Türkiye'de Bulunan Yumuşakçaların Kabuklarının Mikroyapı ve Kristallografik Tekstür Özelliklerinin Araştırılması

Program Kodu: 3001

Proje No: 114F513

Proje Yürütücüsü:

Doç. Dr. Şerife YALÇIN

Danışman: Prof. Dr. Antonio Checa

Kasım 2017

Şanlıurfa

Önsöz

TÜBİTAK 3001 kapsamında desteklenen bu projede, Molluska Gastropod grubunda yer alan 13 adet örneğin, X-Işını Difraktometresi (XRD), ile kristallografik kutup şekli özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve geçirmeli elektron mikroskobu (TEM) odaklanmış iyon ışınımı (FIB) kullanılarak nano yapıdaki kristallografik yönelimler belirlenmiştir. Küçük bölge elektron difraksiyonu (SAED) deseni incelenerek örneklere ait kristal özellikler belirlenmiştir.

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 114F513 no'lu "Türkiye'de Bulunan Yumuşakçaların Kabuklarının Mikro yapı ve Kristallografik Textür Özelliklerinin Araştırılması" başlıklı proje tarafından desteklenmiştir. Proje önerisinde verilen tüm iş paketleri başarı ile yerine getirilmiş, istenilen hedefe ulaşılmıştır. Projeden elde edilen bulgular SCI kapsamındaki dergilerde yayınlanma aşamasındadır ve uluslararası kongrelerde sunularak paydaşlarla paylaşılmıştır.

Bu projenin yürütülebilmesi için mali destek sağlayan TÜBİTAK kurumuna, araştırmamı gerçekleştirebilmem için bana yasal izin veren Orman ve Su İşleri Bakanlığı ve personeline teşekkür ederim. Proje önerisinin gönderilmesinden itibaren her adımda desteklerini gördüğüm Matematik-Fizik araştırma destek grubu üyelerine, personeline ve raporları değerlendiren bilim adamlarına, hizmet aldığım Unam araştırma merkezine özellikle FIB ölçümlerini gerçekleştiren uzman Mustafa GÜLER'e, Harran üniversitesi merkezi laboratuvara ayrı ayrı teşekkür ederim.

03.01.2018

Doç. Dr. Şerife YALÇIN

İÇİNDEKİLER **Sayfa**

ÖNSÖZ..... i
İÇİNDEKİLER..... ii
TABLO LİSTESİ..... iii
ŞEKİL LİSTESİ..... iv
ÖZET v
İNGİLİZCE ÖZET..... vi
1 – GİRİŞ 1
1.1 Gastropod türü..... 2
2- LİTERATÜR ÖZETİ..... 5
3 – GEREÇ VE YÖNTEM 8
3.1 Kutup şekli analizi 13
3.1.1 Tekstür stresi hesabı..... 17
3.2. Mikroyapı incelemesi..... 19
4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 23
5 – SONUÇLAR 31
6 – KAYNAKLAR 31
EKLER..... 34

TABLO LİSTESİ

Tablo **Sayfa**

Tablo 1: Sınıflandırılmış Gastropod örnekler…….. 3
Tablo 2: Sınıflandırılmış Pelecypoda örnekler…….. 4

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1: Pelecypodlarda genel kabuk şekilleri ……..…. 2
Şekil 2: Conus örneklerin bulunduğu konum ……... 8
Şekil 3: Mersin kıyı limanından toplanan örnekler ……..…. 9
Şekil 4: Callista Chione ve Aconthocordia Tuberculata Örneklerin bulunduğu konum ……..…10
Şekil 5: Didim kıyı limanından toplanan örnekler ……11
Şekil 6: Patella örneklerin bulunduğu konum ……..11
Şekil 7: İskenderun kıyı limanından toplanan örnek ……..……12
Şekil 8: Kolleksiyonculardan alınan örnekler ……...……12
Şekil 9: X-Işını difraktometresi ve örneğin yerleştirilmesi ……..…….. 14
Şekil 10: Aconthocordia Tuberculata'nın X-ışını kırınım deseni ……..….. 14
Şekil 11: Callista Chione'ın X-ışını kırınım deseni ……..… 15
Şekil 12: X-ışını kutup şekli ölçüm geometrisi…….……..… 16
Şekil 13: Örneğin referans seçimi için genel tanım…….……..… 16
Şekil 14: Callista Chione'ın Kutup şekli ölçümleri ……..…… 18
Şekil 15: Callista Chione'ın Kutup şekli analizi ……..…….. 19
Şekil 16: Mikro yapısı incelenecek örneklerin hazırlanışı ……..…. 19
Şekil 17: Odaklanmış İyon Işınımı (FIB) cihazı ……..... 20
Şekil 18: FIB-SEM çalışmaları…..……..……..... 21
Şekil 19: Örneklerin FIB-TEM analizi için gride alınması, örnek model…….…… 22
Şekil 20: Malzeme yüzeyinden alınmış tabaka ve prizmalara ait SEM görüntüsü …….…… 23
Şekil 21: FIB ile kesitlenmiş örneğin içyapısı, SEM çalışması.……24
Şekil 22: FIB-TEM görüntüsü ve kristallografik düzlemler……... 25
Şekil 23: FIB ile kesitlenmiş örneğin içyapısı (SEM görüntüleri) …….……26
Şekil 24: Conidae anemone örneği için FIB-TEM görüntüsü ……..……28
Şekil 25: FIB-TEM görüntüsü ve kristallografik düzlemler…….……30
Şekil 26: Kutup şekli analizleri……..……30
Şekil 27: Conus örneği için FIB-TEM görüntüsü…… 35
Şekil 28: Conidae cona spirella örneği için FIB-TEM görüntüsü …… 37

Özet

Kristallerin tercihli yönelmesi, bu yapılarda doğal olarak meydana gelen bir özelliktir ve dayanıklılık, elektriksel iletkenlik, manyetik alınganlık, ışık kırıcılığı, dalga yayınımı ve özellikle bu özelliklerin anizotropisinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Son yıllarda tekstür araştırmaları metalurjistler tarafından araştırılmakta olup günümüzde yüksek sıcaklıkta süper iletken seramikler hazırlanmasında büyük bir önem kazanmıştır. Maddelerin mekanik ve manyetik gibi çoğu özellikleri esasen anizotropiktir. Polikristaller sarılmış metal yapraklara benzer. Böylece, tekstür özelliklerinin belirlenmesi ve yorumlanması yerbilimciler için temel öneme sahiptir. Malzeme biliminde, termo mekaniksel durumdaki tekstür değişiminin analizi yeniden kristalleşme ve faz geçişleri gibi katı hal durumları hakkında önemli bilgiler içermektedir. Jeolojide ise bu analizler jeolojik oluşum süreçlerine ışık tutar.

Molluska kabukları muhteşem yapılarından dolayı pek çok araştırmacı için ilginç bir araştırma konusu olmuştur. Bu kabuklar 30 farklı proteinden oluşmakta olup oldukça sağlam yapıdadır. Mühendislikte ve Tıpta oldukça popüler olan bu kabuklar yoğun olarak kalsiyum karbonat içermektedir. Bu nedenle Molluska kabuklarının mikro yapı araştırmaları tıptan matematiğe pek çok bilim dalında araştırılmaktadır. Kabuklar fosillerde en yaygın bir şekilde korunduğu için jeolojik oluşumların yaş tayininde önemli bir yer tutmaktadır.

Bu çalışmada Gastropod sınıfına ait olan 13 farklı molluska örneğinin yapısal özellikleri X-ışını Difraktometresi (XRD)- Kutup Şekli Analizi (Pole Figure Analizi), Odaklanmış İyon Işınımı (FIB), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Geçirmeli Elektron Mikroskobu (TEM) ile yapısal karakterizasyonu yapıldı. TEM ile küçük bölgede elektron kırınımı (SAED) desenleri incelenerek örneklerde tek veya ikiz kristallenme olup olmadığı belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Mollusk kabukları, Tekstür Analizi, Mikroyapı

Abstract

The preferred orientation of the crystals is an instinctive feature and it has a great importance in durability, electrical conductivity, magnetic susceptibility, light refraction, wave propagation, and the anisotropy of these features. In recent years, texturing has been investigated by research and it has gained great importance in the preparation of superconducting ceramics at high temperature by metallurgist. Most of the mechanical and magnetic properties of materials are substantially anisotropic. Similar to polycrystalline metal foil wrapped. Thus, the determination and interpretation of texture properties has fundamental importance for the geologists.

In materials science, The analysis of texture variation in the situation of thermo mechanical contain important information about solid-state such as phase transitions and recrystallization processes and these analyzes shed light on geological formation process in geology.

Mollusk shells have been an interesting research topic for many researchers due to the excellent structure. This shell is composed of 30 different protein structures and it has very strong structure. These shells are quite popular in Engineering, Medicine and many branches of science from medicine to mathematics research because it contains calcium carbonate as intense. These shells has a great importance in a geological formation because shells protected in the most common form in fossil, it is helpful determination of the age of geological formation.

In this study, the structural properties of 13 molluska sample that is Gastrapod class has been investigated by X-ray diffraction (XRD)- Pole Figure Analyzer (Pole Figure Analysis), Focused Ion Beam (FIB), Scanning Electron Microscopy (SEM), Transmission Electron Microscopy (TEM). As examine of Small Angle Electron Diffraction (SAED) with TEM It has been determined whether these samples have single or twin crystal properties.

Keywords: Mollusk shells, Texture Analysis, Microstructure

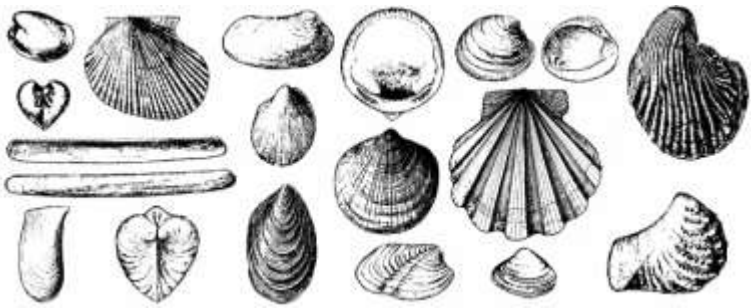
1. GİRİŞ

Deniz kabuğu kemiksiz, yumuşak vücutlu deniz canlıları olan yumuşakçaların (Molluska) vücutlarını çevreleyen koruyucu, sert tabakalı dış iskeletlerini oluşturmaktadır. Bu kabuklar sayesinde yumuşakçaların vücutları su içinde olmadıkları zaman bile nemli kalır. Kabuk oluşumunu sağlayan malzeme olan kalsiyum, yumuşakçanın kanında bol miktarda bulunduğundan kabuk oluşumu için yumuşakçanın vücudundan salgılanır. Salgılanan malzeme setleştikçe kabuk da büyür. Kabuğun altında bulunan ve iç organları çevreleyen yumuşak dokuya ise manto denir. Kandan ayrılan kalsiyum, mantonun belirli noktalarından salınarak kalsiyum karbonat kristallerini oluşturur. Manto, bu kristal katmanlarını çeşitli kalınlıklarda depolar. Bu katmanlı yapı kabuğun daha sağlam olmasını sağlar. Manto, aynı zamanda kabukların üzerindeki damar ve diken gibi oluşumların gelişimini de sağlar. Mantoda bulunan özelleşmiş hücreler, yiyeceklerdeki boya maddelerini toplar böylece kabuğun renginin oluşmasına önemli bir katkı sağlar. Kabuk oluşumu sırasında bu boya maddeleri de kullanılır. Renk maddelerinin kabuk oluşumu sırasındaki hareketi, kabukların üzerindeki renkli desenlerin oluşmasını sağlar Kabuk geliştikçe kalınlığı ve büyüklüğü de artar. Koni biçiminde olan kabukların kıvrımlarının sarmal şekline bakıldığında, hepsinin dolanma yönünün saat yelkovanının dönme yönüyle aynı olduğu görülür. Yumuşakçaların kabukları üç farklı katmandan oluşuyor. En dıştaki katman kalsiyum içermeyen ince bir tabakadan, bunun altındaki kısım ise kalsiyum karbonat kristalleri içerir. İstiridyelerde olduğu gibi, bazı kabukların en iç kısmında ise incinin ham maddesi olan sedef yer alır. Binlerce farklı renkte, şekilde ve büyüklükte olmalarına rağmen kabuklular iki farklı tipten oluşur. Tek kabuklular (salyangozlar, deniz dişleri) ve çift kabuklular (midyeler, istiridyeler, deniztarakları). Karada yaşayanların hepsi tek kabuklu, ancak denizlerde ve tatlı sularda hem tek kabukluları hem de çift kabukluları bulmak mümkün. Tek kabukluların bazıları bitki hücreleri ile bazıları ise denizşakayıklarının kanını emerek beslenir. Salyangozların bir kısmı diğer karından bacaklılarla, ölü balıklarla, kimileri ise mikroskobik canlılarla beslenir. Çift kabukluların büyük bir kısmı ise solungaçları sayesinde beslenir. Solungaçlara giren suyla birlikte besin maddeleri de alınır. Tridacna yaşayan en büyük deniz kabuklusu iken Pythina deniztarağı neredeyse bir pirinç tanesi büyüklüğünde olan en küçük deniz kabuğudur. Deniz kabuğunun içinde yaşayan yumuşakça öldükten sonra geriye sağlam yapılı kabuğu kalır. Okyanuslardaki ya da denizdeki akıntılar kabukları deniz kıyılarına taşır.

Denizlerimizde dikkat çeken ve ekonomik olarak değerlendirilen veya bu yönde potansiyele sahip yumuşakçalar üç sınıfta toplanırlar. Bunlar sırası ile:

- Placophora (Plaklı salyangozlar)
- Gastropoda (Karındanbacaklılar)
- Pelecypoda (Baltabacaklılar)
- Cephalopoda (Kafadanbacaklılar) dır.

Yumuşakçalarda gövde segmentlere ayrılmamış ve segment apandisleri bulunmaz. Gövde esas itibari ile üç ana bölümden oluşur. Bunlar, baş, karın ve ayak bölümleridir. Pelecypoda'da baş bölgesi belirgin değildir. Gastropod ve Sefalopodlarda ise baş, kolayca ayırt edilir. Bunlarda baş bölgesinde gözler, ağız, duyargalar (tentaküller) yer alır. Ayak bölümü kaslardan yapılmıştır ve karın tarafında (Ventral) bulunur. Ayak, türlerin yaşam şartlarına göre, sürünme, yüzme veya bir yere yapışma görevi yapar. Ayak Kafadanbacaklılarda vantuzlu kollar şeklinde değişime uğramıştır. Ayağın üst yüzeyinde sert bir kapak (operculum) bulunur. Tehlike anında ayak kabuğun içersine çekilir ve operculum kabuğun ağzını sıkıca kapatır. Karın bölümü iç organların yerleştiği bir vücut boşluğundan ve bu boşluğu saran bir mantodan (tegument) oluşur (Şekil 1).



