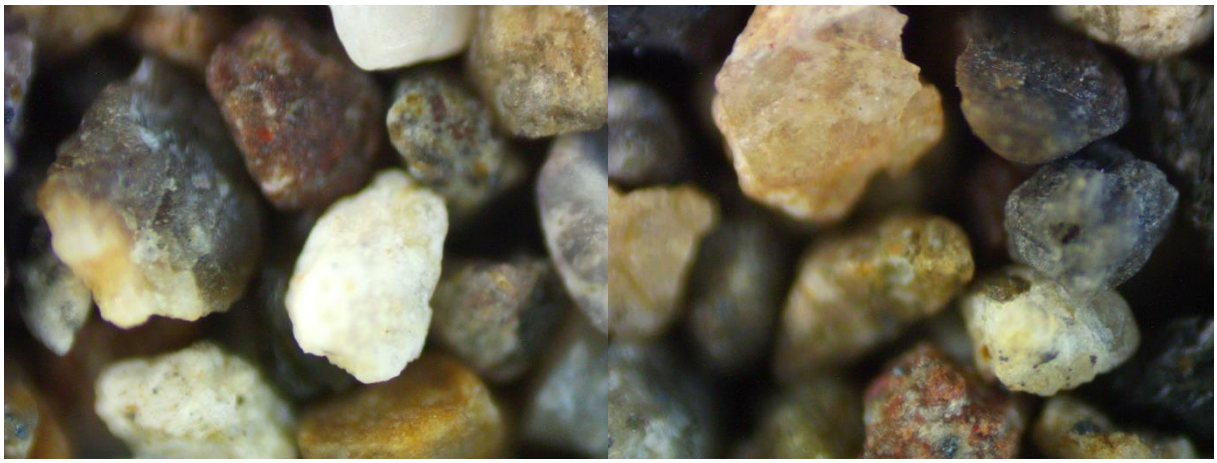
TP2 kumunun 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

100 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

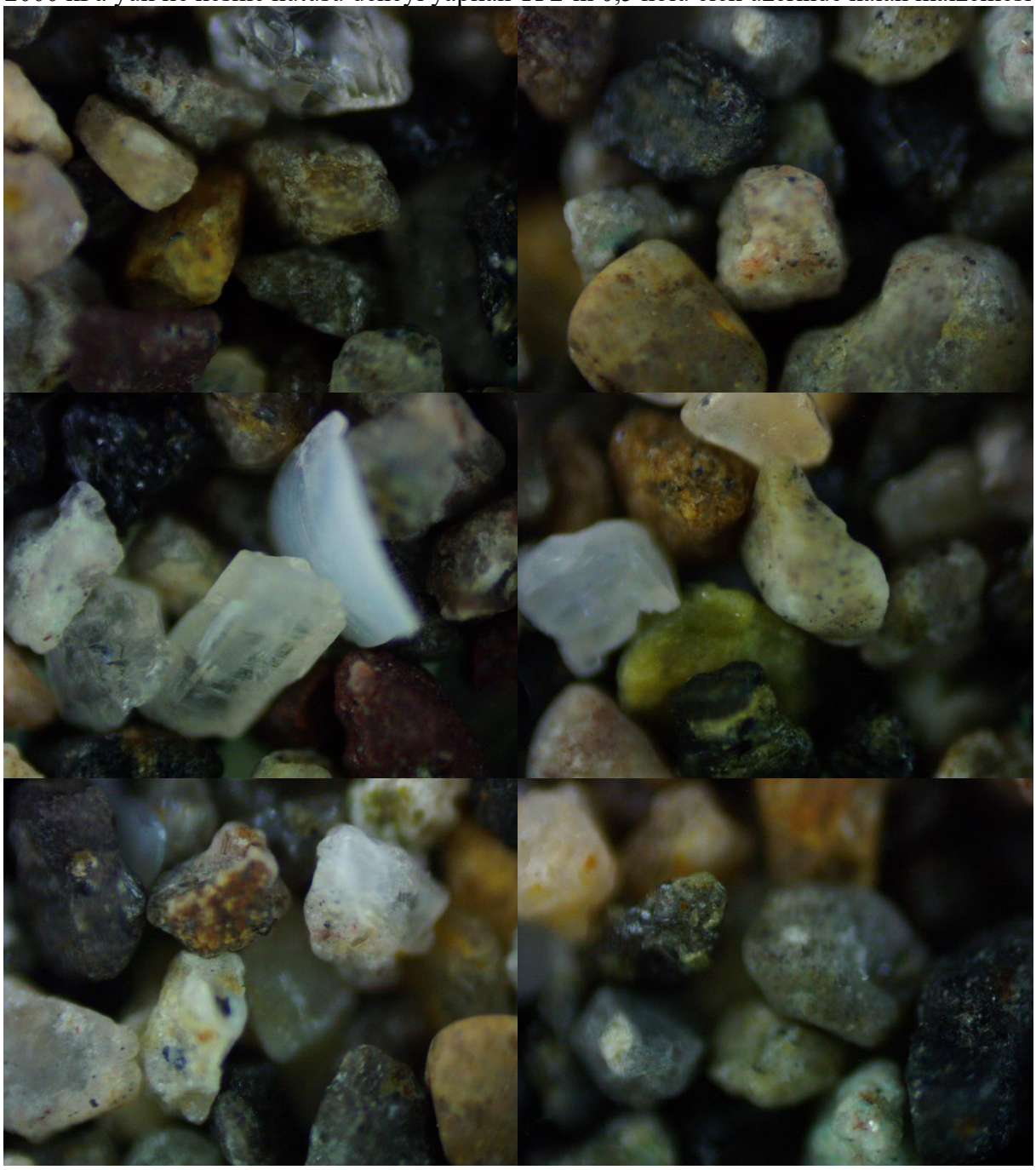


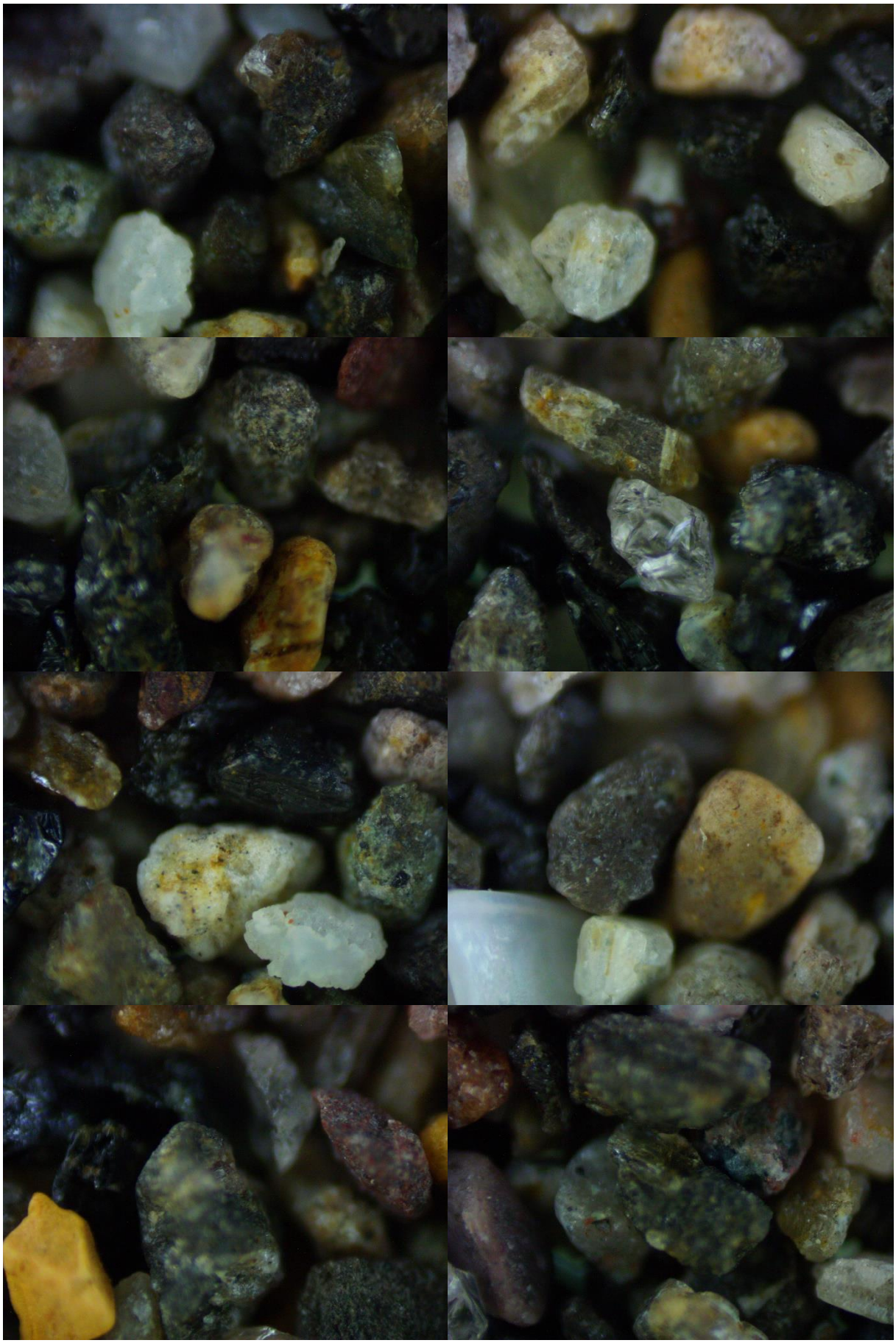


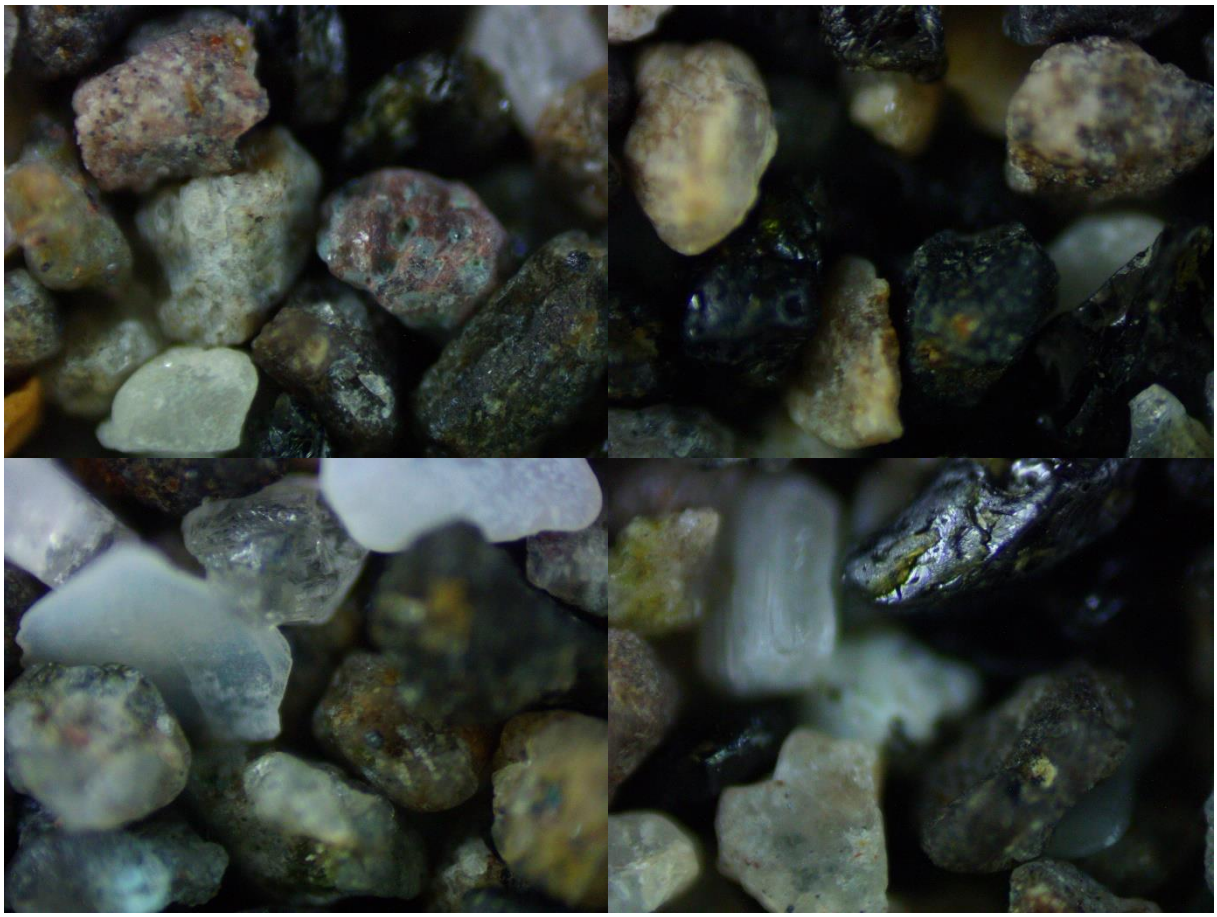
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

1000 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

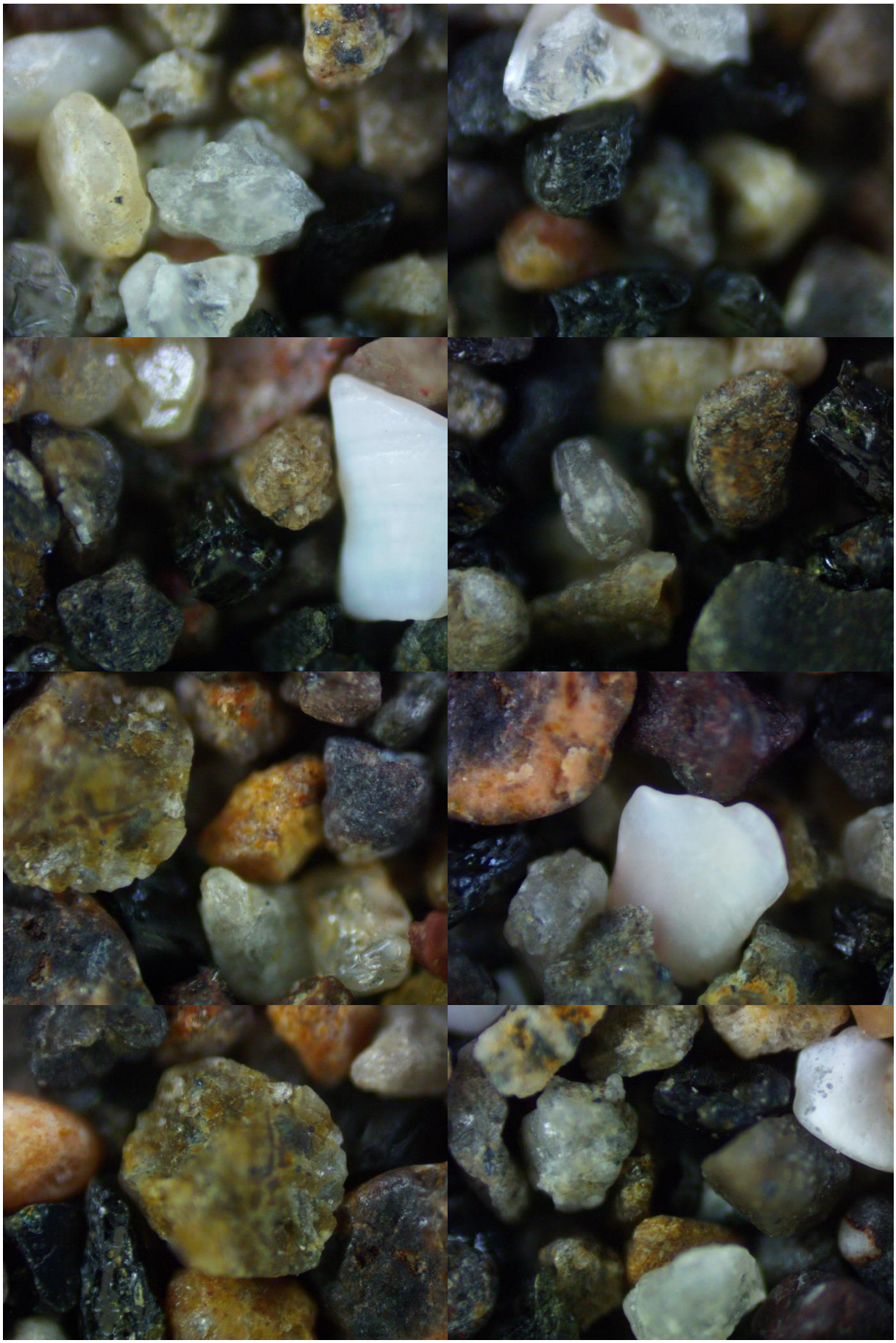
2000 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



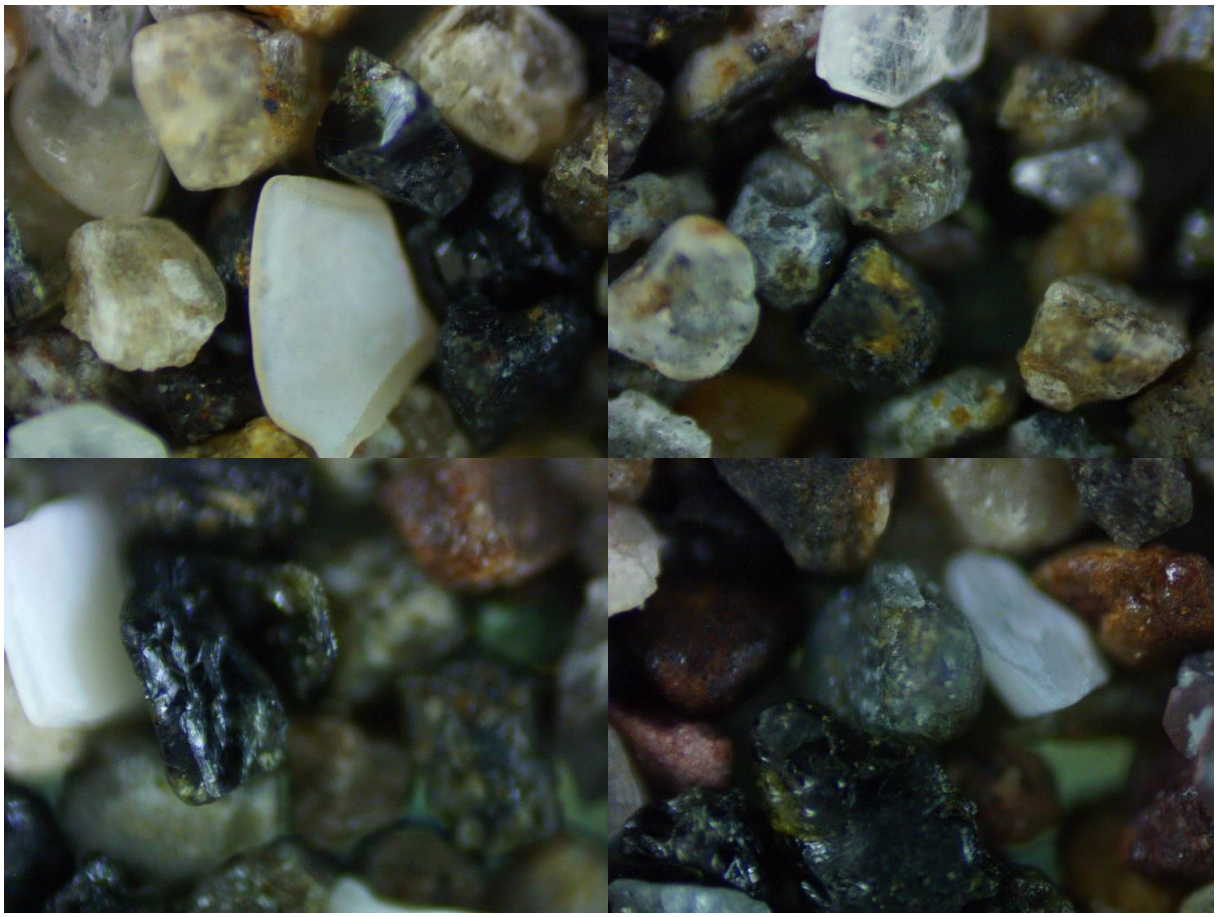




3000 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



4000 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

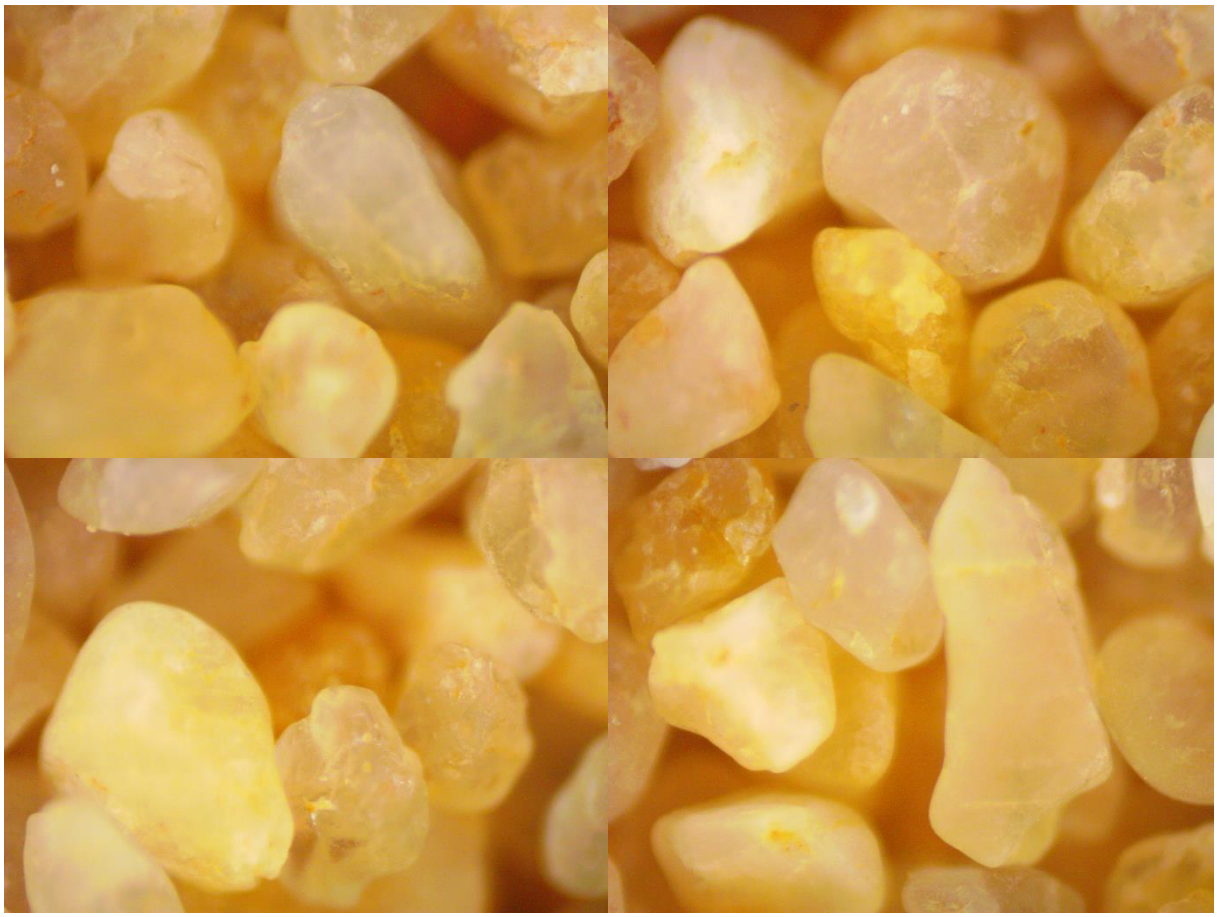


5000 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

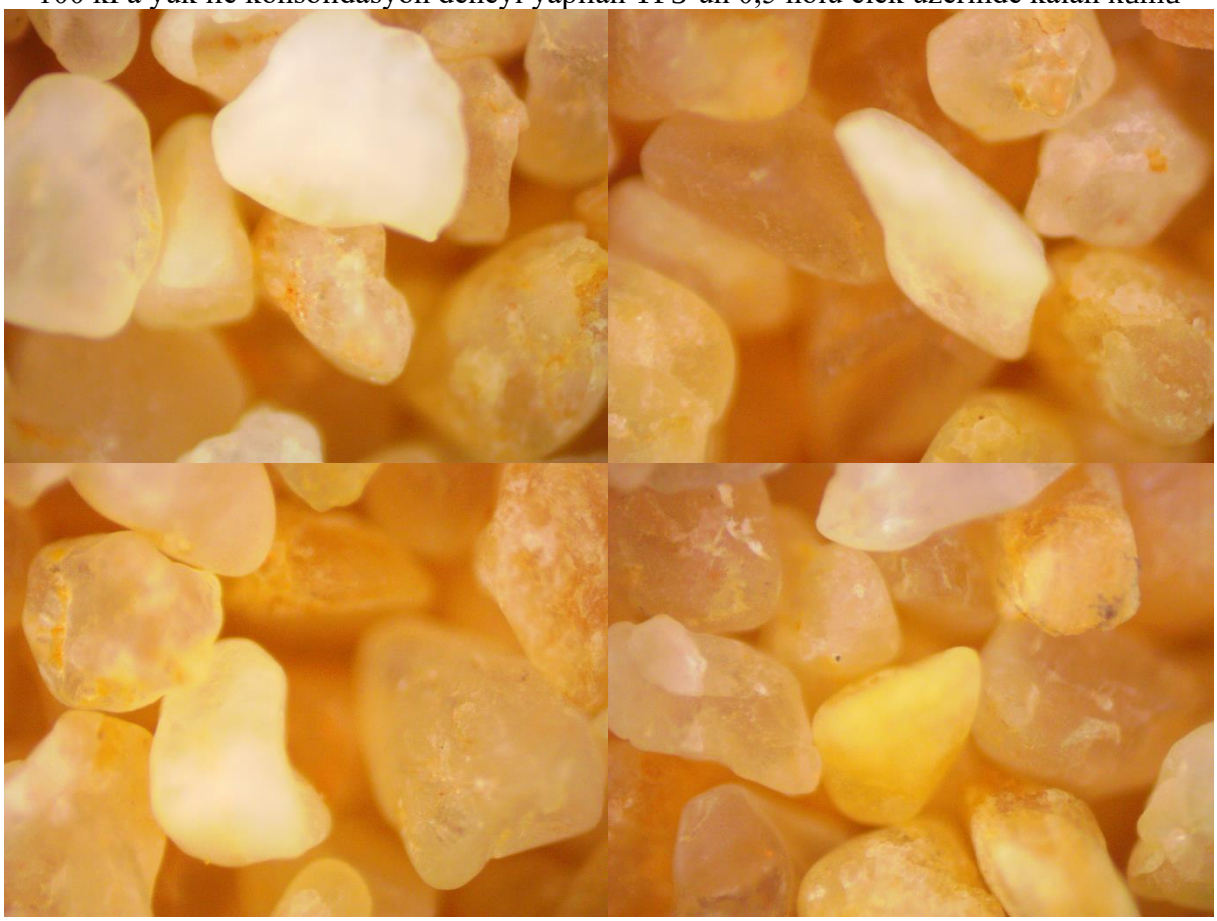
Şekil 61. TP2 Kumun 0.5 nolu elek altında kalanları

TP3 kumunun 0,5 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir. 6000 kPa için mikroskop görüntüsü alınmamıştır (Şekil 62).

TP3 kumunun 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

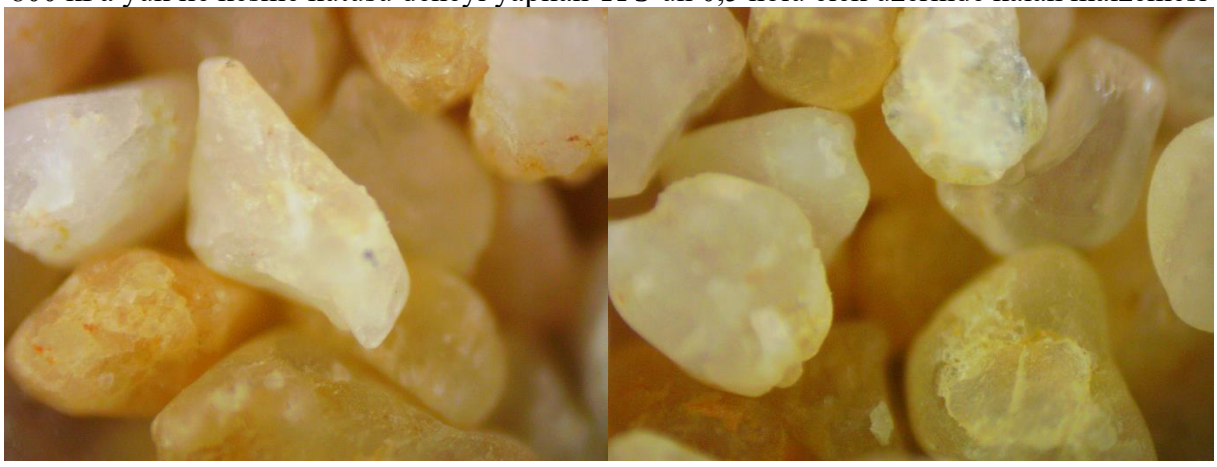


100 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu



700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3'ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3'ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

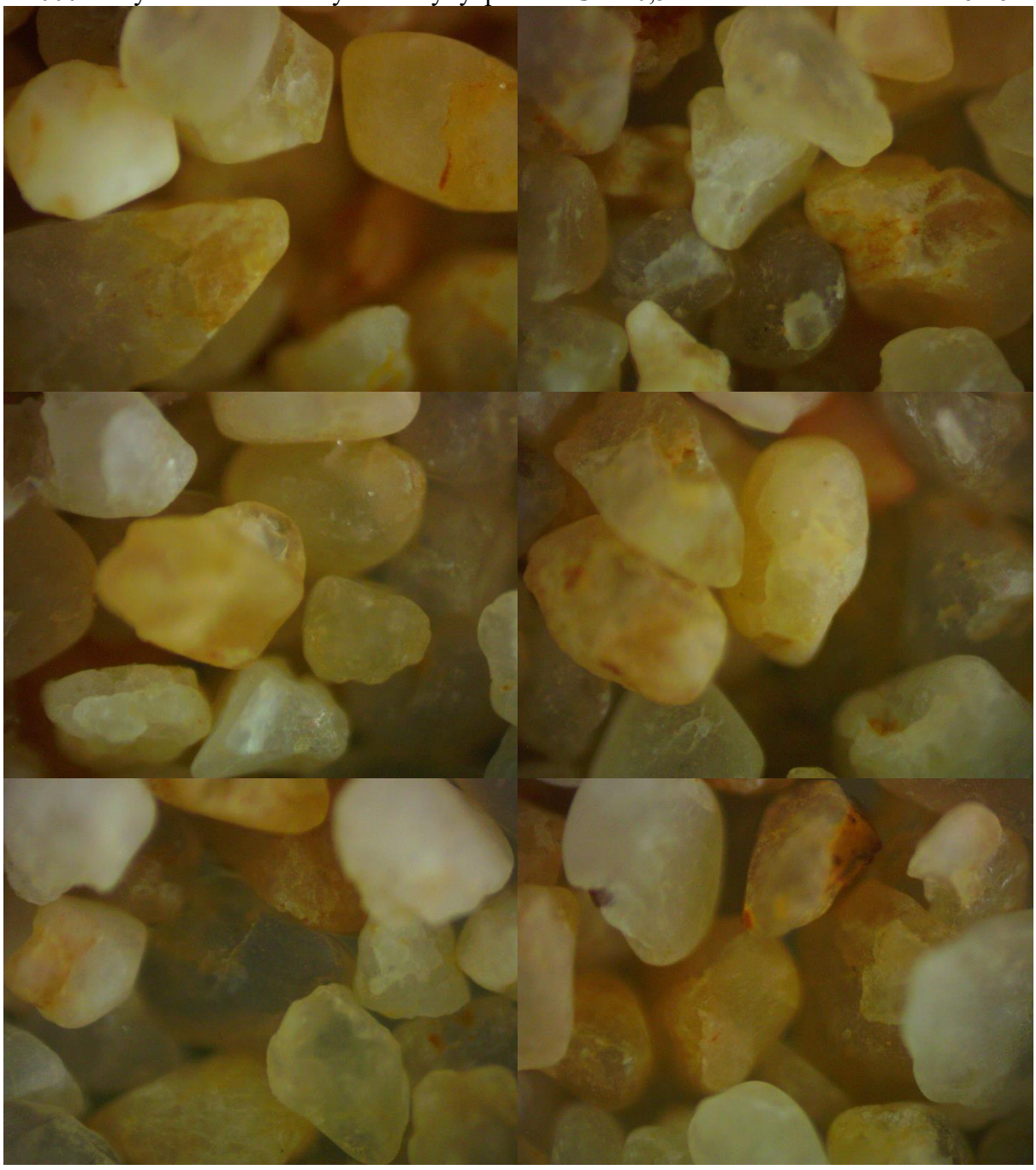


900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3'ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

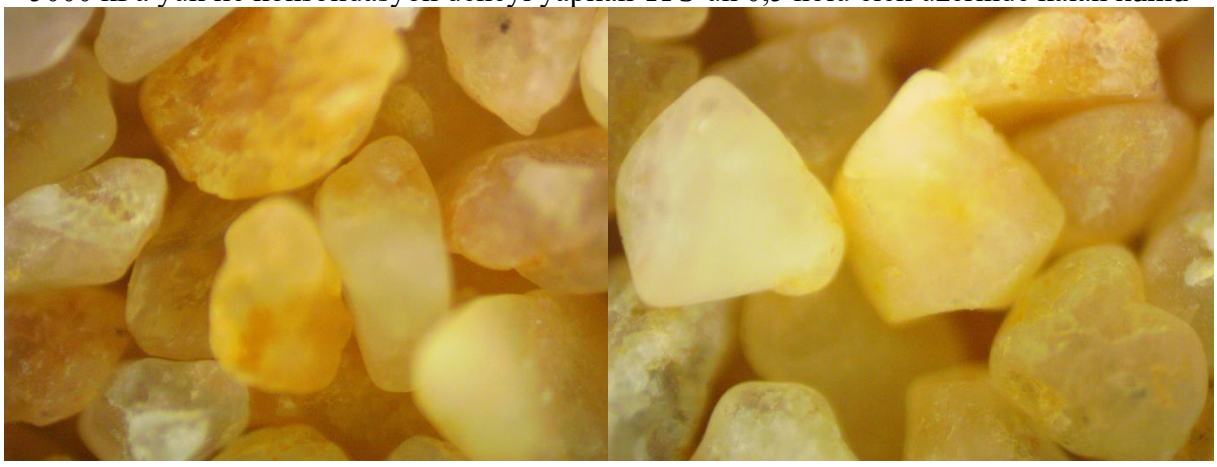
2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu

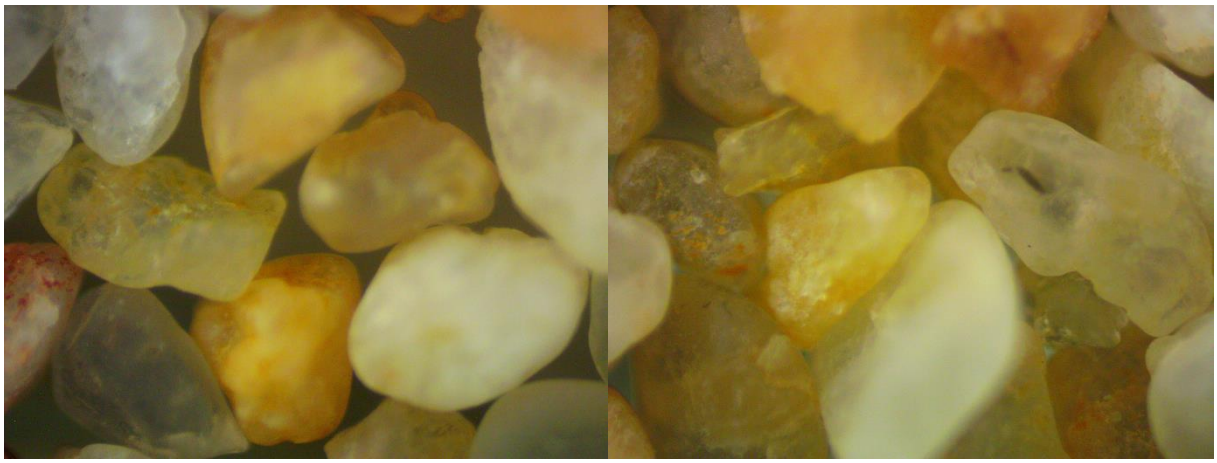
3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu

4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu



5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu



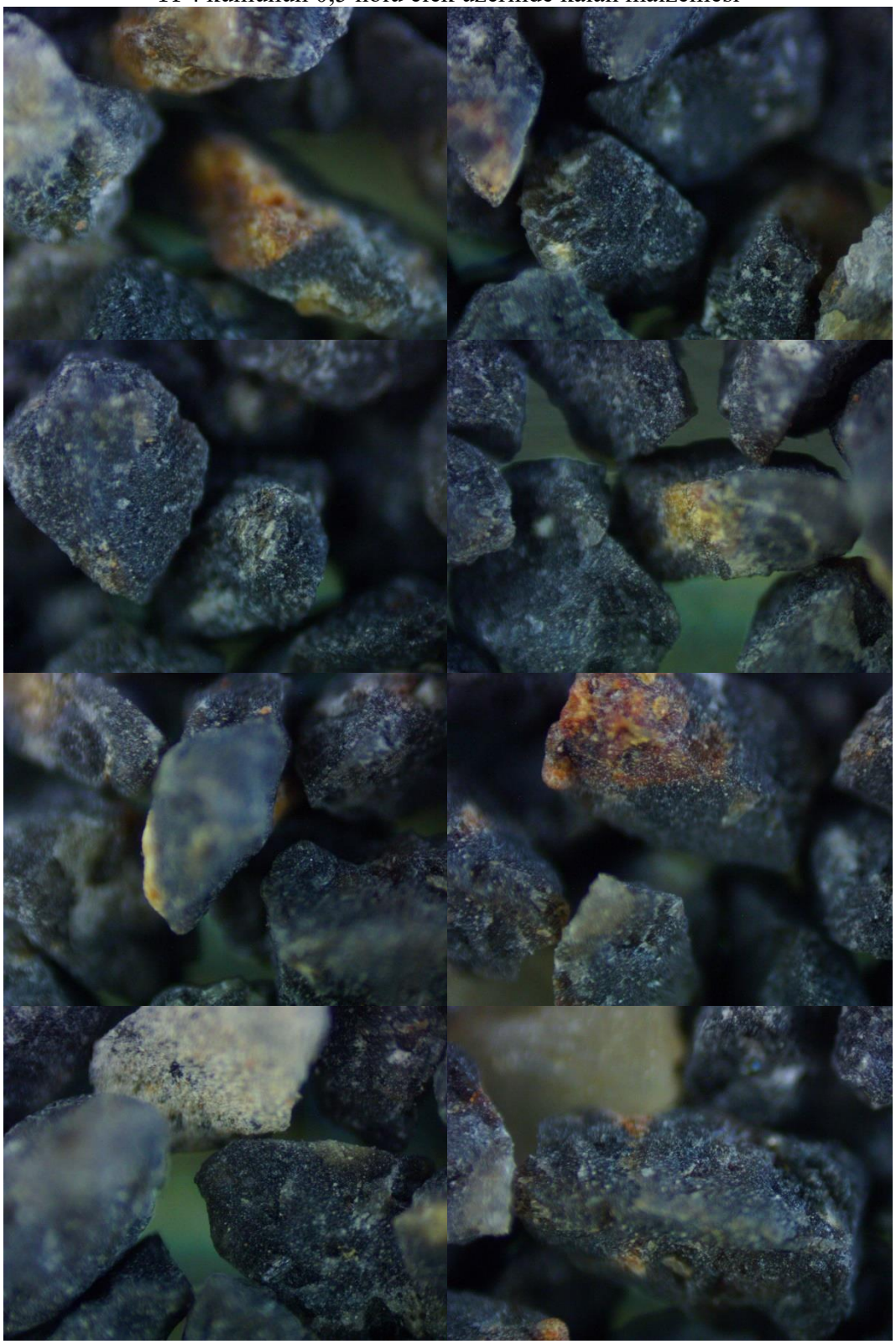


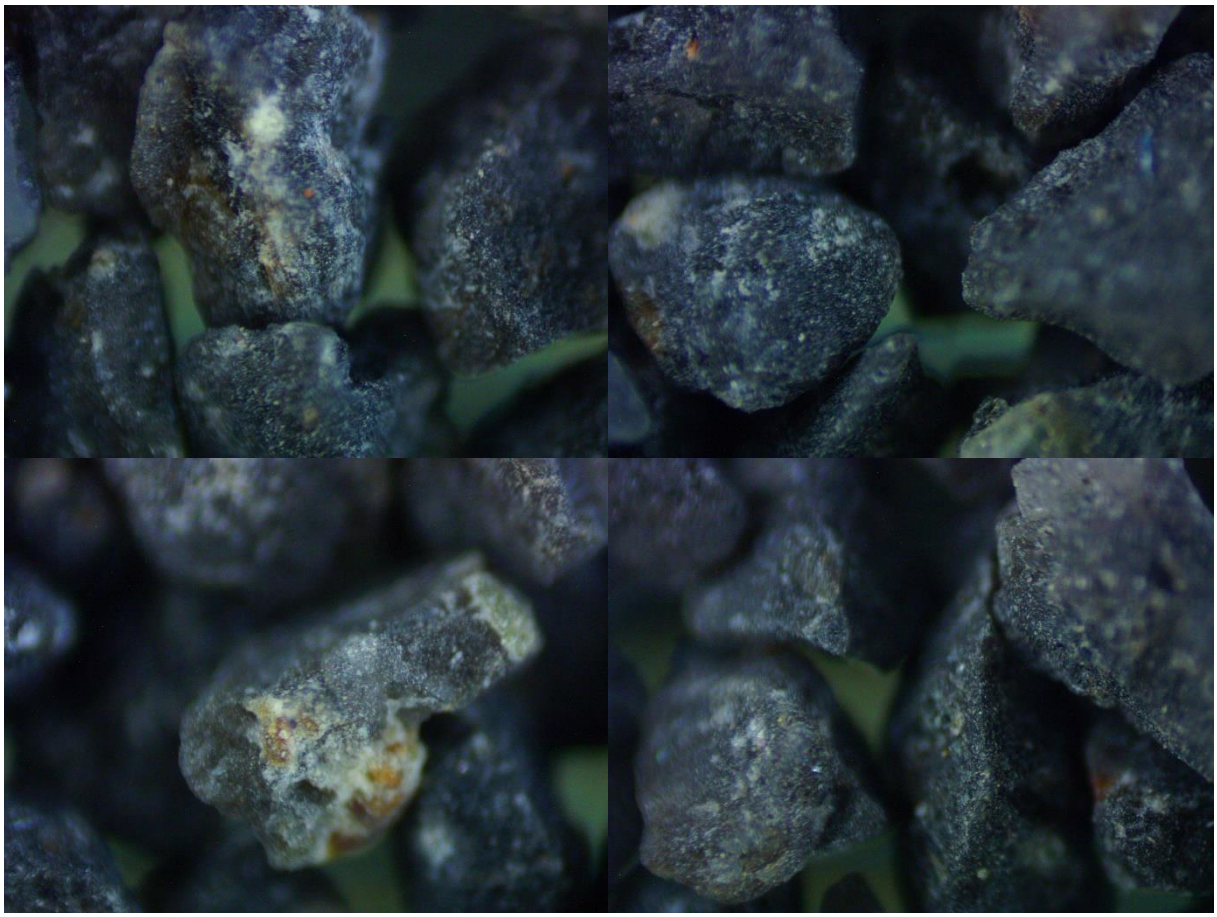
6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu

Şekil 62. TP3 kumunun farklı yükler altında 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

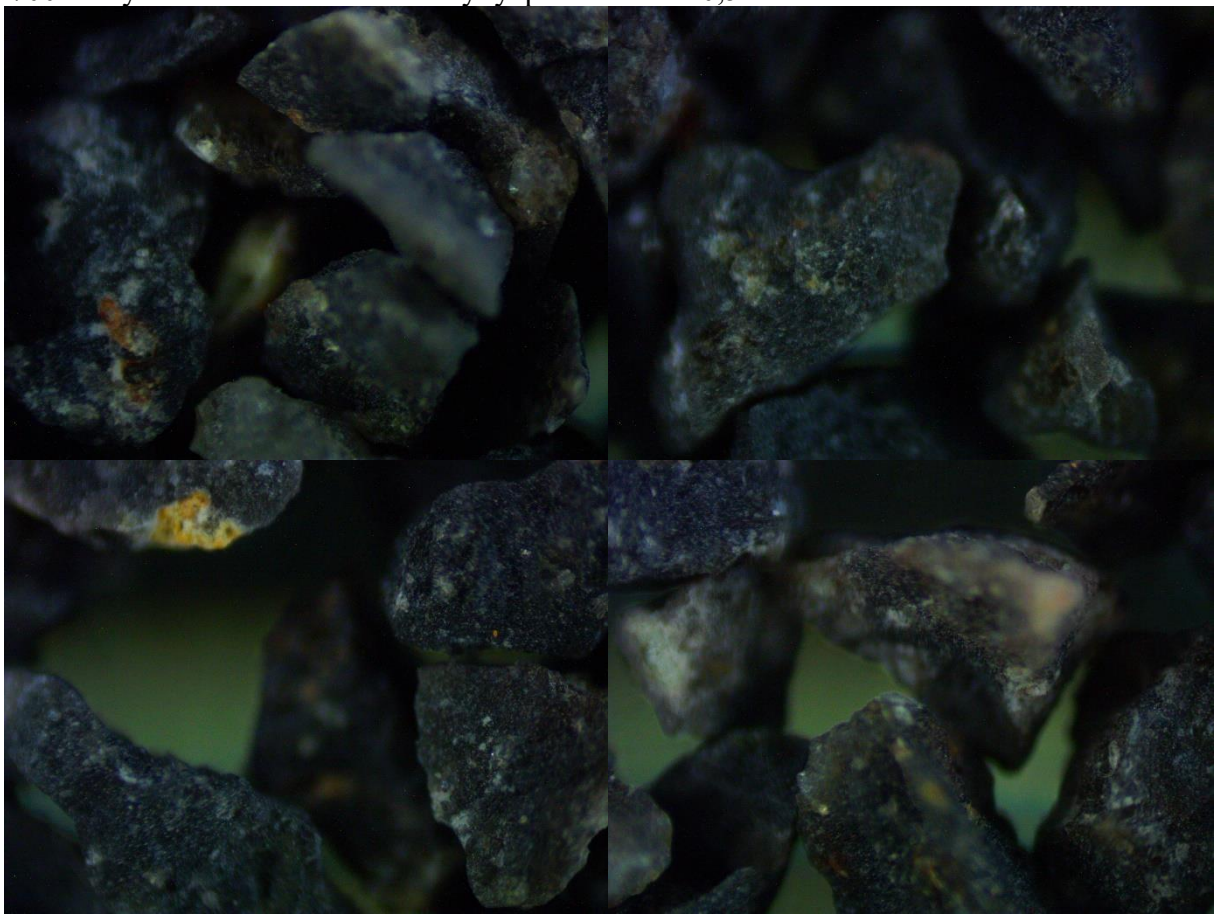
TP4 kumunun 0,5 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 63).

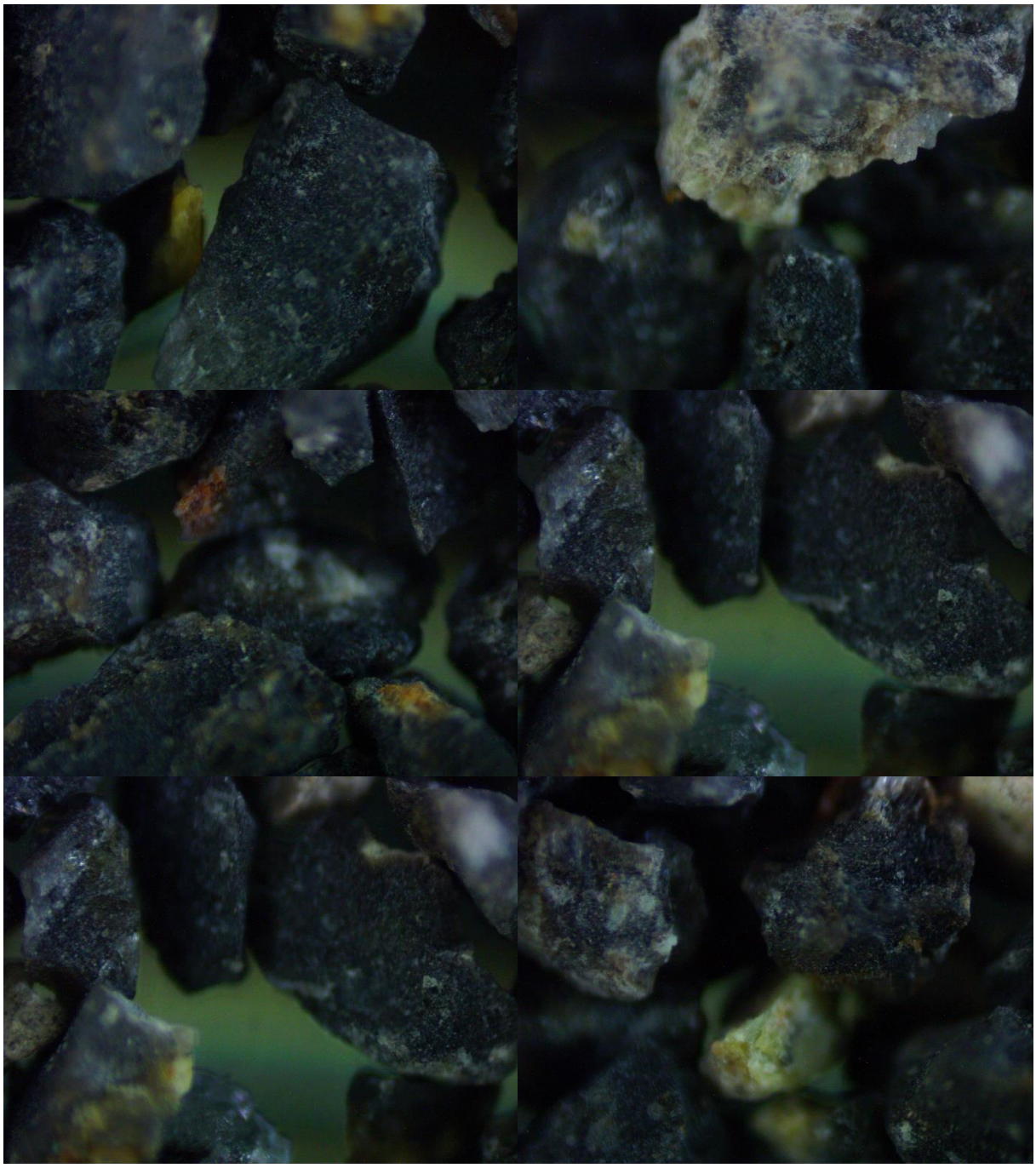
TP4 kumunun 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



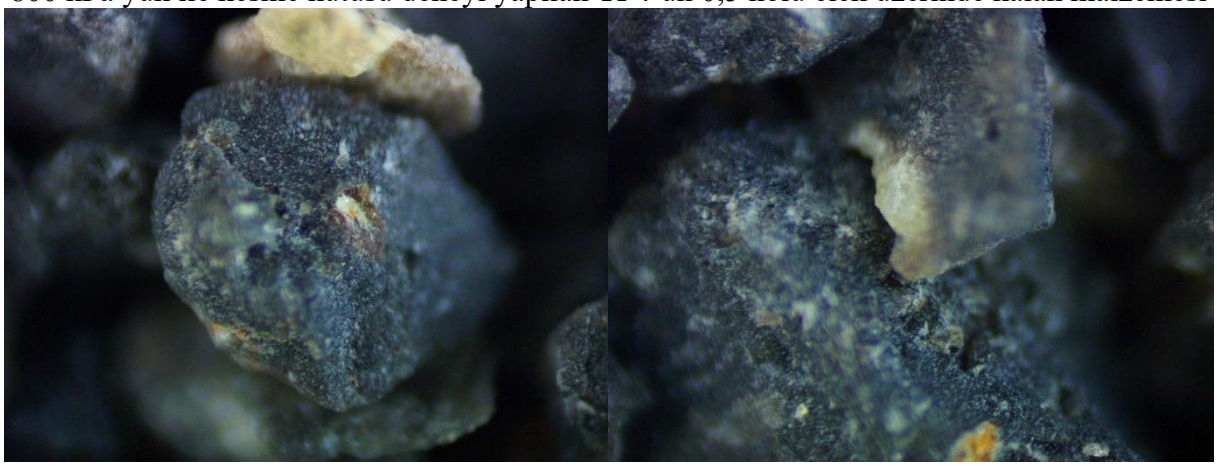


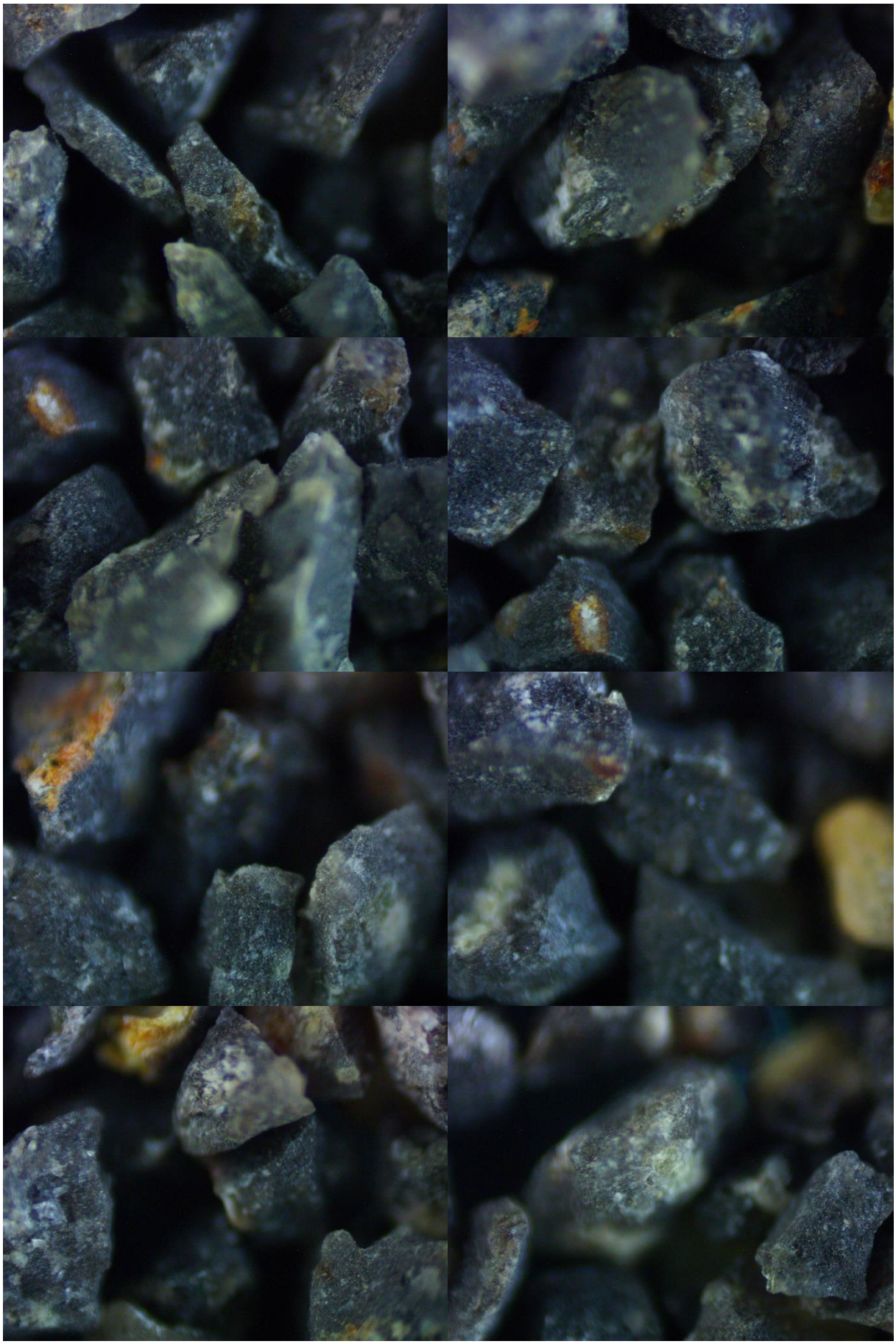
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4'ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



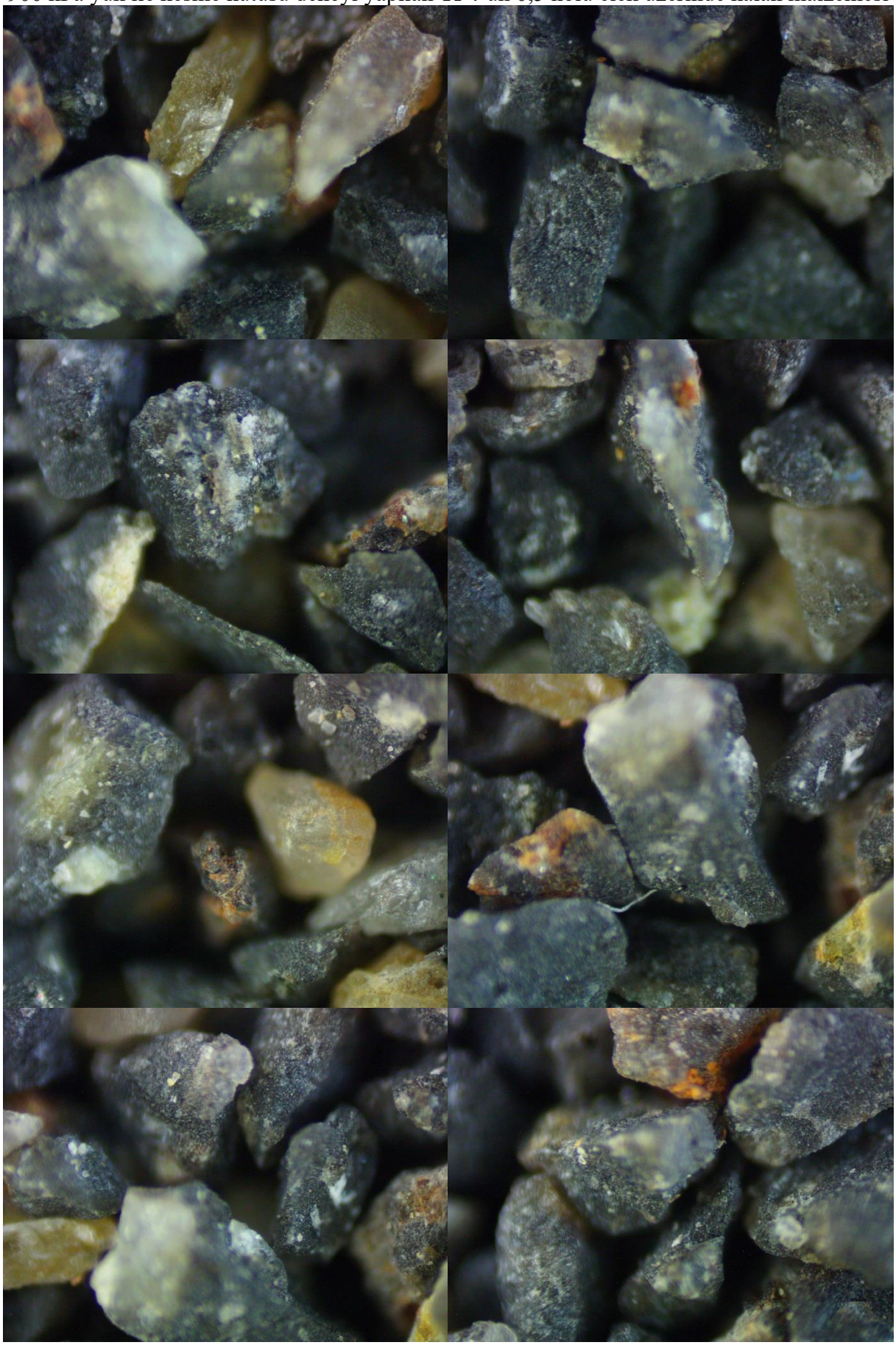


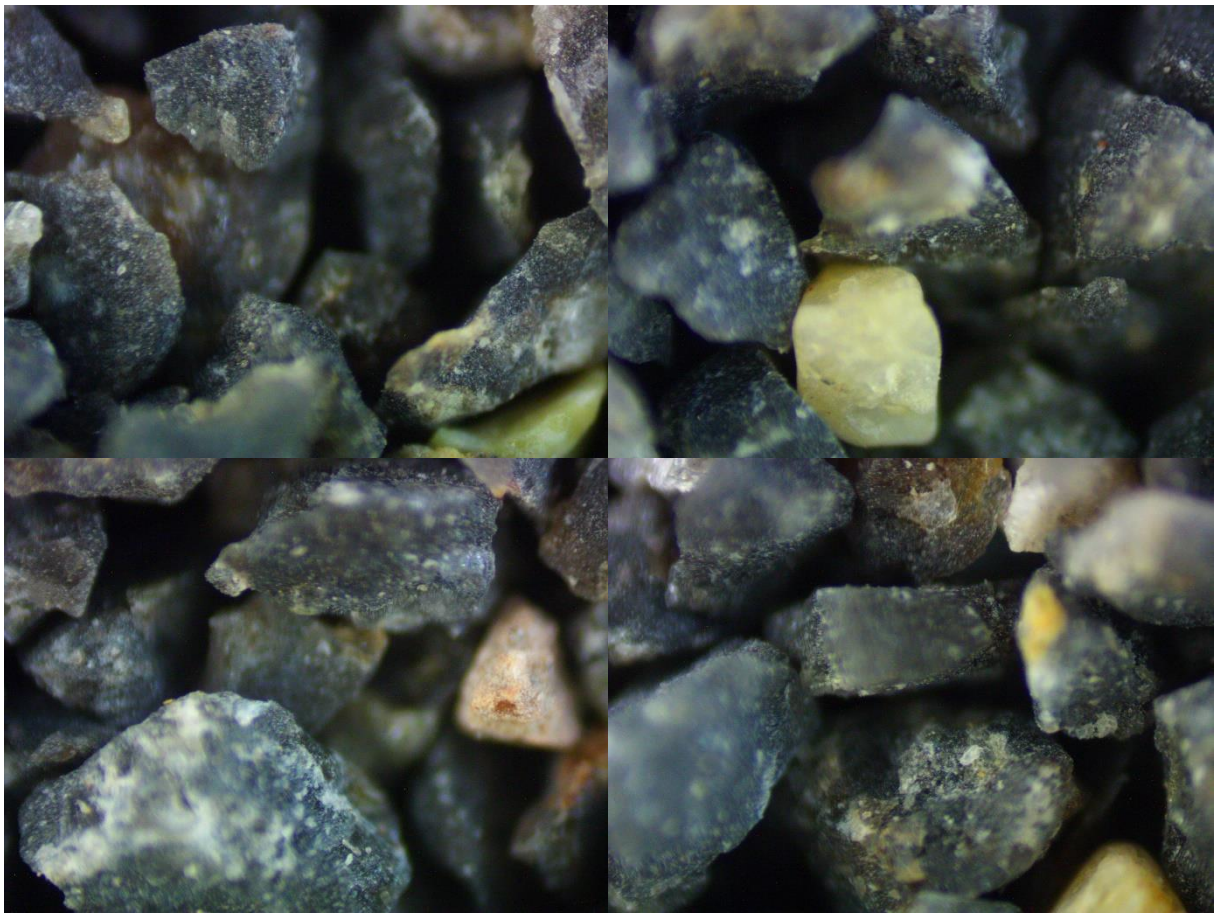
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



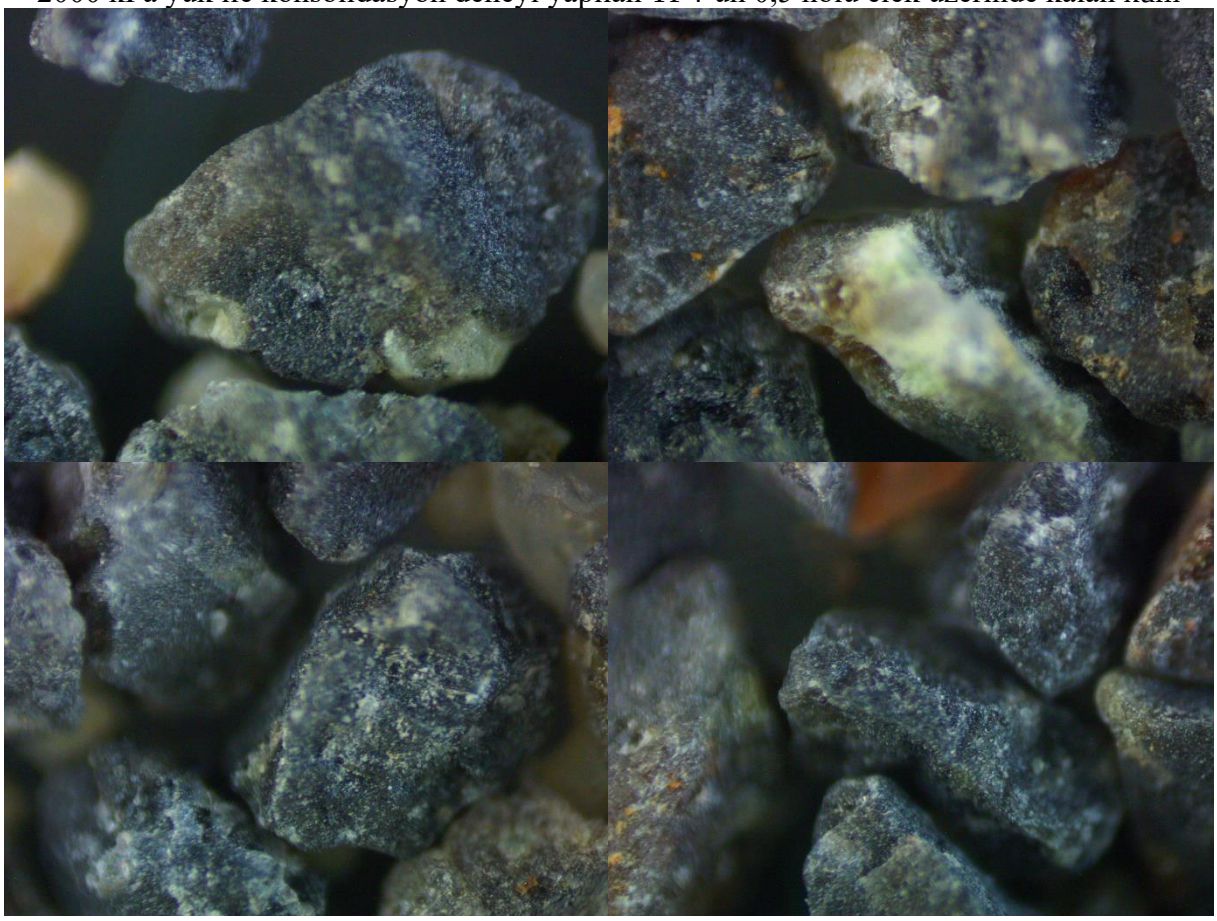


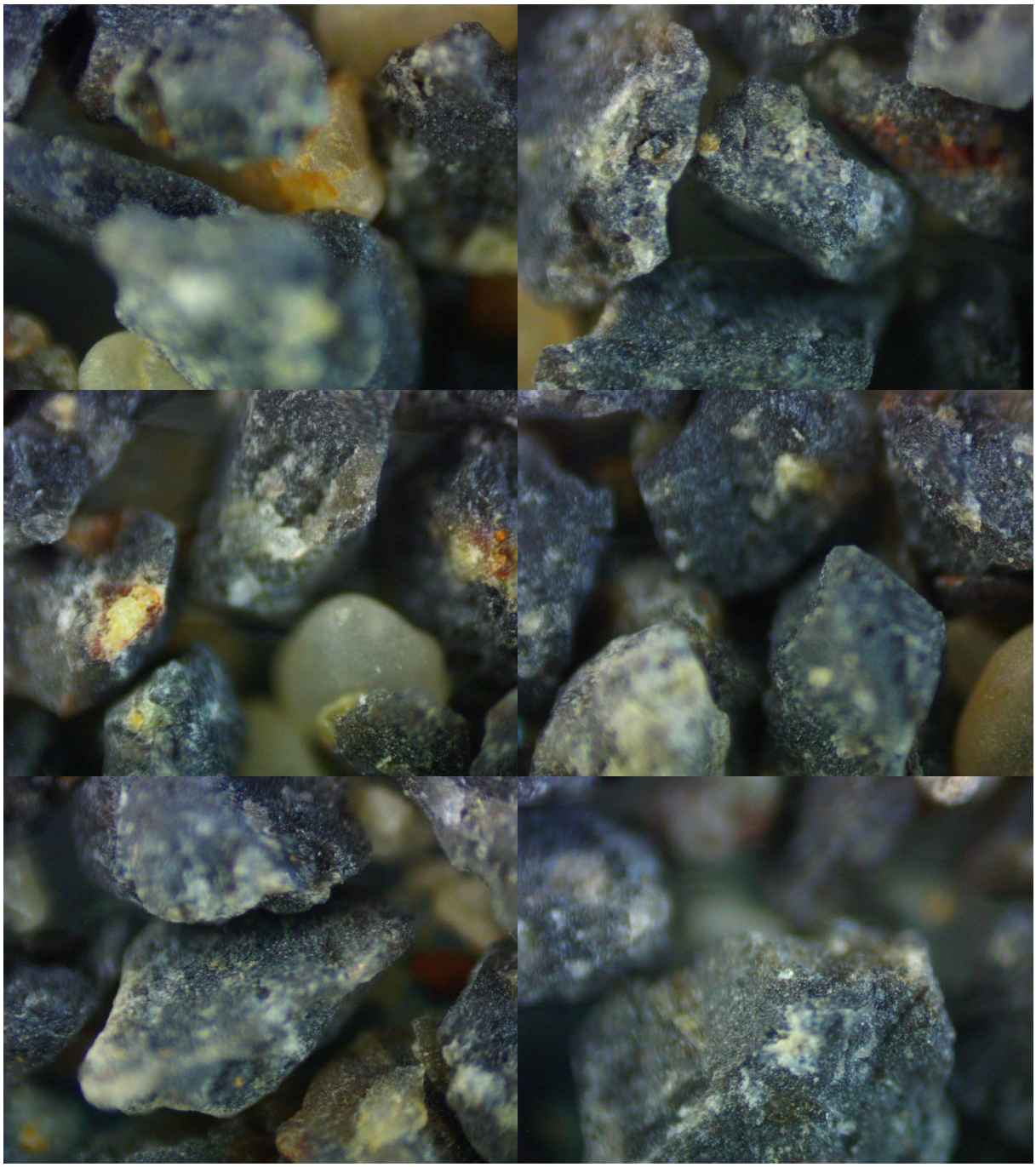
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



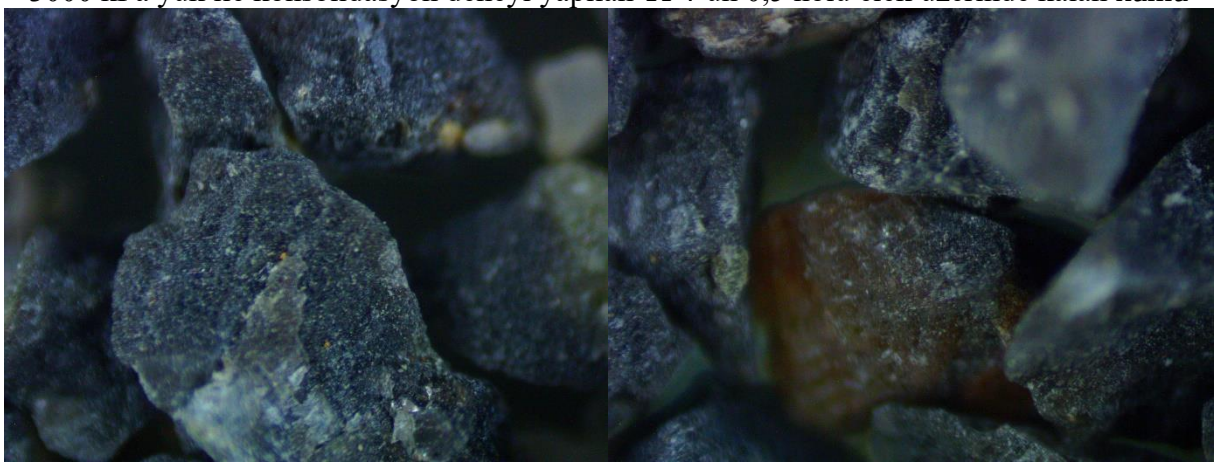


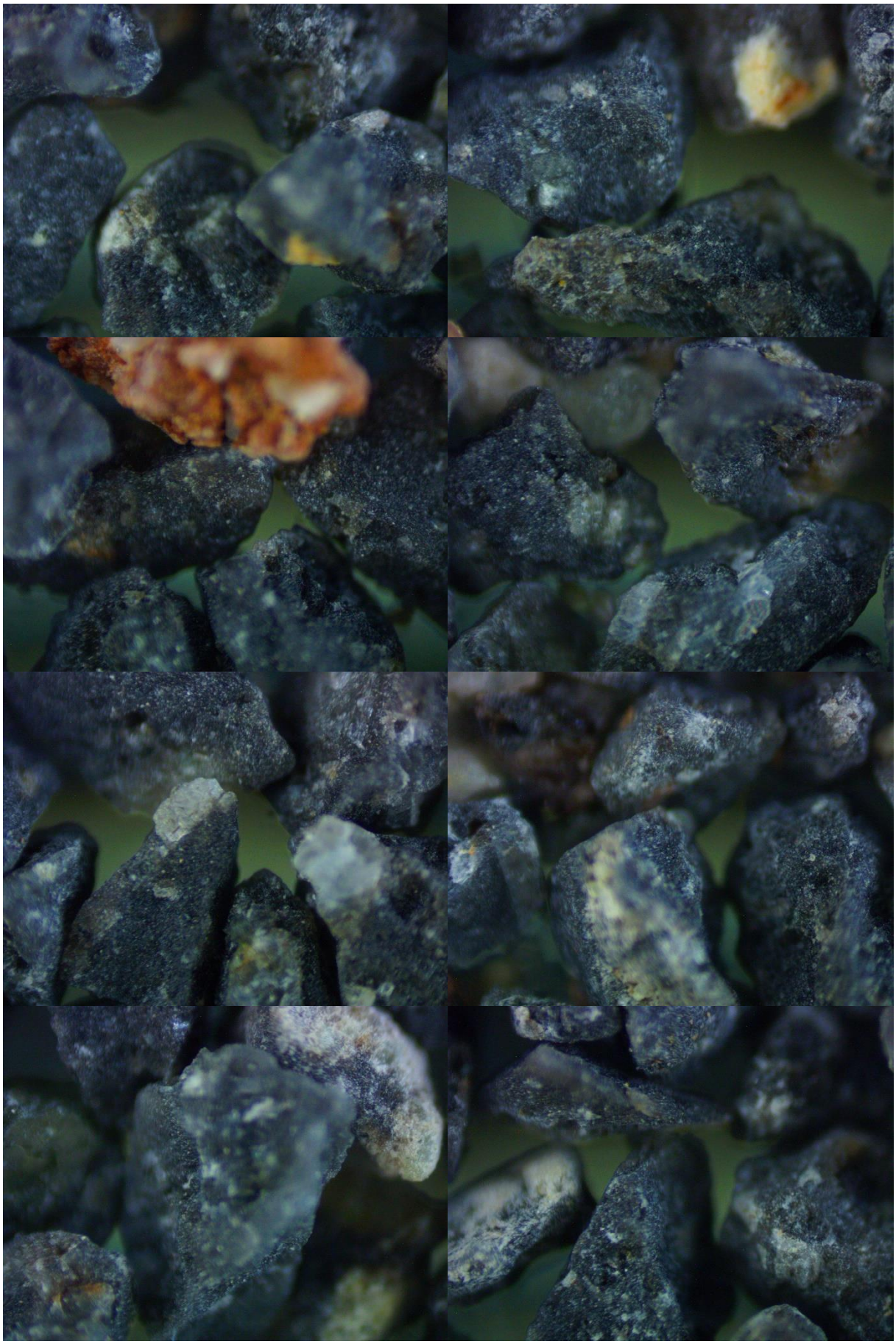
2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4'ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kum

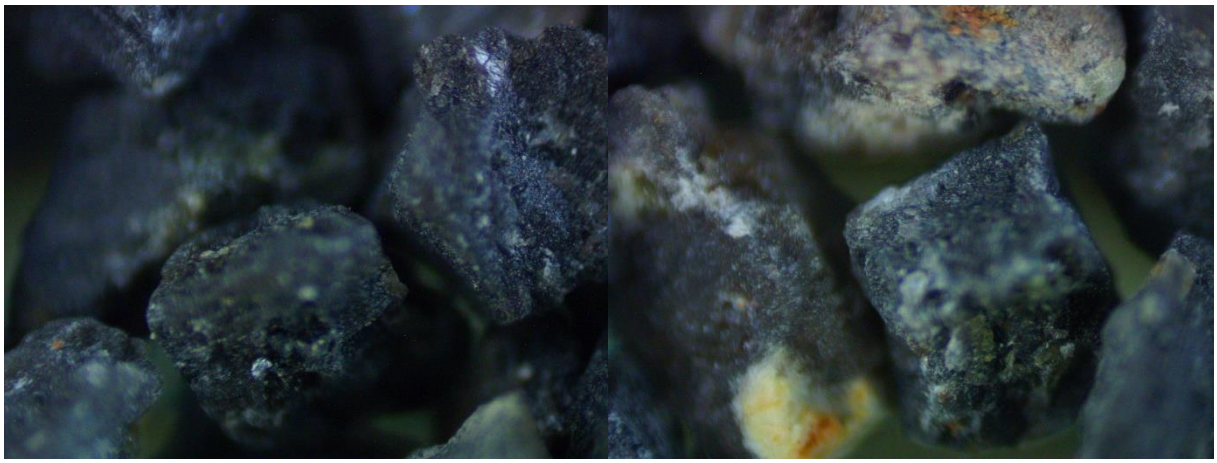




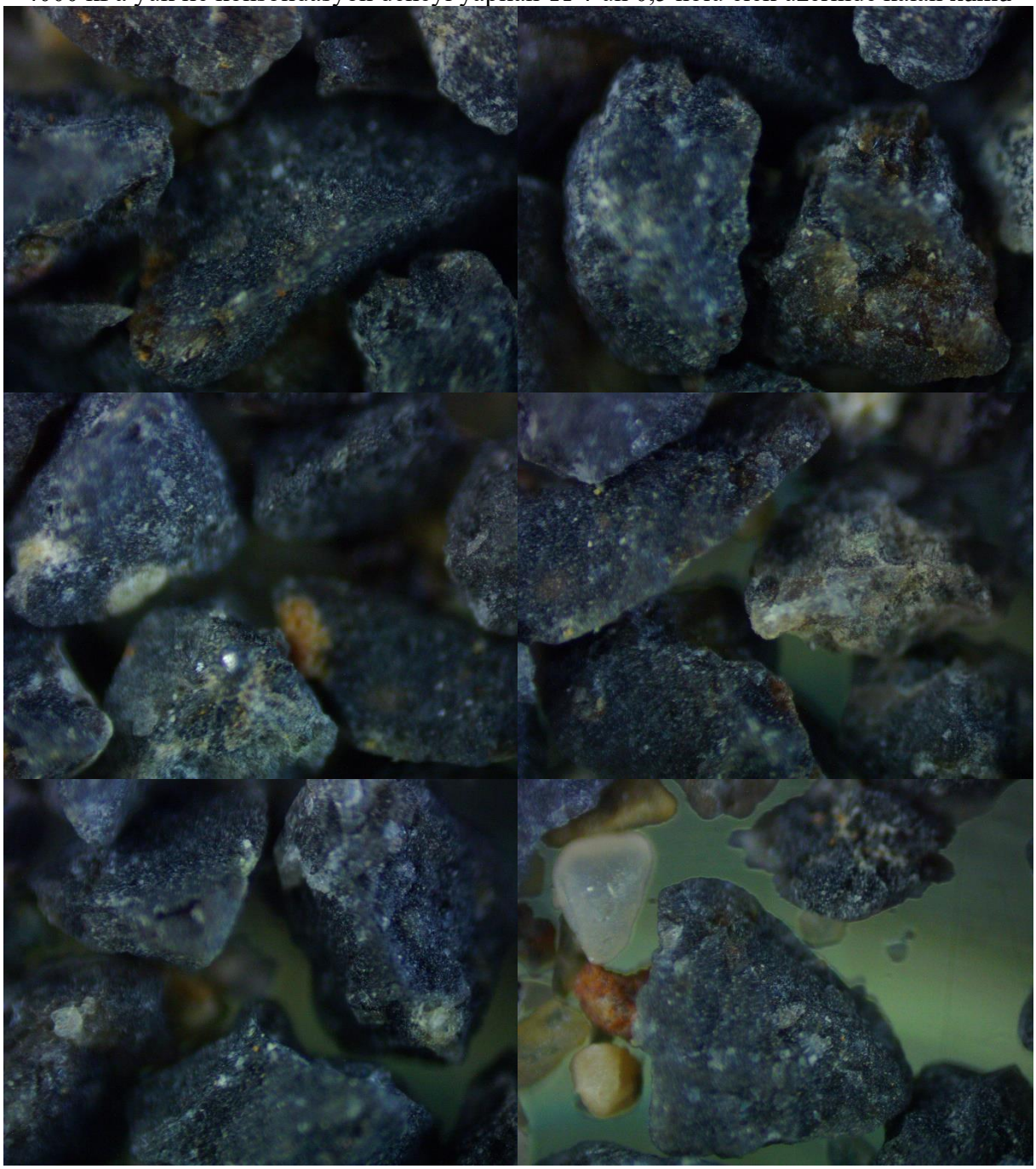
3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu

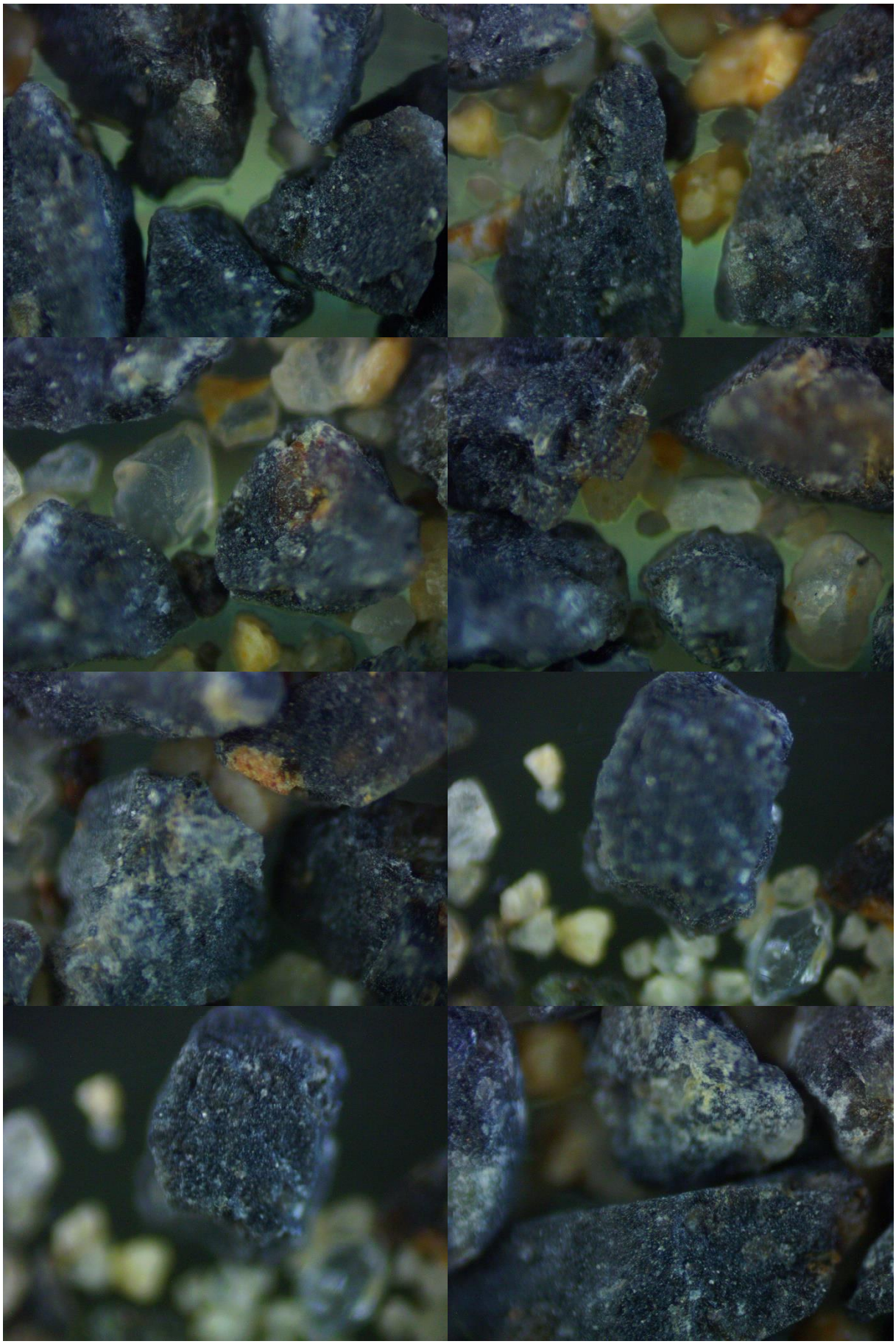




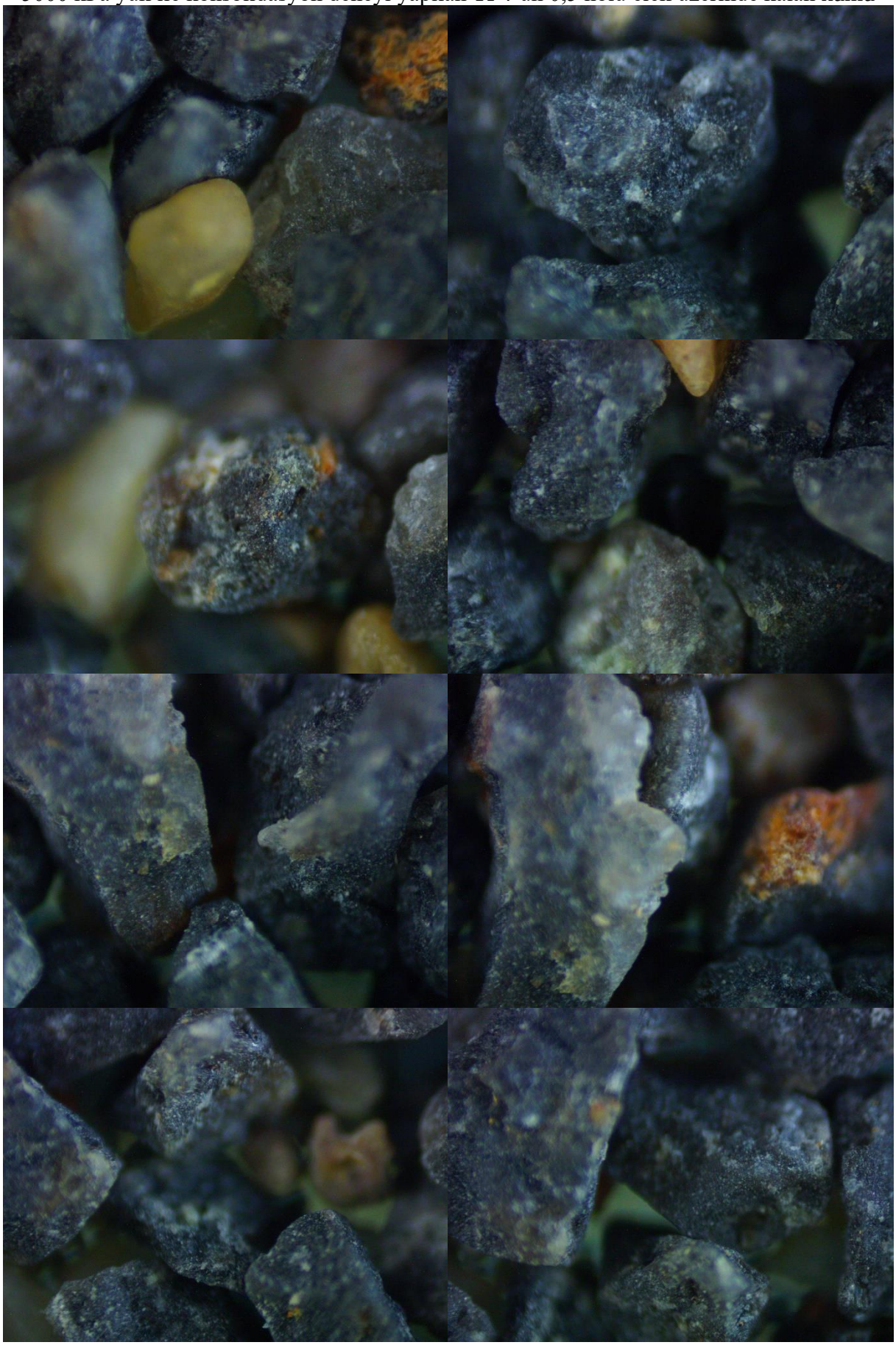


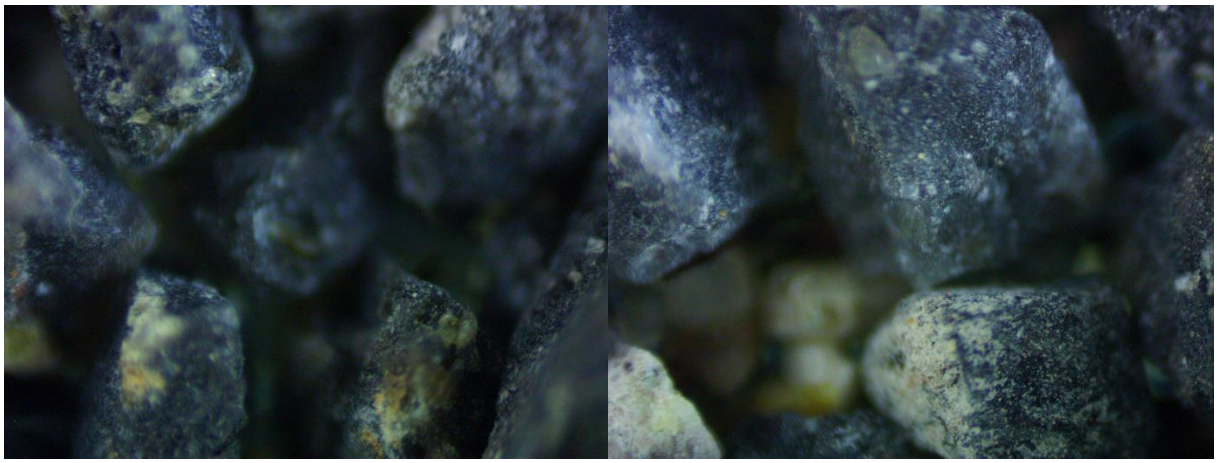
4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu



