



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TANSİYONMETRE ve GÖZENEKLİ SERAMİK KABIN YERLİ STANDART MALZEME İLE YAPIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Tuğba USLU

YÜKSEK LİSANS

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalını

Ağustos-2010
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Öğrencinin Adı SOYADI
Tuğba USLU
Tarih: 04-10-2010

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TANSİYONMETRE ve GÖZENEKLİ SERAMİK KABIN YERLİ STANDART MALZEME İLE YAPIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Tuğba USLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN

2010, 45 Sayfa

Jüri
Danışmanın Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN
Üye Prof. Dr. Cevdet ŞEKER
Üye Yard. Doç Dr. Mehmet ŞAHİN
Üye Yard. Doç. Dr. Hüseyin ÖZAYTEKİN

Toprak suyu tansiyonunu, yani toprak suyu enerji durumunu ölçen aletler içinde tansiyometreler, sulama zamanının belirlenmesinde en fazla kullanılan araçlardan biridir. Bu çalışma ile, ülkemizde hali hazırda ithal yoluyla elde edilen, tansiyometre ve onun toprak suyu ile bağlantısını sağlayan gözenekli seramik kabın yerli standart hammaddeler kullanarak üretimi amaçlanmıştır.

Seramik kabın imalatında, Eczacıbaşı tarafından üretilen öğütülmüş mineral karışımları (ESC-1, ESC-3 ve ESC-7), mikronize kuvars, defokulant ve nişasta gibi maddeler ile hazırlanan karışımlardan kalıplanan seramik kaplar, değişik sıcaklıklarda (950 – 1070 ˚C) pişirilerek özellikleri belirlenmiş ve ithal (irrometre) seramik kap ile mukayese edilmiştir. Seramik kap imalati için; 100 gr ESC-1, 30 gr mikronize kuvars 0.5 gr deflokülant ve 65 gr su ile hazırlanan çamurdan kalıplanan numunenin 1000 ˚C de pişirilmesi uygun bulunmuştur. Böylece elde edilen seramik kaplar, yarım parmak PVC boru ve Te ve yerli vakummetre kullanılarak tansiyometre imalatı gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tansiyometre. toprak nemi tansiyonu, gözenekli seramik kap, toprak suyu

ABSTRACT

MS THESIS

A RESEARCH ON MAKING TANSIOMETER AND CERAMIC CUP USING STANDART DOMESTIC MATERIALS

Tuğba USLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN AGRICULTURAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN

2010, 45 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN
Prof. Dr. Cevdet ŞEKER
Asst. Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN
Asst. Prof. Dr. Hüseyin ÖZAYTEKİN

Tensiometer among the instruments that are being used to measure soil water suction or energy status of soil water, is one of the most practical instruments used for determining the time of irrigation. The objective of this research is to make tensiometer and its ceramic cup, that provide the contact between tensiometer and soil water, using standart domestic materials.

In this research, the ceramic slips composed from the ground mineral mixtures produced by Eczacıbaşı (ESC-1, ESC-3 and ESC-7), micronized quartz particles, defulocculant and starch were used to make ceramic cup for tensiometer. Molded ceramic cups (greenwares) were fired at different temperatures ranging from 950 to 1070 ˚C and analyzed for their properties and compared with the imported ceramic cups. The ceramic cups molded and fired at 1000 ˚C from the mixture of 100 gr ESC-1, 30 gr quartz, 0.5 gr defulocculant and 65 gr water were found to be convenient. With the ceramic cups made from this research and ½ inch PVC pipe and Te and the domestic vacuum metre can be used for making domestic tensiometers.

Key words : Tensiometer, soil water tension, ceramic cup

ÖNSÖZ

Sulamada temel amaç, bitkinin büyüme mevsimi boyunca ihtiyaç duyduğu suyun yağışlarla sağlanamayan kısmının, bitki kök bölgesine en randımanlı biçimde verilmesidir. Farklı bitkilerin topraktaki neme karşı duyarlılıkları da farklı olacağından en uygun toprak nemi düzeyinde sulamanın başlatılması yapılacak sulamanın başarısını artırmakta oldukça önemli olmaktadır.

Toprak su düzeyi, doğrudan ölçülebildiği gibi, gelişen teknolojilere de bağlı olmak üzere, çok farklı yöntem ve aygıtlarla dolaylı olarak da belirlenebilmektedir. Toprak suyunun doğrudan ölçümü, hem zaman hem de işgücü nedeniyle çoğu zaman pratik olmamaktadır. Bu nedenle, toprak suyunu dolaylı ölçebilen farklı aygıtlar, toprak suyunu büyük bir doğrulukla ve hızlı bir şekilde belirleyebilmektedir. Bu aletlerden biri olarak tansiyometrenin temel çalışma prensiplerinin ve kullanımlarının doğru olarak bilinmesi, toprak su içeriğinin de daha doğru ve güvenilir bir şekilde belirlenmesini sağlar.