Şekil 1: Pelecypodlarda genel kabuk şekilleri

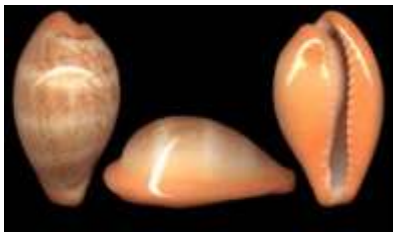
1.1 Gastrapod türü

Simetrik olmayan vücut organizasyonu ve genelde sırt tarafta yer alan gelişmiş veya gerilemiş spiral gelişimli kabukları ile tipiktirler. Sürünmeye yarayan ayakları düzlem şeklinde ve geniş bir taban oluşturacak şekilde gelişmiştir. Ağırlıkla dibe bağlı olarak yaşayan (bentik) canlılardır. Tüm denizlerimizde birçok form ile temsil edilirler. Bazı formlarda ise, bu alış-veriş son kıvrımın alt tarafında bulunan bir delik (umbilicus) ile sağlanır.

Türkiye su ürünleri ekonomisinde gastropodlar ancak son 5-6 yıldan beri önem kazanmışlardır. Tablo 1 de gastropod örnek sınıfı görülmektedir.

Tablo 1: Sınıflandırılmış Gastropod örnekler

HALIOTIDAE	
Haliotis tuberculata (Linnaeus 1758)	***NATICIDAE***
PATELLIDAE	*Natica josephina (Risso, 1826)*
Patella depressa (Pennant, 1777)	*Natica millepunctata* (Lamarck 1822)
Patella vulgata (Linnaeus 1758)	*Natica hebraea* (Martyn,1784)
Patella coerulea (Linnaeus 1758)	***CASSIDIDAE***
CERITHIOIDAE	*Cassidaria echinophora* (Linnaeus 1758)
Turritella communis (Risso, 1926)	*Cassis saburon* (Bruguiere 1792)
Gourmya vulgata (Brugière, 1792)	***TONNOIDAE***
APORRHAIDAE	*Tonna galea* (Linnaeus 1758)
Aporrhais pespelecani (Linnaeus 1758)	*Charonia lampas* (Linnaeus 1758)
Aporrhais serresianus (Michaud, 1828)	***MURICIDAE***
OVULIDAE	*Murex trunculus* (Linnaeus 1758)
Zonaria pyrum (Gmelin, 1791)	*Murex brandaris* (Linnaeus 1758)
Lurida lurida (Linnaeus 1758)	*Rapana thomasiana* (Crosse, 1861)

			
Gourmya vulgata	***Apphorais pespelecani***	***Turritella communis***	***Zonaria pyrum***
			
Cassidaria echinophora	***Cassis saburon***	***Natica millepunctata***	***Rapana thomasia***

			
Tonna galea	***Charonia lampas***	***Natica josephina***	

Pelecypoda örnekleri ise şöyledir (Tablo 2) (M. Levent ARTÜZ, 1994).

Tablo 2: Sınıflandırılmış Pelecypoda örnekler

MYTILINA	**CARDIOIDAE**
Modiolus barbatus (Linnaeus, 1758)	*Cardium edule* (Linnaeus, 1758)
Mytilaster minimus (Poli,1795)	*Rudicardium tuberculatum* (Linnaeus, 1758)
Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819)	**VENERIDAE**
Mytilus edulis (Linnaeus, 1758)	*Venus verrucosa* (Linnaeus, 1758)
Lithopaga lithopaga (Linnaeus, 1758)	*Venus ovata* (Pennant,1777)
ARCIDAE	*Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758)
Arca noae (Linnaeus, 1758)	*Venerupis decussata* (Linnaeus, 1758)
Barbatia barbata (Linnaeus, 1758)	**DONACIDAE**
Glycimeris glycimeris (Lamarck, 1819)	*Donax trunculus* (Linnaeus, 1758)
PTERIDAE	**SOLENOIDEA**
Pteria hirundo (Linnaeus, 1758)	*Solen marginatus* Pulteney, 1799
Pinna nobilis (Linnaeus, 1758)	*Ensis ensis* (Linnaeus, 1758)
Pinna pectinata (Linnaeus, 1767)	*Ensis minor* (Chenu, 1843)
PECTINIDAE	**PHOLADIDAE**
Aequipecten opercularis (Linnaeus, 1758)	*Pholas dactylus* (Linnaeus, 1758)
Pecten jacobaeus (Linnaeus, 1758)	**TEREDINIDAE**
OSTREOIDAE	*Teredo navalis* (Linnaeus, 1758)
Ostrea edulis (Linnaeus, 1758)	*Teredo pedicellata* Quatrefages, 1849
CARDITIDAE	*Nototeredo utricula* (Bartsch, 1917)
Isocardia humana (Linnaeus, 1758)	*Bankia carinata* (Gray JE, 1827)

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Olağanüstü özelliklere sahip maddeler uzun zamandır çoğu araştırmacı tarafından araştırılmaktadır (Yang et al., 2011). Doğal seçimden gelen biyolojik maddeler ise oldukça dikkat çekici mekanik özelliklere sahiptir (A.Y.M. Lin et al., 2006). Kemik, diş ve mollusk kabukları bu biyolojik maddeleri içeren örneklerdir (J.F.V. Vincent, 1991; S. Weiner, H.D. Wagner, 1996, S. Weiner, L. Addadi, 1997). Kemiksiz, yumuşak vücutlu deniz canlıları olan yumuşakçaların (Molluska) vücutlarını çevreleyen sert tabakalı dış iskeletleri onların hücrelerini ve yumuşak dokularını korumaktadır (Vendrasco et al., 2010). Bu kabuklar sayesinde yumuşakçaların vücutları su içinde olmadıkları zaman bile nemli kalır. Yumuşakçalar, yumurtadan genellikle kabukları incede olsa gelişmiş olarak çıkarlar. Kabuk oluşumunu sağlayan malzeme, yumuşakçanın vücudundan salgılanır. Salgılanan malzeme setleştikçe kabuk da büyür. Bu kabuklar gerçekten çok sağlam bir yapıdadır (A. Kouchınsky, 2000, Ö. Ekici, 2012). Bu konuda çalışmalarını sürdüren araştırmacılar özellikle denizkulağı istiridyesinin içini kaplayan ve incinin anası olan sedefin, kabuğun içinde adeta tuğla dizilişi şeklinde yapılandığını ve bu nedenle kabuğun bu derece güçlü ve sağlam olduğunu ifade etmektedir (R.Z. Wang et al..,2001; B. Ji and H. Gao, 2004; J N.M. Nevesand and J.F. Mano,2005). Bu istiridyenin kabuğunun üstteki katmanı çok hassas ve kırılgandır. Bu dış katman bir şekilde zarar görse bile içteki sağlam yapı sayesinde kabuğun içindeki canlı korunur. Deniz kabuğunun % 95'ini kalsiyum karbonat kristalleri oluşturmaktadır. Kabukların yapısını oluşturan diğer % 5'lik kısım ise yaklaşık 30 farklı proteinden oluşan, organik malzemen oluşmaktadır (M. A. Meyers et al., 2008). Bu proteinler tıpkı demir plakalar ve sütunlar gibi, kalsiyum karbonat kristallerinden oluşmuş sedef tuğlalarını bir arada tutar ve kabuğun bu derece sert ve sağlam kalmasını sağlar.

Molluska kabukları tipik bir biomineralizasyon modeli olarak araştırılmaktadır (Checa and Navarro, 2005) ve yüksek performansta kompozit materyallerin hazırlanması için yeni bir yol oluşturduğundan dolayı ilgi duyulan bir araştırma konusu olmuştur. Bu kabuklar makro, mikro ve nano yapılı hem organik hem de inorganik bileşikler içerir (E. Baer et al., 1998; H.A. Lowenstam et al., 1989). Kabuktaki organik yapı kristalin nükleasyonu, yönelimi, büyüklük düzenlemelerini ve kristal oluşumunu anlamakta önemli bir rol oynamaktadır (S. Weiner and L. Addadi, 1997; S. Mann ve arkadaşları, 1989). Ancak bu kabuktaki organik matrisleri ve biomineralizasyon sürecini anlamak ise hala tam olarak mümkün olmamıştır (S. Ouhenia et al., 2008).

1972 de Taylor and Lyman bivalva kabuk yapılarının mekaniksel özelliklerini araştırmış ve farklı işlemler uygulayarak 70 farklı türün mikro yapı sertliklerini belirlemişlerdir. Onlar kabuklarla yaptığı testler sonrasında en yüksek sertliğin prizmatik yapılarda olduğunu ve folia yapılarda ise en düşük olduğunu göstermişlerdir (Taylor and Lyman, 1972).

Daha sonra Currey gastropod ve cephalopds sınıflarından değişik bivalva incilerinin mikro yapı ölçümlerini gerçekleştirmiştir (Currey, 1977).

Checa ve arkadaşları bivalva kabuklarındaki Folia mikro yapılarını ve mikro yapıdaki kristallerin kristalografik yönelimi belirlemiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar Mollusklarda kabuk mikro yapılarının çok yoğun kısımları daha önce yapıları araştırılmış olanlardan daha büyük bir textür farklılığı ortaya çıkarmıştır. Checa ve arkadaşlarının modern monoplacophorans ile yaptığı çalışmalarında iç kabuk tabakalarındaki mikro yapıların folia aragonit olarak adlandırılan laminar kabuk yapılarının daha önceden bilinmeyen, farklı bir şekli olduğunu ifade etmişlerdir (A.G. Checa et al., 2007).

Türkiye'de yapılan araştırmalar ise genellikle yeni türlerin taksanomiye dâhil edilmesi ve bu türlerin morfolojik ve coğrafi dağılımının incelenmesi şeklindedir. Aşağıda literatüre kazandırılan bazı çalışmalar verilmiştir.

Bilal ÖZTÜRK, 2000 yılında İzmir Körfezinde Turridae familyasına ait olan 15 tür üzerine yaptığı araştırmasında, 1995-1998 yılları arasında 11 istasyondan örnekler almış ve değerlendirmiştir. Yapılan incelemeler sonucu bölgeden 15 tür saptamıştır. Mangelia pacini-ana (Calcara, 1839), Raphitoma echinata (Brocchi, 1814) ve Philbertia horrida Monterosato, 1884 Türkiye kıyılarından ilk defa rapor edildiğini ve Akdeniz endemiği türleri olduğunu belirtmiştir. Araştırmasında yer verdiği diğer türlerin ise Akdenizin yanısıra Atlantik Okyanusunda da dağılım gösterdiğini ifade etmiştir (Bilal ÖZTÜRK, 2001).

Cem ÇEVİK ve Bilal ÖZTÜRK, 2001 yılında yaptıkları bir çalışmada Türkiye Kıyılarından ilk defa rapor edilmekte olan ve daha önce Akdeniz'de, sadece İsrail Kıyılarından bilinen Hypselodoris infucata'nın morfolojik özellikleri ve coğrafik dağılımını incelemişlerdir (Cem ÇEVİK ve Bilal ÖZTÜRK, 2001).

Muzaffer DEMİR 2003 yılındaki araştırmasında Türkiye denizlerinden (Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz) toplanmış çok miktarda yumuşakça kavkıları, türlerini tayin etmek ve denizlerin her birinde bulunmuş olan türleri belirlemek için incelenmiştir. İnceleme, yumuşakçaların değişik sınıflarına, altsınıflarına, familyalarına ve altfamilyalarına ait olmak üzere, toplam 610 tür ortaya çıkardığı bildirilmiştir (Muzaffer DEMİR, 2003)

Yaşar ÖZVAROL ve Mehmet GÖKOĞLU, 2013 yılında yaptıkları bir araştırmada Ege denizinden temin ettikleri Bivalva (Bivalvia:Pectinidae) sınıfından Scallop Chlamys varia (Linnaeus, 1758) nın bazı biyolojik özelliklerini araştırmışlardır. 86 (26%) dişi, 94 (29%) erkek ve 146 (45%) olgunlaşmamış toplam 326 örnek üzerinde araştırmalarını gerçekleştirmişlerdir. Örneklerde ağırlık ve yükseklikler dikkate alınmış ve her bir cinsiyet için büyüklük - kuru ağırlık frekans dağılımları ve yükseklik- kuru ağırlık ilişkilerini araştırmışlardır. Onlar cinsiyetler ($P< 0.05$) arasında önemli farklılıklar bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu türün Atlantik örnekleriyle benzer sonuçlara sahip olduğunu belirtmişlerdir (Yaşar ÖZVAROL ve Mehmet GÖKOĞLU, 2013).

Alper DOĞAN ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada İzmir ili Ildır Körfezi'nde dağılım gösteren bivalva türlerini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, derinlikleri 10-62 m arasında değişen 7 istasyonun kum, çamur ve Posidonia ceanica'dan oluşan biyotoplarından, örneklemeler yapılmıştır (Şekil 1,Çizelge 1). Drej yardımı ile alınan örnekler, 0,5 mm göz açıklığına sahip elekte yıkandıktan sonra %5' lik formol ile tespit edilmiştir. Kalitatif ve kantitatif analizleri sonucunda, 24 familyaya ait 55 tür ve bu türlere ait toplam 521 birey tespit edilmiştir (Alper DOĞAN ve arkadaşları).

H. infucata için 4 farklı tür İskenderun körfezinin Yumurtalık koyundan 1m derinlikte kaya altından toplanmıştır. Bu türlere ait sistematik sınıflandırma gerçekleştirilmiştir (ÇEVİK ve ÖZTÜRK, 2001).