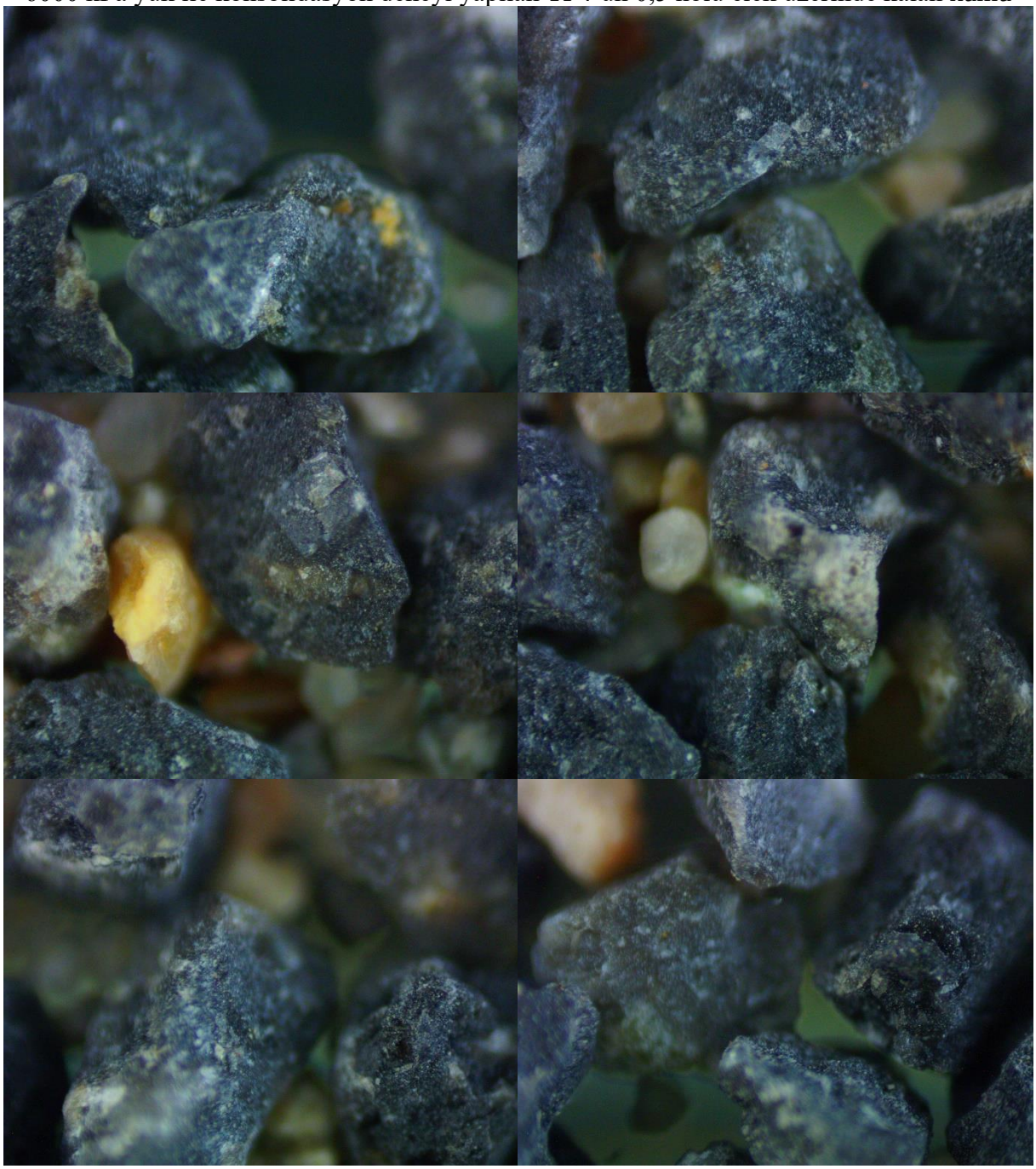


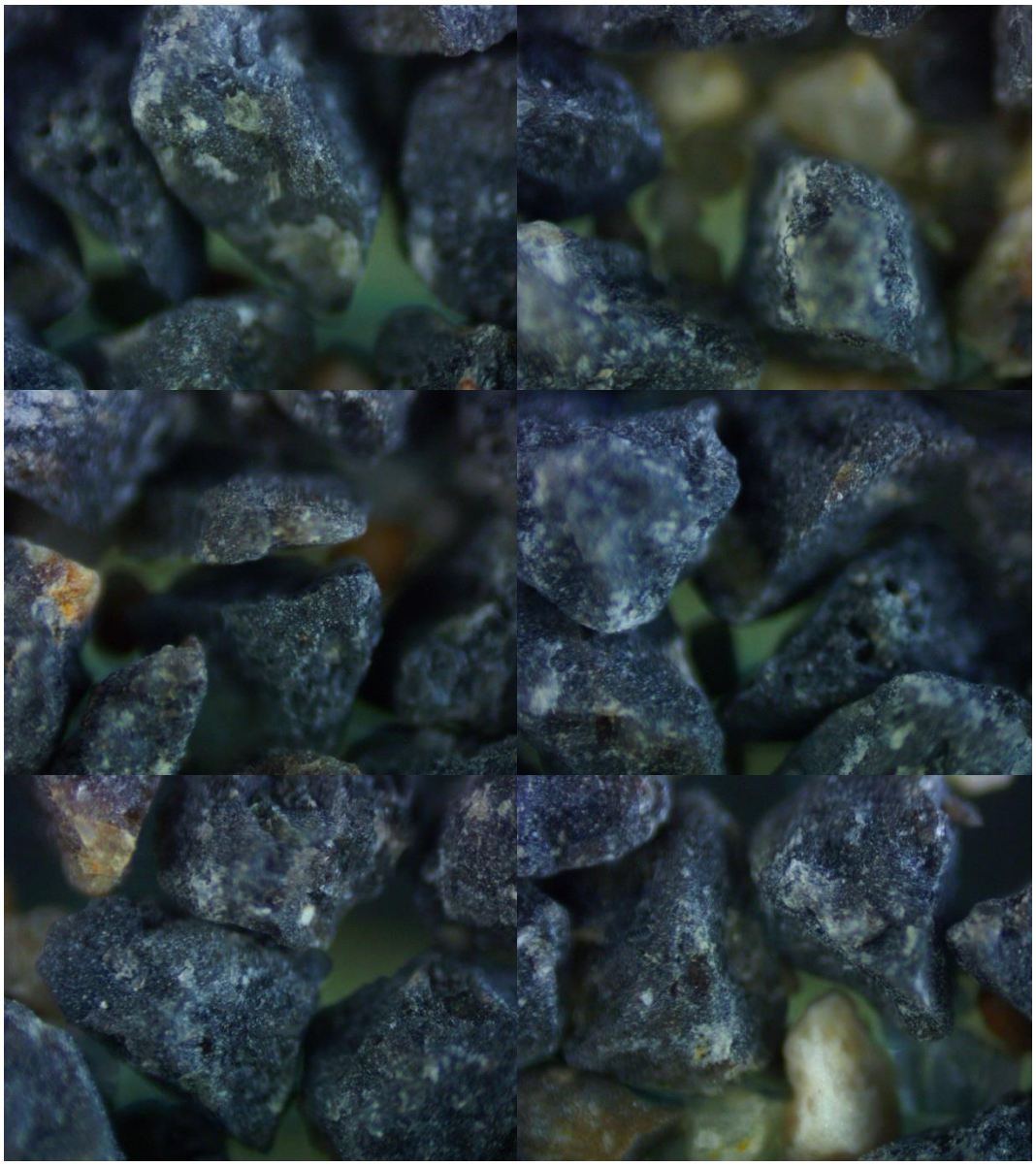
5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu





6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP4’ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan kumu

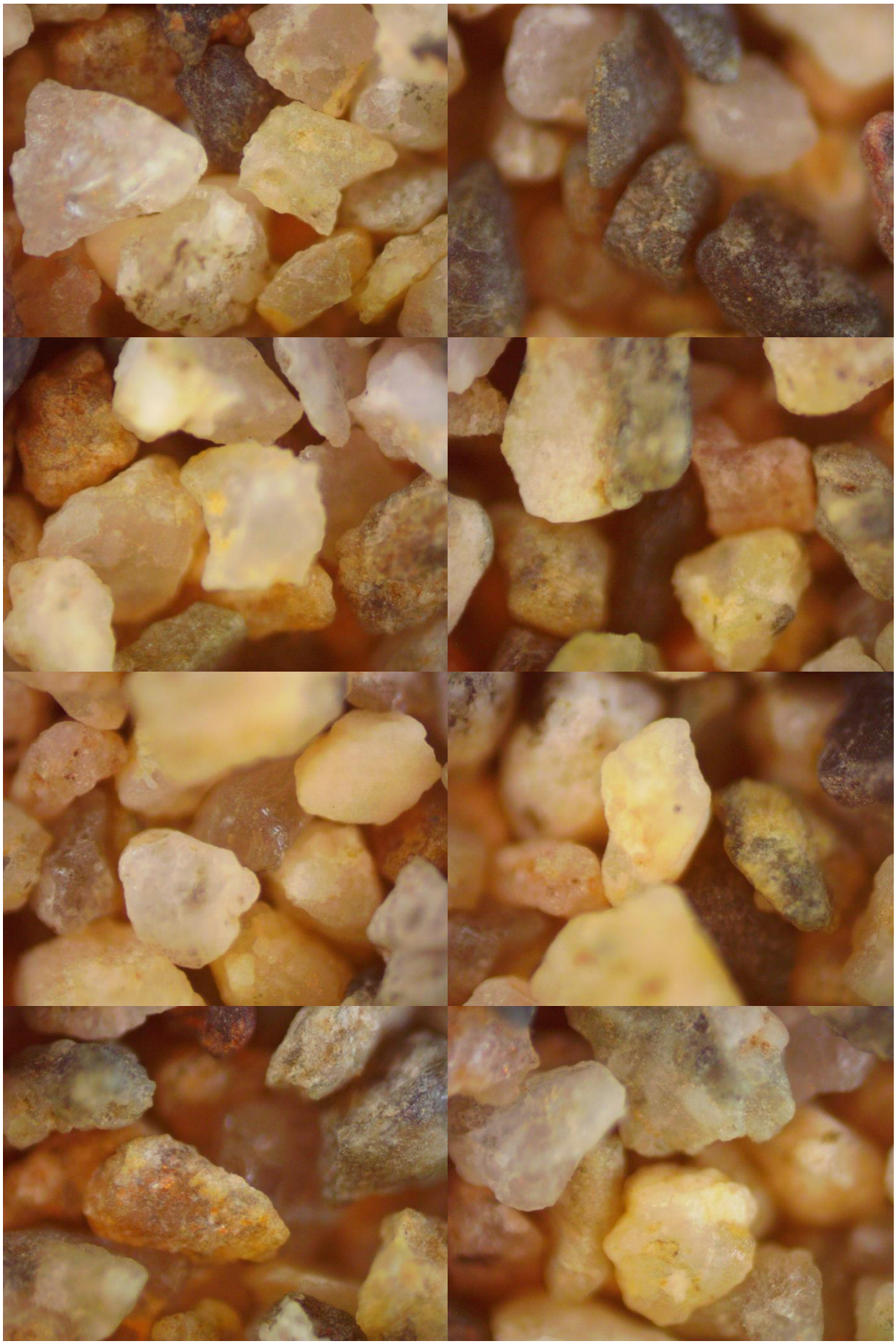




Şekil 63. TP4 kumunun farklı yükler altında 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

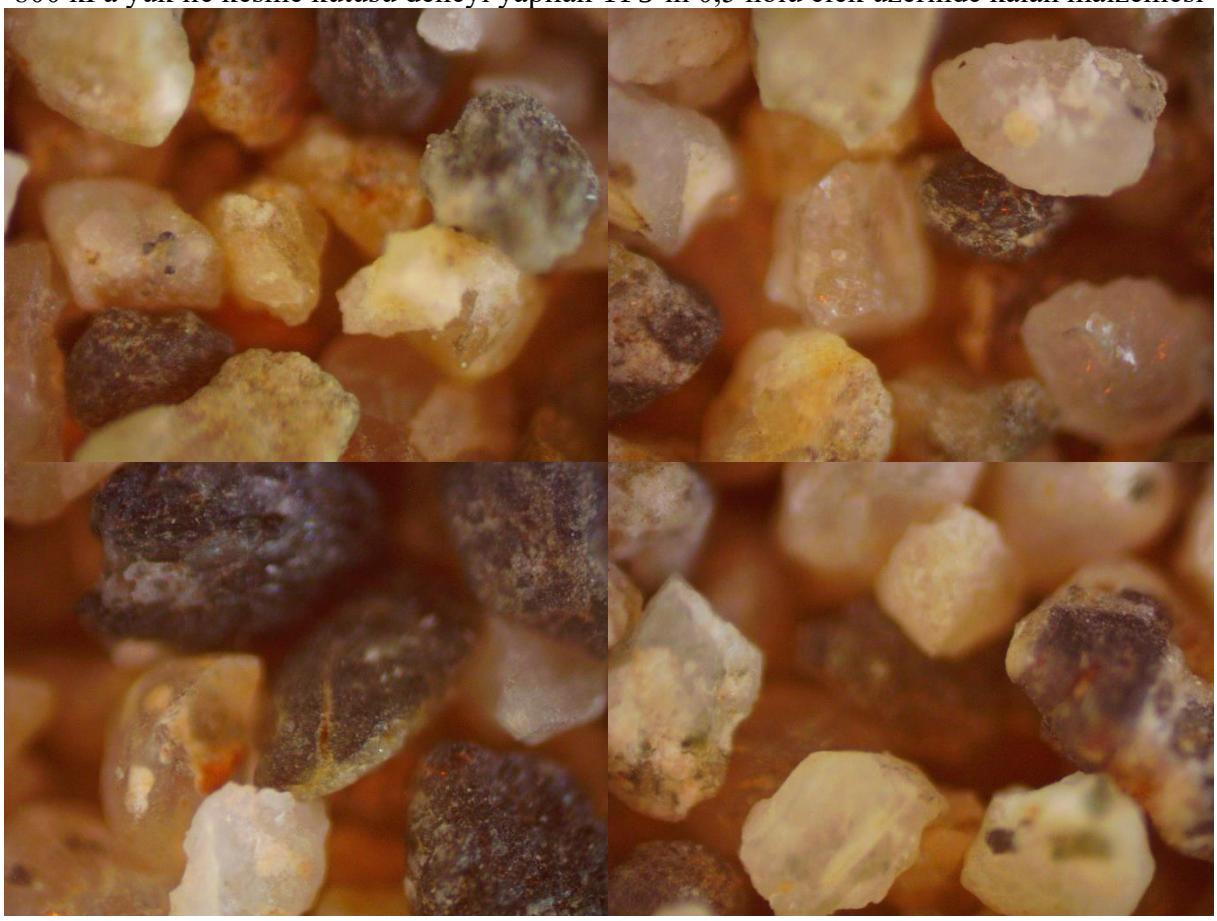
TP5 kumunun 0,5 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 64).

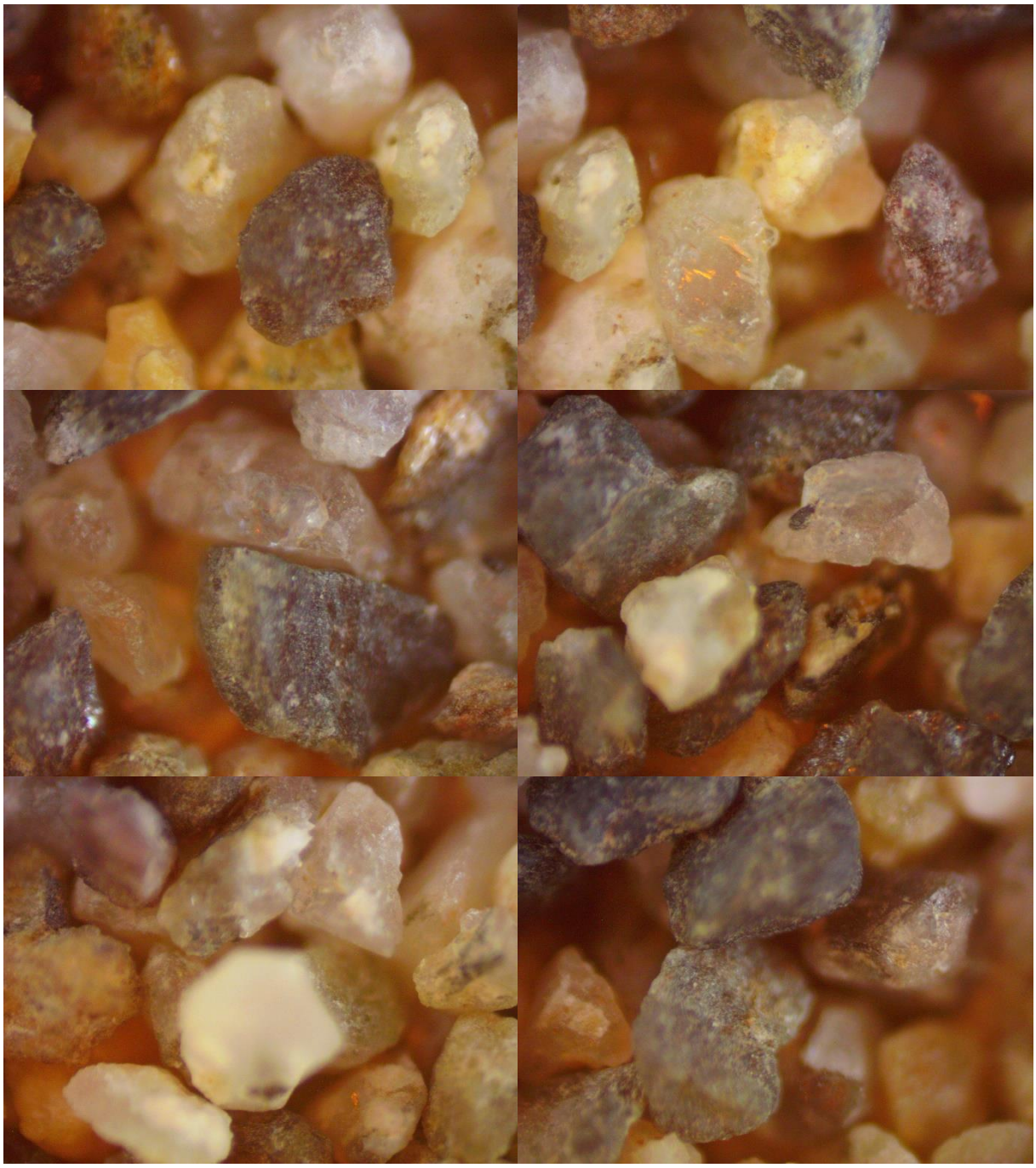
TP5 kumunun 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



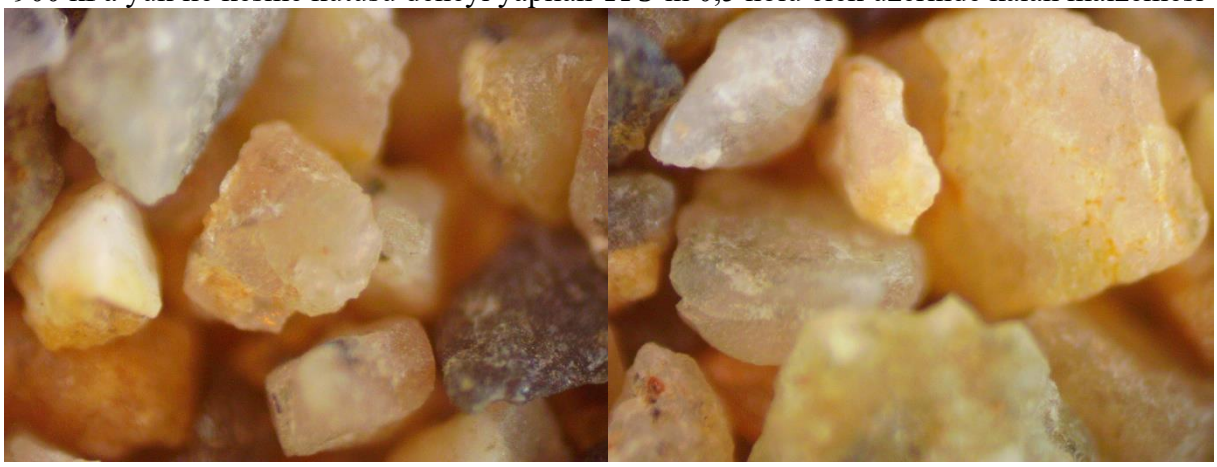
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

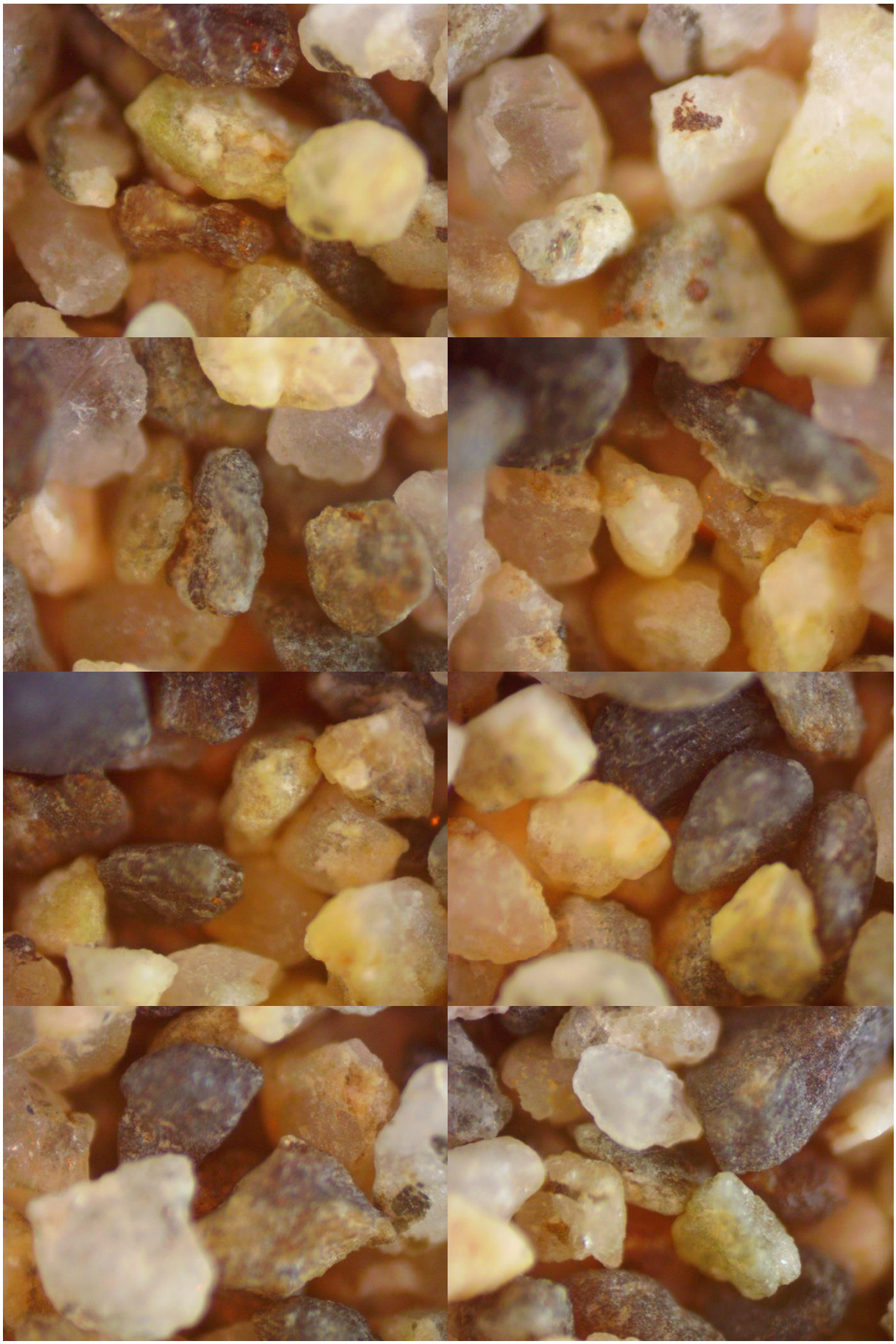
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi





900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



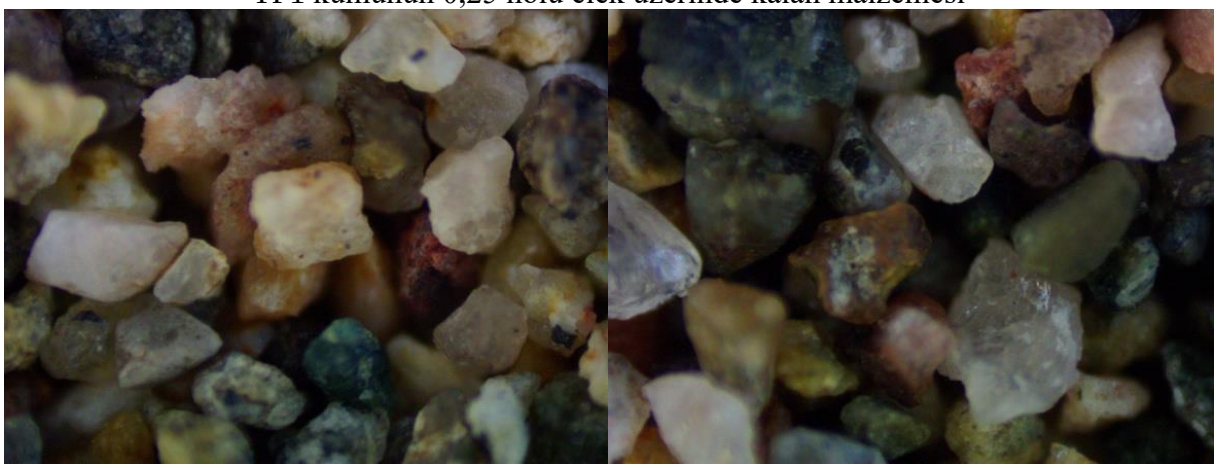


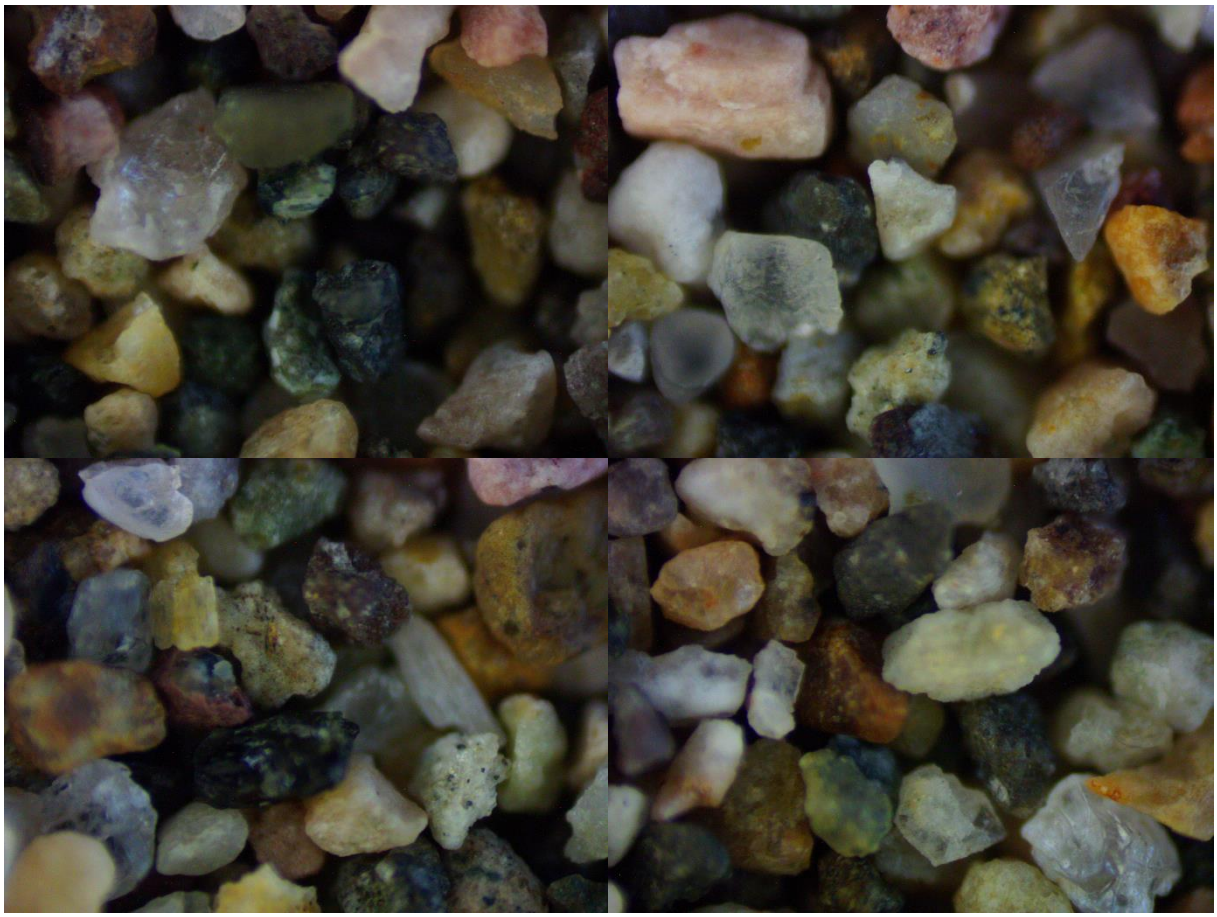
Şekil 64. TP5 kumunun farklı yükler altında 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

0,25 Nolu Elek Üzerinde Kalan Taneler

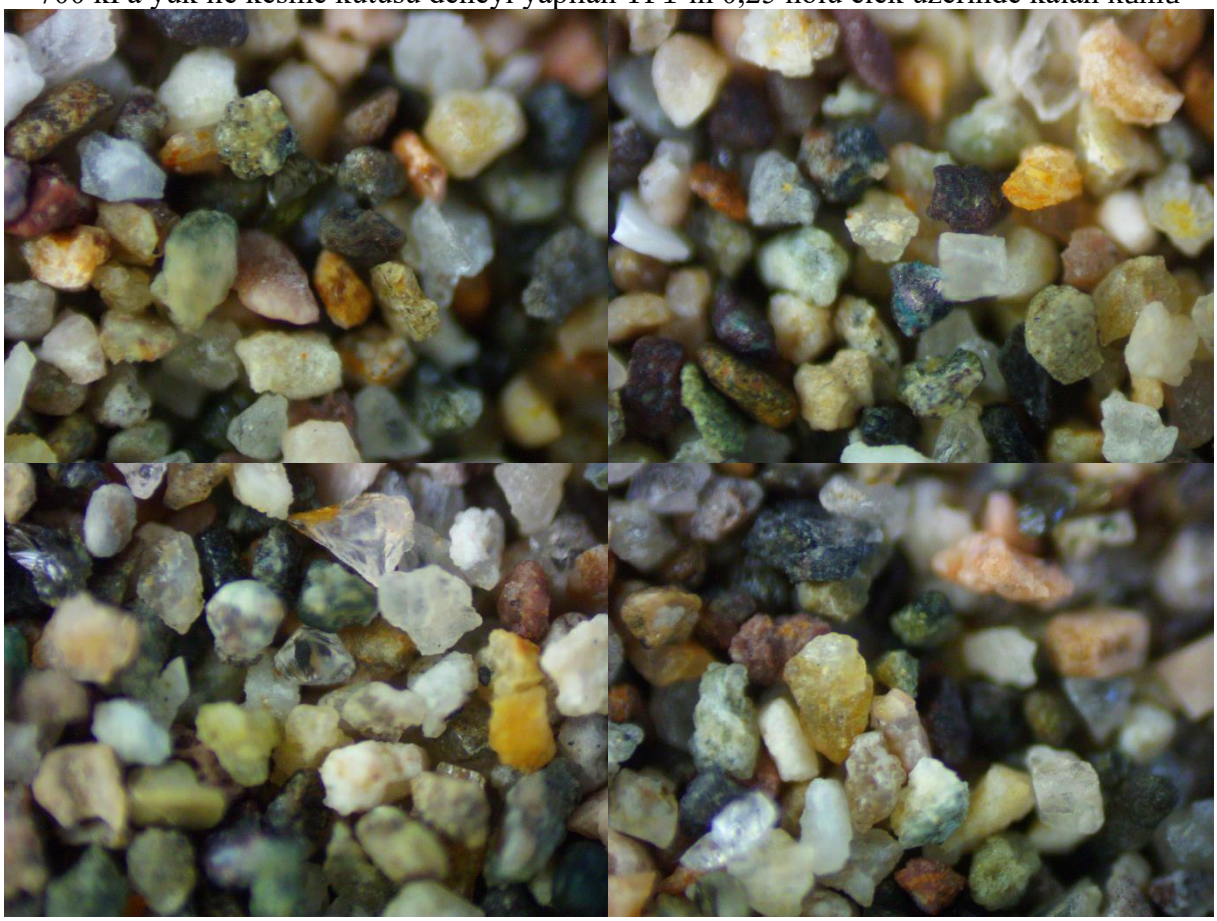
TP1 kumunun 0,25 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 65).

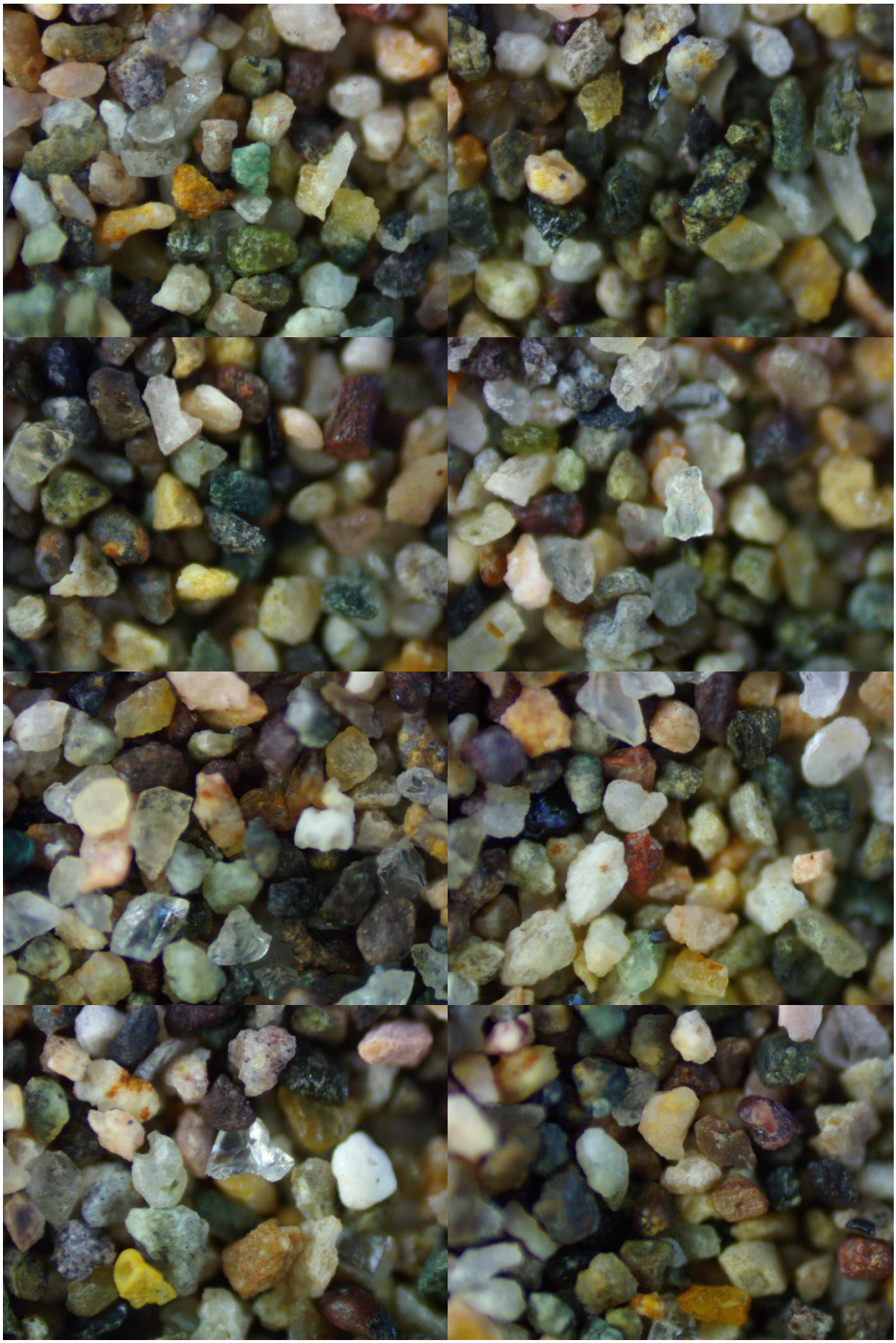
TP1 kumunun 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



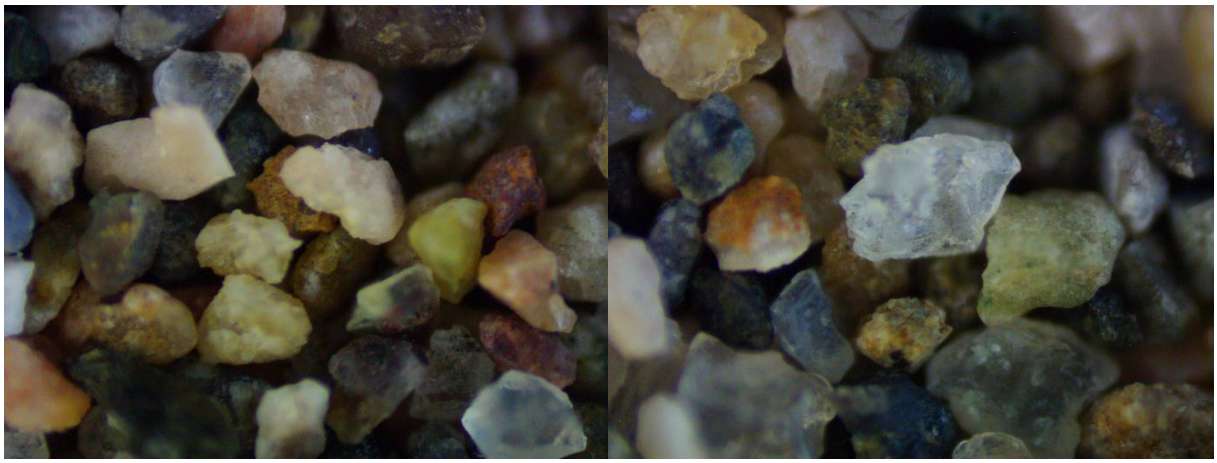


700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1'in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

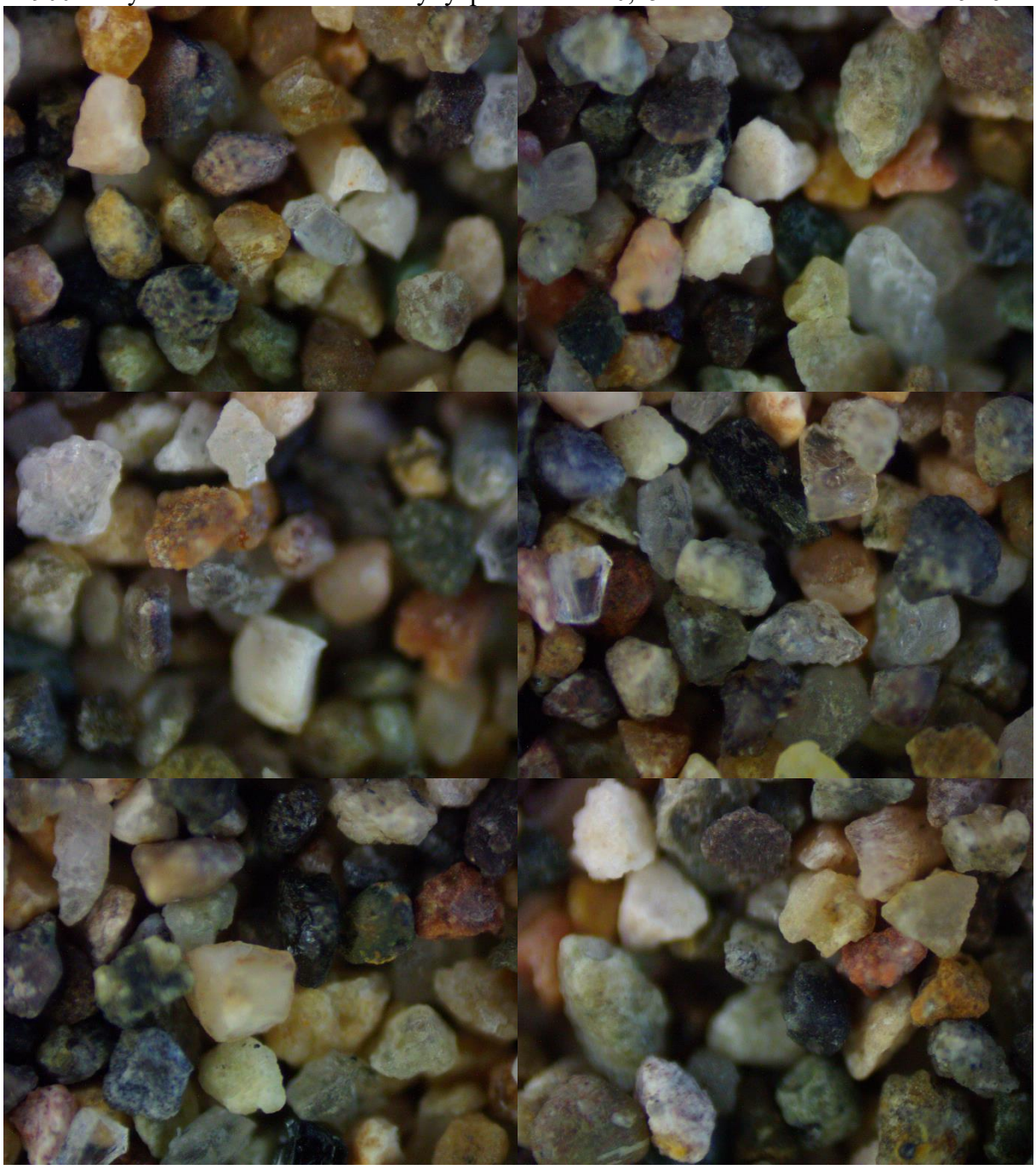


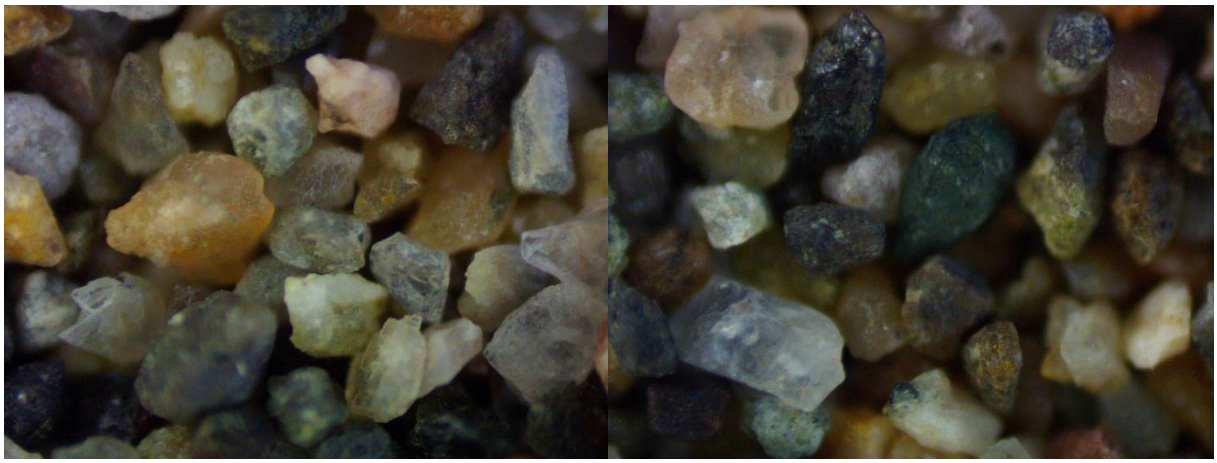


800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

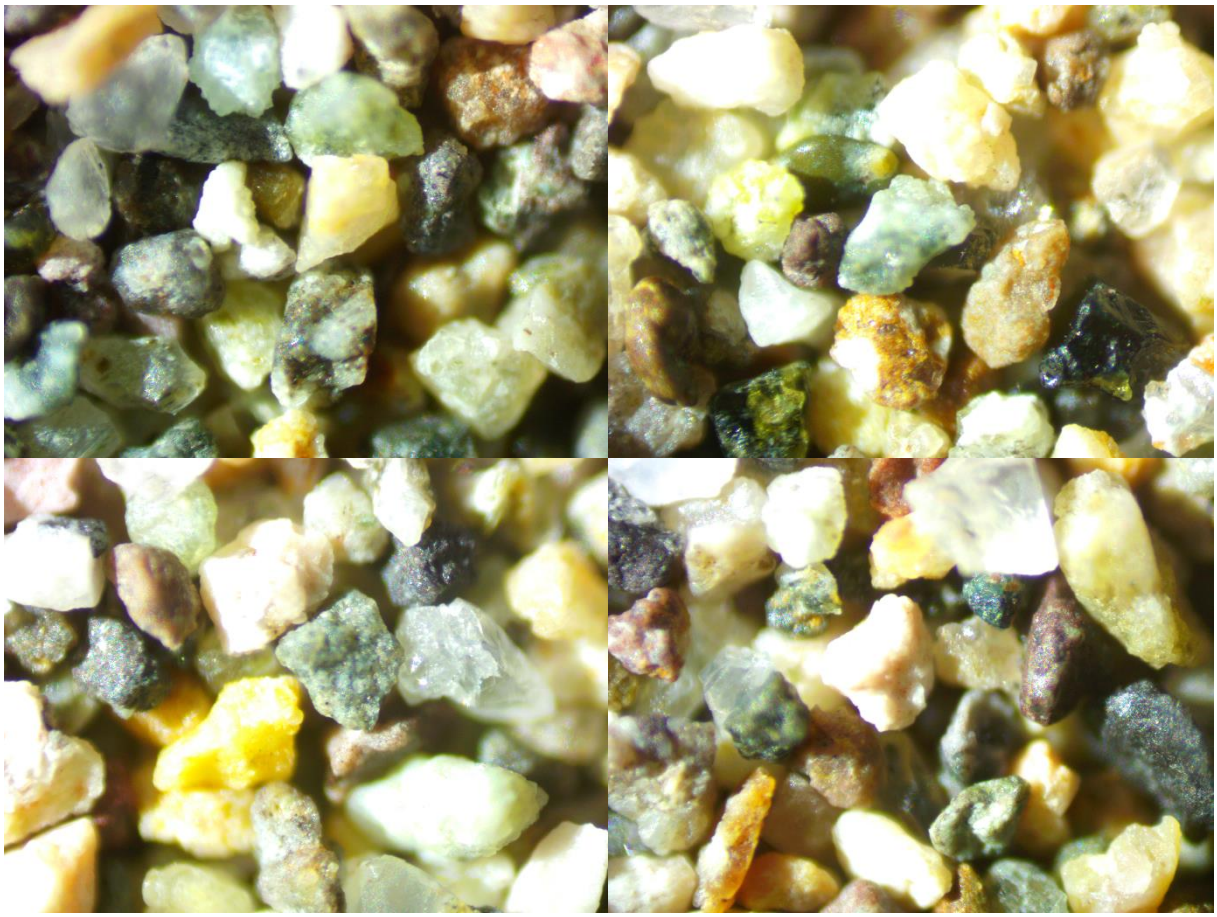


900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



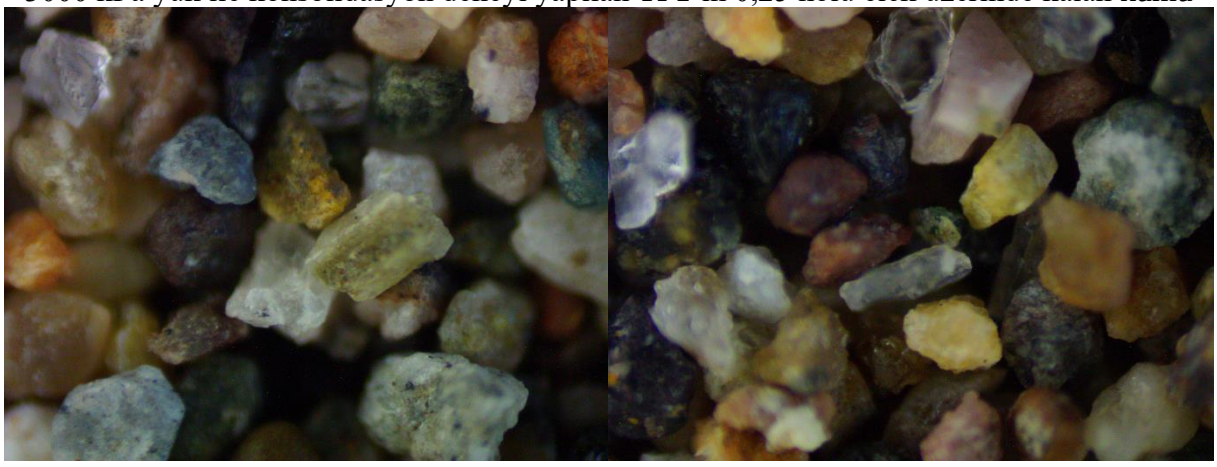


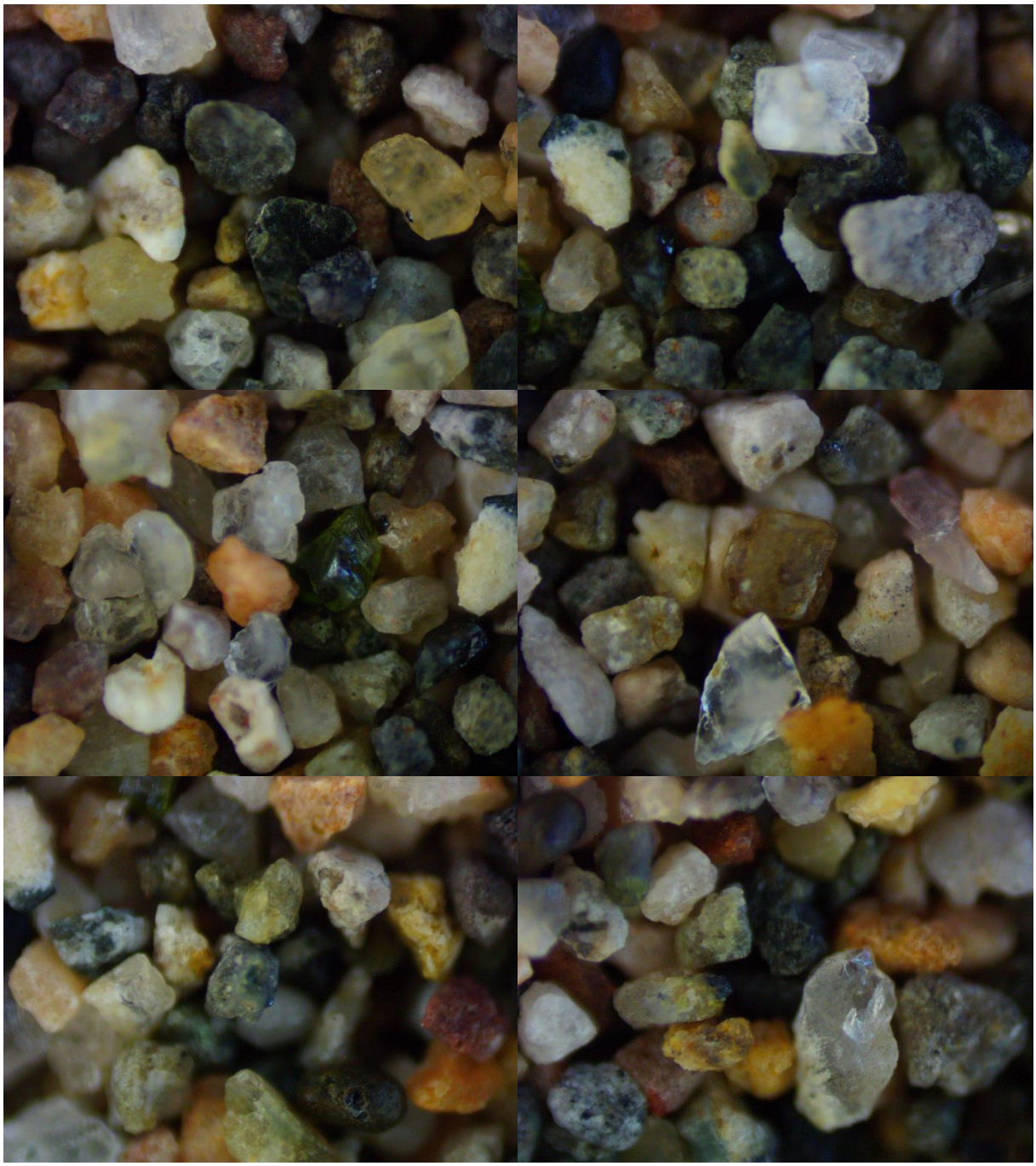
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



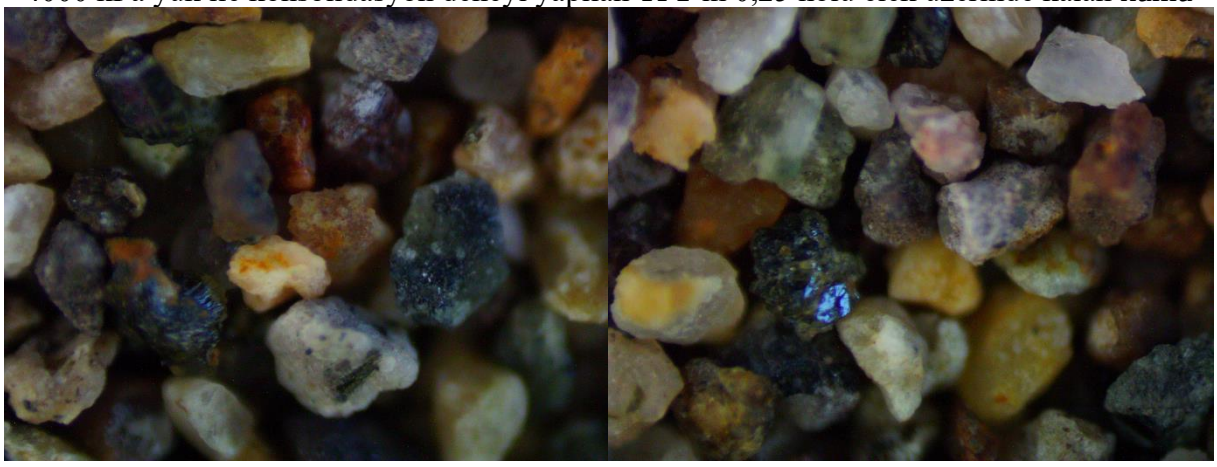
2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

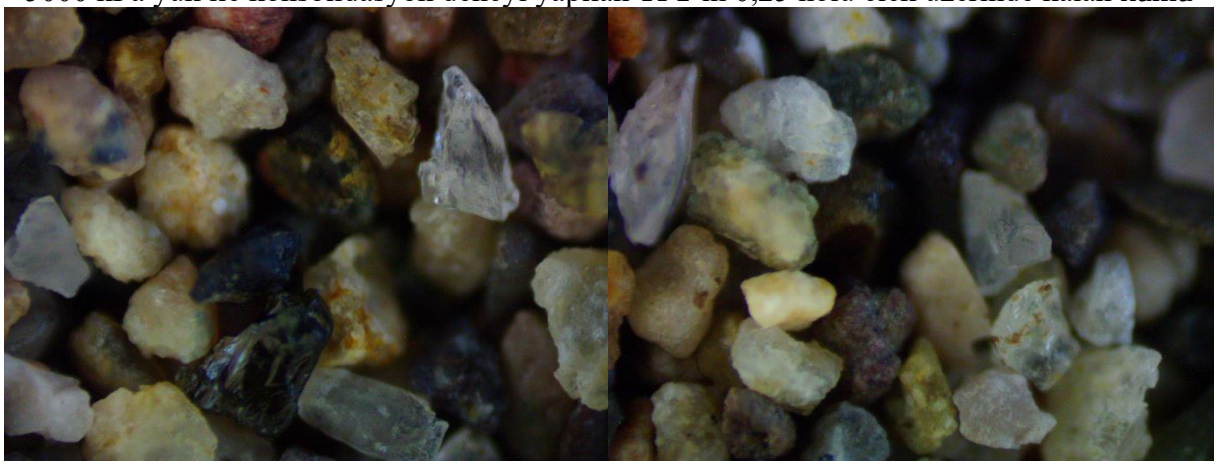




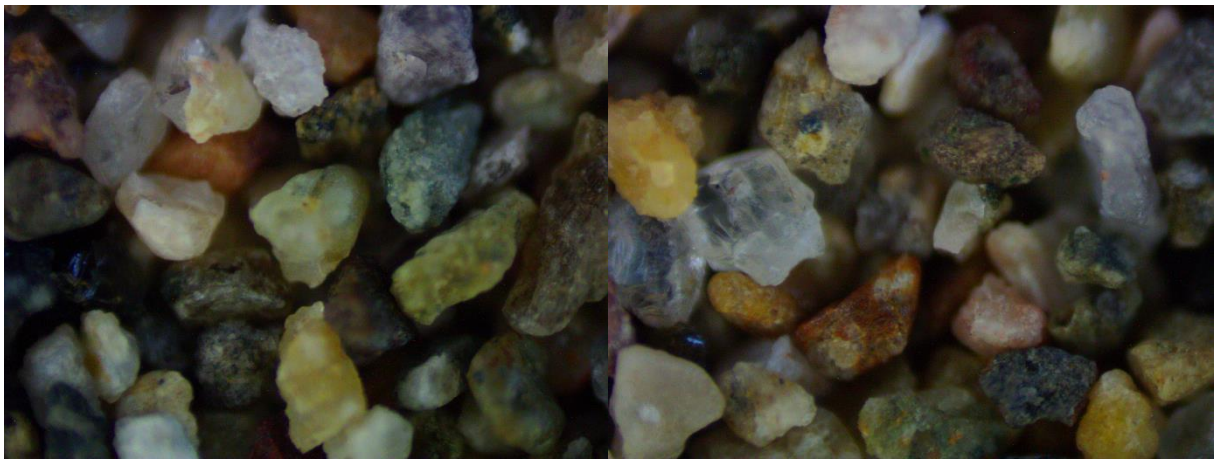
4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



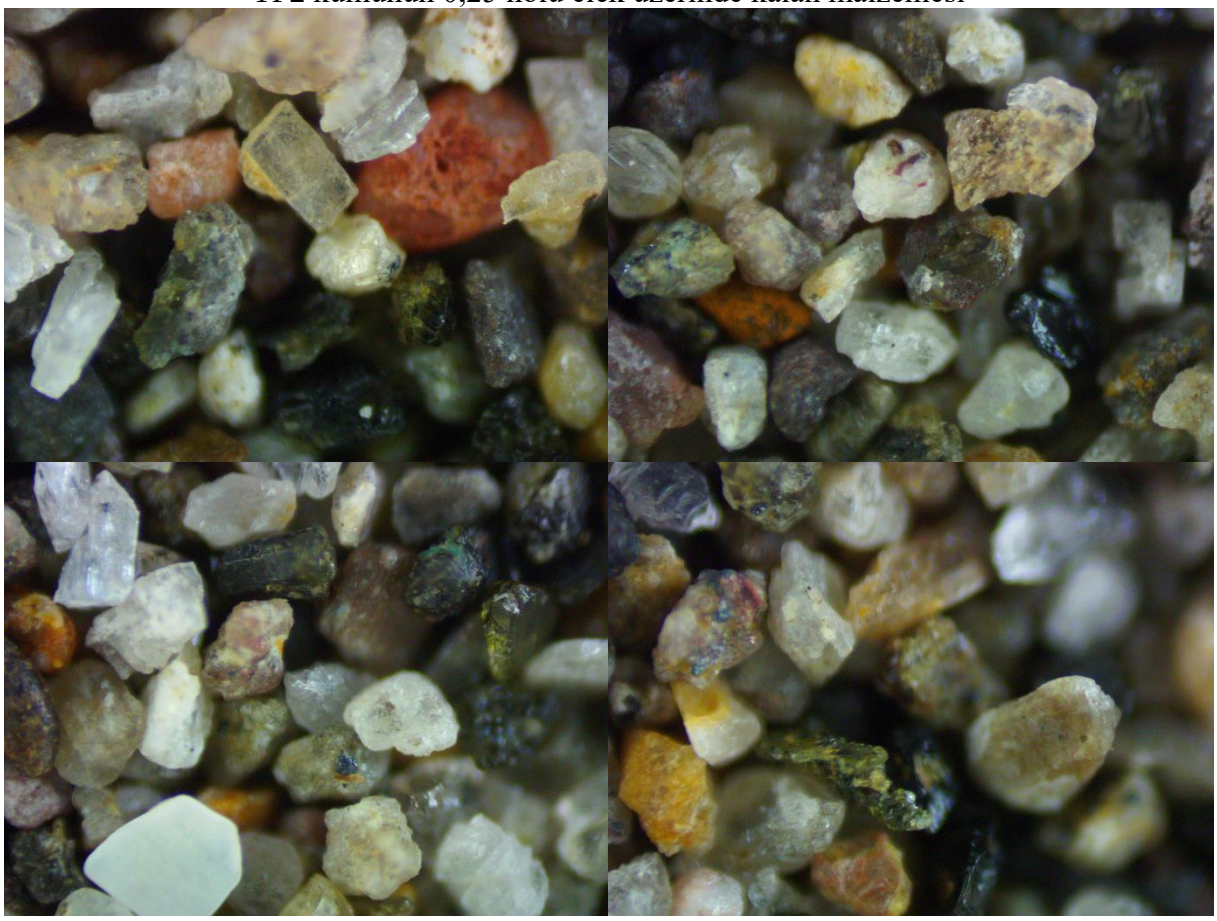
6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



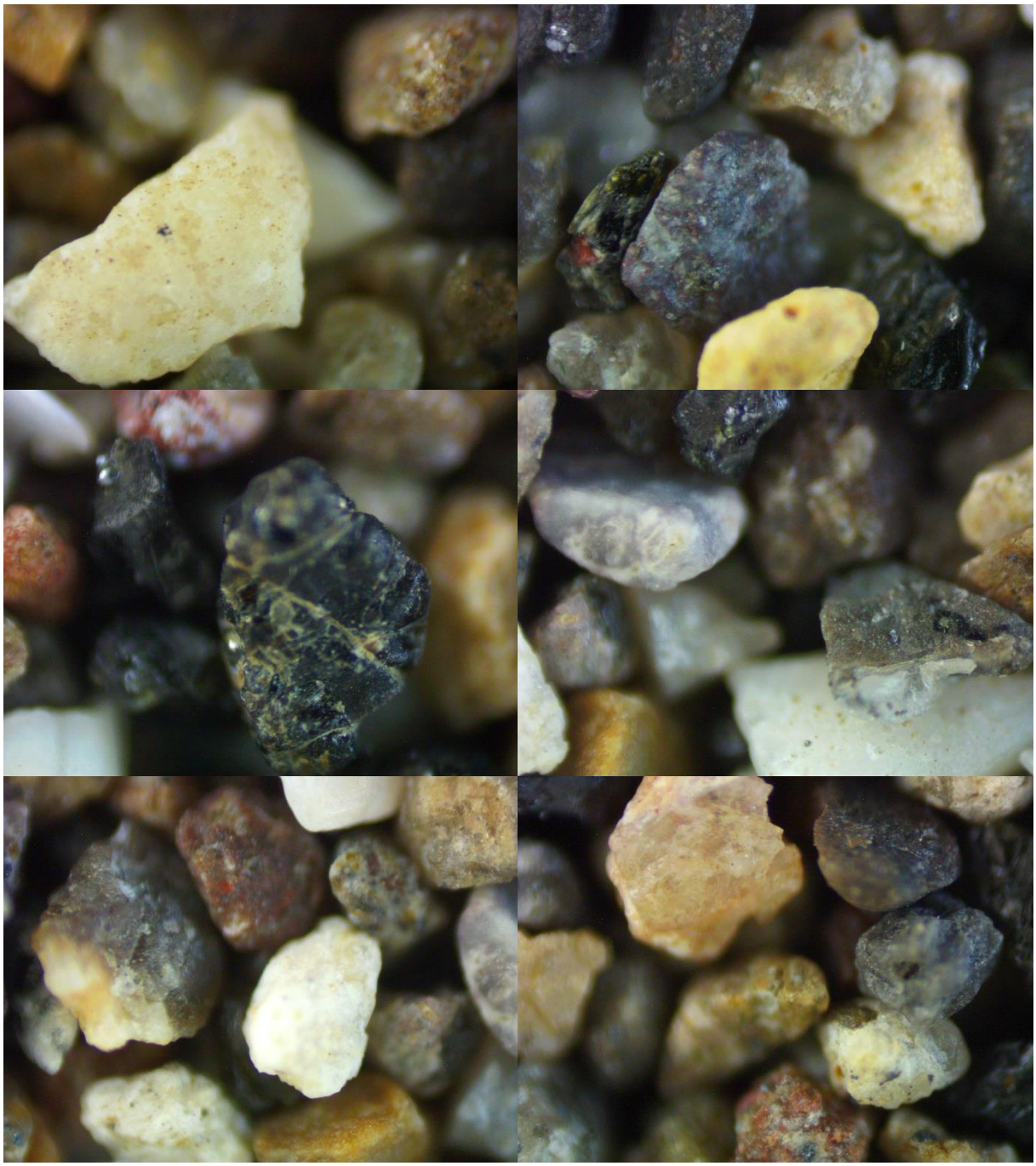
Şekil 65. TP1 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

TP2 kumunun 0,25 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir. 6000 kPa için mikroskop görüntüsü alınmamıştır (Şekil 66).

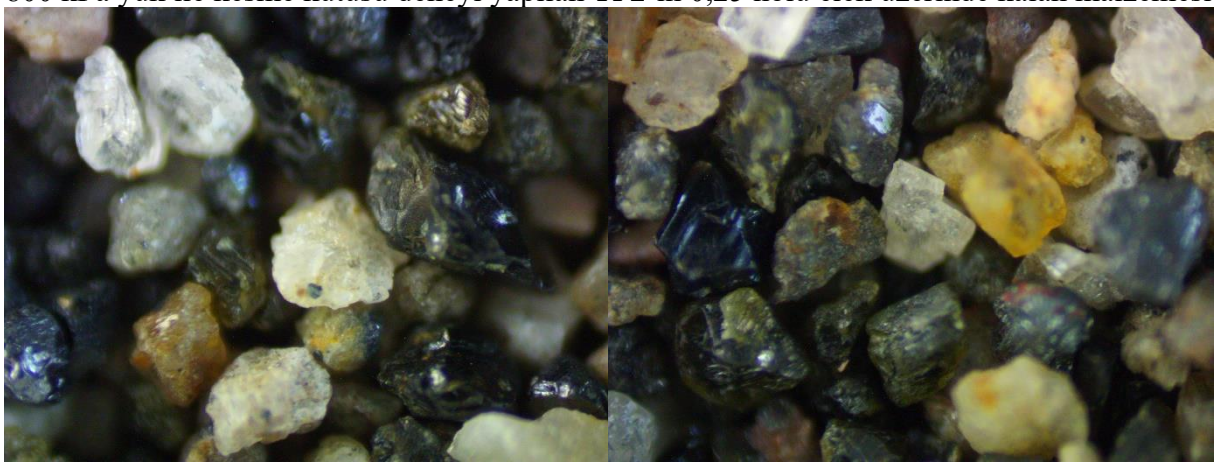
TP2 kumunun 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



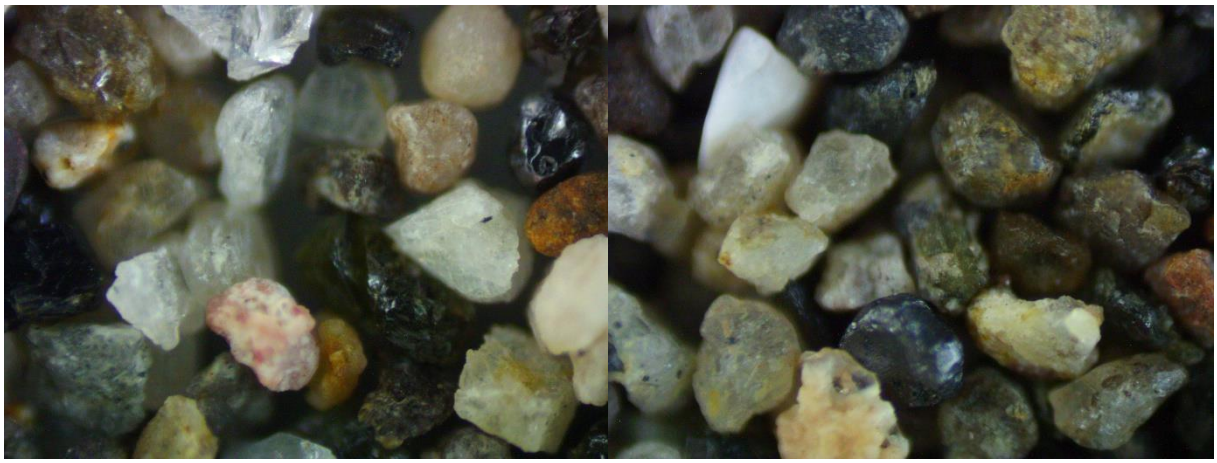
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2'in 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



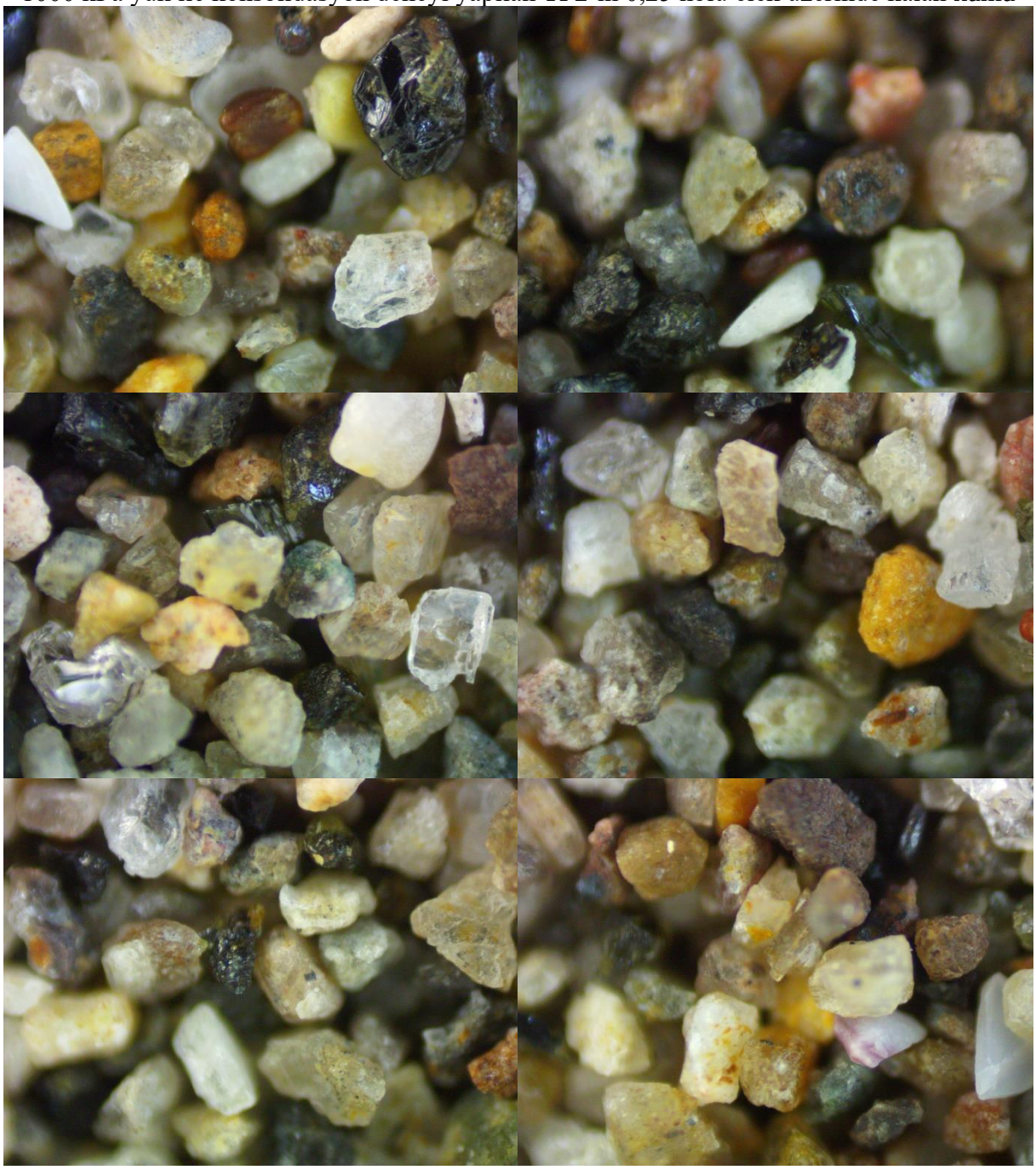
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2'in 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



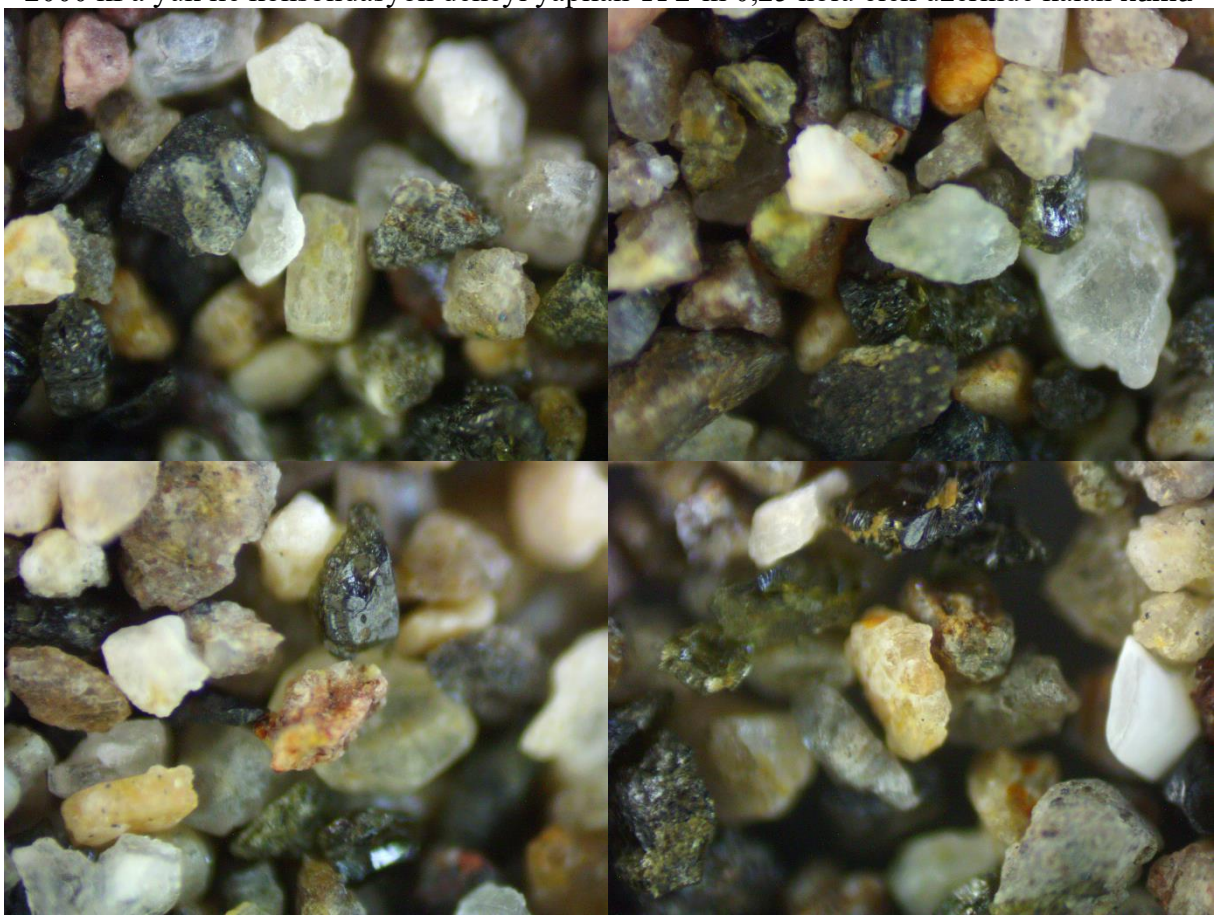
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



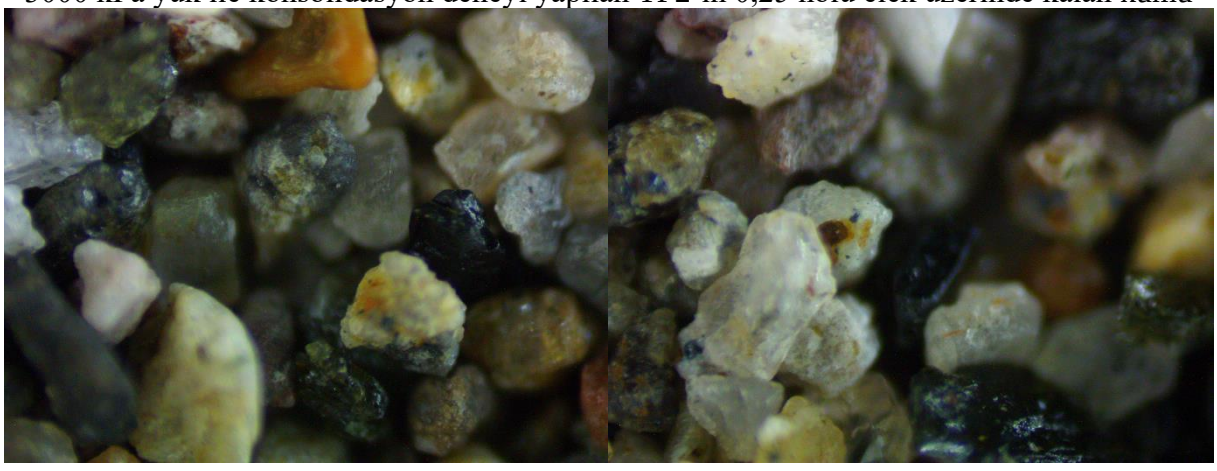
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



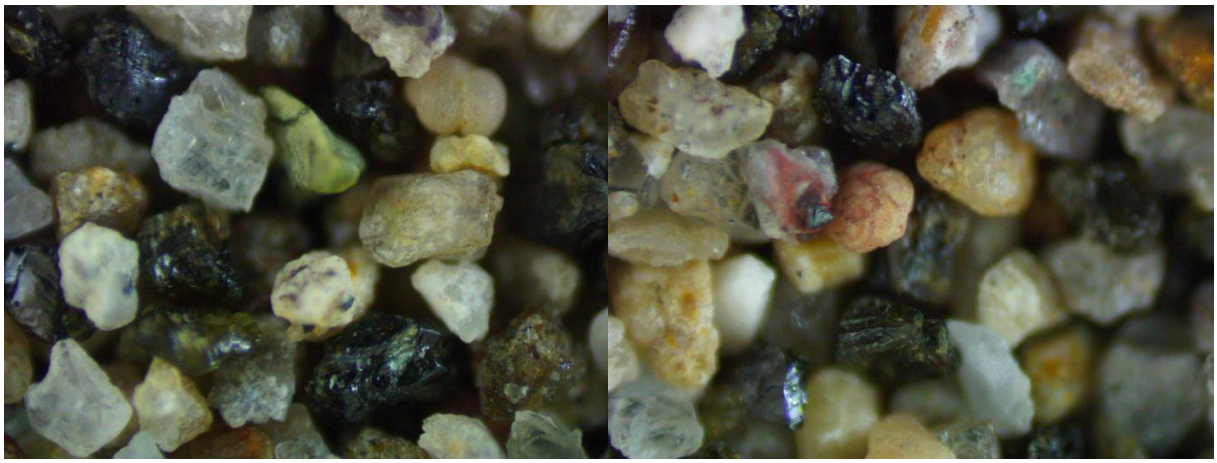
2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



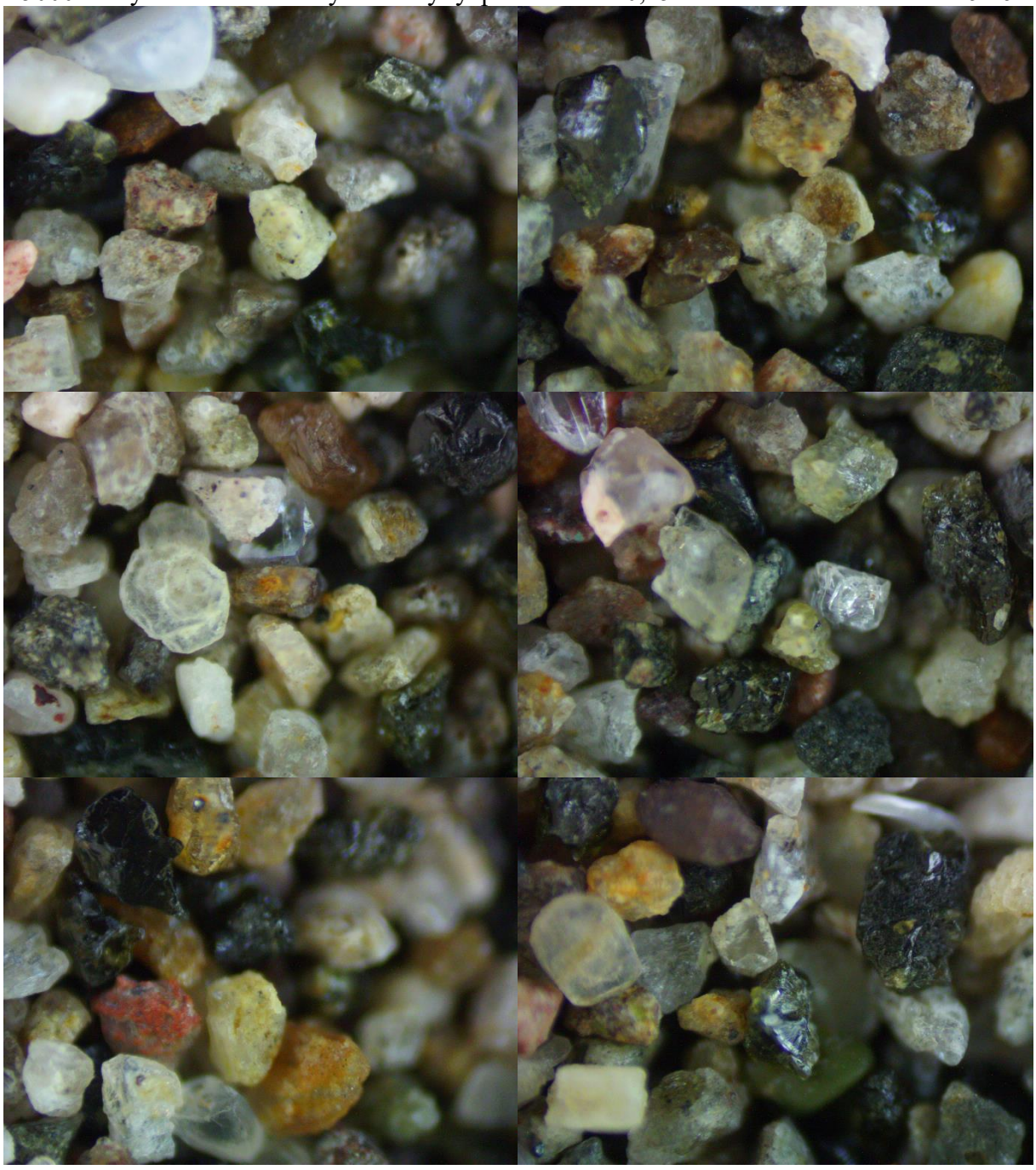
3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

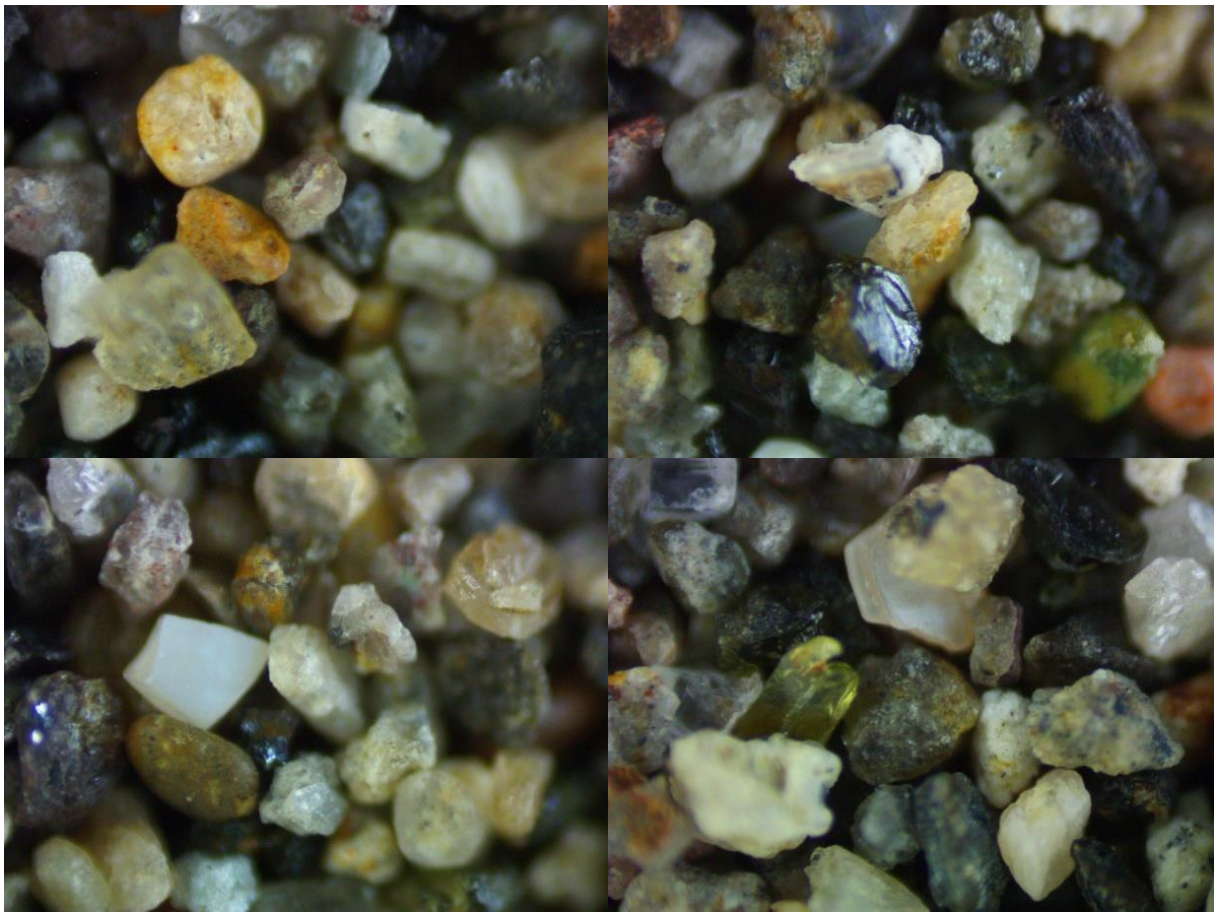


4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu





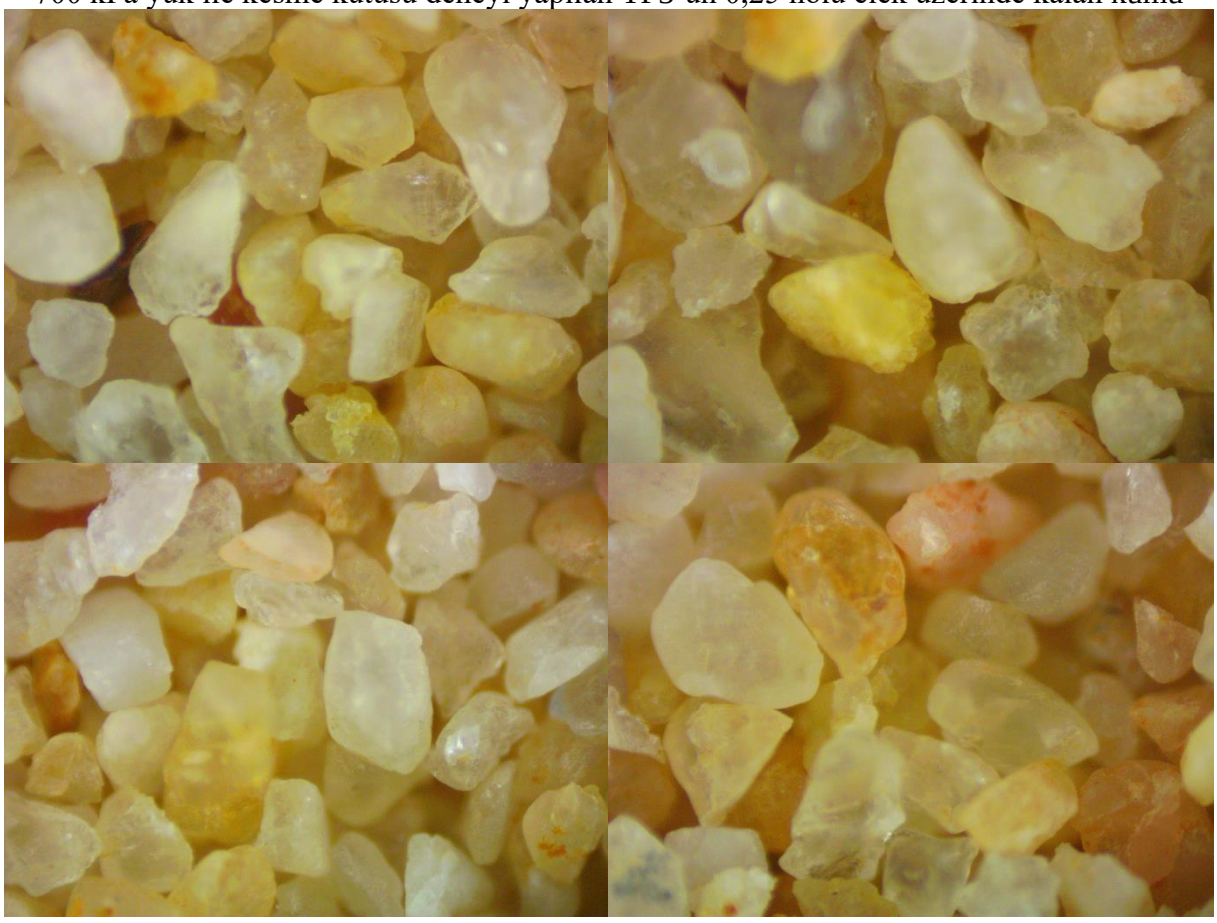
Şekil 66. TP2 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

TP3 kumunun 0,25 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 67).