Toprak rutubetinin izlenmesi ve sulamanın zamanlanmasında kullanılan tansiyometrelerin yerli malzeme ile seri olarak üretimini hedefleyen bu araştırmada amaç, tansiyometrelerde kullanılan gözenekli seramik kabın yerli malzemelerle seri olarak üretimini araştırmak, üretilecek gözenekli seramik kaplarla tarlada ve serada kullanmaya uygun tipte tansiyometreler geliştirmekdir.

Bana bu konuda araştırma olanağı sağlayan ve bu araştırmanın yürütülmesi sırasında çalışmalarımı yöneten değerli hocam sayın Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN'a, denemenin yürütülmesi sırasında değerli yardımlarını gördüğüm Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü'nden Arş. Gör. Şerife YALÇIN YASTI'ya, teşekkürlerimi sunarım.

Tuğba USLU
KONYA-2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

ÖNSÖZ ..... **v**

İÇİNDEKİLER ..... **vi**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **viii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

2.1. Suyun Kılcal Yükselmesi 7
2.2. Kılcal Potansiyeli Ölçmede Kullanılan Aletler 10
2.3. Gözenekli Kabın Toprakla Olan Teması 11
2.4. Gözenekli Seramik Kaplarda Hidrolik İletkenlik 12

3. MATERYAL VE METOT **15**

3.1. Materyal 15
3.2. Metot 17
3.2.1. Alçı Kalıbın Hazırlanması 17
3.2.2. Gözenekli Seramik Kabın Şekillendirilmesi ve Pişirilmesi 19
3.2.3. Gözenekli seramik kabın hava giriş değerinin ölçülmesi 20
3.3. Gözenekli Seramik Kabın Su geçirgenliğinin Ölçülmesi 21
3.4. Gözenekli Seramik Kaplarda Hava Girme Değeri ve Hidrolik İletkenlik 21
3.5. Tansiyometre Yapımı 22

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **23**

4.1. Uygun Çamur Karışımın Belirlenmesi 23
4.1.1. Ön çalışmalar 23
4.1.2. İkinci Tekerrür 26
4.2. Gözenekli Seramik Kaplarda Hava Girme Değeri ve Hidrolik İletkenlik 30
4.3. Gözenekli Seramik Kapların Basınca Dayanıklılığı 30
4.4. Orijinal Kap İle Yerli Seramik Kabın Karşılaştırılması 30

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **32**

KAYNAKLAR **34**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Toprakta hava-su ayrım yüzeyi (Kirkham ve Powers, 1972)……..6
Şekil 2.2. Su manometreli tansiyometrede suyun kapilar-kılcal yükselmesi (Türkoğlu, 1992)……...8
Şekil 2.3. Civa manometreli bir tansiyometrenin şematik gösterilişi (Yeşilsoy ve Aydın, 1991)……..10
Şekil 2.4. Toprakla temas halinde olan gözenekli seramik kabın büyütülmüş şeması 11
Şekil 3.1. Alçı kalıbın şematik görünümü ……17
Şekil 3.2. (a, b, c) Alçı kalıpları ve parçaları…… 18
Şekil 3.3. Gözenekli seramik kabın şekillendirilmesİ……...19
Şekil 3.4. Seramik kaba verilen basınç ile hava kabarcıklarının oluşup oluşmadığının gözlenmesi…… 20
Şekil 3.5. Yerli seramik kaplardaki su geçirgenliğinin ölçülmesi…… 21
Şekil 3.6. Orijinal kaplardaki su geçirgenliğinin ölçülmesi……..21
Şekil 3.7. Bu çalişmada yapılan tansiyometre örnekleri……...22

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Eczacıbaşından temin edilen seramik çamuru hazırlamada kullanılan öğütülmüş mineral karışımlarının bazı kimyasal analiz sonuçları (www.eczacibasi.com.tr).....16

Çizelge 3.2. Eczacıbaşından temin edilen Mikronize kuvarsın bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (www.eczacibasi.com.tr).....16

Çizelge 4.1. Kütahya'dan getirilerek kullanılan çamur üzerinde yapılan çalışmalar…24
Çizelge 4.2. ESC 1 nolu tozla imal edilen seramik kapların özellikleri……...27