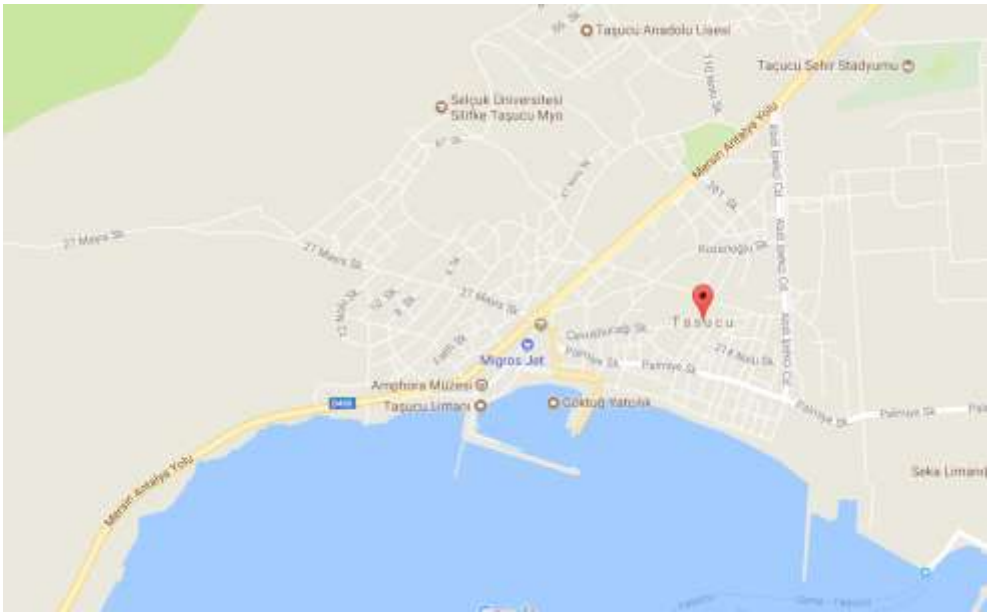
İzmir Körfezinden elde edilen örnekler 3 sahil kıyı bölgesini içeren bölgeler dikkate alınarak yapılmış derin ve sığ bölgelerde farklı çalışmalar yapılmıştır. Taşucu kıyı bölgesi için yapılan incelemeler sonrası Ege bölgesinde toplam 19 farklı türün bulunduğu ifade edilmiştir (Öztürk, 2001).

Scallop C. varia örnekleri ilkbahar mevsiminde Türkiye Ege sahillerinden (Tuna Balık çiftliği yakınlarından) toplanmıştır. Değişik büyüklüklere sahip toplam 326 adet Scallop türü yumuşakça burada bulunmuştur (ÖZVAROL ve GÖKOĞLU, 2013).

Bir diğer çalışmada, Kabuklar Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz'in çeşitli kıyı bölgelerinde toplanmıştır. İç kıyı ve orta kıyı bölgelerinde bulunan türler kayalardan koparılarak, yumuşak kısımlarını çıkararak, sahildeki rüzgâr veya akıntının etkisiyle sürüklenmesi ve bulunduğu yerden toplanma yolu ile elde edildi. Alt kıyı bölgelerinde bulunan kabuklar 200 m derinlikler için deniz dibinde, kahverengi otların yıkanması sonucu elde edilmiş, sığ kıyı sularında elle toplama ile elde edildi. İncelemeler sonrasında sınıflar arasındaki 610 yumuşakça türünün sınıfı Polyplacophora 8, Gastropoda 388, Bivalvia 206,Scaphopoda 7 ve Cephalopoda 1 olarak belirlenmiştir. Her bir denizde bulunan toplam kabuk türü sayısı ise Akdeniz 393, Ege Denizi 546, Marmara denizi 362, Karadeniz 99 (DEMİR, 2003).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda kullanacağımız örnek türleri daha önceki yapılan çalışmalardan elde edilen bilgiler dikkate alınarak elde edilmiştir. İlk olarak Mersin ili kıyı sahilinden (Şekil 2) örnekler temin edilmiştir. Bu bölgede sıklıkla Conus türüne rastlanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2: Conus örneklerin bulunduğu konum



Şekil 3: Mersin kıyı limanından toplanan örnekler

Didim sahillerinde (Şekil 4) genellikle Callista Chione ve Aconthocordia Tuberculata Türüne ait kabuklar görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 4: Callista Chione ve Aconthocordia Tuberculata örneklerin bulunduğu konum







Şekil 5: Didim kıyı limanından toplanan örnekler

İskenderun sahilinde (Şekil 6) patella tipi örnekler gözlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 6: Patella tipi örneklerin bulunduğu konum



Şekil 7: İskenderun kıyı limanından toplanan örnek

Elde edilen örneklerin çalışmamız için belirli bir büyüklükte ve grupta olması tercih edildiğinden çalışmamızda kullandığımız diğer örnekler koleksiyonculardan temin edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8: Kolleksiyonculardan alınan örnekler

Çalışmamızın bundan sonraki kısmı iki ayrı bölümde gerçekleştirilmiştir. Birinci kısımda Tekstür analizi gerçekleştirilmiştir.

3.1 Tekstür (Kutup şekli) analizi

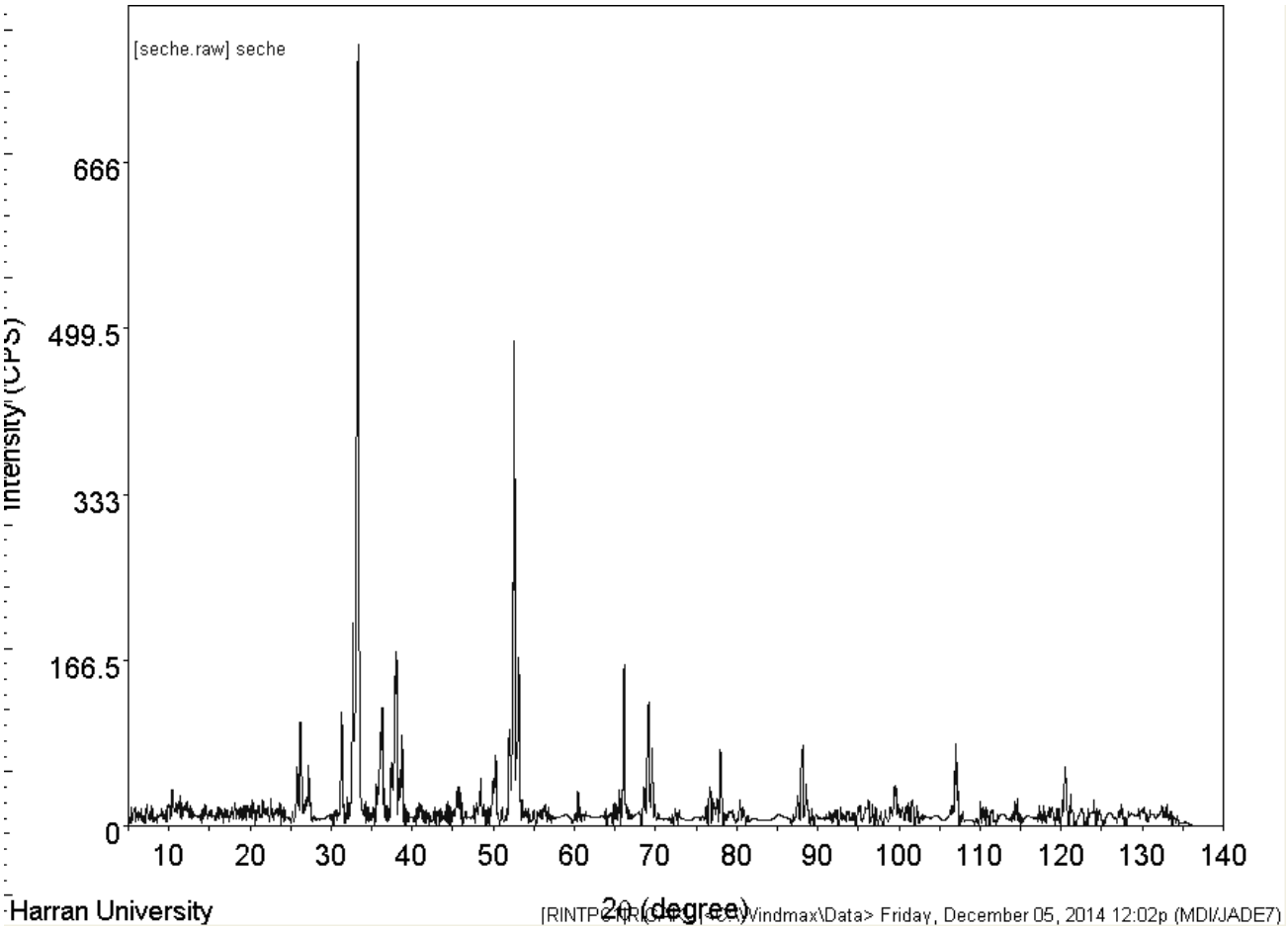
X- ışınları kırınımı ile textür analizlerini gerçekleştirmek için Üniversitemizde ve Granada üniversitesinde bulunan bulunan X-ışını diffraktometresi kullanılmış bu cihazın kutup şekli analizör (pole figure) parçası monte edilerek örneğin üç eksenli açı değişimine karşı kırınım deseni elde edilmiştir (Şekil 9). Bu sistem yansıyan X-ışınlarının şiddetlerinin direk olarak ölçülmesini sağlar ve nicel kutup şekilleri verir. Şiddet ölçümleri soğurma sırasında oluşacak değişimler için düzeltilir. Başka bir durum için x-ışınları optiği ayarlanarak soğurma sabit kalır ve herhangi bir düzeltilmeye ihtiyaç duyulmaz.



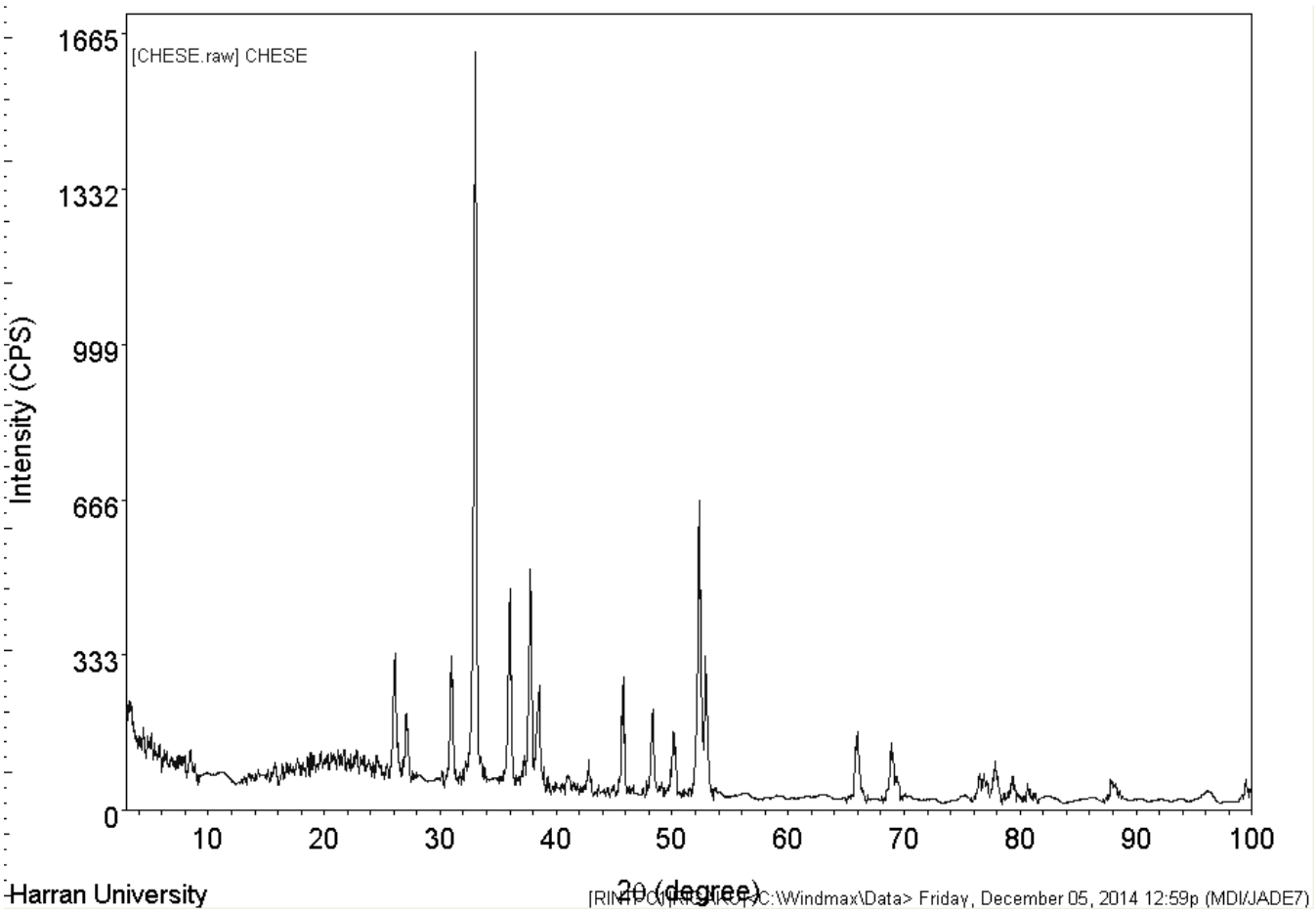


Şekil 9: X-Işını difraktometresi ve örneğin yerleştirilmesi

Aconthocordia Tuberculata için X-ışını kırınım deseni Şekil 10 da ve Callista Chione için X-ışını kırınım deseni Şekil 11 de görülmektedir. Bu kırınım desenleri incelendiğinde örneklerde aragonite ve kalsit şeklinde farklı yapıların bulunduğu görülebilir.

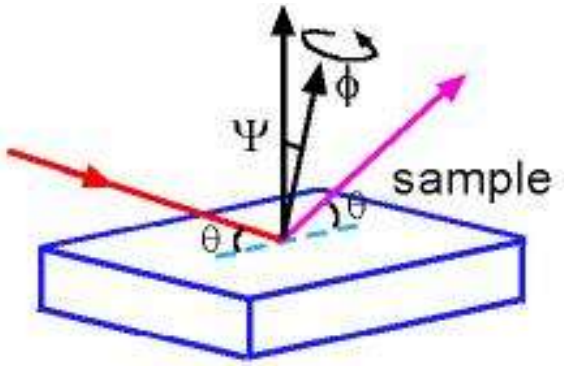


Şekil 10: Aconthocordia Tuberculata'nın X-ışını kırınım deseni



Şekil 11: Callista Chione'ın X-ışını kırınım deseni

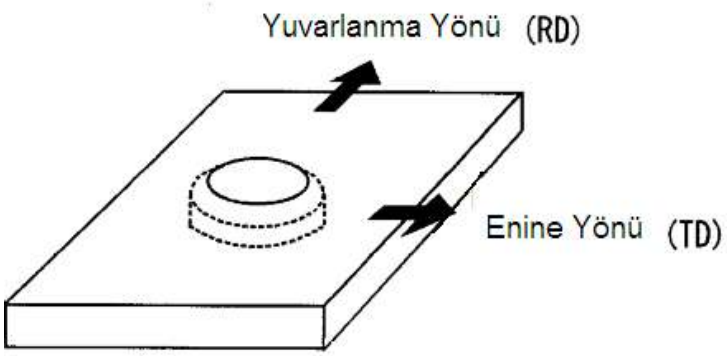
X-ışını kutup şekli sisteminde sayıcı sabit tutulur ancak numune hareket ettirilir. Numune kendi etrafında döndürüldüğünde Debye halkası da numune ile birlikte döner ve yüksek ve düşük şiddet bölgeleri sırasıyla sayıcının ölçüm alabileceği bir konuma getirilir. Her bir numune konumunda yansıyan X-ışını şiddeti o ışını yansıtacak yönelmiş taneciklerin hacmiyle orantılı olarak alınır; bu hacim de gerçekte kutup şekli (pole figure) ile orantılıdır (Şekil 12).