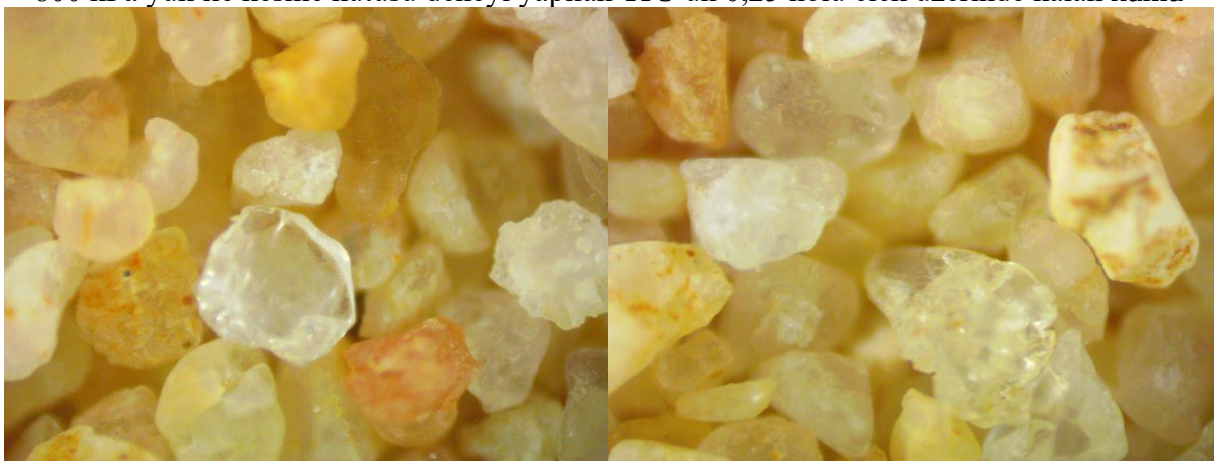
TP3 kumunun 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

100 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

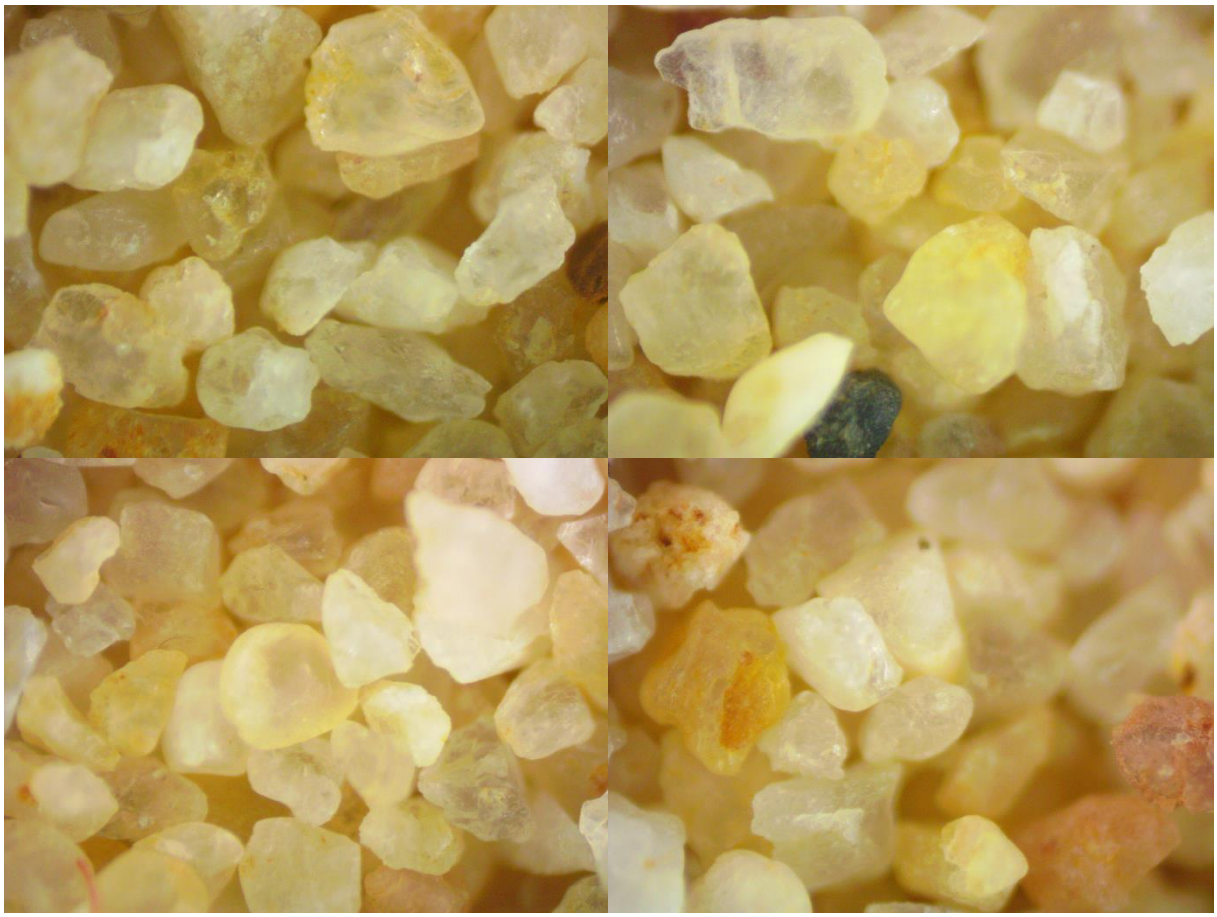
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3'ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3'ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

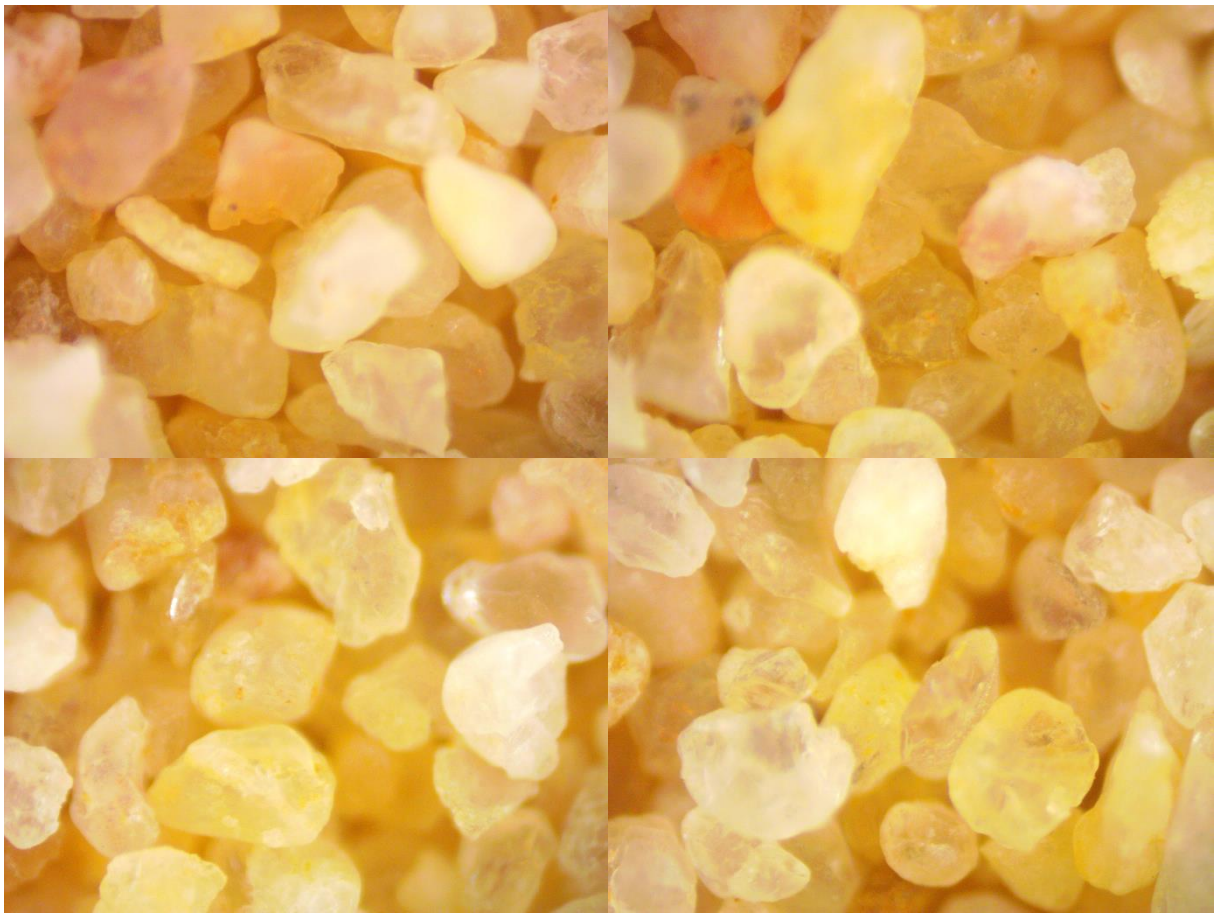


900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

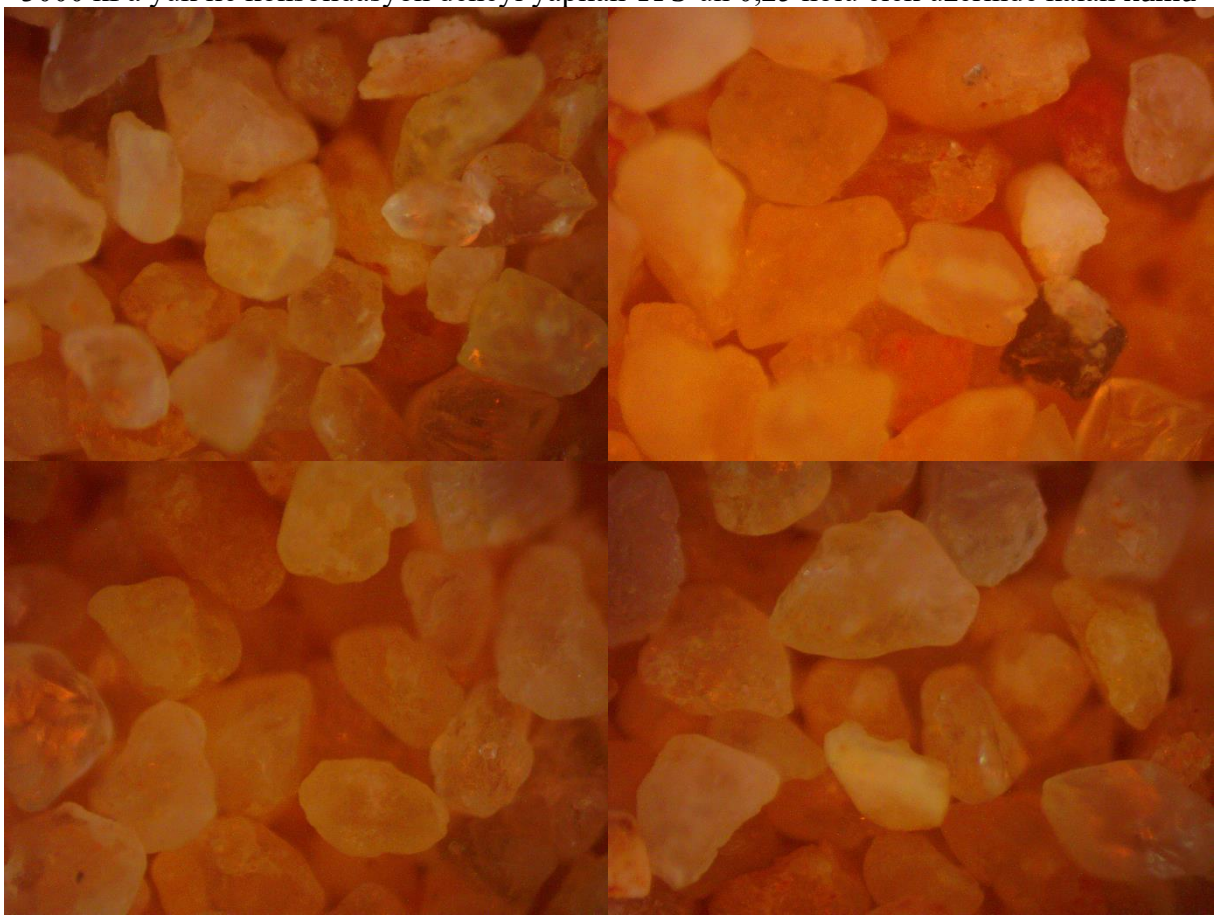


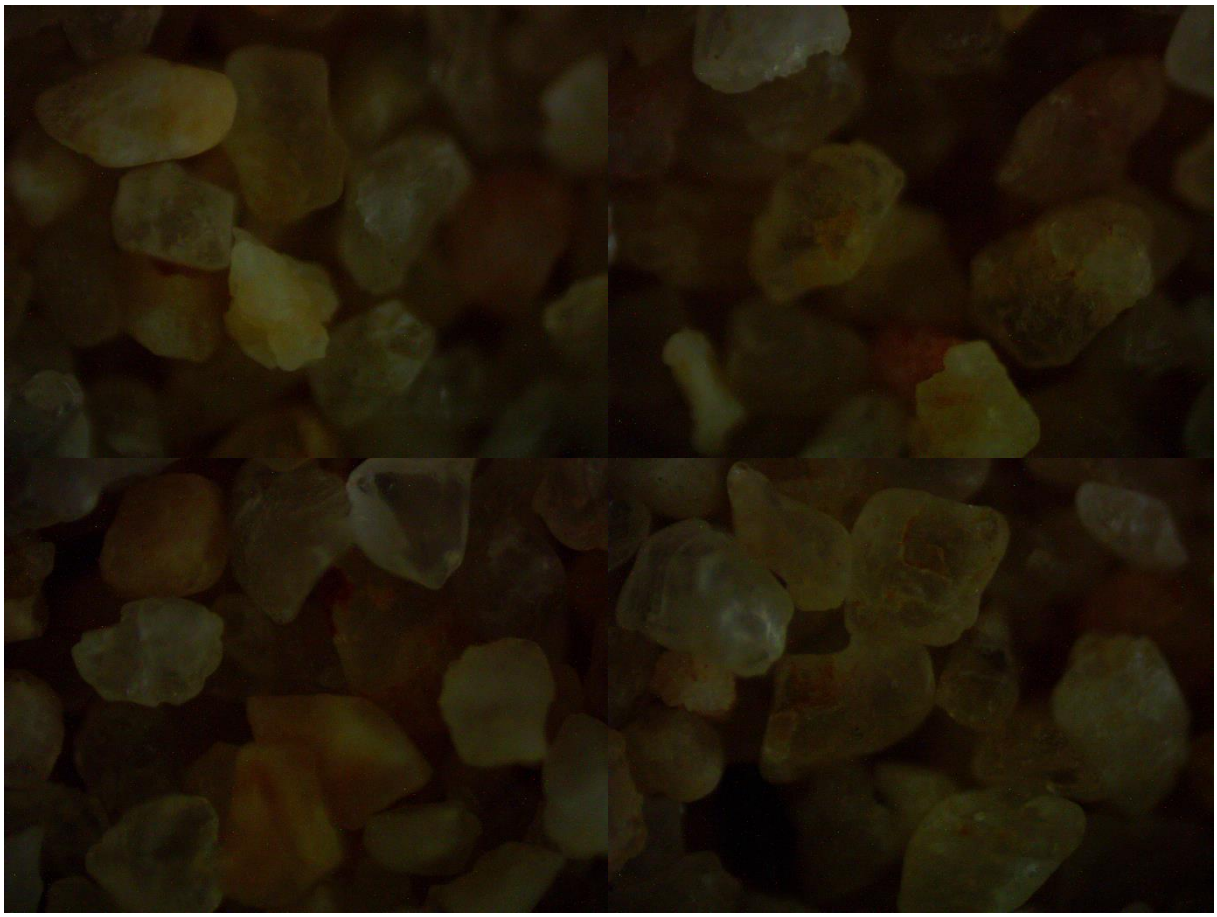
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

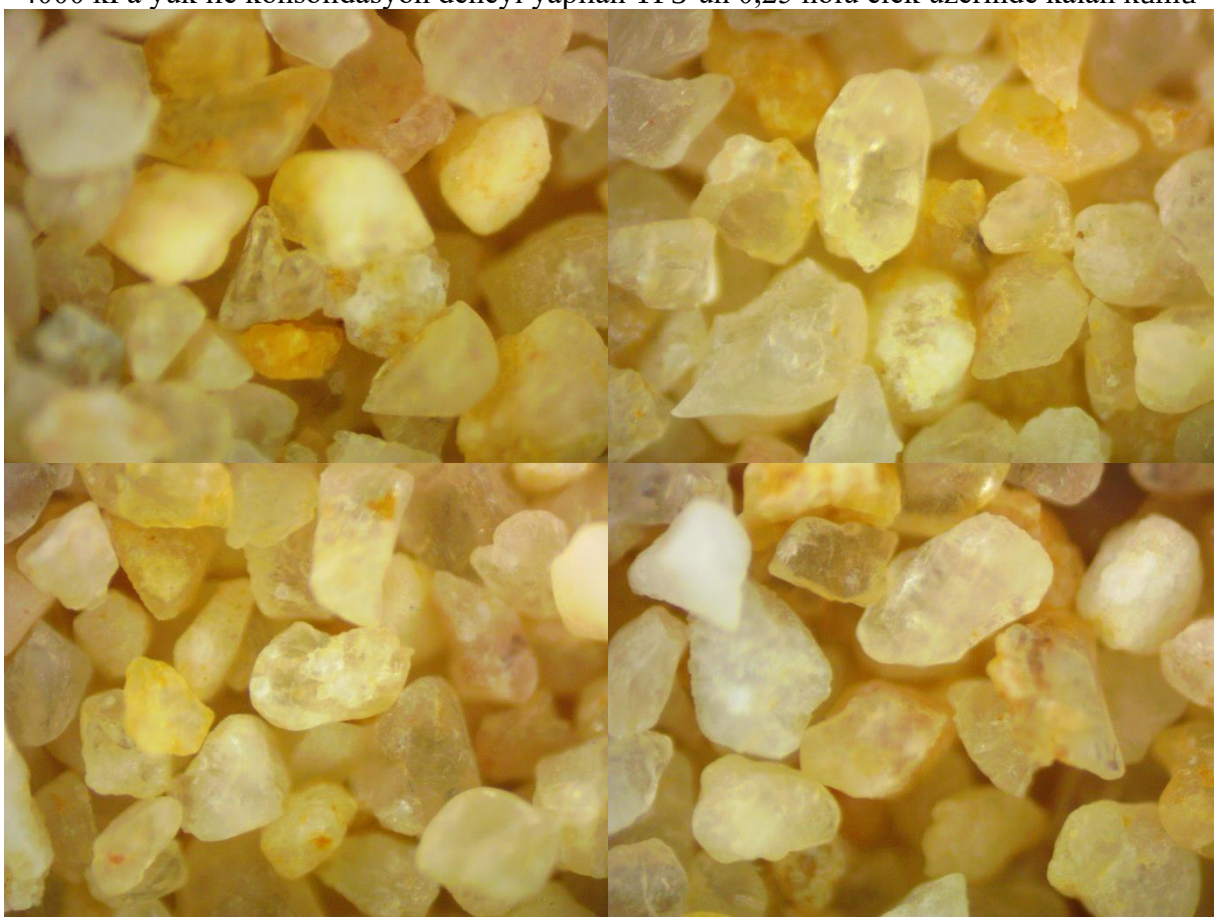


3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu





4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



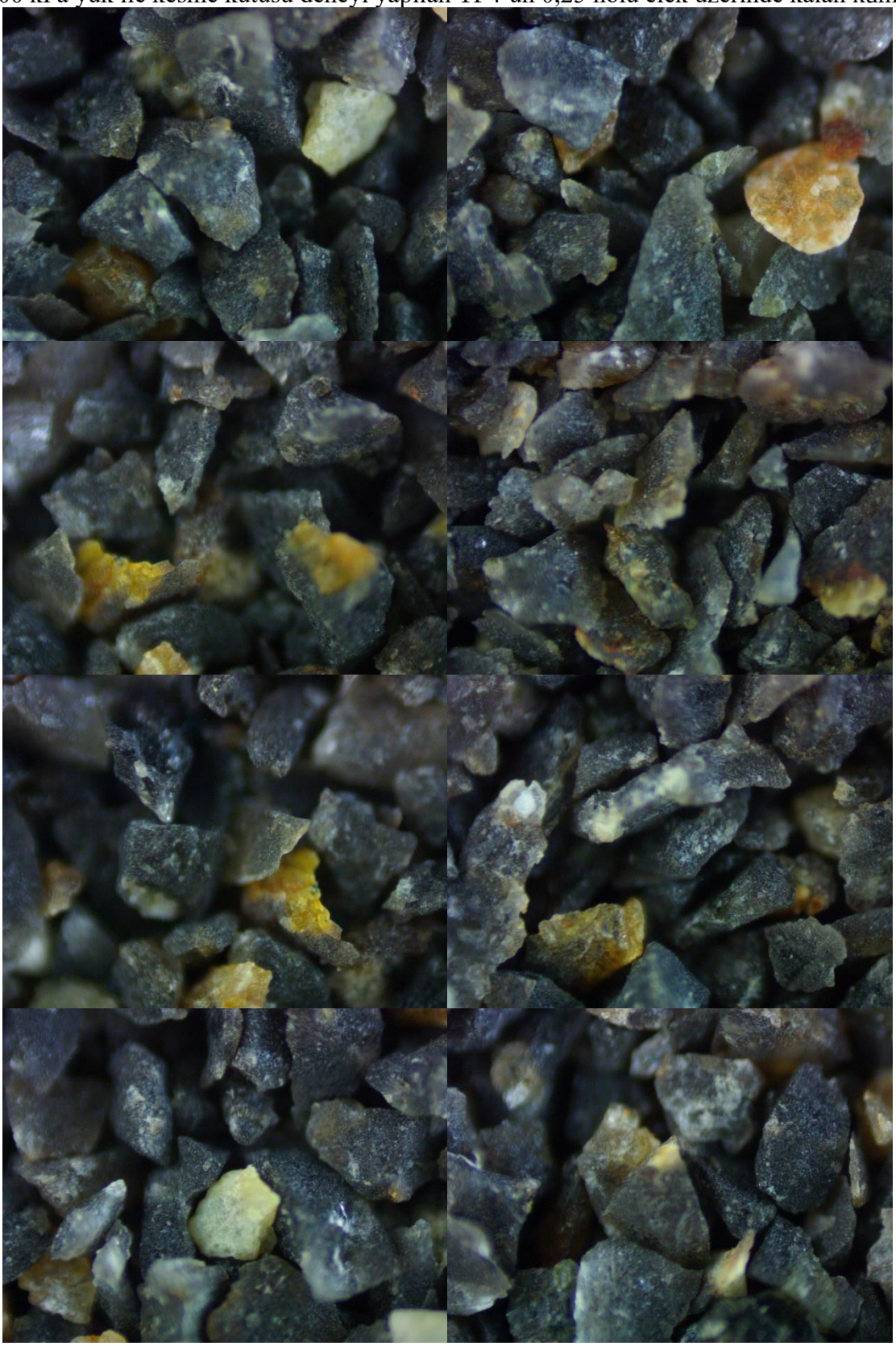
5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

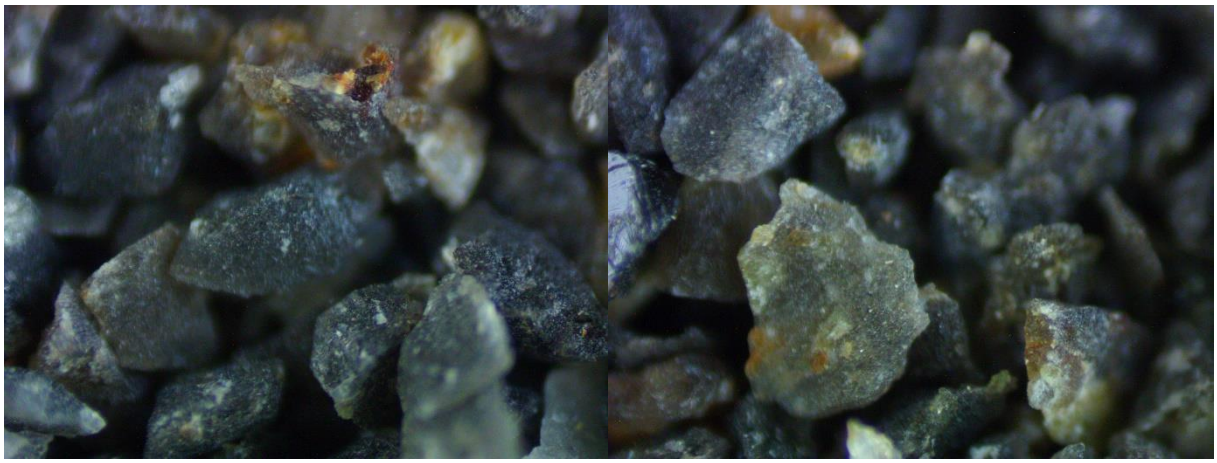
6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

Şekil 67. TP3 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

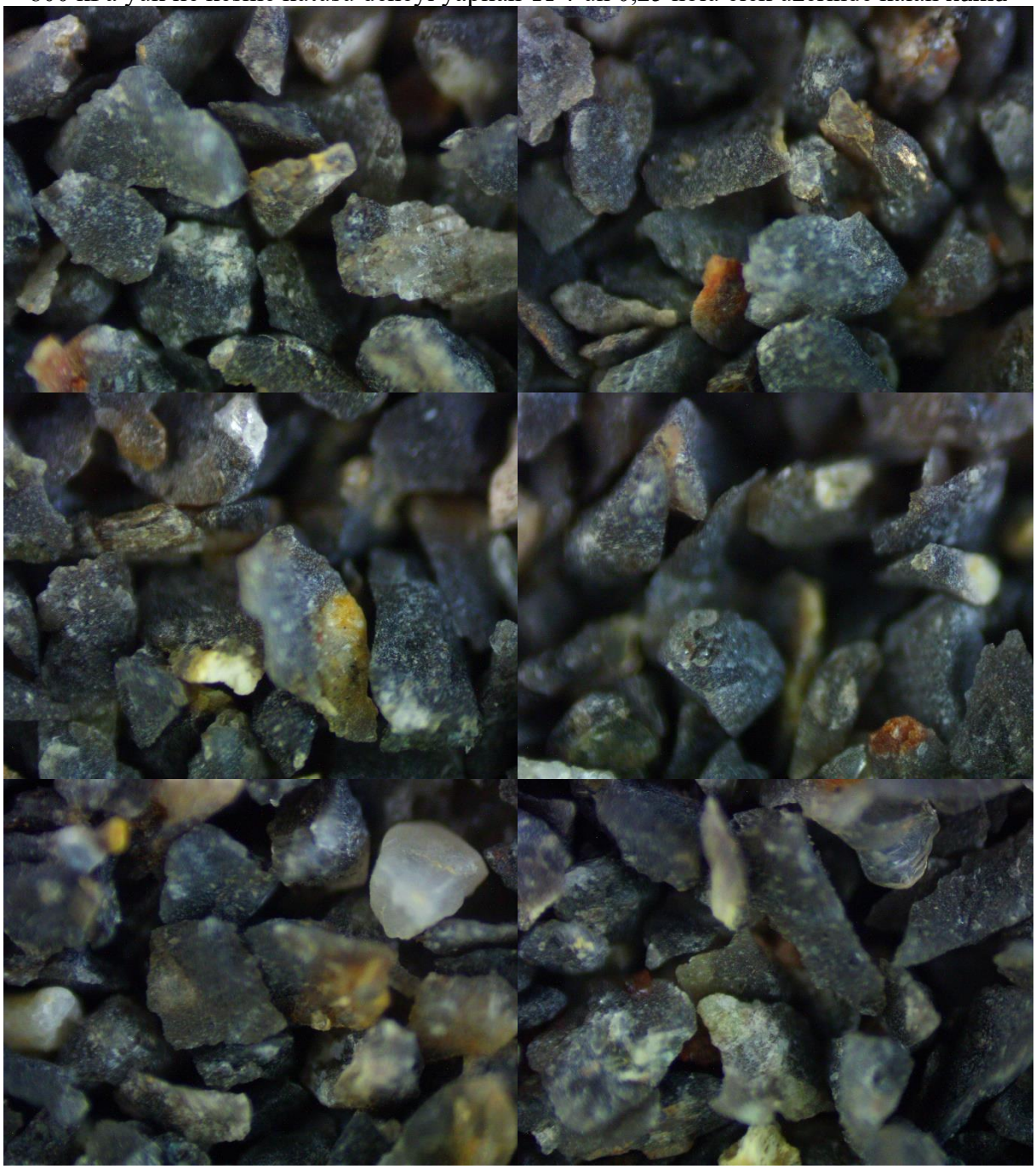
TP4 kumunun 0,25 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 68).

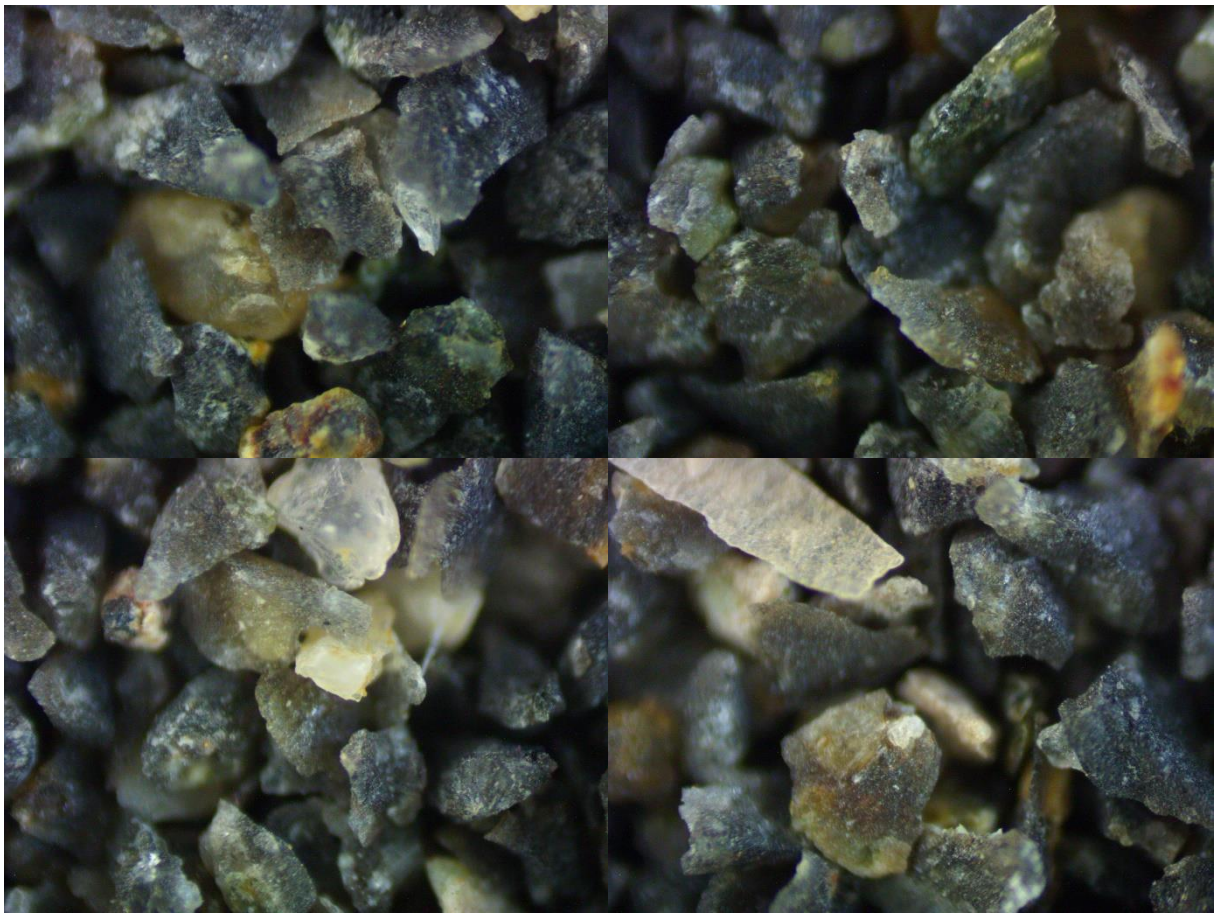
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4'ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



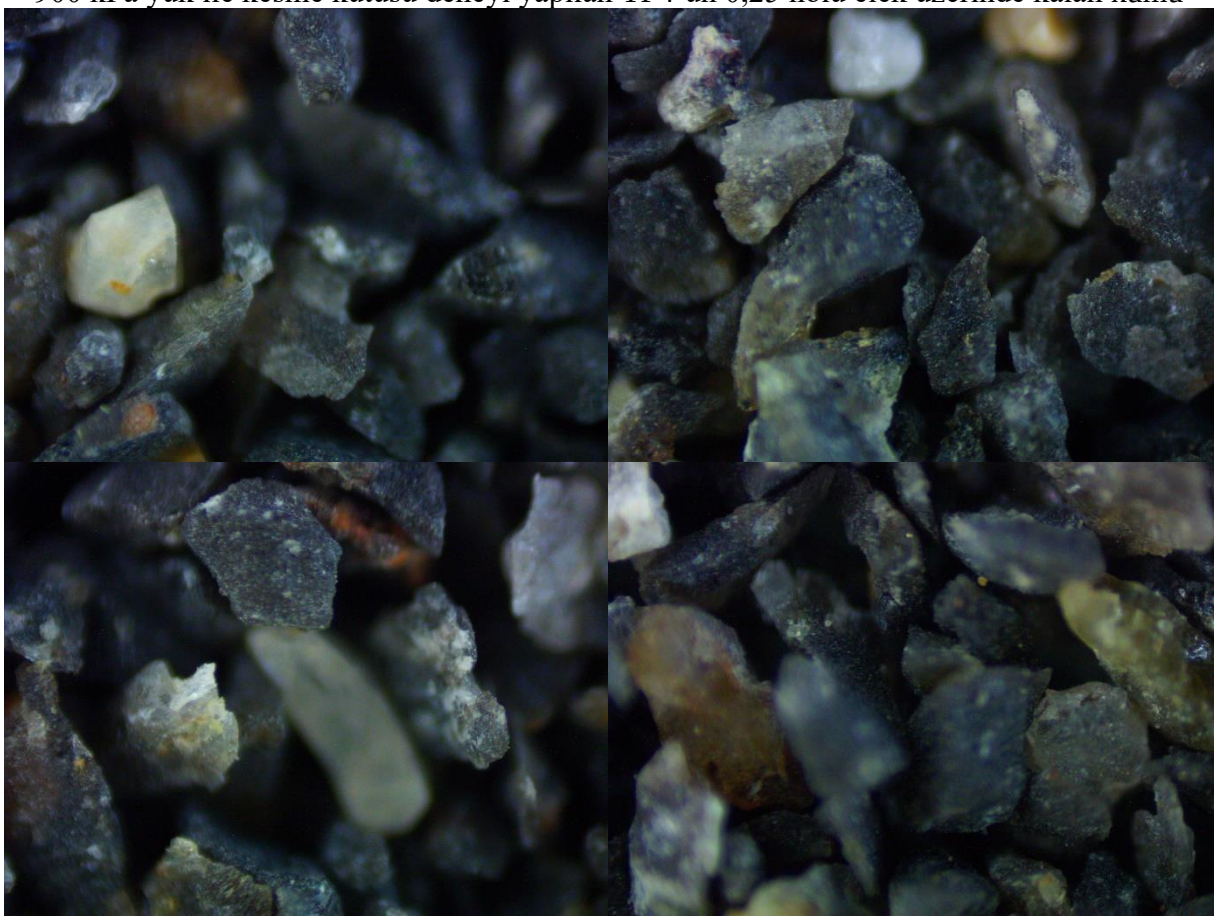


800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4'ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu





900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



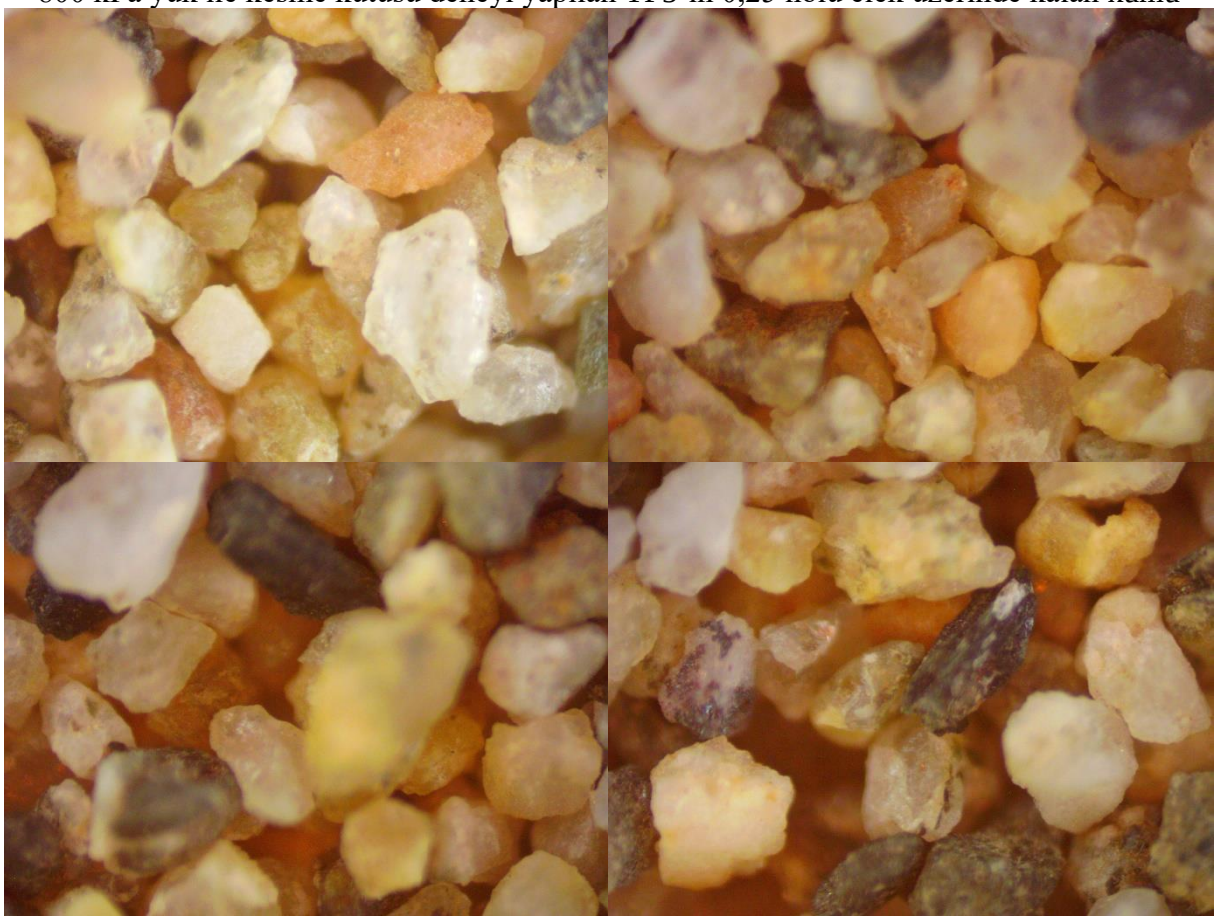
Şekil 68. TP4 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

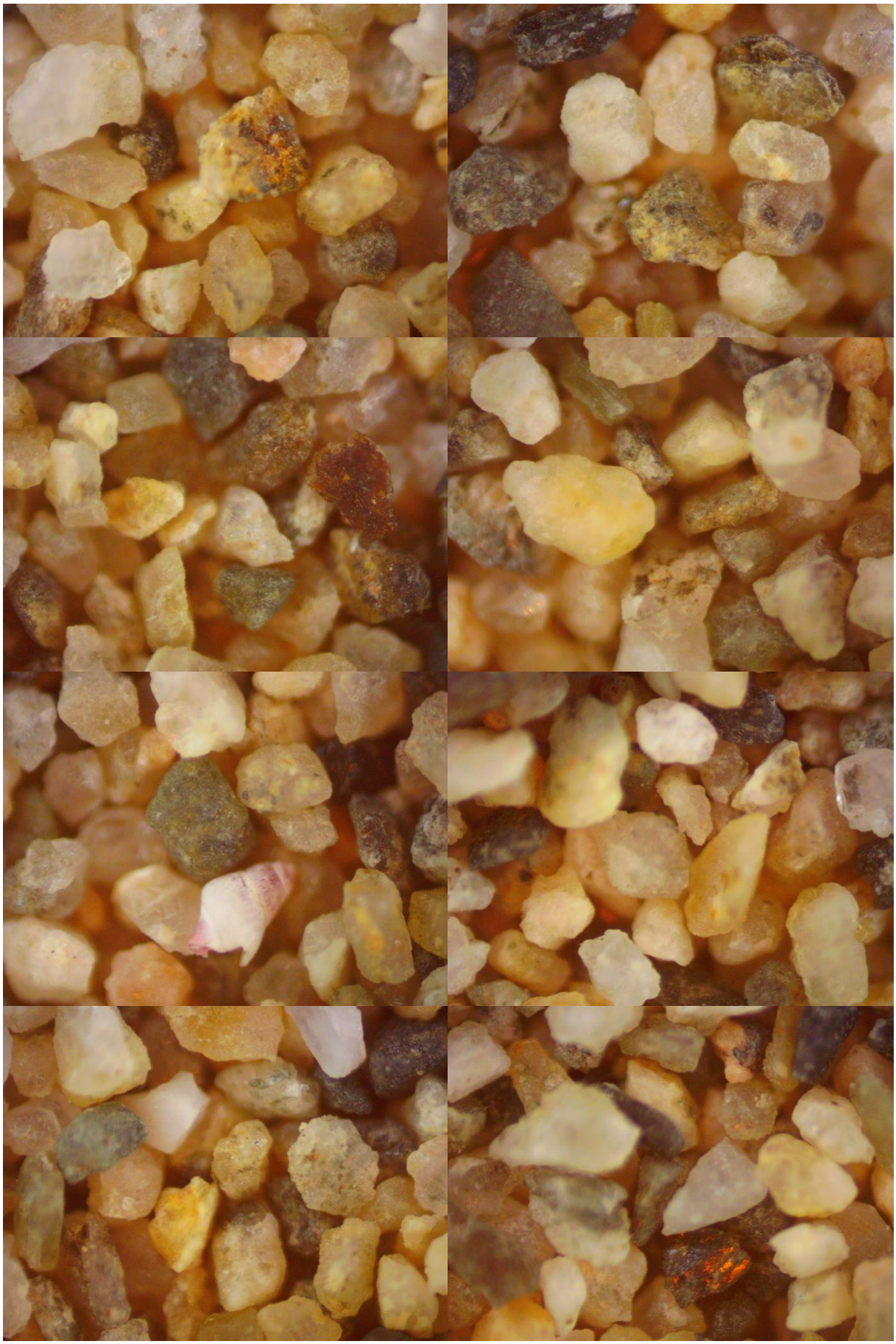
TP5 kumunun 0,25 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 69).

TP5 kumunun 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

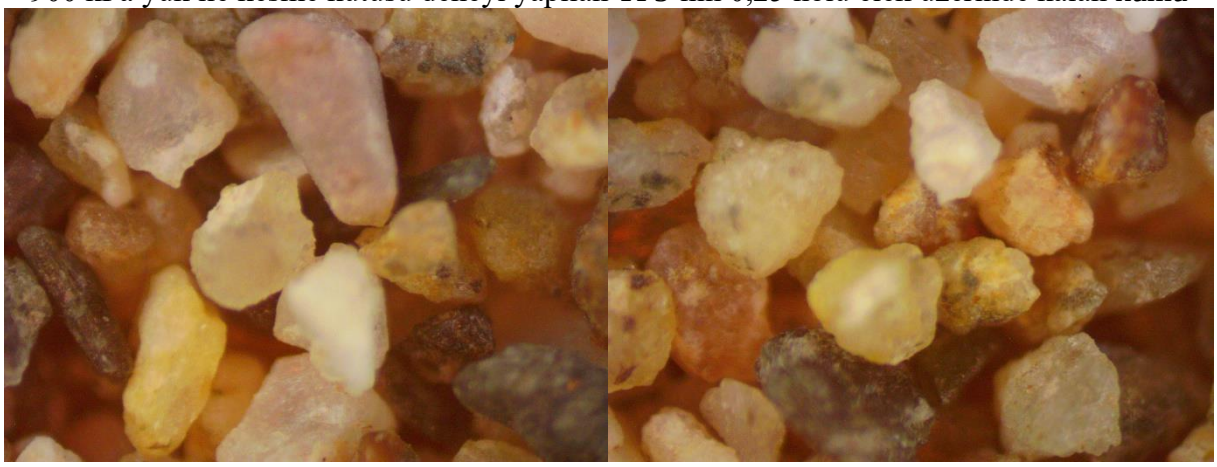
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu

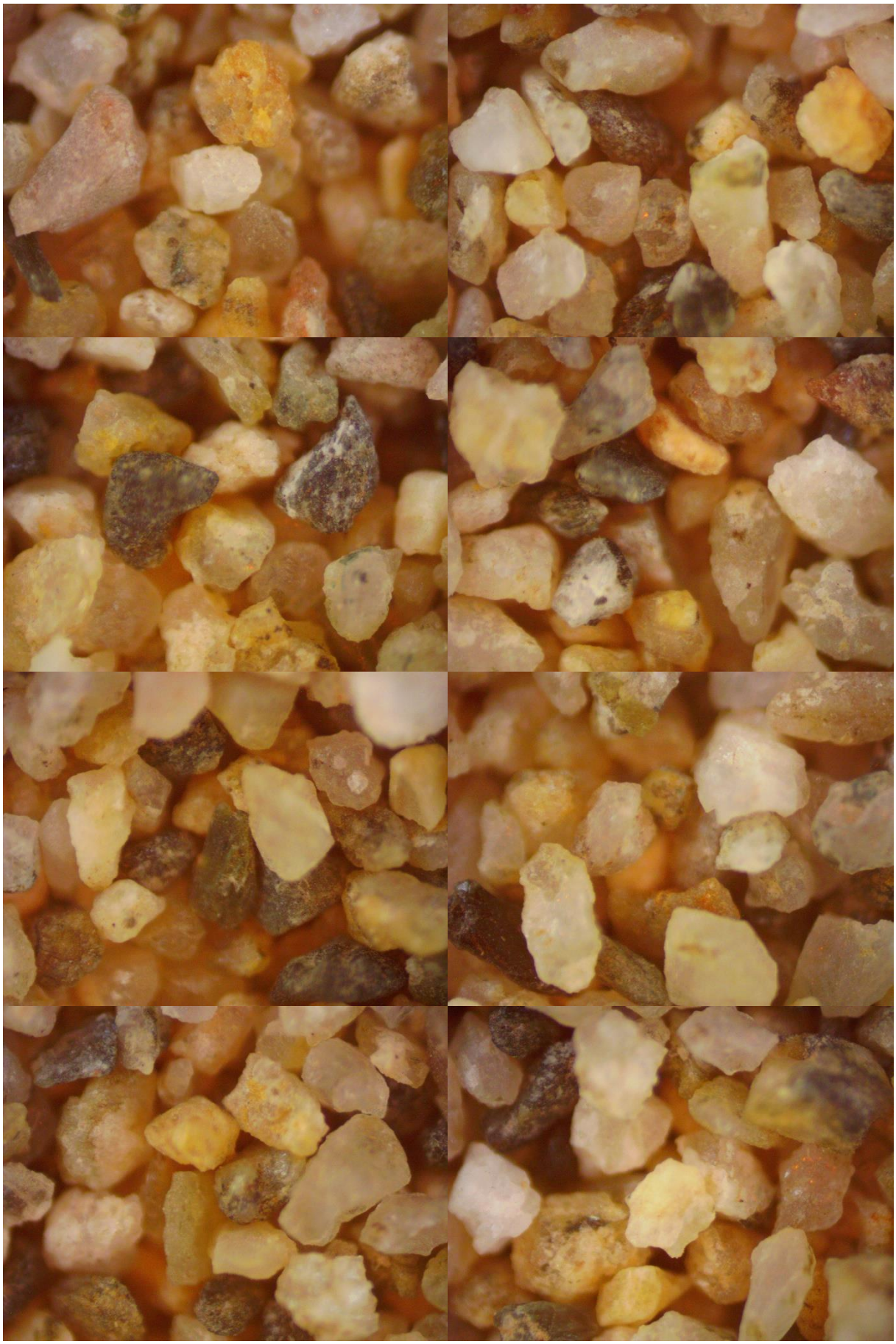
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu





900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’nin 0,25 nolu elek üzerinde kalan kumu



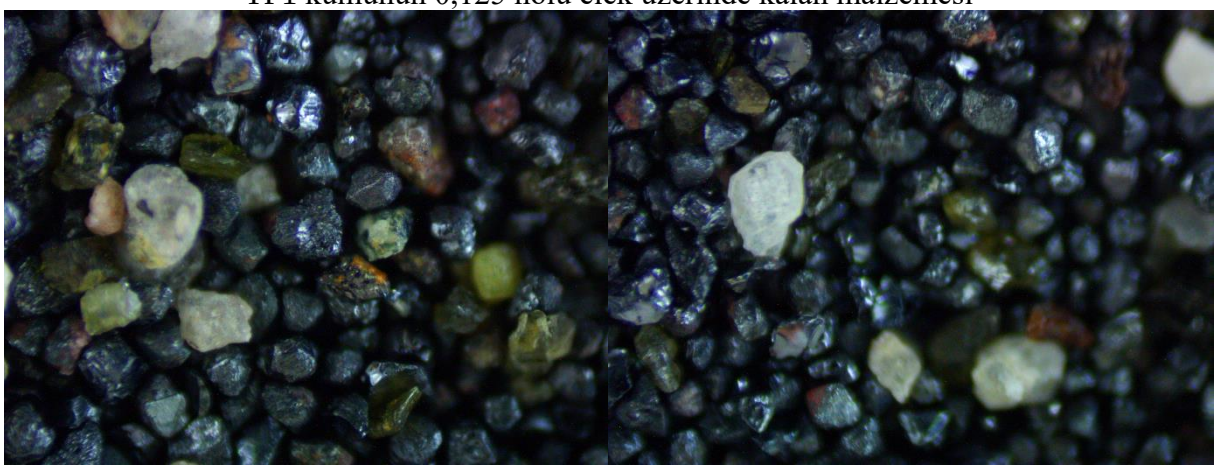


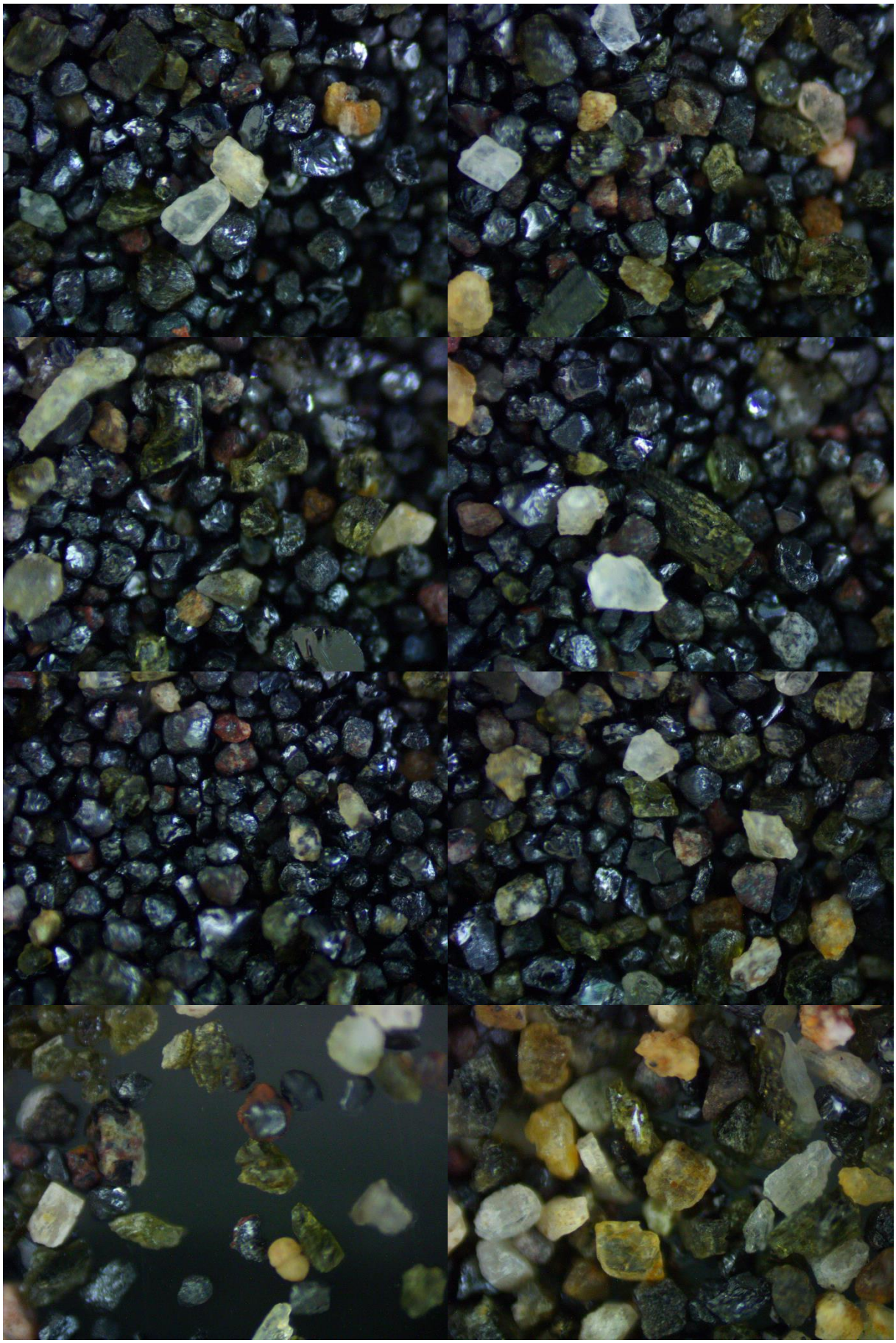
Şekil 68. TP5 kumunun farklı yükler altında 0,25 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

0,125 Nolu Elek Üzerinde Kalan Taneler

TP1 kumunun 0,125 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 69).

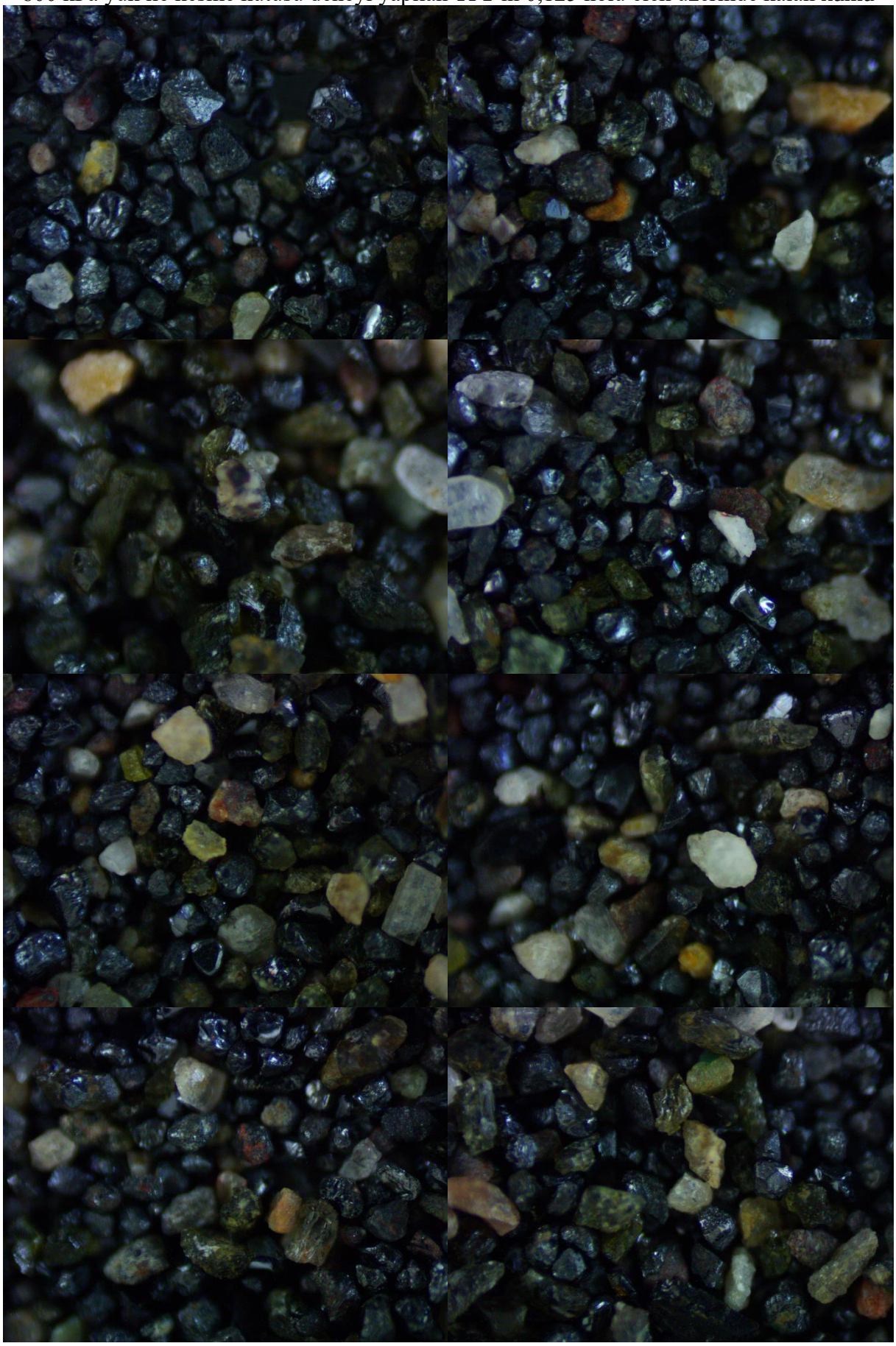
TP1 kumunun 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

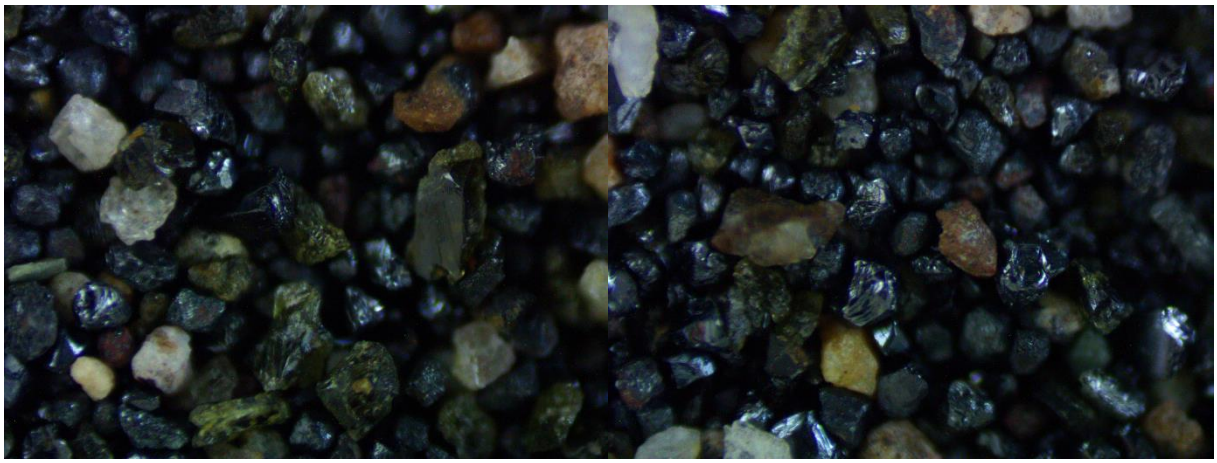




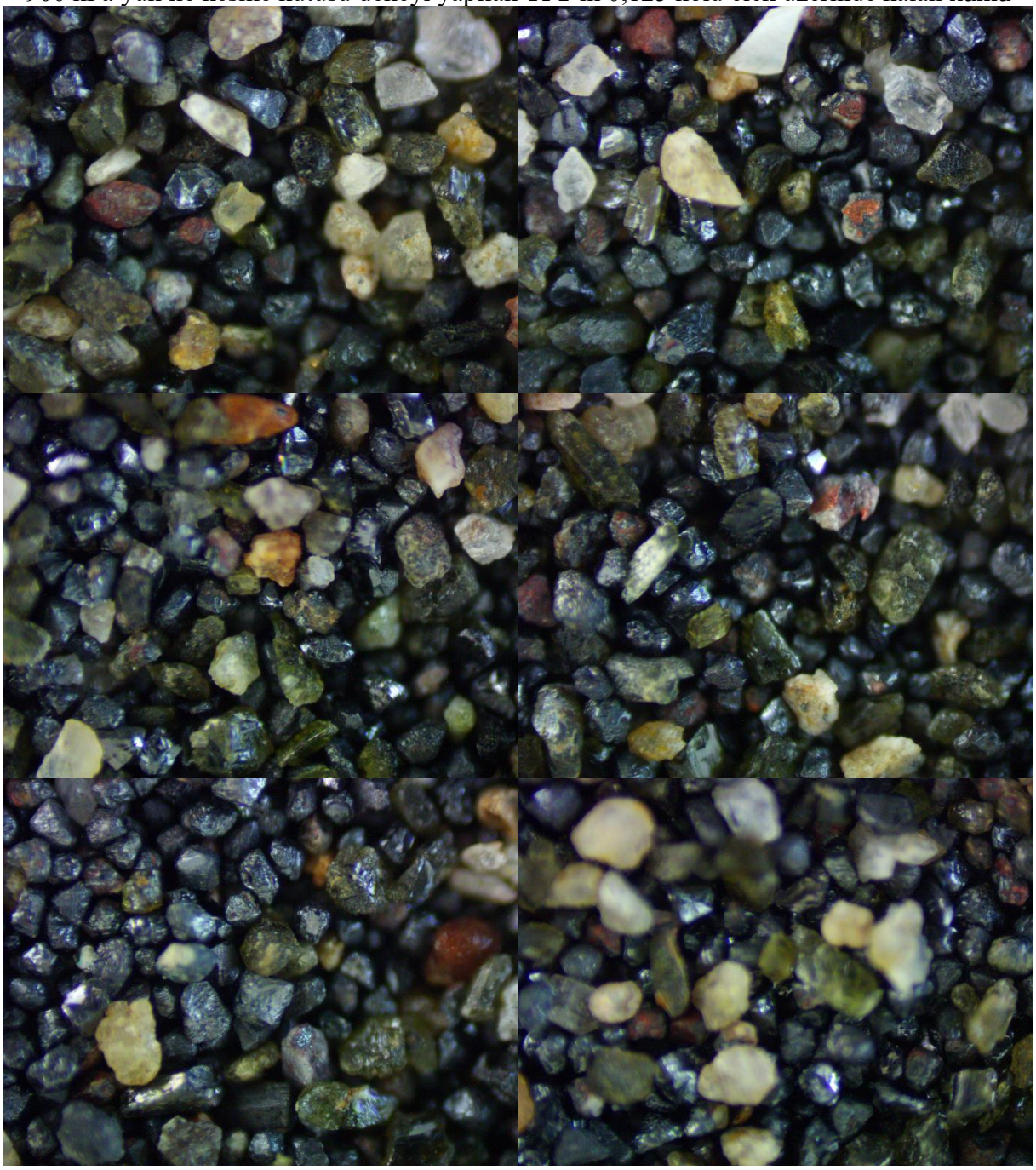
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

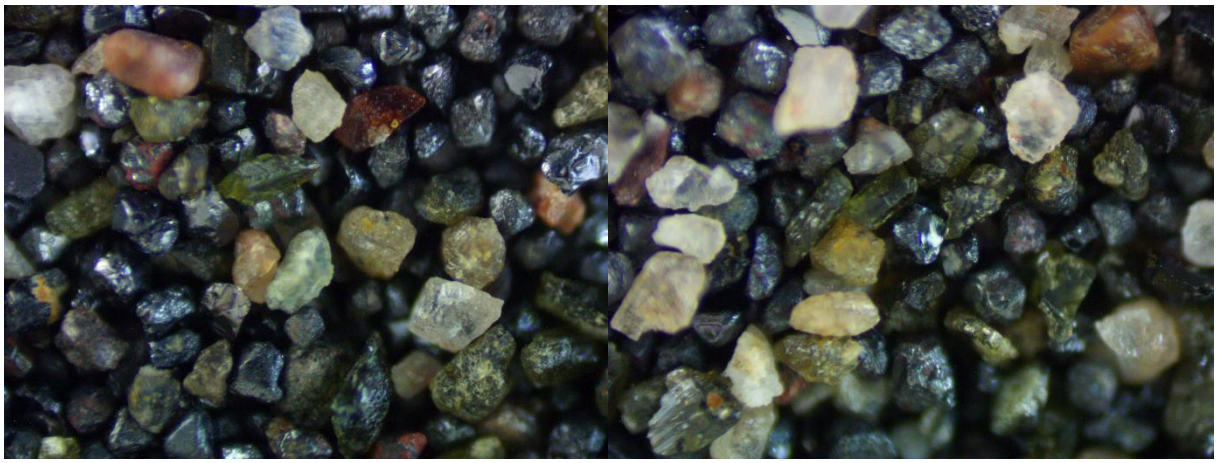
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu





900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

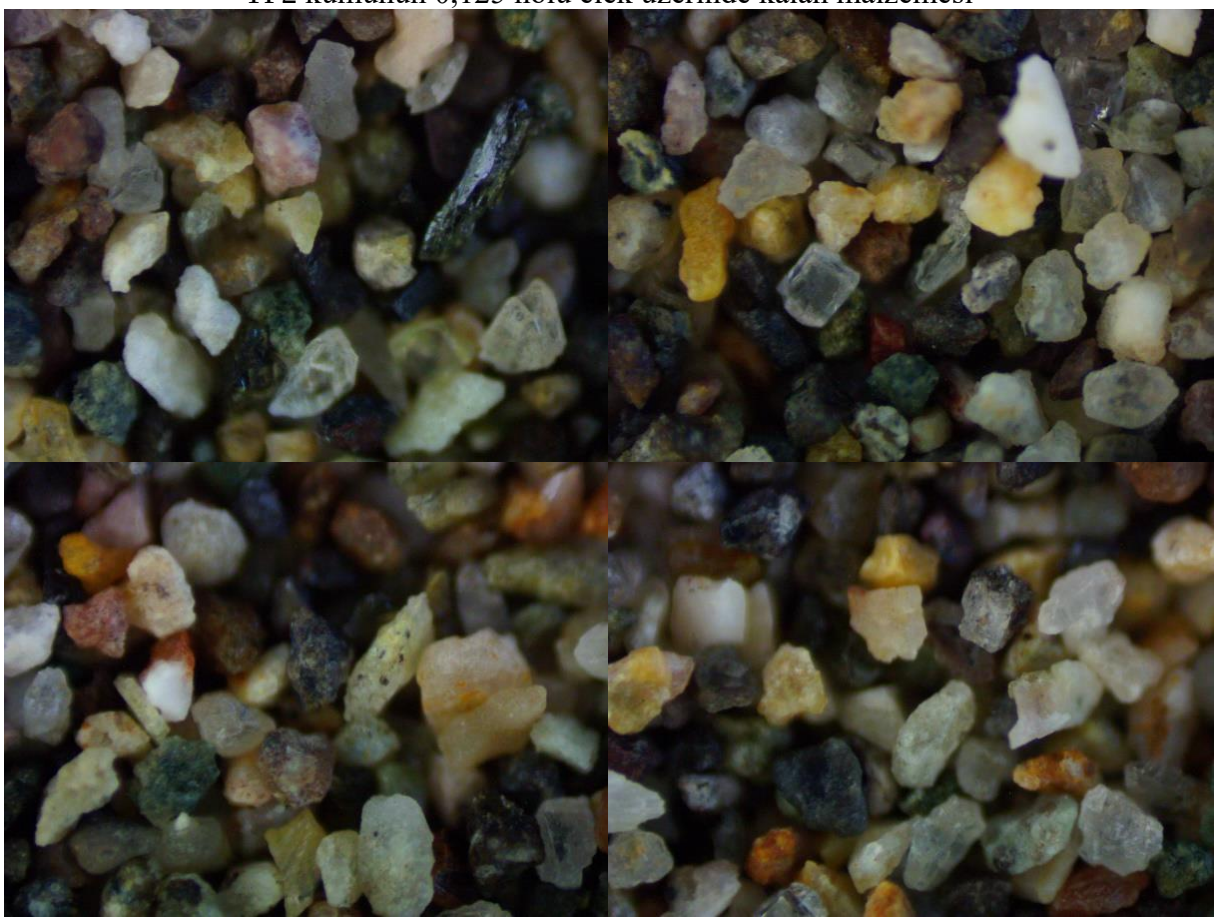


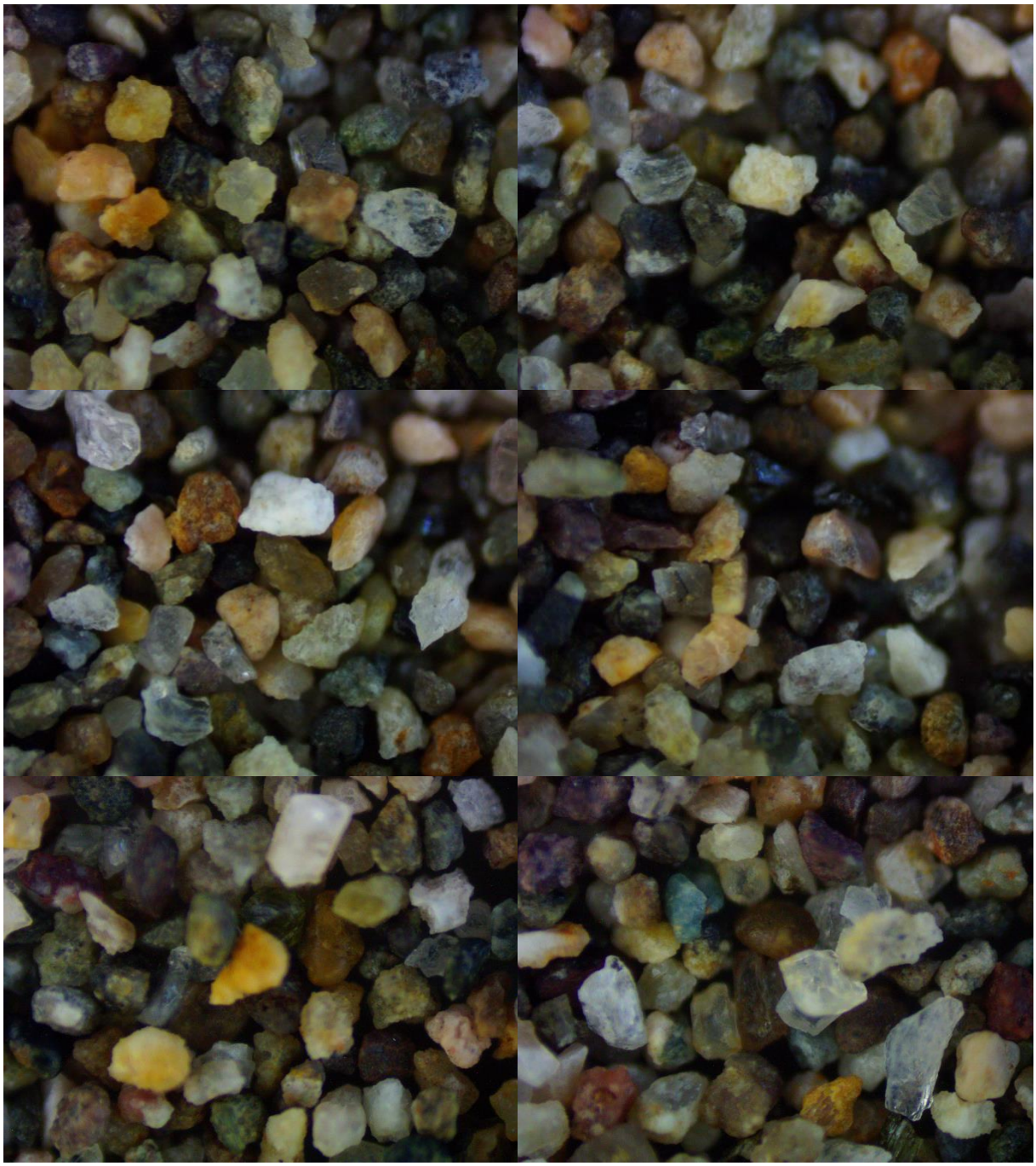


Şekil 69. TP1 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeler

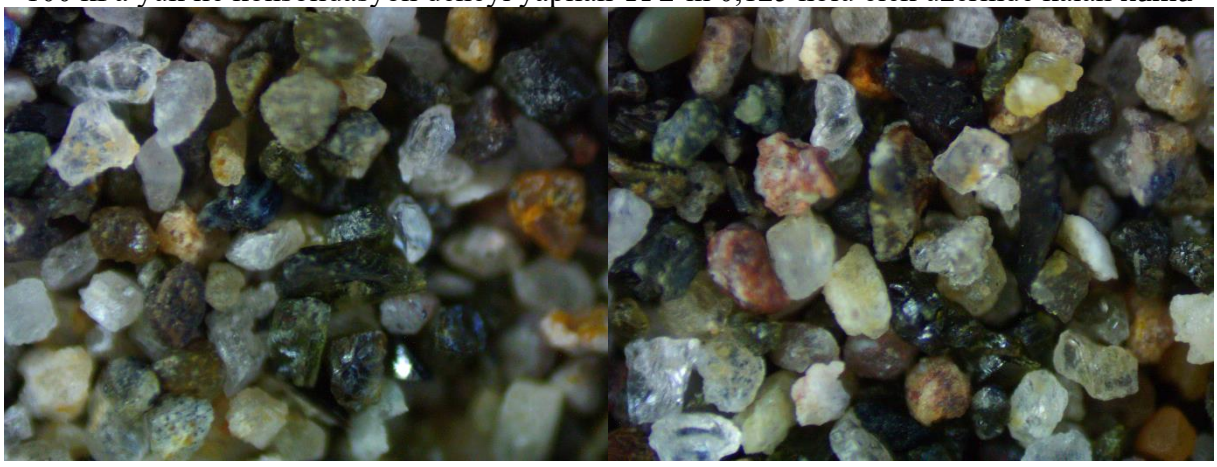
TP2 kumunun 0,125 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu sonrasında, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 70).

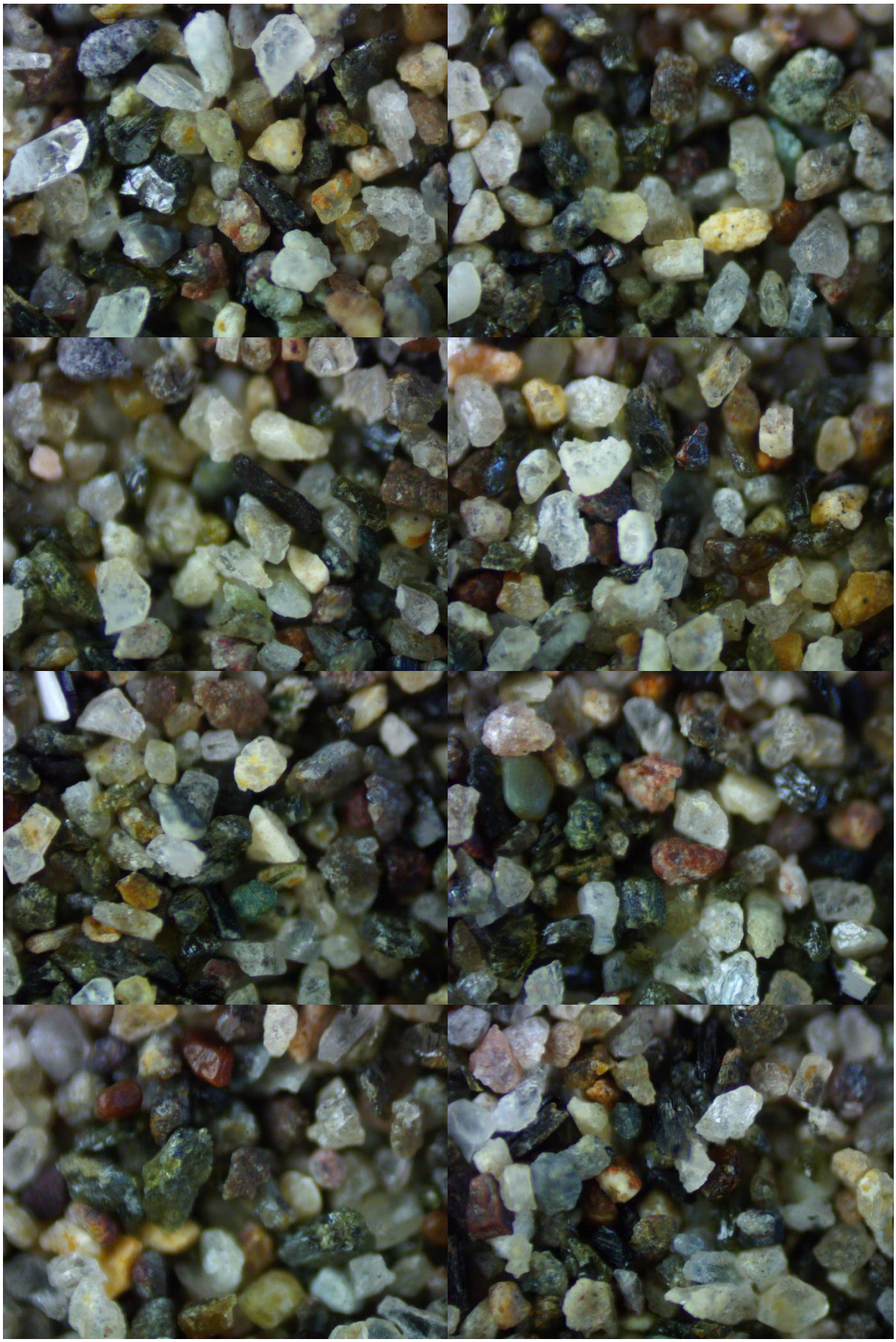
TP2 kumunun 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemesi





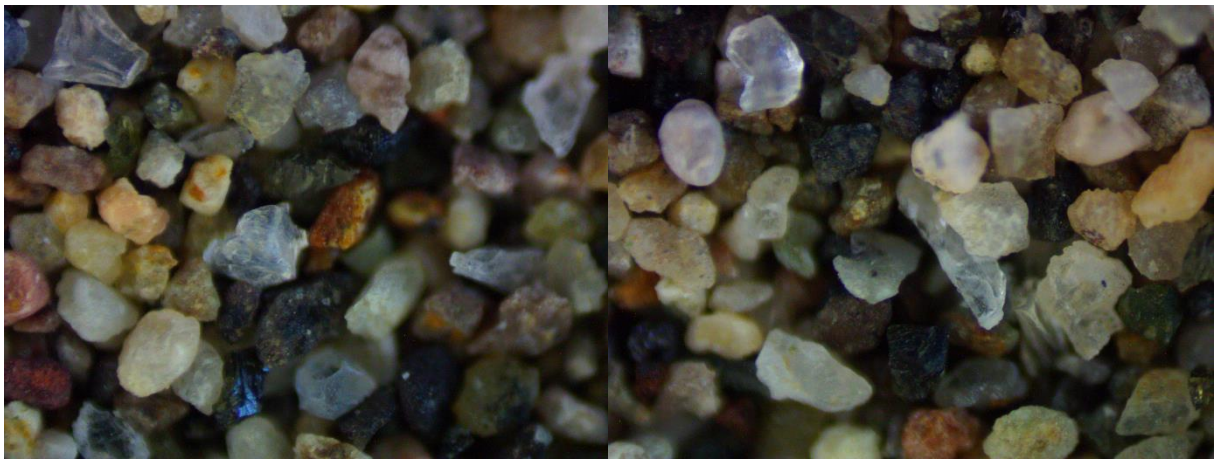
100 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu



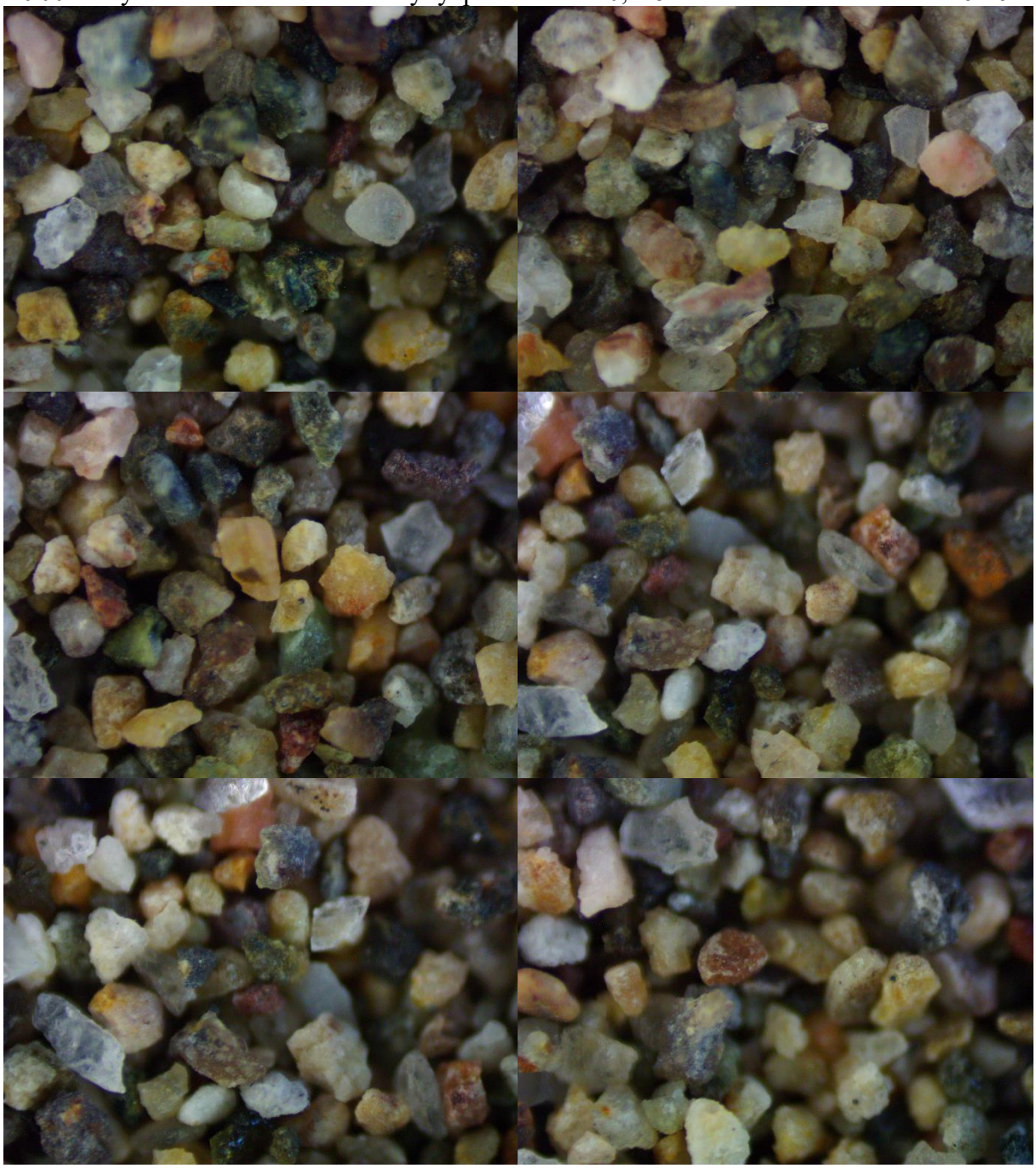


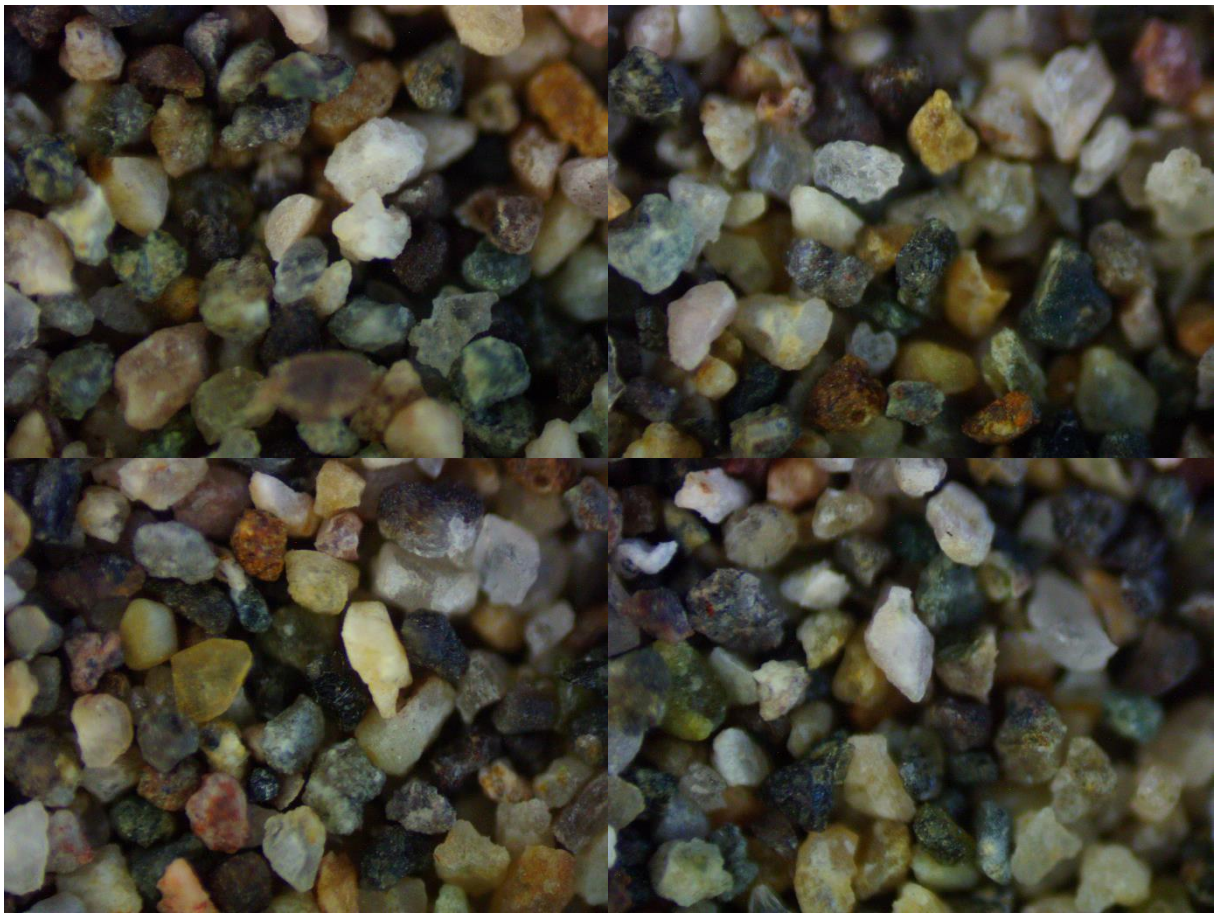
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

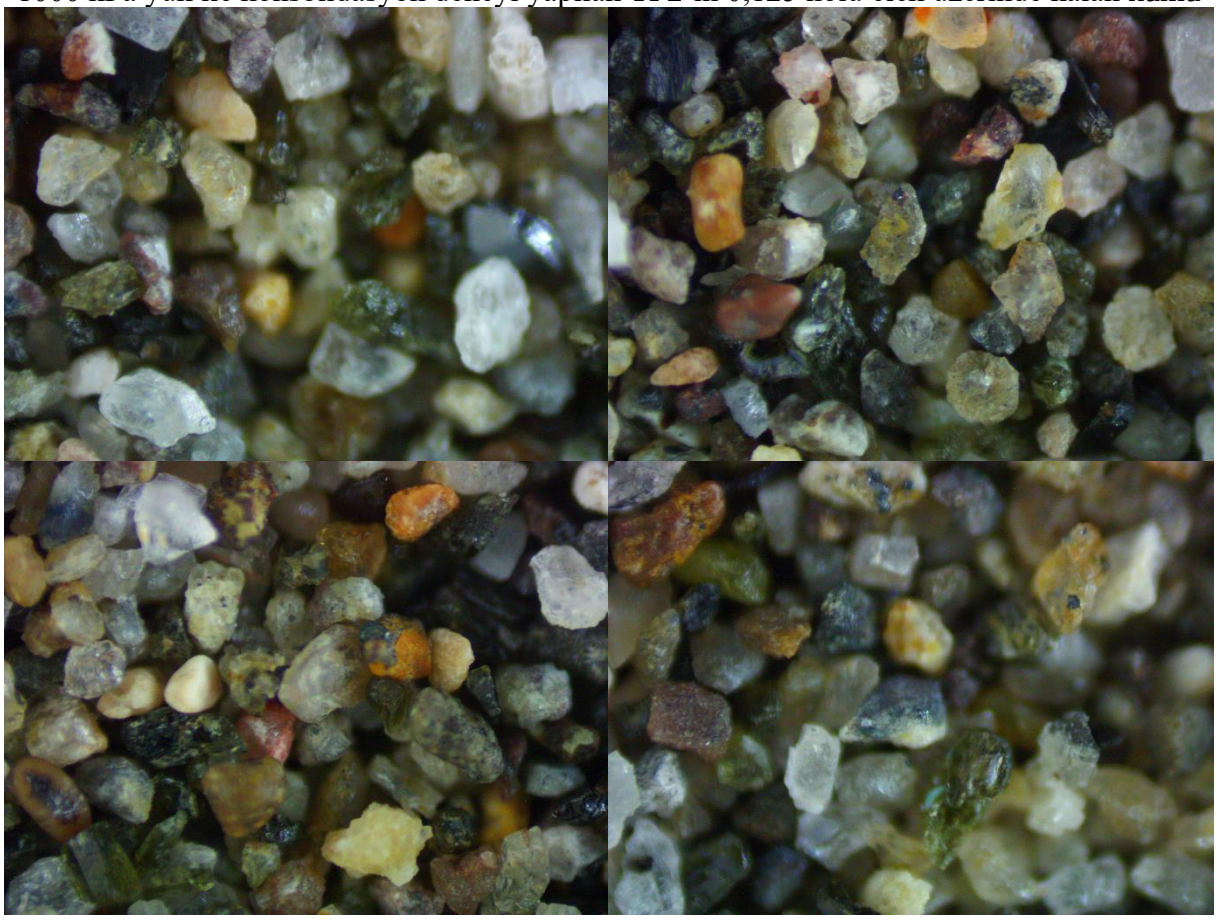


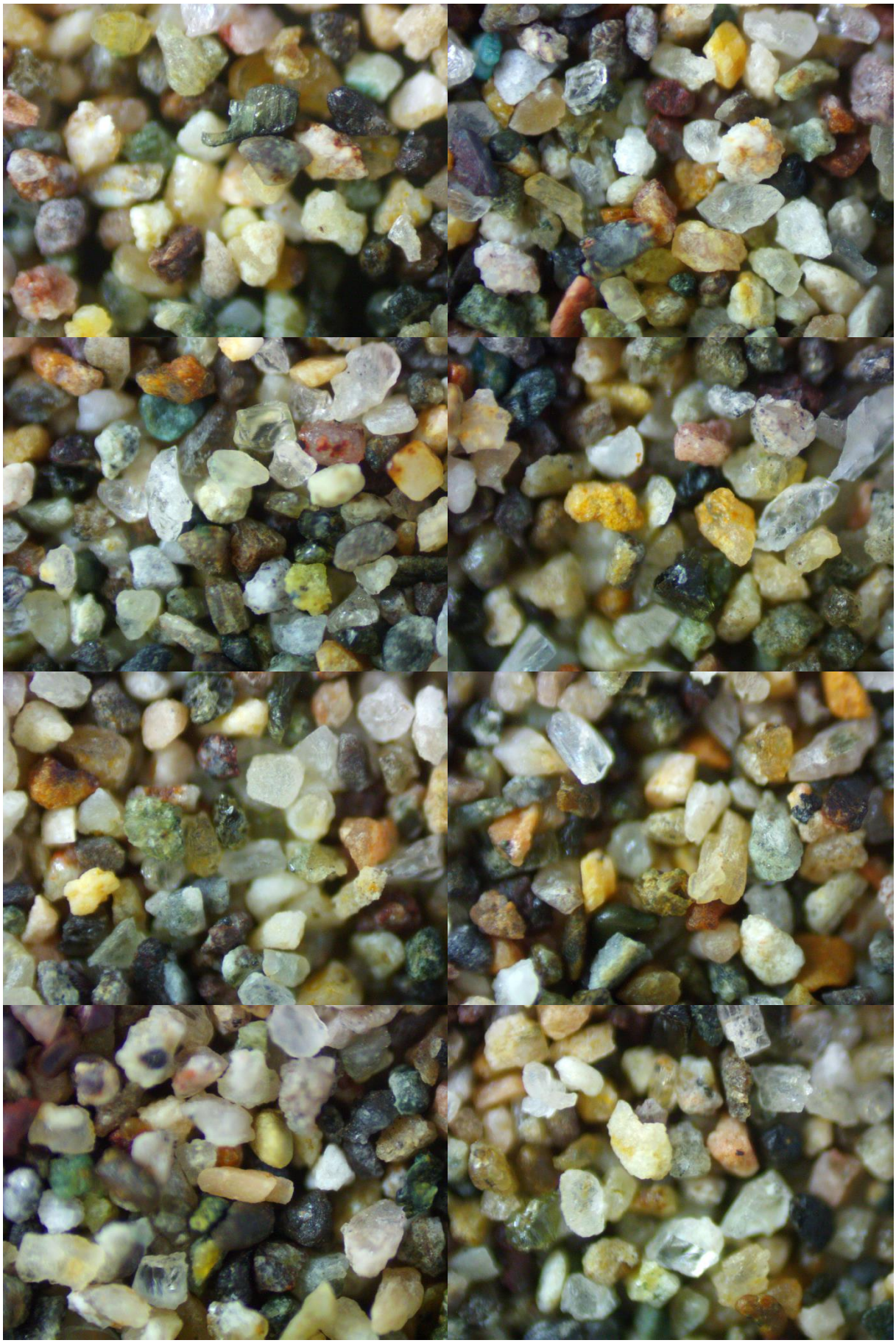
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu



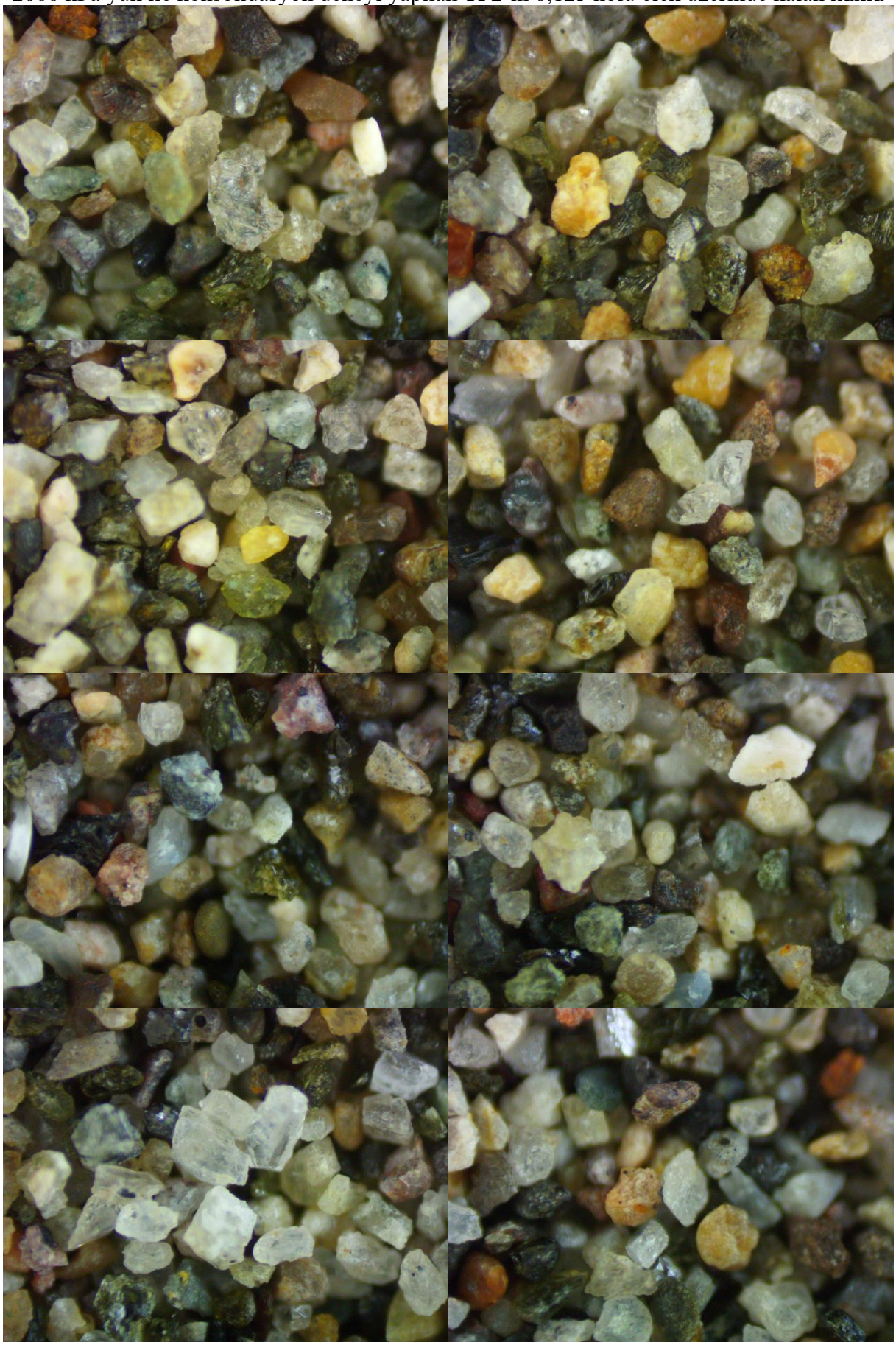


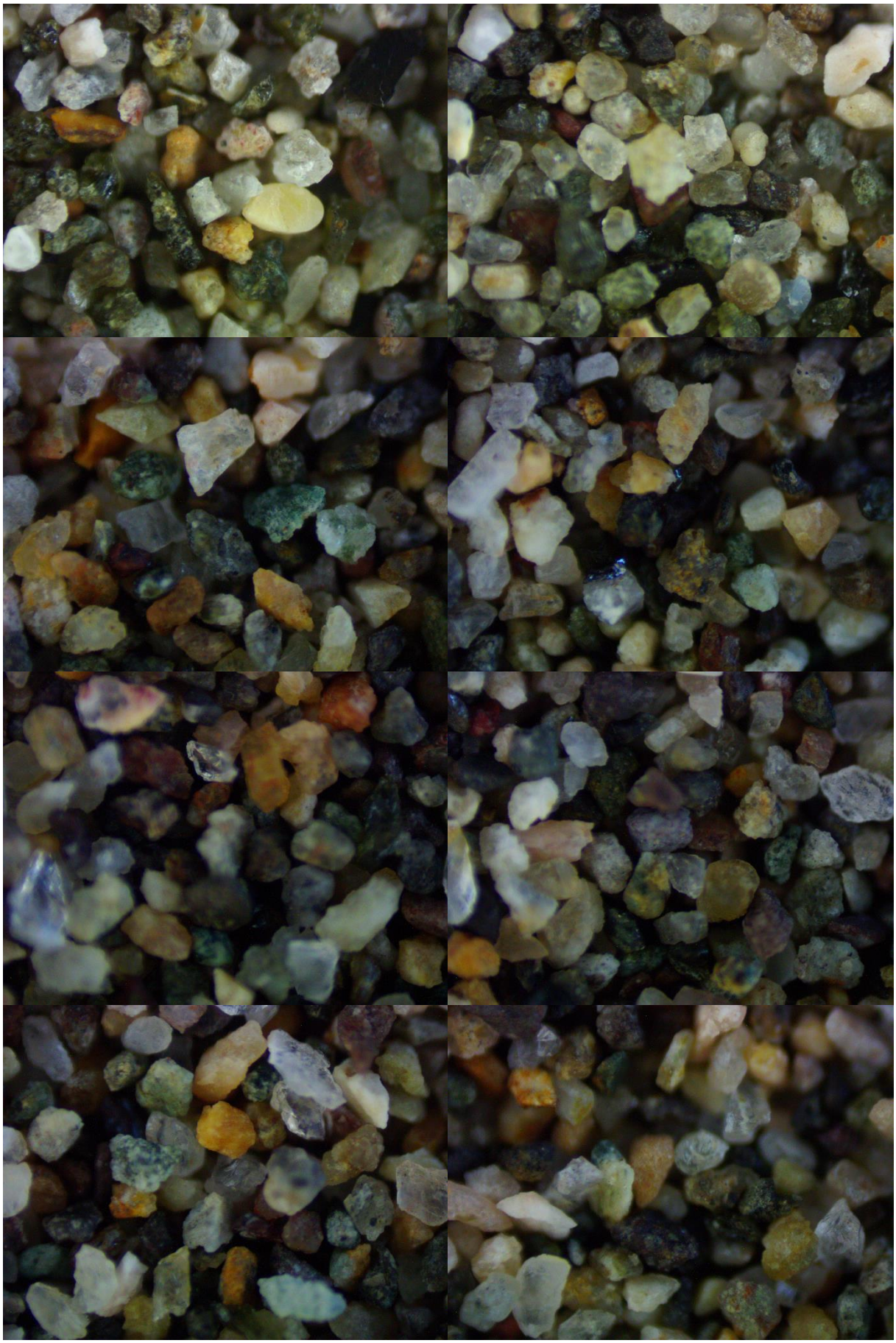
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

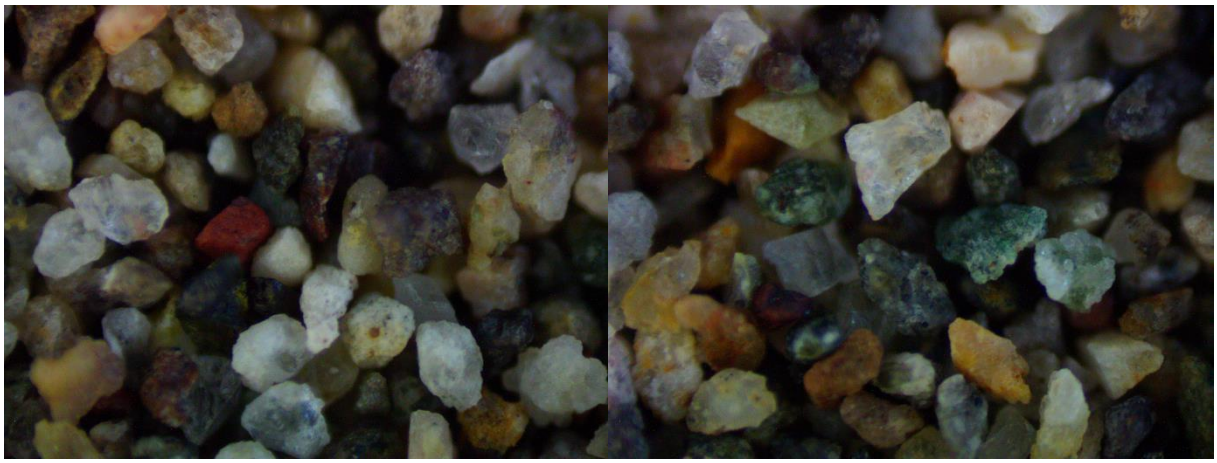




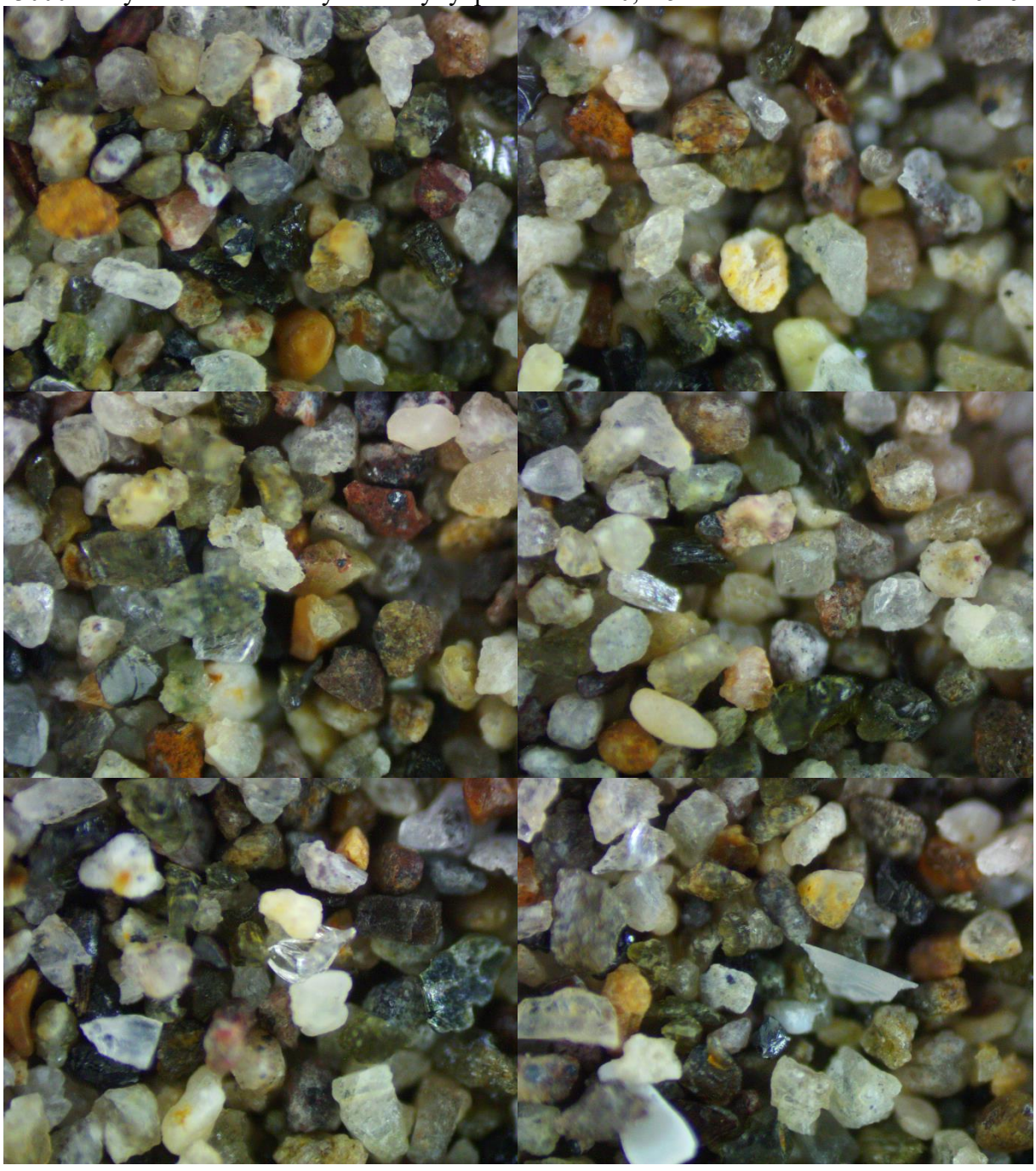
2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

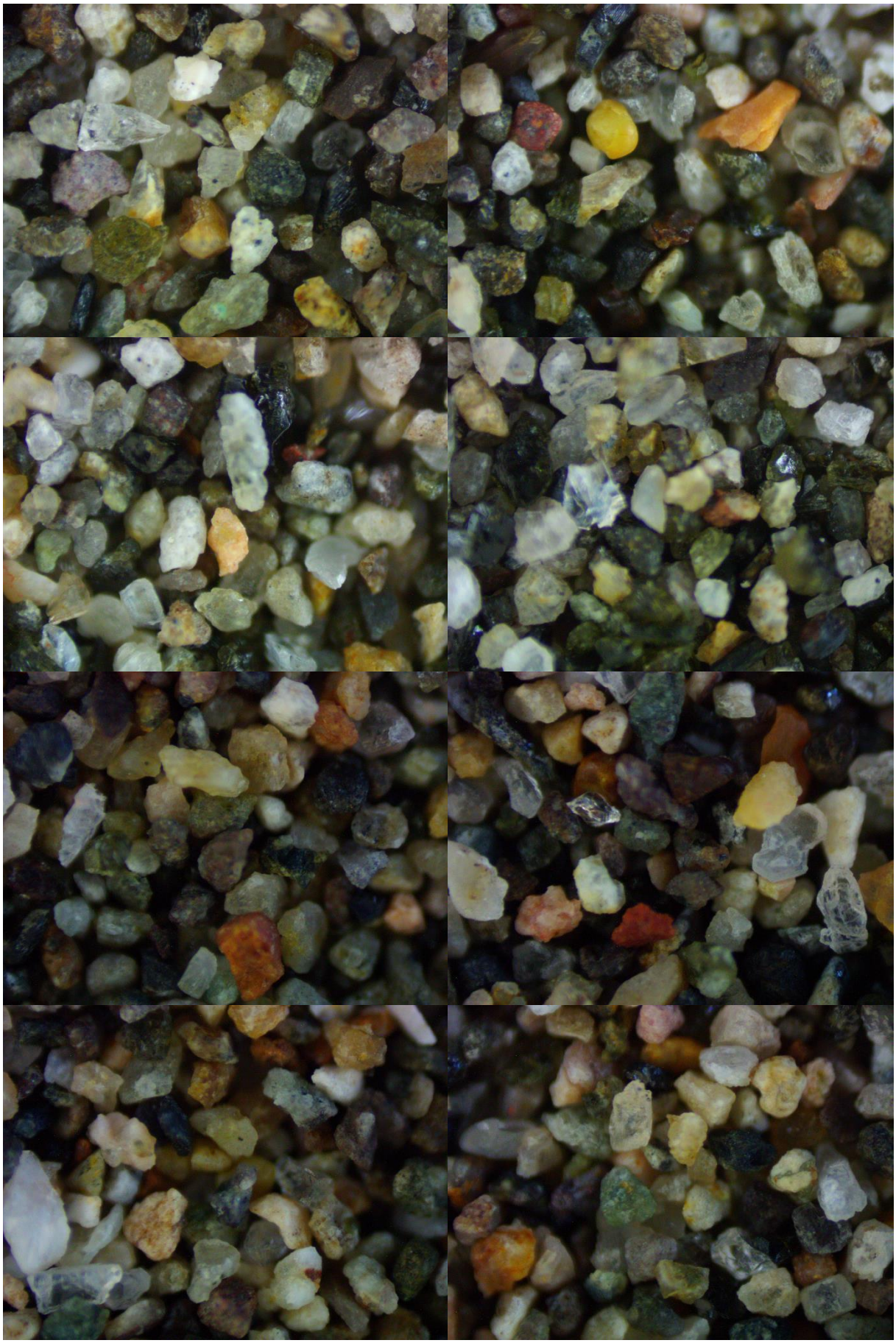


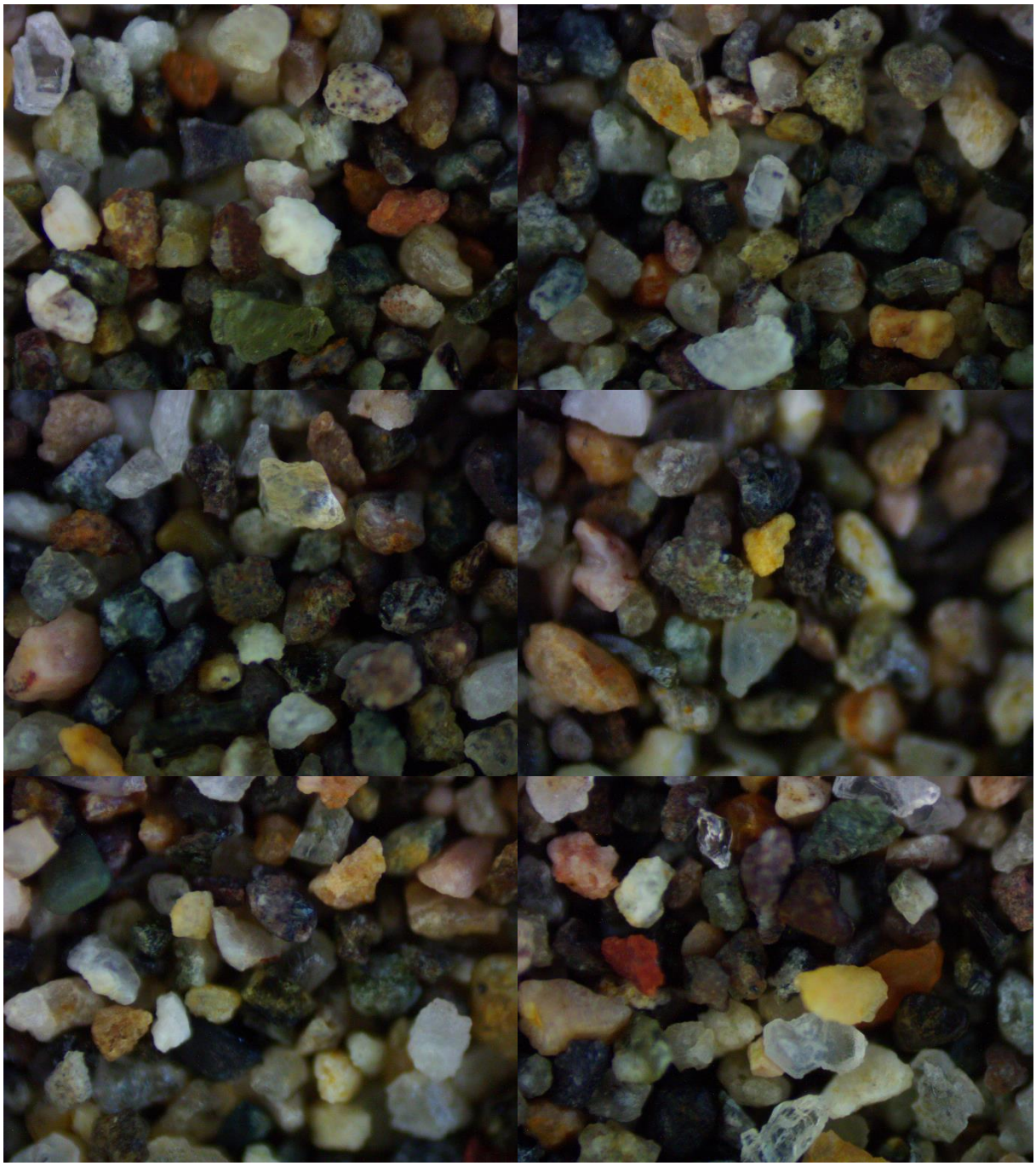




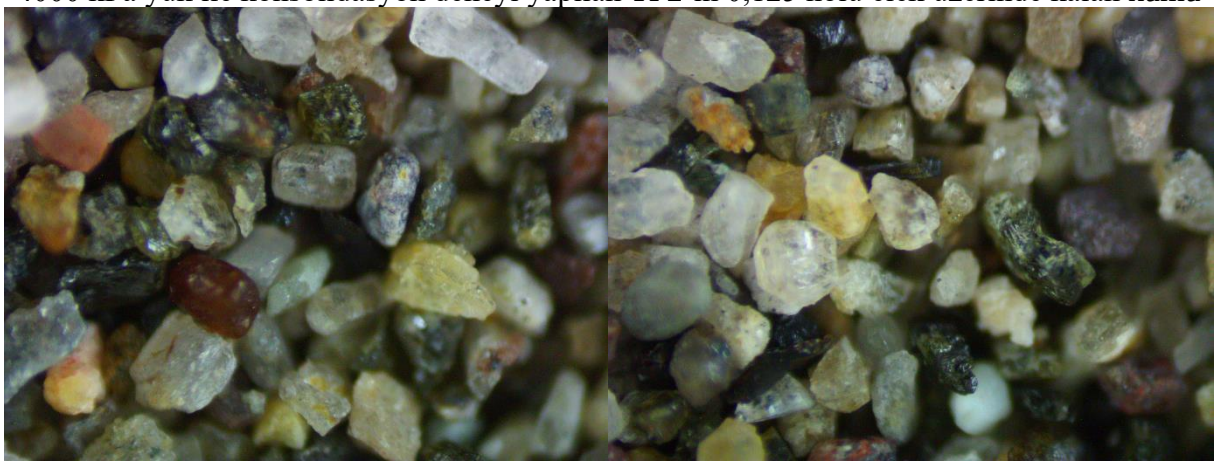
3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

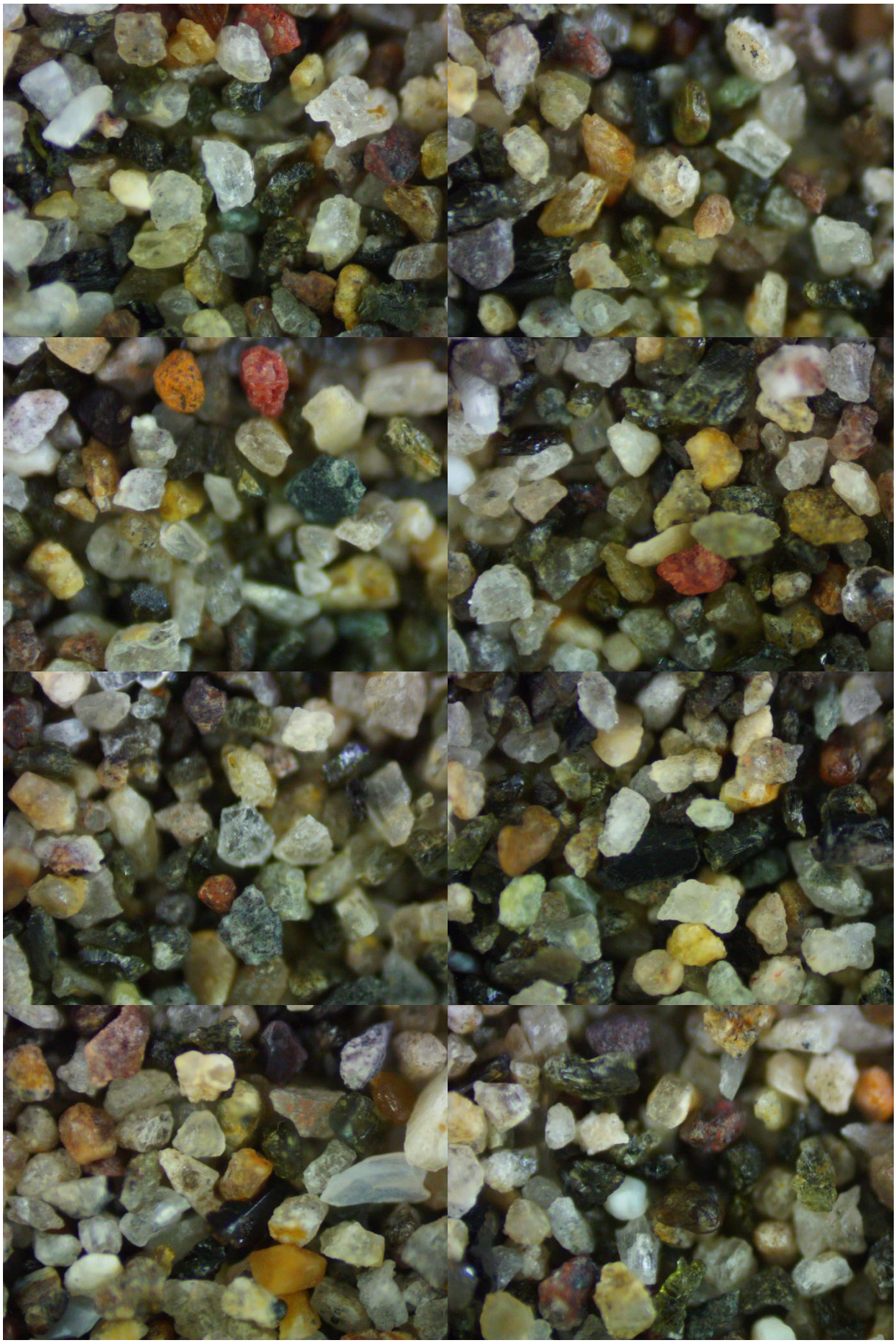


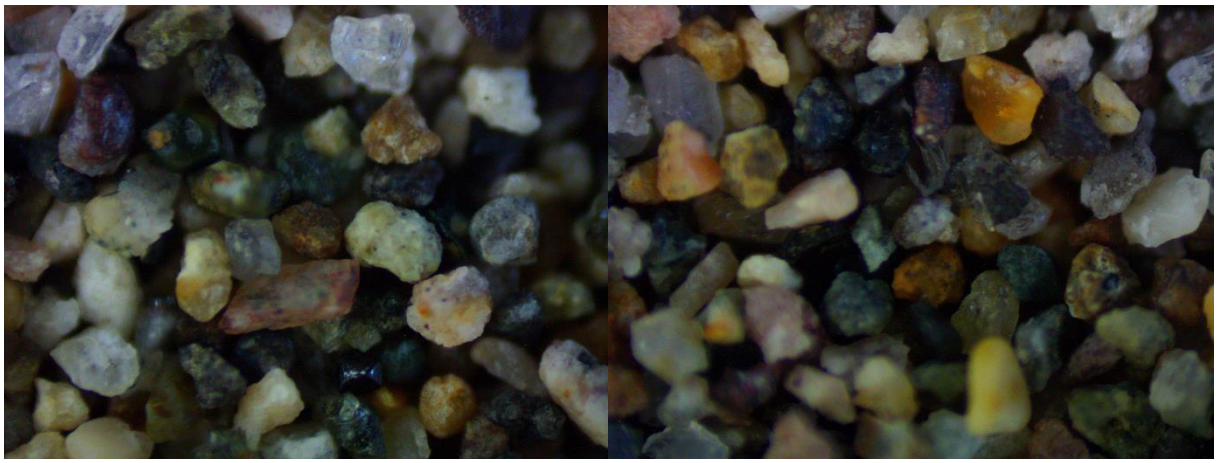




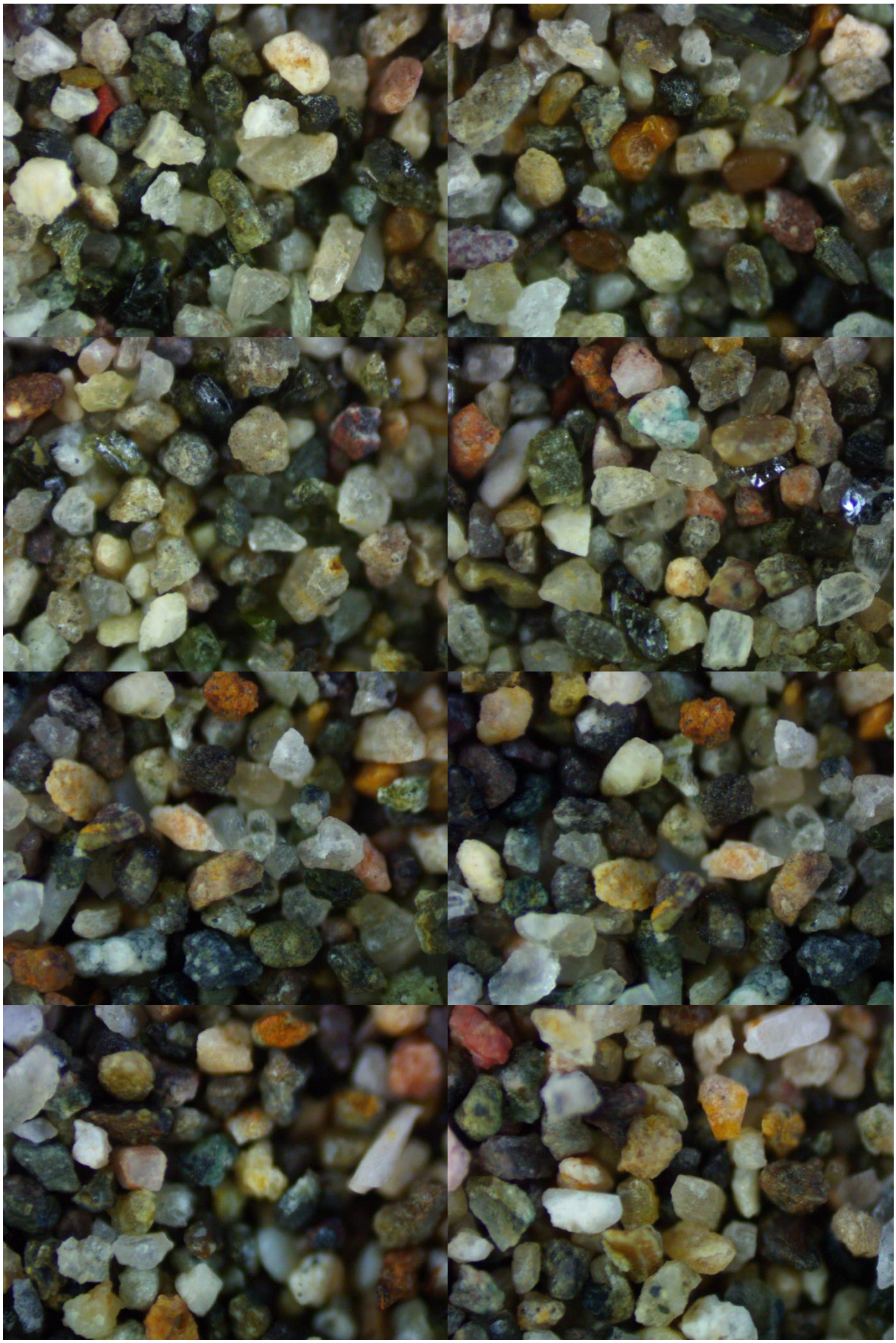
4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

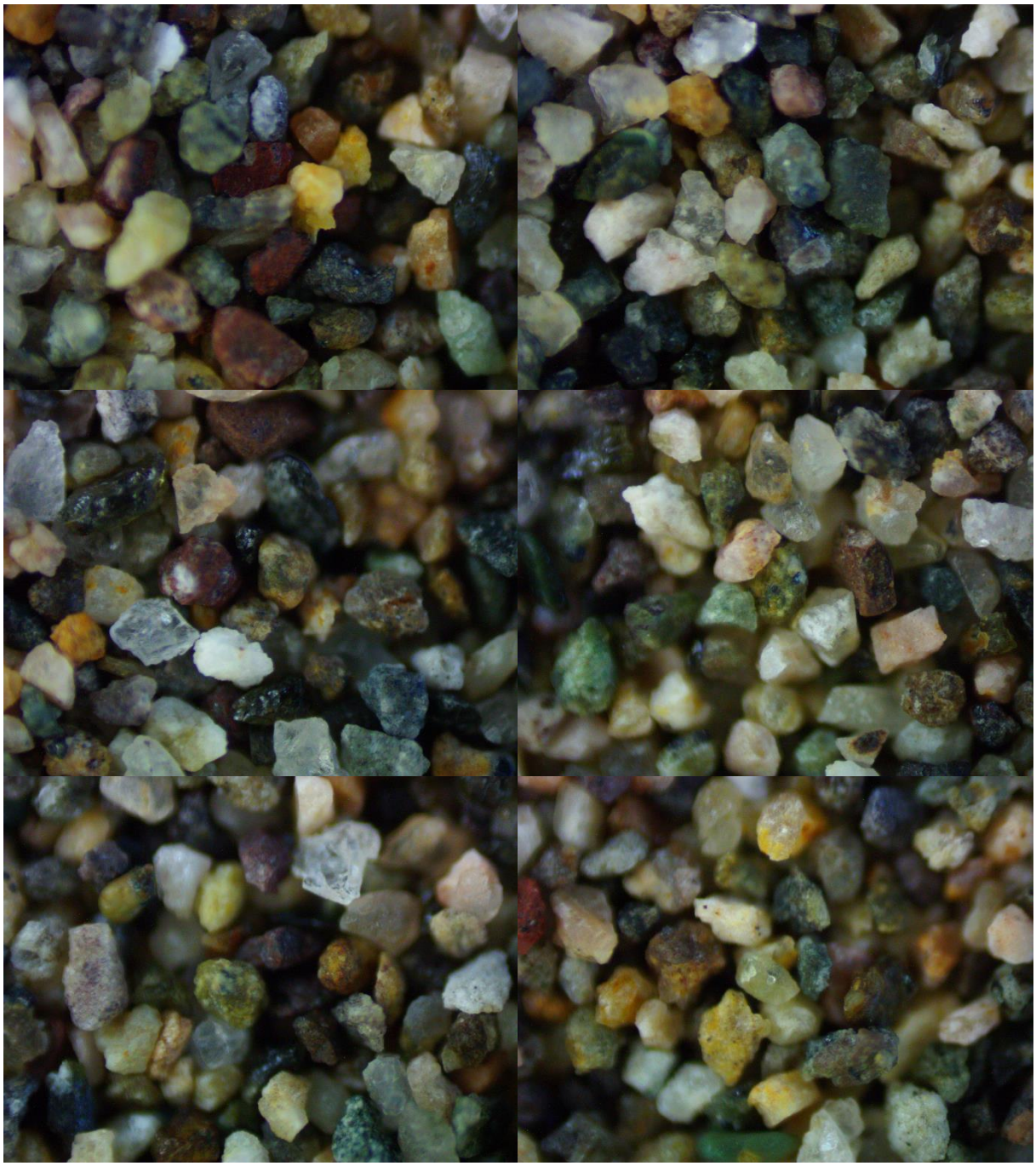




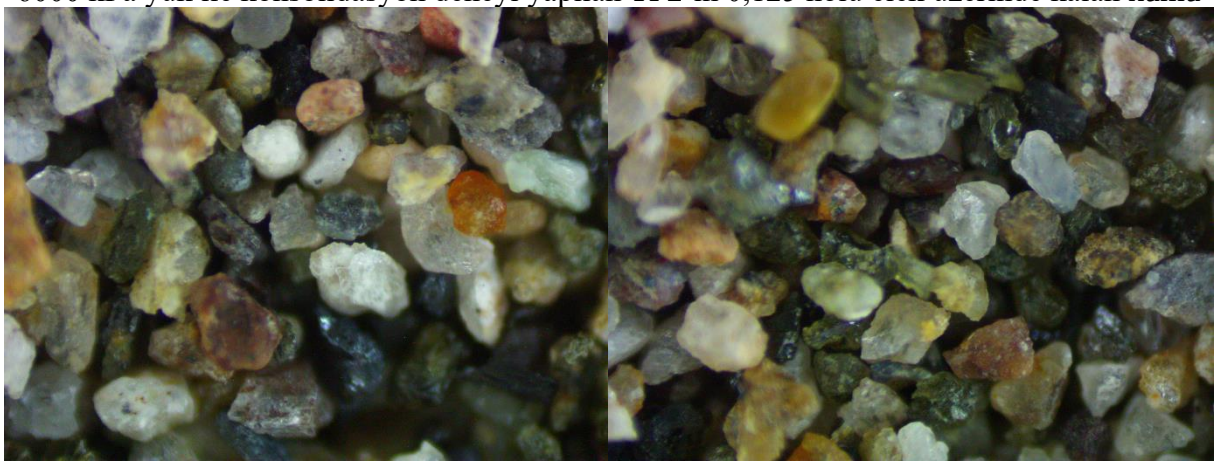


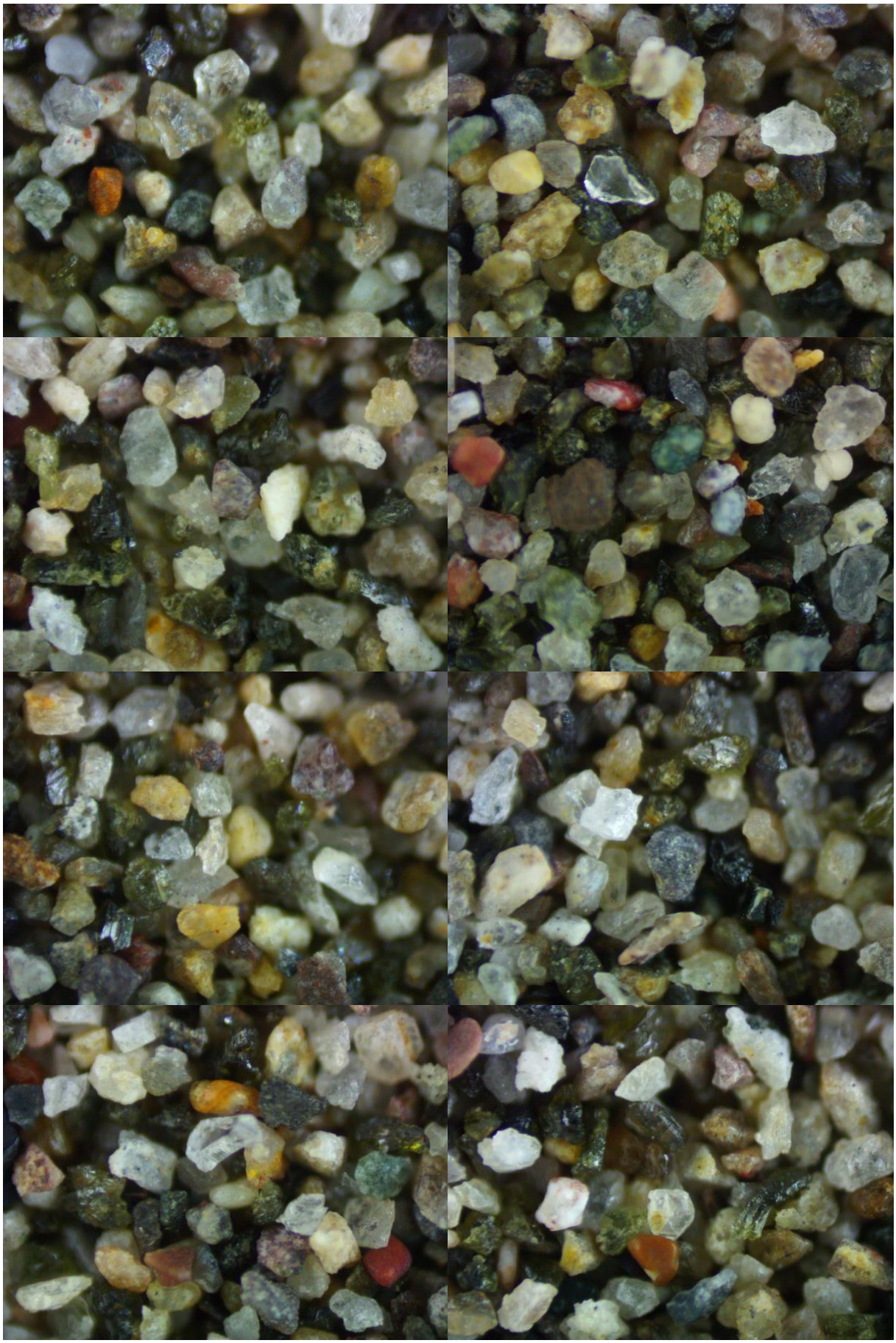
5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu





6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

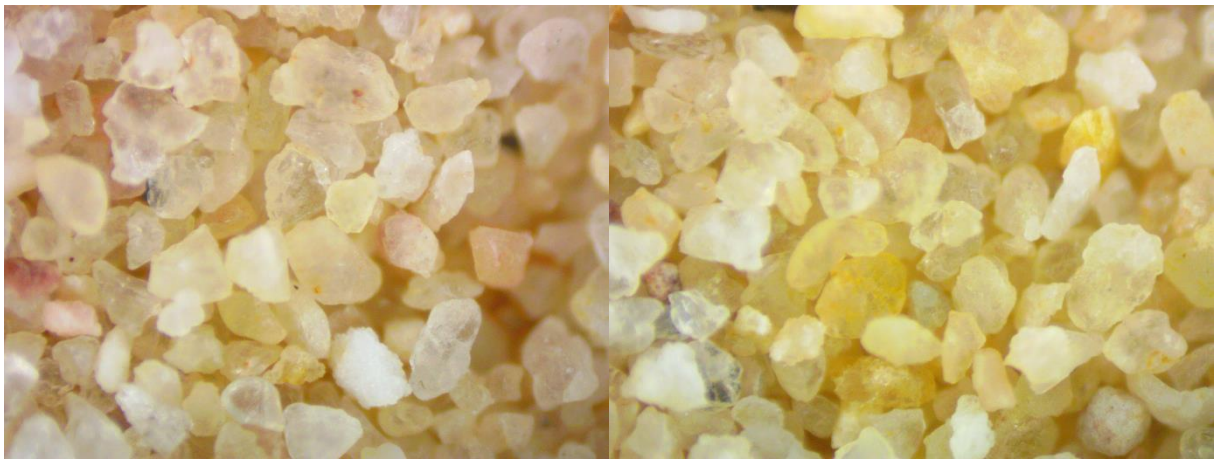




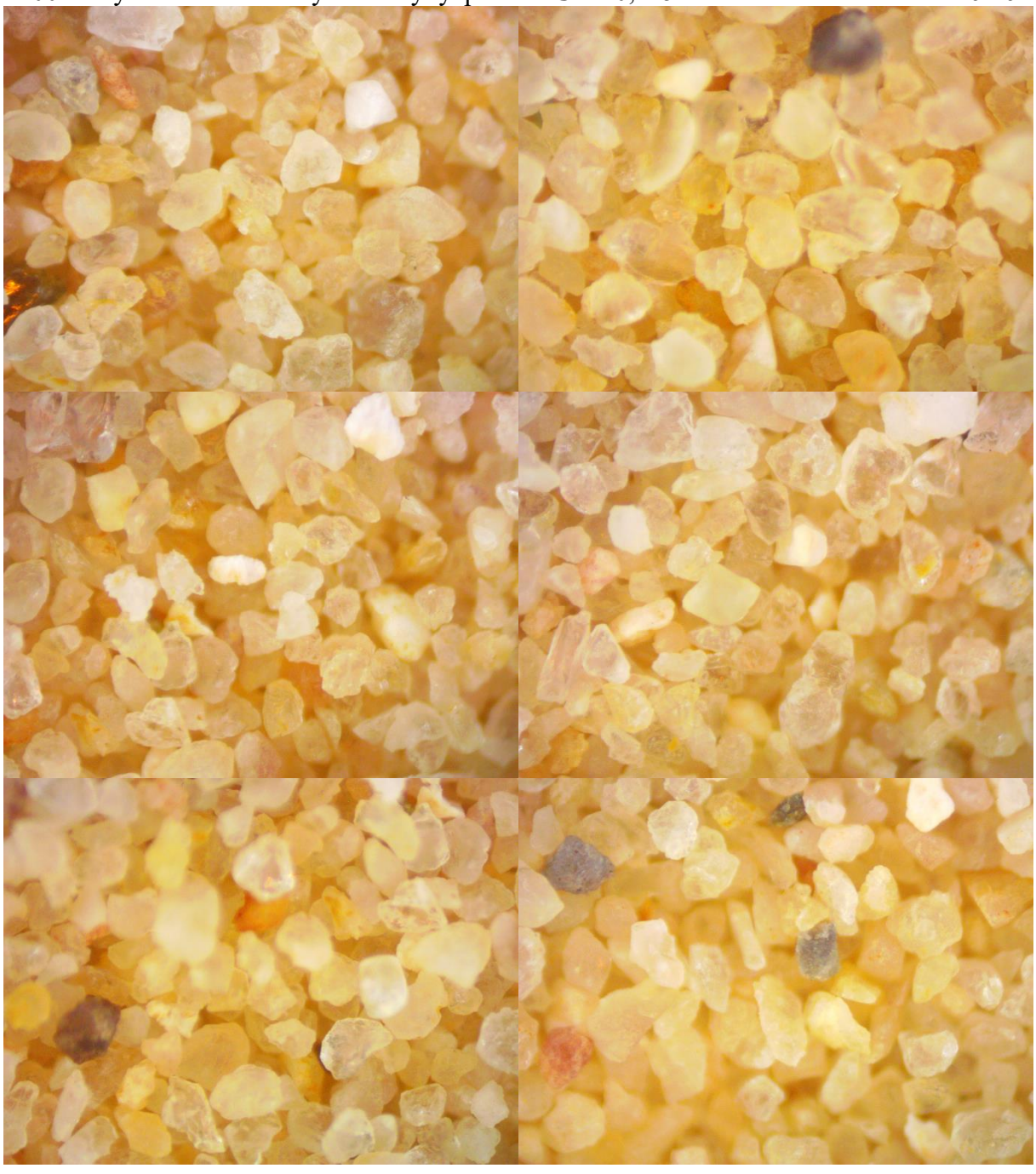
Şekil 70. TP2 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

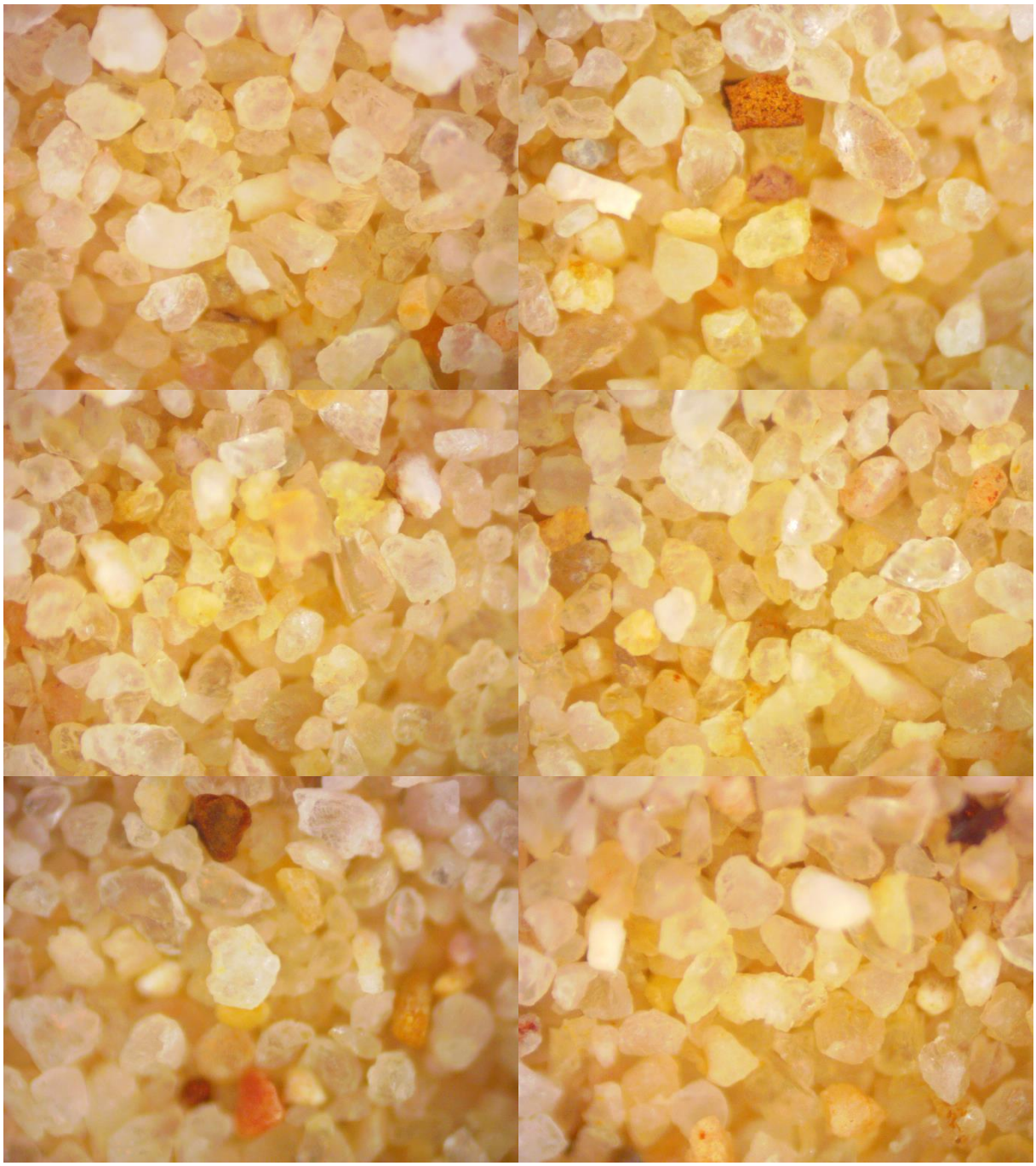
TP3 kumunun 0,125 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 71).

TP3 kumunun 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

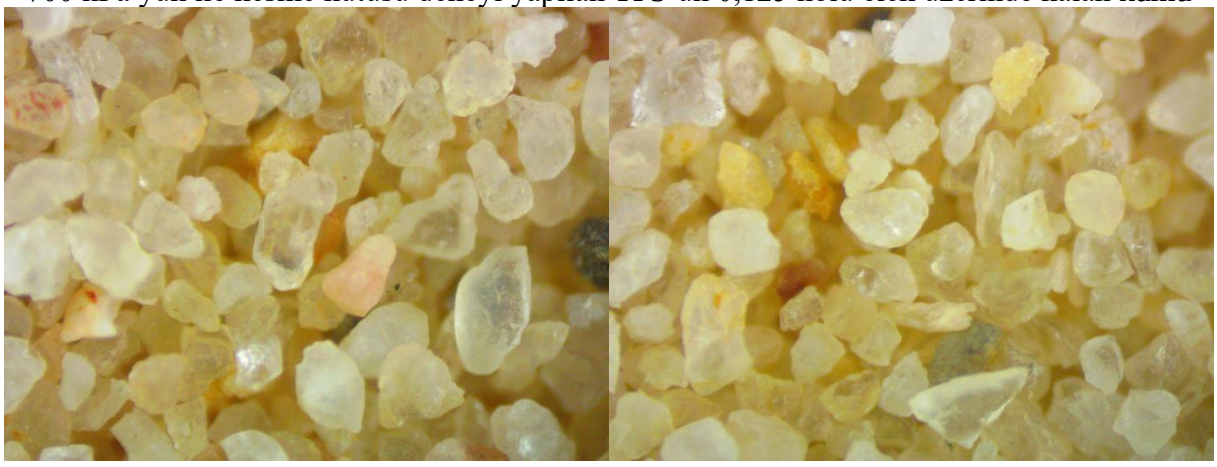


100 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

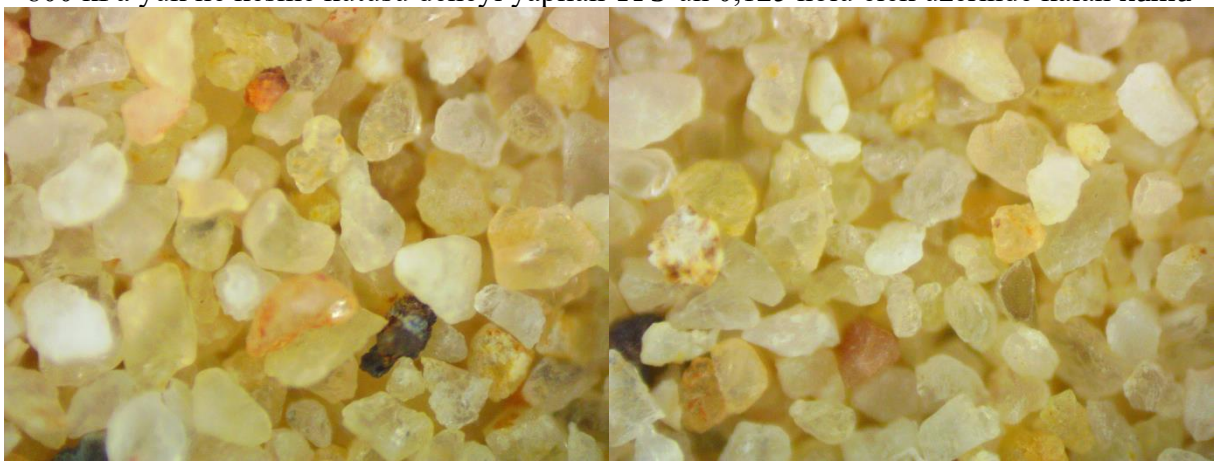




700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3'ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

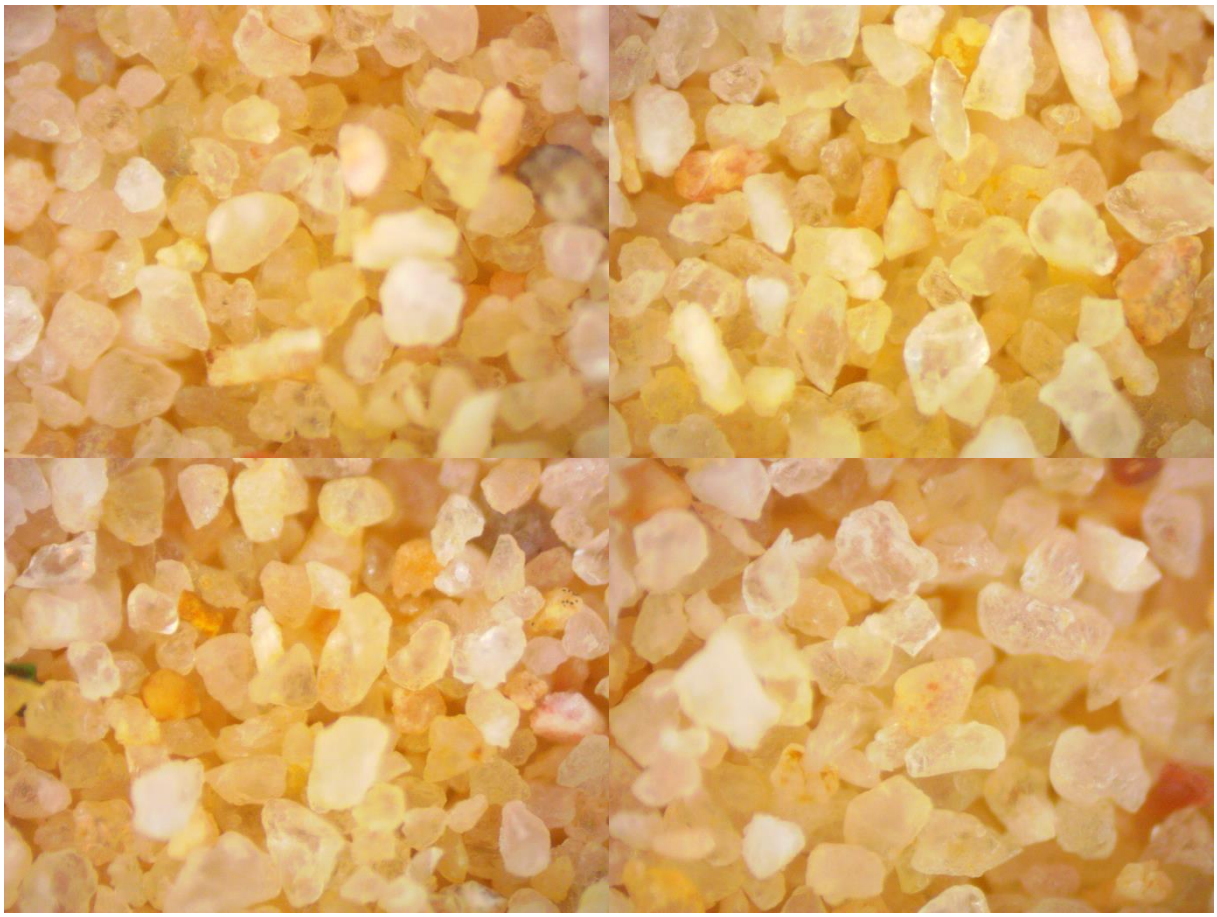


800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

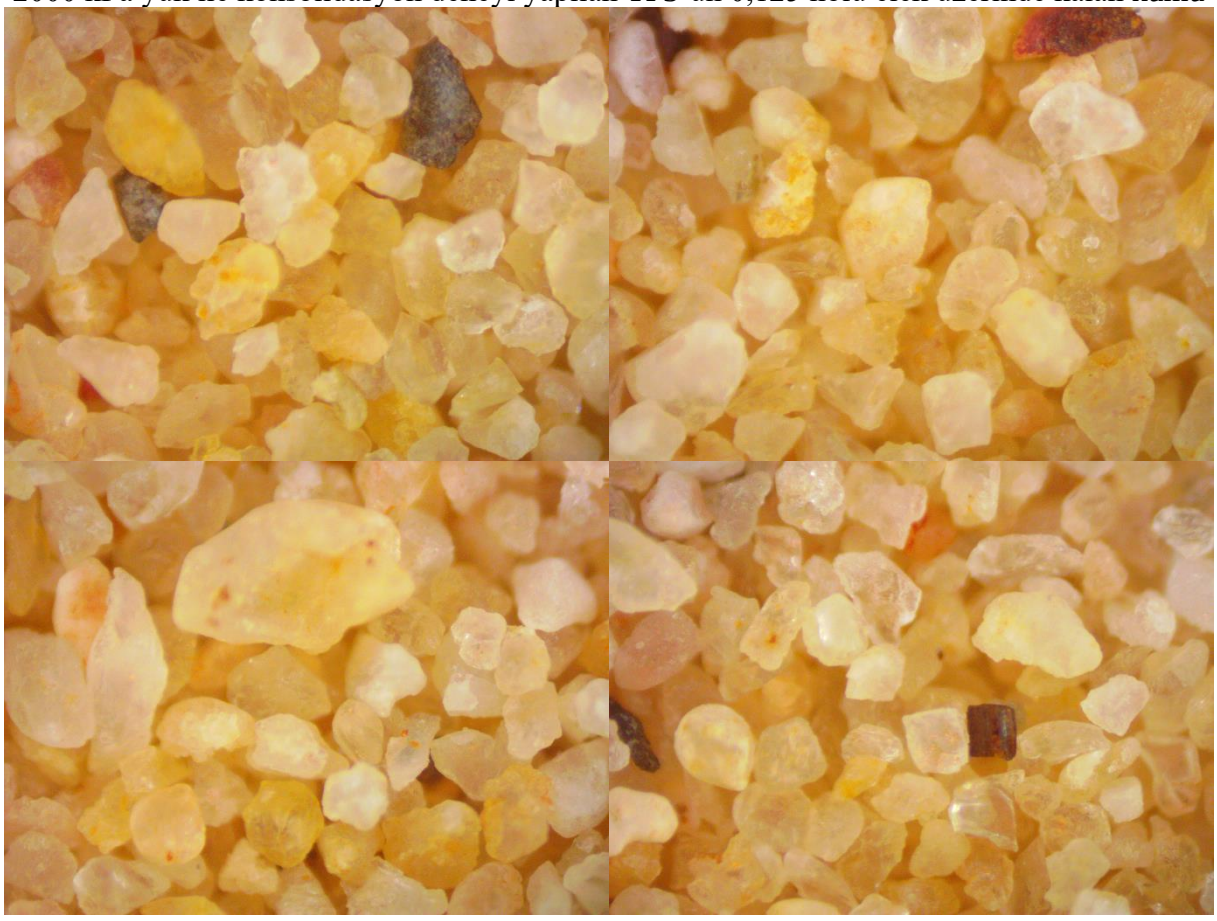


900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

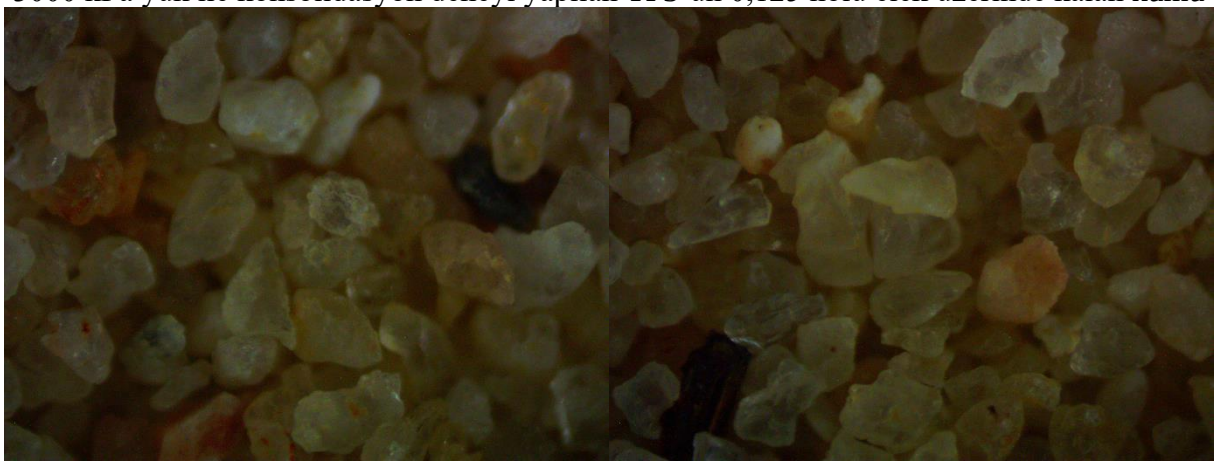
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

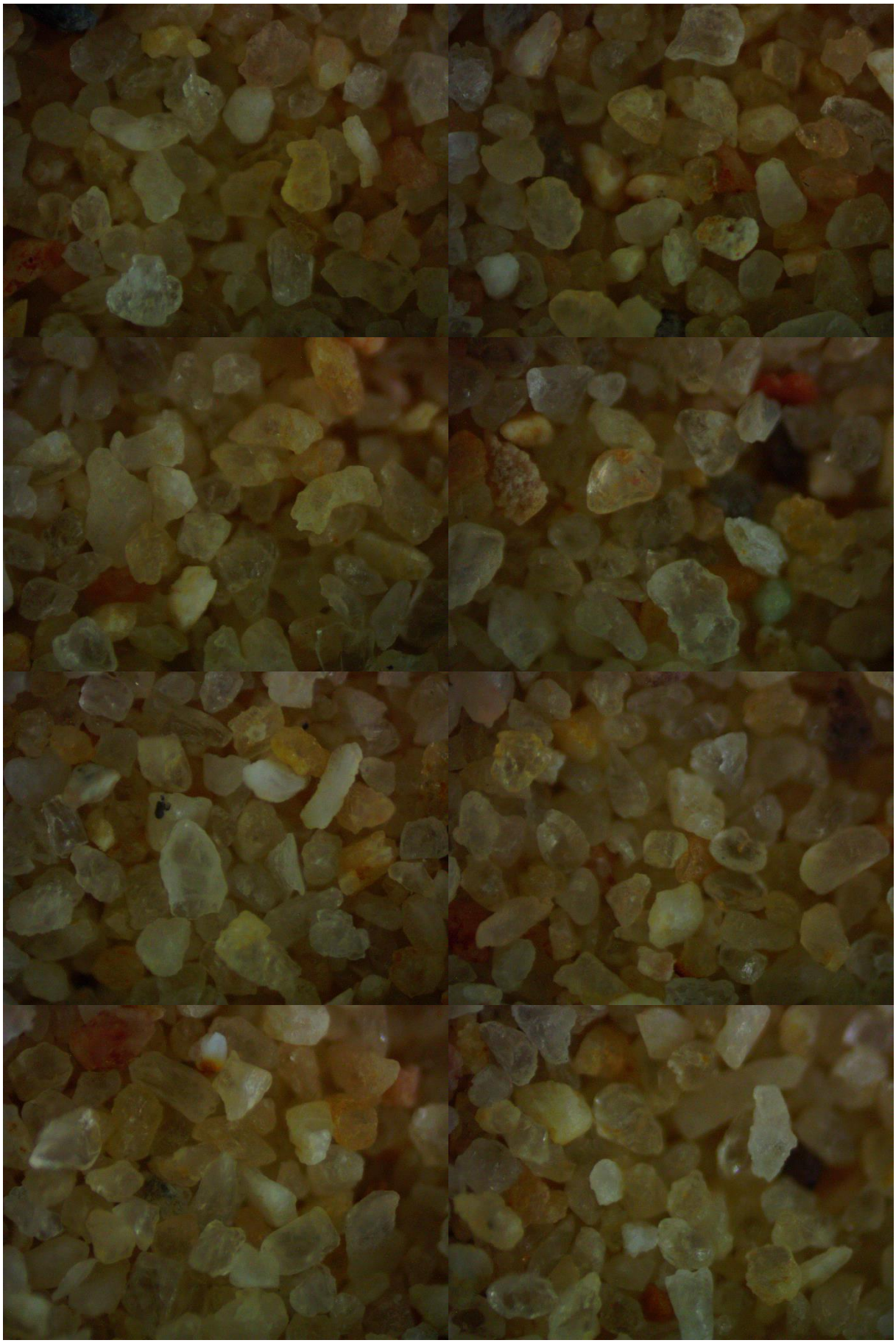


2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

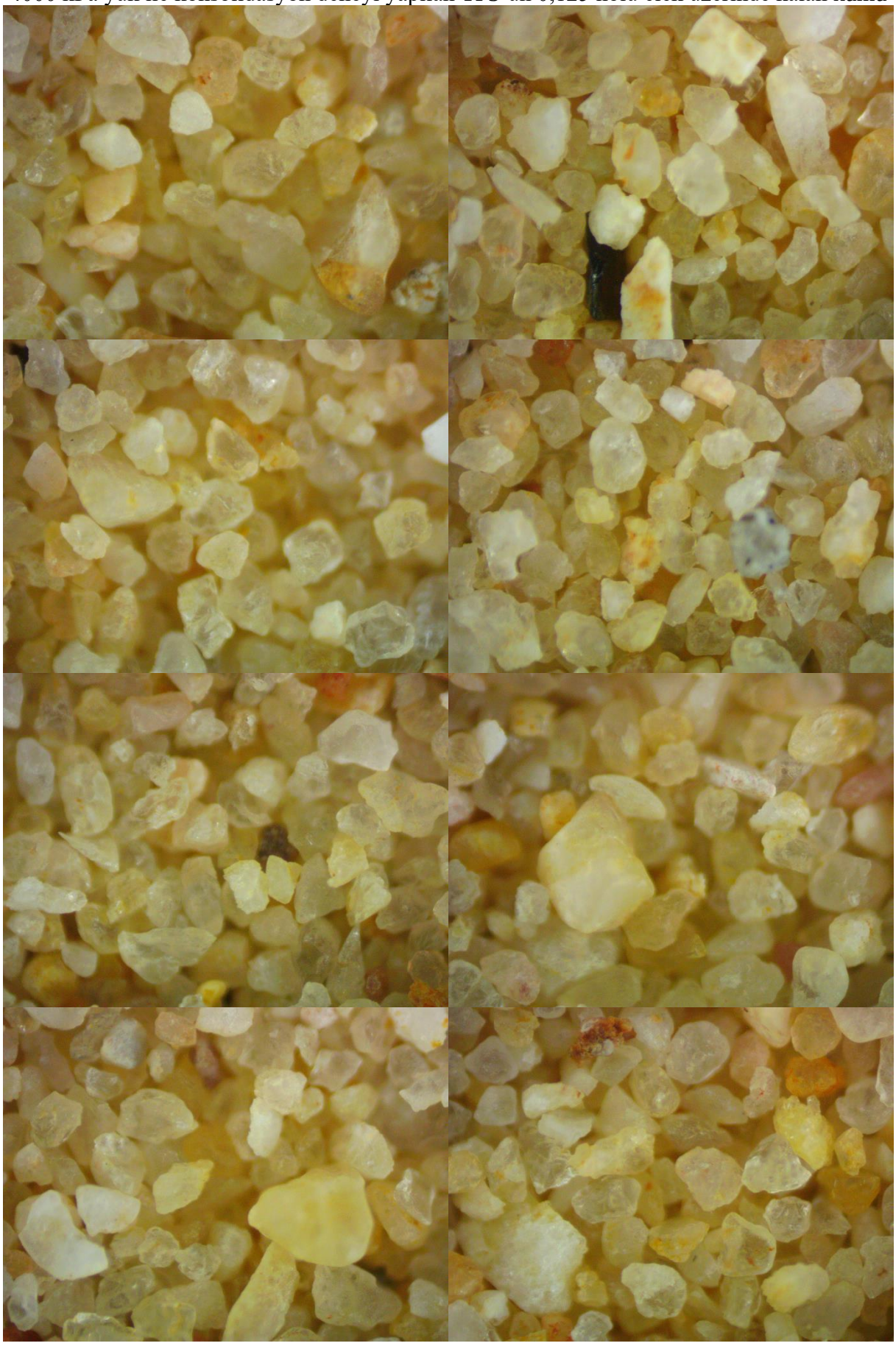


3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

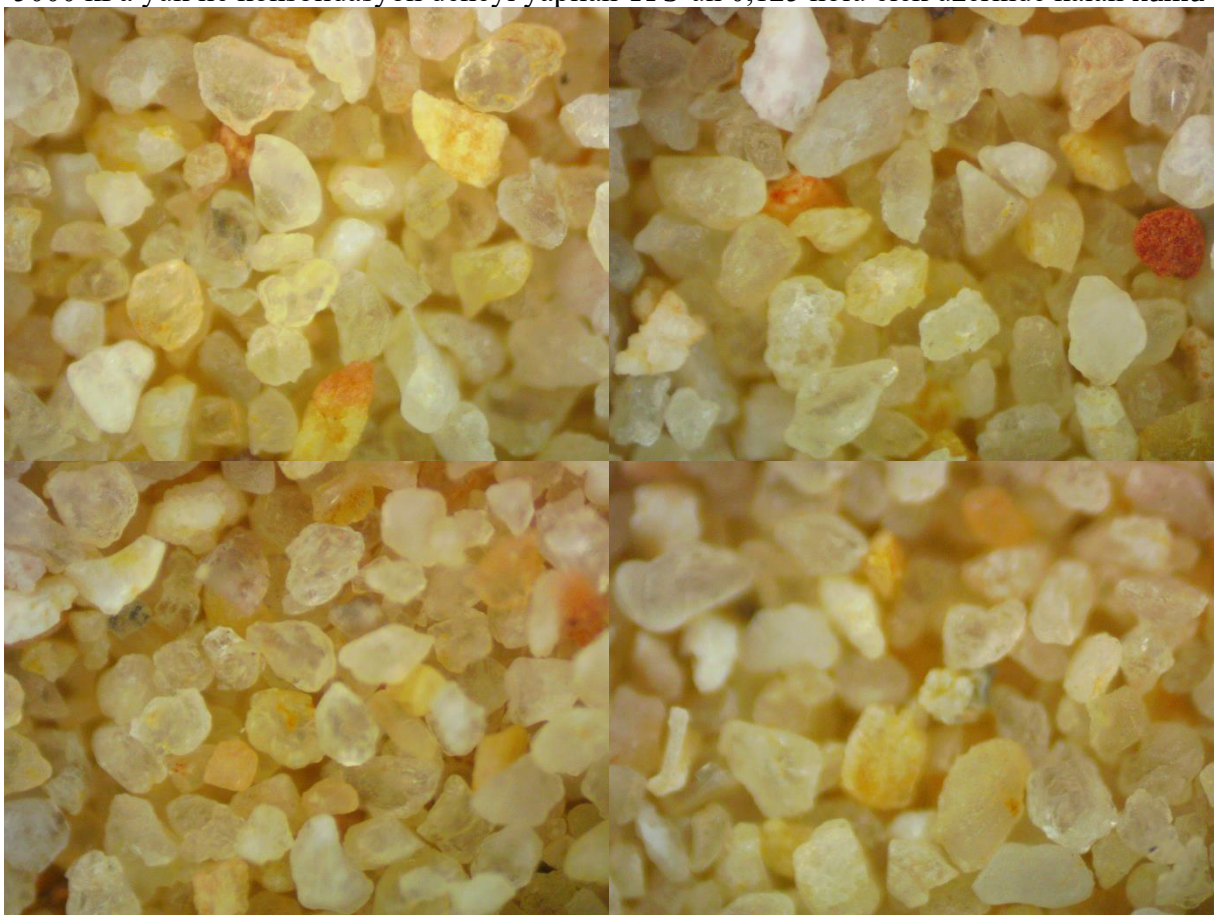


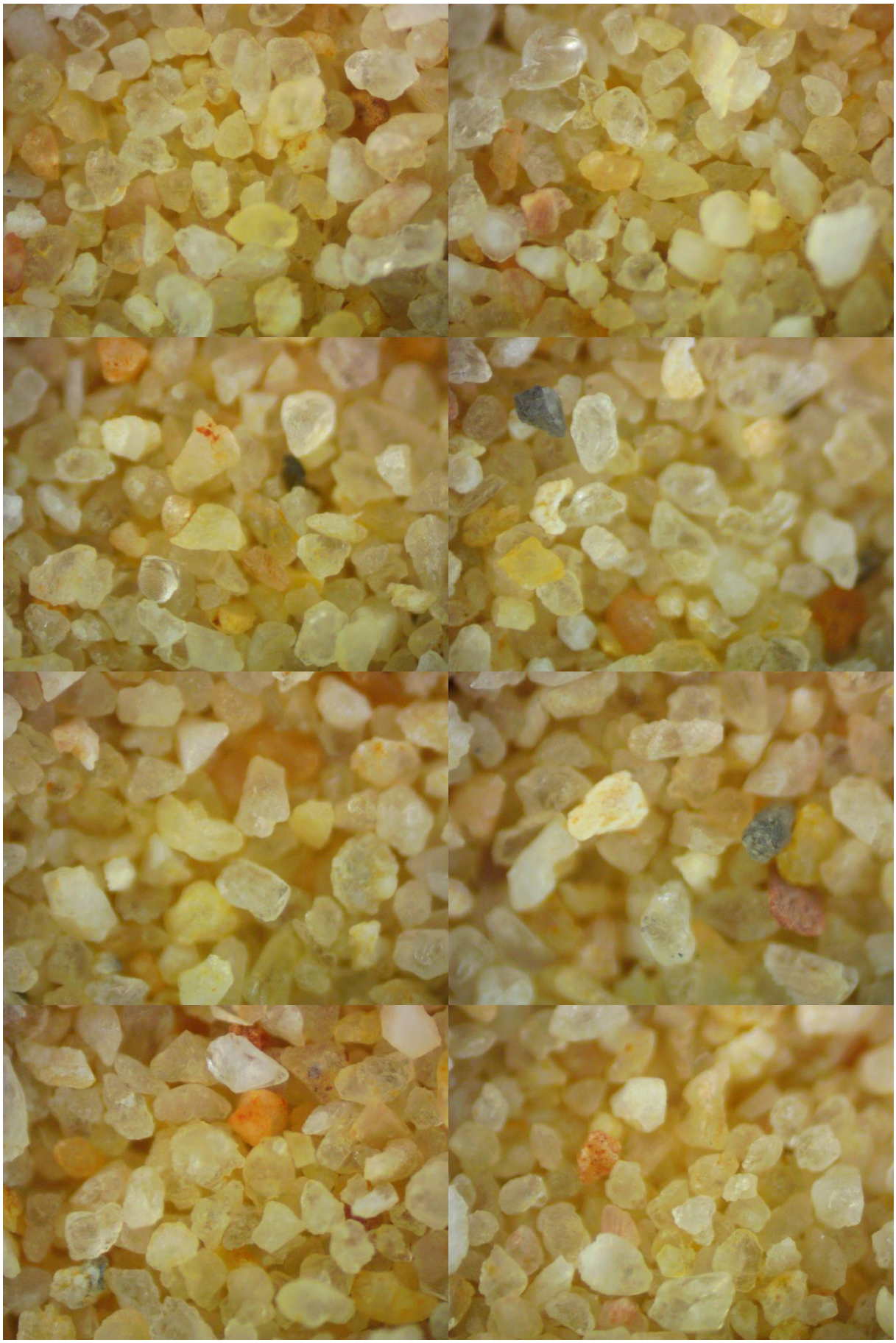


4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

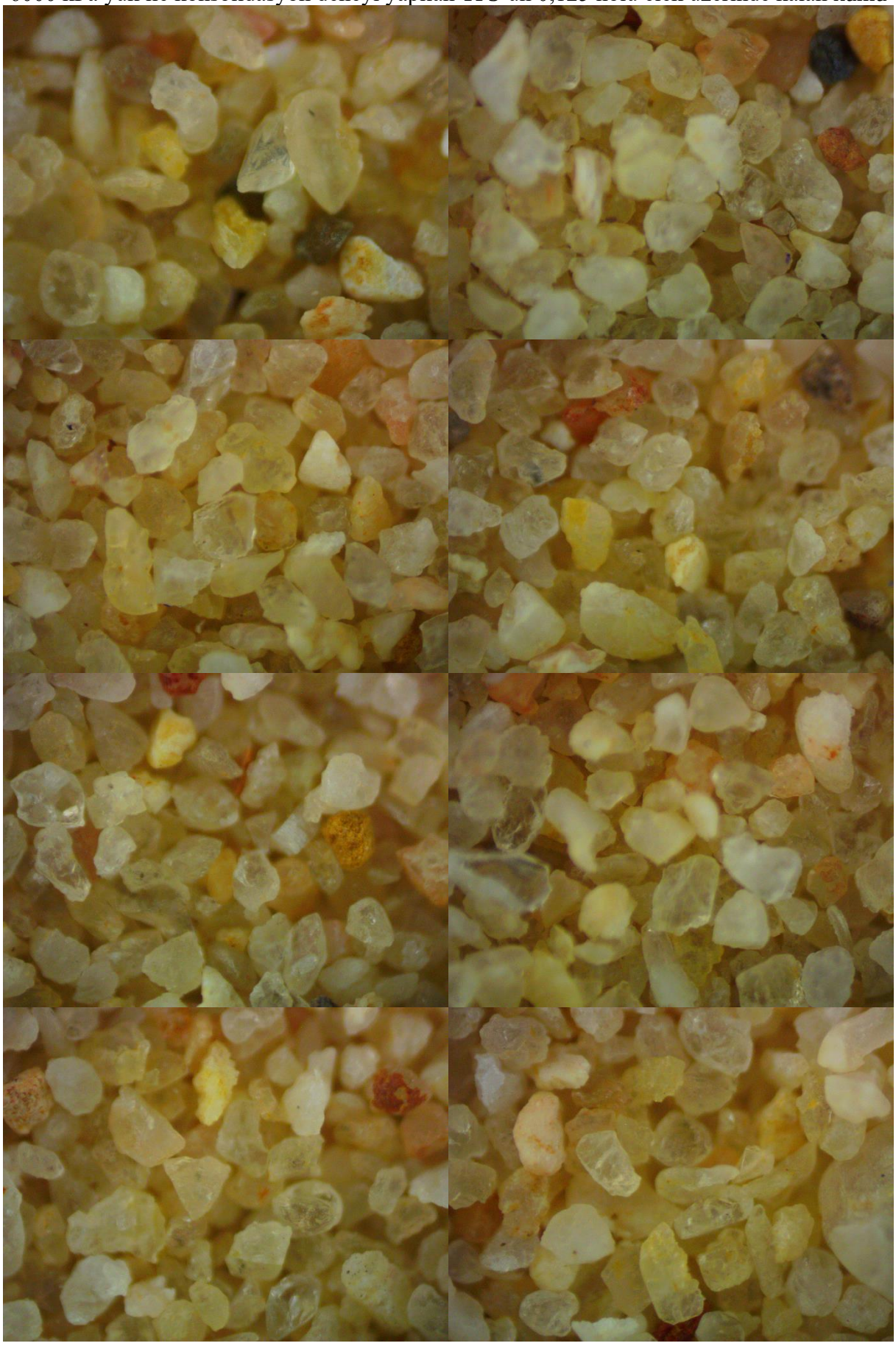


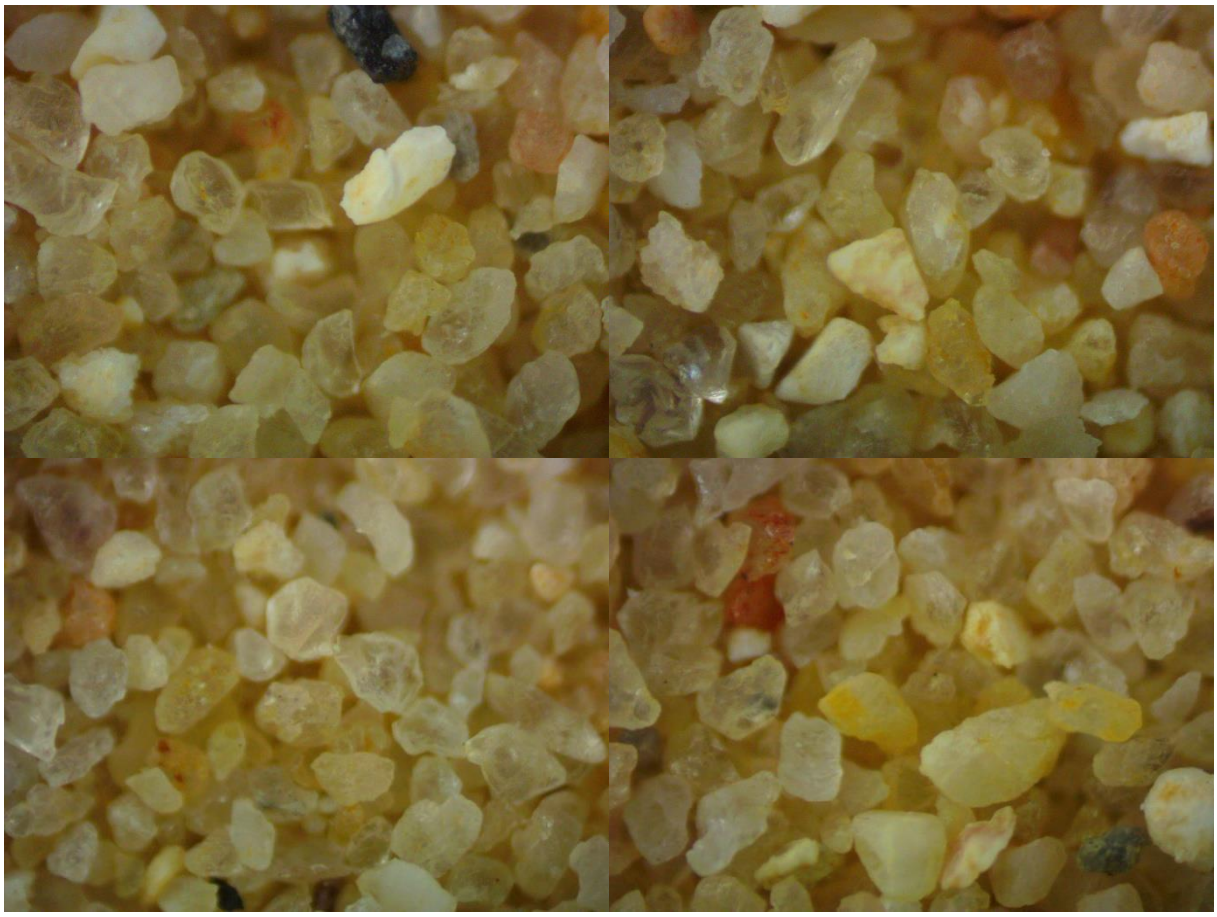
5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu





6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

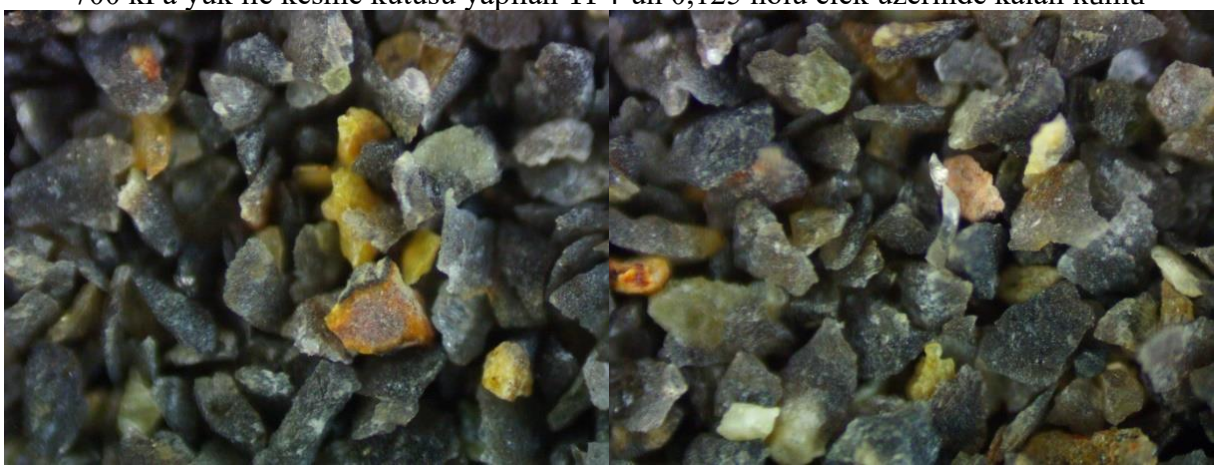




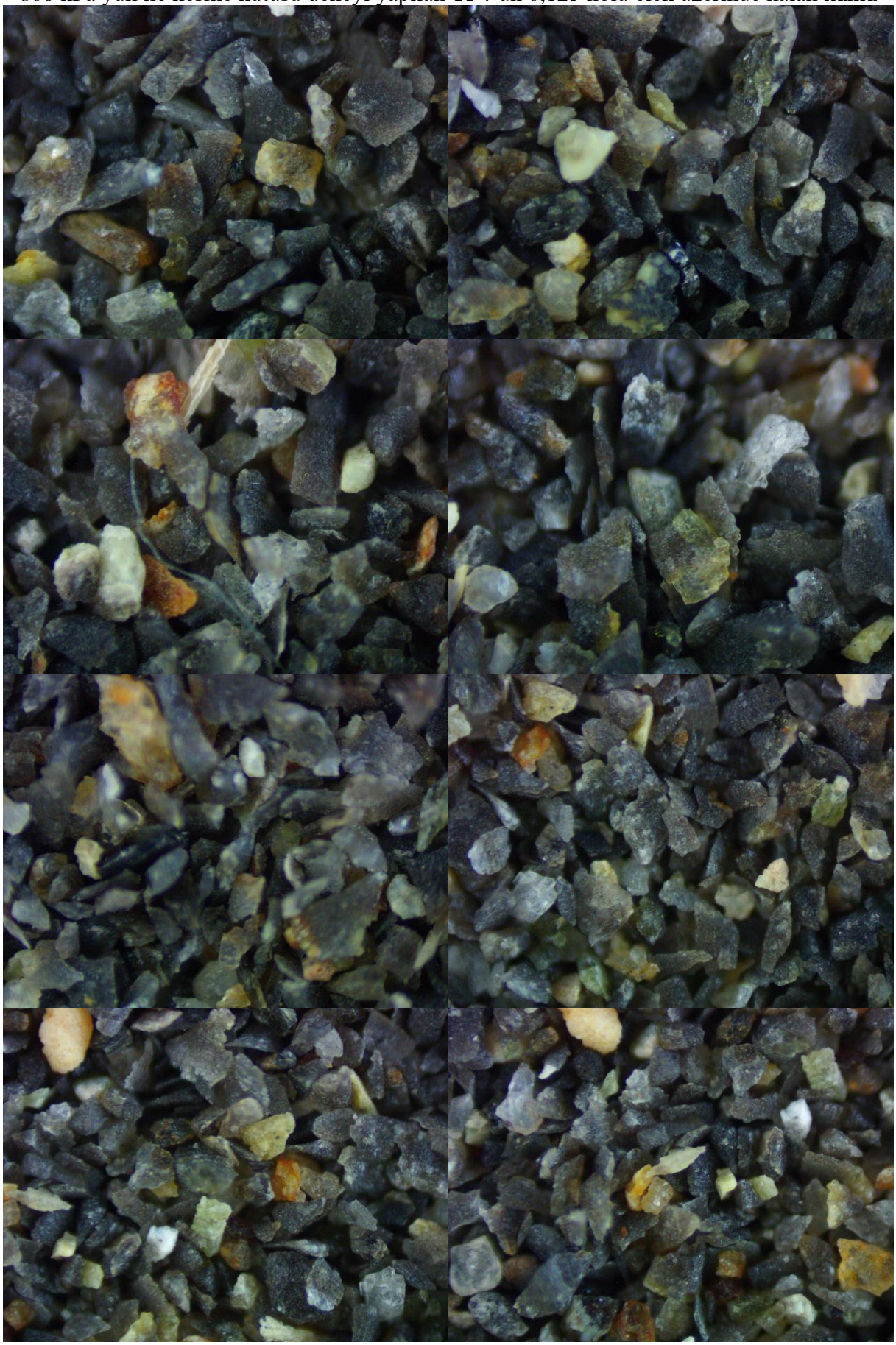
Şekil 71. TP3 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

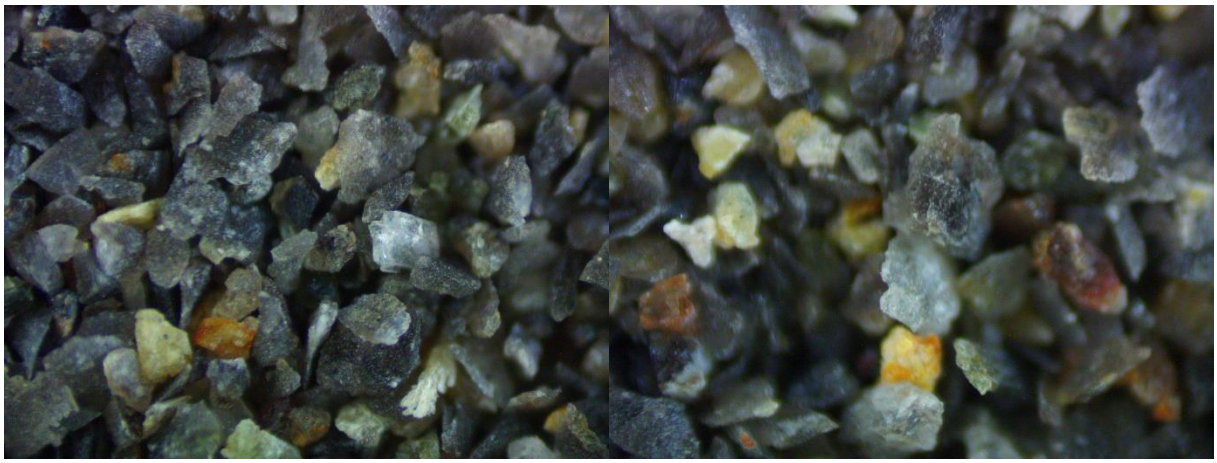
TP4 kumunun 0,125 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 72).