Çizelge 4.3. Orijinal Seramik Ucun ve Yerli Seramik Ucun Özellikleri……..31

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde birim alandan alınan ürünü artırmak için öncelikle göz önünde tutulması gereken faktörlerin en önemlilerinden birisi kuşkusuz sulama faktörüdür. Suyun zamanında verilmeyişinin verimde önemli kayıplara neden olmaktadır. Toprakta herhangi bir anda mevcut su miktarı ve bu miktardaki değişiklikerin bilinmesi için, toprak neminin ölçülmesi gerekir. Özellikle sulama zamanının belirlenmesinde toprak neminin ölçülmesi önemlidir (Taser; Kara, 2005). Toprak nemi birçok metotla ölçülebilir, Bunlar arasında en pratk olanı tansiyometre kullanımıdır.Sulama zamanının saptanması ve toprak suyu hareketinin izlenmesinde ise geniş ölçüde tansiyometrelerden yaralanılır.

Suyla doygun olmayan topraklarda, büyük gözenekler hava ile doludur. Mevcut toprak suyu, toprak tanecikleri tarafından ince film şeritleri şeklinde tutulur. Tarla kapasitesi altında, toprak ve su arasında adhezyon kuvveti hâkimdir ve su bağımsız hareket edemez. Bu koşullarda su bir tansiyon altında hareket eder. Tansiyon, toprakta bulunan su miktarı ile ters orantılı bir durum olup, topraktaki su arttıkça, tansiyon azalacağından (matematiksel olarak daha büyük negatif değer) suyun hareketi de kolaylaşır. Suyun hareketi topraktaki uzaklık ile tansiyon değişimine bağlıdır. İki nokta arasındaki toprak suyu tansiyonundaki büyük farklılık, suyun daha fazla hareket etmesini sonuçlar. Ancak bu hareket çok büyük değildir. Topraktaki su miktarı, doyma halinin altında olduğu zaman toprak suyu basıncı yerel atmosferik basıncın altında olup daha ziyade tansiyon olarak ifade edilebilir. Tansiyon arttığı nispette o tansiyon derecesinde toprakta arta kalıp denge haline gelen su miktarı azalır. Toprak suyu basıncının (tansiyon) negatif olması su moleküllerinin toprak zerrelerine (matriks) yakınlığı ve uzaklığı ile ilgilidir. Toprak gözeneklerindeki su azaldıkça, suyu toprağa bağlayan adhezyon ve kohezyon kuvvetleri artar ve dolayısıyla böyle bir topraktan suyu çıkarmak için daha fazla enerji gerekir. İşte tansiyometreler, belli bir miktar su içeren topraktaki suyun ne kadar bir kuvvetle tutulduğunu veya bu suyu ekstrakte edebilmek için ne kadar enerji gerektiğini gösterir (Kırda, 1976). Toprak suyu tansiyonunu, yani toprak suyu enerji durumunu ölçen tansiyometrelerin esas fonksiyonu, bitki için toprak suyu miktarından daha önemli olan toprak suyunun kılcal potansiyelini, başka bir deyişle "matrik potansiyeli" yada geniş bir terim olan negatif basınç potansiyelini ölçmektir.

Yeşilsoy ve Ark. (1980)'a göre toprak rutubet miktarının ölçülmesi pek çok toprak fiziği ve mühendislik çalışmalarında temel ise de toprak suyunun potansiyelini belirlemede yeterli değildir. Farklı tekstür ve strüktür özelliğindeki topraklarda aynı rutubet içeriğinde suyun hareketinin farklı olması bitkilerin su ihtiyaçlarının da farklı olmasına neden olur. Bu bakımdan toprak suyunun enerji durumunun bilinmesi gereklidir. Genellikle ıslaklık ve potansiyel tansiyometre ile ölçülebilir. Ayrıca tansiyometreler gereği şekilde kalibre edilmişler ise toprak suyu miktarını ölçmede kullanılabilir (Tekinel; Kırda, 1980). Aynı zamanda tansiyometreler pozitif toprak basıncını da ölçebilir (Koorevaar ve ark., 1975).

Tansiyometreler yardımıyla, tarla koşulları altında, hidrolik iletkenlik ve toprak suyu yayınımı ölçülebilir (Hille, 1971; Kırda, 1976). Richards (1965), Yeşilsoy ve ark. (1991) ve Aydın (1991) tansiyometrelerin kullanılmasıyla hidrolik eğimin hesaplanmasını konu etmişlerdir.