Şekil 12: X-ışını kutup şekli ölçüm geometrisi

Bu analizini gerçekleştirmek kabuğun sırtından mümkün olduğu kadar düz bir parça çıkarıldı. Bu parça Chateigner ve arkadaşları tarafından çalışmalarında kararlaştırılmış olan (G, N, M) referans çerçeveleri tanımından yararlanılarak, optik mikroskopta yönleri belirlenerek ve bir (G, N, M) referans çerçevesi oluşturuldu (Şekil 13) (Chateigner et al., 2000). Bu yönler ise şöyle tanımlanmaktadır.

– Büyüme yönü, G, kabuğun eksenine dik olan yön, kutup şeklinin yatay ekseni
– Örnek tutucunun düzlemi tarafından belirlenen ışın konumundaki kabuğun düzlem tanjantı, bizim kutup şekillerimizin merkezindeki normal eksen olarak tanımlanır.
– Üçüncü eksen, M, Büyüme çizgilerinin yönü, daha dış tabakanın büyüme çizgilerinin yönü bizim kutup şekillerimizden dikey ekseni



Şekil 13: Örneğin referans seçimi için genel tanım

Örnek yüzeyi çeşitli asitlerle (Hidroklorik asit, Sülfrik asit) temizlenerek tabakaların rahatça gözlenebilmesi amaçlandı. Daha sonra bu sisteme ait kutup şekli analizi yazılımı (pole figure) kullanılarak texture desenleri görüntülendi.

3.1.1 Tekstür stresi hesabı

Oryantasyon dağılım fonksiyonu ilk tekstür stres parametresi tekstür indeksi olarak adlandırılır.

$$F^2 = \frac{1}{8\pi^2}\sum_i [f(g_i)]^2 \Delta g_i \qquad (1)$$

$$\Delta g_i = sin\beta_t \Delta\beta\Delta\alpha\Delta\gamma \qquad (2)$$

Hücre hacmi olarak tanımlanmaktadır. Bu indeks değeri 1 den sonsuza kadar değişebilir. Tekstür stresini başka örneklerinki ile karşılaştırabilmek için kutup şekilleri ile bağlantılı olan tekstür indeksleri verilebilir. Bu da ODF (Oryantasyon dağılım fonksiyonu) tekstür indeksine benzer bir yolla hesaplanabilir (Chateigner, 2006).

$$J_b^2 = \frac{1}{4\pi}\sum_i [P_h(y_i)^2] \Delta y_i \qquad (3)$$

$$\Delta y = sin\vartheta_y \Delta\vartheta_y \Delta\varphi_y \qquad (4)$$

Tekstür ölçümleri rietveld arıtımı yapmak için temel veriler oluşturacaktır. Pole figure değerleri rastgele dağılımların toplamı şeklinde ifade edilen m.r.d birimi kullanılarak ifade edilir. Bu birimde herhangi bir tekstür özelliği göstermeyen veriler 1 m.r.d. seviyesini gösterir. Fakat tekstürlü örnekler bu pole figurelerde maksimum ve minimum gösterir. E-WIMV yaklaşımı Oryantasyon dağılım fonksiyonlarının (ODF) maksimum ve minimum değerlerini sağlar. Parametreler 1 numaralı denklemde iterasyon metoduyla çeşitli algoritmalar yardımıyla hesaplanır.

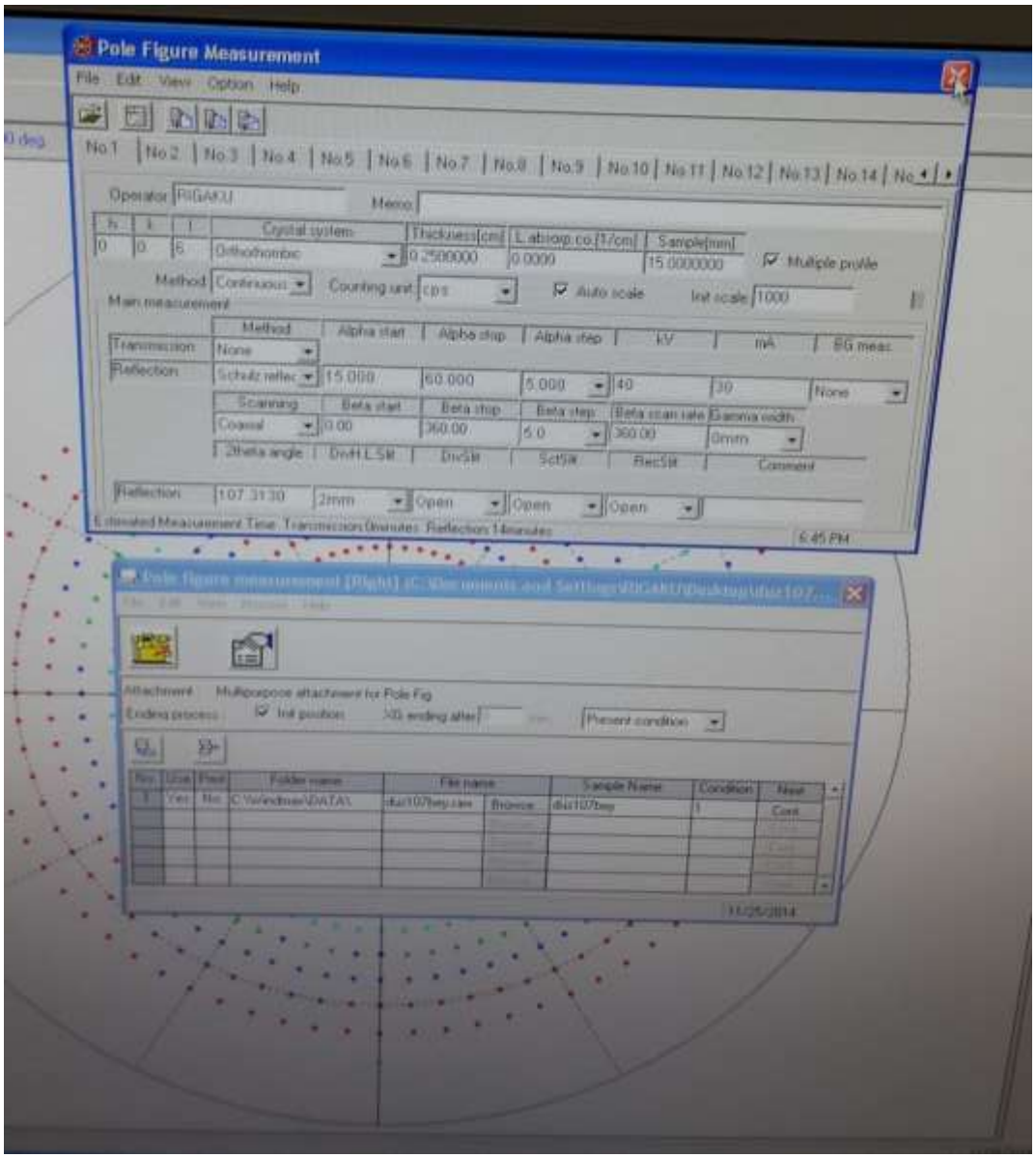
Her bir kutup şekli Pi(h) N tane kutup hücresinin sayısı olarak ifade edilir (İ=1,….N). f(g) tekstür vektörü fj olarak adlandırılır (j=1,….J). □ij bir P bilinmeyeni ile N eşitlikten oluşan bir matris ile ifade edilir.

$$f^{n+1}(g) = f^n(g) \prod_{m=1}^{M_h} \left(\frac{P_h(y)}{p_h^n(y)}\right)^{r_h \frac{w_h}{M_h}} \qquad (5)$$

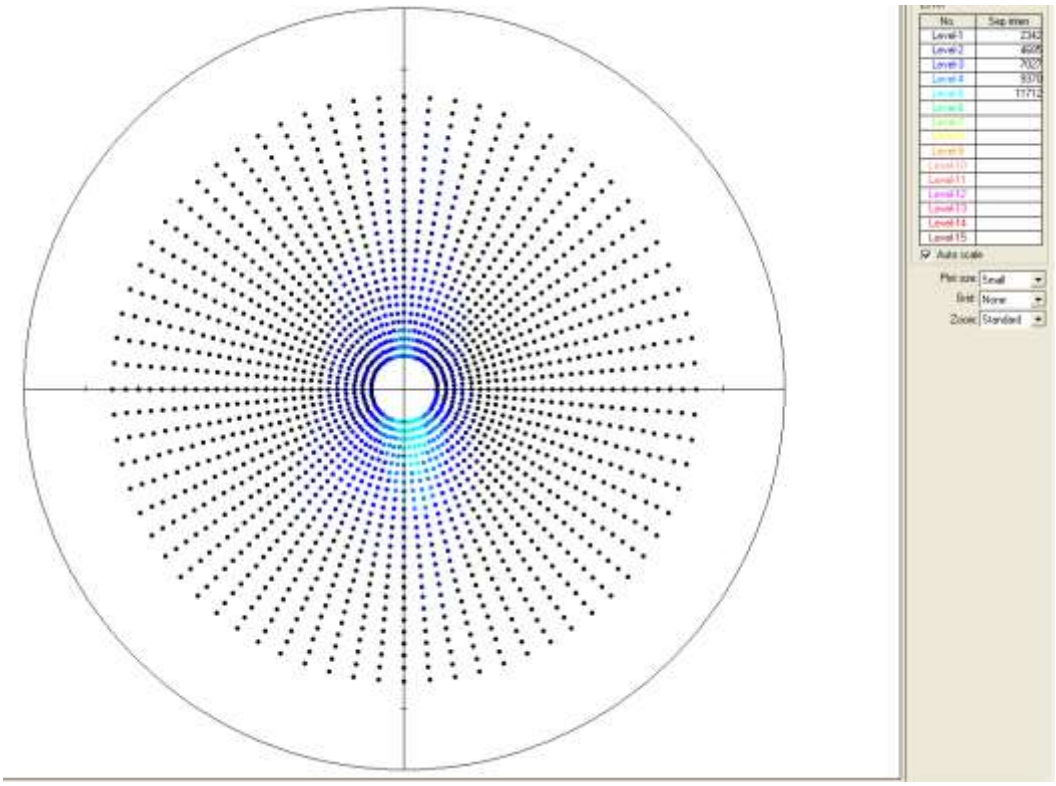
$$P_i(h) = \left[\sigma_{ij}(h)\right] f_j \qquad (6)$$

Bu denklem ise lineer eşitliklerin ve matematiksel iterasyon bağıntılarının kullanılması ile çözülebilir. Sonuçların güvenilirliği bazı güvenilirlik parametreleri ile ifade edilir. Textür ölçümleri sonrası tekstür stresi hesaplanır ve bu değer tekstür karakterini ve dayanıklılığı belirler. SEM incelemeleri sonrası gözlemlenen fiber yapı veya diğer yapı türleri bu m.r.d birimi sonuçları ile de doğrulanabilir ve böylece SEM verileri ile ilişkili veriler oluşturur (Chateigner et al., 2010).

Ölçüm öncesi örneğe ait bilgiler tanımlandı ve ölçümler bu tanıma göre alındı (Şekil 14). Şekil 15 ten bu ölçüm sonucu görülebilir.



Şekil 14: Callista Chione'ın Kutup şekli ölçümleri



Şekil 15: Callista Chione'ın Kutup şekli analizi

3.2 Mikro yapı incelemesi

Çalışmamızın ikinci kısmı ise mikro yapı incelemelerinden oluşmaktadır. İlk olarak taramalı elektron mikroskobu ile inceleme yapılmıştır. Bunun için örnekler belirli bir büyüklükte hazırlanıp yüzeyi çözeltiler kullanılarak temizlenmiştir. Daha sonra örnekler altın ile 20 dakika kaplanarak (Şekil 16) taramalı elektron mikroskobunda incelemeler yapılmıştır.



Şekil 16: Mikro yapısı incelenecek örneklerin hazırlanışı

Odaklanmış İyon Demeti (FIB) sistemleri, taramalı elektron mikroskobuna (SEM) çok benzer bir sistem olup tek farkı malzeme yüzeyinin elektron demeti yerine, odaklanmış bir iyon demeti ile taranmasıdır (Şekil 17).



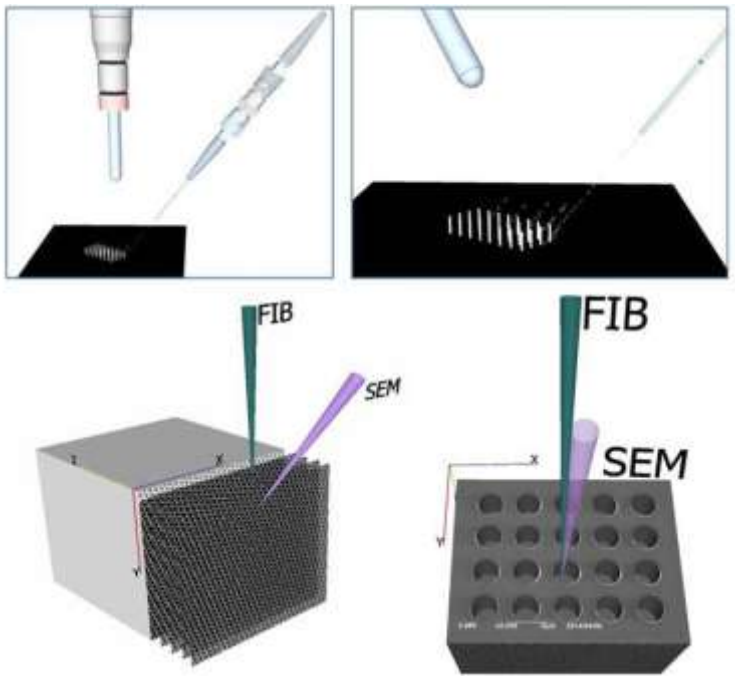
Şekil 17: Odaklanmış İyon Işınımı (FIB) cihazı

Elektronlara kıyasla daha ağır olan iyonlar (genellikle galyum) malzeme yüzeyinin taranma sırasında aşındırılarak uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Bunlara ek olarak, çift demet platformları dahilinde yer alan gaz akıtma sistemleri (GIS) malzeme yüzeyinin elektron veya iyonlar aracılığıyla bölgesel olarak metal depolanmasını ve dağlanmasını; mikro manipülatör ise, ön-kesitlerinin veya küçük boyutlardaki parçaların hazne içerisinde transferini mümkün kılmaktadır.