700 kPa yük ile kesme kutusu yapılan TP4'ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

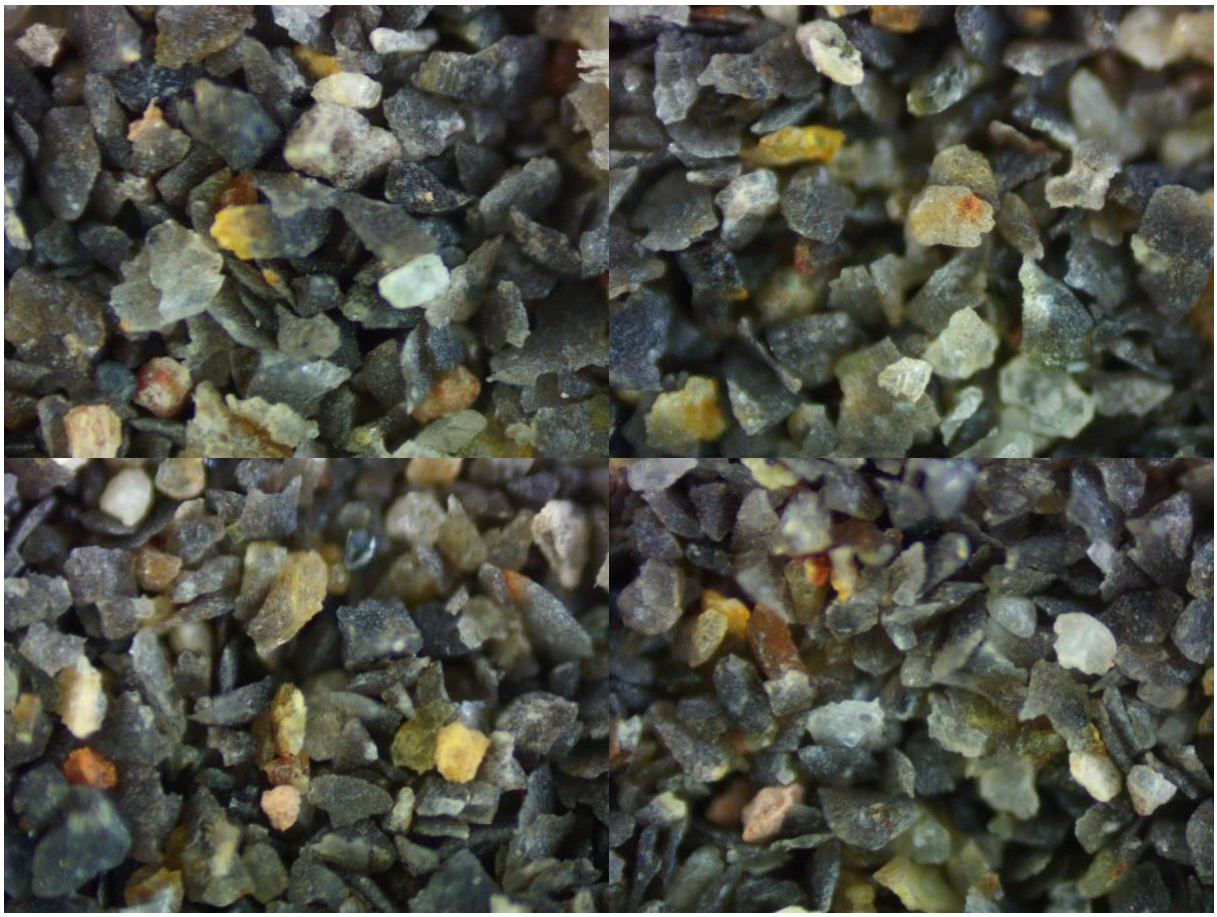


800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu





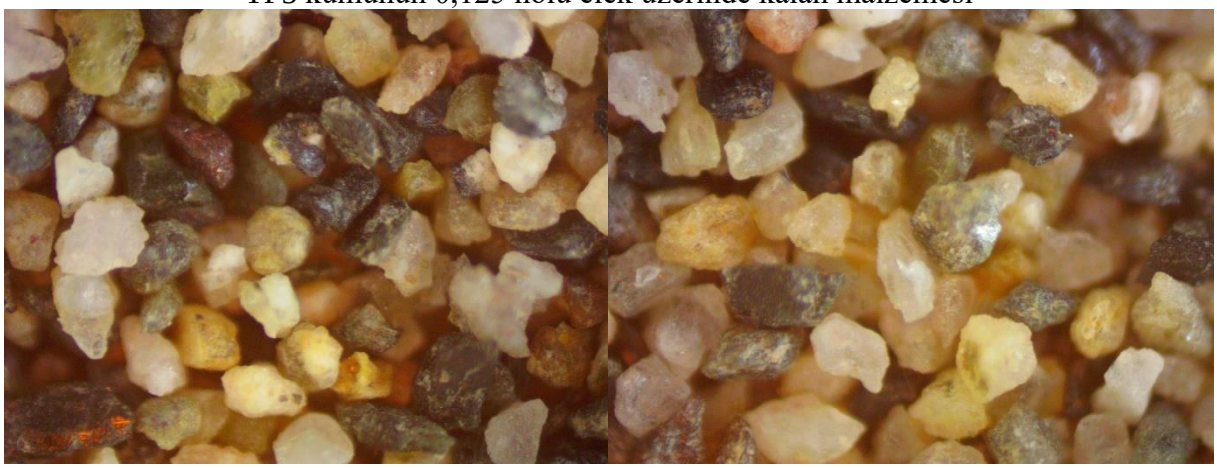
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

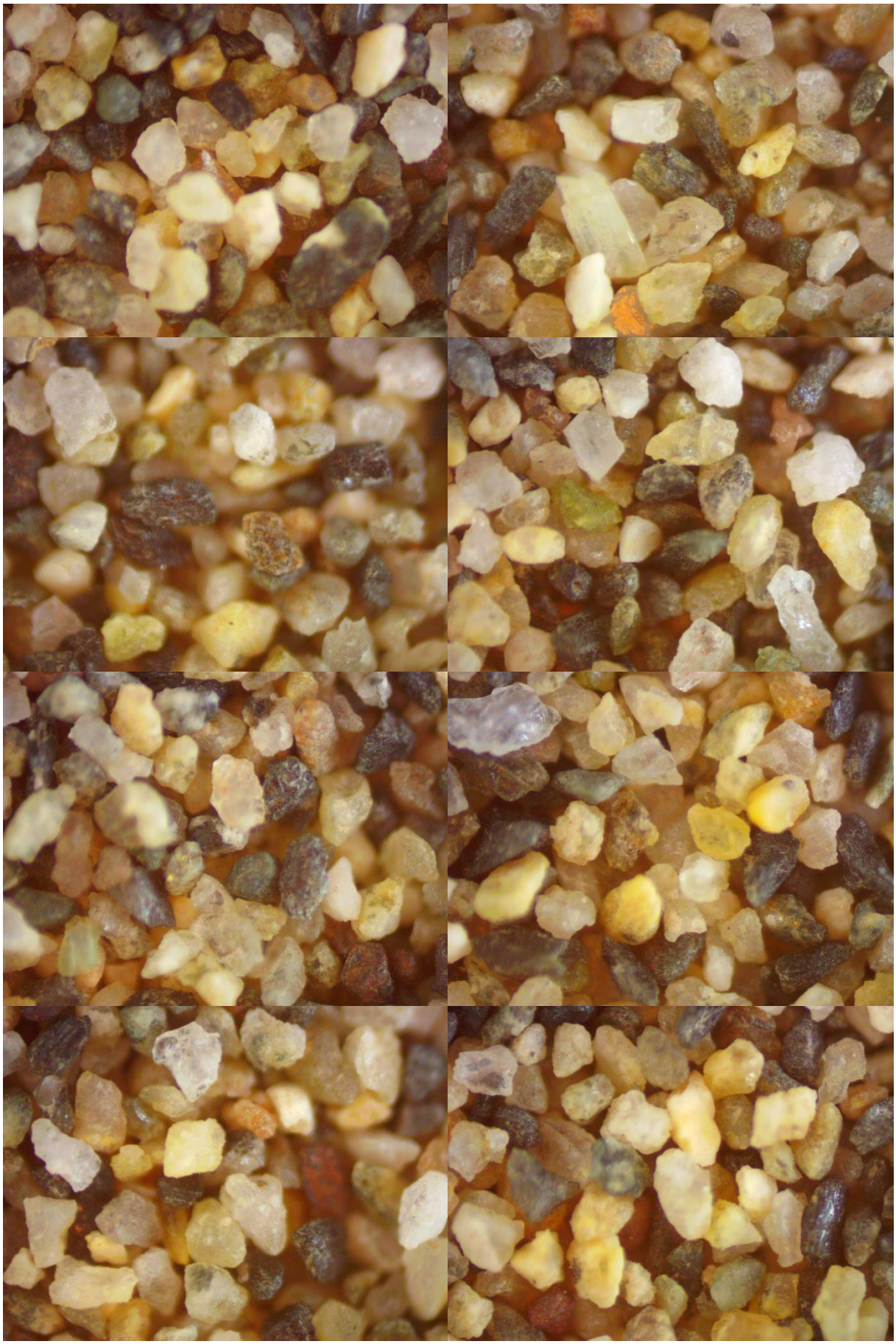


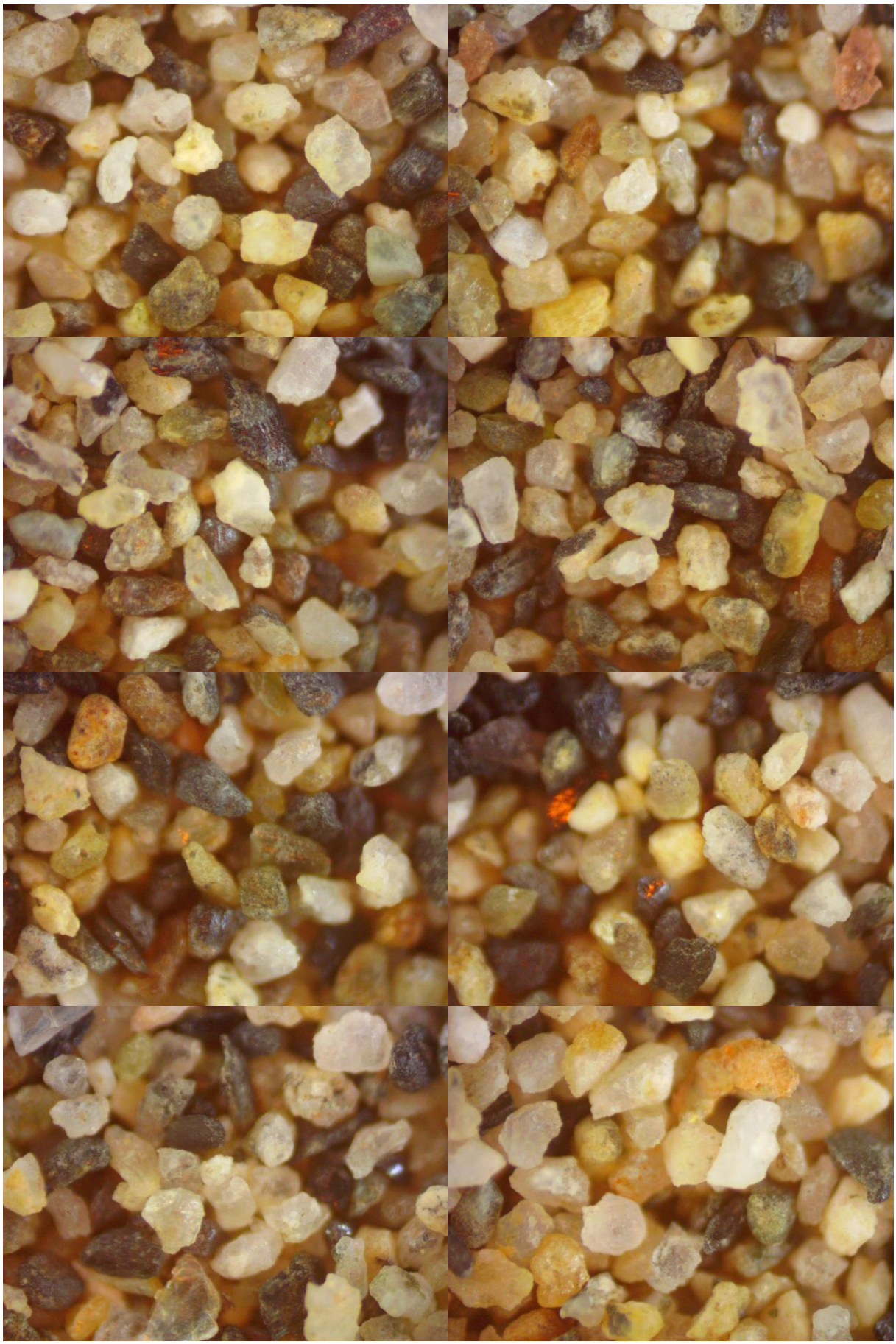
Şekil 72. TP4 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

TP5 kumunun 0,125 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 73).

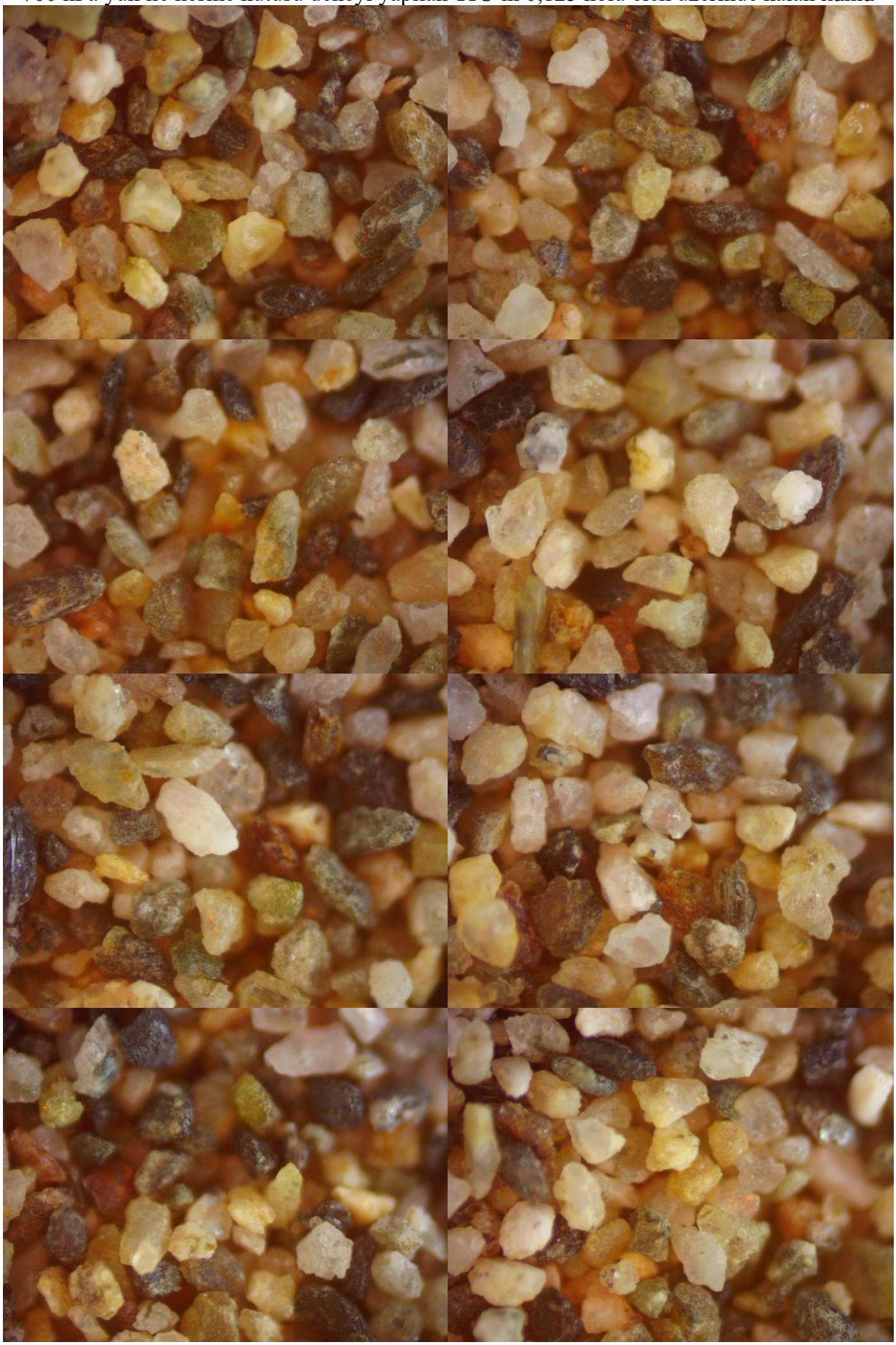
TP5 kumunun 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

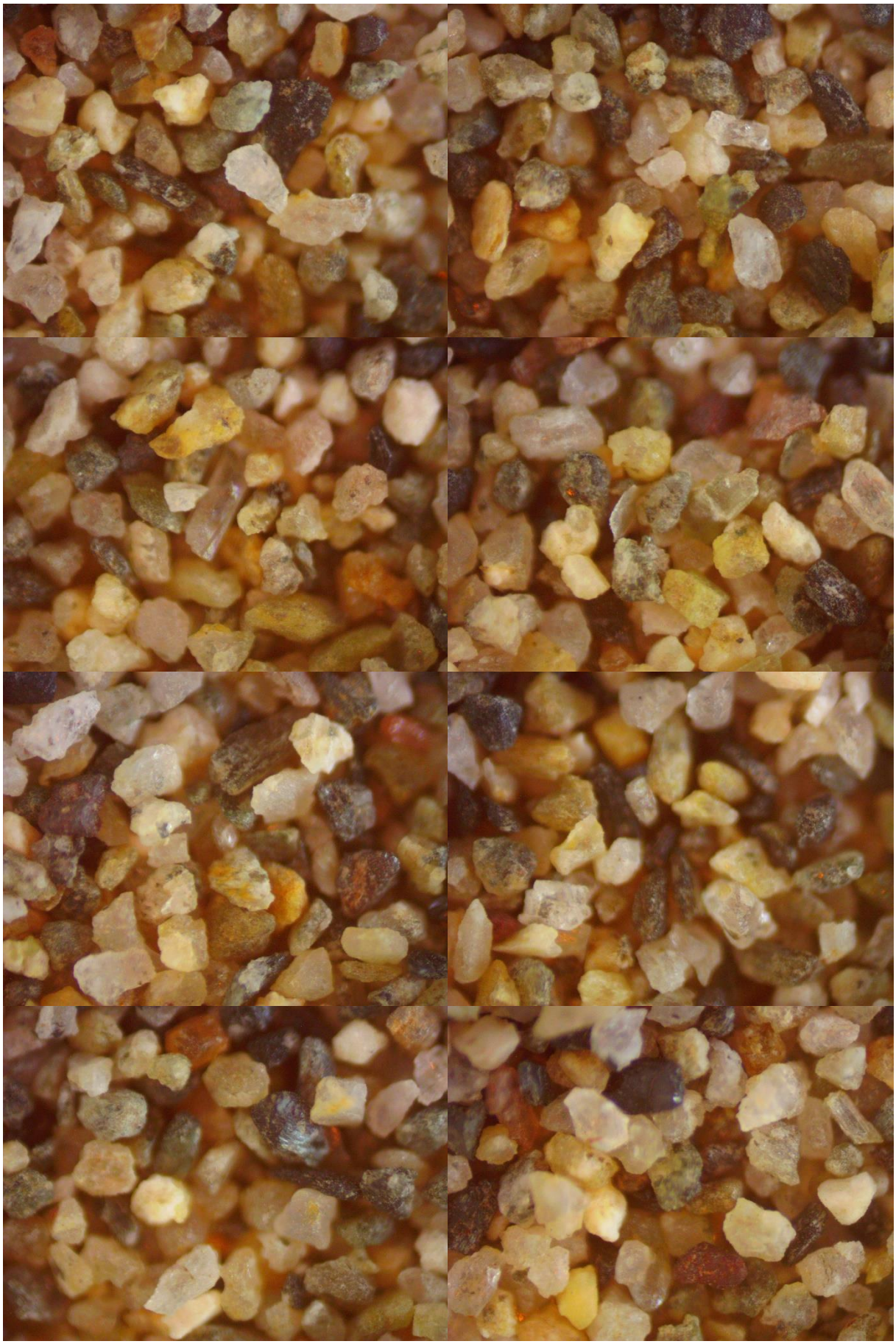


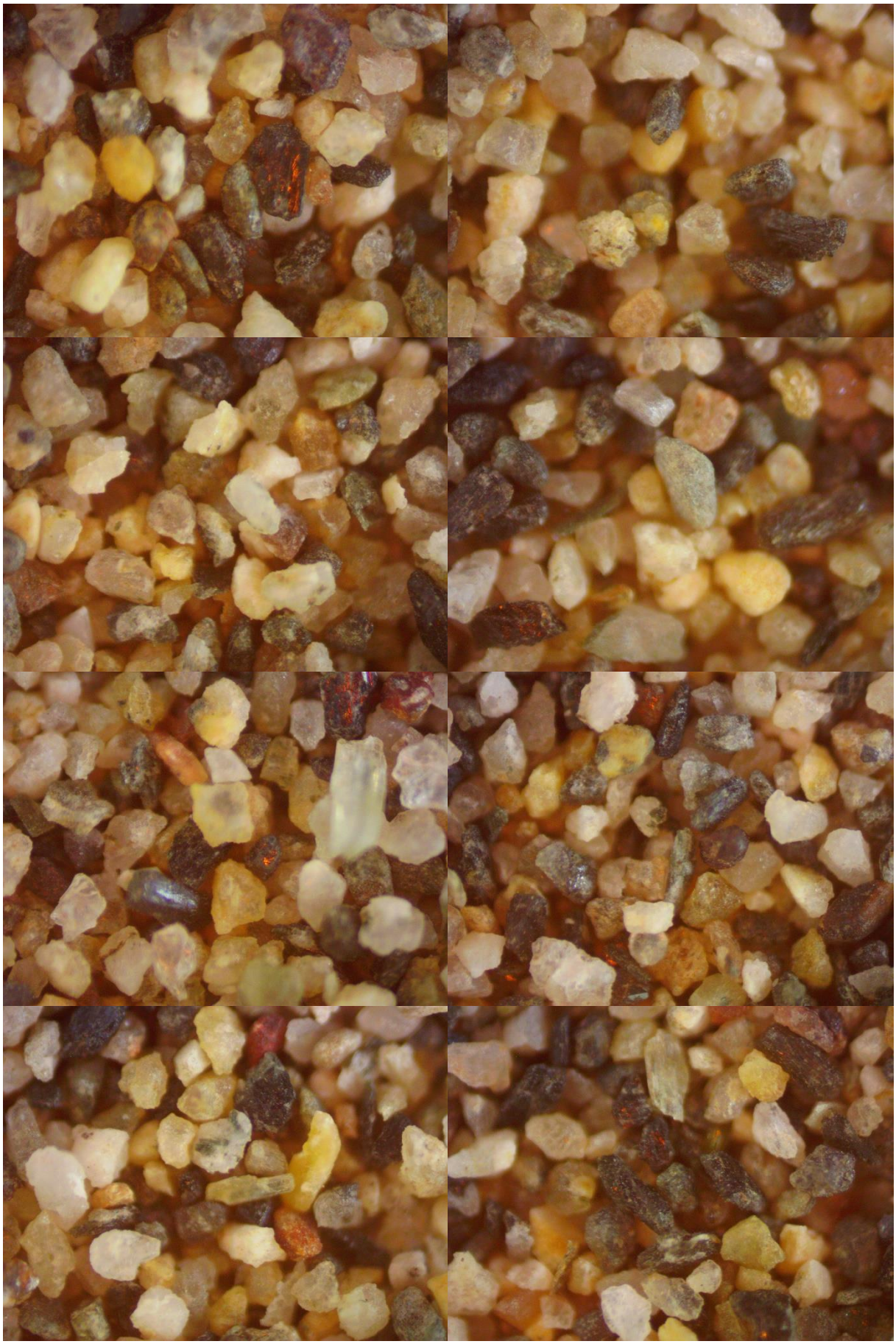


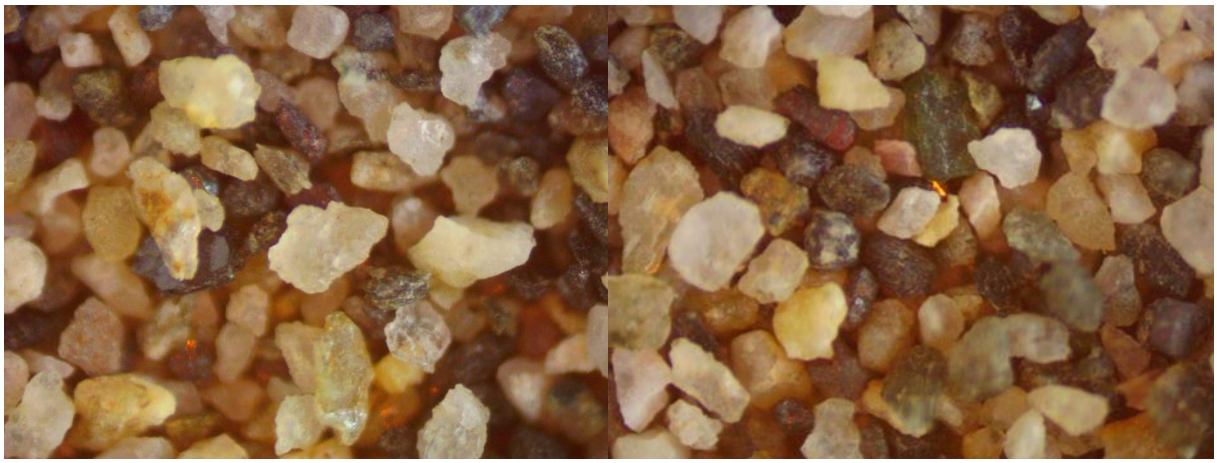


700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

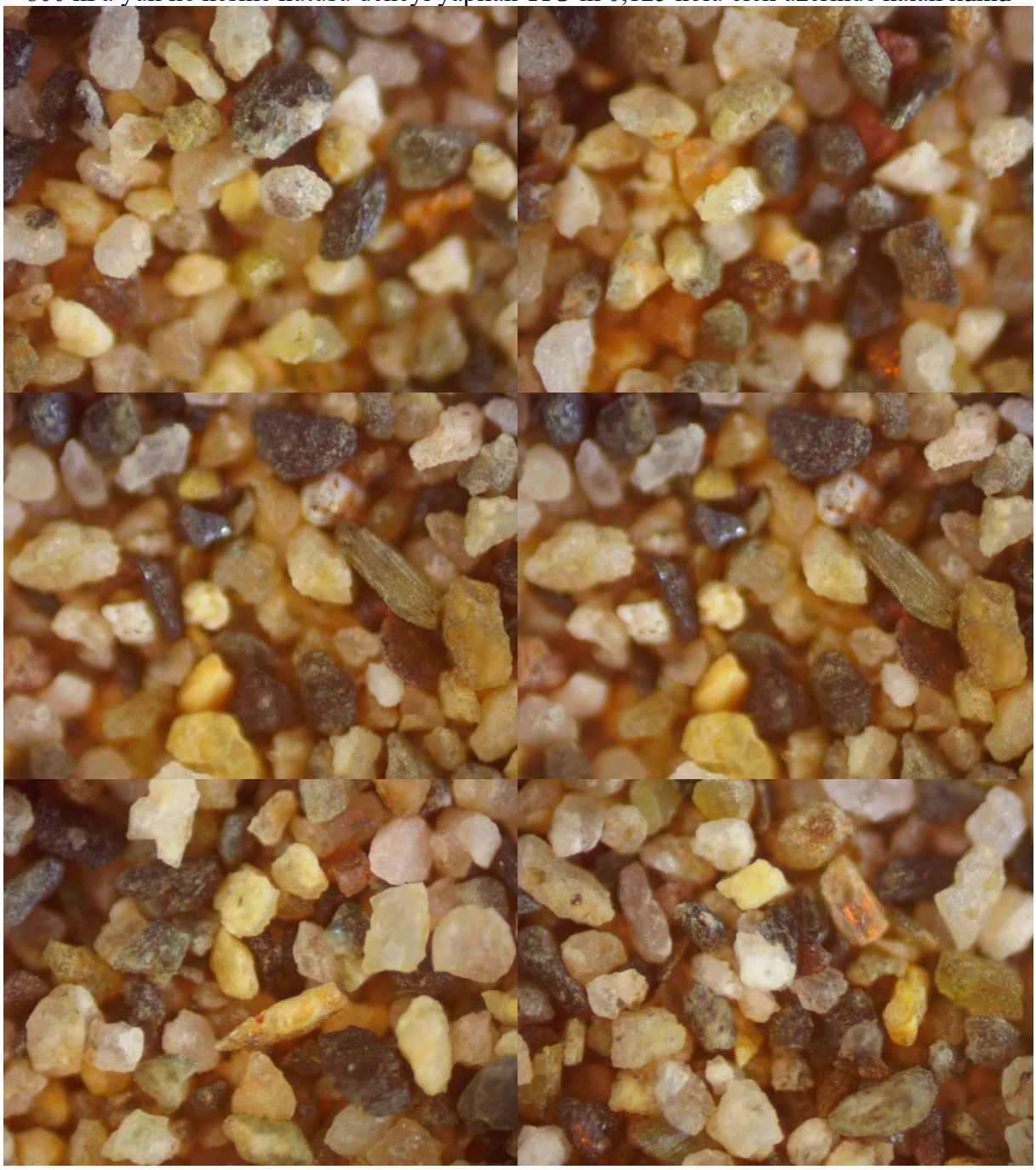


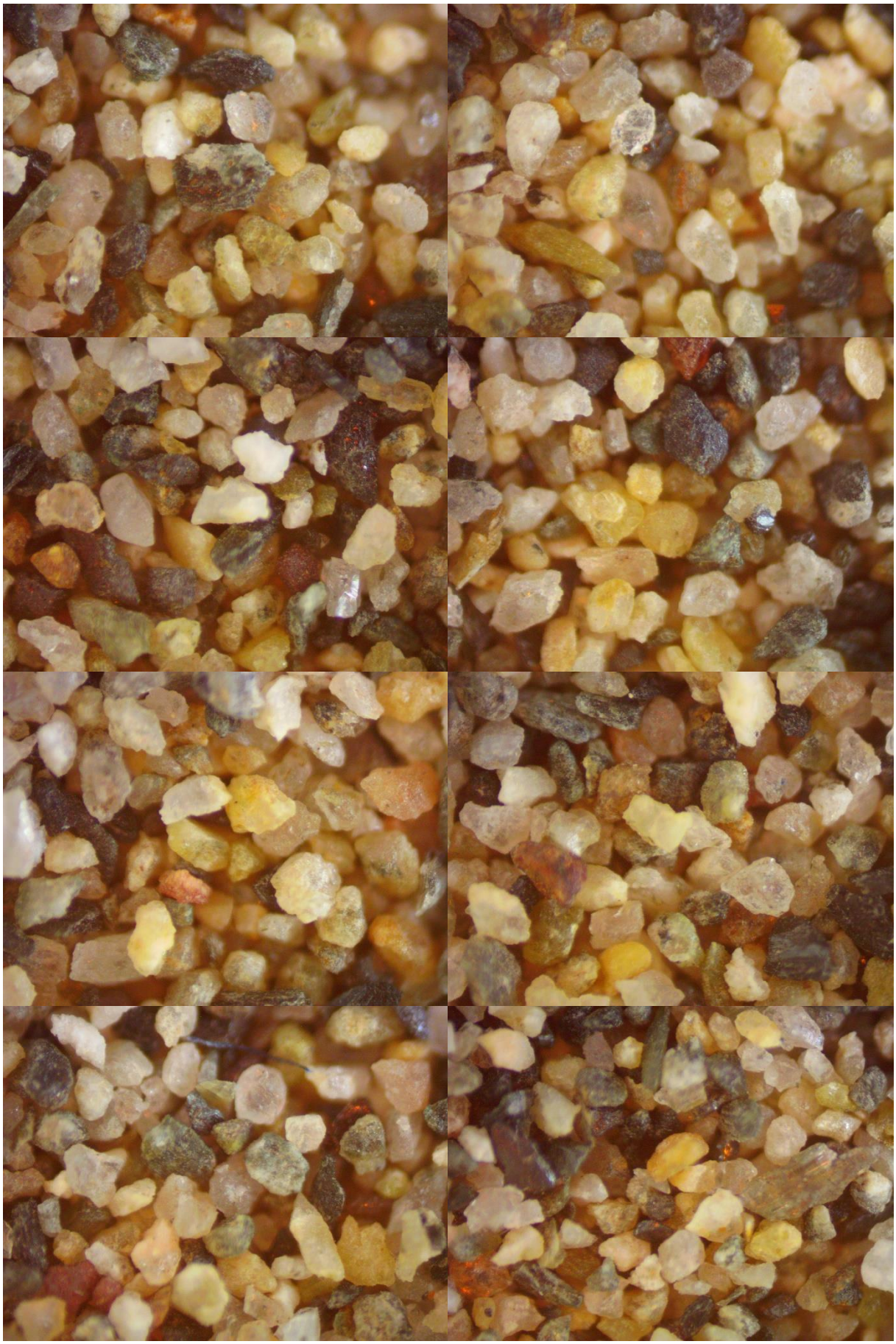


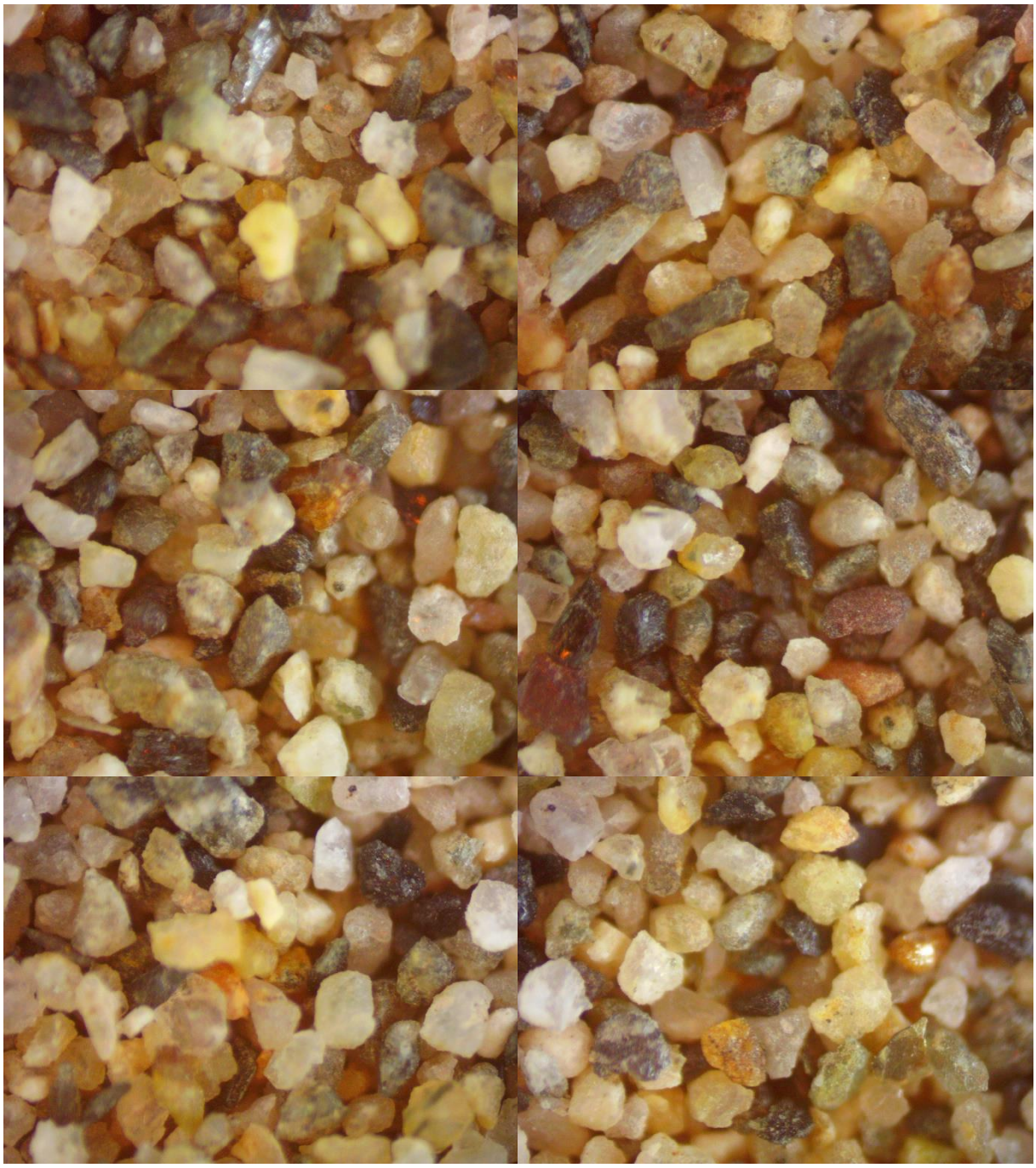




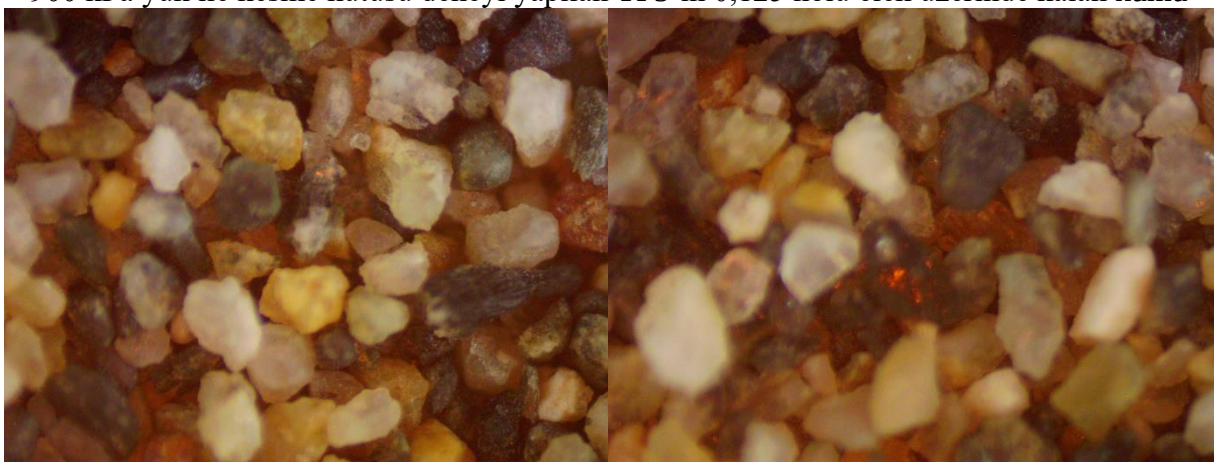
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu

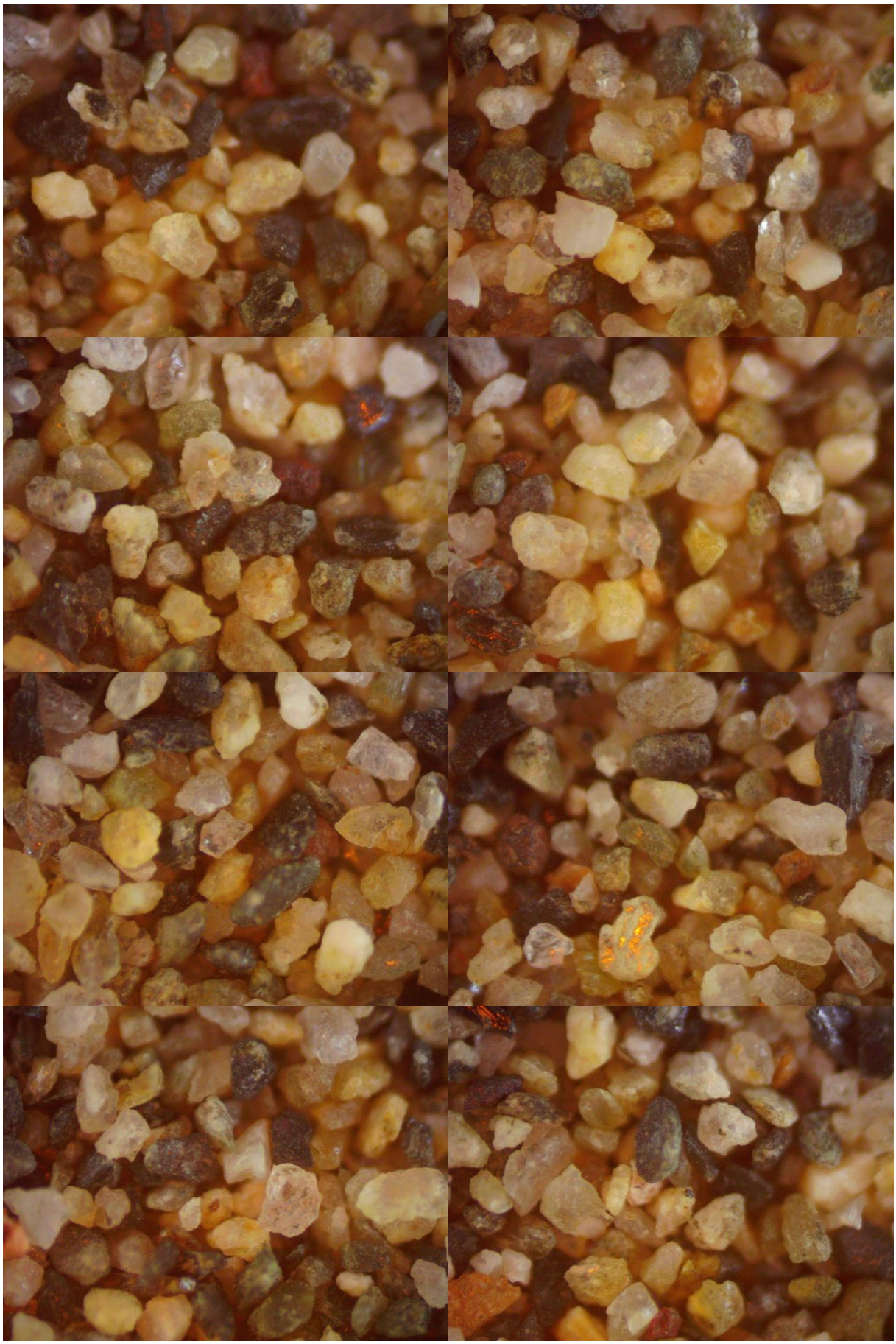


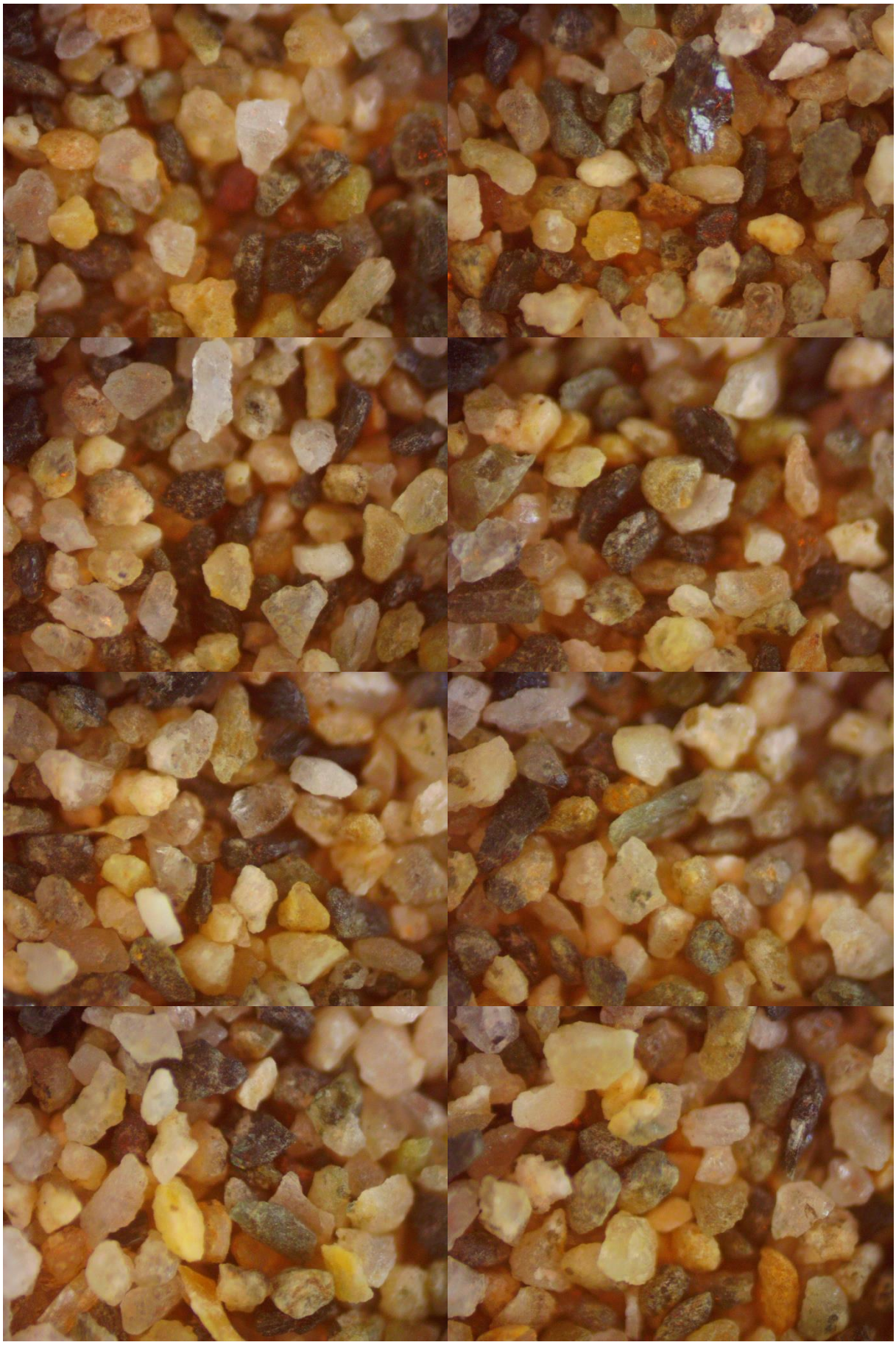




900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,125 nolu elek üzerinde kalan kumu





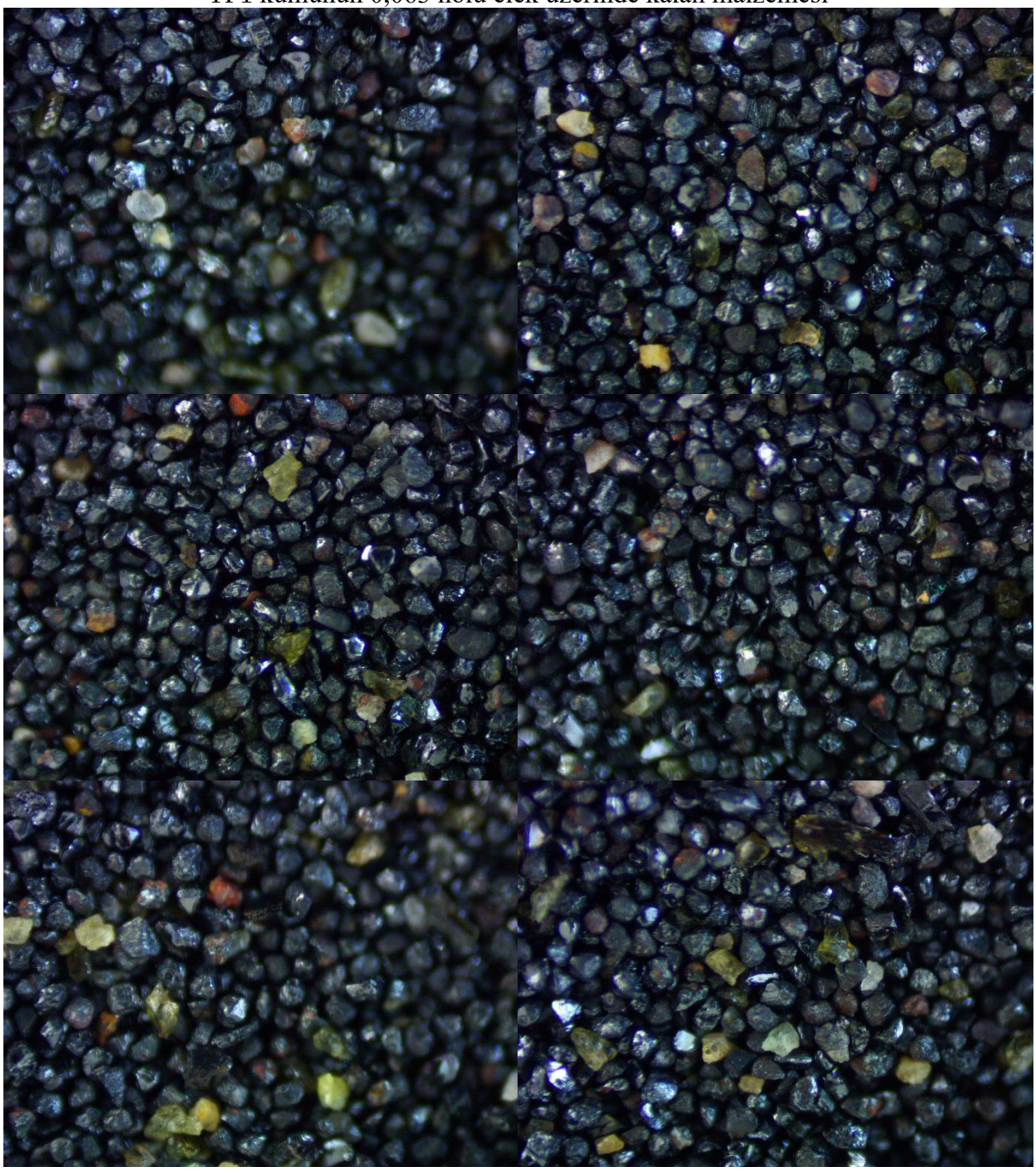


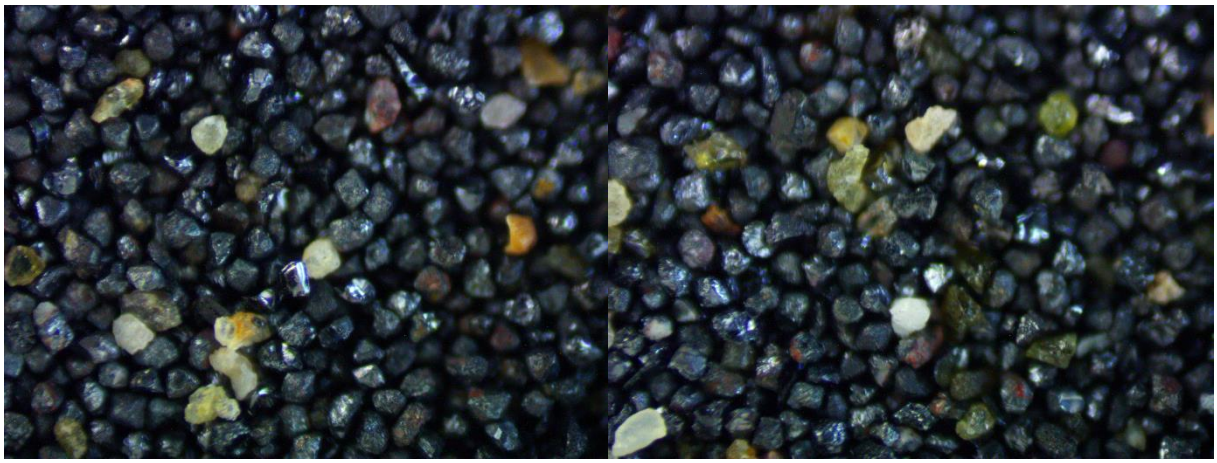
Şekil 73. TP5 kumunun farklı yükler altında 0,125 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

0,063 Nolu Üzerinde Kalan Taneler

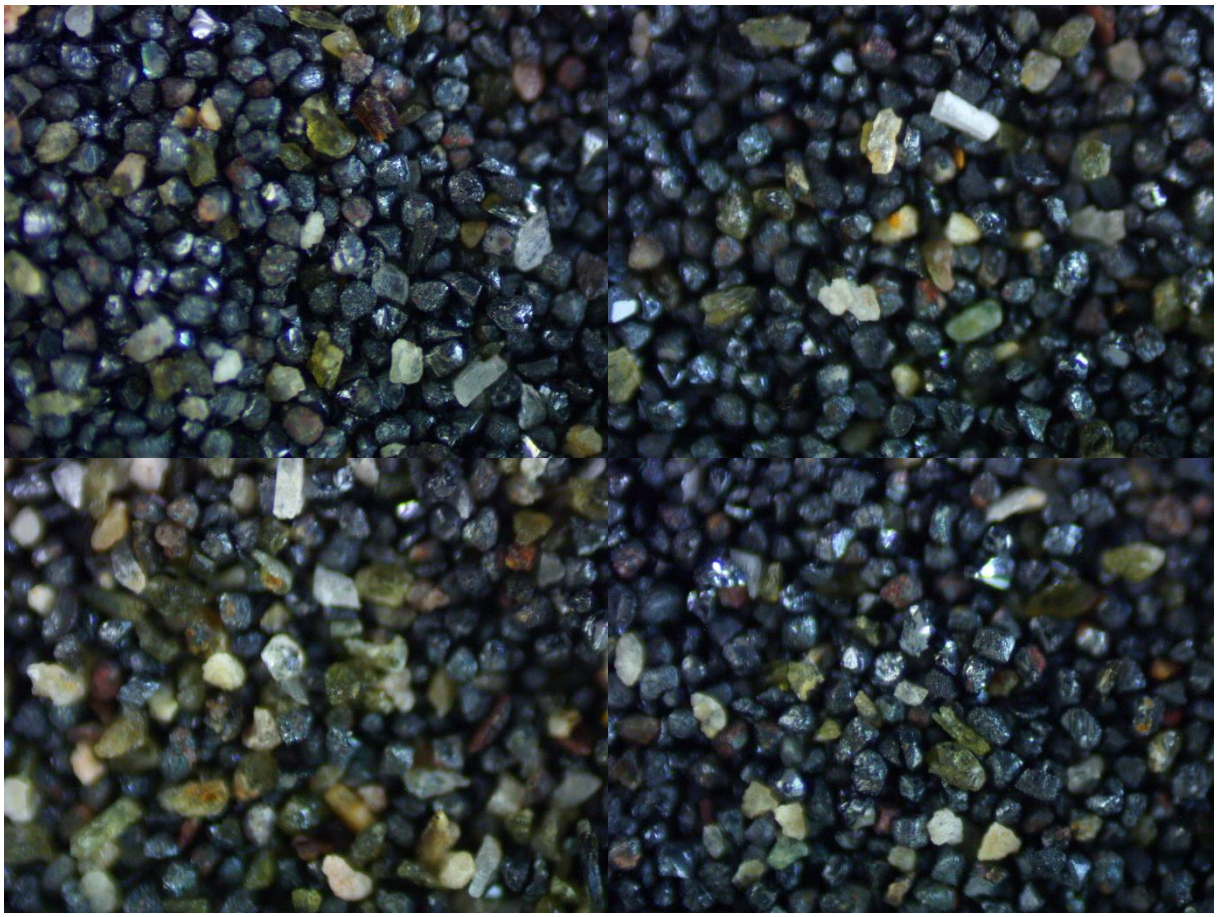
TP1 kumunun 0,063 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 74).

TP1 kumunun 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

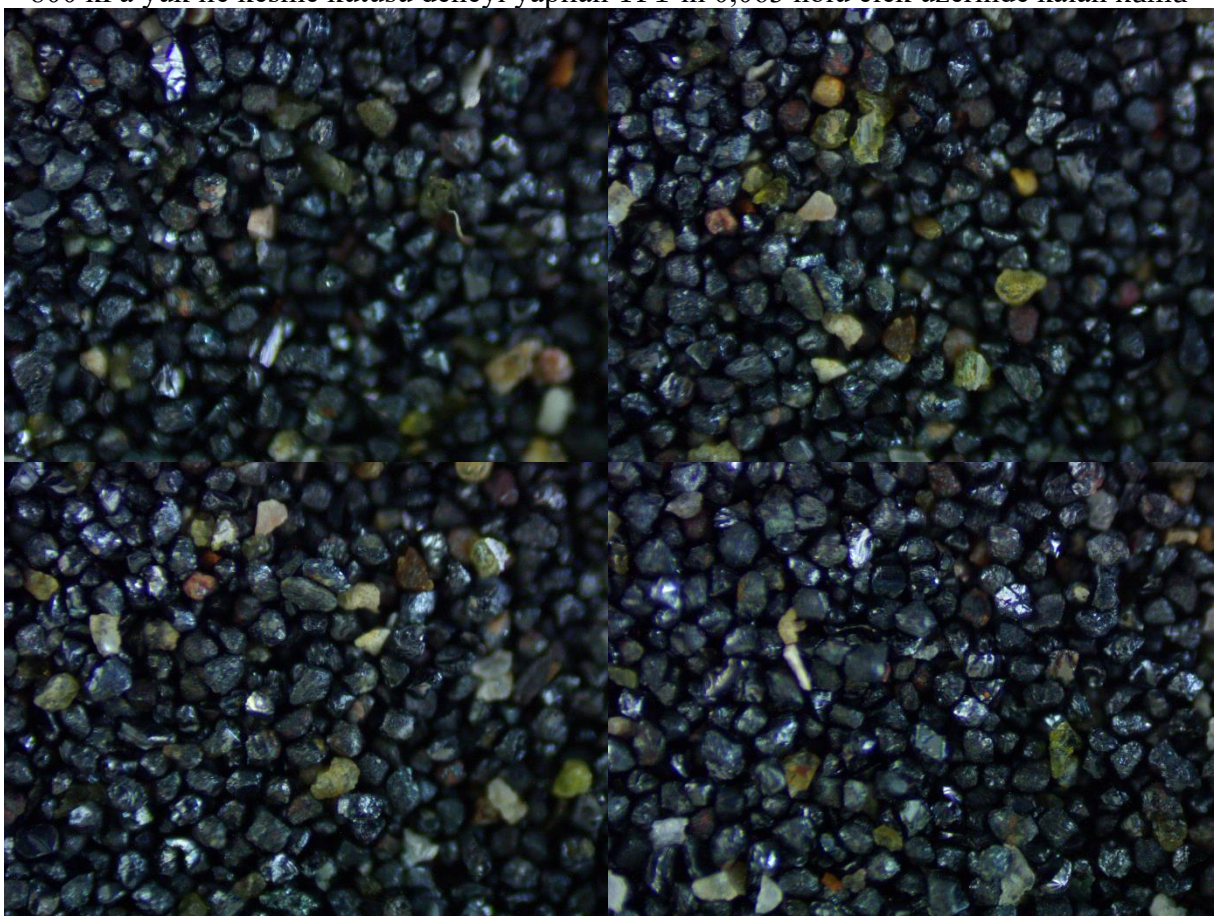


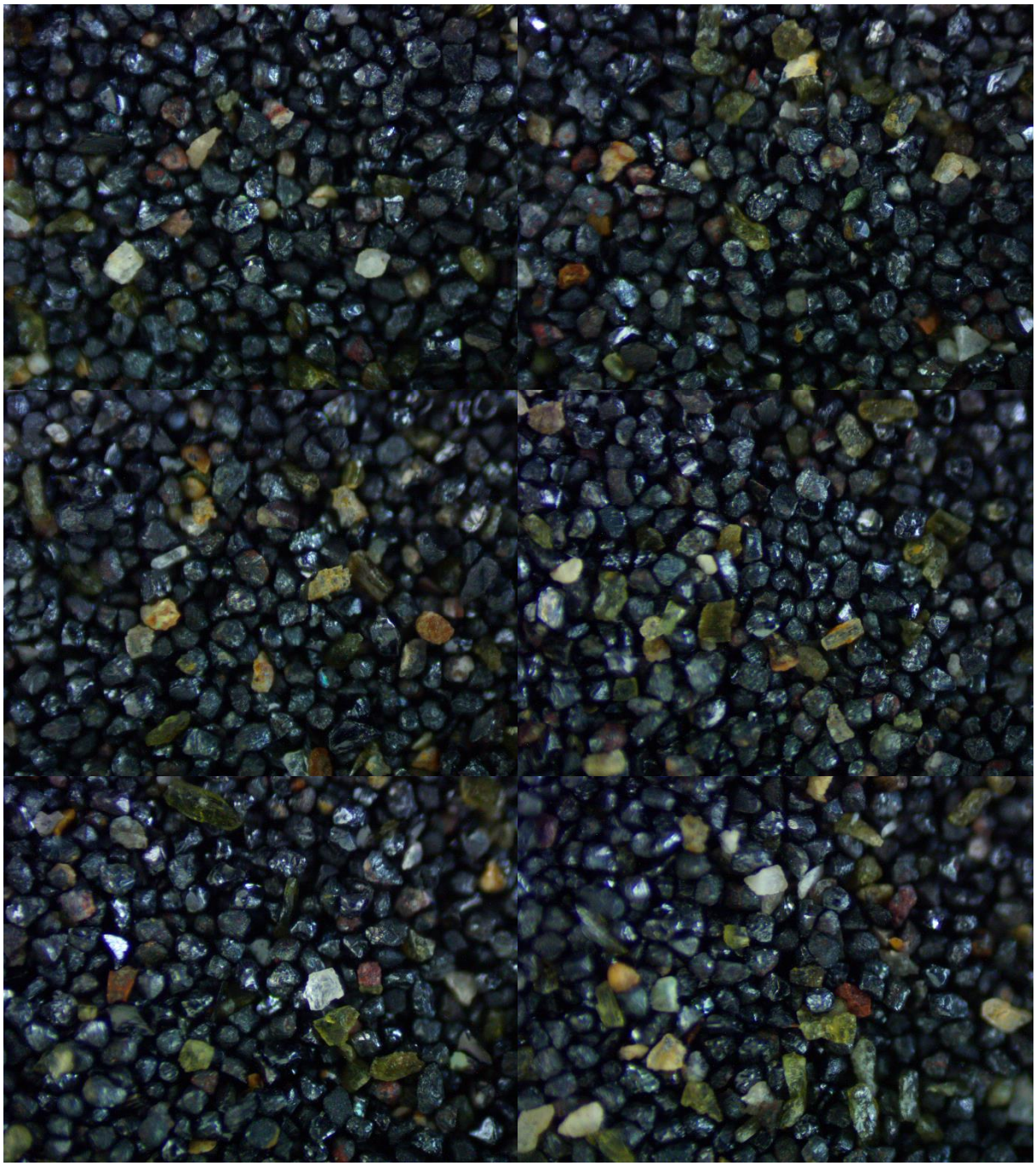


700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

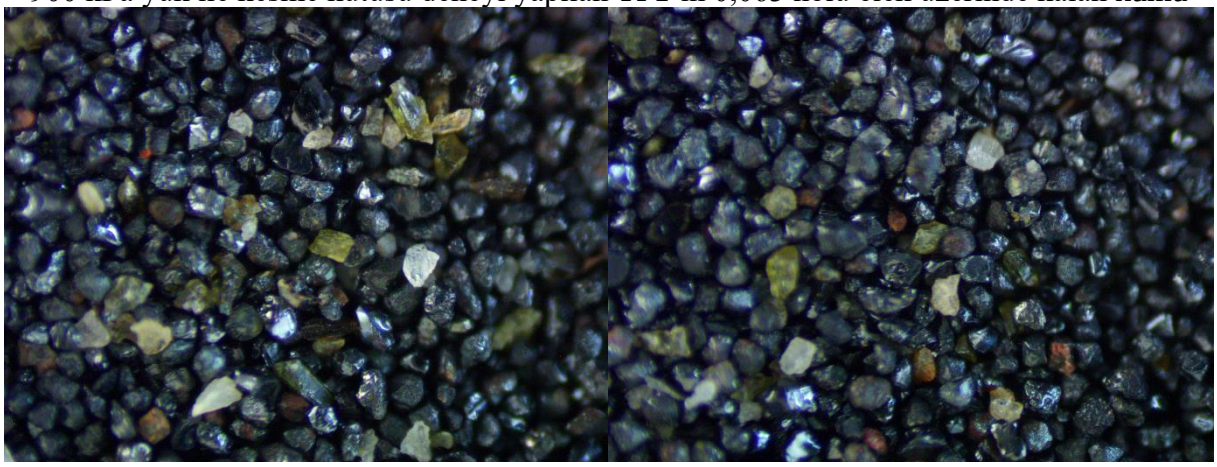


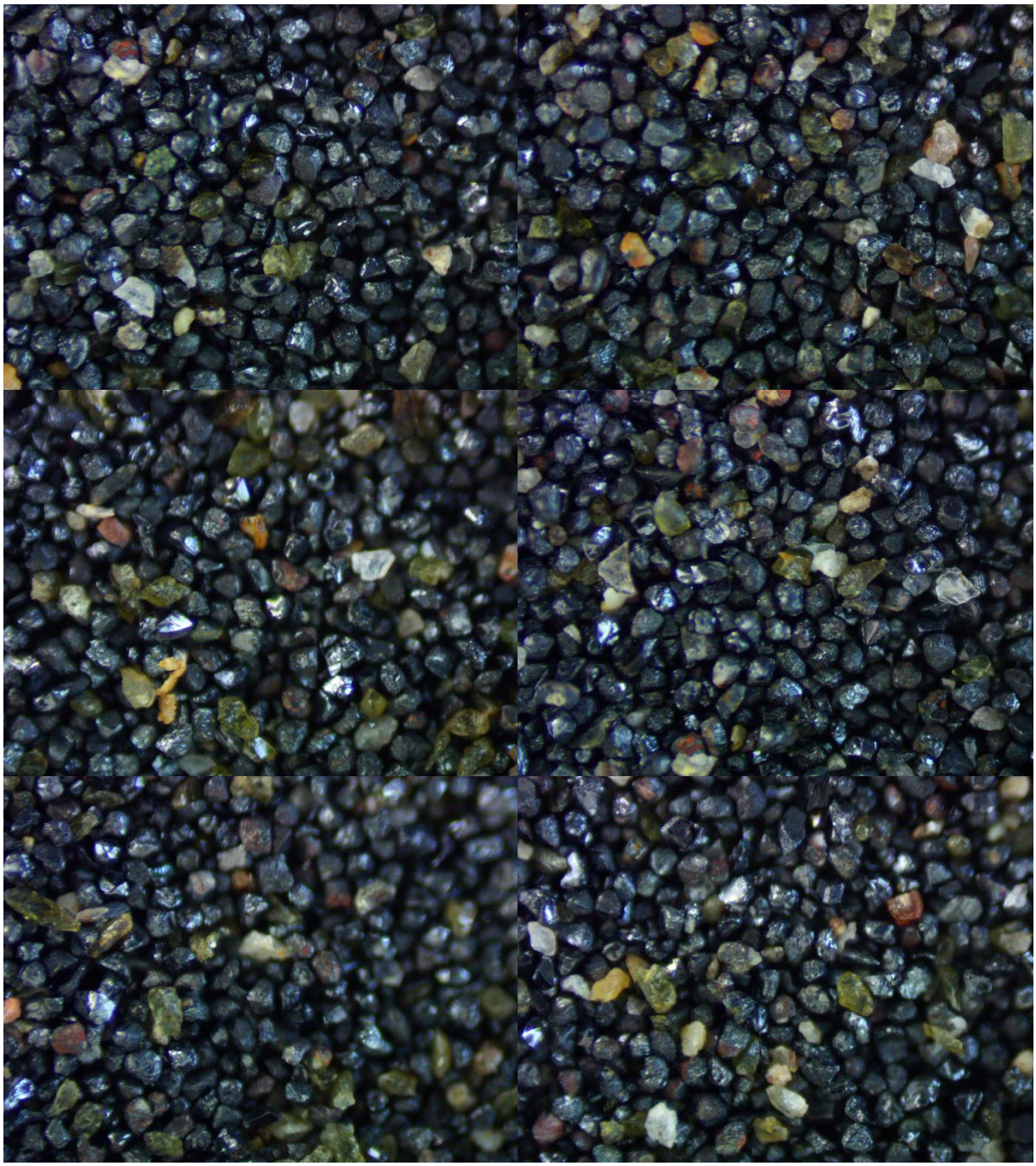
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



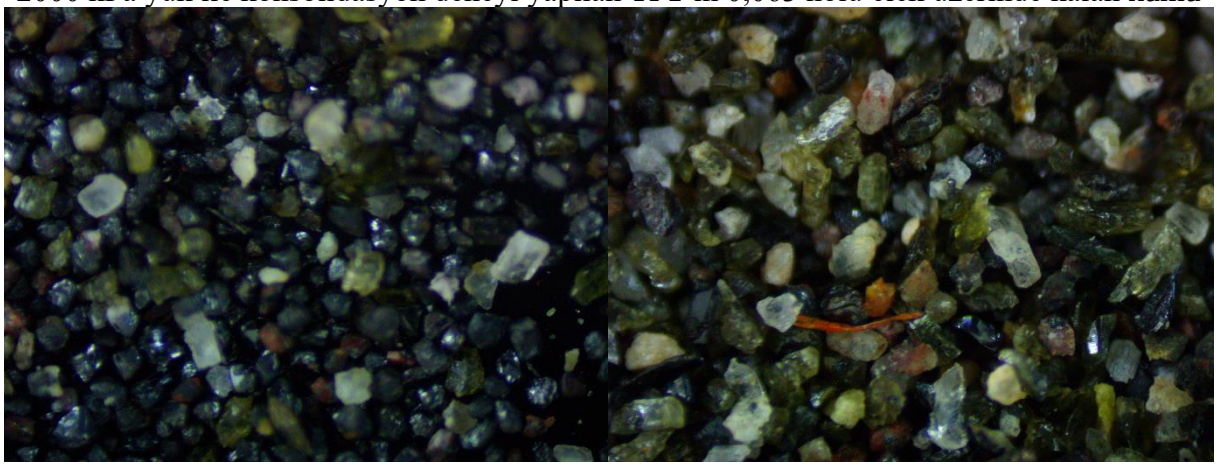


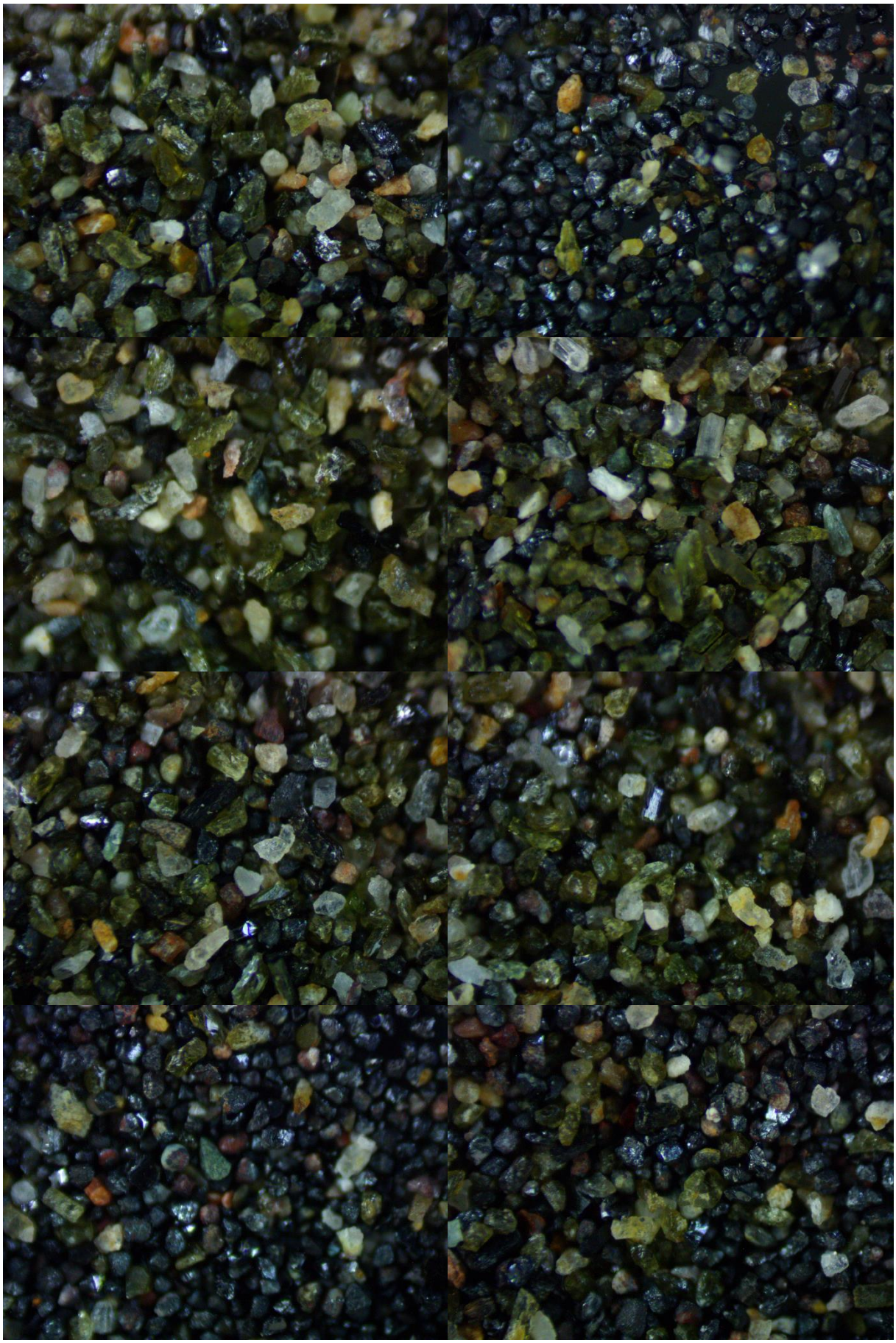
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



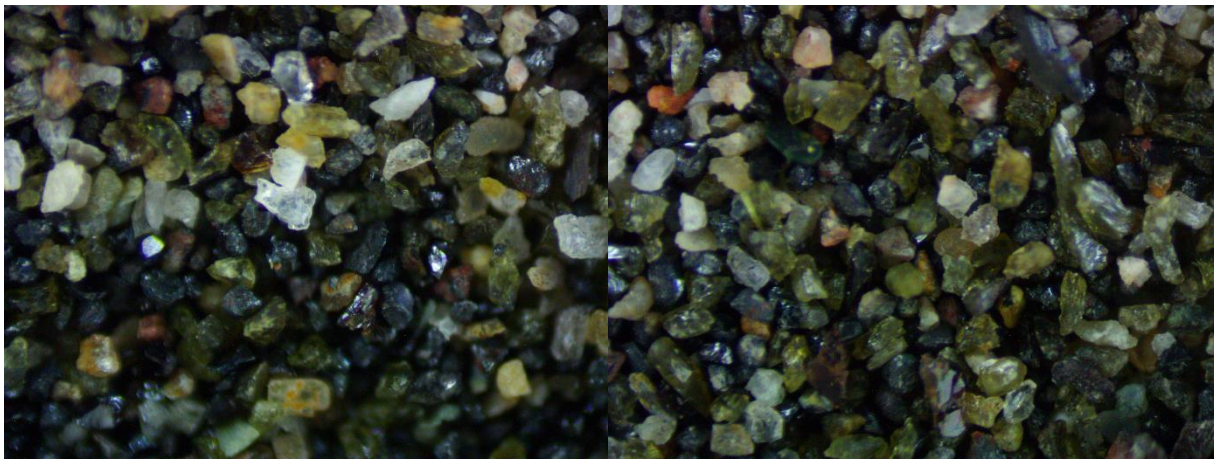


2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

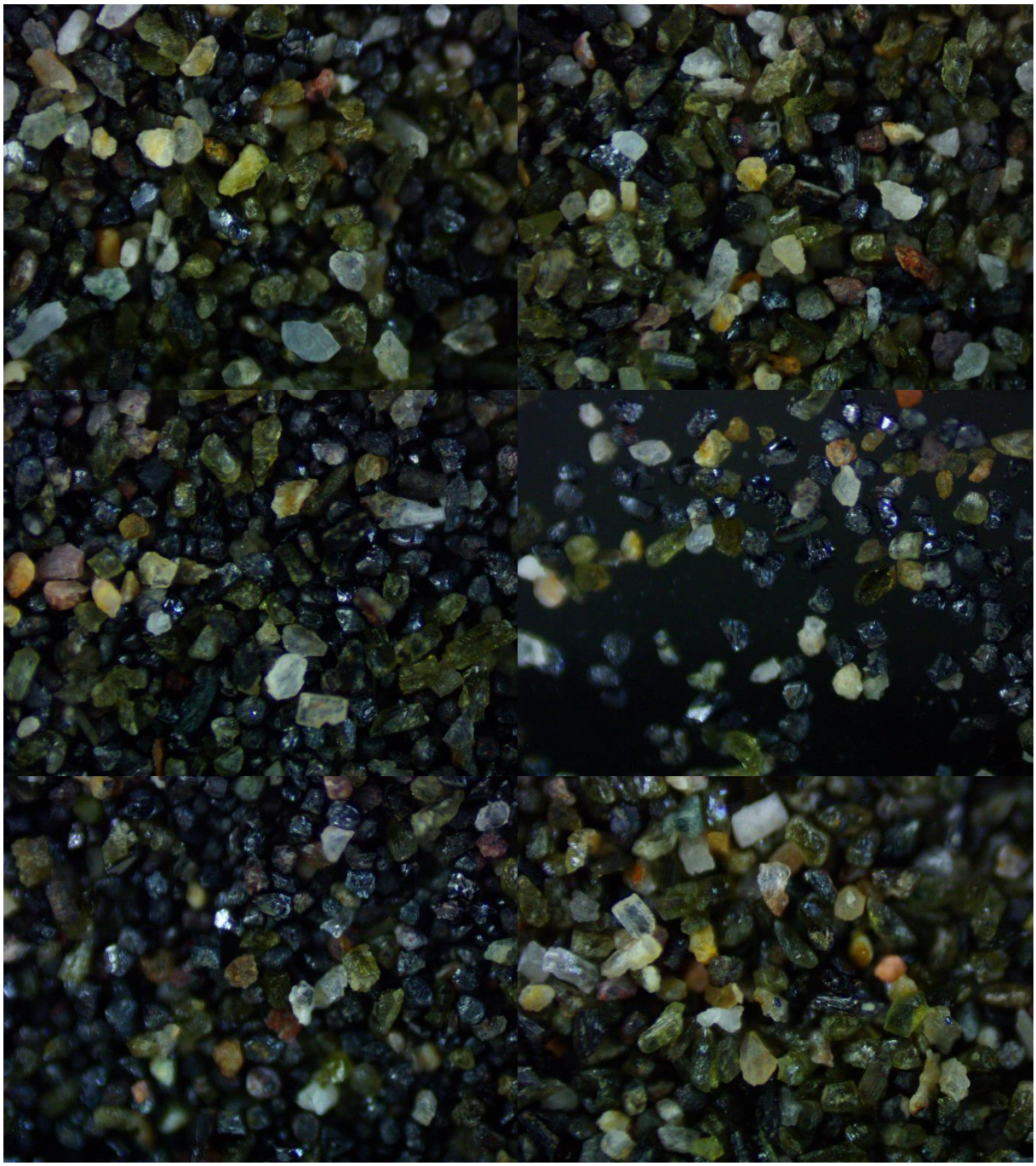




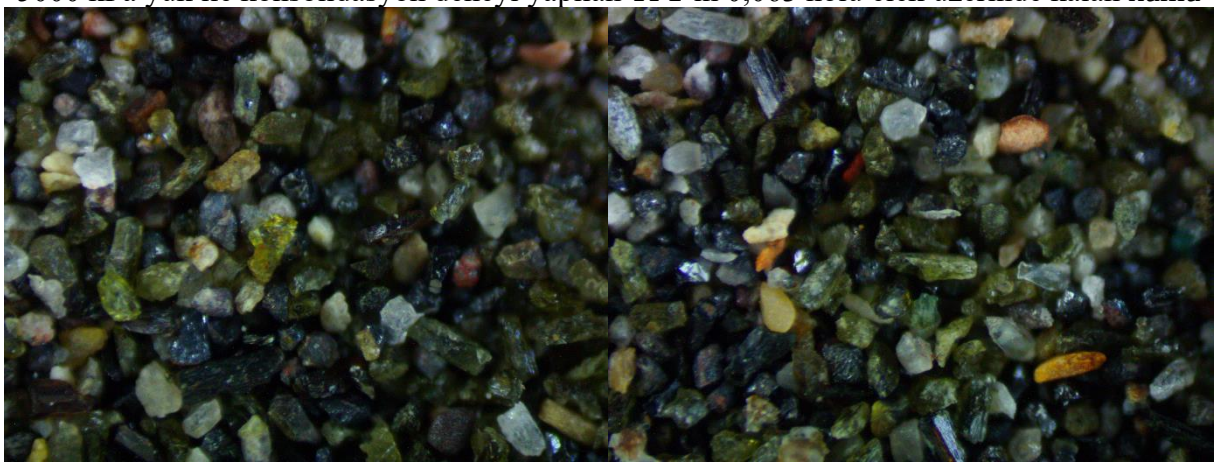
3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

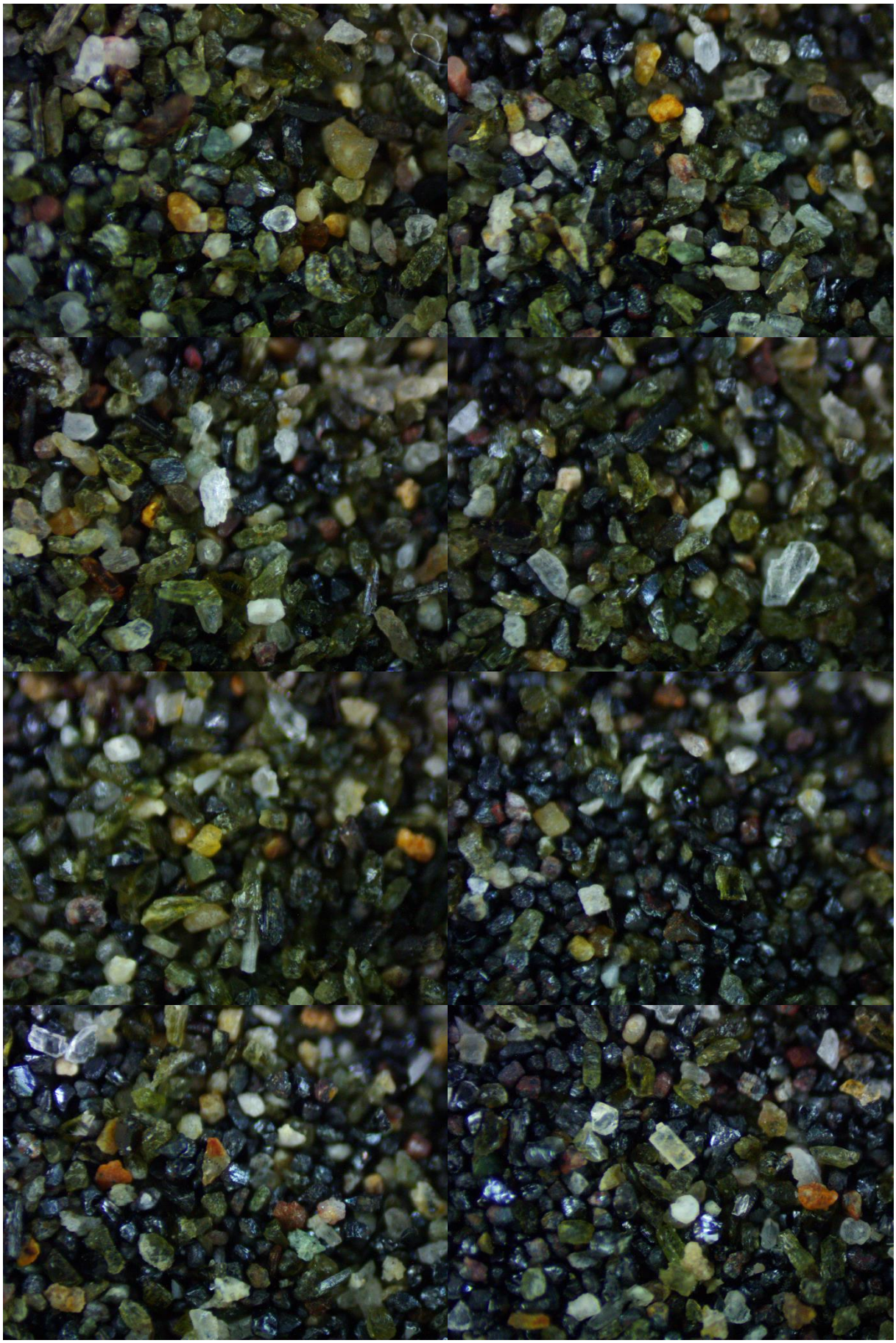


4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

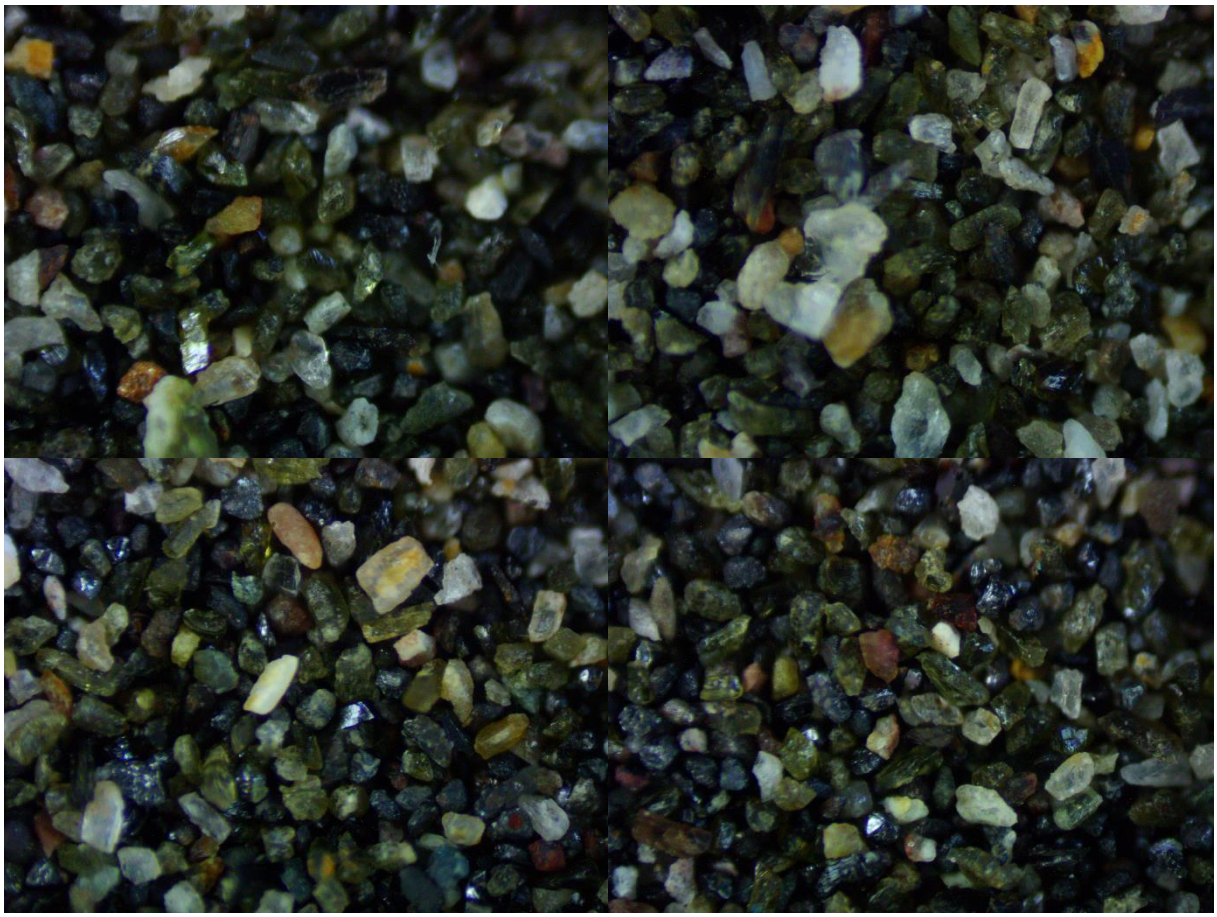


5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu





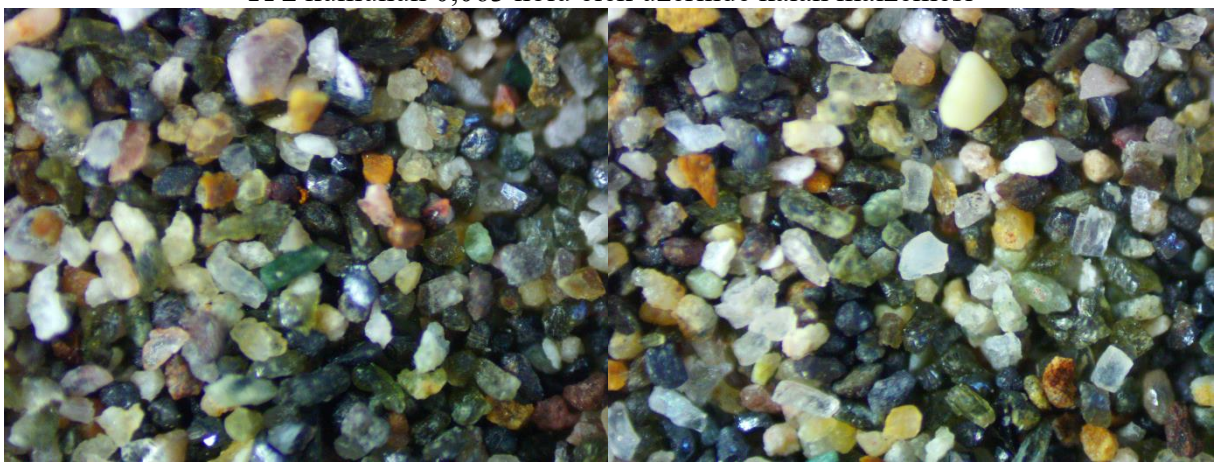
6000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP1’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



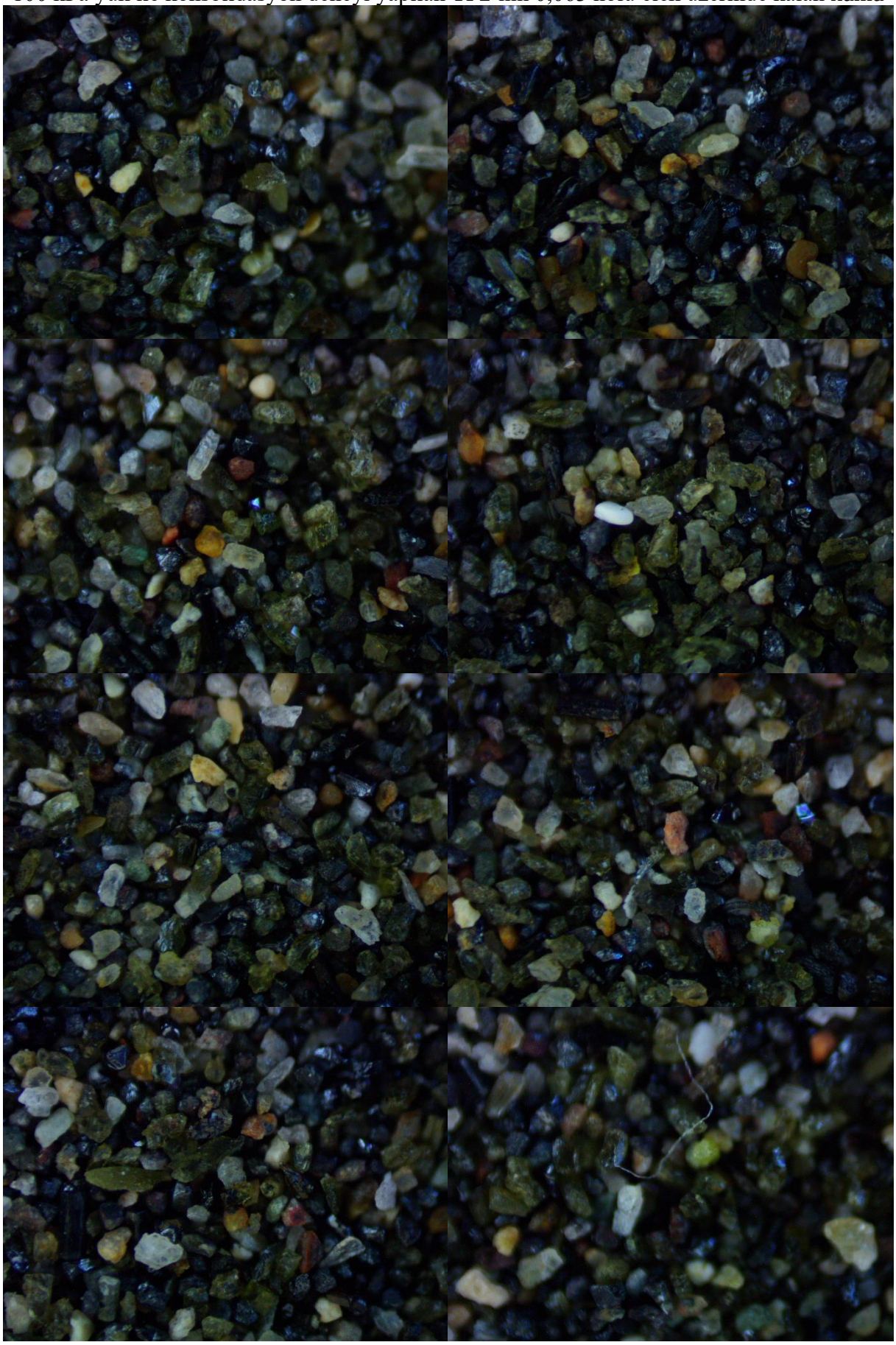
Şekil 74. TP1 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

TP2 kumunun 0,063 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 75).