Rogers (1974) yaptığı çalışmada; küçük ve özel bir tansiyometre kabı kullanılarak, yalnızca düşük emişlerde fakat kısa dönem değişiklikleri için hızlı yanıt-zamanı verme özelliğine sahip tansiyometrelerle tarla ve laboratuar koşullarında drenaj çalışması yapılabileceğini belirtmiştir.

Harris ve Hansen (1975) yaptıkları çalışmada eskiden beri kullanılan seramik kaplarla toprak çözeltisi alma işleminin kullanışlılığını vurgulamıştır.

Huber ve Dirksen (1978) çoklu tansiyometre sistemiyle otomatik sulama yapıldığını belirtmişlerdir.

Görüldüğü gibi oldukça geniş bir kullanım sahasına sahip tansiyometrelerin özellikle sulama çalışmalarında önemli rol oynaması ülkemizde de araştırmacıların (Yeşilsoy, 1965; Tüzüner, 1965; Kırda 1976) çalışma konusu olmuş ve kullanım sahası bulmuştur. Araştırmacıların öncülüğünde kullanıma geçilmesi sağlanan tansiyometrelerin gelecekte ise daha yaygın olarak kullanılacağı beklenmektedir.

Tansiyometre aletinin en önemli kısmı, alet ile toprak suyu arasındaki bağlantıyı sağlayan kısım olan gözenekli seramik kaptır. Gözenekli seramik kap etrafındaki toprak su tabakası, kabın duvarları vasıtasıyla kabın içindeki su kütlesiyle temas halindedir. Kabın duvarlarından suyun içeri ve dışarı akımı, kabın içindeki suyu toprak suyu ile dengeye getirir. Toprak suyu kökler tarafından alındığında yahut sulama veya

yağmurlama ile yenilendiğinde tansiyometre göstergesinde bunlarla ilgili değişiklikler gözlenebilir (Richards, 1965).

Tansiyometrenin seramik kabının gözenekleri çok küçük olup, hava giriş basıncı -80 kPa (-0,8 bar)'dan azdır (Allen, 1998-a). Tansiyometrelerin çalıştığı 0-0,8 bar arasındaki sınır, toprak suyunun kılcal potansiyel değerlerinin yalnızca küçük bir alanını kapsamakta ise de bu alan bitki için çok önem taşır. Bu alanda topraklar tarla kapasitesine gelir ve tarla kapasitesindeki birçok toprağın matrik potansiyeli 0,3 bar civarındadır. Ayrıca bitkiye yarayışlı suyun % 50 hatta bazı hafif bünyeli topraklarda % 75'i tansiyometrilerin çalışma sınırına girer (Richards, 1965; Yeşilsoy ve ark.,1980).

Bir tansiyometre kabındaki küçük gözenekler toprak gözeneklerinde tutulan su ile tansiyon sütunu arasında bağlantı yaparlar. Tansiyometre kabındaki gözeneklerin, tansiyonunu ölçeceği toprağın gözeneklerinden çok daha küçük olması gereklidir; aksi halde tansiyometre kabına hava girer. Giren hava toprağın içindeki suyun bükümlülüğü ile tansiyon sütunu arasındaki bağlantıyı bozunca alet artık çalışmaz olur (Kirkham ve Powers, 1972; Yeşilsoy, 1980).

Yeşilsoy ve Aydın (1991)'a göre toprak suyu durumunu "kılcallık" ve "enerji ilişkileri" kavramları ile açıklamak mümkündür. Bu durumda tansiyometre-toprak sistemini düşünecek olursak aradaki bağlantıyı sağlayan gözenekli kap, kılcallıkla olan su hareketine ve tansiyon sütunu ile toprak suyu arasındaki bağlantıyı denge durumu oluşuncaya dek, menüsküs oluşturmadan ve bükümlülüğü bozmadan devam ettirecek kadar belirli ve küçük gözeneklere sahiptir.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere tansiyometrenin seramik kabının işlevi doğrudan gözenek büyüklüğü ve dağılımına bağlıdır. Bundan dolayı seramik kapların gözenek büyüklüğü önemlilik arz eder ve en büyük gözeneğin çapına bağlı olan "hava girme değerini" ve "su iletkenliği" değerlerini etkilemektedir.