Çift demet platformlarında, galyum iyonları ile mikro/nano boyutta yapılandırma, depolama ve görüntüleme işlemleri yürütülürken; elektronlar yüksek çözünürlükte görüntüleme ve analiz

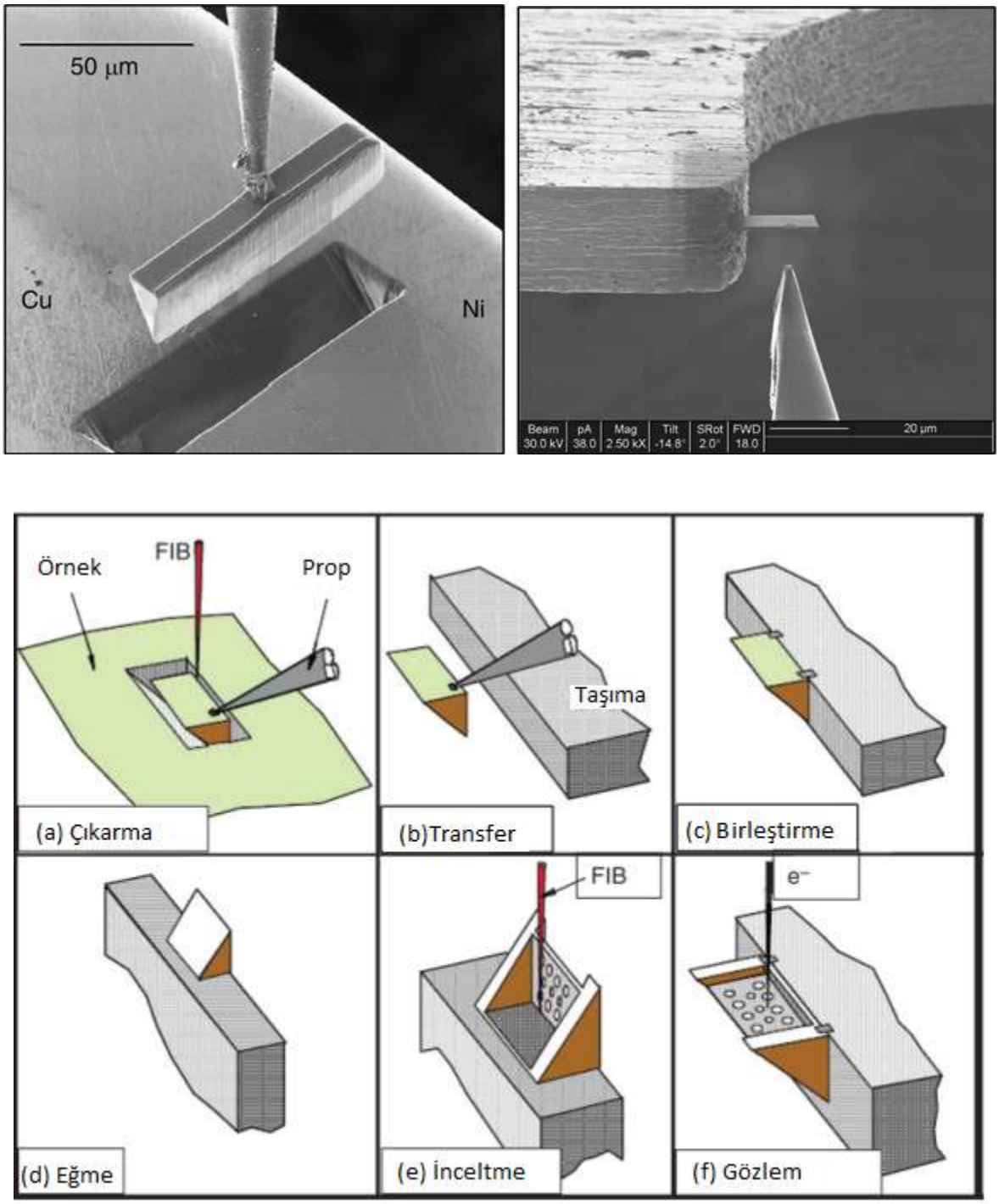
imkânı sağlamaktadır. Bu platformlar, iyonlar yardımıyla numunelerden yanal kesitler alınmasını mümkün kıldığından, malzemelerin hem yüzeyinde hem de iç kısımlarında detaylı analiz imkânı sunmaktadır. İyon kaynağı olarak FIB sistemlerinde ticari olarak galyum iyonları tercih edilmektedir (Sezen ve Bakan, 2016).

Bu çalışmada, örnekler odaklanmış iyon ışınımı yöntemi kullanılarak taramalı elektron mikroskopisi FIB-SEM altında mikroyapıları incelenmiştir (Şekil 18).



Şekil 18: FIB-SEM çalışmaları

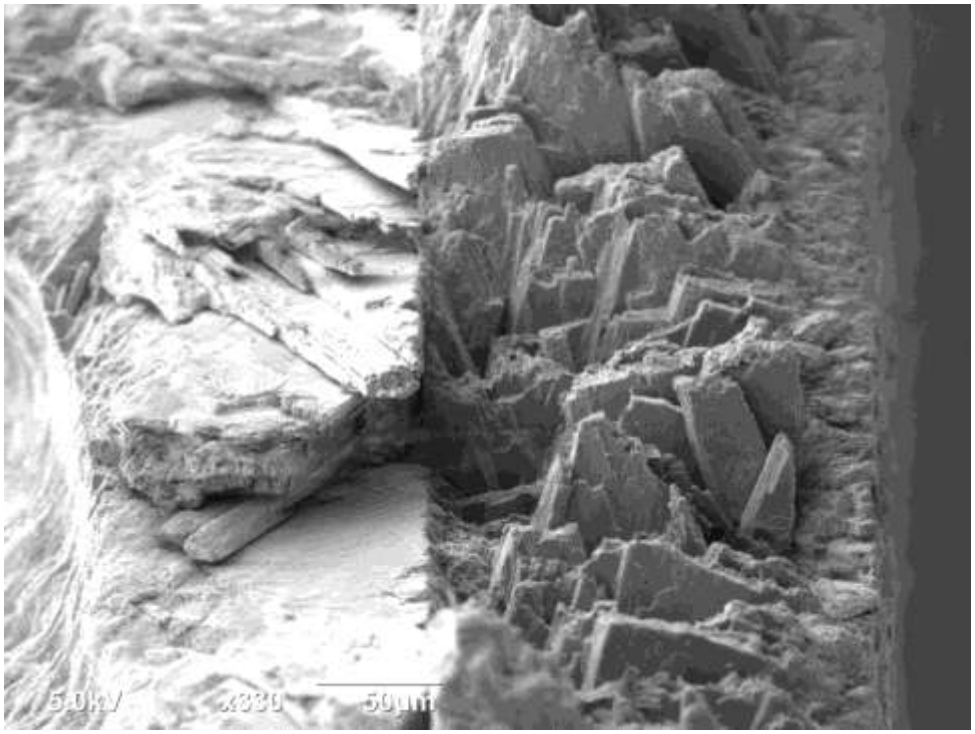
Çalışmamızda kullandığımız örnekler elektriksel olarak yalıtkan olduğundan, elektron mikroskobu içerisinde yüklenme etkisini azaltmak amacıyla numunelerin yüzeyleri öncelikle 10-20 nm kalınlığında ince altın film ile kaplanmıştır. Daha sonra numuneler çift demet platformu içerisine alınarak kesitlenecek farklı bölgeler seçilmiştir. Kesitleme sürecinde 30 keV iyon voltajı ve başlangıçta nispeten yüksek iyon akımları eşliğinde (10-60 nA) 20-30 mikron genişliğinde çukurlar açılarak, numunelerde belirli bir hacim derinliğine ulaşılmıştır. Bunu takiben ilgili yan kesitlerde yüksek kalitede görüntü sağlamak için daha düşük iyon akımları (1-5 nA) ile kesit yüzeyleri ince paternler kullanılarak parlatılmış ve bu bölgelerden elektron görüntüleri elde edilmiştir (Şekil 19).



Şekil 19: Örneklerin FIB-TEM analizi için gride alınması, örnek model (Mayer ve ark., 2007)

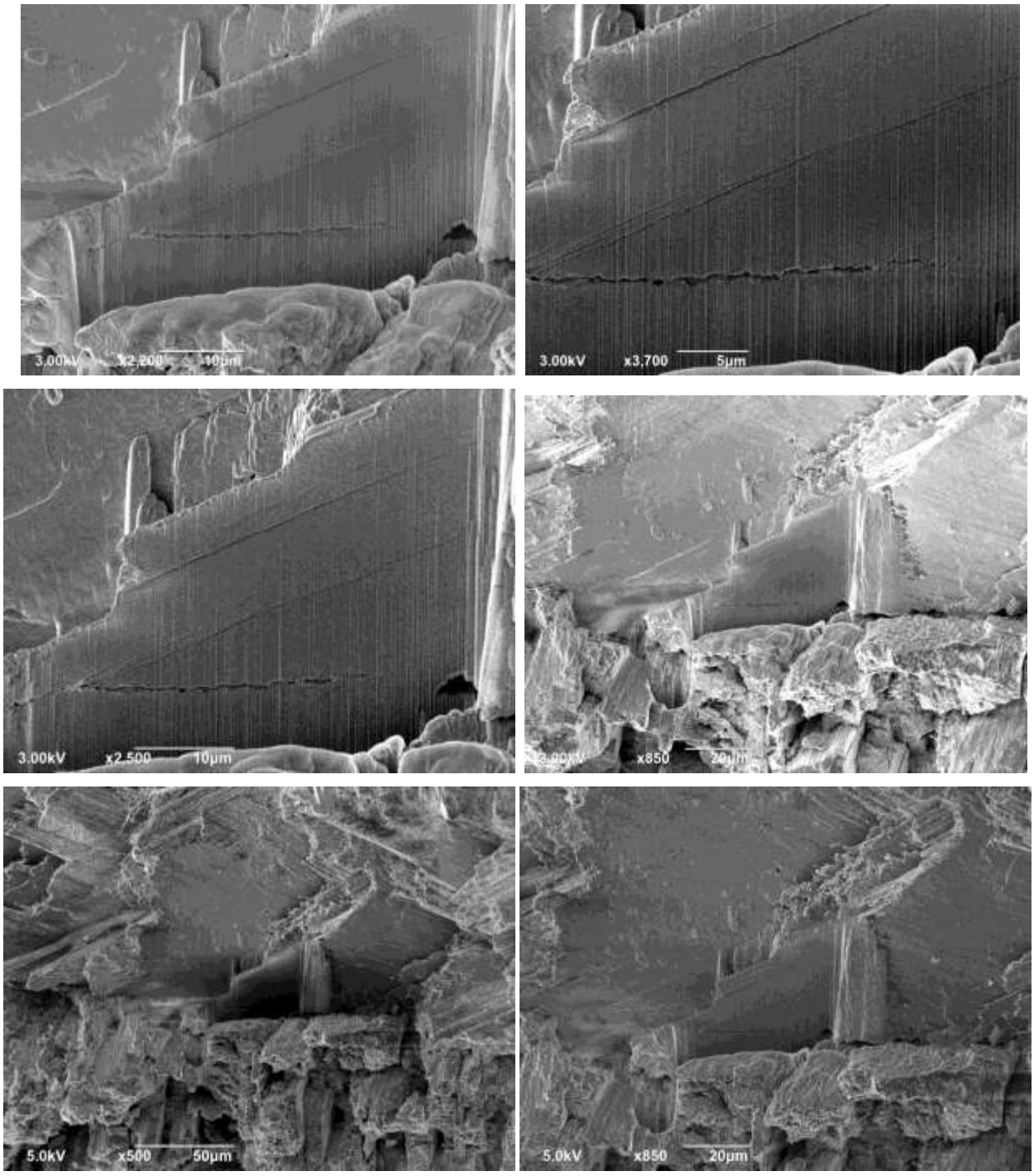
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Öncelikle örnekler cihaz içerisine yerleştirilerek 50 µm de büyütme alınarak örneklere ait kesit görüntüleri alındı (Şekil 20). Bu görüntüler örnekte düzenli bir yapı olduğunu göstermiştir ve örnekte belirli bir düzen içerisinde yerleşim gösteren çapraz yönelimli çubuk yapıların varlığı tespit edilmiştir.