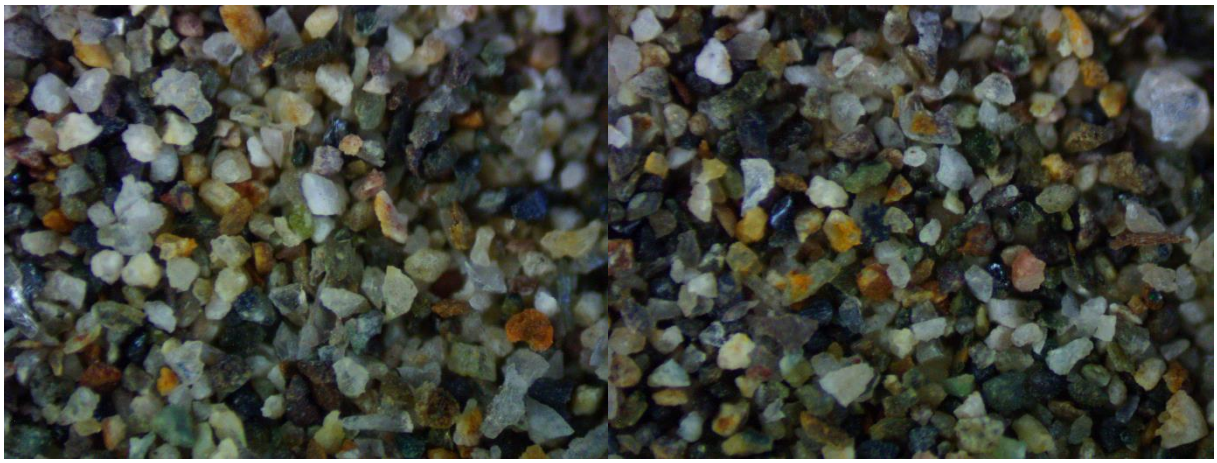
TP2 kumunun 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



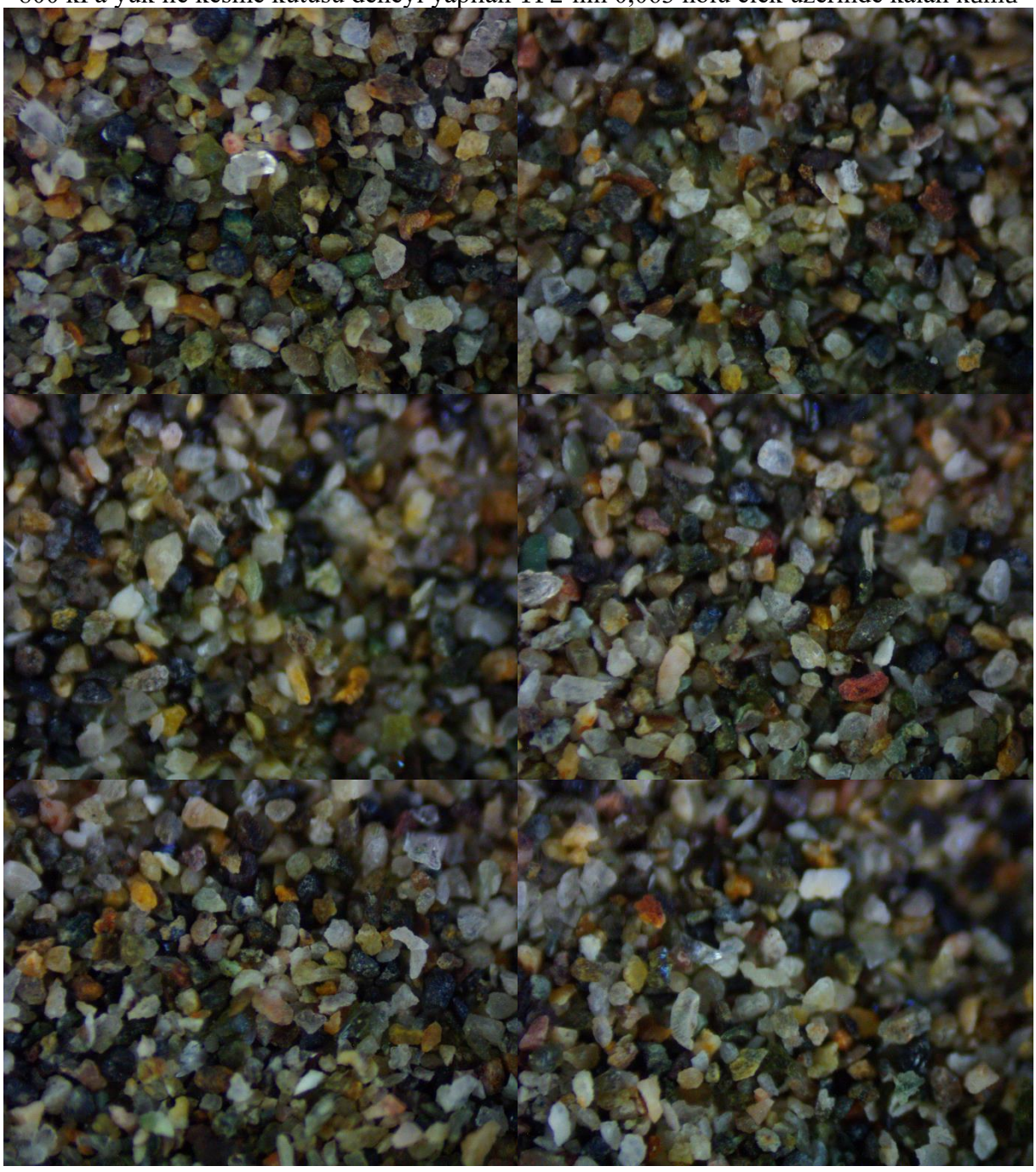
100 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

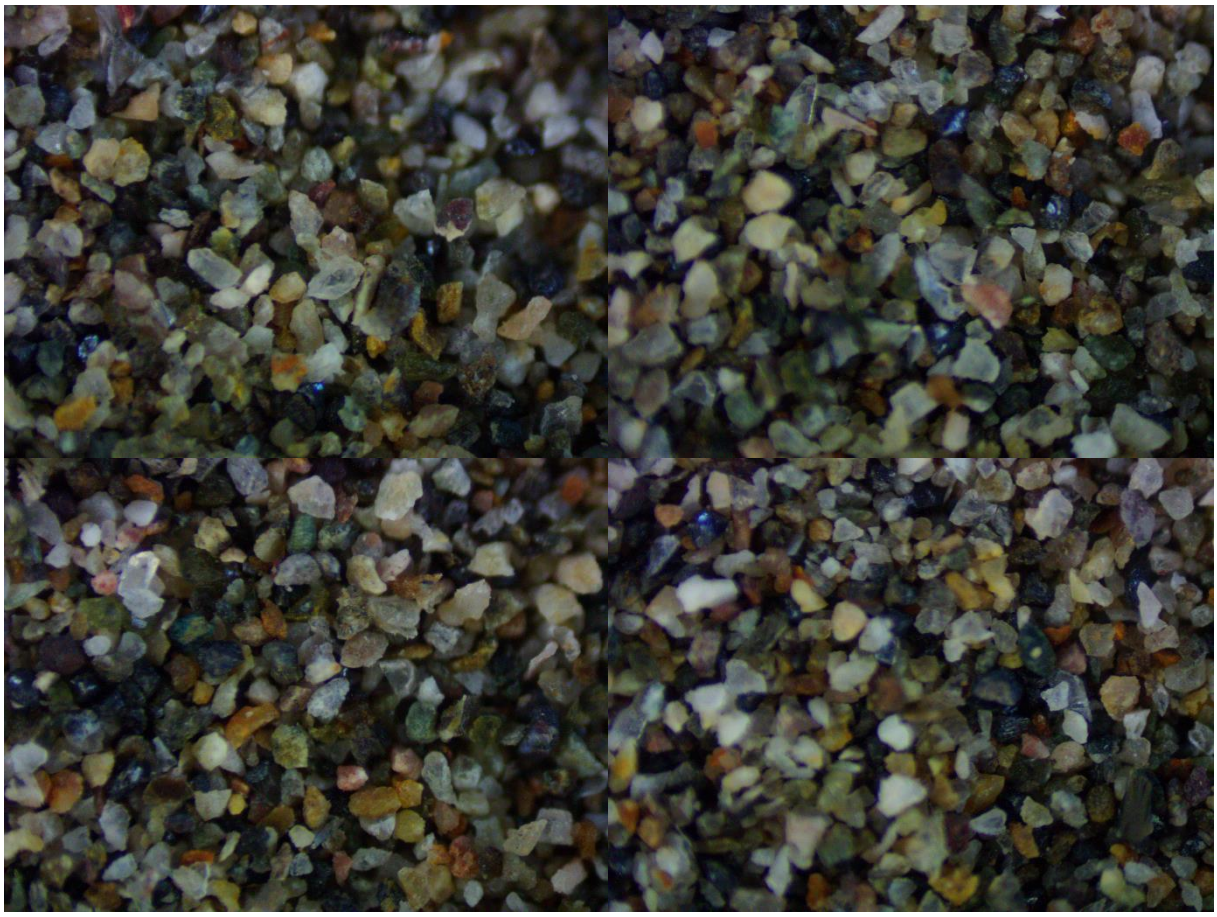


700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



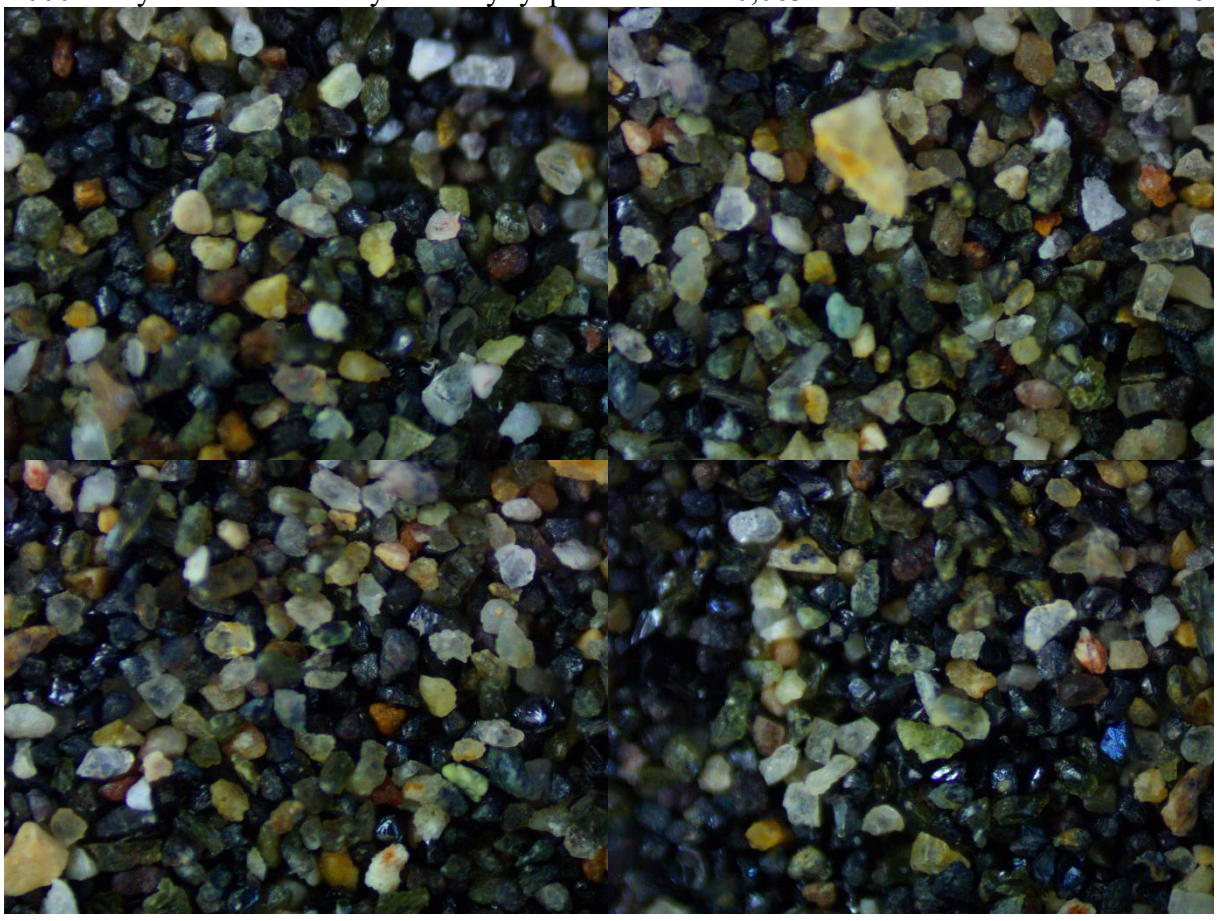
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



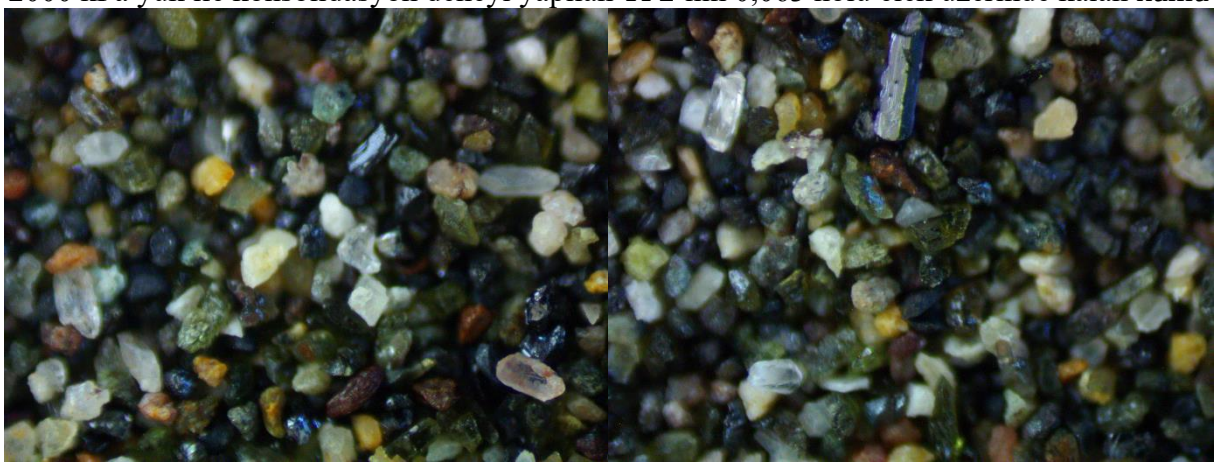


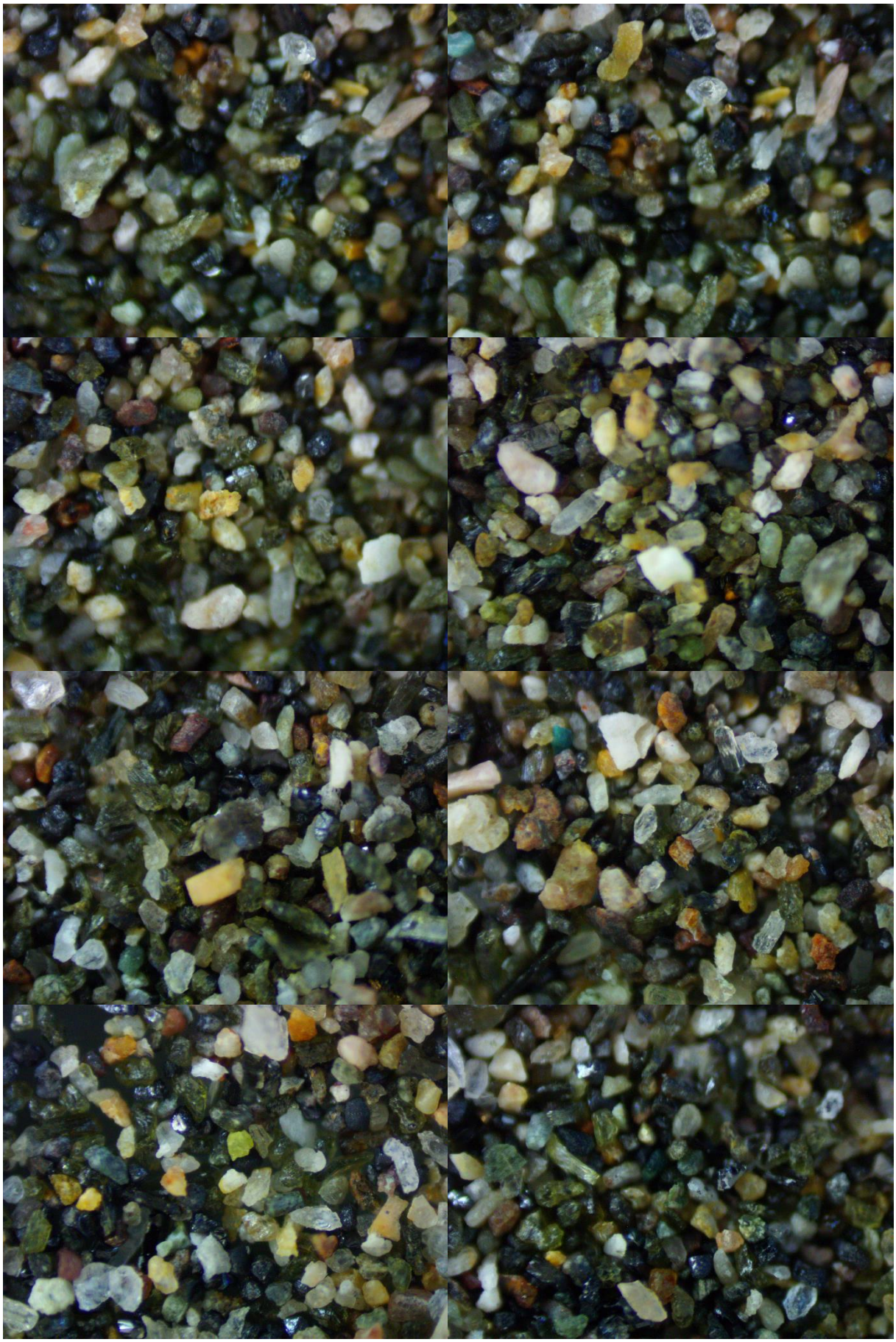
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



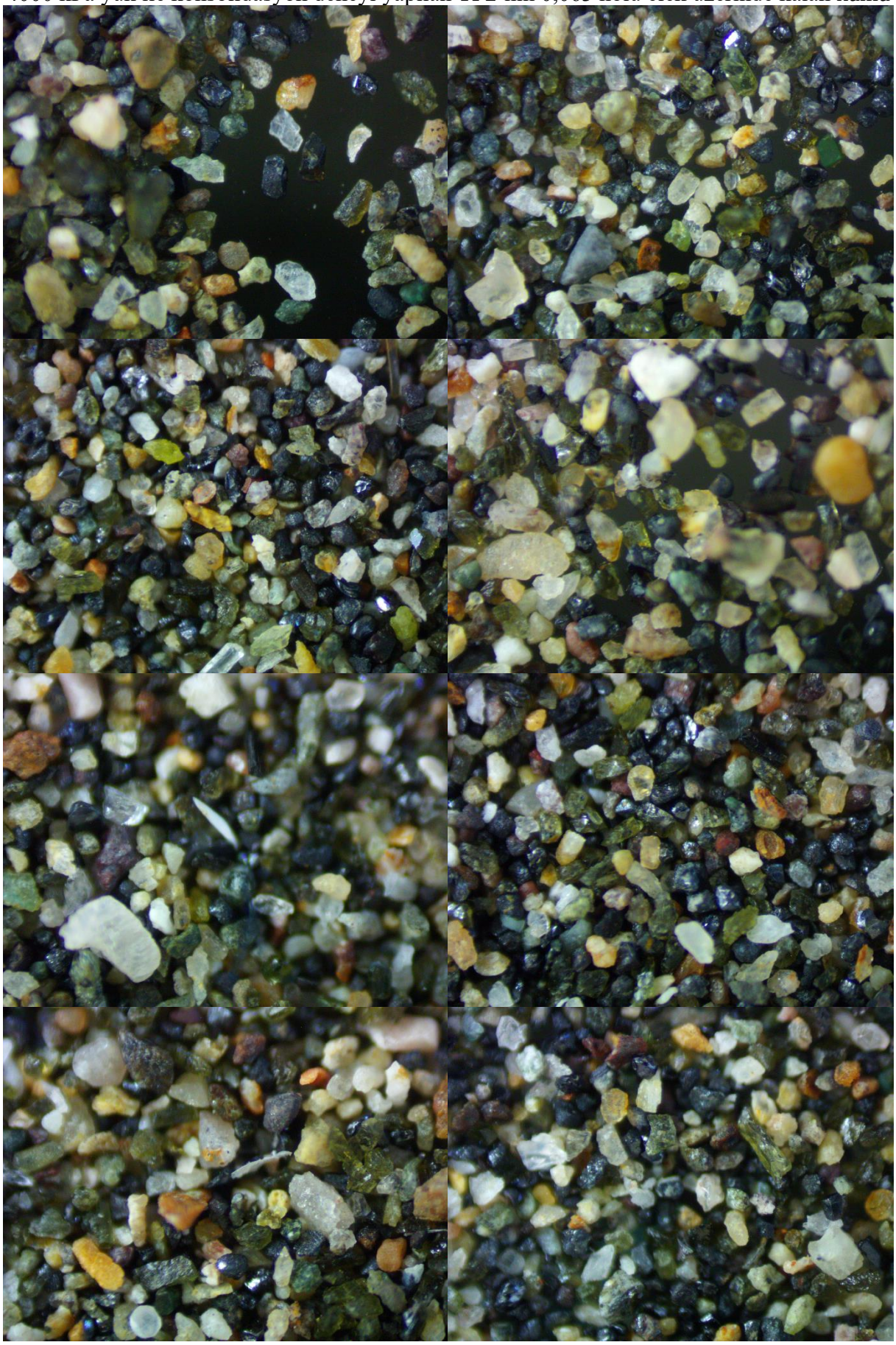
2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

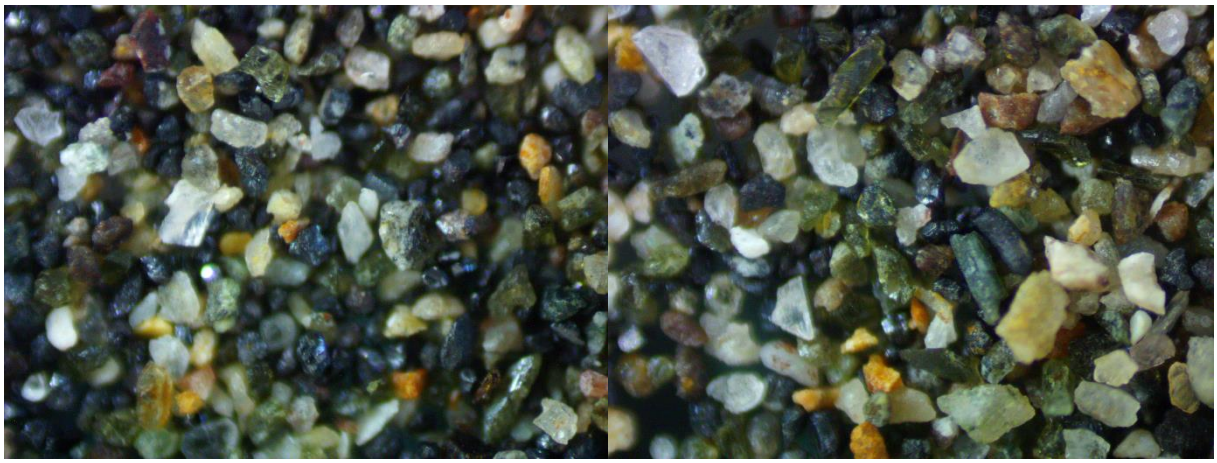




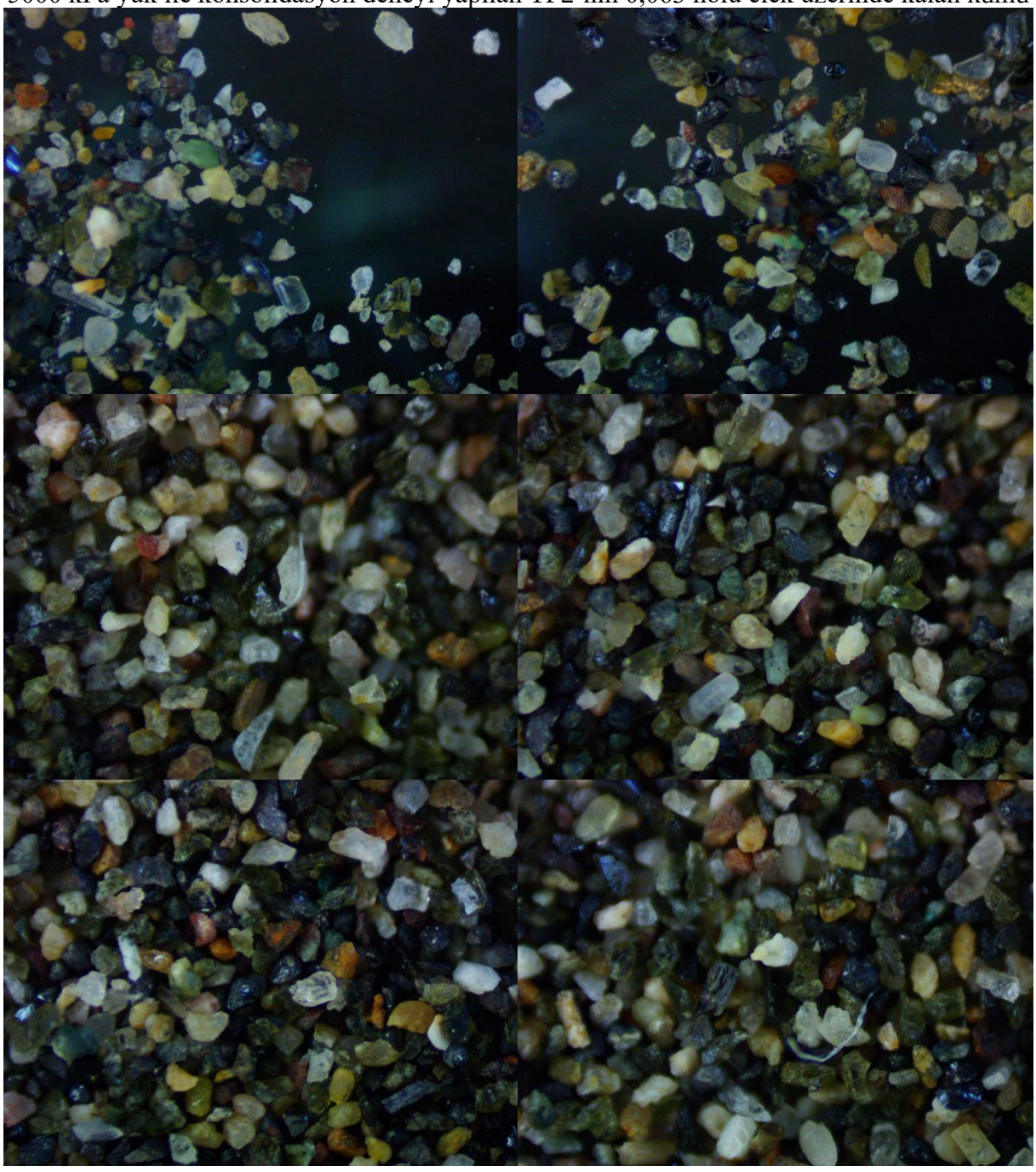
3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

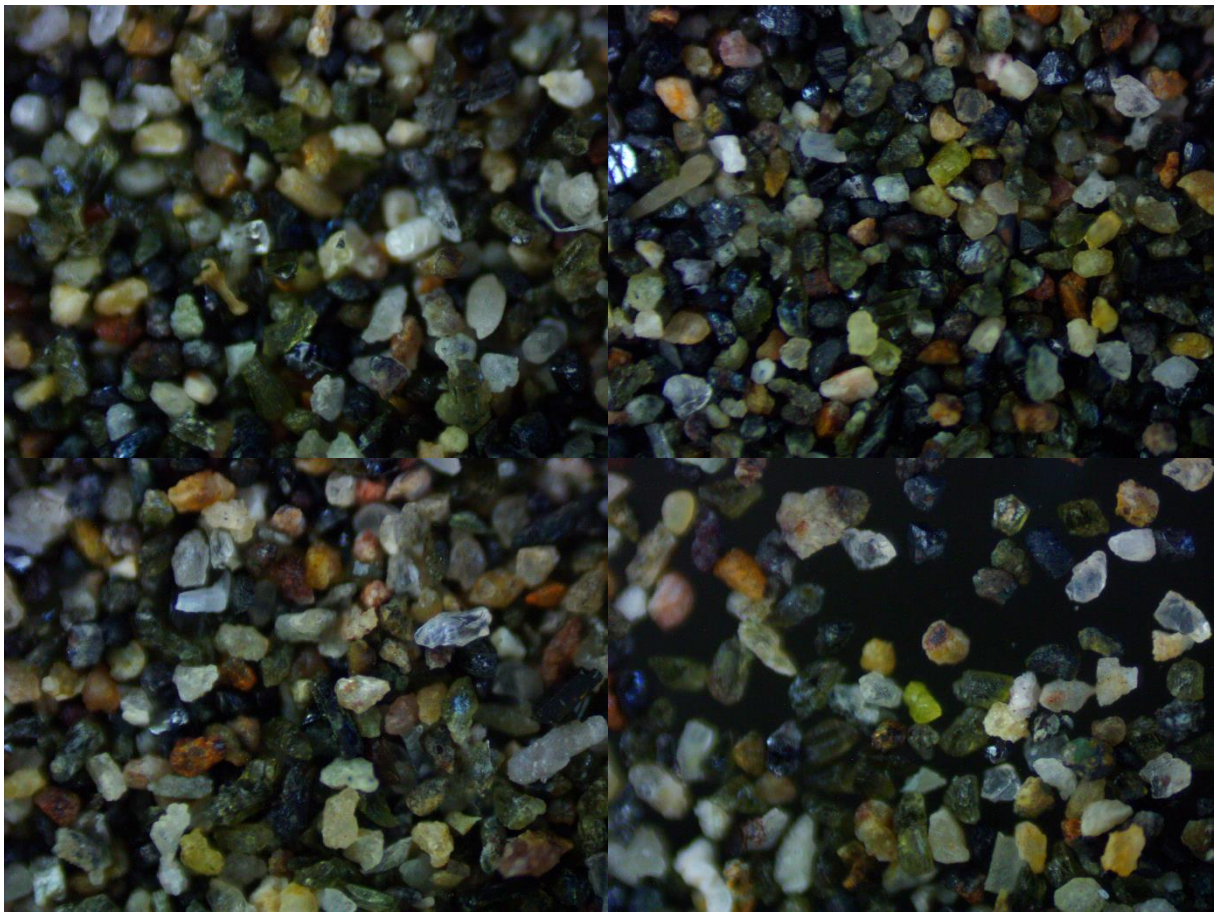
4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu





5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP2’nin 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

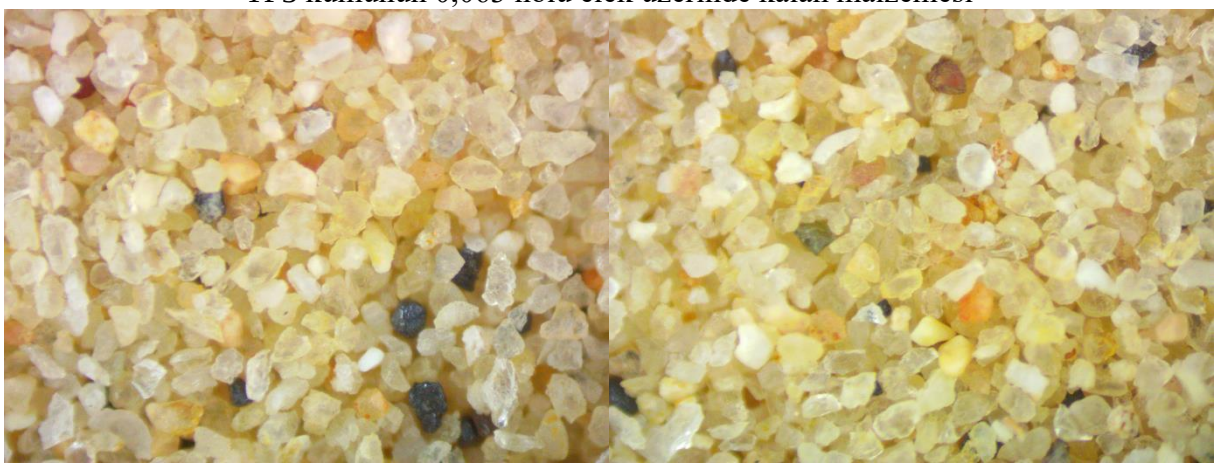




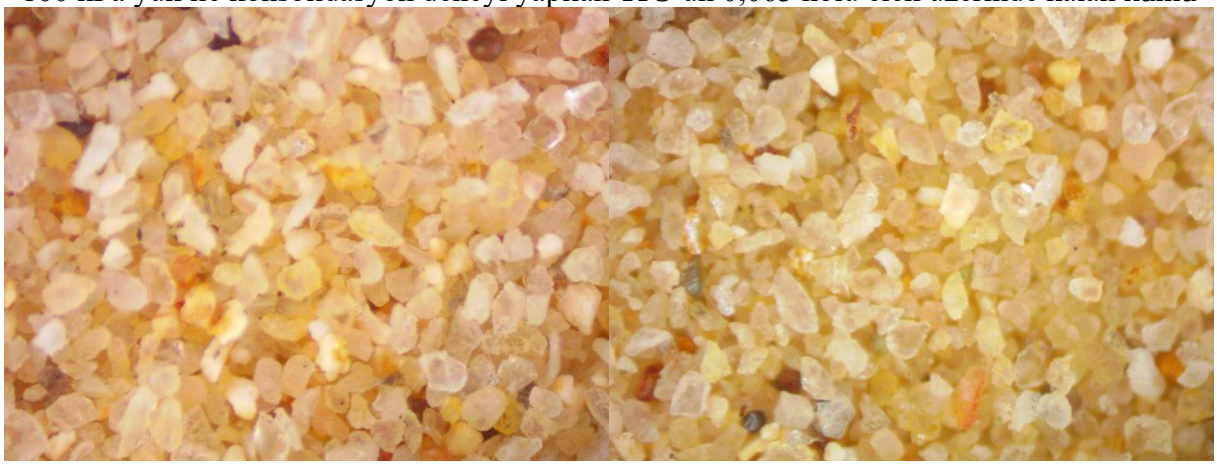
Şekil 75. TP2 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

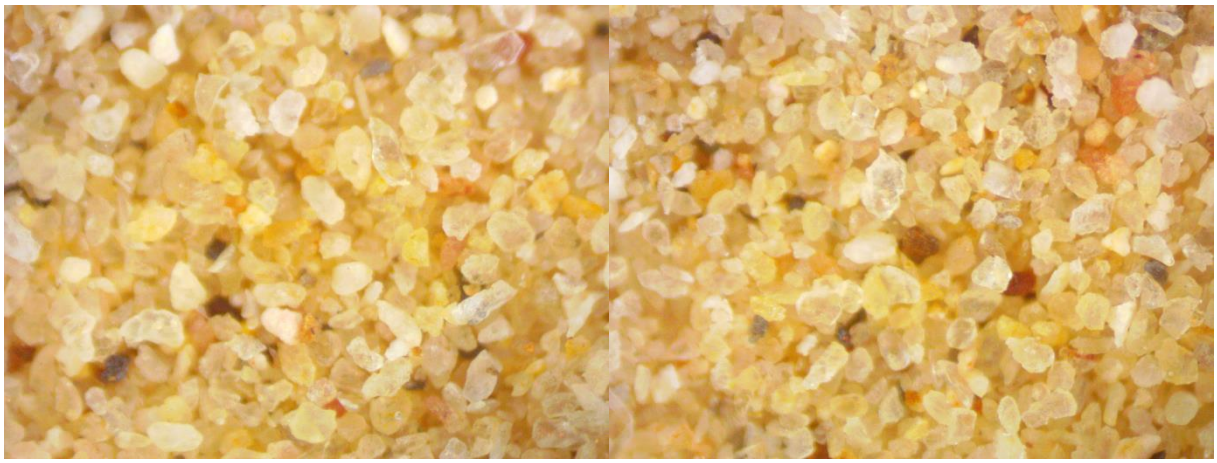
TP3 kumunun 0,063 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 76).

TP3 kumunun 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemesi

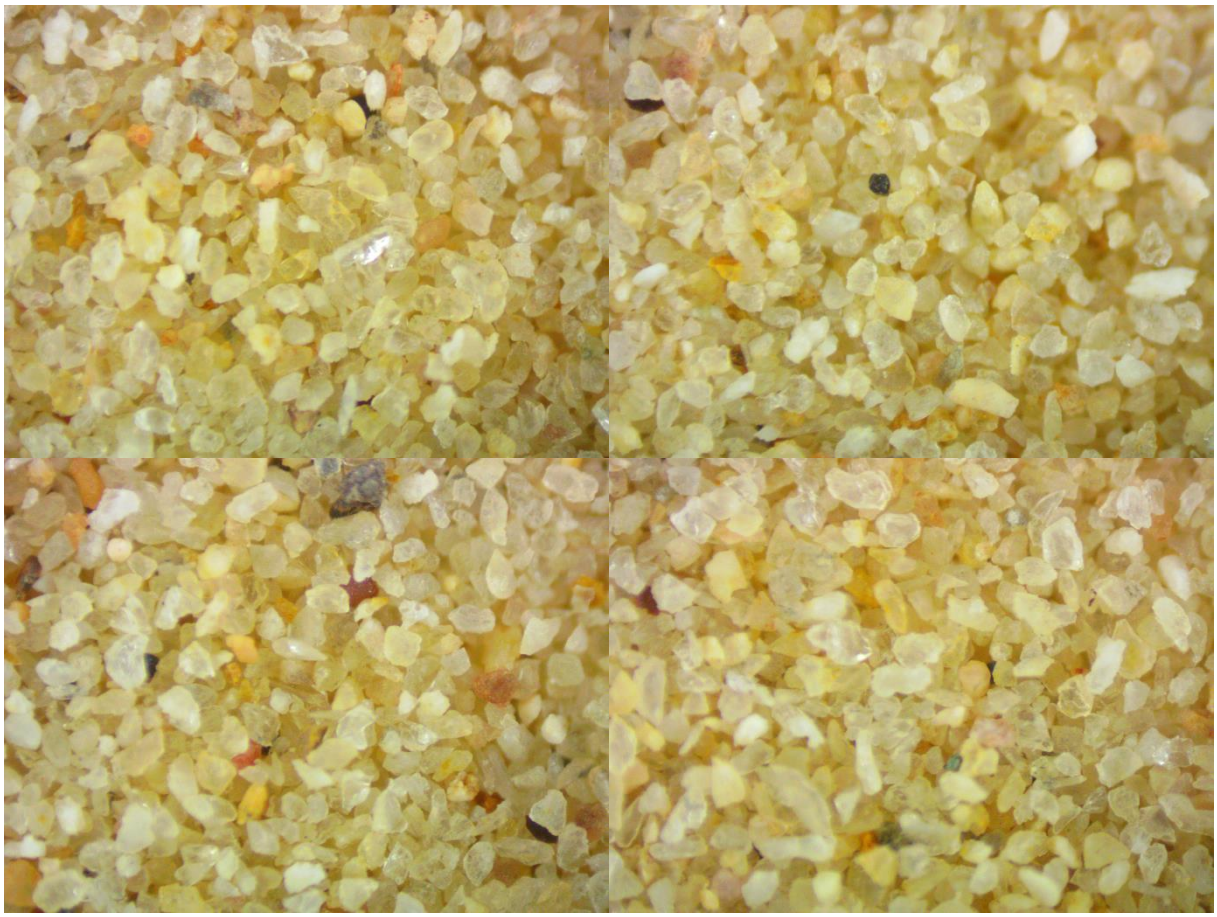


100 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

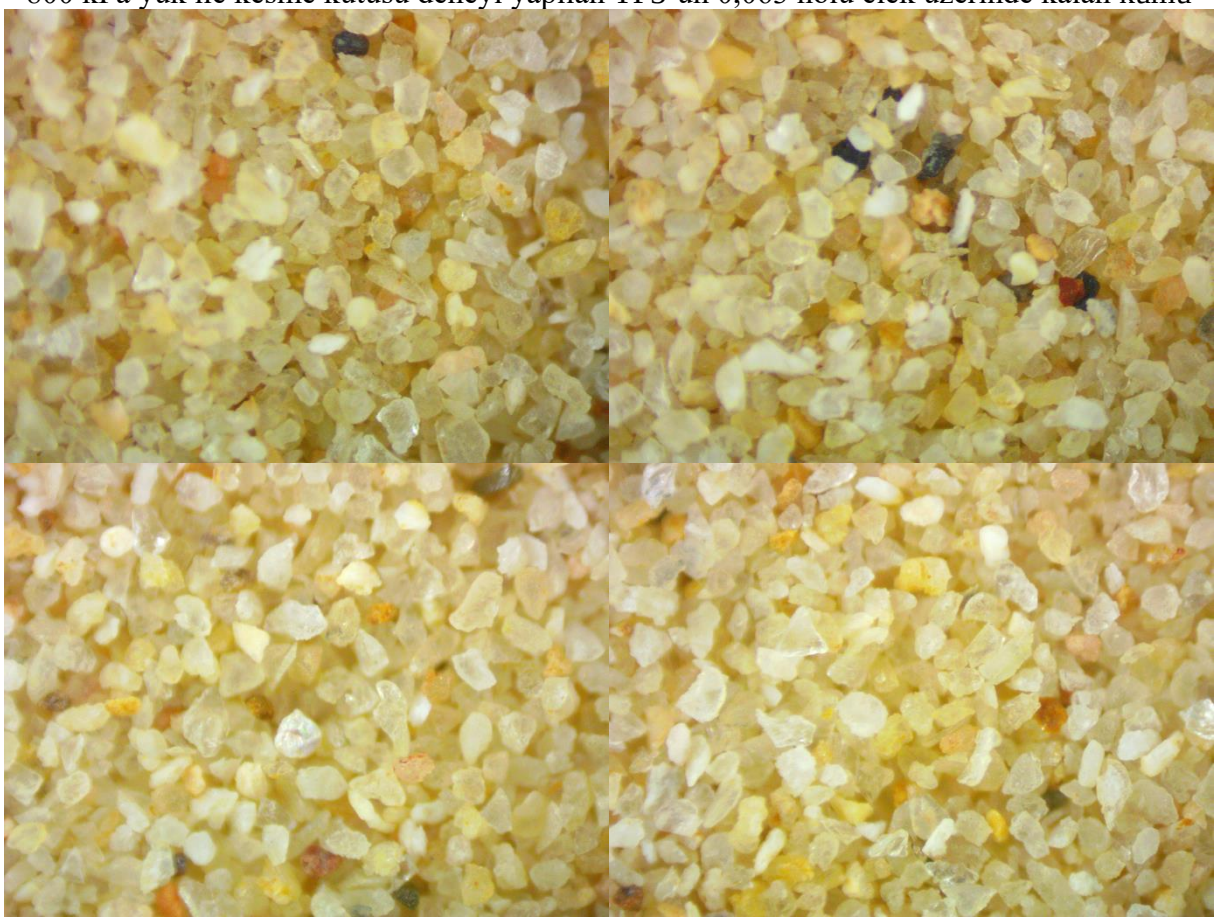


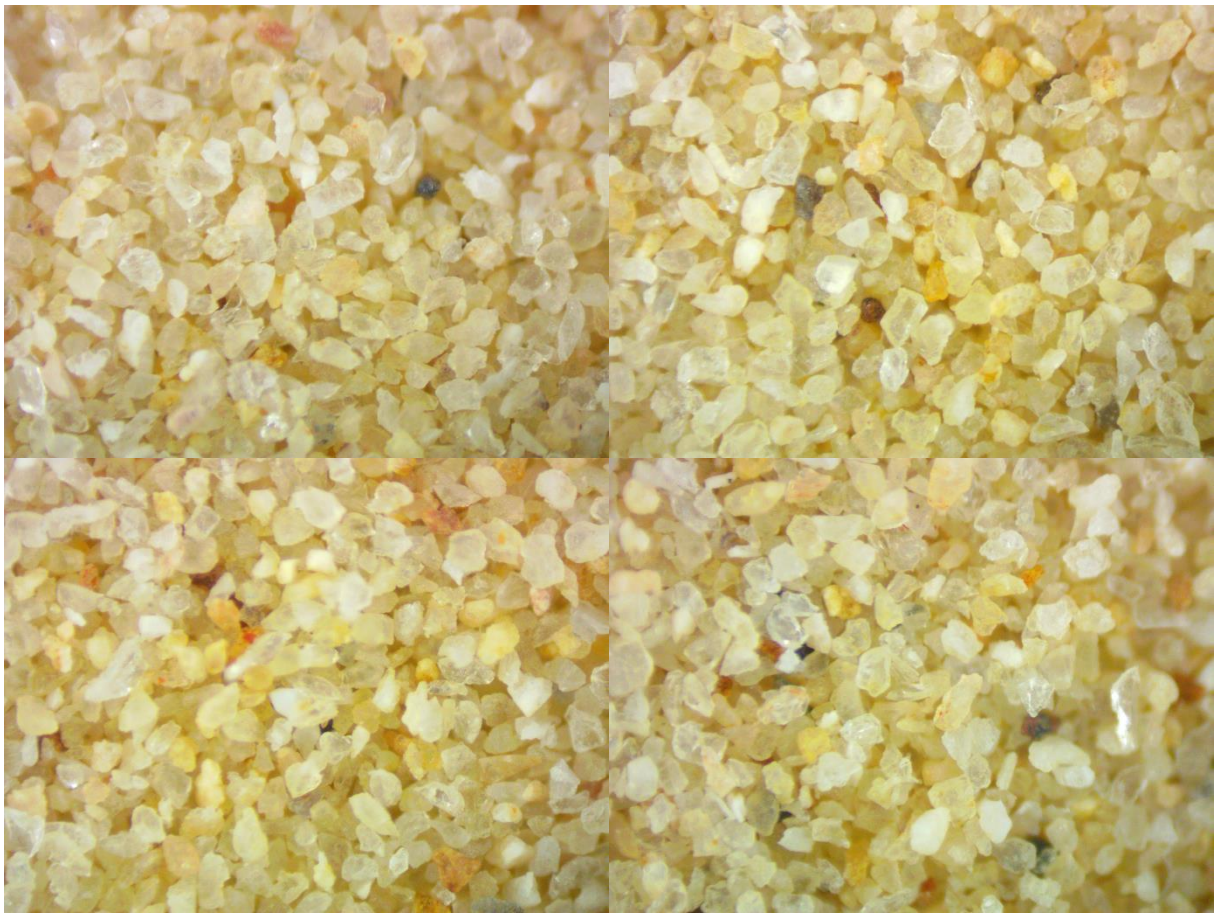


700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

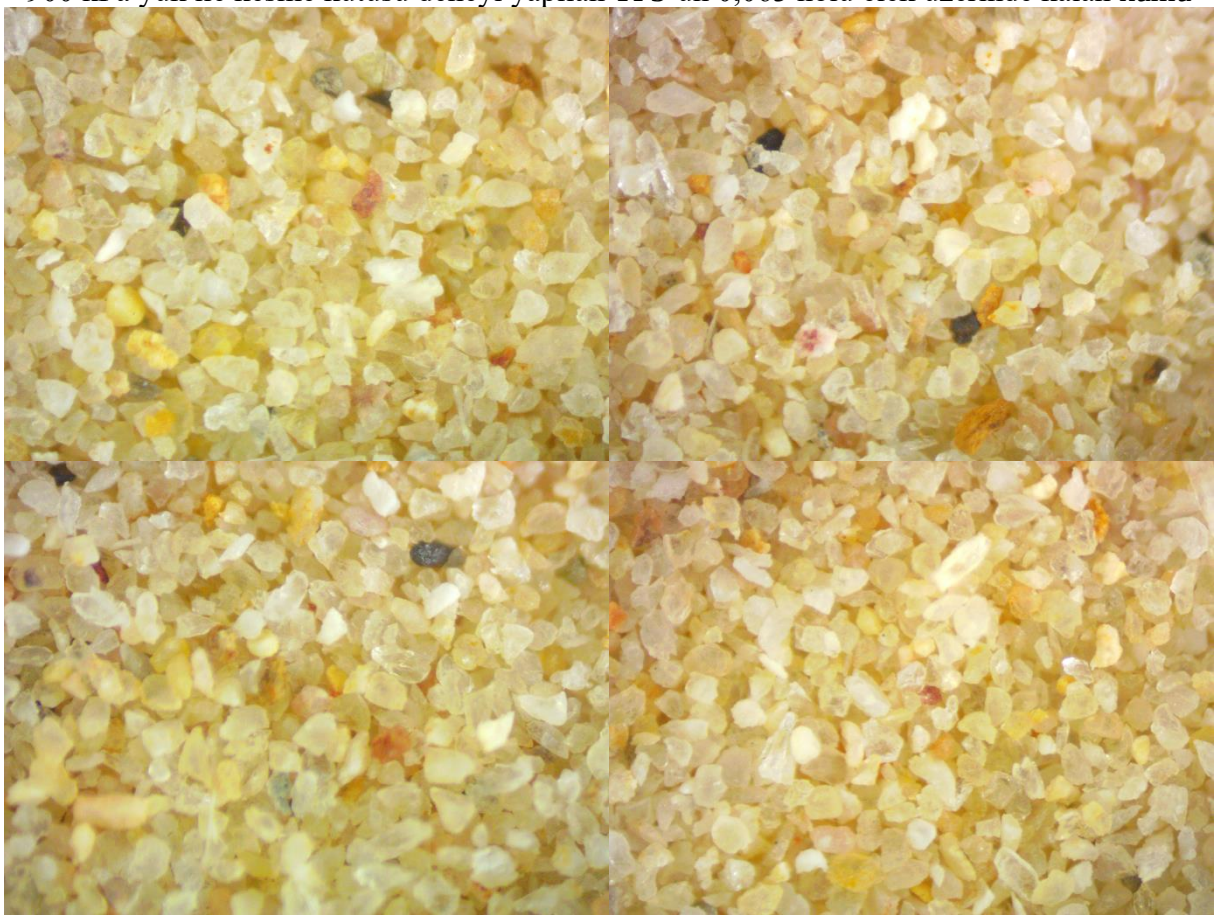


800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

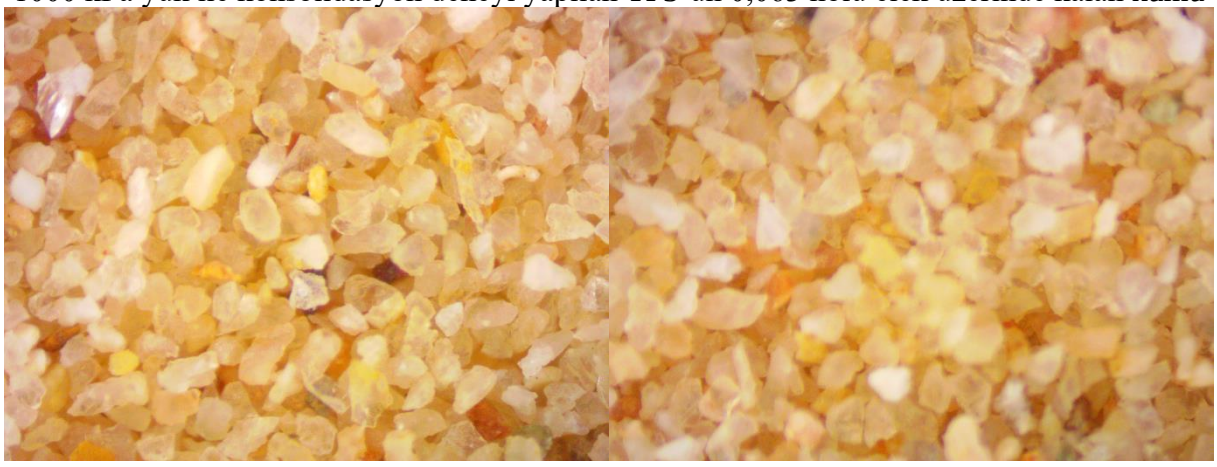




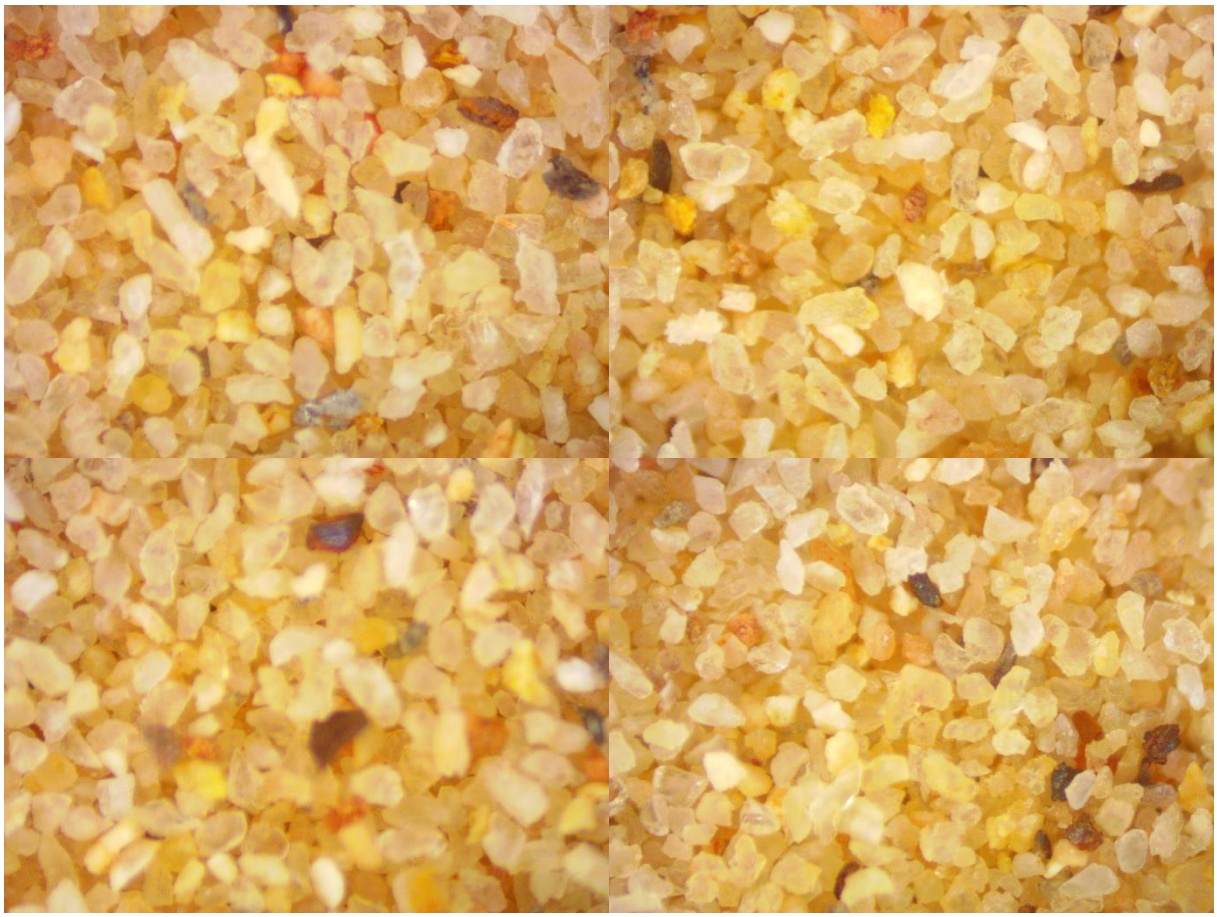
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3’ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



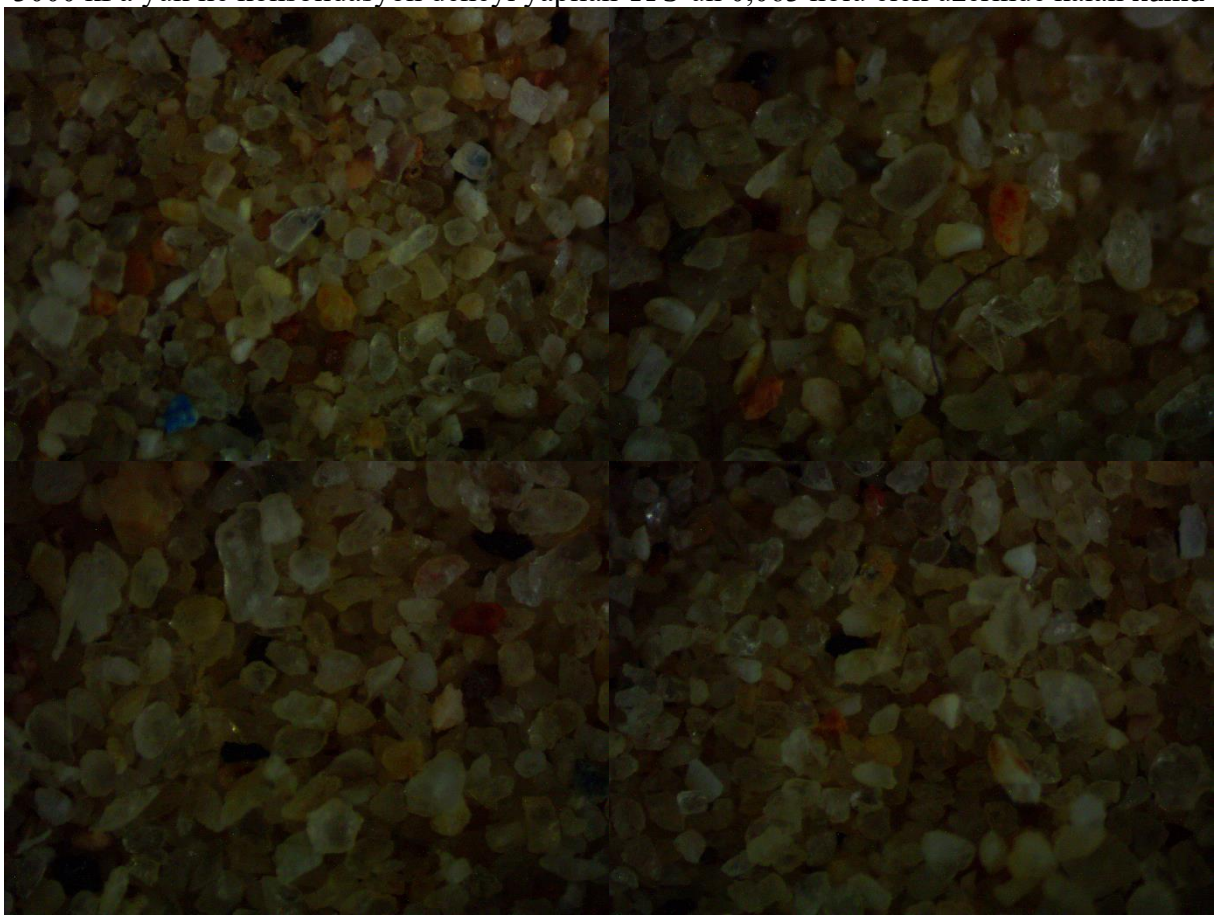
1000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

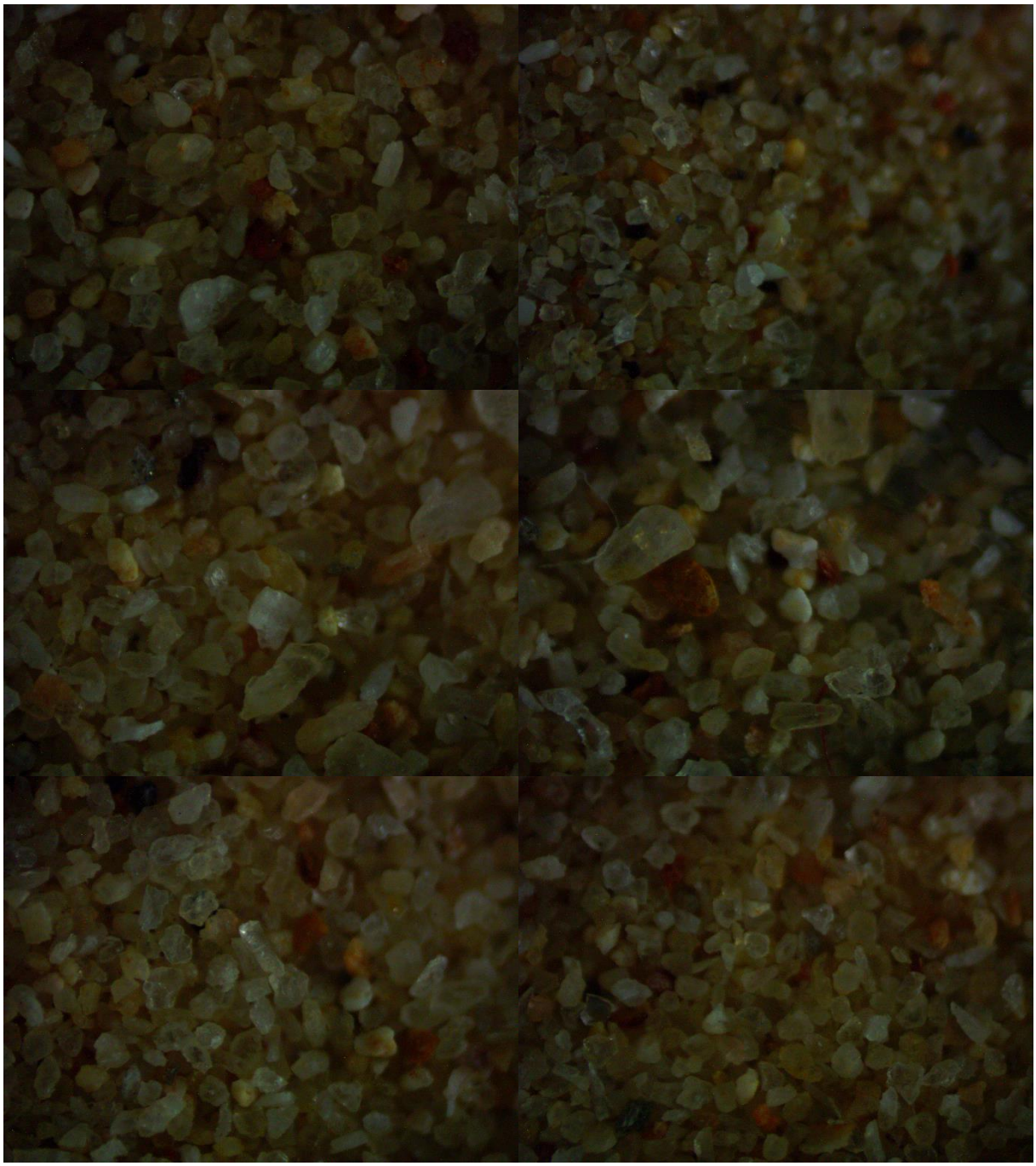


2000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

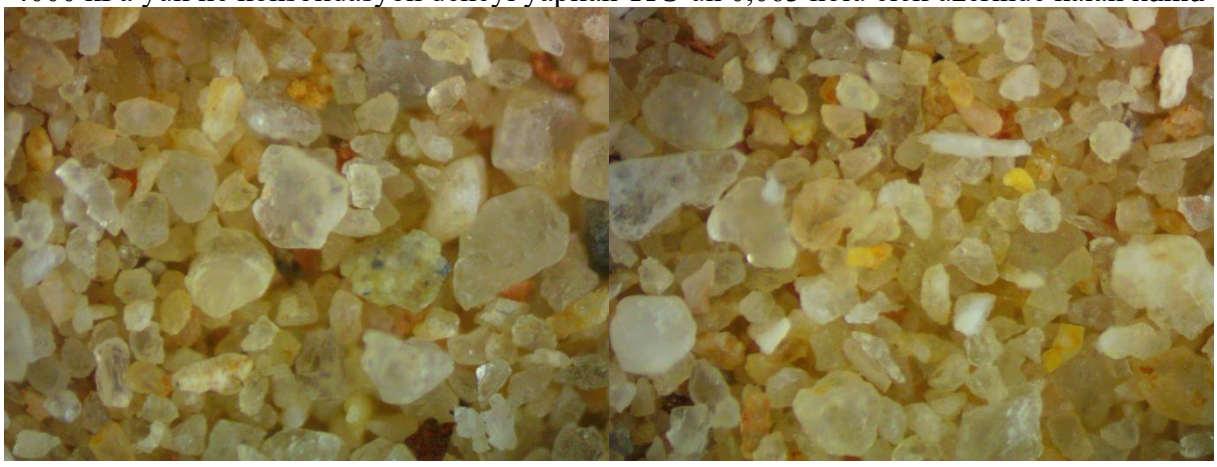


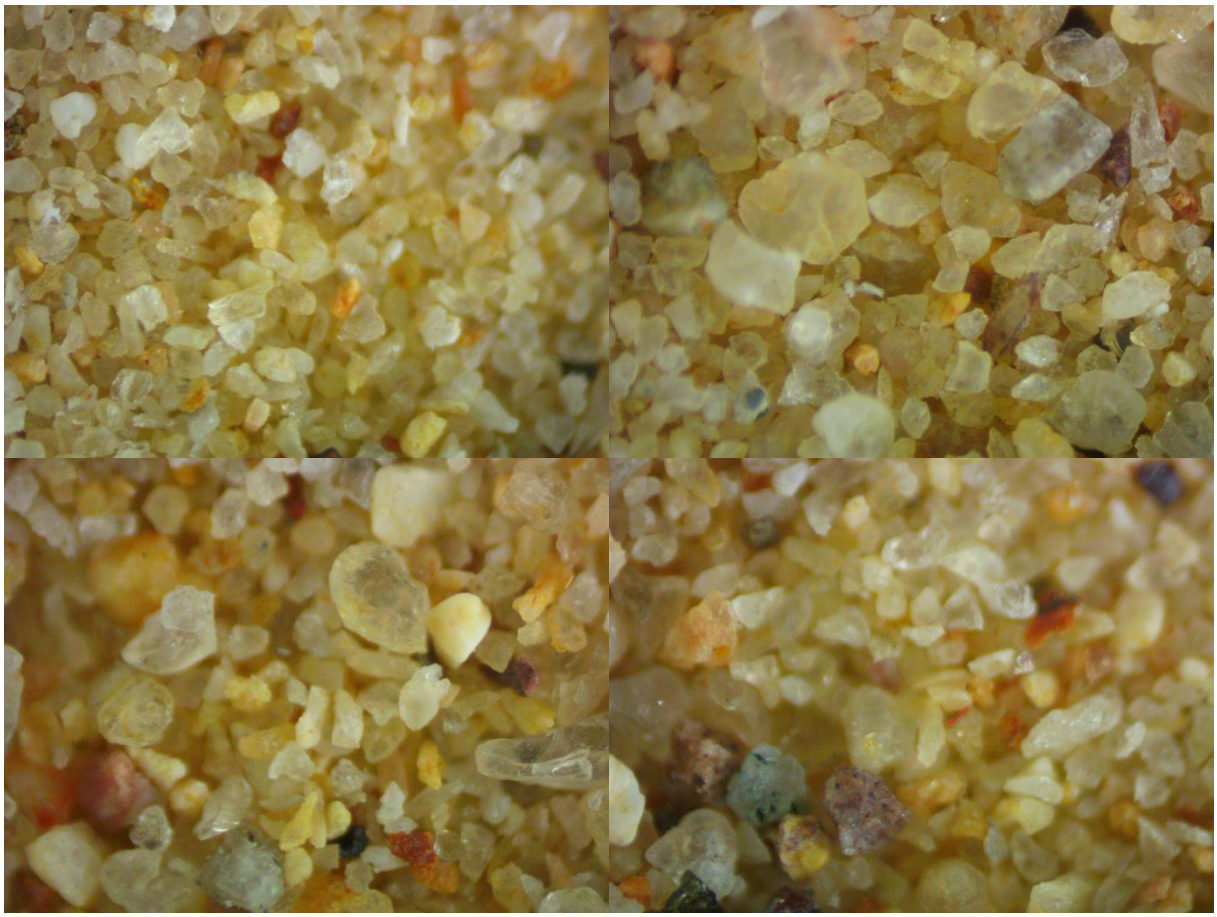
3000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



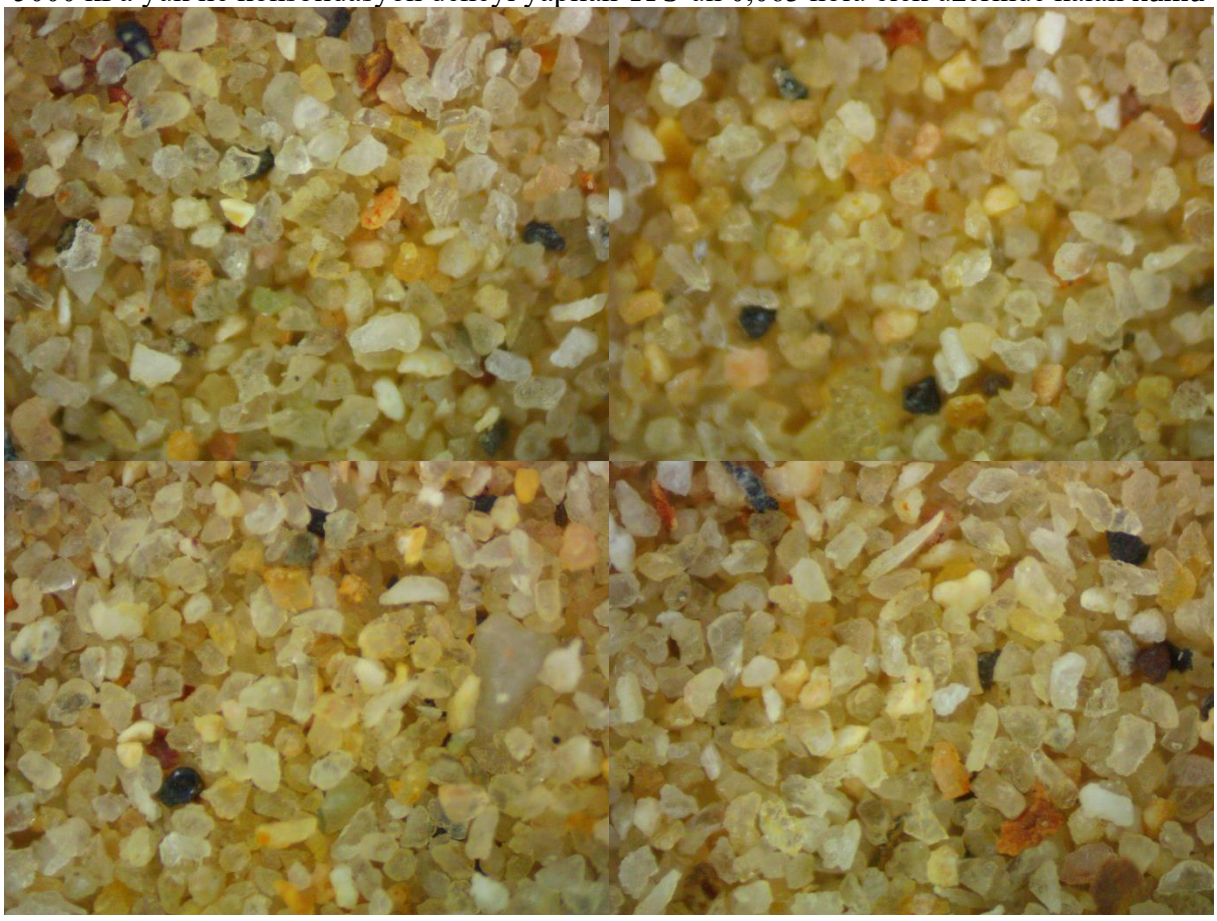


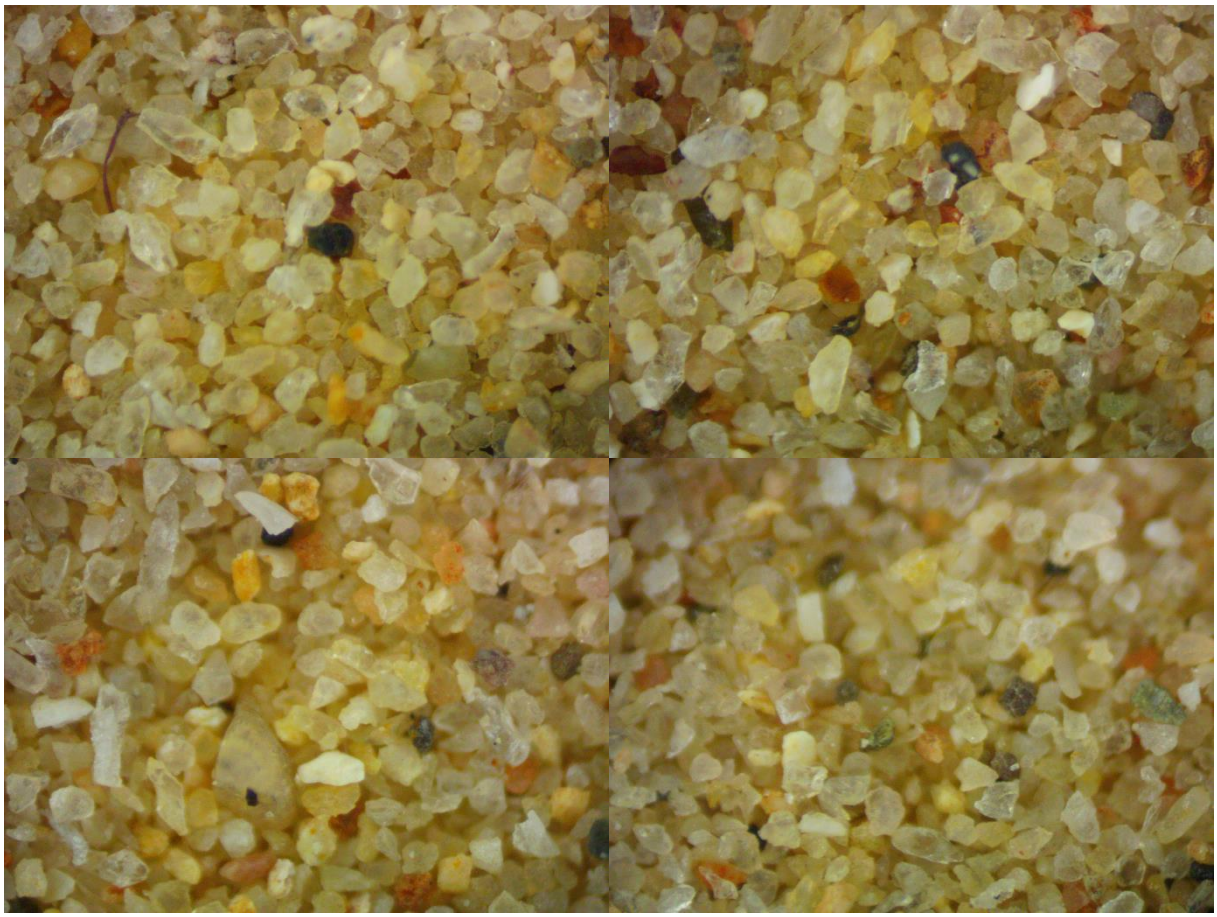
4000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3’ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu





5000 kPa yük ile konsolidasyon deneyi yapılan TP3'ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

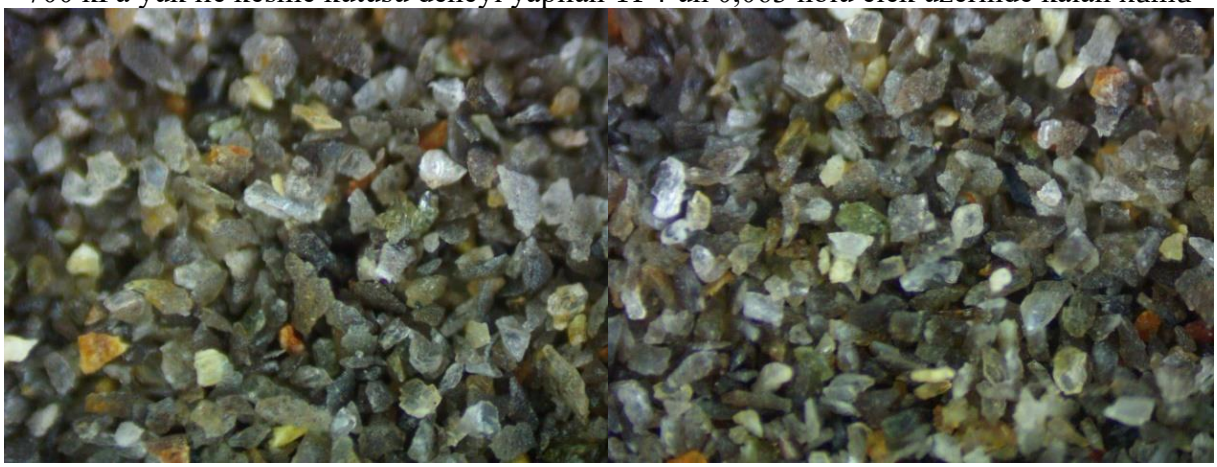




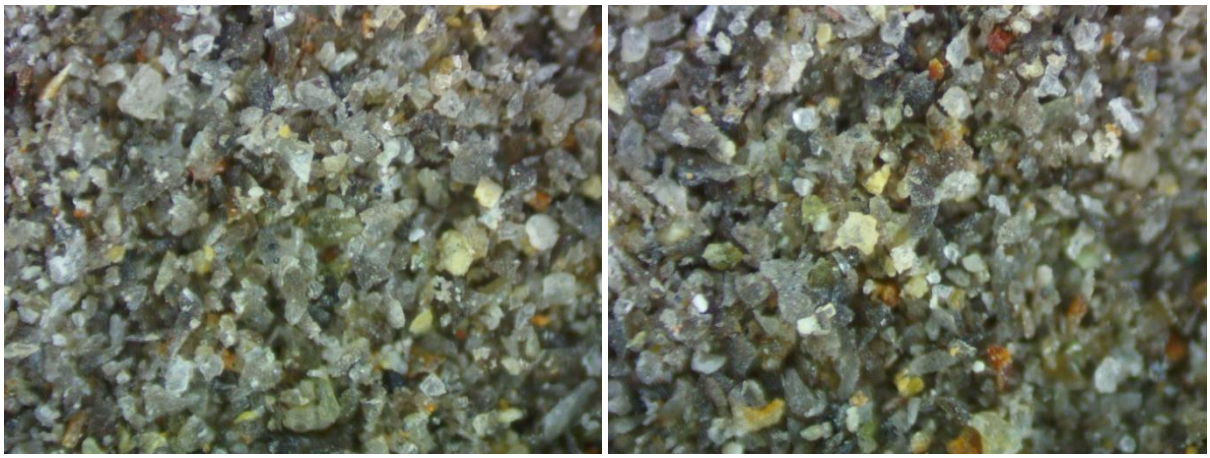
Şekil 76. TP3 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

TP4 kumunun 0,063 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 76).

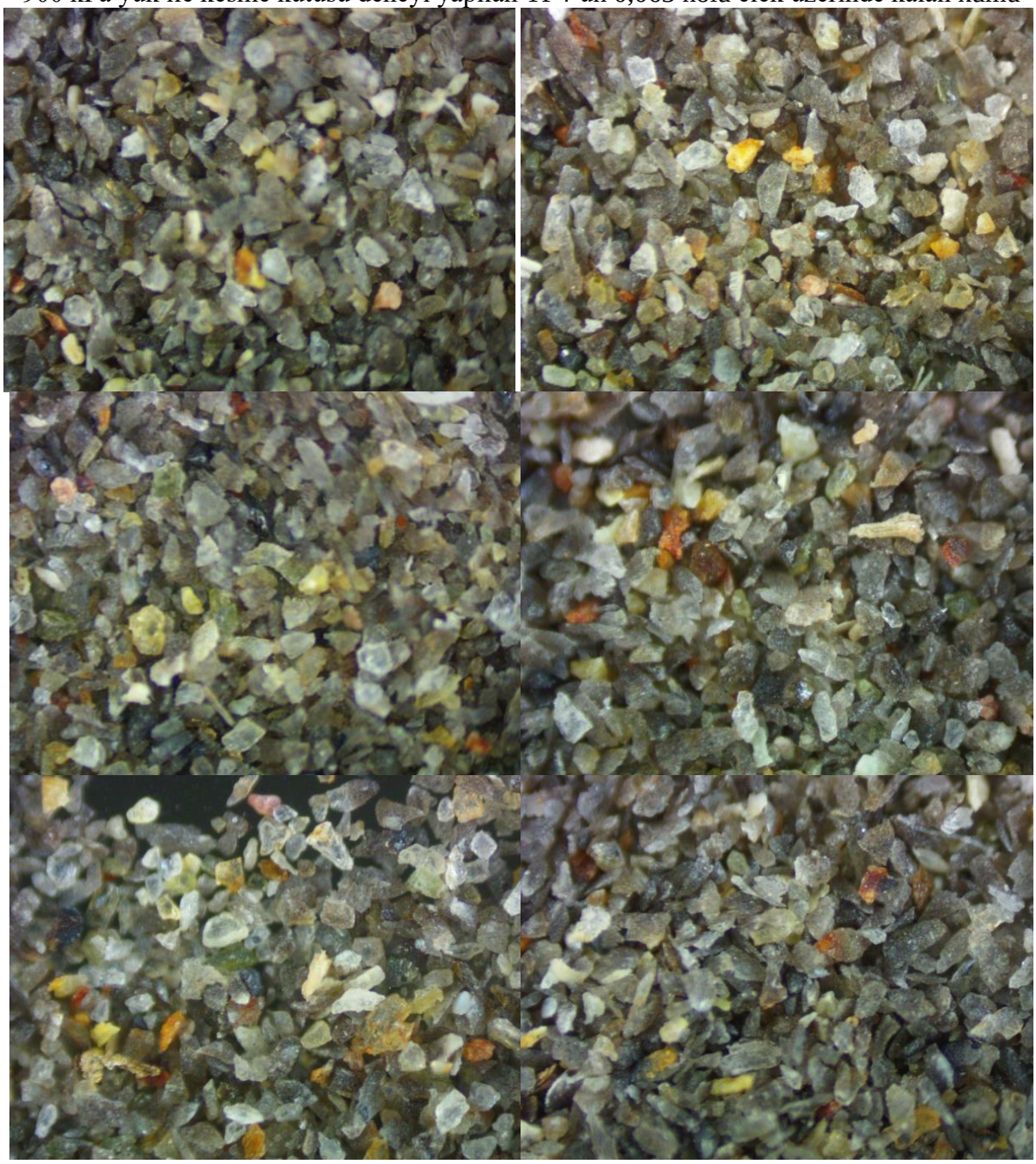
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4'ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4’ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



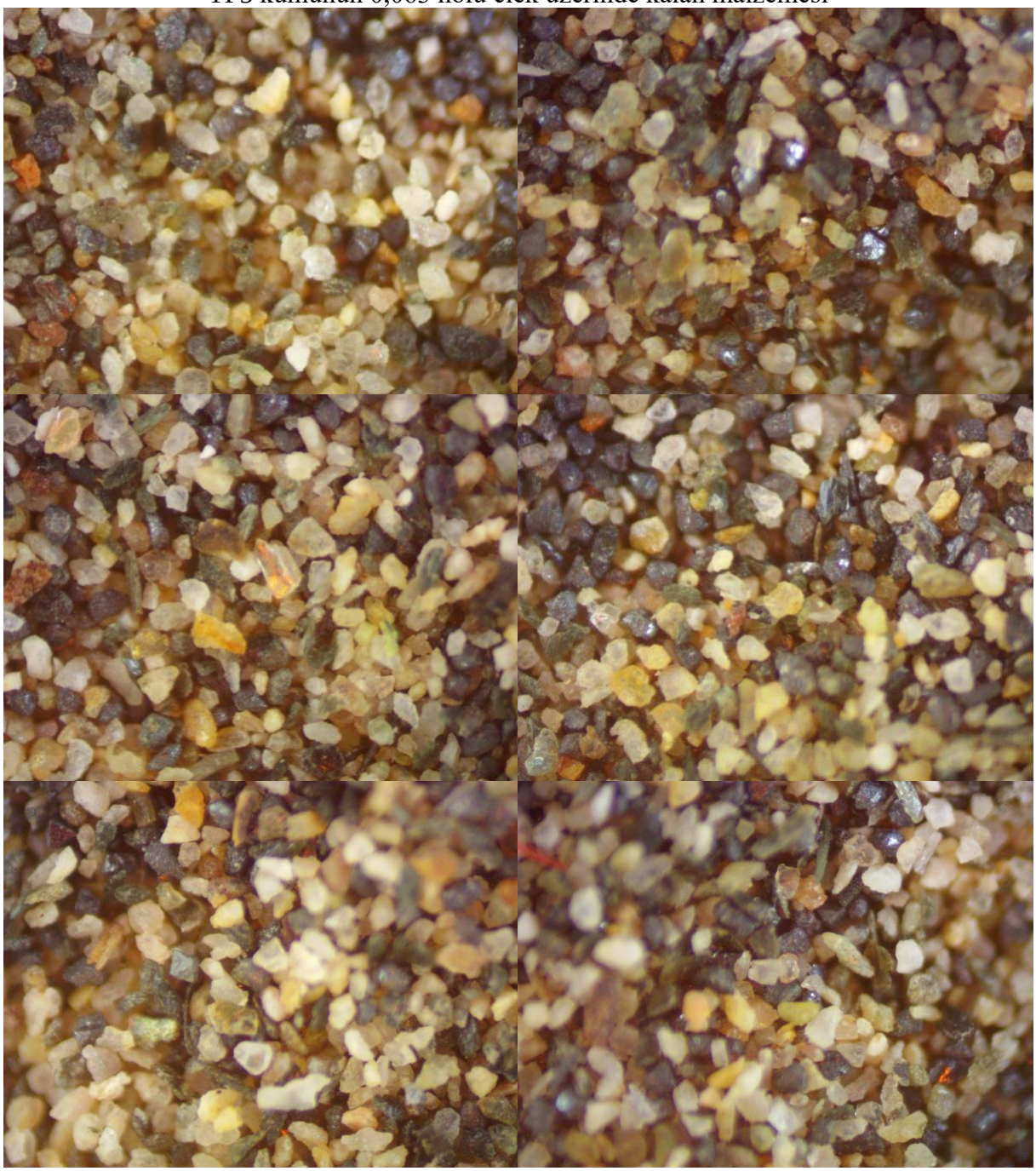
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4'ün 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



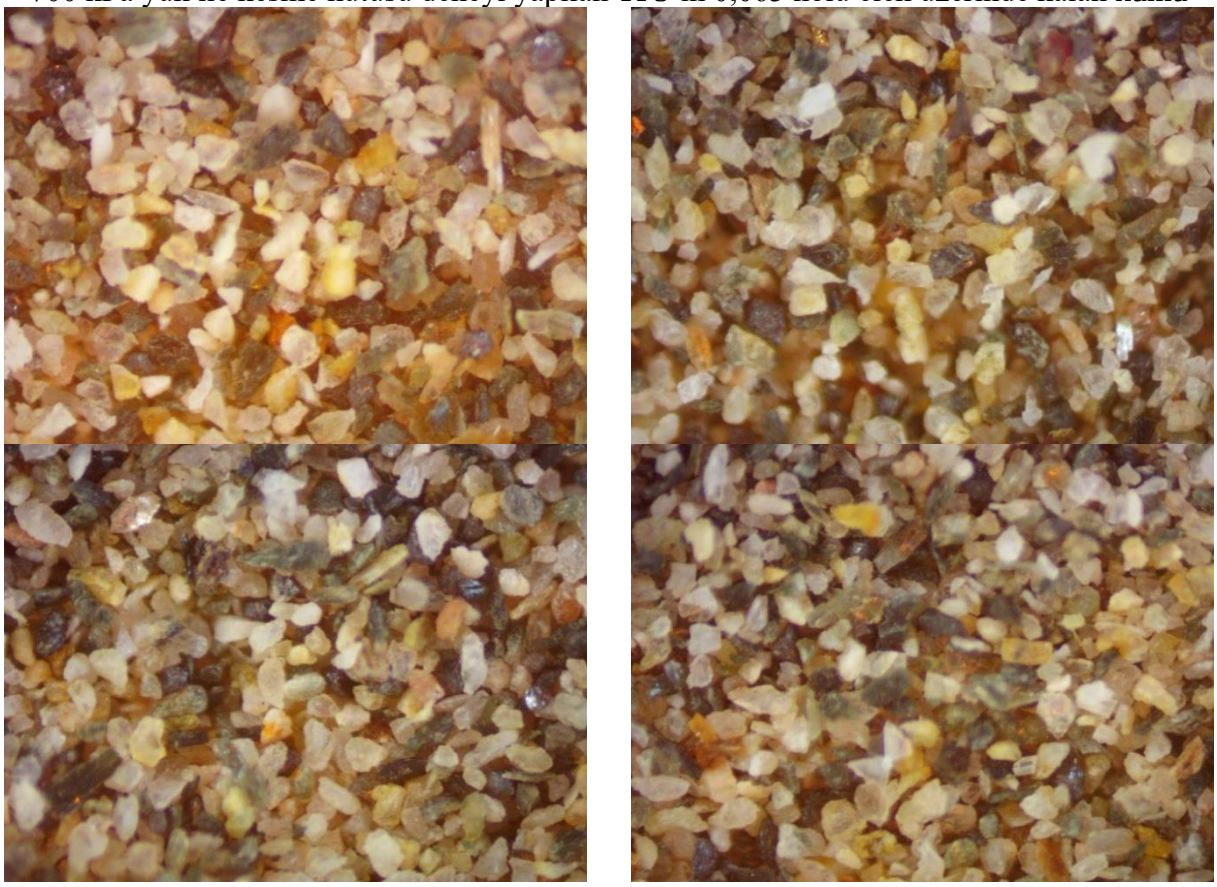
Şekil 77. TP4 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

TP5 kumunun 0,063 nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 78).