Bu araştırma ile gerçekleştirilmek istenen olay en uygun hava girme ve su iletkenliği değerlerine sahip tansiyometrenin gözenekli seramik kabını yapmaktır. Seramik kap yapımındaki asıl amaç ise ülkemizde hali hazırda ithal yoluyla sağlanan seramik kapların yerli standart ham maddeler kullanarak yapımını sağlamak ve özelliklerini saptamaktır. Ancak bu gerçekleşirse yerli seramik kap üretimi ve tansiyometre yapımı mümkün olabilecektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Toprak su ilişkilerinde suyun tutulması ve hareketi konusunda literatürde birbirinden çok az farklı iki görüşe rastlanmaktadır.

İlk görüş, toprağı çeşitli büyüklükteki sayısız kılcal boşluklar içeren bir ortam olarak kabul eden "kapilar boru" hipotezi temeline dayanmaktadır. Suyun tutulması, taneler etrafındaki su zarının tansiyonun bir işlevi olarak gösterilmektedir. Suyun bu şekilde tutulması kapilar boşlukların miktarına ve büyüklüğüne bağlıdır. Bu kurama göre su hareketi, kalın su tabakalı topraktan ince su tabakalı toprağa doğru olur. Bu görüşü 1897 yılında sunan Briggs ve ark. toprak bilimine katkıda bulunmuşlardır.

İkinci görüş 1907 yılında Buckingham tarafından açıklanmıştır. Toprak su-olaylarını tanımlamak için "enerji ilişkilerini içeren bir kavram ortaya koymuştur. Ona göre suyun akımı, bir metal çubuktaki ısı akımı veya bir tabloda elektrik akımıyla karşılaştırılabilir. İtici kuvvet veya kılcal akımın nedeni olarak toprak için eşit miktarda su içermeyen iki kısım arasındaki suyun farklı emişi gösterilmiştir. Buckingham toprağın herhangi bir noktasında suyun çekim kuvvetini tanımlayan "kapilar-kılcal potansiyel" terimini önermiştir (Akalan, 1973; Yeşilsoy ve Aydın 1991).

Yukarıda verildiği gibi kılcallık önemli bir kavramdır. Toprak suyu, kılcallık yahut enerji kavramlarından herhangi biriyle incelenebilir. Yeşilsoy, (1980)'a göre bir biriyle çelişen bu iki kavram aynı yola çıkmaktadır.

Koorevaar (1975) suyun toprakta tutulmasını sağlayan kuvvetler katı ve sıvı fazlar arasındaki kuvvetlerdir. Oluşan bu "matrik kuvvetler" toprak neminin yerçekimi kuvvetine karşılık sünger gibi tutulmasını sağlarlar. Wander-Wals ve London kuvvetleriyle suyun doğrudan adsorbsiyonu, çifte tabaka içindeki suyun ozmotik bağları, suyun kapilar- kılcal bağlanması gibi üç tip bağ kuvvetinden bahsedilebilir.

Toprak suyunun negatif basınç potansiyeli kapilar potansiyel yani toprak matriksinin kılcal ve adsorbtif kuvvetlerinin bir sonucudur (Yeşilsoy ve ark., 1980).

Tansiyometrenin gözenekli kabı aracılığı ile toprak suyu ve tansiyometredeki su birleştiklerinden toprak suyunun tuz konsantrasyonu ile tansiyometredeki suyun tuz konsantrasyonu aynı olabilir. Bu bakımından tansiyometre yalnız kılcal-matrik potansiyeli ölçer, osmotik basıncı ölçmez (Yeşilsoy ve Aydın, 1991).

Gözenekli seramik kaplar kullanarak su tabakasının basıncını önlemek, basınç potansiyeli işlevini ölçmekle aynıdır (Grim, 1968). Richards, Heck ve Rager birbirinden bağımsız olarak tarlada vakum aletine yahut manometreye bağlı gözenekli seramik kapları toprakta su tabakasının basınç değişikliğini izlemek üzere önermişlerdir (Richards, 1965).