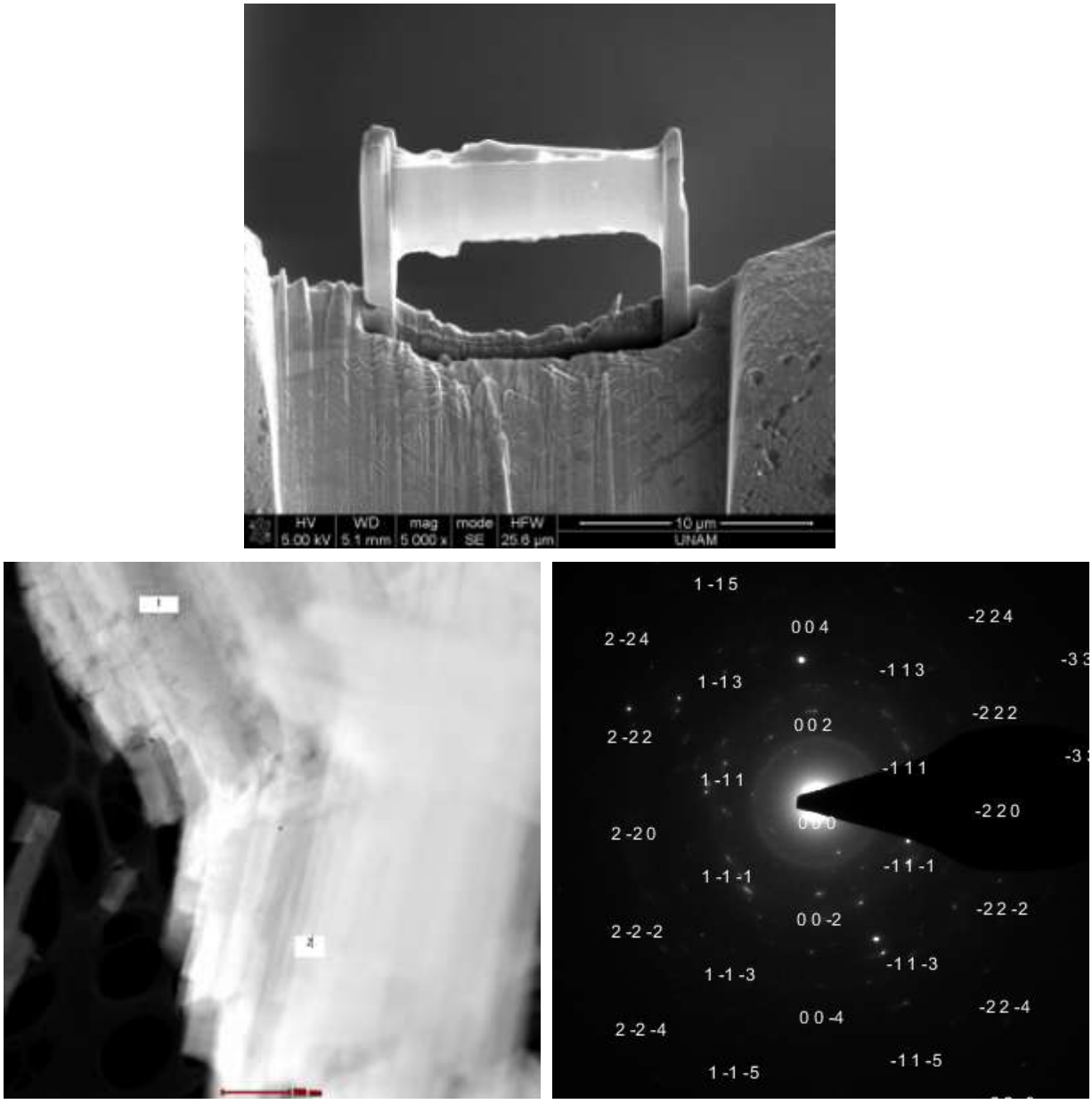
Şekil 20: Malzeme yüzeyinden alınmış tabaka ve prizmalara ait SEM görüntüsü

Bu çubuk yapılar üzerinde seçilen bir bölgeden aşındırma yapılarak örneğin kesit görüntüsü alınmış ve örneğin içyapısı gözlenmiştir (Şekil 21).



Şekil 21: FIB ile kesitlenmiş örneğin içyapısı SEM çalışmaları

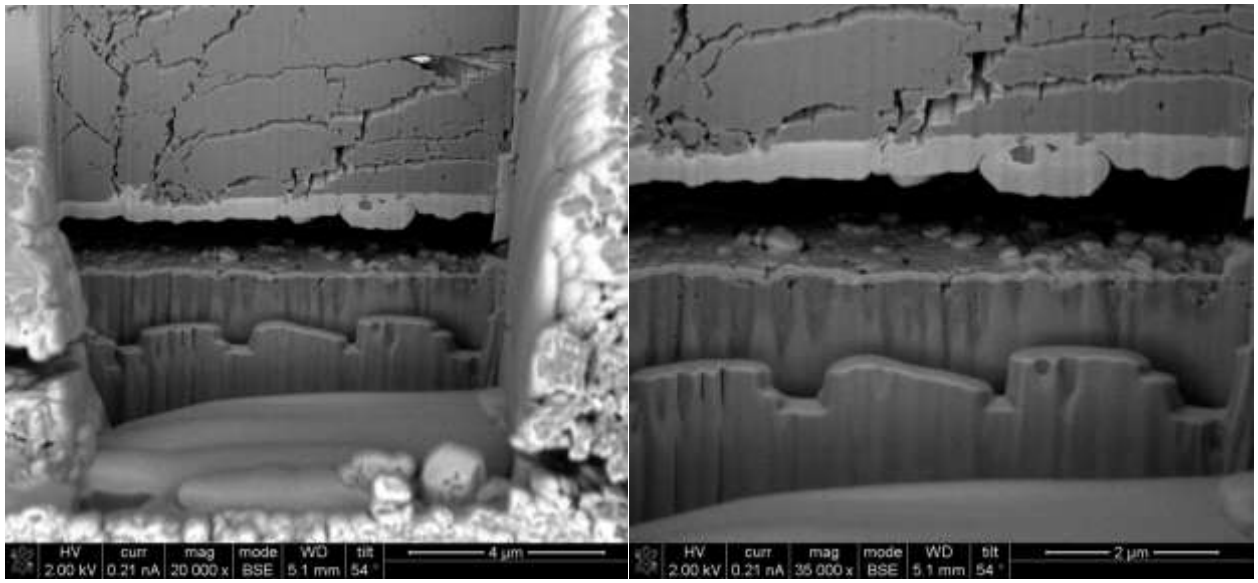
TEM'de kullanılacak tekniğe göre numunenin olması gereken son kalınlığı değişir. Ancak en genel haliyle TEM'de iyi bir çalışma yapılabilmesi için numunenin kalınlığının 100 nm' den daha ince olması gerekmektedir. Bunun için numune öncelikle mümkün olduğu kadar ince kesilerek kaba aşındırma için hazırlanır. Numune yapısında hata ve kusurların oluşmaması için numunenin hassas olarak kesilmesi çok önemlidir. Aksi takdirde numunenin mikro yapısında değişimler olabilmektedir. Çalışmamızda kullandığımız örnekler TEM ölçümleri için hazırlanırken FIB ile 100 nm nin altında lameller alındı.



Şekil 22: FIB-TEM görüntüsü ve kristallografik düzlemler

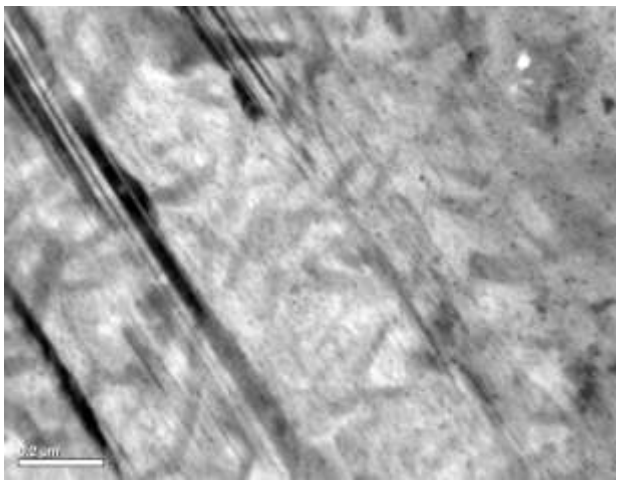
TEM görüntüleri incelendiğinde örneğin kesitleri arasında yaklaşık 80 derecelik bir açı oluştuğu gözlendi. Bu kesitlerden alınan seçilmiş bölge alan kırınım deseni incelendiğinde tek noktaların olduğu kristal düzlemler ve ayrıca ikiz yapılar görülebilir (Şekil 22).

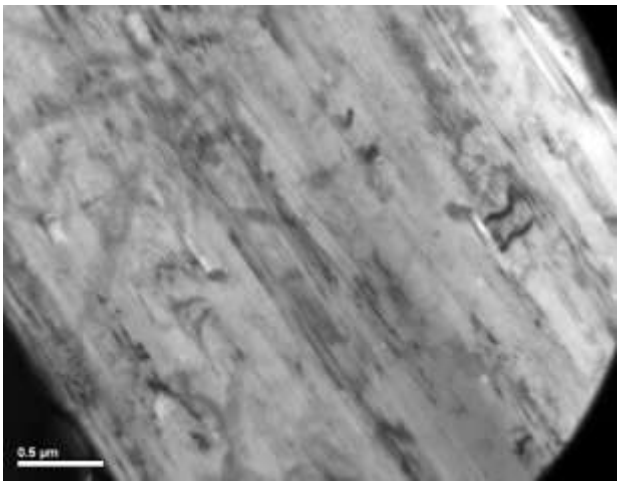
Conidae anemone örneği için yapılan SEM kesitlemesi ile örneğe ait yönelimler Şekil 23' ten görülebilir.

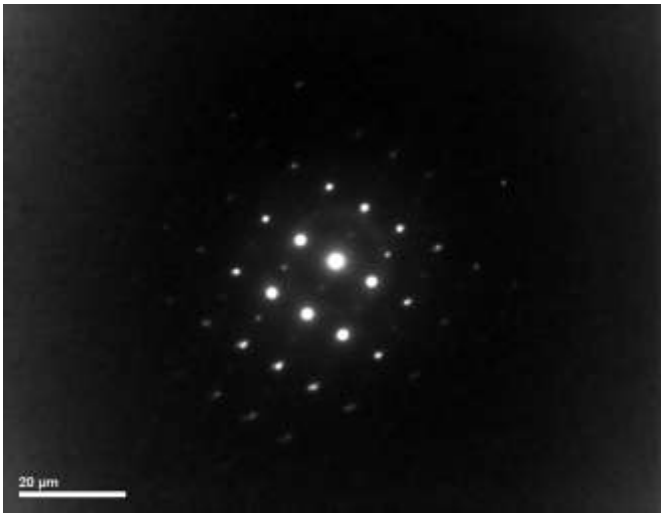


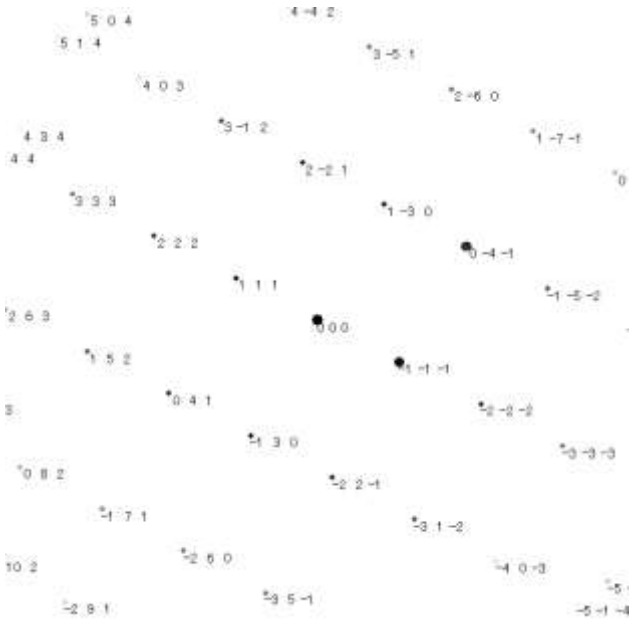
Şekil 23: FIB ile kesitlenmiş örneğin içyapısı (SEM görüntüleri)

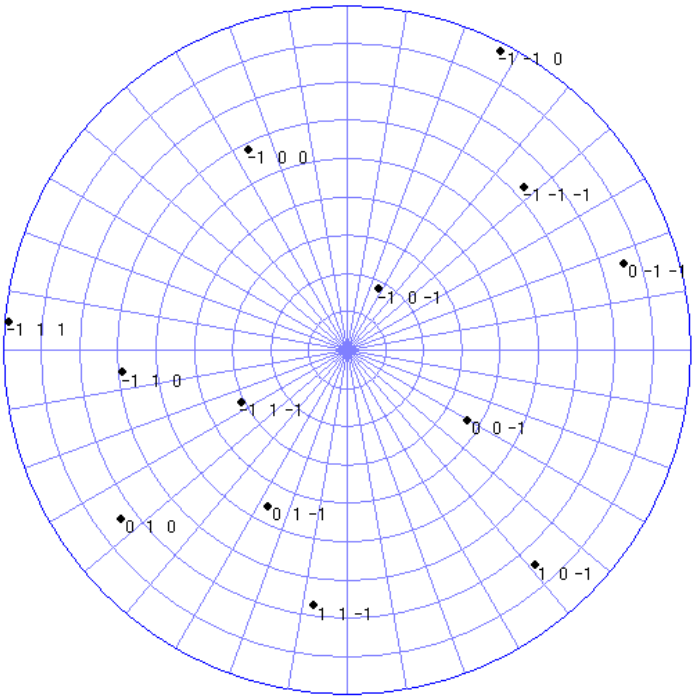
Örnekteki bu yönelim dikkate alınarak yapılan FIB kesitlemesi (Şekil 24) örnekte lamellar yapının varlığını ortaya çıkarmıştır. Bu yapıdan alınan seçilmiş bölge elektron kırınımı deseni tek kristal yapının hâkim olduğu ve Conidae anemone'nin düzgün bir örgü düzenine sahip olduğunu göstermektedir.