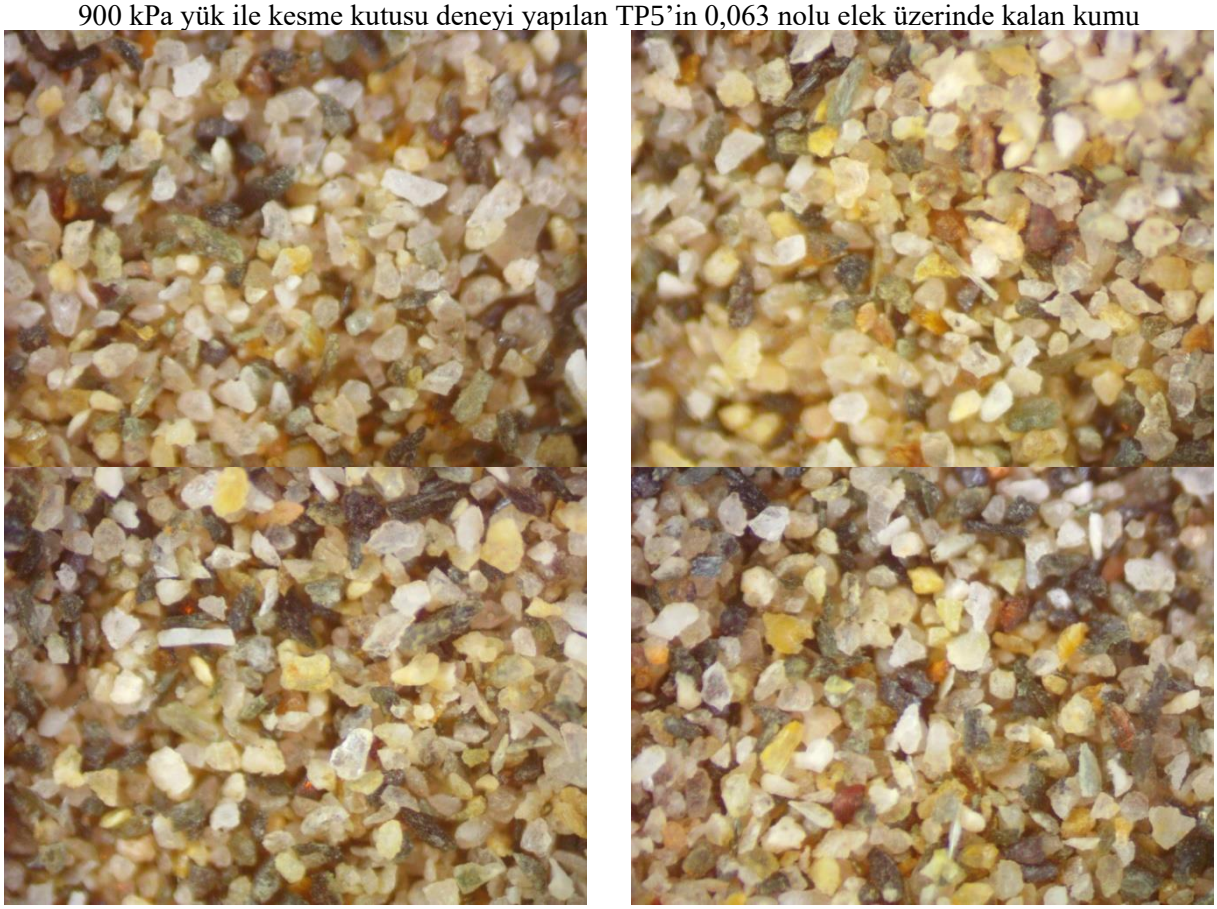
TP5 kumunun 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu



900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5’in 0,063 nolu elek üzerinde kalan kumu

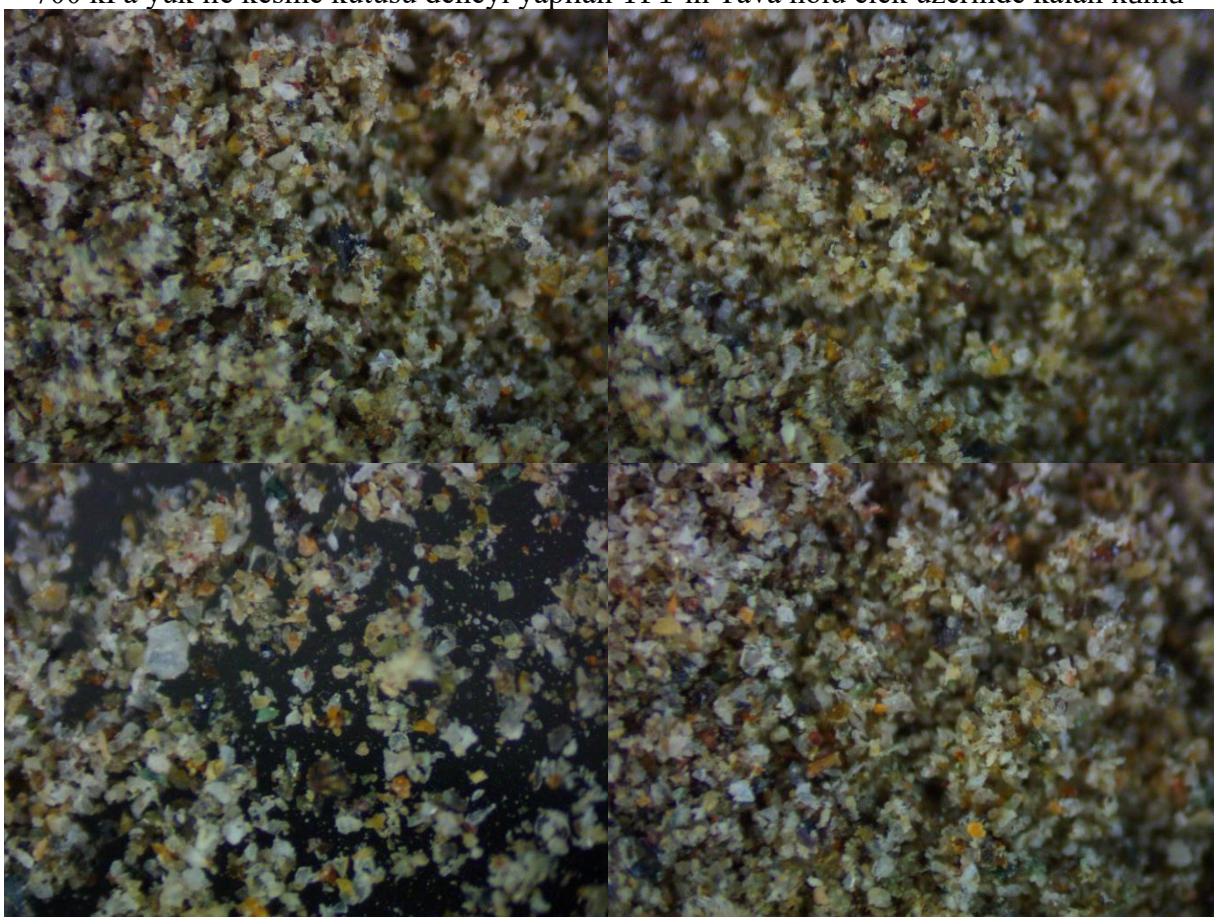


Şekil 78. TP5 kumunun farklı yükler altında 0,063 nolu elek üzerinde kalan malzemeleri

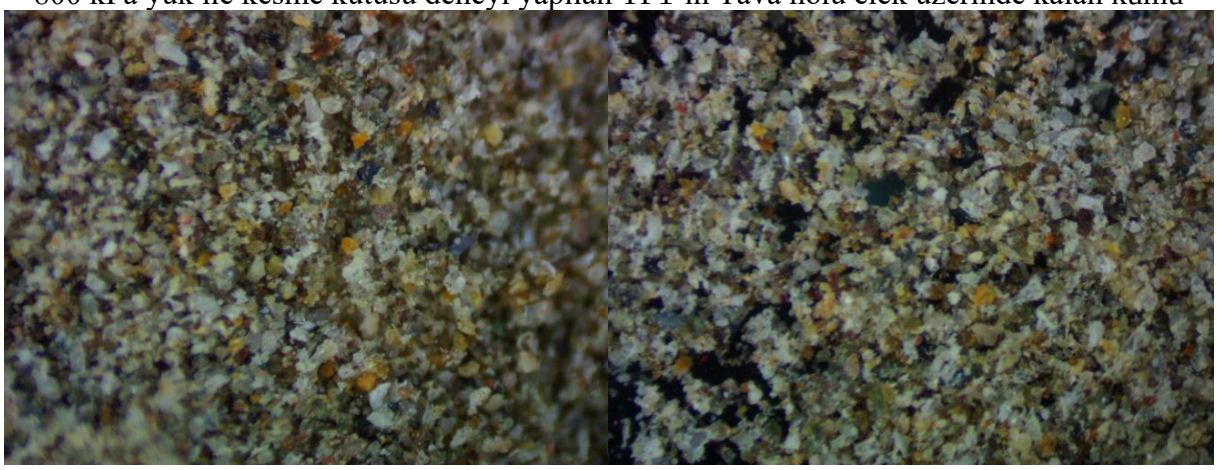
Tava Üzerinde Kalan Taneler

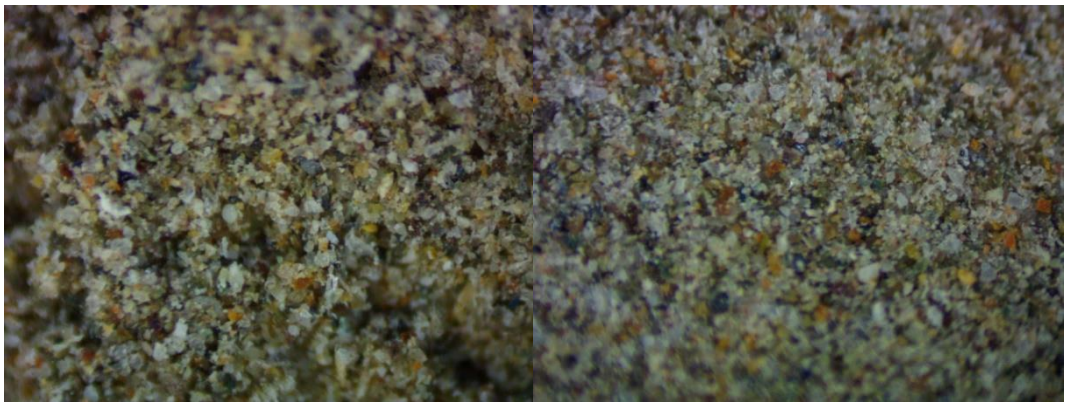
TP1 kumunun Tava nolu elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, 100, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ve 6000 kPa yük uygulanarak yapılan konsolidasyon sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 79).

700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1'in Tava nolu elek üzerinde kalan kumu

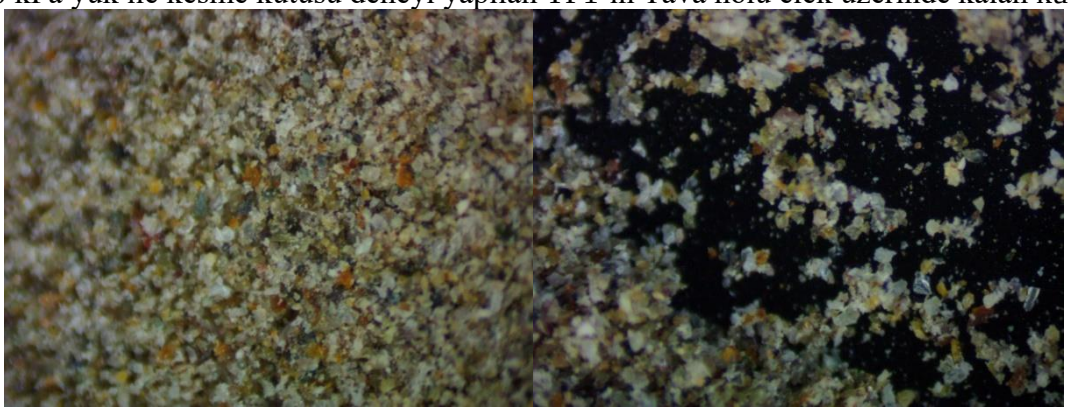


800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1'in Tava nolu elek üzerinde kalan kumu





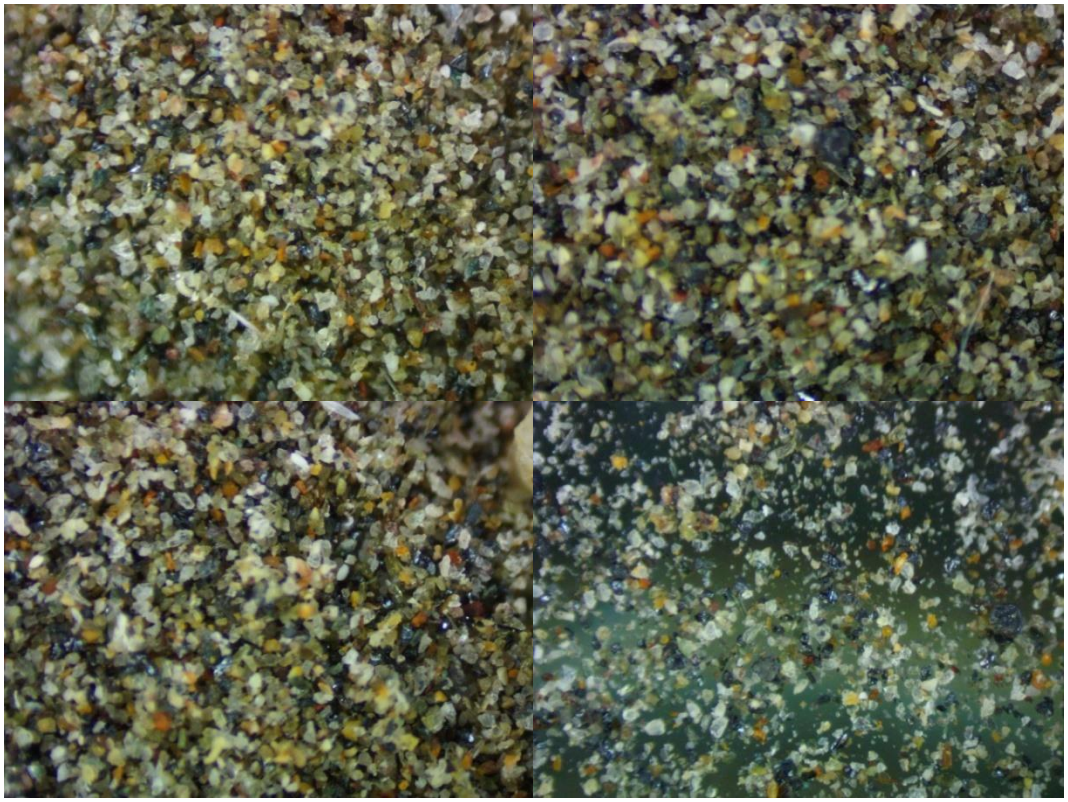
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP1'in Tava nolu elek üzerinde kalan kumu

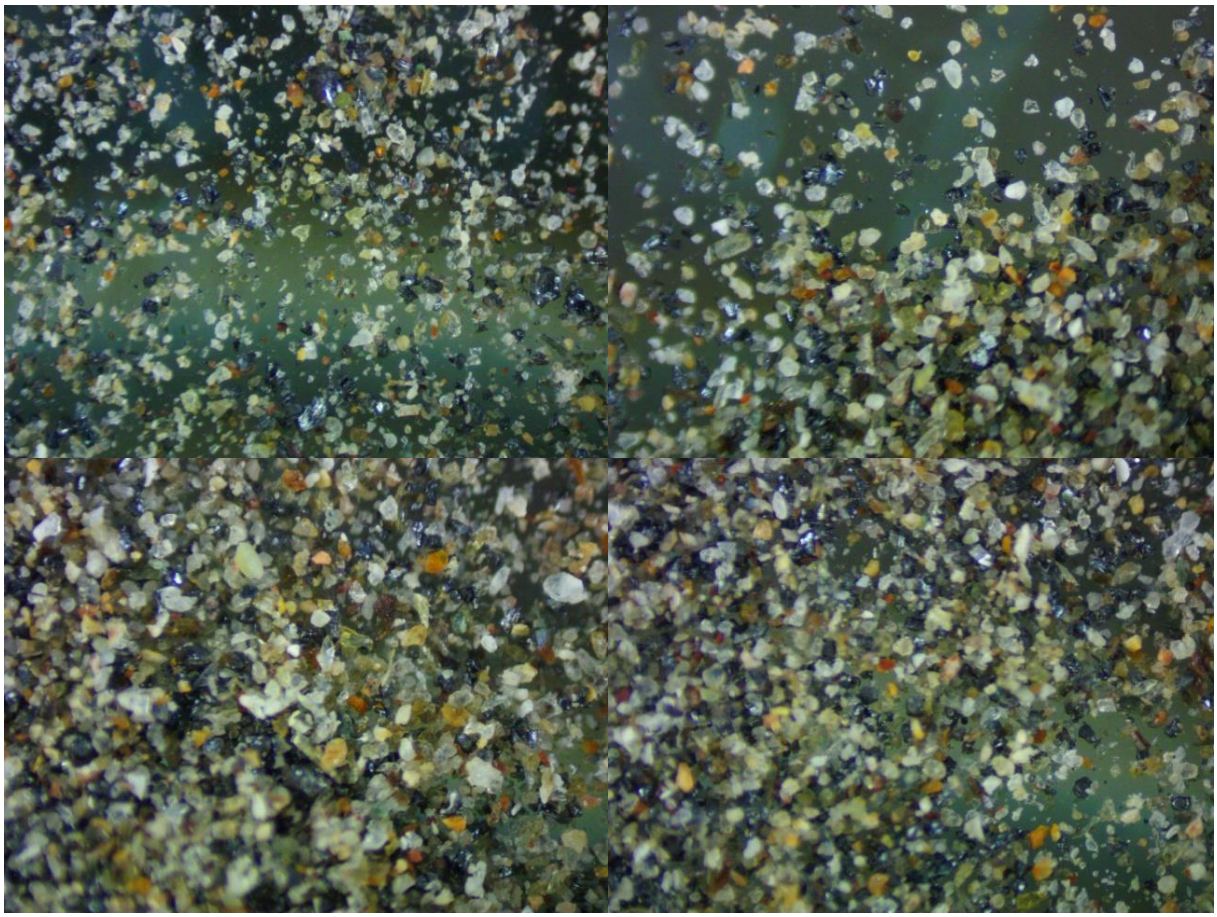


Şekil 79. TP1 kumunun farklı yükler altında Tava üzerinde kalan malzemeleri

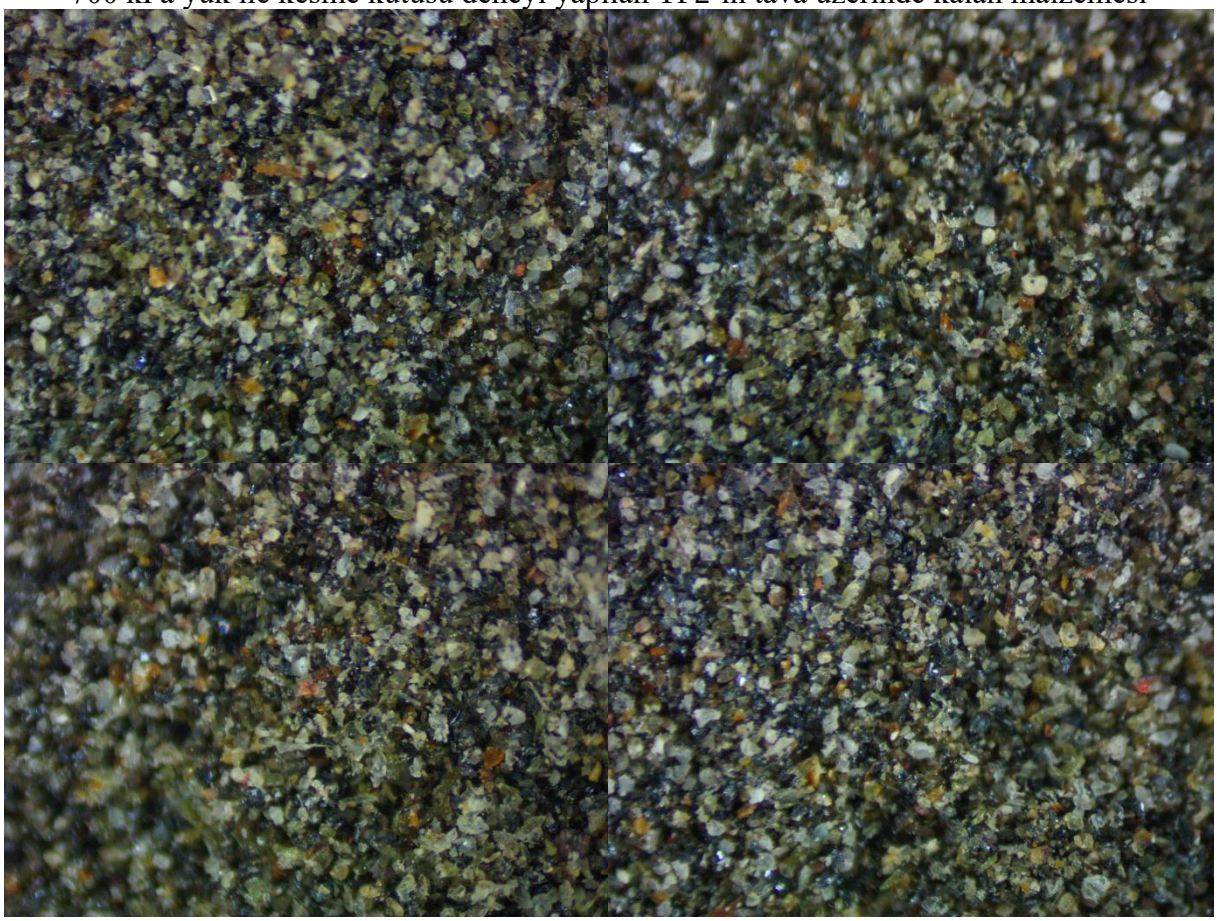
TP2 kumunun elek sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak deney sonrası, çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 80).

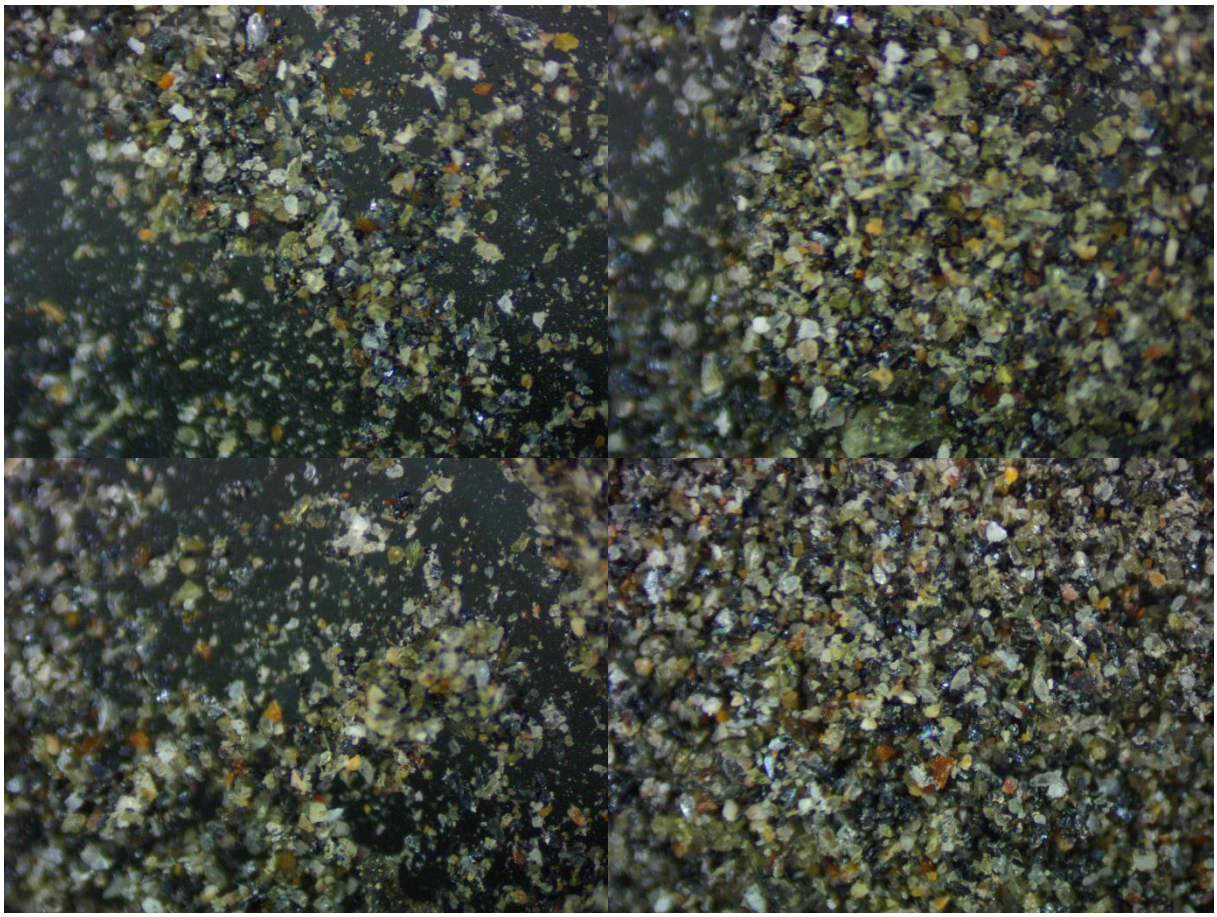
TP2 kumunun tava üzerinde kalan malzemesi



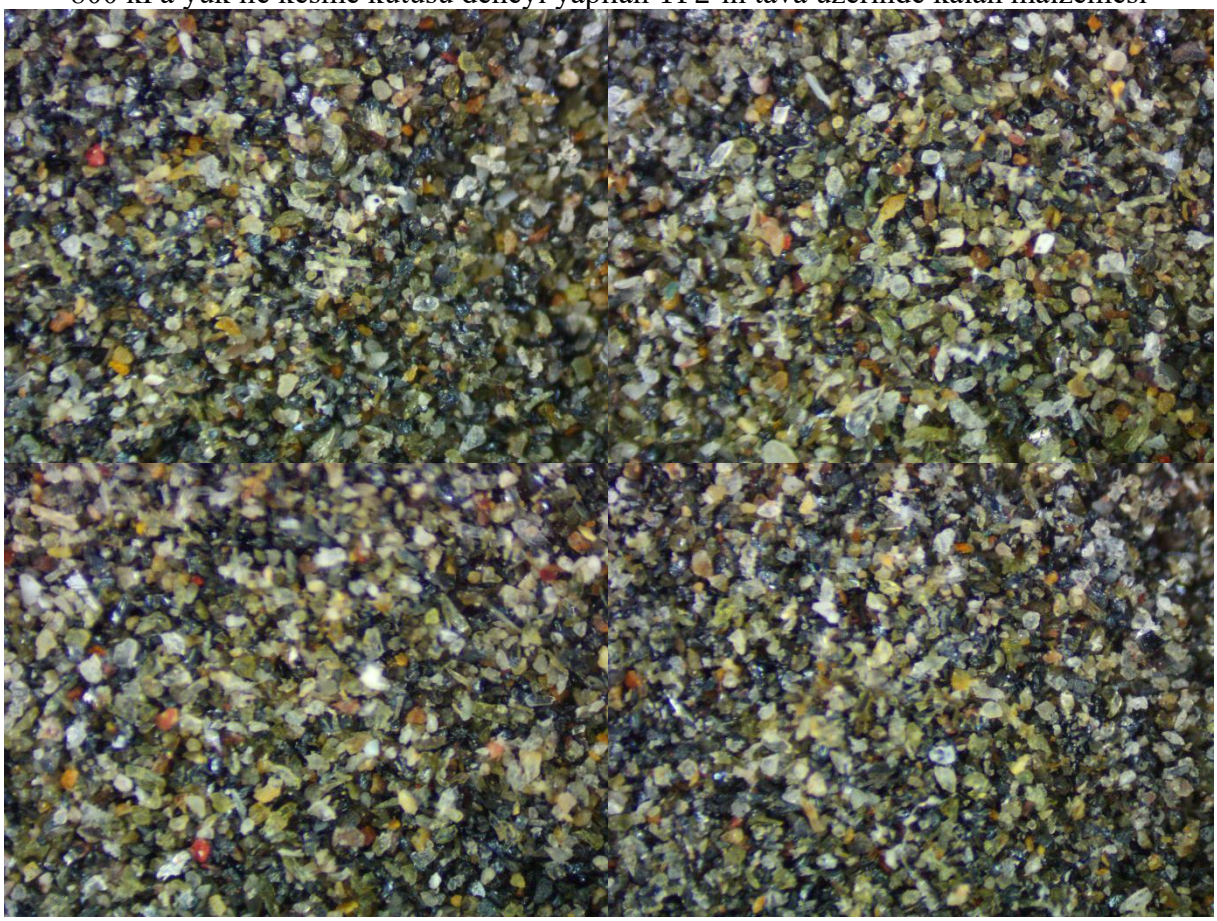


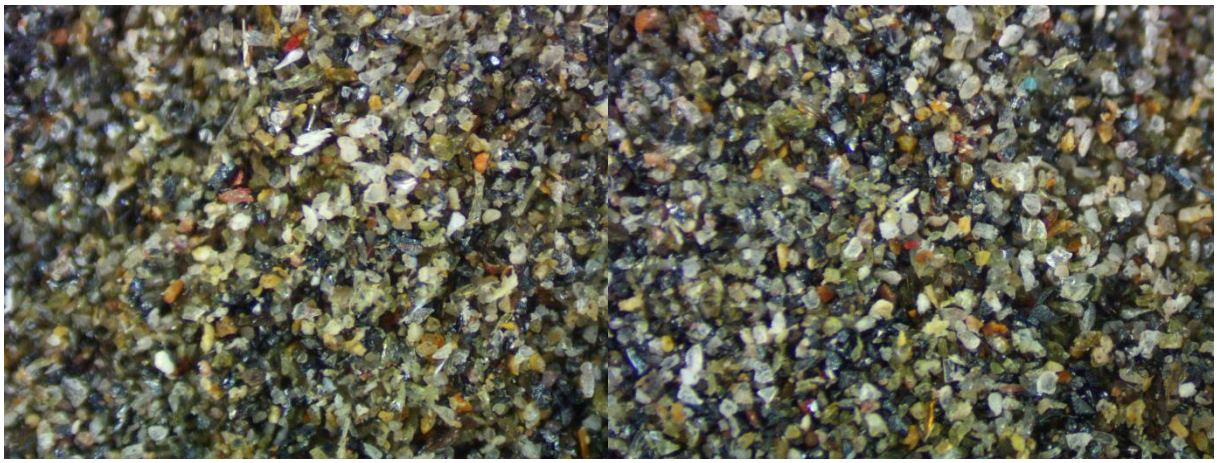
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in tava üzerinde kalan malzemesi



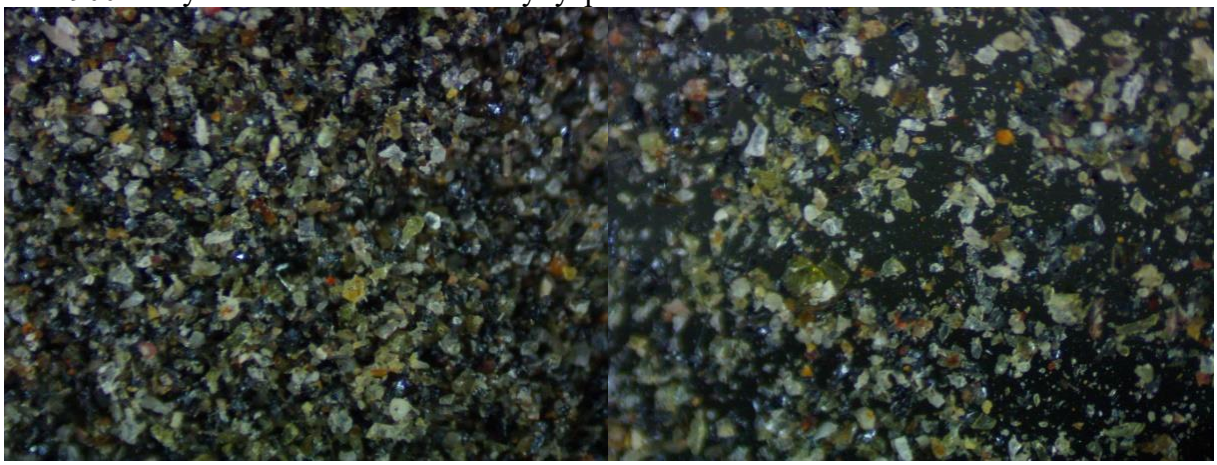


800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2’in tava üzerinde kalan malzemesi





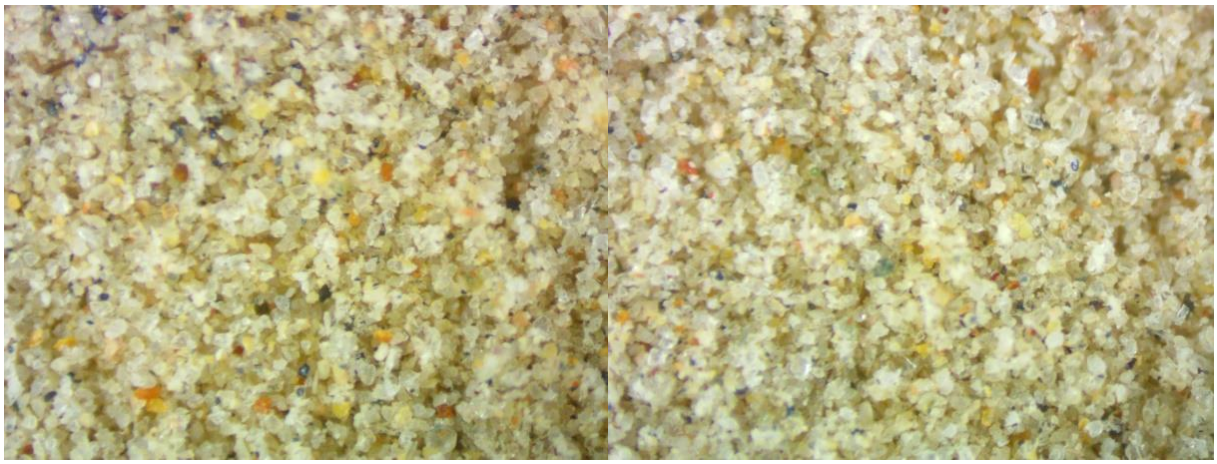
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP2'in tava üzerinde kalan malzemesi



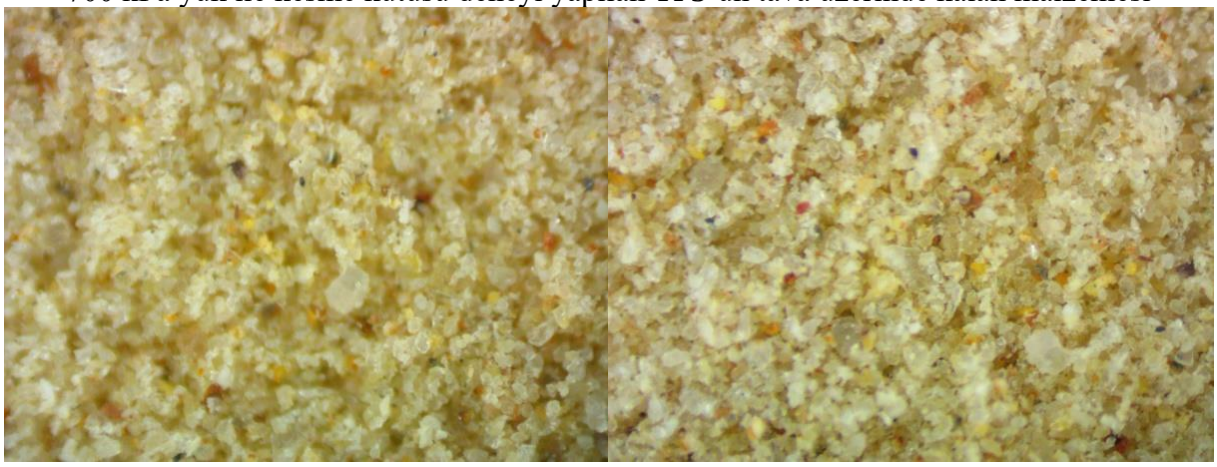
Şekil 80. TP2 kumunun farklı yükler altında tava üzerinde kalan malzemeleri

TP3 kumunun tava sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrası, çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 81).

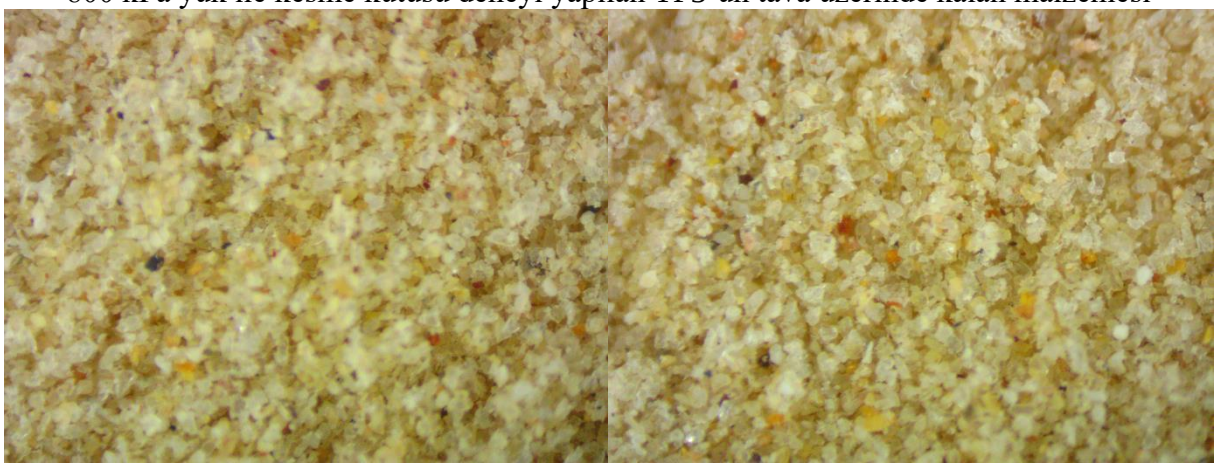
TP3 kumunun tava üzerinde kalan malzemesi



700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3'ün tava üzerinde kalan malzemesi



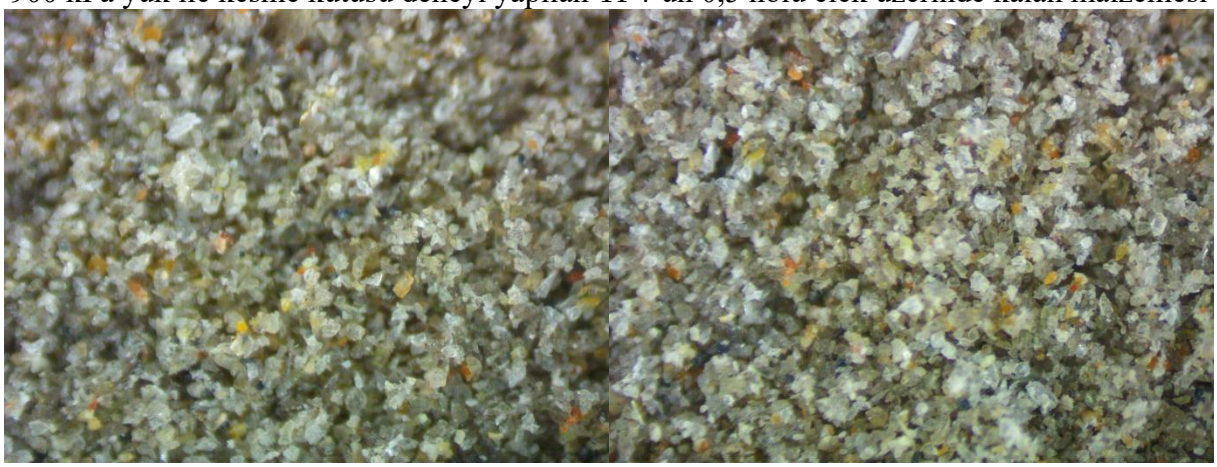
800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP3'ün tava üzerinde kalan malzemesi



Şekil 81. TP3 kumunun farklı yükler altında tava üzerinde kalan malzemeleri

TP4 kumunun tava sonuçları orijinal kumun kendisi, 900 kPa yük uygulanarak yapılan deney sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 82).

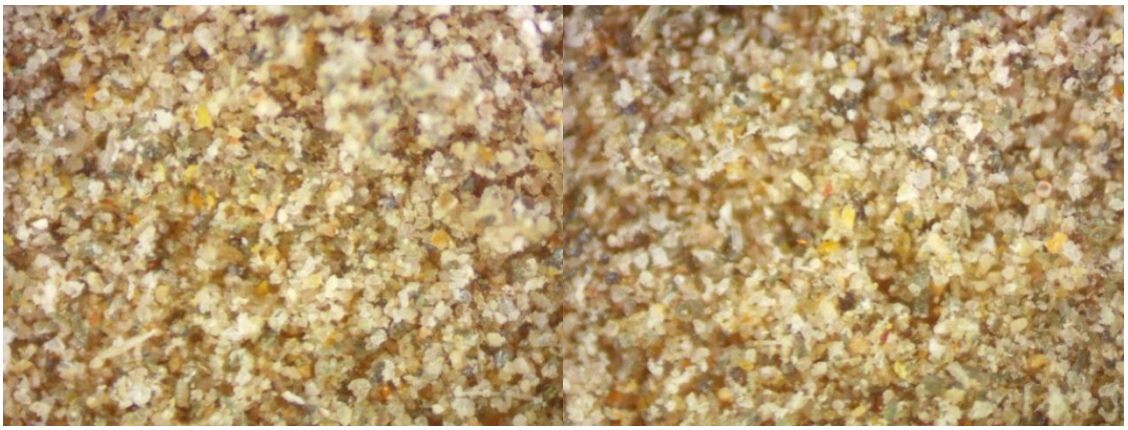
900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP4'ün 0,5 nolu elek üzerinde kalan malzemesi



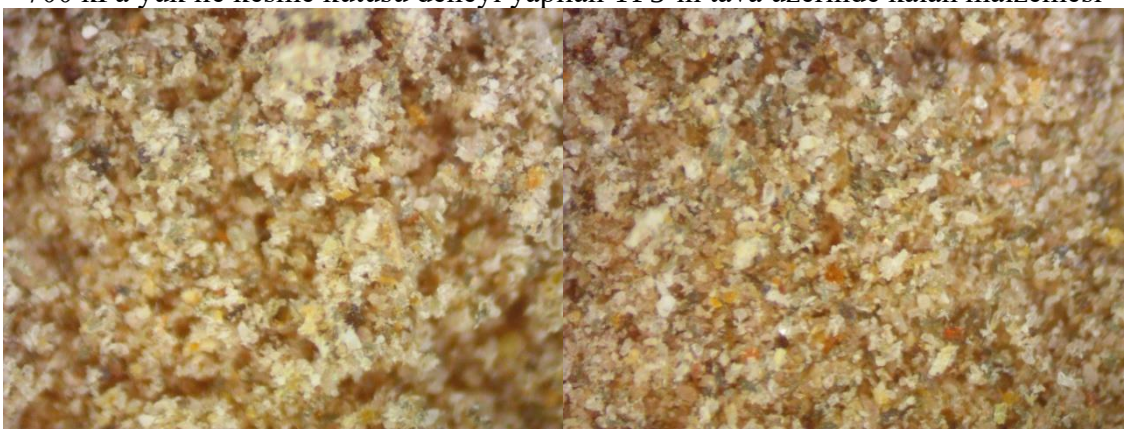
Şekil 82. TP4 kumunun farklı yükler altında tava üzerinde kalan malzemeleri

TP5 kumunun sonuçları orijinal kumun kendisi, 700, 800, 900 kPa yük uygulanarak yapılan kesme kutusu deneyi sonrasında çıkarılan numunelerin elenmesi sonrasında elde edilmiştir (Şekil 83).

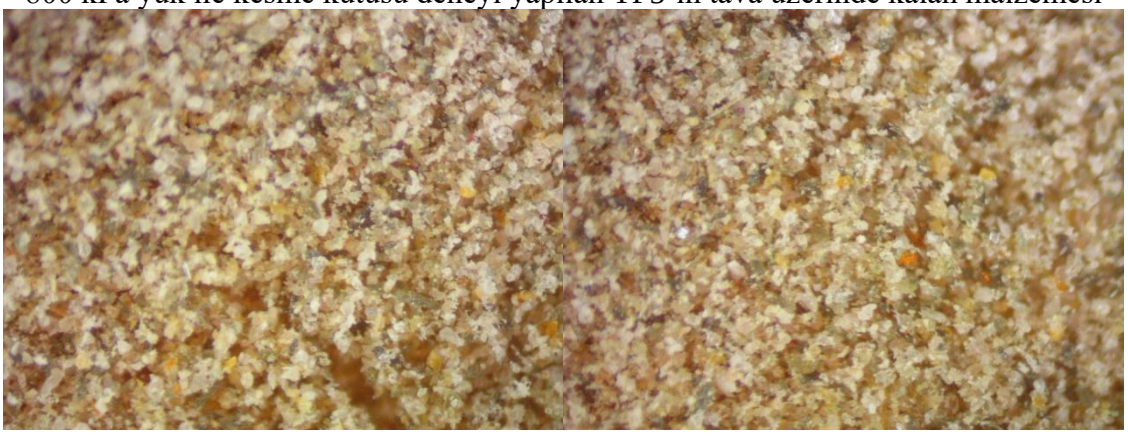
TP5 kumunun tava üzerinde kalan malzemesi



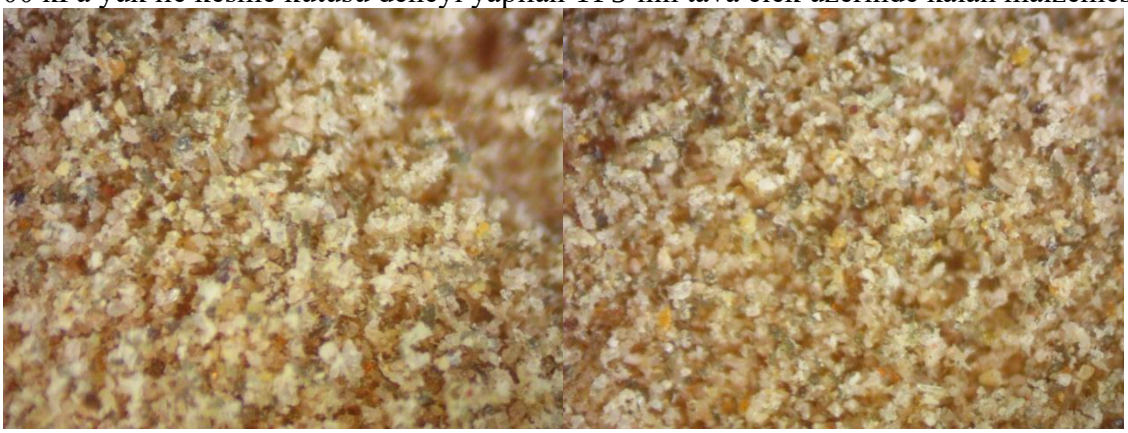
700 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5'in tava üzerinde kalan malzemesi



800 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5'in tava üzerinde kalan malzemesi



900 kPa yük ile kesme kutusu deneyi yapılan TP5'nin tava elek üzerinde kalan malzemesi



Şekil 83. TP5 kumunun farklı yükler altında tava üzerinde kalan malzemeleri

Kumların Mineralojileri

Kum, rengini kendisini oluşturan kaya parçası ve içeriğindeki maddelerden alır. Bu kum danelerinin oluşturmuş olduğu depolar ise kumullara karşılık gelir. Kumulların ayrışmasıyla daha ince malzemeler oluşur ki bunlar mil olarak ifade edilir. Yine kumdan daha küçük ebatta bulunan killer de mevcuttur. Kumulların oluştuğu sahalarda kumulu oluşturan danelerin özelliğini parçalanıp ayrışan ana kaya belirler (Çellek, 2017). Kumların tane şekilleri, çok köşeli, köşeli, yarı köşeli, yarı yuvarlak, yuvarlak ve çok yuvarlak olarak 6 grupta sınıflandırılır.

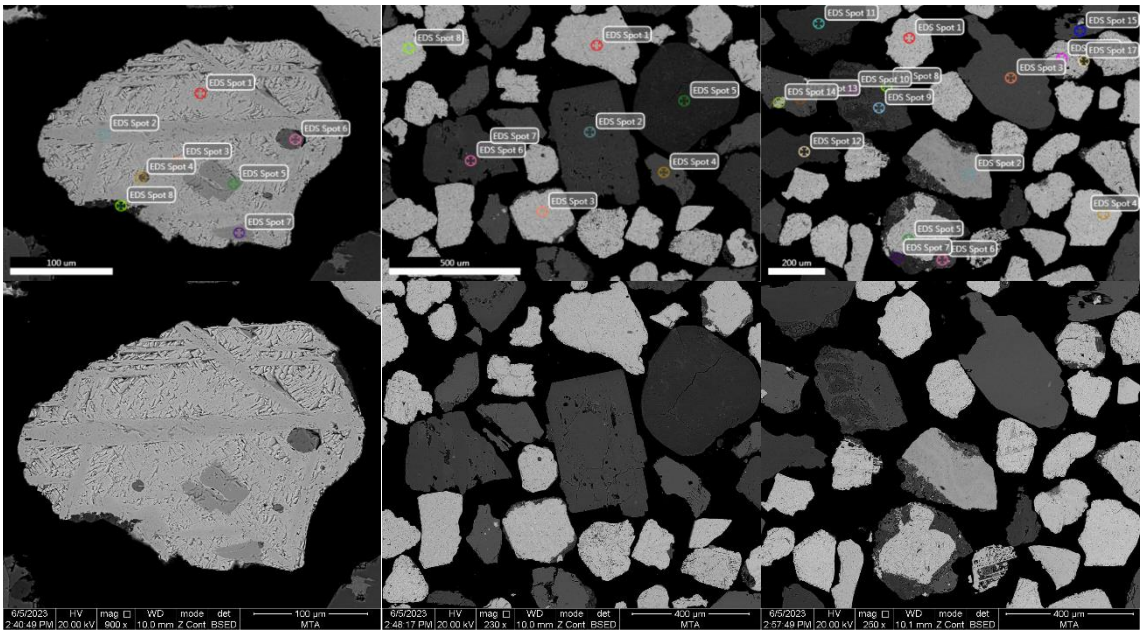
Çalışmada, grupların mineralojik özelliklerini belirlemek amacıyla numunelere XRD analizleri yapılmıştır. TP4 bazalt olduğu ve içeriğinin genel olarak mineral yapısı bilindiği için analize yollanmamıştır. TP6 kumu ise daha önce analiz edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Kum gruplarının mineralojik içerikleri

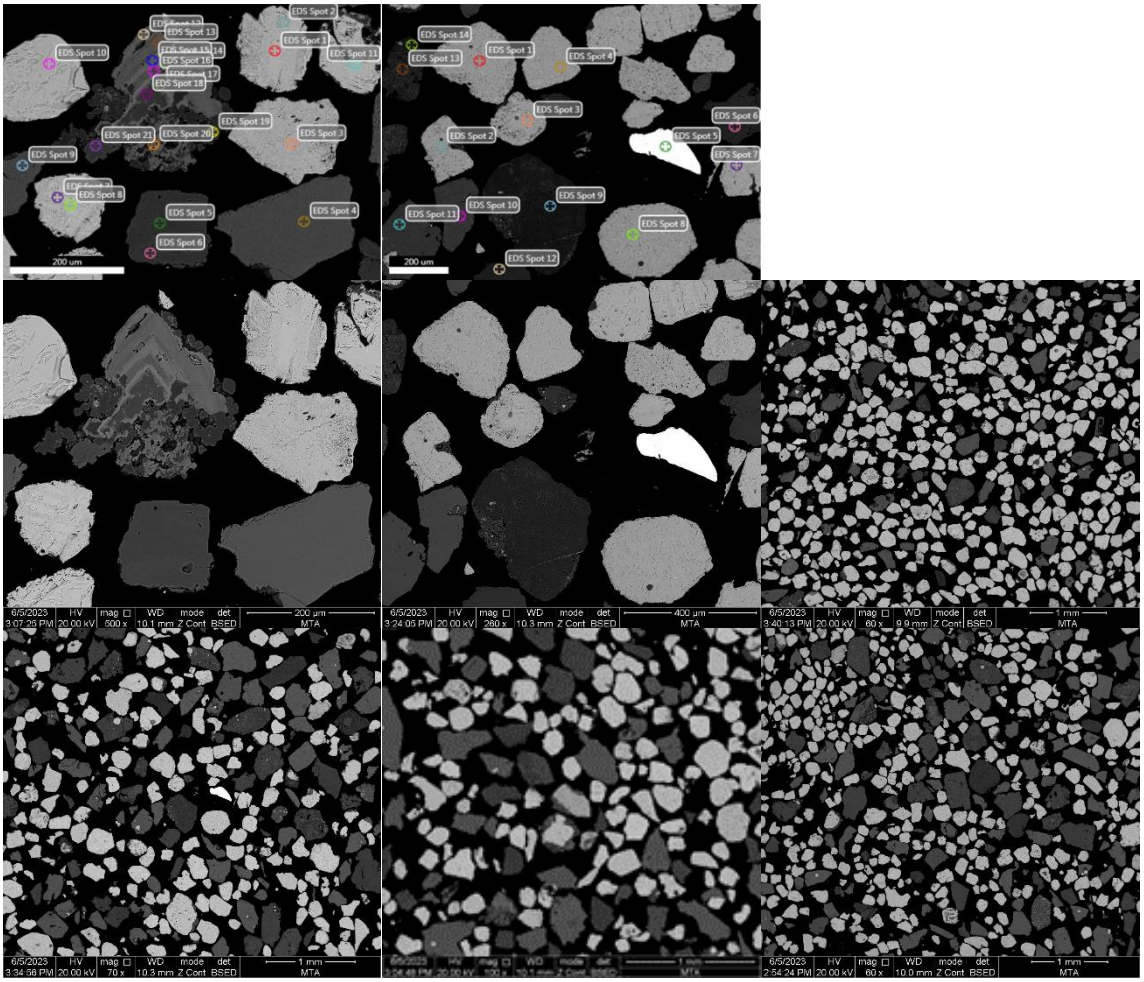
Tanım	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6
Manyetit	X					
Piroksen	X			X		
Plajiyoklaz	X	X		X	X	
Hematit	X					
Kuvars	X	X	X		X	X
Kalsit	X	X			X	
Amfibol	X					
Kil	X	X				
Alkali Feldispat		X			X	
Mika/İllit		X			X	
Dolamit		X				
Amfibol		X			X	
Klorit					X	
Serpantin					X	
Talk					X	
Olivin				X		
Anortit						X
Muskovit						X

Çalışmada, TP1 ve TP2 kumu için SEM analizi yaptırılmıştır. TP1 kumu 5 adet EDS görüntüsü alınmış (Şekil 84) ve bunların sonuçları tablolar halinde verilmiştir. EDS 1'e göre TP1 kumunun element dağılımı Tablo 2'de, EDS 2'e göre TP1 kumunun element dağılımı Tablo 3'te, EDS 3'e göre TP1 kumunun element dağılımı Tablo4'te, EDS 4'e göre TP1 kumunun element dağılımı Tablo 5'te ve EDS 5'e göre TP1 kumunun element dağılımı Tablo 6'da verilmiştir. EK-1'de ise analiz grafik sonuçları verilmiştir.

EDS 1 EDS 2 EDS 3



EDS 4 EDS 5



Şekil 84. TP1 kumunun SEM analiz görüntüleri

Tablo 2. EDS 1'e göre TP1 kumunun element dağılımı

EDS 1	Spot 1	Spot 2	Spot 3	Spot 4	Spot 5	Spot 6	Spot 7	Spot 8
Element	%	%	%	%	%	%	%	%
O K	23	24	23	33	29	32	29	45
MgK	1	1	0	0	3	0	3	0
AlK	2	1	0	0	1	0	1	1
SiK	0	0	0	0	0	0	0	52
TiK	1	10	1	0	32	0	32	1
V K	1	0	1	0	0	0	0	0
MnK	1	0	1	0	0	0	0	0
FeK	72	65	74	1	34	0	35	1
F K	0	0	0	3	0	3	0	0
P K	0	0	0	19	0	20	0	0
ClK	0	0	0	1	0	1	0	0
CaK	0	0	0	43	0	43	0	0

Tablo 3. EDS 2'e göre TP1 kumunun element dağılımı

EDS 2	Spot 1	Spot 2	Spot 3	Spot 4	Spot 5	Spot 6	Spot 7	Spot 8
Element	%	%	%	%	%	%	%	%
O K	27	41	23	38	44	41	43	72
MgK	3	0	2	11	5	0	0	3
AlK	2	19	3	2	17	17	10	4
SiK	0	24	0	25	27	27	33	0
TiK	8	0	2	0	0	0	0	12
FeK	60	1	69	6	5	1	0	0
NaK	0	3	0	0	1	5	0	0
CaK	0	13	0	17	1	9	0	0
MnK	0	0	1	0	0	0	0	4
K K	0	0	0	0	1	0	14	0
V K	0	0	0	0	0	0	0	2
CrK	0	0	0	0	0	0	0	3

Tablo 4. EDS 3'e göre TP1 kumunun element dağılımı

EDS 3	Element	O K	MgK	AlK	TiK	MnK	FeK	SiK	K K	V K	CrK	NaK	CaK
Spot1	%	23	2	2	5	1	68	0	0	0	0	0	0
Spot2	%	30	1	2	0	0	61	4	1	0	0	0	0
Spot3	%	38	11	1	0	0	6	25	0	0	0	1	17
Spot4	%	24	0	2	4	2	69	0	0	0	0	0	0
Spot5	%	27	2	1	3	1	66	0	0	0	0	0	0
Spot6	%	38	10	2	0	0	7	25	0	0	0	0	17
Spot7	%	41	0	11	0	0	1	35	3	0	0	7	1
Spot8	%	43	0	11	0	0	0	31	15	0	0	0	0
Spot9	%	41	1	10	1	0	6	29	12	0	0	1	0
Spot10	%	42	0	12	0	0	0	34	0	0	0	11	0
Spot11	%	41	0	16	0	0	1	28	0	0	0	6	8
Spot12	%	40	0	16	0	0	1	29	1	0	0	6	7
Spot13	%	38	10	2	1	0	8	25	0	0	0	1	16
Spot14	%	24	2	1	3	1	69	0	0	0	0	0	0
Spot15	%	38	10	1	0	1	7	25	0	0	0	1	17
Spot16	%	26	1	1	3	1	67	0	0	0	0	0	1
Spot17	%	41	0	12	0	0	1	32	6	0	0	5	1

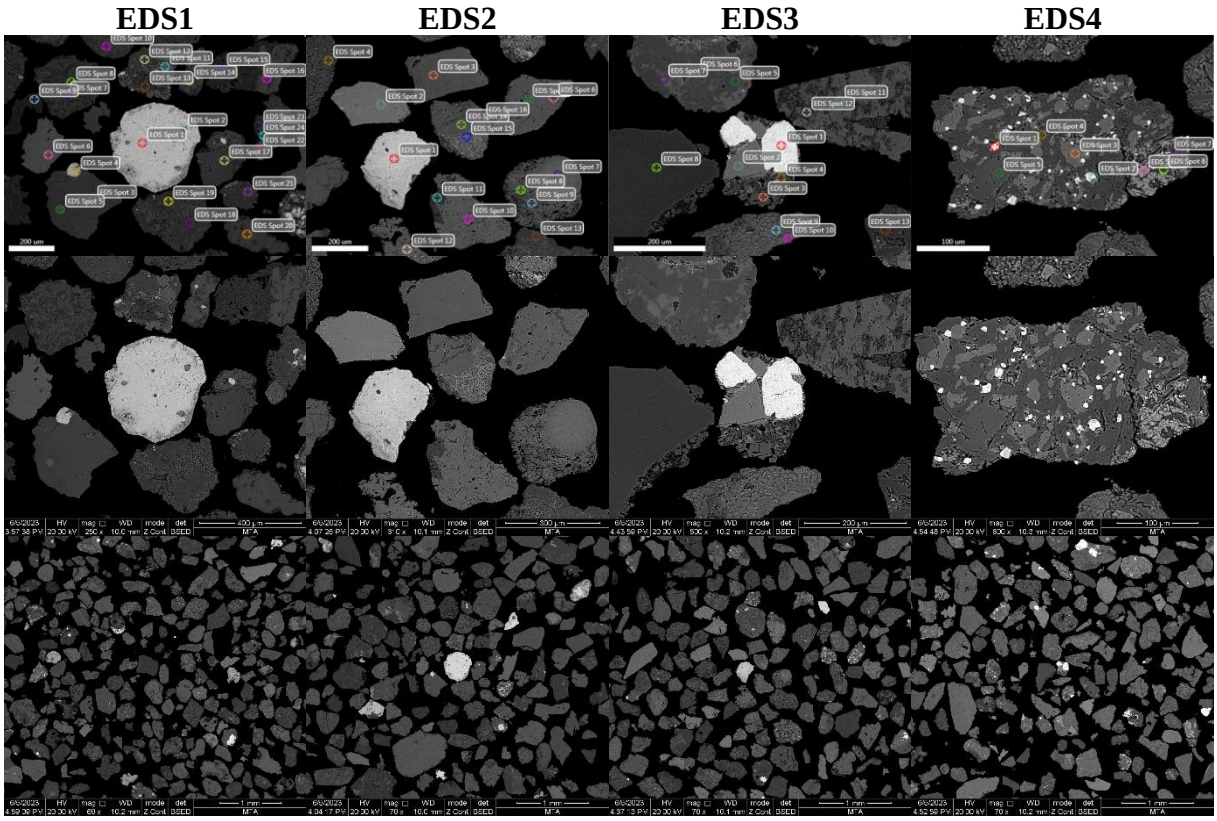
Tablo 5. EDS 4'e göre TP1 kumunun element dağılımı

EDS 4	Element	O K	MgK	AlK	SiK	TiK	V K	MnK	FeK	CaK	NaK	C K	O K 2
Spot1	%	25	3	1	0	1	0	1	69	0	0	0	0
Spot2	%	24	2	1	2	1	0	1	70	0	0	0	0
Spot3	%	26	2	3	0	4	1	0	64	0	0	0	0
Spot4	%	39	10	3	24	0	0	0	6	18	0	0	0
Spot5	%	42	0	17	26	0	0	0	0	9	5	5	5
Spot6	%	42	0	19	24	0	0	0	1	13	3	3	3
Spot7	%	23	3	2	0	1	1	1	69	0	0	0	0
Spot8	%	26	1	0	0	9	0	0	63	0	0	0	0
Spot9	%	38	11	1	25	0	0	1	7	16	1	0	0
Spot10	%	24	4	3	0	4	0	0	64	0	0	0	0
Spot11	%	26	1	2	0	5	0	0	66	0	0	0	0
Spot12	%	0	6	0	0	0	0	0	32	3	0	18	41
Spot13	%	0	7	0	0	0	0	1	29	3	0	19	41
Spot14	%	0	9	0	0	0	0	1	28	1	0	19	41
Spot15	%	0	4	0	0	0	0	1	33	3	0	19	40
Spot16	%	0	10	0	0	0	0	1	26	1	0	20	42
Spot17	%	0	2	0	0	0	0	2	36	2	0	18	39
Spot18	%	0	9	0	0	0	0	1	8	22	0	17	43
Spot19	%	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	49
Spot20	%	0	7	0	2	0	0	1	26	2	0	20	42
Spot21	%	0	8	0	0	0	0	0	8	21	0	18	43

Tablo 6. EDS 5'e göre TP1 kumunun element dağılımı

EDS 5	Element	O K	MgK	AlK	TiK	MnK	FeK	SiK	SrL	S K	BaL	NaK	CaK	CrK	K K
Spot1	%	24	4	3	4	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot2	%	24	3	2	5	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot3	%	26	1	1	4	1	67	1	0	0	0	0	0	0	0
Spot4	%	24	4	3	4	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot5	%	24	0	0	0	0	0	0	3	15	58	0	0	0	0
Spot6	%	41	0	19	0	0	1	24	0	0	0	3	12	0	0
Spot7	%	23	1	2	4	1	69	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot8	%	24	4	3	3	1	64	0	0	0	0	0	0	1	0
Spot9	%	41	3	3	0	0	8	45	0	0	0	0	0	0	0
Spot10	%	38	8	6	1	0	7	22	0	0	0	1	18	0	0
Spot11	%	38	11	2	0	0	6	25	0	0	0	1	17	0	0
Spot12	%	41	0	17	0	0	1	26	0	0	0	4	10	0	0
Spot13	%	44	1	13	0	0	1	28	0	0	0	9	3	0	0
Spot14	%	41	1	19	0	0	3	27	0	0	0	1	1	0	6

TP2 kumunun EDS görselleri Şekil 85'de verilmiştir. Bu analize ait veriler için tablolar hazırlanmıştır. EDS 1'e göre TP2 kumunun element dağılımı Tablo 7'de, EDS 2'e göre TP2 kumunun element dağılımı Tablo 8'de, EDS 3'e göre TP2 kumunun element dağılımı Tablo 9'da EDS 4'e göre TP2 kumunun element dağılımı ise Tablo 10'da verilmiştir.



Şekil 85. TP2 kumunun SEM analiz görüntüleri

Tablo 7. EDS 1'e göre TP2 kumunun element dağılımı

Element	O K	AlK	SiK	TiK	MnK	FeK	F K	P K	ClK	CaK	NaK	MgK	K K	C K
Spot 1	25	0	0	3	1	72	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot 2	34	0	0	0	0	2	2	19	2	42	0	0	0	0
Spot 3	40	20	23	0	0	0	0	0	0	14	2	0	0	0
Spot 4	26	3	3	5	1	61	0	0	0	0	0	1	0	0
Spot 5	37	1	26	0	0	7	0	0	0	18	1	10	0	0
Spot 6	37	3	25	0	0	8	0	0	0	18	1	10	0	0
Spot 7	41	11	32	0	0	0	0	0	0	0	1	0	15	0
Spot 8	40	13	35	0	0	0	0	0	0	1	11	0	0	0
Spot 9	47	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot 10	39	11	27	0	0	13	0	0	0	0	0	5	5	0
Spot 11	37	3	24	1	1	10	0	0	0	15	0	10	0	0
Spot 12	40	19	25	0	0	1	0	0	0	12	3	0	0	0
Spot 13	45	1	49	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot 14	42	11	16	0	0	18	0	0	0	0	0	13	0	0
Spot 15	47	1	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot 16	41	0	0	0	0	1	0	0	0	44	0	0	0	13
Spot 17	40	16	29	0	0	1	0	0	0	10	2	0	2	0
Spot 18	41	10	36	0	0	1	0	0	0	2	3	0	7	0
Spot 19	42	10	35	0	0	1	0	0	0	2	3	0	7	0
Spot 20	42	12	16	0	0	17	0	0	0	0	0	12	0	0
Spot 21	40	18	26	0	0	0	0	0	0	11	4	0	0	0
Spot 22	36	2	25	1	1	9	0	0	0	17	2	8	0	0
Spot 23	42	14	30	0	0	1	0	0	0	3	5	0	6	0
Spot 24	41	12	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0

Tablo 8. EDS 2'e göre TP2 kumunun element dağılımı

Element	O K	MgK	AlK	SiK	P K	CaK	MnK	FeK	NaK	FeK	K K	TiK	C K
Spot 1	32	1	2	2	0	1	2	60	0	0	0	0	0
Spot 2	37	9	3	24	0	18	0	0	1	7	0	0	0
Spot 3	41	0	17	26	0	10	0	0	4	0	2	0	0
Spot 4	47	0	4	48	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Spot 5	40	0	12	33	0	0	0	0	1	0	15	0	0
Spot 6	46	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot 7	40	11	9	19	0	0	0	0	1	19	1	0	0
Spot 8	40	11	10	20	0	0	1	15	1	0	1	1	0
Spot 9	47	0	1	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot 10	41	0	11	32	0	0	0	0	1	0	15	0	0
Spot 11	41	0	13	34	0	0	0	0	11	0	0	0	0
Spot 12	42	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	13
Spot 13	47	0	1	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spot 14	40	0	18	25	0	12	0	1	4	0	0	0	0
Spot 15	37	1	13	28	0	9	0	0	4	7	1	1	0
Spot 16	42	15	8	17	0	0	1	0	1	15	0	0	0

Tablo 9. EDS 3'e göre TP2 kumunun element dağılımı

Element	O K	MgK	AlK	TiK	FeK	NaK	SiK	CaK	C K	MnK	K K
Spot1	25	3	3	9	60	0	0	0	0	0	0
Spot2	38	10	2	0	8	1	24	17	0	0	0
Spot3	41	0	17	26	1	5	0	10	0	0	0
Spot4	35	6	6	2	14	1	21	13	0	0	0
Spot5	43	10	0	0	5	0	0	21	21	0	0
Spot6	43	10	0	0	5	0	0	22	19	1	0
Spot7	41	0	0	0	1	0	0	44	13	1	0
Spot8	47	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0
Spot9	40	0	14	30	1	4	0	5	0	0	6
Spot10	40	8	8	0	16	1	22	0	0	0	5
Spot11	41	0	11	0	0	0	32	0	0	0	15
Spot12	41	0	13	0	0	11	35	0	0	0	0
Spot13	41	0	12	0	0	11	35	0	0	0	0

Tablo 10. EDS 4'e göre TP2 kumunun element dağılımı

Element	Spot1	Spot2	Spot3	Spot4	Spot5	Spot6	Spot7	Spot8
O K	23	23	37	41	40	32	39	40
MgK	1	1	9	0	0	12	21	17
AlK	1	2	4	17	21	4	1	8
TiK	7	3	1	0	0	0	0	0
MnK	2	0	0	0	0	0	1	0
FeK	66	69	8	1	1	37	9	12
CaK	0	1	17	10	15	1	1	1
V K	0	1	0	0	0	0	0	0
NaK	0	0	1	4	1	1	0	1
SiK	0	0	23	26	22	14	28	21

Kumların Kayma Parametreleri

Geoteknik özelliklerine bağlı olarak zeminler oldukça farklı davranabilir. Kumun davranışı ince parçacıkların içeriğinden etkilenir. Tanelerin 0.075 mm'den (veya 75 mm) daha büyük olduğu kaba taneli zeminlerde, enerji verme davranışı esas olarak mevcut, farklı boyutların nispi oranlarından, zemin tanelerinin şekillerinden ve tane yoğunluğundan etkilenir. . Bu topraklara granül zeminde denir. Tanelerin 0.075 mm'den daha küçük olduğu ince taneli zeminlerde, mühendislik davranışı, zemin tanelerinin mineralojisi, su içeriği vb., ince tane davranışı boyutundan daha büyük etkiye sahiptir. Kaba ve ince taneli zemin arasındaki sınır çizgisi, çıplak gözle ayırt edilebilecek en küçük tane büyüklüğü olan 0.075 mm'dir (Prasad and Pandey, 2013).

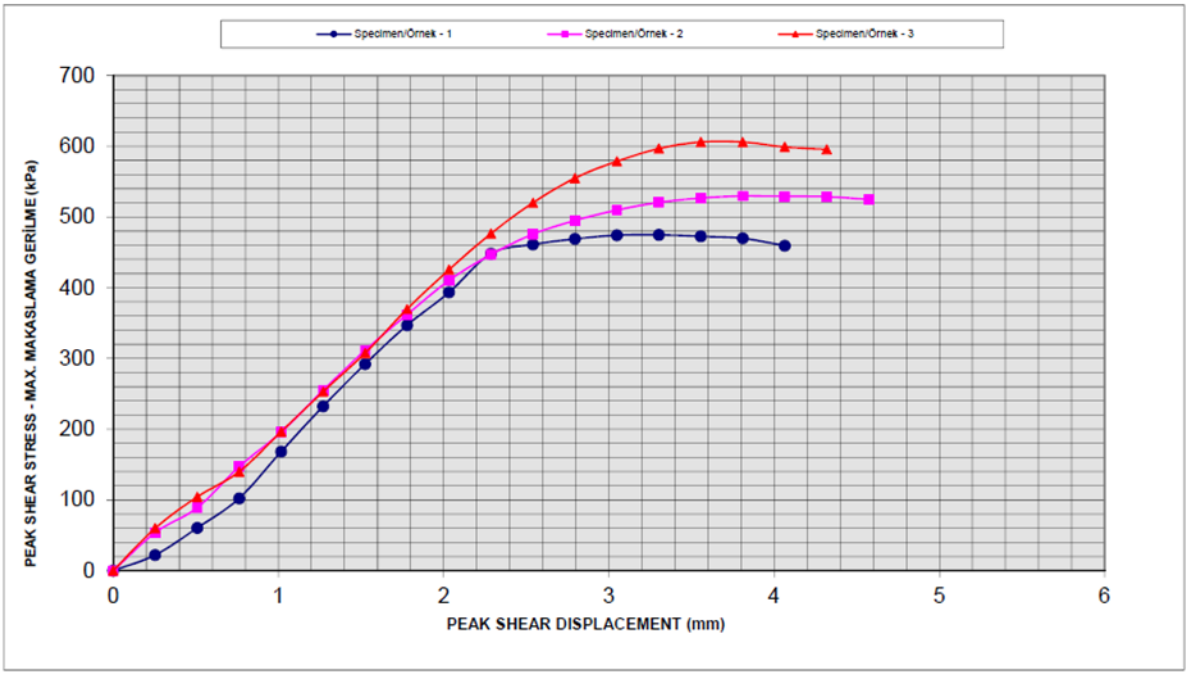
Çalışmada Dr:%100 olan numuneler hazırlanmıştır. Danelerin ilk konumlarından ayrılarak kesilme sırasında hiç hacim değiştirmeden hareket edebilecek boşluk oranına kritik boşluk oranı denilmektedir (Head, 2006). Sıkı kumların kayma gerilmesine maruz kaldığında hacimlerinde bir artış olmaktadır bu davranışa "genişleme" (dilatancy) denilmektedir. Daneler kesilme işlemi sırasında ilk konumlarını değiştirirler. Kesilme işlemi süresince daneler daha sıkı paketlenirler ve dolayısıyla boşluk oranı azalır. Normal gerilme, yatay deplasmanla artmaktadır. Gerilme arttıkça pik ve kalıcı kayma mukavemeti değerleri artmaktadır. Normal gerilmelere karşılık gelen bu kayma gerilmeleri arasından yaklaşık bir doğru geçirilerek zarf elde edilir. Doğrunun yatayla yaptığı açı kalıcı kayma mukavemetini, düşey ekseni kestiği nokta ise kohezyonu verir. Ödometre deney aletinde verilen yükleme ile kesme kutusunda verilen deneyler farklılık göstermektedir. Konulan yüke göre aletten ve koldan gelen yük değişiklik göstermektedir (Çellek, 2017).

Ödometre deneyinde sadece düşey eksen ile yük uygulanırken, kesme kutusu deneyinde, hem düşey hem de yatay gerilme uygulanmaktadır. Çalışmanın bu aşaması, hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. ODTÜ geoteknik laboratuvarında TP1, TP2, TP3, TP4 ve TP5 kumları için kesme kutusu deneyi yaptırılmıştır. Deneyde 7, 8 ve 9 kg ağırlık altında drenajsız kesme kutusu deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu ağırlıklar ile 700, 800 ve 900 kPa yük ile kesme gerçekleştirilmiştir. Deneyden çıkan kırılmış malzeme daha sonra elek analizlerinde kullanılmıştır. Numunelerin kohezyon (c) ve içsel sürtünme açı (ϕ) değerleri hesaplanmıştır. TP kumunun ise daha önce yapılan bir çalışmada kullanıldığı için bu değerleri bilinmektedir. Çalışmada kullanılan kumlar içinde farklılık göstermesi beklenen kum Ünye'den alınan TP1 kumudur. En düşük içsel sürtünme açına bu kumda ulaşılmıştır. Kohezyon değeri ise TP6 ile diğer kumlardan en yüksek değeri almıştır. Her numune için 3 deney yapılmıştır. TP1 için makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirmesine ait grafik Şekil 86'da, kayma gerilmesi-normal

gerilme grafiği Şekil 87'de verilmiştir. Kesme kutusu için hazırlanan numunelere ait veriler ise Tabloda 11'de ve Tablo 12'de ise zeminin kayma dayanım parametreleri verilmiştir.

Tablo 11. Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP1 kumuna ait veriler

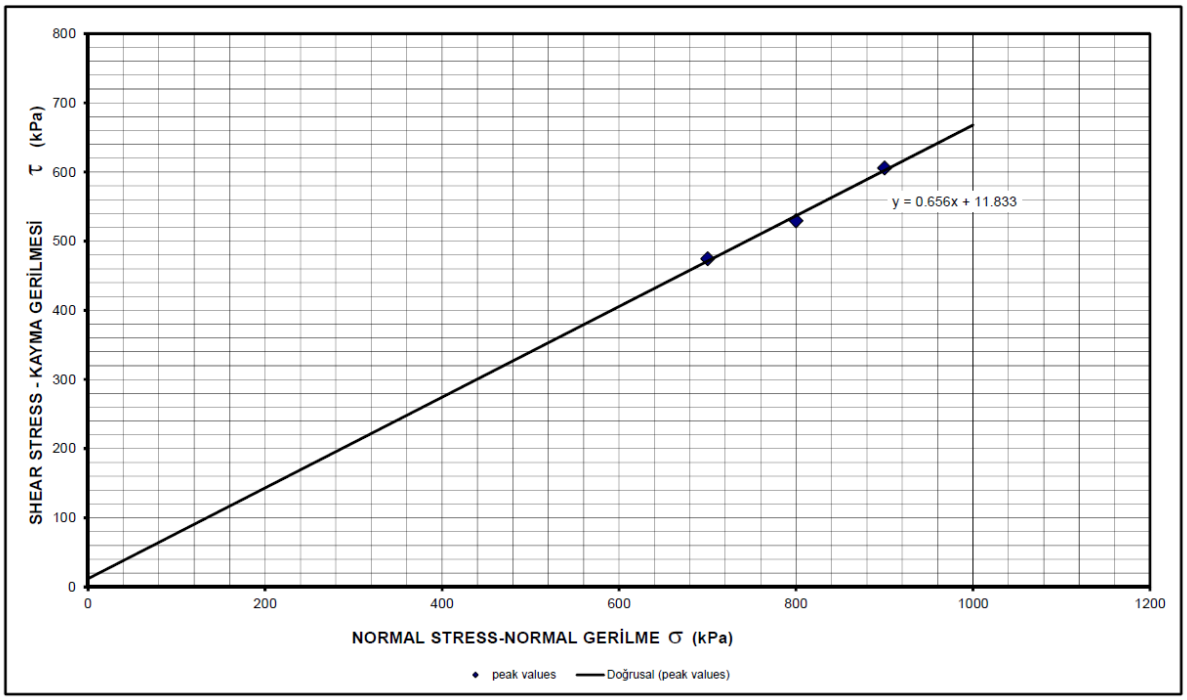
Tanım	Birim	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3
Test örneğinin başlangıçtaki yüksekliği (H_o)	mm	23,6	23,6	23,6
Test örneğinin başlangıçtaki çapı (D_o)	mm	63,5	63,5	63,5
Test örneğinin ağırlığı (W_o)	gr	183,9	183,9	183,9
Örneğin kuru birim ağırlığı (γ_n)	gr/ml	2,46	2,46	2,46
Örneğin deney sonu su içeriği (m_0/m_f)	%	0	0	0
Normal basınç (σ)	kPa	700	800	900
Yük halkası katsayısı (C_p)	kg/div	0,203	0,203	0,203



Şekil 86. TP1 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği

Tablo 12. TP1 Zemin kayma dayanım parametreleri

Pik Kayma Dayanımı Maksimum Kayma Dayanımı	
C (kPa)	ϕ (^{0})
12	33
Normal Basınç	Kayma Dayanımı
700	475
800	530
900	606



Şekil 87. TP1 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği

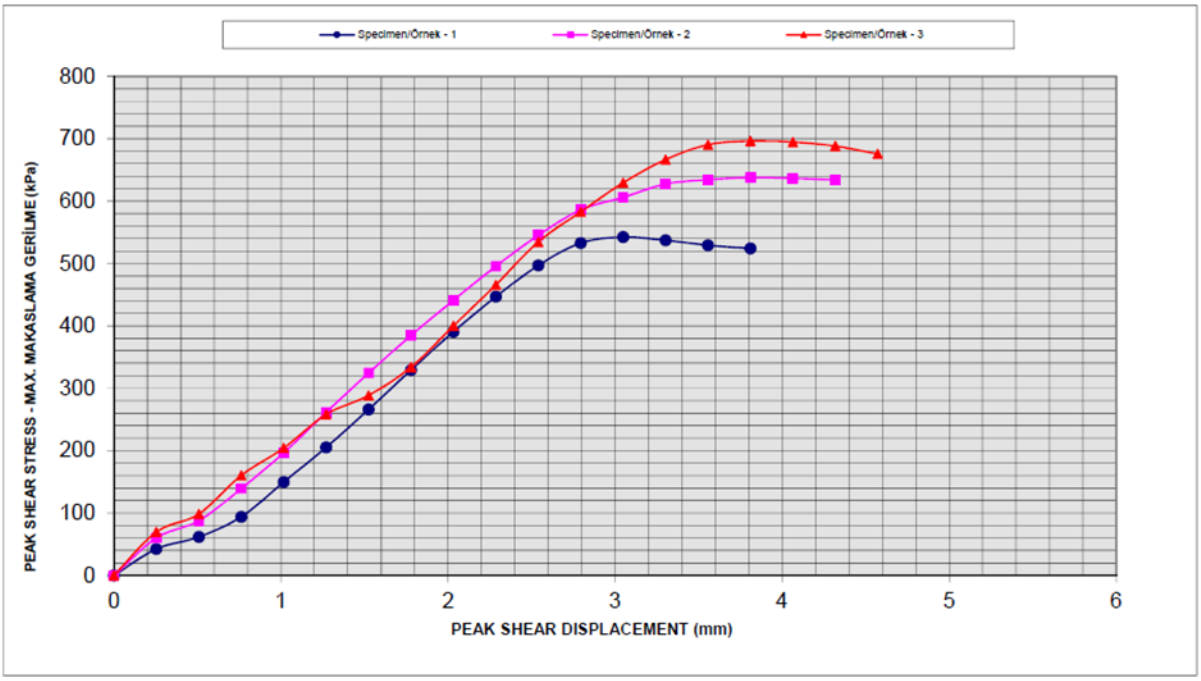
TP2 için makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirmesine ait grafik Şekil 88'de, kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği Şekil 84'te verilmiştir. Kesme kutusu için hazırlanan numunelere ait veriler Tablo 13'te, zeminin kayma dayanım parametreleri ise Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 13. Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP2 kumuna ait veriler

Tanım	Birim	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3
Test örneğinin başlangıçtaki yüksekliği (H_o)	mm	23,6	23,6	23,6
Test örneğinin başlangıçtaki çapı (D_o)	mm	63,5	63,5	63,5
Test örneğinin ağırlığı (W_o)	gr	121,2	121,2	121,2
Örneğin kuru birim ağırlığı (γ_n)	gr/ml	1,621	1,621	1,621
Örneğin deney sonu su içeriği (m_0/m_f)	%	0	0	0
Normal basınç (σ)	kPa	700	800	900
Yük halkası katsayısı (C_p)	kg/div	0,203	0,203	0,203

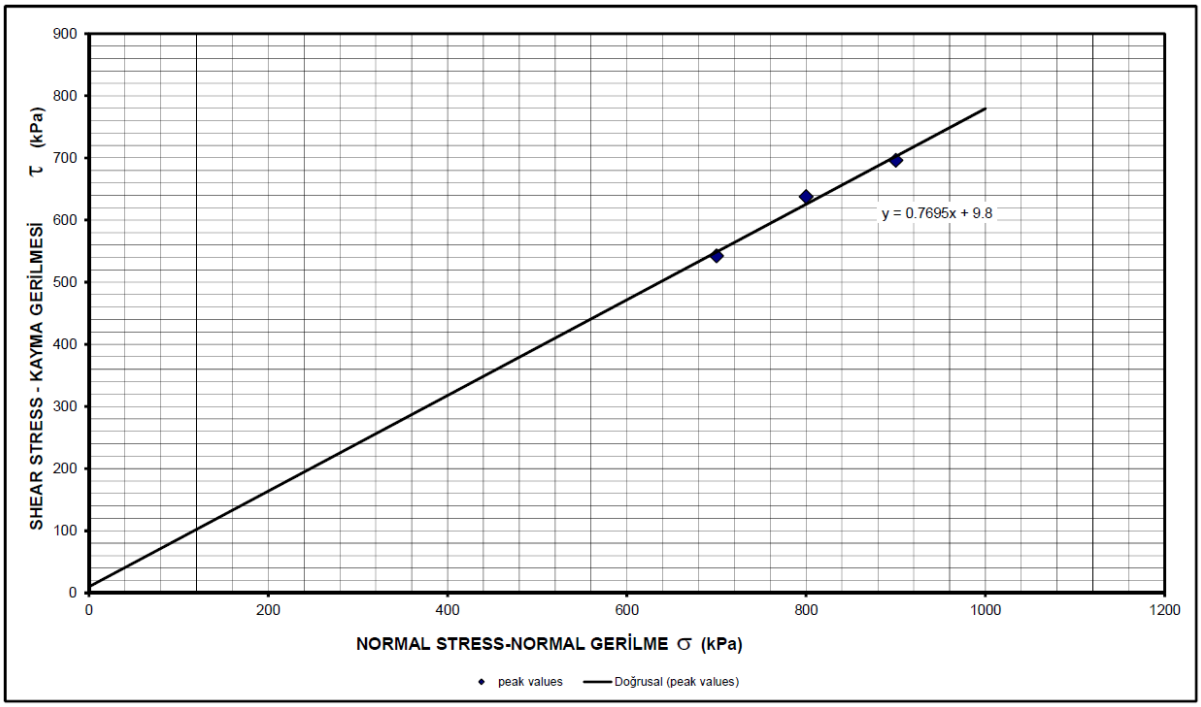
Tablo 14. TP2 Zemin kayma dayanım parametreleri

Pik Kayma Dayanımı **Maksimum Kayma Dayanımı**	
C (kPa)	ϕ (^{0})
10	38
Normal Basınç	Kayma Dayanımı
700	542
800	638
900	396



Şekil 88. TP2 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği

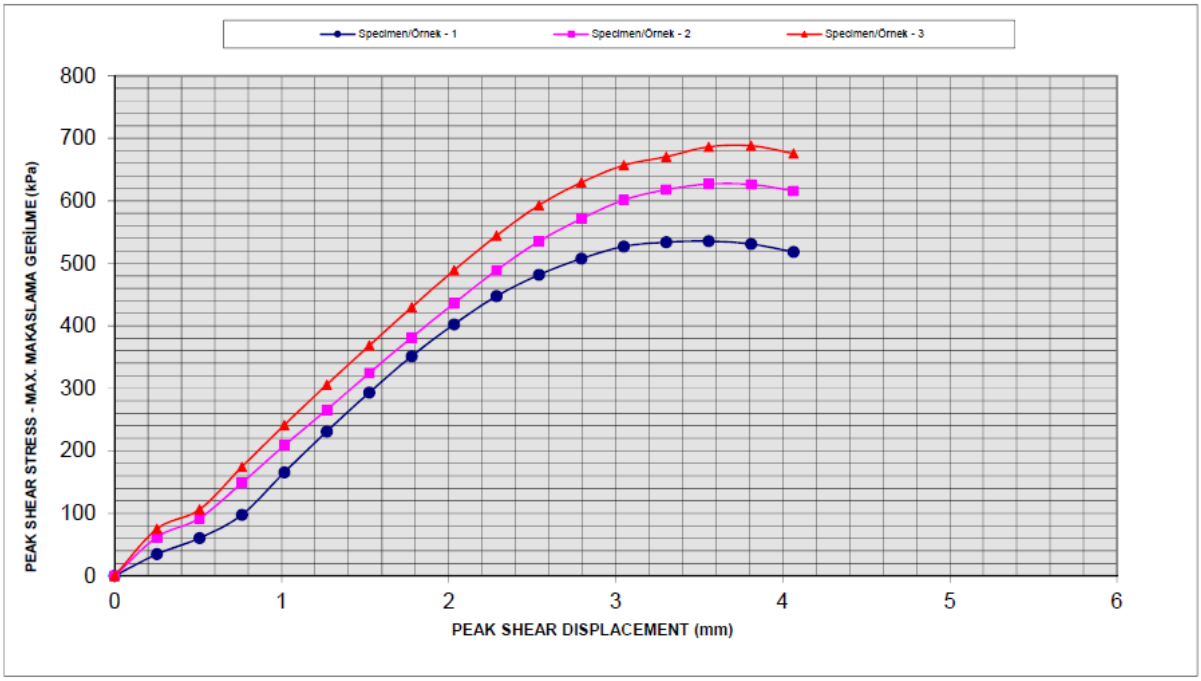
TP3 için makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirmesine ait grafik Şekil 89'da kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği Şekil 90'da verilmiştir. Kesme kutusu için hazırlanan numunelere ait veriler Tablo 15'te, zeminin kayma dayanım parametreleri ise Tablo 16'da verilmiştir.