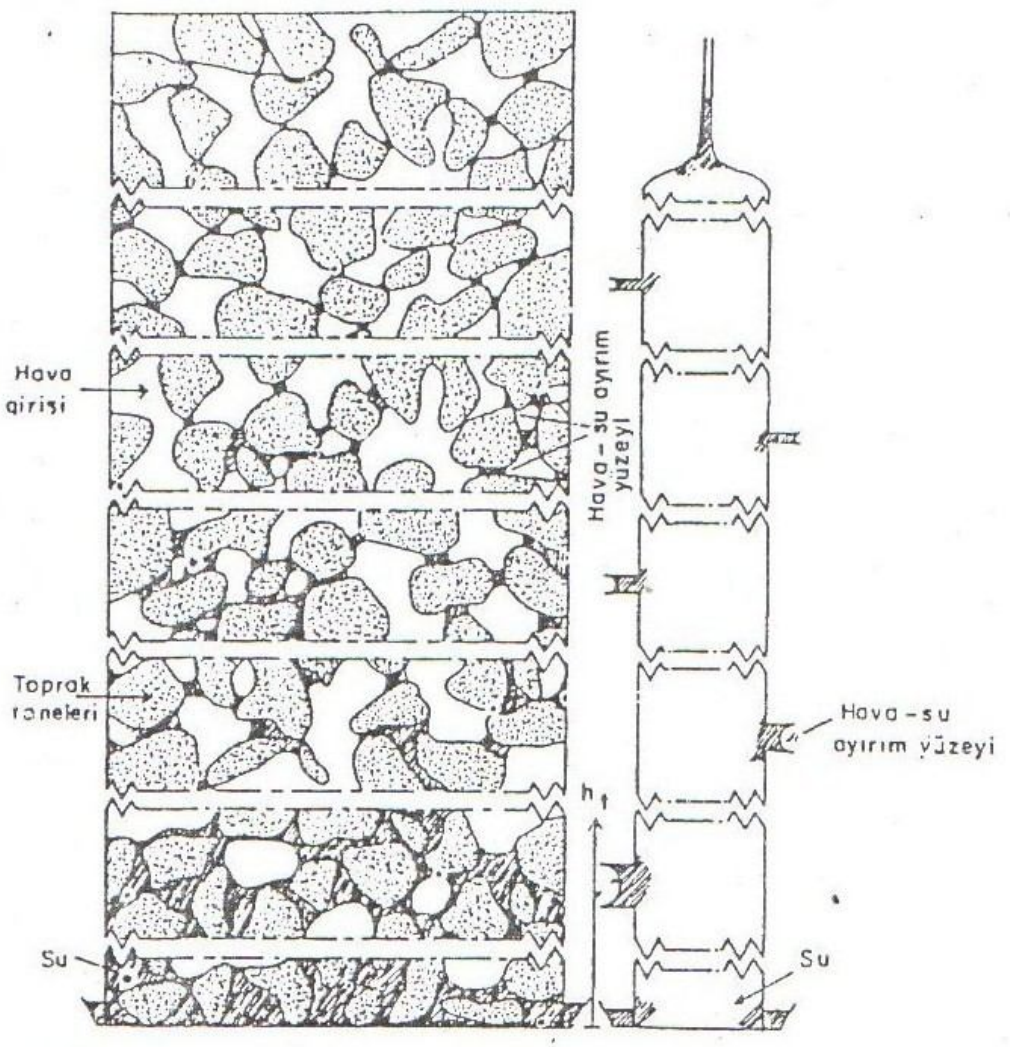
Tansiyometrenin seramikten yapılmış gözenekli kabı, kılcal potansiyelini ölçeceği toprağa gömülünce tansiyometre içindeki atmosferik basınçtaki su toprakla temasa geçer. Bu su seramik kabın gözenekleri aracılığıyla toprak taneleri arasında bükülmüş su ile bağlantı sağlar. Toprağın bükümlülük altındaki suyunun potansiyeli atmosferik basınçtan küçük olduğu için, yüksek potansiyel yani başlangıçta atmosferik basınçta olan tansiyometrenin içindeki su toprak tarafından çekilir. Suyun toprak tarafından çekilmesi sonucu tansiyometre içinde bir vakum oluşur. Bu vakum civalı manometre veya Bourdon tipi manometrede okunur. Topraktaki suyun potansiyeli suyun bükümlülüğü ile dengeye gelinceye kadar tansiyometrenin manometresinde civa sütunu yükselir. Tersine, sulanınca ve yağmurla profile su girince manometredeki civa sütunu düşer (Kirkham ve Powers, 1972; Yeşilsoy ve ark., 1980).

Tüm gözenekleri su ile dolu olan bir toprak örneğinden suya batırılmış sonra çıkarılmış bir süngerde olduğu gibi, su kendiliğinden süzülüp akar. Fakat bir süre sonra su akımı kesilir. Daha fazla su akması için toprağın, aynen sünger örneğinde olduğu gibi sıktırılması gerekir. Diğer bir, deyişle, bu toprak örneğinden daha fazla su çıkarılması için bir enerji harcanması gerekir. Bu enerji toprak parçacıkları tarafından adhezyon, kohezyon gibi yüzey gerilimi kuvvetlerin etkisiyle tutulan suyun anılan kuvvetleri kırarak serbest bırakılması için kullanılmaktadır. Bu şekilde suyun topraktan çıkarılması için gereken mekanik enerji, suyun topraktaki enerji düzeyine bağlıdır. Suyun doygun durumdaki bir toprak örneğinde, suyun tutulma enerjisi, suya doygun olmayan toprağa kıyasla daha azdır (Tekinel ve Kırda, 1980).