0.5 µm


0.5 µm

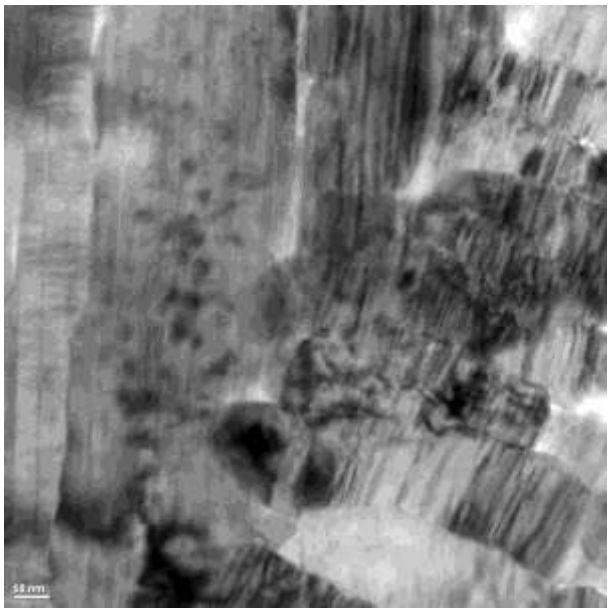

20 µm

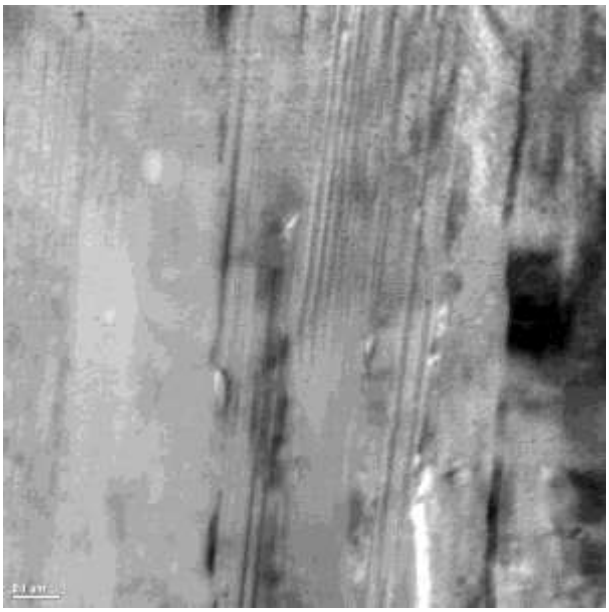

5 0 4
5 1 4
4 0 3
4 3 4
4 4
3 3 3
2 2 2
1 1 1
2 6 3
1 5 2
0 4 1
3
0 8 2
1 7 1
10 2
2 9 1
4 -4 2
3 -5 1
2 -6 0
3 -1 2
2 -2 1
1 -3 0
0 -4 -1
0 0 0
1 -1 -1
2 -2 -2
1 3 0
2 2 -1
3 1 -2
2 5 0
3 5 -1
1 -7 -1
0
1 -5 -2
3 -3 -3
4 0 -3
-5
-5 -1 -4

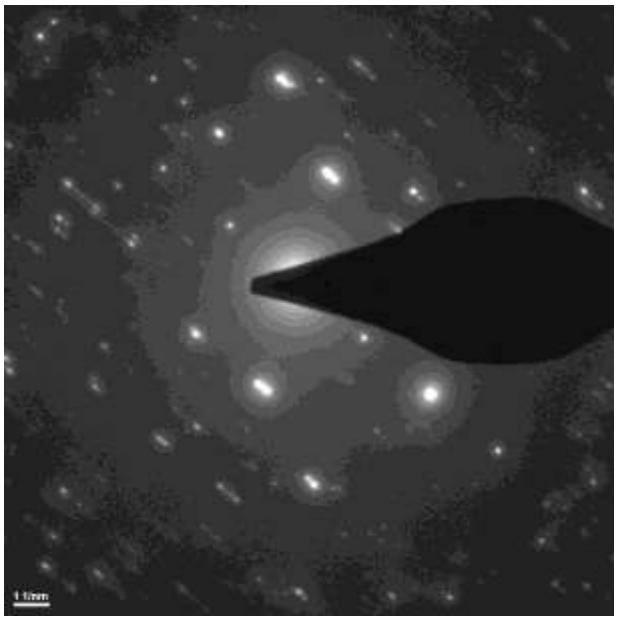


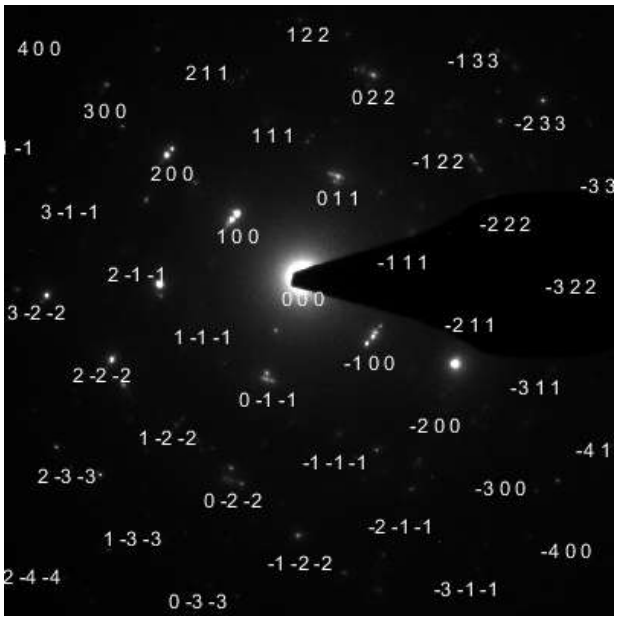
Şekil 24: Conidae anemone örneği için FIB-TEM görüntüsü

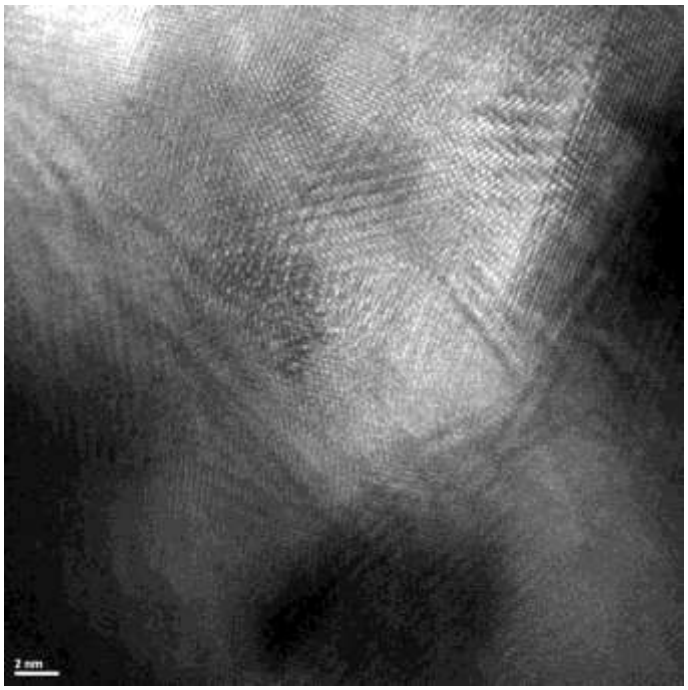
Bir diğer gözlemimiz Şekil 25'ten görülebileceği gibi örnekte belirli bir açı oluşturarak kristal yönelime sahip olan katmanlı bir yerleşim şeklinin bulunduğu şeklinde olmuştur. Li ve arkadaşları aragonit tabakaların tek bir çubuk lamel yapı oluşturduğunu ve seçilmiş bölge alan kırınım desenlerininde belirli açılarla yönelen belirli bir kristallografik yönelime sahip olan yapıların varlığını ifade etmişlerdir (Li ve ark., 2017).



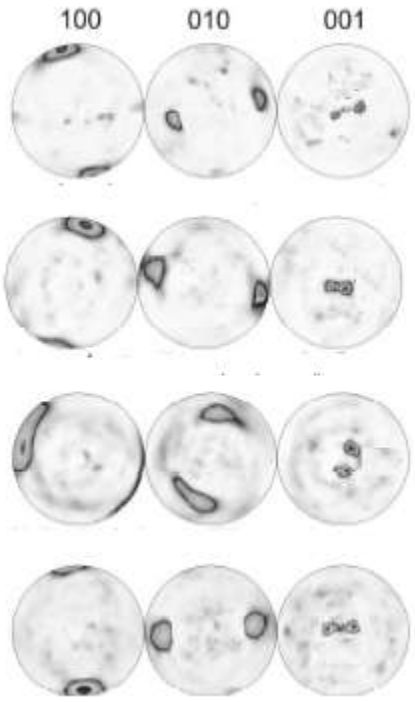





400
122
211
-133
022
300
-233
111
-1
200
-122
011
-33
3-1-1
100
-222
-111
2-1-1
-322
000
3-2-2
-211
1-1-1
-100
2-2-2
-311
0-1-1
-200
1-2-2
-41
-1-1-1
2-3-3
-300
0-2-2
-2-1-1
1-3-3
-400
-1-2-2
2-4-4
-3-1-1
0-3-3



Şekil 25: FIB-TEM görüntüsü ve kristallografik düzlemler



Şekil 26: Kutup şekli analizleri

5. SONUÇLAR

Çapraz tabakalı katmanların SEM' deki görünüşü, farklı türler arasında çok benzer; ancak görünen fark şu ki, birinci dereceden lamelar tabaka ile üçüncü tabaka lamelar arasındaki dış kabuk yüzeyi açısının 90° ila 150° arasında değişmektedir. Açıdaki değişim, tek bir tabaka içinde bile fark edilebilir. Birinci tabaka lamelleri her zaman kabuk yüzeylerine diktir ve katmanlar arasındaki geçiş, bileşimden uzunlamasına veya tam tersine, ani bir yön değişikliği (90° döndürme) ile işaretlenir. İzole edilmiş üçüncü tabakalı lamelar tabakanın TEM görüntüleri, üçüncü tabaka lamelar tabakanın ana yüzeylerine dik olarak uzanan yüksek {110} eşleştirme düzlemini göstermektedir. Bu ikizler, eşleştirme düzlemlerinin birbirlerine paralel mi yoksa üçüncü tabakadan lamelinin (polisentetik) uzun eksenine mi paralel veya aralarında belirli bir açı oluşturacak şekilde (~ 60° veya 120°) ve lif ekseni ile (polisiklik) olduğuna bağlı olarak polisentetik veya polisiklik türlerden olabilir.

6. KAYNAKLAR

Artüz M. L., Denizler alemi, Popüler bilim, 1994.

Baer, E., Hiltner, A., and Morgan, R.J., 1992. Biological and synthetic hierarchical composites, Phys. Today, 45, 60.

Cem ,ÇEVİK, Bilal ÖZTÜRK, A New Lessepsian Mollusc Hypselodoris infucata (Ruppell &Leuckart, 1828) (Gastropoda: Nudibranchia) for the Coasts of Turkey, Turk J Zool 25 (2001) 27-30.

Chateigner D., Hedegaard C. and Wenk H. R., 2000. Mollusc shell microstructures and crystallographic textures, Journal of Structural Geology, 22, 1723-1735.

Chateigner, D.; Ouhenia, S.; Krauss, C.; Belkhir, M.; Morales, M., 2010. Structural distortion of biogenic aragonite in strongly textured mollusc shell layersNuclear Instruments and Methods in Physics Research B 268, 341-345.

Chateigner D., Combine Analysis, wiley, 2006.

Checa, A. G., and Navaro, A. B. R., 2005. Self-organisation of nacre in the shells of Pterioida (Bivalvia: Mollusca), Biomaterials, 26, 1071-1079.

Checa, A. G., Delgado, F. J. E. and Navaro, A. B. R., 2007. Crystallographic structure of the foliated calcite of bivalves, Journal of Structural Biology, 157, 393-402.

Currey, J. D., Mechanical-properties of mother of pearl in tension, Proc. R. Soc, 1977, London, 196, 443-460.
DEMİR, M., 2003. Türkiye'nin Denizlerinden Toplanan Yumuşakça Kabukları, Turk J Zool 27, 101-140.
Demirel, M. C. ve Nur, Y., 2013. Bilim ve teknik dergisi, Mayıs 46, 546, sayfa 26-28.
DOĞAN, A., ÖNEN, M., ÖZTÜRK, B., ILDIR KÖRFEZİ (İZMİR-ÇEŞME) BIVALVIA (MOLLUSCA) FAUNASI, 27-35.
Ekici, Ö. K., Tübitak Bilim teknik Dergisi, 2012
Ji, B. ve Gao, H., 2004. Mechanical properties of nanostructure of biological materials, J. Mech. Phys. Solids 52 , 1963-1990.
Kouchınsky, A., 2000. Shell microstructures in Early Cambrian Molluscs, Acta Palaeontol polonica. 45, 2, 119-150.
Li, X.W., Ji,H.M., Yang, W., Zhang, G.P., Chen, D.L., Mechanical properties of crossed-lamellar structures in biological shells: A review, Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials 74 (2017) 54–71.
Lin, A. Y. M., Meyers, M. A., Vecchio, K. S., 2006. Mechanical properties and structure of Strombus gigas, Tridacna gigas, and Haliotis rufescens sea shells: A comparative study, Materials Science and Engineering C, 26, 1380 – 1389.
Lowenstam, H. A. ve Weiner, S., on Biomineralization, Oxford University Press, Newyork, 1989.
Mann, S., Webb, J., Williams, R.J.P., Biomineralization: Chemical and Biochemical Perspectives, VCH, Weinheim, 1989.
Meyers, M. A., Lin, A. Y. M., Chen, P. Y. and Muyco, J., 2008. Mechanical strength of abalone nacre: Role of the soft organic Layer, Journal of mechanichal behavior of biomedical materials, I, 76-85.
Neves, N. M. ve Mano, J. F., 2005. Further contributions on the structure/mechanical behavior relationships in crossed-lamellar sea shells, Mater. Sci. Eng.C 25 (2) , 113-118.
Ouhenia, S., Chateigner, D., Belkhir, M. A., Guilmeau, E., 2008. Microstructure and crystallographic texture of Charonia lampas lampas shell, Journal of Structural Biology 163 , 175–184.
ÖZTÜRK, B., 2001. Turridae Swainson, 1840 Species (Gastropoda-Mollusca) of İzmir Bay (Aegean Sea), Turk J Zool, 25, 53-56.

ÖZVAROL, Y., ve GÖKOĞLU, M., 2013. Some Biological Aspects of Scallop Chlamys varia (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Pectinidae) from Aegean Sea coast of Turkey, journal of Applied Biological Sciences 7 (3): 68-70.

Taylor ve Lyman, 1972. The mechanical properties of bivalve (Mollusca) shell structure Paleontology, 15, 73-87.

Vendrosco, M. J., Checa, A. G. and Kouchınsky, A. V., 2011. Shell microstructure of the early bivalve pojetaia and the independent origin ofnacre within the mollusca, Paleontology, 54, 4, 825-850.

Vincent, J. F. V., Structural Biomaterials, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, 1991.