Şekil 89. TP2 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği

Tablo 15. Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP3 kumuna ait veriler

Tanım	Birim	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3
Test örneğinin başlangıçtaki yüksekliği (H_o)	mm	23,6	23,6	23,6
Test örneğinin başlangıçtaki çapı (D_o)	mm	63,5	63,5	63,5
Test örneğinin ağırlığı (W_o)	gr	138,5	138,5	138,5
Örneğin kuru birim ağırlığı (γ_n)	gr/ml	1,853	1,853	1,853
Örneğin deney sonu su içeriği (m_0/m_f)	%	0	0	0
Normal basınç (σ)	kPa	700	800	900
Yük halkası katsayısı (C_p)	kg/div	0,203	0,203	0,203

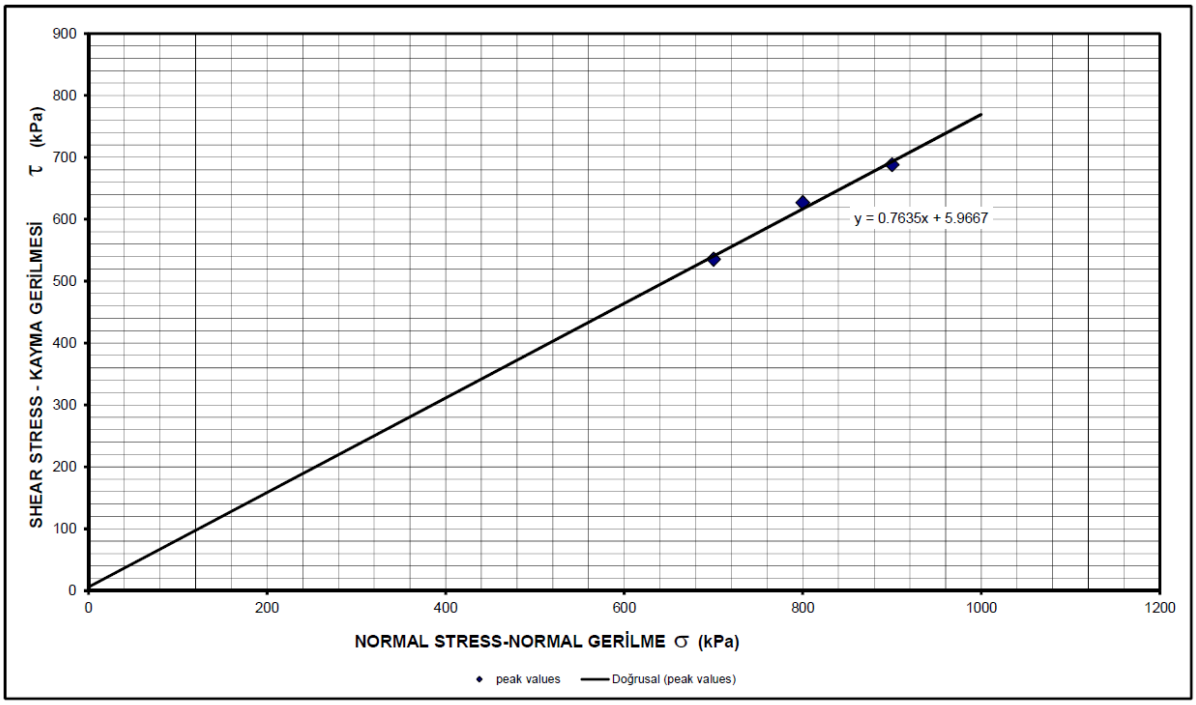


Şekil 90. TP3 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği

Tablo 16. TP3 Zemin kayma dayanım parametreleri

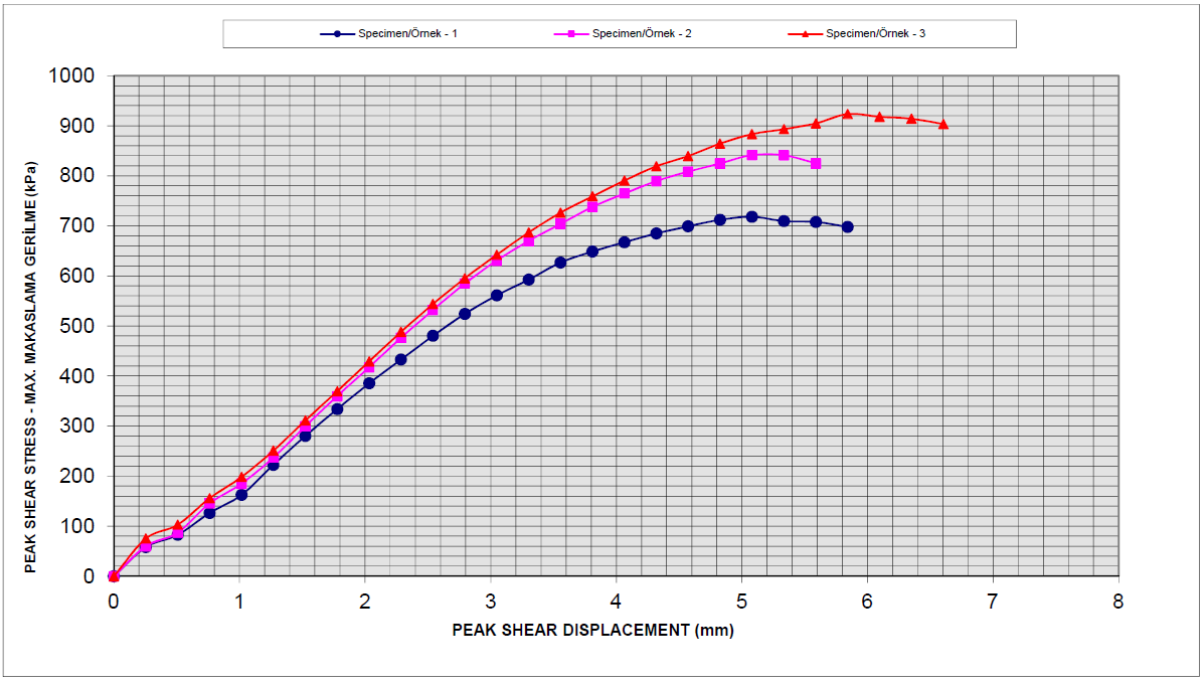
Pik Kayma Dayanımı **Maksimum Kayma Dayanımı**	
C (kPa)	ϕ (^{0})
6	37
Normal Basınç	Kayma Dayanımı
700	535
800	627
900	688

TP4 için makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirmesine ait grafik Şekil 91'de, kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği Şekil 92'de verilmiştir. Kesme kutusu için hazırlanan numunelere ait veriler Tablo 17'de, zeminin kayma dayanım parametreleri ise Tablo 18'de verilmiştir.



Şekil 91. TP3 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği

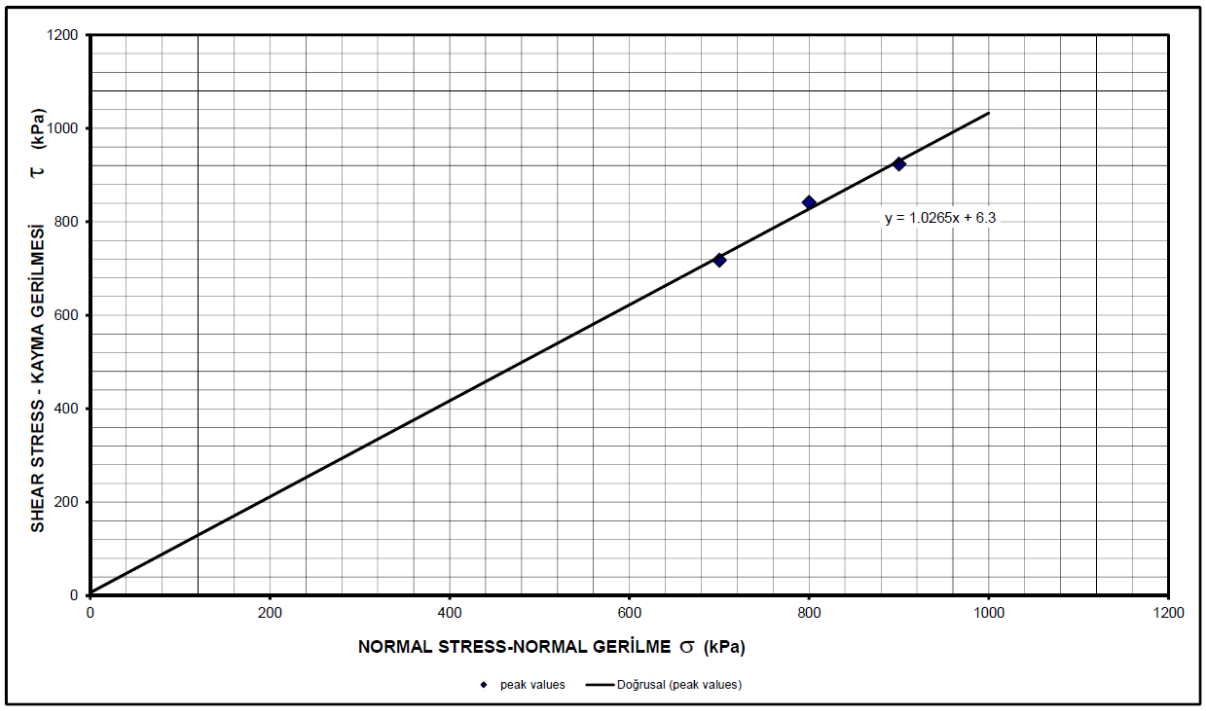
TP5 için makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirmesine ait grafik Şekil 93'te, kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği Şekil 94'de verilmiştir. Kesme kutusu için hazırlanan numunelere ait veriler Tablo 19'da zeminin kayma dayanım parametreleri ise Tablo 20'de verilmiştir.



Şekil 92. TP4 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği

Tablo 17. Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP4 kumuna ait veriler

Tanım	Birim	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3
Test örneğinin başlangıçtaki yüksekliği (H_o)	mm	23,6	23,6	23,6
Test örneğinin başlangıçtaki çapı (D_o)	mm	63,5	63,5	63,5
Test örneğinin ağırlığı (W_o)	gr	122,1	122,1	122,1
Örneğin kuru birim ağırlığı (γ_n)	gr/ml	1,633	1,633	1,633
Örneğin deney sonu su içeriği (m_0/m_f)	%	0	0	0
Normal basınç (σ)	kPa	700	800	900
Yük halkası katsayısı (C_p)	kg/div	0,203	0,203	0,203



Şekil 93. TP4 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği

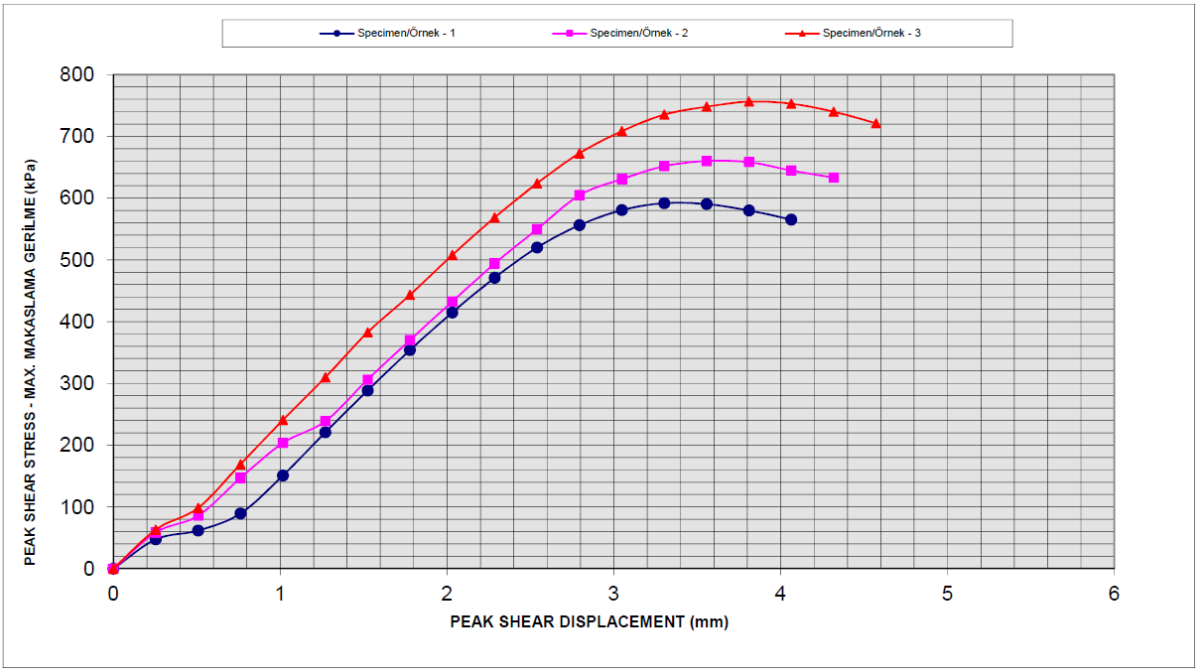
Yapılan kesme kutuları, drenajsız konsolidasyonsuz olup (UU), beklenenden çok düşük değerler elde edilmiştir. Çalışma bütçesini aşması nedeniyle, kesme kutuları drenajlı ve konsolidasyonlu olarak gerçekleştirilememiştir.

Tablo 18. TP4 Zemin kayma dayanım parametreleri

Pik Kayma Dayanımı **Maksimum Kayma Dayanımı**	
C (kPa)	ϕ (^{0})
6	46
Normal Basınç	Kayma Dayanımı
700	718
800	841
900	923

Tablo 19. Kesme kutusu deneyinde kullanılan TP5 kumuna ait veriler

Tanım	Birim	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3
Test örneğinin başlangıçtaki yüksekliği (H_o)	mm	23,6	23,6	23,6
Test örneğinin başlangıçtaki çapı (D_o)	mm	63,5	63,5	63,5
Test örneğinin ağırlığı (W_o)	gr	133,9	133,9	133,9
Örneğin kuru birim ağırlığı (γ_n)	gr/ml	1,792	1,792	1,792
Örneğin deney sonu su içeriği (m_0/m_f)	%	0	0	0
Normal basınç (σ)	kPa	700	800	900
Yük halkası katsayısı (C_p)	kg/div	0,203	0,203	0,203

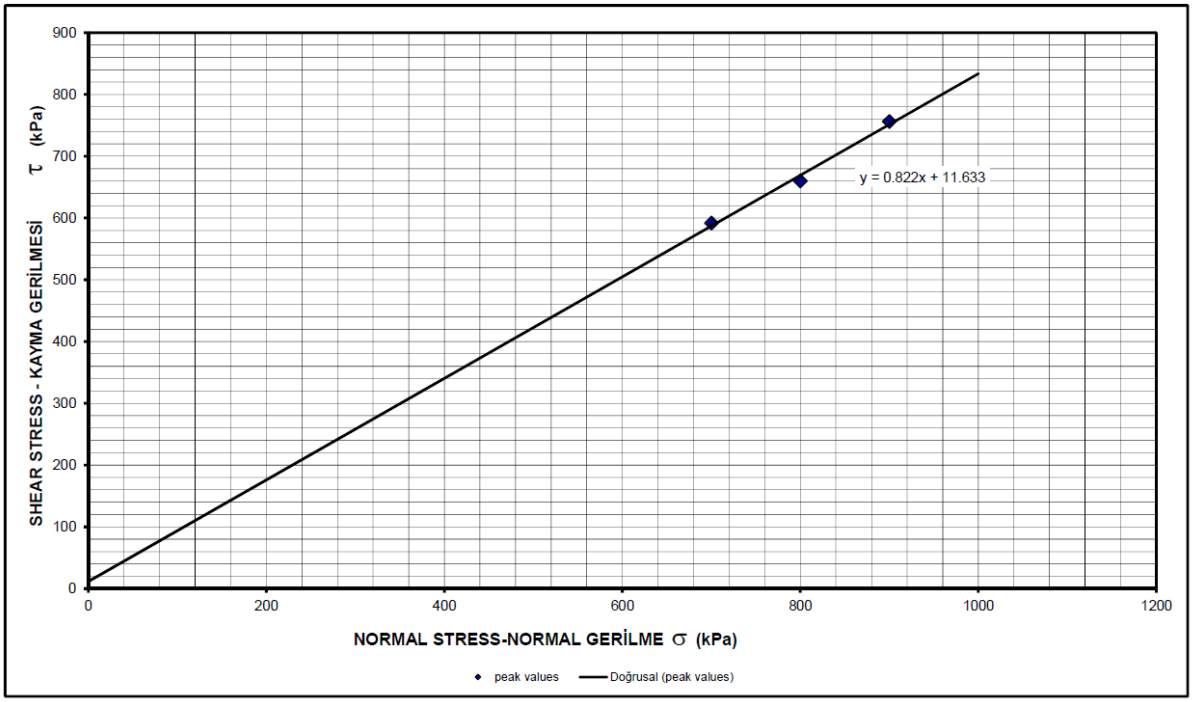


Şekil 94. TP5 kumuna ait makaslama gerilmesi-yatay yer değiştirme grafiği

Tablo 20. TP5 Zemin kayma dayanım parametreleri

Pik Kayma Dayanımı Maksimum Kayma Dayanımı	
C (kPa)	ϕ (^{0})
12	39
Normal Basınç	Kayma Dayanımı
700	592
800	660
900	756

Çalışmada elde edilen sonuçlar ise Tablo 21'de özet olarak verilmiştir. Kullanılan kumların özgür ağırlıkları literatür ile uyumlu ve birbirine yakın değerler vermiştir. TP6 kumu için daha önce yapılan drenajlı ve konsolidasyonlu kesme kutusu deney sonuçları ise diğer 5 kumdan çok farklıdır. Nedeni tamamen seçilen deney sistemi ile ilgilidir.



Şekil 95. TP5 kumuna ait kayma gerilmesi-normal gerilme grafiği

Tablo 21. Tüm kumlara ait parametreler

Grup	Gs	d_{min}	d_{max}	e_{min}	e_{max}	c	ϕ
TP1	2,755	2,064	2,460	0,120	0,335	12	33
TP2	2,735	1,356	1,621	0,687	1,017	10	38
TP3	2,696	1,595	1,853	0,455	0,690	6	37
TP4	2,686	1,407	1,633	0,645	0,909	6	46
TP5	2,723	1,536	1,792	0,520	0,773	12	39
TP6	2,740	1,480	1,706	0,520	0,781	2,5	39

.

KAYNAKÇA

Chan, C.M. (2017). Influence of deposition density on undrained shear strength parameters of mining sand, *The 2nd International Conference on Applied Science and Technology (ICAST'17) AIP Conf. Proc*. 1891.

Çellek, S. (2017).Kumlar için zemin mekaniği laboratuvar deneyleri, *Lambert Akademi.*

Çellek, S. (2018) Comparison of constraint elastic modulus (ec) behaviors of sand samples and derivatives relative to stress (σ), *Journal of Mechanical Engineering* 6(5):114-123.

Çellek, S. (2018) Comparison Of limited elastic modul-strain graphics of sands prepared at different density, *Conference: ICETAS*

Çellek, S. (2018) Experimental ınvestigation and probabilistic modeling of shear resistance and stress-volumetric unit deformation behaviors of sands having different mineralogies, *International Journal of Scientific & Technology Research* 4(10):178-191

Çellek, S. (2018) The Effect of Mineralogy on Engineering Behaviour of Sand, *Conference:*

Çellek, S. (2019). Comparison of grain size distribution and grain shape of various sand samples, *Geotechnical and Geological Engineering*.

Çellek, S. (2019). The effect of shape on the linear relationship of maximum and minimum void ratios of various sand types, *Geotechnical and Geological Engineering*

Çellek, S. (2019). A comparison of quartz sands with different mineralogy and their griding derivations, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 7(3):522-538.

Head, K. H. (1994) Manual of Soil Laboratory Testing," Permeability, Shear Strength and Compressibility Tests, *Pentech Press*, London

Monkul, M. M. (2005). Influence of inter-granular void ratio on one dimensional compression, *Doktora Tezi.*

Prasad, A. and Pandey, B. (2013). Effect of fines on the mechanical behavior of sand, Int. *J.Struct. & Civil Engg. Res*. Vol. 2, No. 2.

Salgado, R. Bandini, P., Karim, A. (2000). shear strength and stiffness of silty sand journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, *Geoenvironmental Engineering* Vol.126 (5).

Shen C. K., Vrymoed J. L., Uyeno C. K. (1977) The effect of fineson liquefaction of sands. *Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo*, 2,381–385.

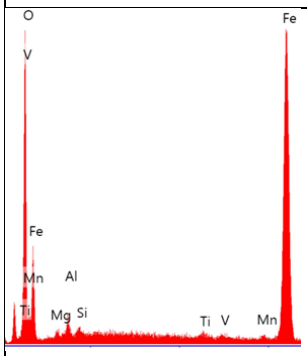
Thevanayagam, S., Ravishankar, K. and Mohan, S., (1996) Steady state strength, relative density, fines content relationship for sands, *Transp. Res. Rec.* 1547, 61-67.

Uysal, N. 2014. Determination of shear strength of polymer reınforced sand by laboratory tests,. *İtü inşaat mühendsliği, Yüksek Lisans Tezi*

EK-1

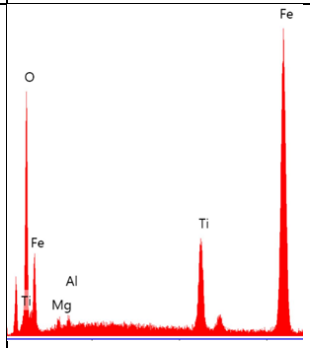
TP2 KUMUNU SEM SONUÇLARI

EDS 1 **Spot** 1



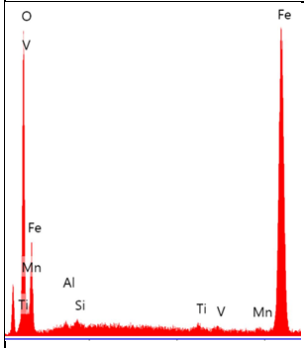
Element	%
O K	23
MgK	1
AlK	2
SiK	0
TiK	1
V K	1
MnK	1
FeK	72

EDS 1 **Spot** 2



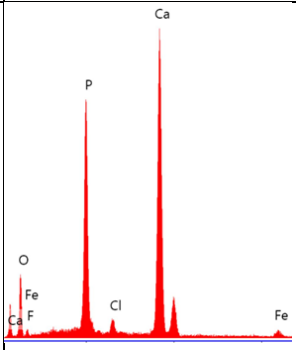
Element	%
O K	24
MgK	1
AlK	1
SiK	0
TiK	10
V K	0
MnK	0
FeK	65

EDS **1 Spot 3**



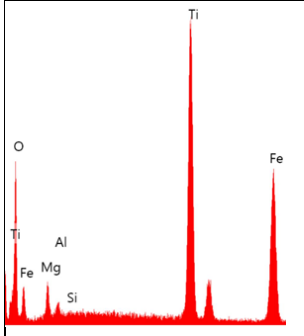
Element	%
O K	23
MgK	0
AlK	0
SiK	0
TiK	1
V K	1
MnK	1
FeK	74

EDS **1 Spot 4**



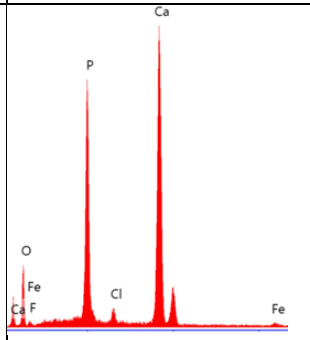
Element	%
O K	33
MgK	0
FeK	1
F K	3
P K	19
ClK	1
CaK	43

EDS **1 Spot 5**



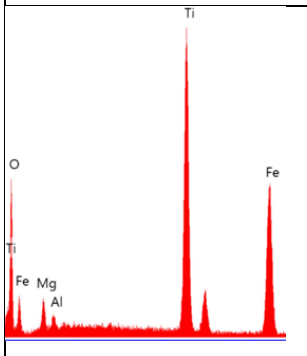
Element	Weight %
O K	29
MgK	3
AlK	1
SiK	0
TiK	32
FeK	34

EDS **1 Spot 6**



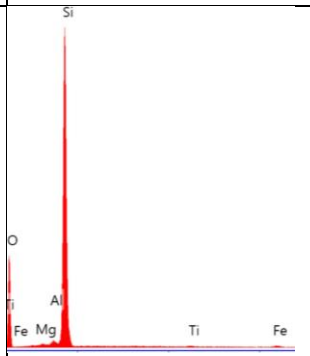
Element	Weight %
O K	32
F K	3
P K	20
ClK	1
CaK	43
FeK	0

EDS **1 Spot 6**



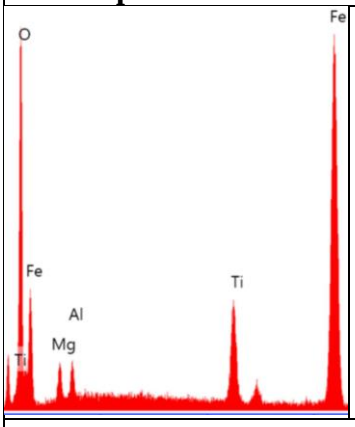
Element	Weight %
O K	29
MgK	3
AlK	1
TiK	32
FeK	35

EDS **1 Spot 7**



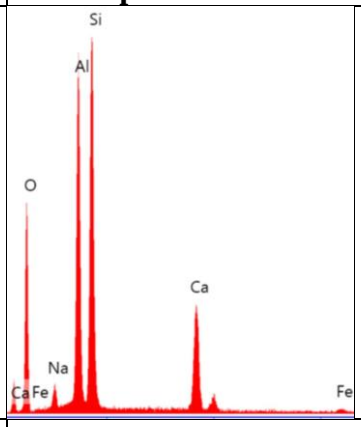
Element	Weight %
O K	45
MgK	0
AlK	1
SiK	52
TiK	1
FeK	1

EDS 2 Spot 1



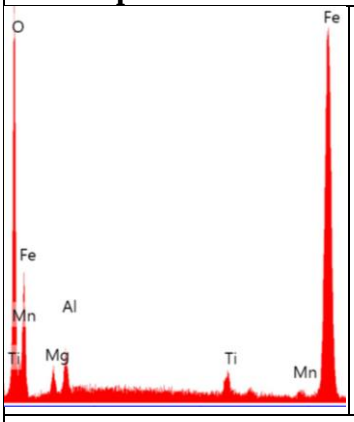
Element	Weight %
O K	27
MgK	3
AlK	2
TiK	8
FeK	60

EDS 2 Spot 2



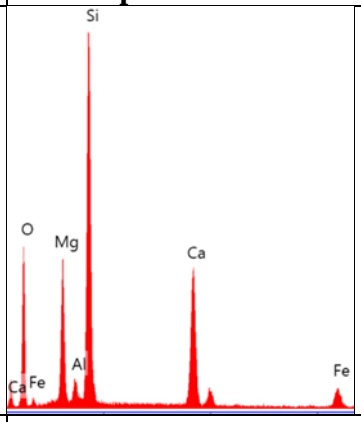
Element	Weight %
O K	41
NaK	3
AlK	19
SiK	24
CaK	13
FeK	1

EDS 2 Spot 3



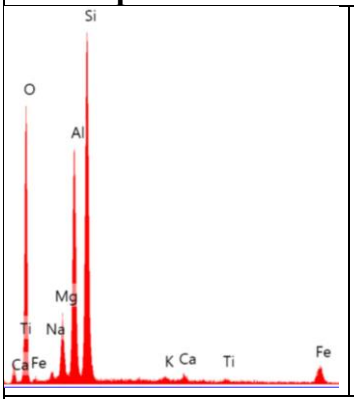
Element	Weight %
O K	23
MgK	2
AlK	3
TiK	2
MnK	1
FeK	69

EDS 2 Spot 4



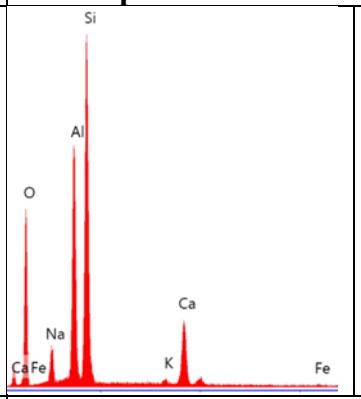
Element	Weight %
O K	38
MgK	11
AlK	2
SiK	25
CaK	17
FeK	6

EDS 2 Spot 5



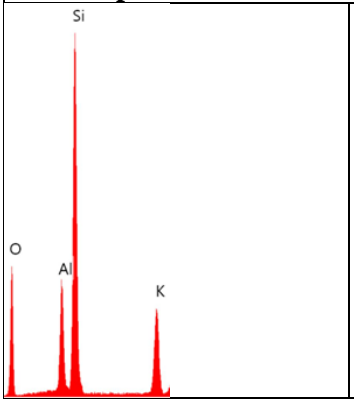
Element	Weight %
O K	44
NaK	1
MgK	5
AlK	17
SiK	27
K K	1
CaK	1
TiK	0
FeK	5

EDS 2 Spot 6



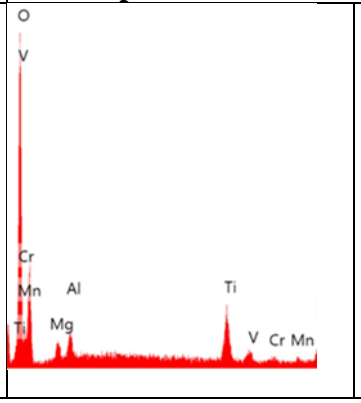
Element	Weight %
O K	41
NaK	5
AlK	17
SiK	27
K K	0
CaK	9
FeK	1

EDS 2 Spot 7



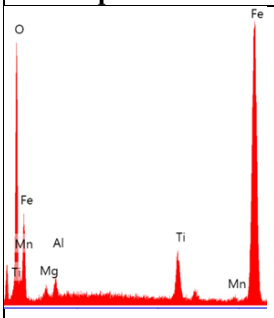
Element	Weight %
O K	43
AlK	10
SiK	33
K K	14

EDS 2 Spot 8



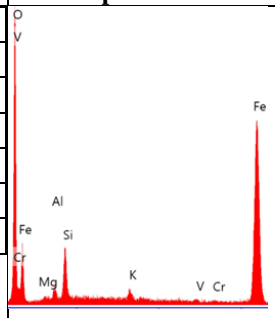
Element	Weight %
O K	72
MgK	3
AlK	4
TiK	12
V K	2
CrK	3
MnK	4

EDS 3 Spot 1



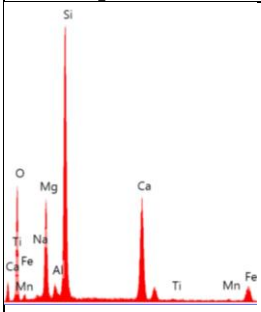
Element	Weight %
O K	23
MgK	2
AlK	2
TiK	5
MnK	1
FeK	68

EDS 3 Spot 2



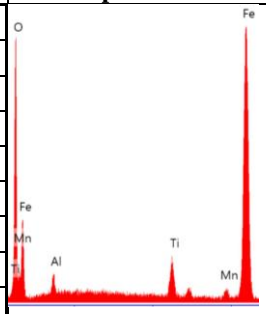
Element	Weight %
O K	30
MgK	1
AlK	2
SiK	4
K K	1
V K	0
CrK	0
FeK	61

EDS 3 Spot 3



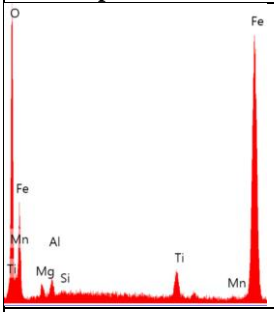
Element	Weight %
O K	38
NaK	1
MgK	11
AlK	1
SiK	25
CaK	17
TiK	0
MnK	0
FeK	6

EDS 3 Spot 4



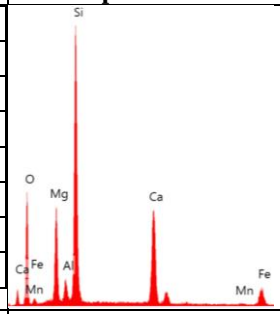
Element	Weight %
O K	24
AlK	2
TiK	4
MnK	2
FeK	69

EDS 3 Spot 5



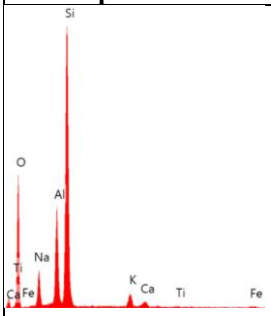
Element	Weight %
O K	27
MgK	2
AlK	1
SiK	0
TiK	3
MnK	1
FeK	66

EDS 3 Spot 6



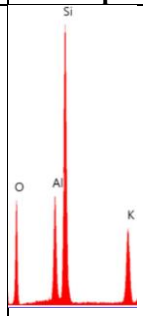
Element	Weight %
O K	38
MgK	10
AlK	2
SiK	25
CaK	17
MnK	0
FeK	7

EDS 3 Spot 7



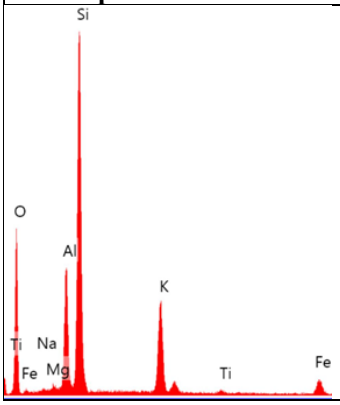
Element	Weight %
O K	41
NaK	7
AlK	11
SiK	35
K K	3
CaK	1
TiK	0
FeK	1

EDS 3 Spot 8



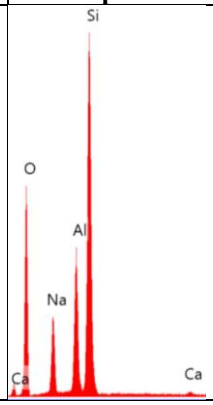
Element	Weight %
O K	43
AlK	11
SiK	31
K K	15

EDS 3 Spot 9



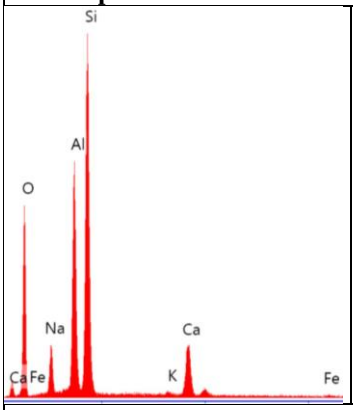
Element	Weight %
O K	41
NaK	1
MgK	1
AlK	10
SiK	29
K K	12
TiK	1
FeK	6

EDS 3 Spot 10



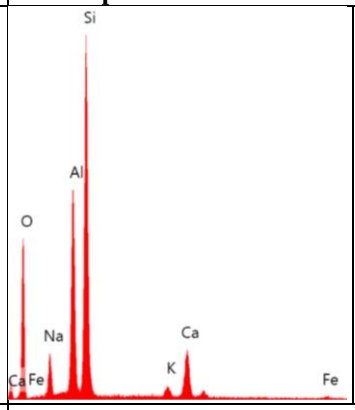
Element	Weight %
O K	42
NaK	11
AlK	12
SiK	34
CaK	0

EDS 3 Spot 11



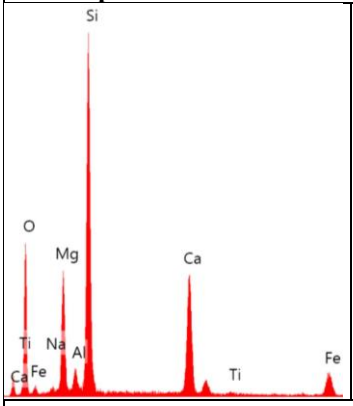
Element	Weight %
O K	41
NaK	6
AlK	16
SiK	28
K K	0
CaK	8
FeK	1

EDS 3 Spot 12



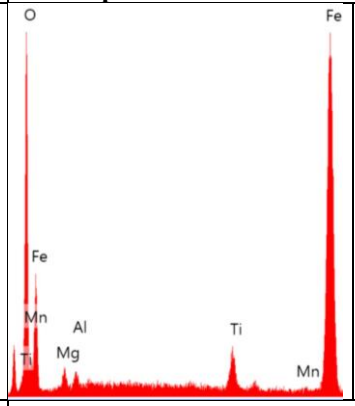
Element	Weight %
O K	40
NaK	6
AlK	16
SiK	29
K K	1
CaK	7
FeK	1

EDS 3 Spot 13



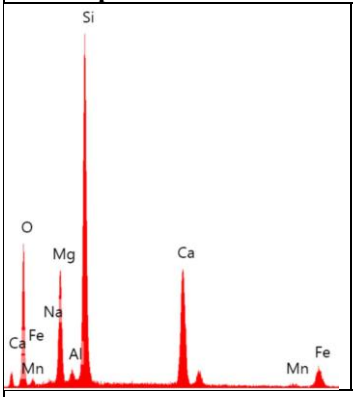
Element	Weight %
O K	38
NaK	1
MgK	10
AlK	2
SiK	25
CaK	16
TiK	1
FeK	8

EDS 3 Spot 14



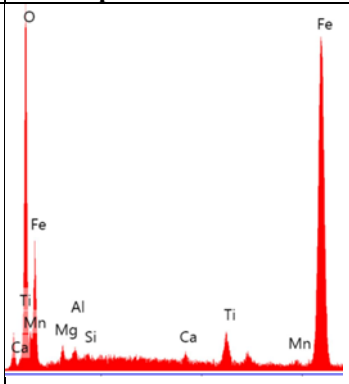
Element	Weight %
O K	24
MgK	2
AlK	1
TiK	3
MnK	1
FeK	69

EDS 3 Spot 15



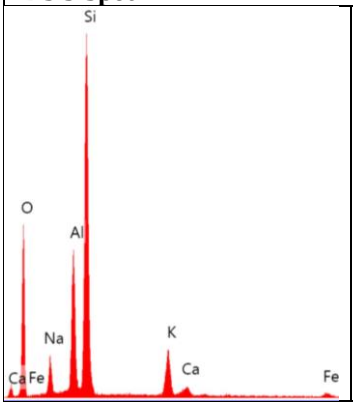
Element	Weight %
O K	38
NaK	1
MgK	10
AlK	1
SiK	25
CaK	17
MnK	1
FeK	7

EDS 3 Spot 16



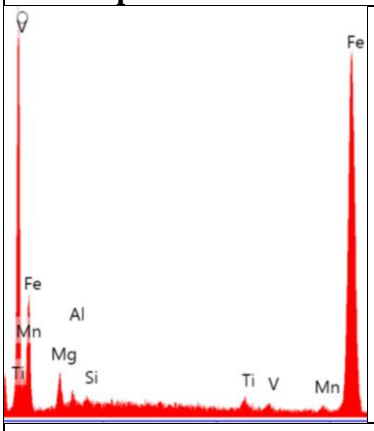
Element	Weight %
O K	26
MgK	1
AlK	1
SiK	0
CaK	1
TiK	3
MnK	1
FeK	67

EDS 3 Spot 17



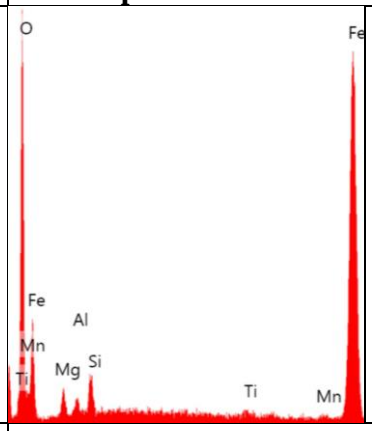
Element	Weight %
O K	41
NaK	5
AlK	12
SiK	32
K K	6
CaK	1
FeK	1

EDS 4 Spot 1



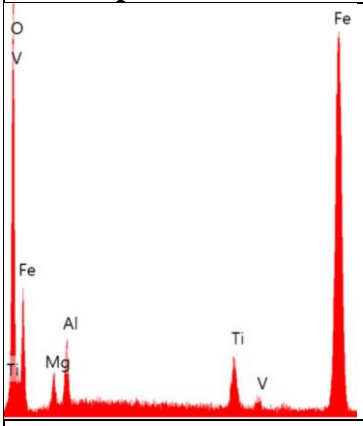
O K	25
MgK	3
AlK	1
SiK	0
TiK	1
V K	0
MnK	1
FeK	69

EDS 4 Spot 2



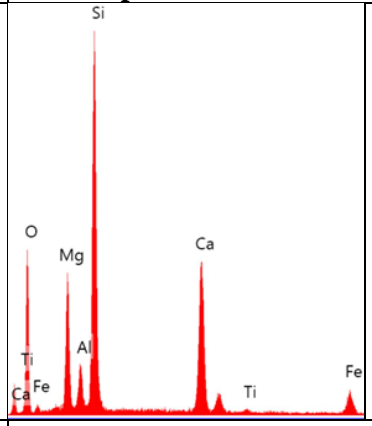
Element	Weight
O K	23,92
MgK	2,31
AlK	0,94
SiK	1,79
TiK	0,68
MnK	0,80
FeK	69,56

EDS 4 Spot 3



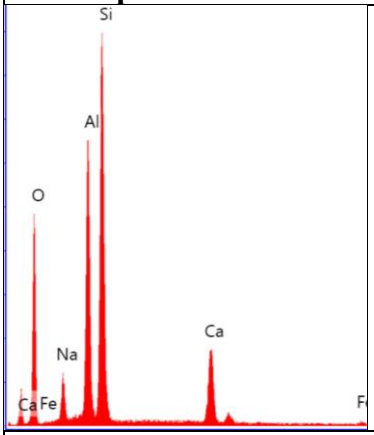
Element	Weight
O K	26
MgK	2
AlK	3
TiK	4
V K	1
FeK	64

EDS 4 Spot 4



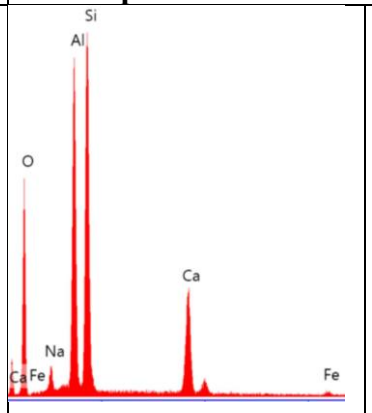
Element	Weight
O K	39
MgK	10
AlK	3
SiK	24
CaK	18
TiK	0
FeK	6

EDS 4 Spot 5



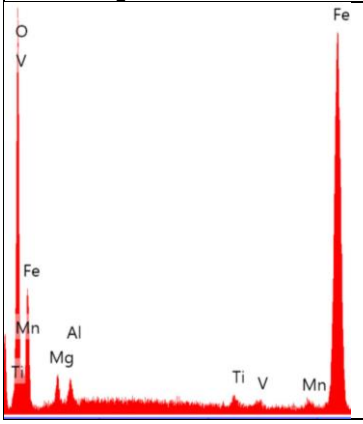
Element	Weight
O K	42
NaK	5
AlK	17
SiK	26
CaK	9
FeK	0

EDS 4 Spot 6



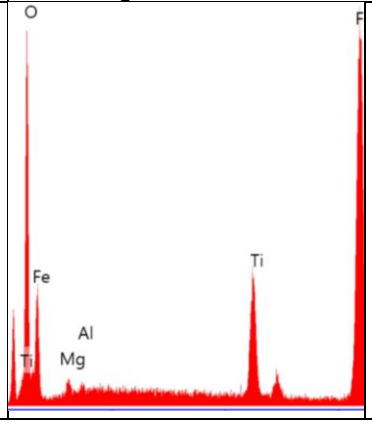
Element	Weight
O K	42
NaK	3
AlK	19
SiK	24
CaK	13
FeK	1

EDS 4 Spot 7



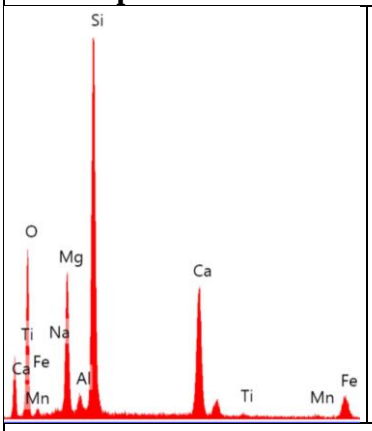
Element	Weight
O K	23
MgK	3
AlK	2
TiK	1
V K	1
MnK	1
FeK	69

EDS 4 Spot 8



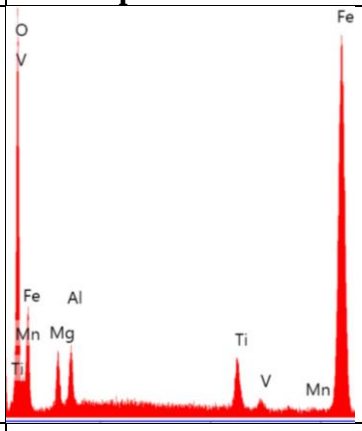
Element	Weight
O K	26
MgK	1
AlK	0
TiK	9
FeK	63

EDS 4 Spot 9



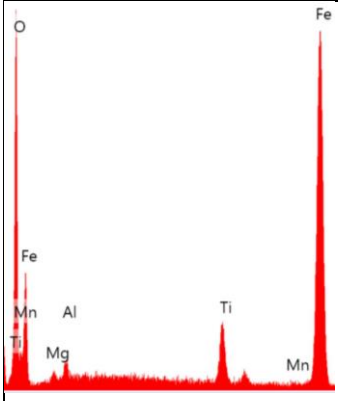
Element	Weight
O K	38
NaK	1
MgK	11
AlK	1
SiK	25
CaK	16
TiK	0
MnK	1
FeK	7

EDS 4 Spot 10



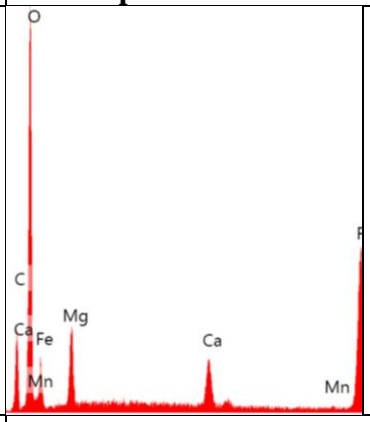
Element	Weight
O K	24
MgK	4
AlK	3
TiK	4
V K	0
MnK	0
FeK	64

EDS 4 Spot 11



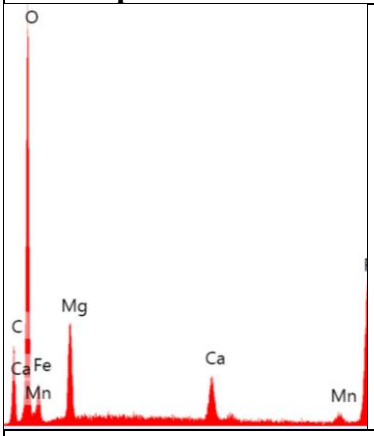
Element	Weight
O K	26
MgK	1
AlK	2
TiK	5
MnK	0
FeK	66

EDS 4 Spot 12



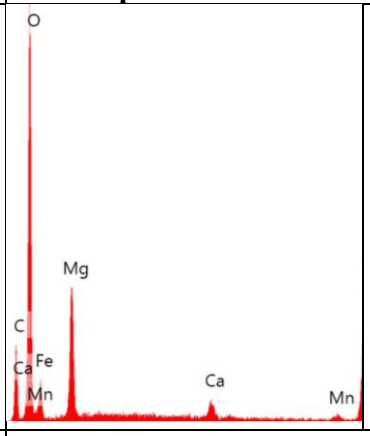
Element	Weight
C K	18
O K	41
MgK	6
CaK	3
MnK	0
FeK	32

EDS 4 Spot 13



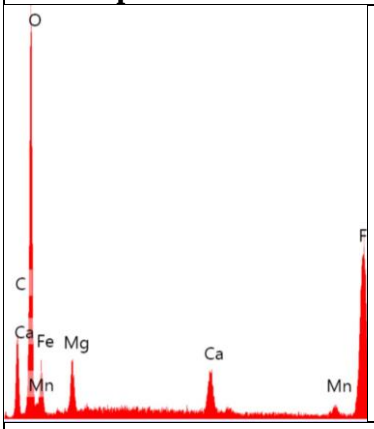
Element	Weight
C K	19
O K	41
MgK	7
CaK	3
MnK	1
FeK	29

EDS 4 Spot 14



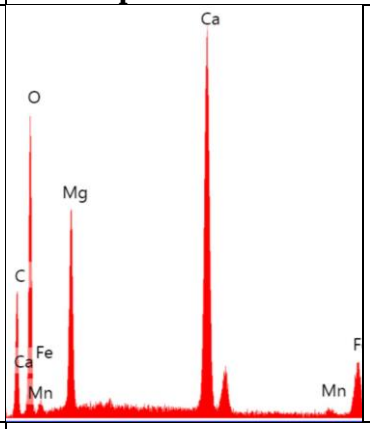
Element	Weight
C K	17
O K	43
MgK	9
CaK	22
MnK	1
FeK	8

EDS 4 Spot 15



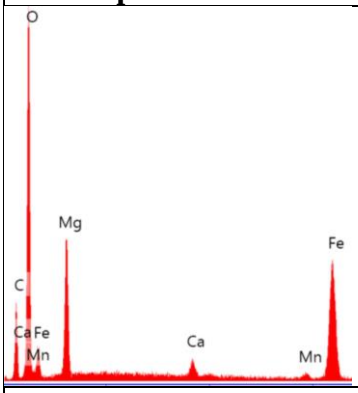
Element	Weight
C K	19
O K	40
MgK	4
CaK	3
MnK	1
FeK	33

EDS 4 Spot 16



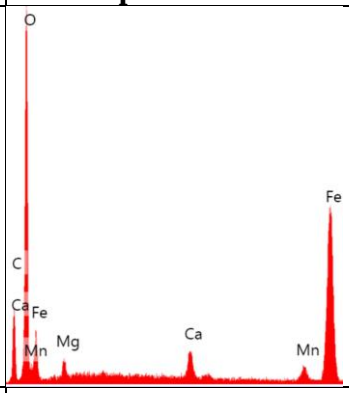
Element	Weight
C K	20
O K	42
MgK	10
CaK	1
MnK	1
FeK	26

EDS 4 Spot 17



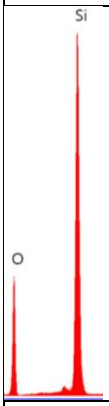
Element	Weight
C K	20
O K	42
MgK	10
CaK	1
MnK	1
FeK	26

EDS 4 Spot 18



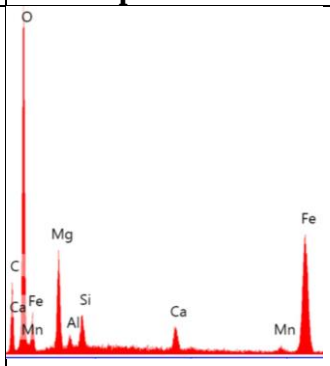
Element	Weight
C K	18
O K	39
MgK	2
CaK	2
MnK	2
FeK	36

EDS 4 Spot 19



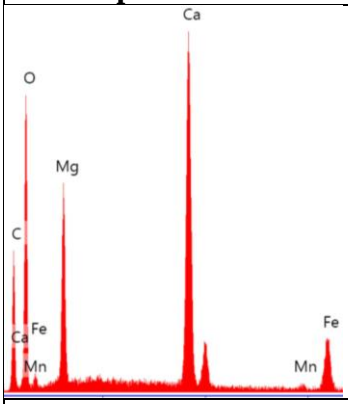
Element	Weight
O K	49
SiK	51

EDS 4 Spot 20



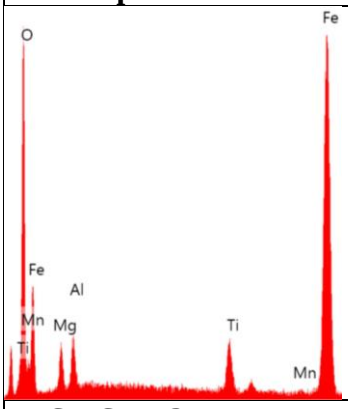
Element	Weight
C K	20
O K	42
MgK	7
AlK	0
SiK	2
CaK	2
MnK	1
FeK	26

EDS 4 Spot 21



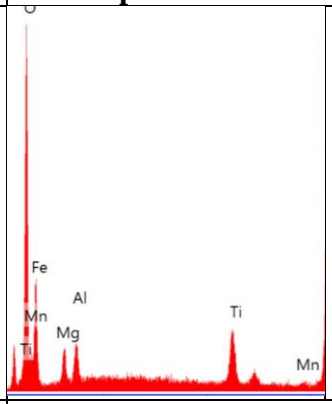
Element	Weight
C K	18
O K	43
MgK	8
CaK	21
MnK	0
FeK	8

EDS 5 Spot 1



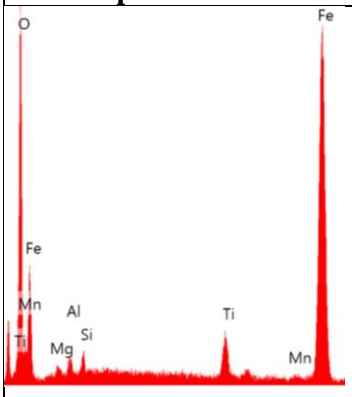
O K	24
MgK	4
AlK	3
TiK	4
MnK	0
FeK	64

EDS 5 Spot 2



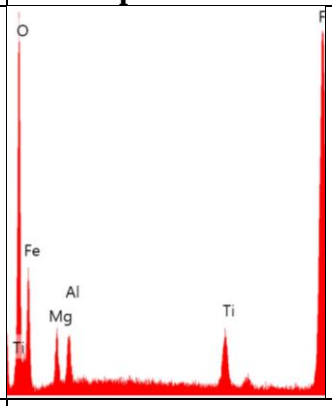
Element	Weight
O K	24
MgK	3
AlK	2
TiK	5
MnK	0
FeK	66

EDS 5 Spot 3



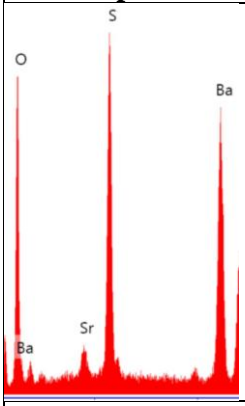
Element	Weight
O K	26
MgK	1
AlK	1
SiK	1
TiK	4
MnK	1
FeK	67

EDS 5 Spot 4



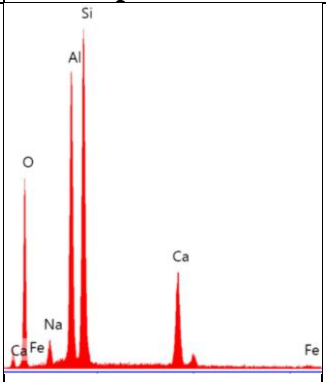
Element	Weight
O K	24
MgK	4
AlK	3
TiK	4
FeK	64

EDS 5 Spot 5



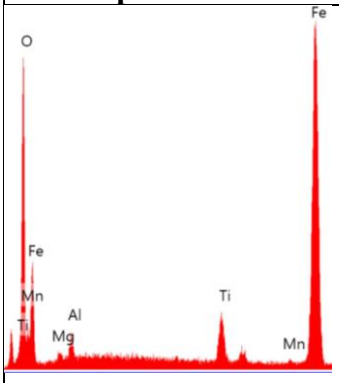
Element	Weight
O K	24
SrL	3
S K	15
BaL	58

EDS 5 Spot 6



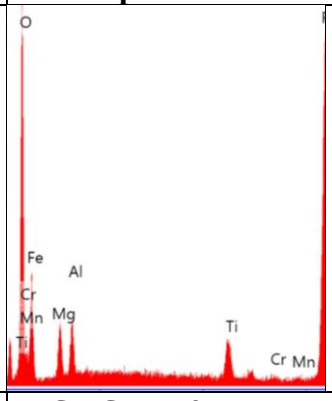
Element	Weight
O K	41
NaK	3
AlK	19
SiK	24
CaK	12
FeK	1

EDS 5 Spot 7



Element	Weight
O K	23
MgK	1
AlK	2
TiK	4
MnK	1
FeK	69

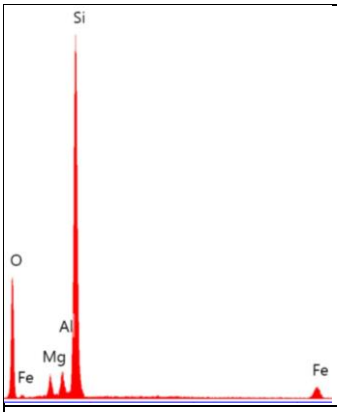
EDS 5 Spot 8



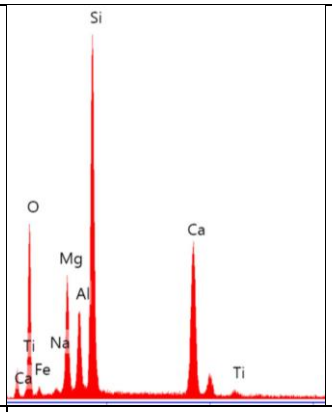
Element	Weight
O K	24
MgK	4
AlK	3
TiK	3
CrK	1
MnK	1
FeK	64

EDS 5 Spot 9

EDS 5 Spot 10

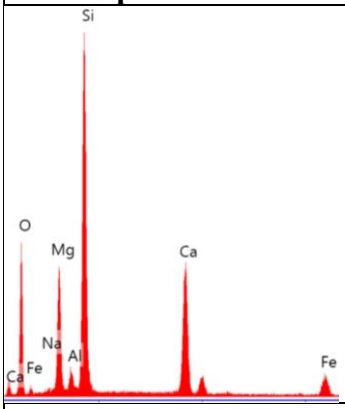


Element	Weight
O K	41
MgK	3
AlK	3
SiK	45
FeK	8



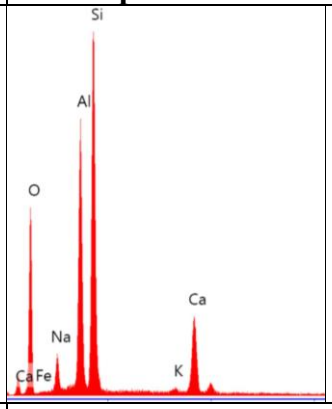
Element	Weight
O K	38
NaK	1
MgK	8
AlK	6
SiK	22
CaK	18
TiK	1
FeK	7

EDS 5 Spot 11



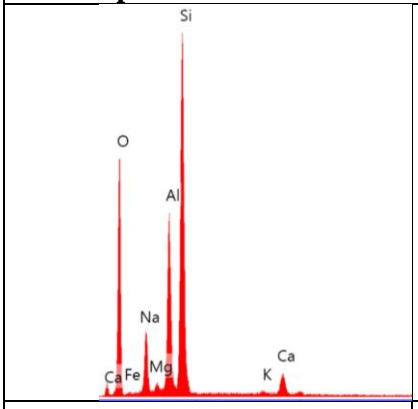
Element	Weight
O K	38
NaK	1
MgK	11
AlK	2
SiK	25
CaK	17
FeK	6

EDS 5 Spot 12



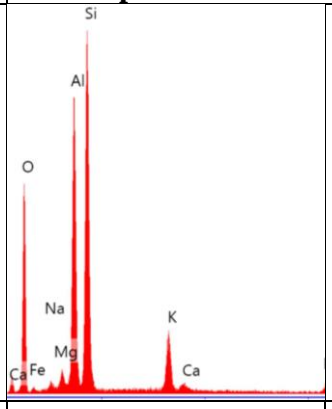
Element	Weight
O K	41
NaK	4
AlK	17
SiK	26
K K	0
CaK	10
FeK	1

EDS 5 Spot 13



Element	Weight
O K	44
NaK	9
MgK	1
AlK	13
SiK	28
K K	0
CaK	3
FeK	1

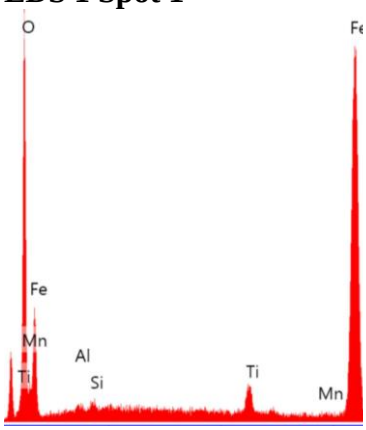
EDS 4 Spot 14



Element	Weight
O K	41
NaK	1
MgK	1
AlK	19
SiK	27
K K	6
CaK	1
FeK	3

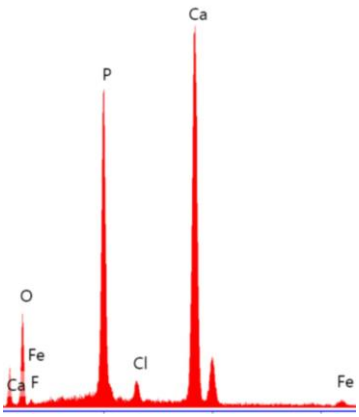
TP2 SEM ANALİZ SONUÇLARI

EDS 1 Spot 1



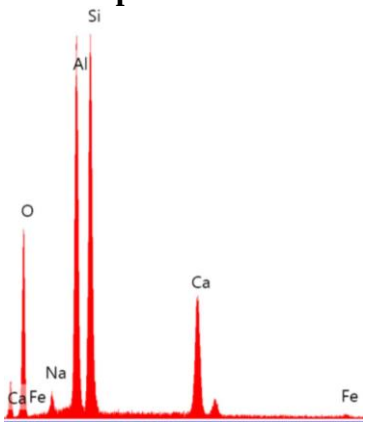
Element	Weight
O K	25
AlK	0
SiK	0
TiK	3
MnK	1
FeK	72

EDS 1 Spot 2



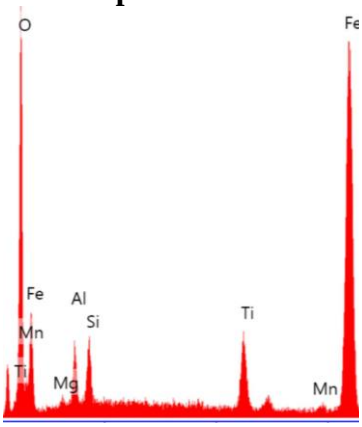
Element	Weight
O K	34
F K	2
P K	19
ClK	2
CaK	42
FeK	2

EDS 1 Spot 3



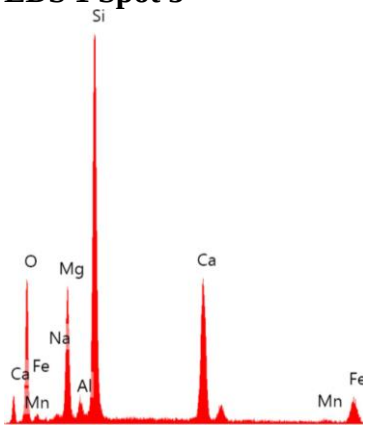
Element	Weight
O K	40
NaK	2
AlK	20
SiK	23
CaK	14
FeK	0

EDS 1 Spot 4



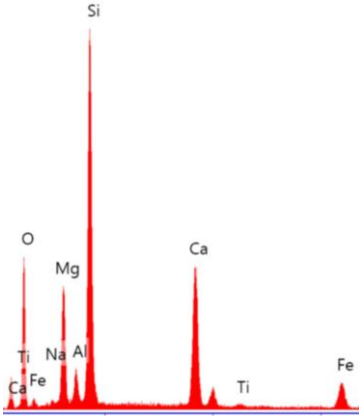
Element	Weight
O K	26
MgK	1
AlK	3
SiK	3
TiK	5
MnK	1
FeK	61

EDS 1 Spot 5



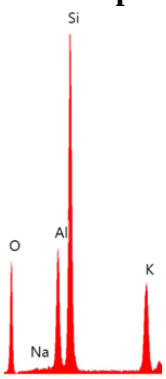
Element	Weight
O K	37
NaK	1
MgK	10
AlK	1
SiK	26
CaK	18
MnK	0
FeK	7

EDS 1 Spot 6



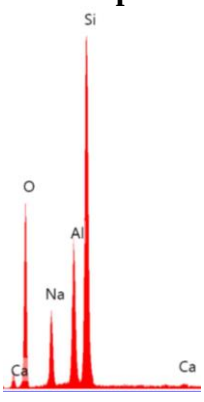
Element	Weight
O K	37
NaK	1
MgK	10
AlK	3
SiK	25
CaK	18
TiK	0
FeK	8

EDS 1 Spot 7



Element	Weight
O K	41
NaK	1
AlK	11
SiK	32
K K	15

EDS 1 Spot 8

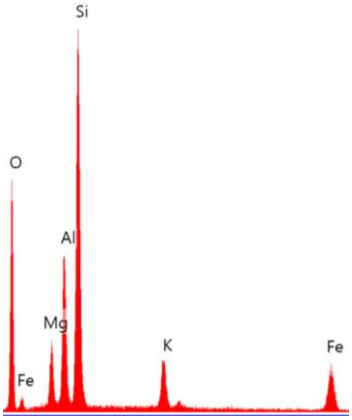


Element	Weight
O K	40
NaK	11
AlK	13
SiK	35
CaK	1

EDS 1 Spot 9

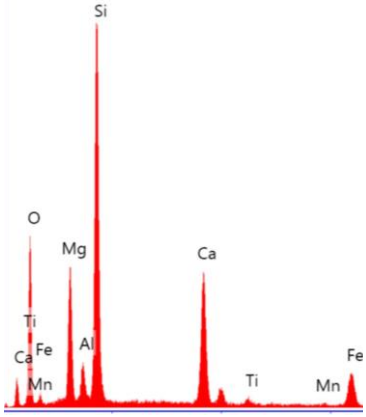
Element	Weight
O K	47
SiK	54

EDS 1 Spot 10



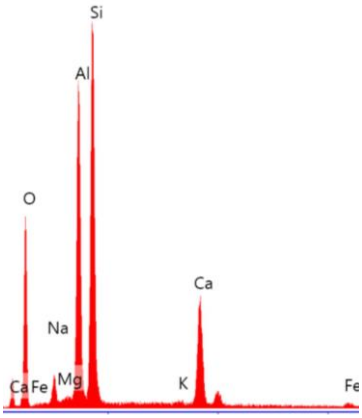
Element	Weight
O K	39
MgK	5
AlK	11
SiK	27
K K	5
FeK	13

EDS 1 Spot 11



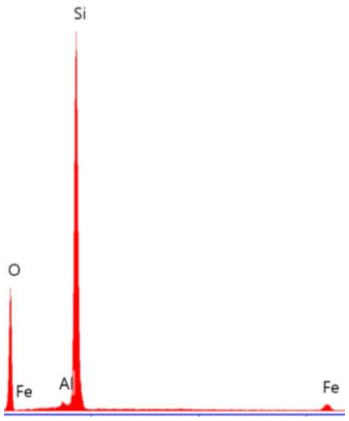
Element	Weight
O K	37
MgK	10
AlK	3
SiK	24
CaK	15
TiK	1
MnK	1
FeK	10

EDS 1 Spot 12



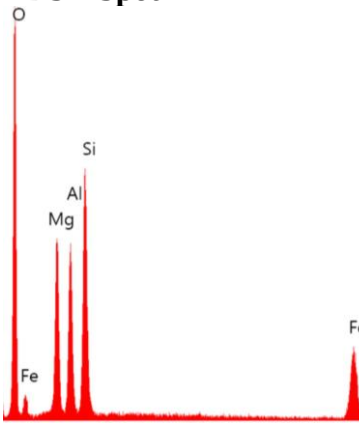
Element	Weight
O K	40
NaK	3
MgK	0
AlK	19
SiK	25
K K	0
CaK	12
FeK	1

EDS 1 Spot 13



Element	Weight
O K	45
AlK	1
SiK	49
FeK	5

EDS 1 Spot 14

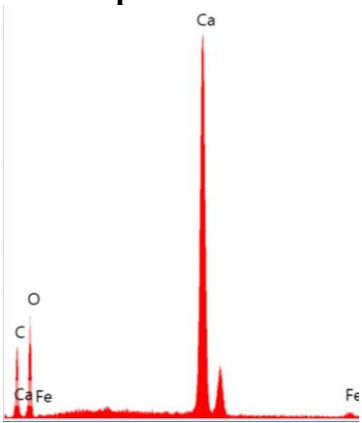


Element	Weight
O K	42
MgK	13
AlK	11
SiK	16
FeK	18

EDS 1 Spot 15

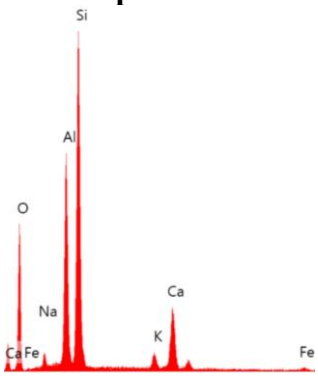
Element	Weight
O K	47
AlK	1
SiK	52

EDS 1 Spot 16



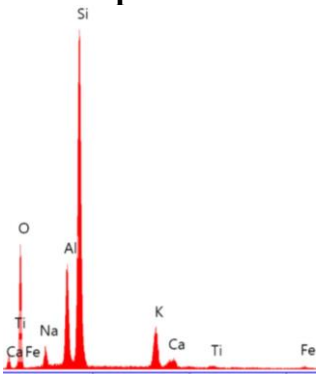
Element	Weight
C K	13
O K	41
CaK	44
FeK	1

EDS 1 Spot 17



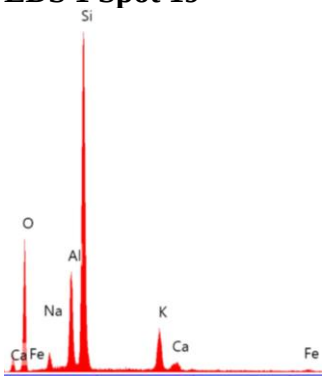
Element	Weight
O K	40
NaK	2
AlK	16
SiK	29
K K	2
CaK	10
FeK	1

EDS 1 Spot 18



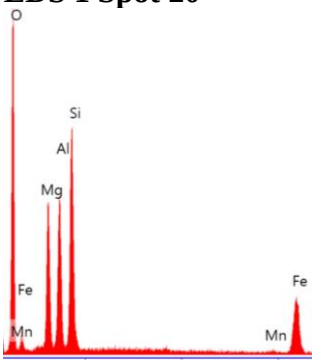
Element	Weight
O K	41
NaK	3
AlK	10
SiK	36
K K	7
CaK	2
TiK	0
FeK	1

EDS 1 Spot 19



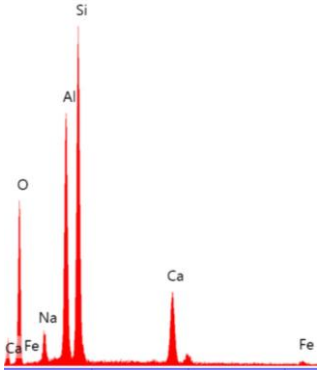
Element	Weight
O K	42
NaK	3
AlK	10
SiK	35
K K	7
CaK	2
FeK	1

EDS 1 Spot 20



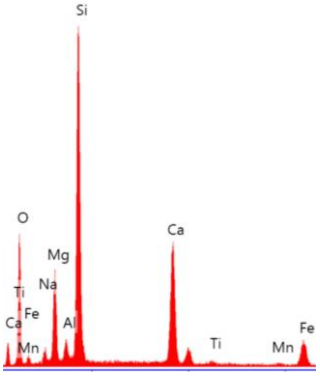
Element	Weight
O K	42
MgK	12
AlK	12
SiK	16
MnK	0
FeK	17

EDS 1 Spot 21



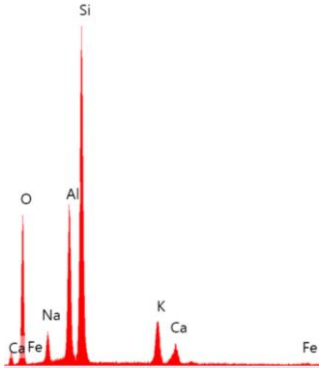
Element	Weight
O K	40
NaK	4
AlK	18
SiK	26
CaK	11
FeK	0

EDS 1 Spot 22



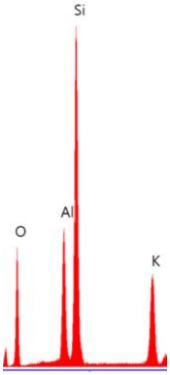
Element	Weight
O K	36
NaK	2
MgK	8
AlK	2
SiK	25
CaK	17
TiK	1
MnK	1
FeK	9

EDS 1 Spot 23



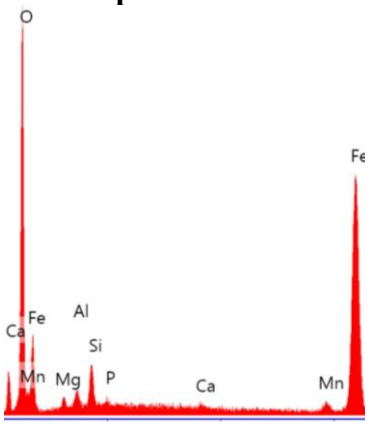
Element	Weight
O K	42
NaK	5
AlK	14
SiK	30
K K	6
CaK	3
FeK	1

EDS 1 Spot 24



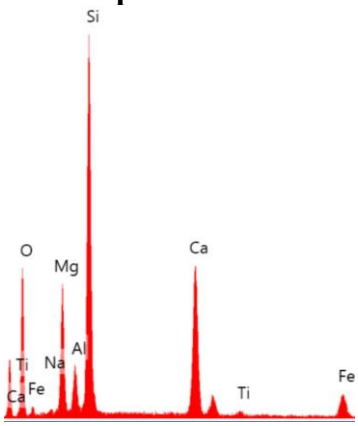
Element	Weight
O K	41
AlK	12
SiK	32
K K	15

EDS 2 Spot 1



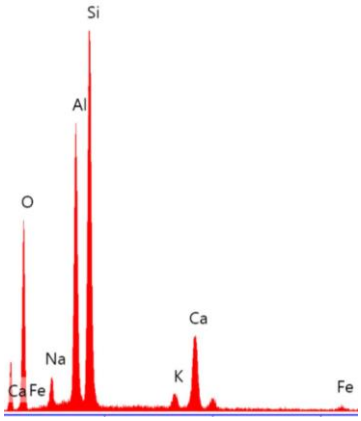
Element	Weight
O K	32
MgK	1
AlK	2
SiK	2
P K	0
CaK	1
MnK	2
FeK	60

EDS 2 Spot 2



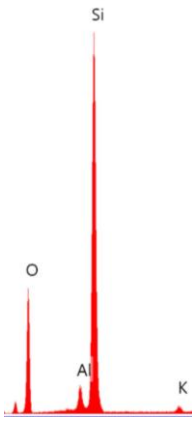
Element	Weight
O K	37
NaK	1
MgK	9
AlK	3
SiK	24
CaK	18
TiK	0
FeK	7

EDS 2 Spot 3



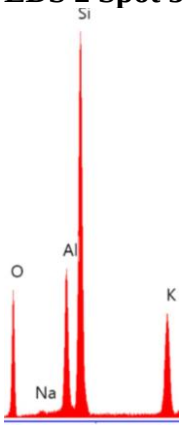
Element	Weight
O K	41
NaK	4
AlK	17
SiK	26
K K	2
CaK	10
FeK	0

EDS 2 Spot 4



Element	Weight
O K	47
AlK	4
SiK	48
K K	1

EDS 2 Spot 5

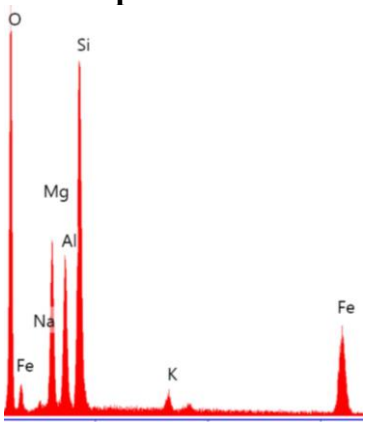


Element	Weight
O K	40
NaK	1
AlK	12
SiK	33
K K	15

EDS 2 Spot 6

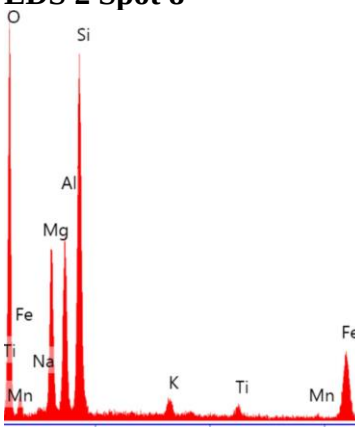
Element	Weight
O K	46
SiK	54

EDS 2 Spot 7



Element	Weight
O K	40
NaK	1
MgK	11
AlK	9
SiK	19
K K	1
FeK	19

EDS 2 Spot 8

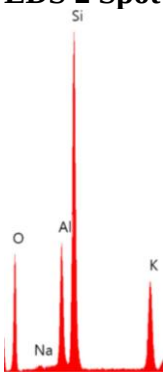


Element	Weight
O K	40
NaK	1
MgK	11
AlK	10
SiK	20
K K	1
TiK	1
MnK	1
FeK	15

EDS 2 Spot 9

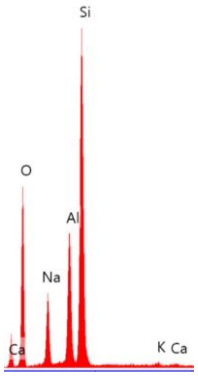
Element	Weight
O K	47
AlK	1
SiK	52

EDS 2 Spot 10



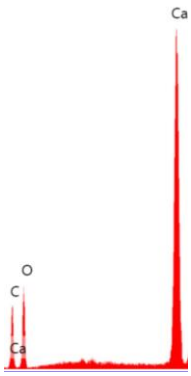
Element	Weight
O K	41
NaK	1
AlK	11
SiK	32
K K	15

EDS 2 Spot 11



Element	Weight
O K	41
NaK	11
AlK	13
SiK	34
K K	0
CaK	0

EDS 2 Spot 12

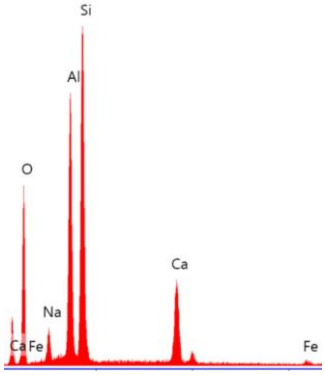


Element	Weight
C K	13
O K	42
CaK	45

EDS 2 Spot 13

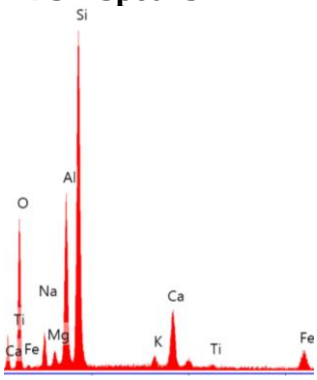
Element	Weight
O K	47
AlK	1
SiK	52

EDS 2 Spot 14



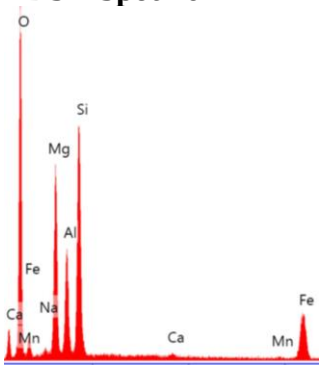
Element	Weight
O K	40
NaK	4
AlK	18
SiK	25
CaK	12
FeK	1

EDS 2 Spot 15



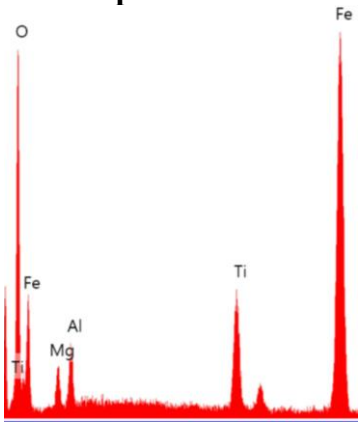
Element	Weight
O K	37
NaK	4
MgK	1
AlK	13
SiK	28
K K	1
CaK	9
TiK	1
FeK	7

EDS 2 Spot 16



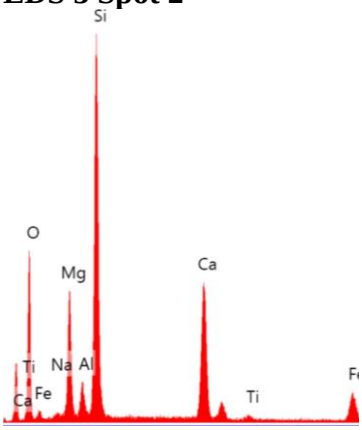
Element	Weight
O K	42
NaK	1
MgK	15
AlK	8
SiK	17
CaK	0
MnK	1
FeK	15

EDS 3 Spot 1



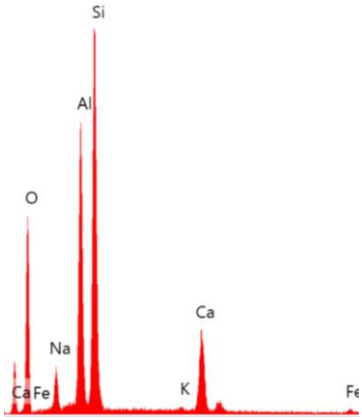
Element	Weight
O K	25
MgK	3
AlK	3
TiK	9
FeK	60

EDS 3 Spot 2



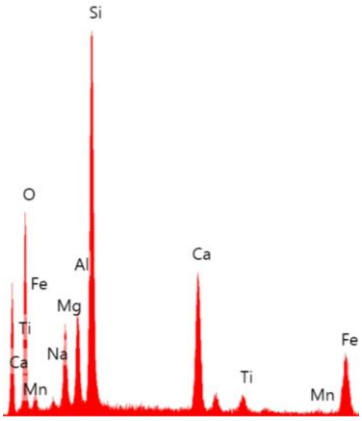
Element	Weight
O K	38
NaK	1
MgK	10
AlK	2
SiK	24
CaK	17
TiK	0
FeK	8

EDS 3 Spot 3



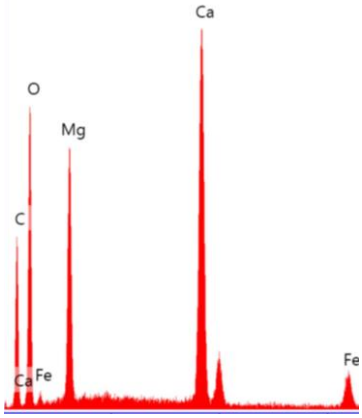
Element	Weight
O K	41
NaK	5
AlK	17
SiK	26
K K	0
CaK	10
FeK	1

EDS 3 Spot 4



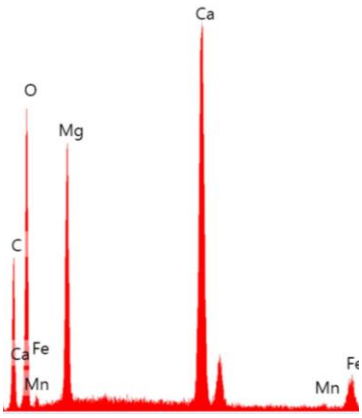
Element	Weight
O K	35
NaK	1
MgK	6
AlK	6
SiK	21
CaK	13
TiK	2
MnK	0
FeK	14

EDS 3 Spot 5



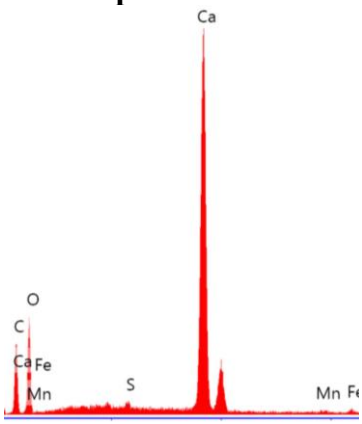
Element	Weight
C K	21
O K	43
MgK	10
CaK	21
FeK	5

EDS 3 Spot 6



Element	Weight
C K	19
O K	43
MgK	10
CaK	22
MnK	1
FeK	5

EDS 3 Spot 7

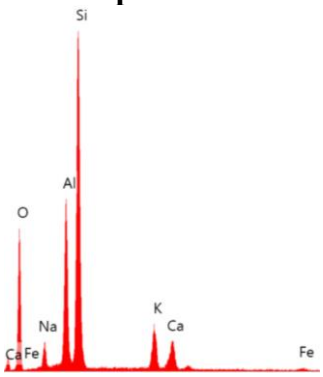


Element	Weight
C K	13
O K	41
S K	0
CaK	44
MnK	1
FeK	1

EDS 3 Spot 8

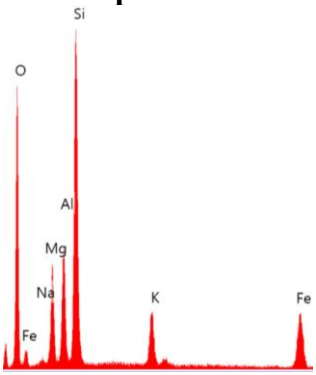
Element	Weight
O K	47
SiK	53

EDS 3 Spot 9



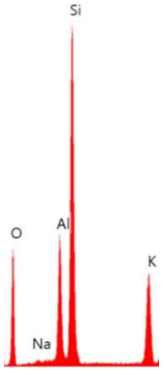
Element	Weight
O K	40
NaK	4
AlK	14
SiK	30
K K	6
CaK	5
FeK	1

EDS 3 Spot 10



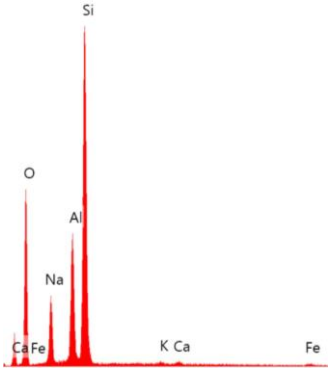
Element	Weight
O K	40
NaK	1
MgK	8
AlK	8
SiK	22
K K	5
FeK	16

EDS 3 Spot 11



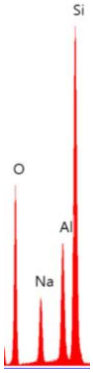
Element	Weight
O K	41
NaK	0
AlK	11
SiK	32
K K	15

EDS 3 Spot 12



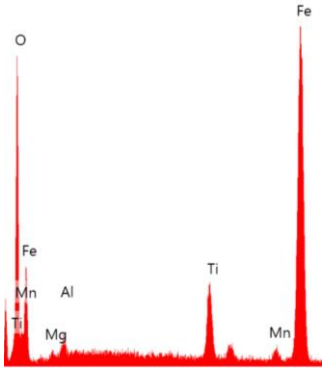
Element	Weight
O K	41
NaK	11
AlK	13
SiK	35
K K	0
CaK	0
FeK	0

EDS 3 Spot 13



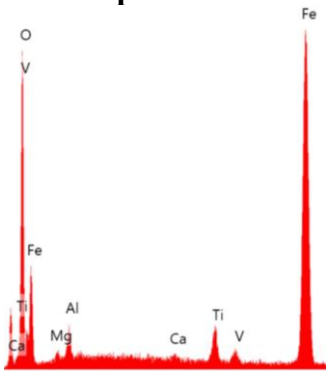
Element	Weight
O K	41
NaK	11
AlK	12
SiK	35

EDS 4 Spot 1



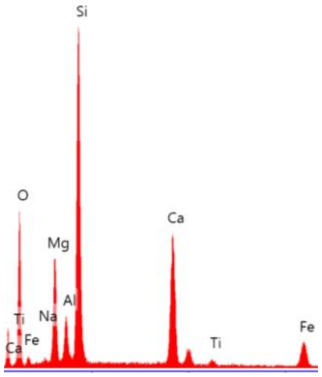
Element	Weight %
O K	23
MgK	1
AlK	1
TiK	7
MnK	2
FeK	66

EDS 4 Spot 2



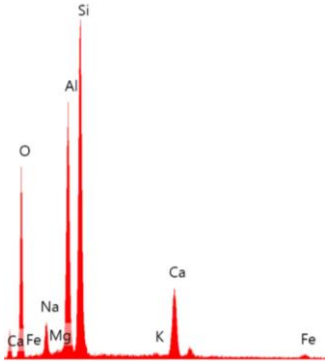
Element	Weight %
O K	23
MgK	1
AlK	2
CaK	1
TiK	3
V K	1
FeK	69

EDS 4 Spot 3



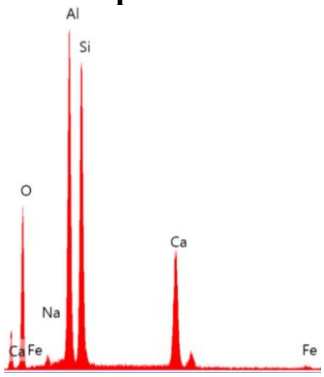
Element	Weight %
O K	37
NaK	1
MgK	9
AlK	4
SiK	23
CaK	17
TiK	1
FeK	8

EDS 4 Spot 4



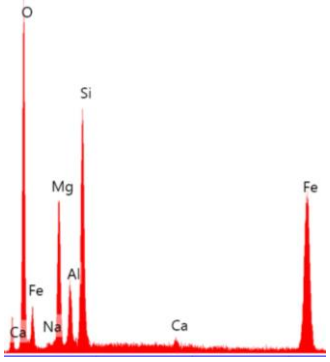
Element	Weight %
O K	41
NaK	4
MgK	0
AlK	17
SiK	26
K K	0
CaK	10
FeK	1

EDS 4 Spot 5



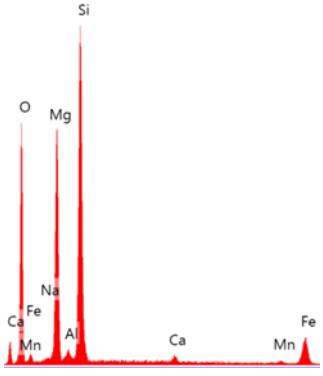
Element	Weight %
O K	40
NaK	1
AlK	21
SiK	22
CaK	15
FeK	1

EDS 4 Spot 6



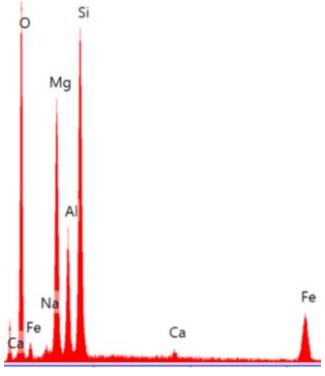
Element	Weight %
O K	32
NaK	1
MgK	12
AlK	4
SiK	14
CaK	1
FeK	37

EDS 4 Spot 7



Element	Weight %
O K	39
NaK	0
MgK	21
AlK	1
SiK	28
CaK	1
MnK	1
FeK	9

EDS 4 Spot 8



Element	Weight %
O K	40
NaK	1
MgK	17
AlK	8
SiK	21
CaK	1
FeK	12

SERÜVEN YAYINEVİ

www.seruvenyayinevi.com

/seruvenyayinevi
/seruvenyayinevi
/seruvenyayinevi

9 786256 760424