Kirkham ve Powers' in (1972) Gardner ve Chatelain'den aldıkları Şekil 2.1'de bir taban suyunun üstündeki toprakta herhangi bir h_t yüksekliğindeki kapilar potansiyelin, aynı yükseklikteki h_t değeriyle ifade edilebileceğini göstermektedir. Şekil 2.1'in solunda hava-su ayırım yüzeylerinin taban suyundan gittikçe yükseldiği bir toprak suyu görülmektedir. Şeklin sağında toprak hava-su ayırım yüzeylerinin bükümlülüklerine

eşdeğer yan çıkışları olan düşey bir boru görülmektedir. Topraktaki hava-su ayırımı yüzeyleri ile borudakiler dengededir. Toprağın ve borunun belirtilen hava-su ayrım yüzeylerinden dışa su akışı olamaz (Yeşilsoy ve ark., 1980).

Seramik kap suyla ıslatıldığı ve bütün gözenekleri su ile doldurulduğu zaman her bir gözeneğin hava-su ayrım yüzeyinde suyun yüzey gerilimiyle gözenekler kapatılır.



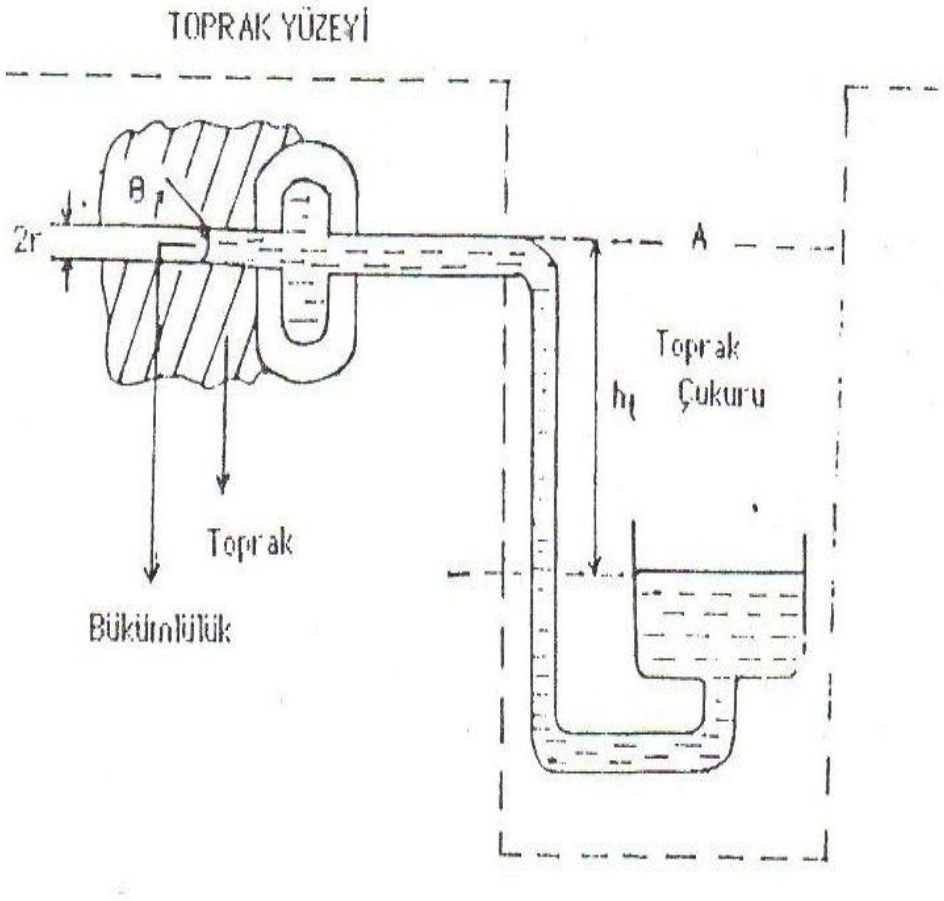
Şekil 2.1. Toprakta hava-su ayrım yüzeyi (Kirkham ve Powers, 1972)

Kılcal potansiyelden toprak suyunun hareket doğrultusu ve hızı ile ilgili yararlı kuramsal ifadeler türetilebilir. Uyumun olmadığı yerde sakımsal olmayan bir sistemin sorunlarından şüphelenilir (Yeşilsoy ve ark., 1980).