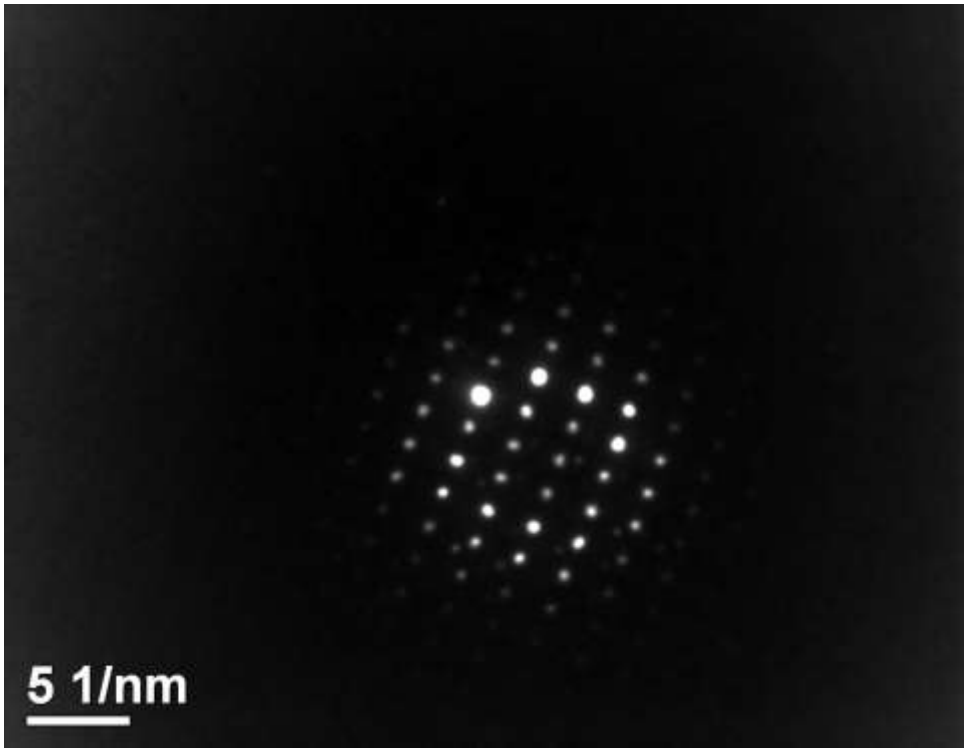
Wang, R. Z., Suo, Z., Evans, A. G., Yao, N., Aksay, I. A., 2001. Deformation mechanisms in nacre, J. Mater. Res, 16 (9), 2485-2493.

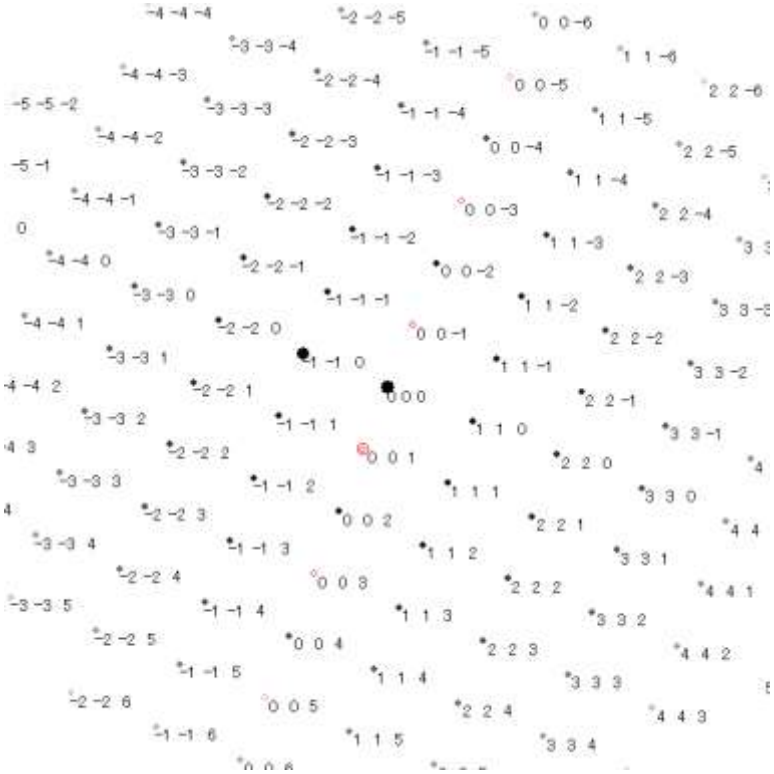
Weiner, S. ve Wagner, H. D., 1998. The material bone: structure-mechanical function relations, Annu. Rev. Mater. Sci., 28, 271-298.

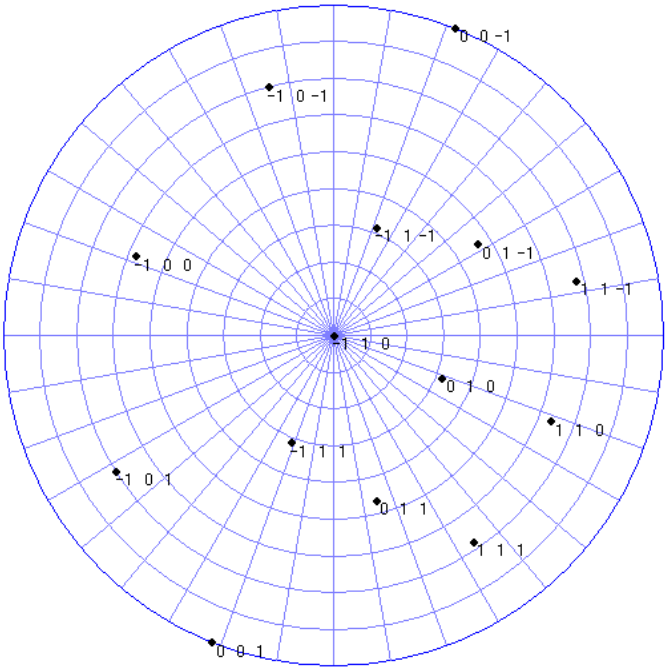
Weiner, S. ve Addadi, L., 1997. Design strategies in mineralized biological materials. J. Mater. Chem., 7, 689-702.

Yang, W., Zhang, G. P., Zhu, X. F., Li, X. W. and Meyers, M. A., 2011. Structure and mechanical properties of Saxidomus purpuratus biological shells, Journal of the mechanical behavior of biomedical materials, 1514-1530.

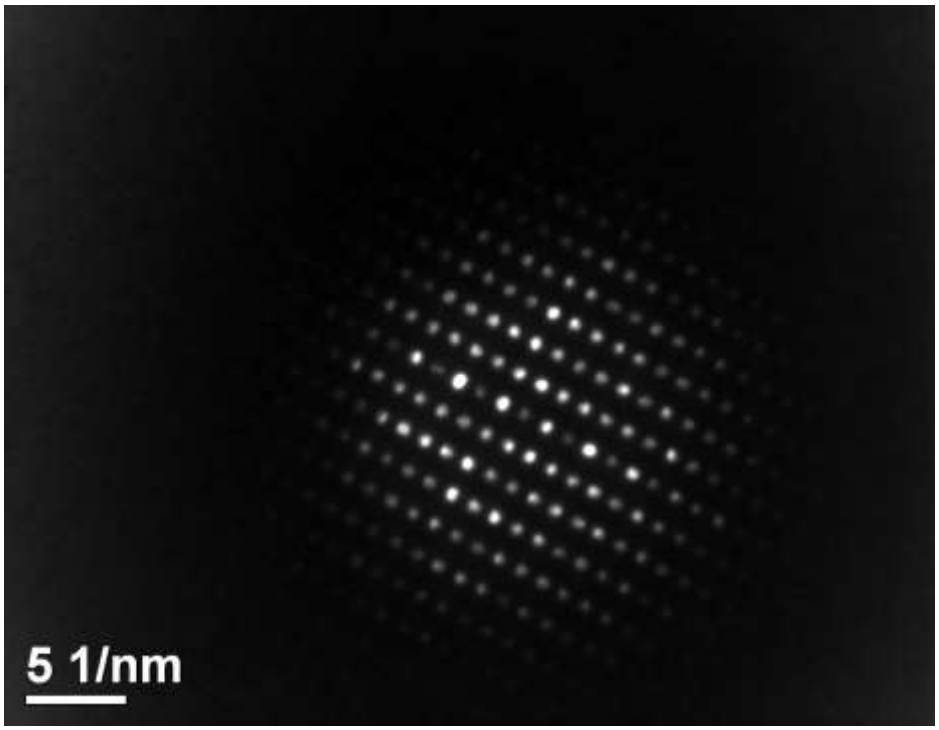
EKLER

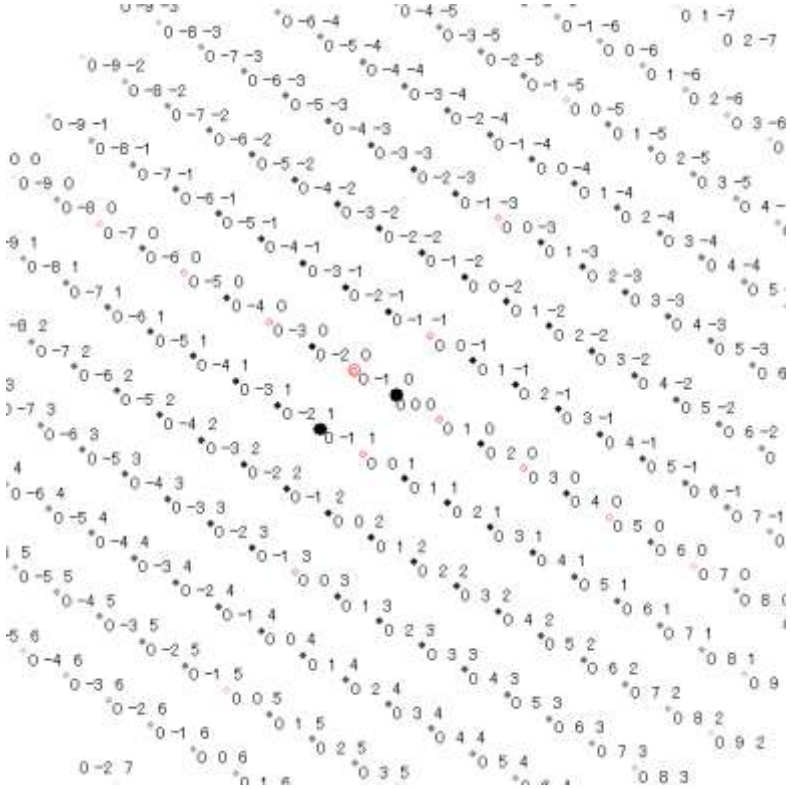


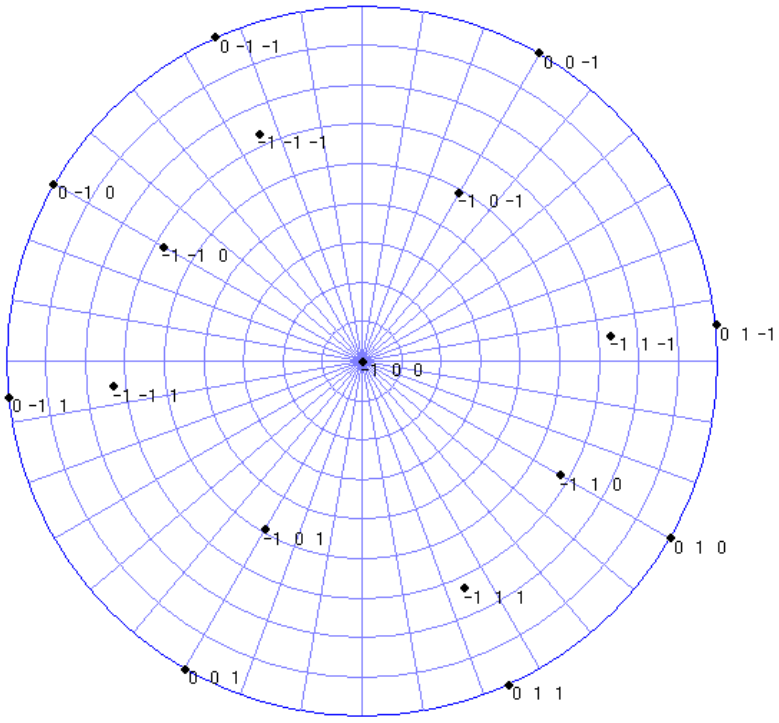




Şekil 27: Conus örneği için FIB-TEM görüntüsü


5 1/nm





Şekil 28: Conidae cona spirella örneği için FIB-TEM görüntüsü

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. ŞERİFE YALÇIN
Proje No:	114F513
Proje Başlığı:	Türkiyede Bulunan Yumuşakçaların Kabuklarının Mikroyapı Ve Kristallografik Texture Özelliklerinin Araştırılması
Proje Türü:	3001 - Başlangıç AR-GE
Proje Süresi:	16
Araştırmacılar:	
Danışmanlar:	ANTONİO CHECA (Yurt Dışı)
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	HARRAN Ü. FEN-EDEBİYAT F. FİZİK B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/03/2015 - 28/09/2017
Onaylanan Bütçe:	62715.0
Harcanan Bütçe:	46226.32
Öz:	Kristallerin tercihli yönelmesi içgüdüsel bir özelliktir ve dayanıklılık, elektriksel iletkenlik, manyetik alınganlık, ışık kırıcılığı, dalga yayınımı ve özellikle bu özelliklerin anizotropisinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Son yıllarda textür araştırmaları metalurjistler tarafından araştırılmakta olup günümüzde yüksek sıcaklıkta süper iletken seramikler hazırlanmasında büyük bir önem kazanmıştır. Maddelerin mekanik ve manyetik gibi çoğu özellikleri esasen anizotropiktir. Polikristaller sarılmış metal yapraklara benzer. Böylece, tekstür özelliklerinin belirlenmesi ve yorumlanması yerbilimciler için temel öneme sahiptir. Malzeme biliminde, termo mekaniksel durumdaki tekstür değişiminin analizi yeniden kristalleşme ve faz geçişleri gibi katı hal durumları hakkında önemli bilgiler içermektedir. Jeolojide ise bu analizler jeolojik oluşum süreçlerine ışık tutar. Molluska kabukları muhteşem yapılarından dolayı pek çok araştırmacı için ilginç bir araştırma konusu olmuştur. Bu kabuklar 30 farklı proteinden oluşmakta olup oldukça sağlam yapıdadır. Mühendislikte ve Tıpta oldukça popüler olan bu kabuklar yoğun olarak kalsiyum karbonat içermektedir. Bu nedenle Molluska kabuklarının mikro yapı araştırmaları tıptan matematiğe pek çok bilim dalında araştırılmaktadır. Kabuklar fosillerde en yaygın bir şekilde korunduğu için jeolojik oluşumların yaş tayininde önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada Gastropod sınıfına ait olan 13 farklı molluska örneğinin yapısal özellikleri X-ışını Difraktometresi (XRD)- Kutup Şekli Analizörü (Pole Figure Analizi), Odaklanmış İyon Işınımı (FIB), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Geçirmeli Elektron Mikroskobu (TEM) ile yapısal karakterizasyonu yapıldı. TEM ile küçük bölgede elektron kırınımı (SAED) desenleri incelenerek örneklerde tek veya ikiz kristallenme olup olmadığı belirlendi.
Anahtar Kelimeler:	Mollusk kabukları, Tekstür Analizi, Mikroyapı
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır

TÜBİTAK