2.1. Suyun Kılcal Yükselmesi

Dar borularda su, serbest su yüzeylerine oranla yükselir. Borunun çapı daraldıkça suyun yüksekliği artar ve kılcallıkla suyun tutulmasında borunun genişliği önemlidir. Belirli h_t yüksekliği altındaki daralma ve genişlemeler kılcal yüksekliği etkilemez. Varsayılan borudaki h_t yüksekliği toprak taneleri tarafından toprak taneleri etrafındaki suyun oluşturduğu tansiyonu belirtmektedir.

O halde bir borudaki su yükselme nedenini açıklamakta fayda vardır. Şekil 2.2'de görülen seramik duvarları su molekülü yüzeyin hemen yanındaki boru molekülleri tarafından adezyon ile çekilmekte ve su molekülleri arasındaki kohezyon nedeniyle yüzey gerilim kuvvetleri oluşmaktadır. Bunların sonucu olarak, su boru içinde kıvrılan bir bükeylilik menisküs yaratmaktadır. Böylece bükeyin hemen altında ki basıncın atmosferik basınçtan düşük olması ve negatif basınç oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumda, kapilar boru dışındaki suyun hemen üstündeki atmosferik basınç, borunun içindeki suyu belirli h_t yüksekliği kadar itmektedir.



Şekil 2.2. Su manometreli tansiyometrede suyun kapilar-kılcal yükselmesi (Türkoğlu,1992)

Şekil 2.2'deki A düzeyinde bir kesit düşünüldüğünde; adezyon ve yüzey gerilimi nedeniyle sıvının varsayılan boruda 2πr'lik çemberde yukarı doğru çekimi $(2\pi r)\sigma \cos \Theta$ bağlantısı şeklinde gösterilebilir. Yukarı doğru olan bu çekim A düzleminin altındaki suyun ağırlığınca dengelenebilir. Bu ağırlık, $\pi r^2 \rho g h_t$ (din, cgs birimlerinde) olarak yazılabilir. Kılcal boruda su yüksekliği dengeye geldiğinde

$$2\pi r\sigma \cos \Theta = \pi r^2 \rho g h_t \text{ veya} \quad (2.1)$$

$$h_t = \frac{2\pi r \sigma Cos\theta}{\pi r^2 \rho g} \quad (2.2.)$$

olur. Gerekli kısaltmalar yapılırsa;

$$h_t = \frac{2\sigma Cos\theta}{r\rho g} \quad (2.3)$$

kılcal yükselme eşitliği elde edilir.

Pek çok toprak mineralinin su için ıslanma açısı (Θ) sıfırdır. O zaman kılcal yükselme eşitliği şu hali alır.

$$h_t = \frac{2\sigma}{r\rho g} \tag{2.4}$$

Burada,

r = kılcal borunun yarı çapı (cm)

h_t = kılcal yükselme (cm)

ρ = suyun yoğunluğu (g/cm^3)

Θ = dokunma açısı

g = yer çekim ivmesi (din/g veya cm/sn^2)

σ = yüzey gerilim katsayısıdır (din/cm, g/cm)

Şekil 2.2' de A düzeyindeki tansiyonu "σ" ve "r" terimleri ile ilişkilendirmek mümkündür.

Tansiyon birim alanda çekim olduğuna göre;

T = gp h_t yazılabilir. (2.5)

$$h_t = \frac{2\sigma}{r\rho g} \text{ ise;} \tag{2.6}$$

$$T = \frac{2\sigma}{r} \text{ olur.} \tag{2.7}$$

Yukarıda verilen eşitlikten de anlaşılacağı gibi uygulanan tansiyon ve gözenek yarıçapı arasında önemli derecede bir ilişki vardır. Bu durumda h su sütununu taşıyan gözenek büyüklüğü tespit edilebilir. Verilen eşitlik daha da pratikleştirilirse;

$$\rho g h_t = \frac{2\sigma}{r} \tag{2.8}$$

Yarıçap yerine çap kullanılırsa;

$$\rho g h_t = \frac{4\sigma}{\rho g h_t} \tag{2.9}$$

$$2r = \frac{4\sigma}{\rho g h_t} \text{ olur.} \tag{2.10}$$

Burada 2r, h yüksekliğindeki su sütununu taşıyan gözeneğin büyüklüğü (çapı)'dür. σ = 73 din/cm, ρ = 1g/cm^3, g = 981 din/g olduğundan

$$2r = \frac{300}{1000h} \text{ olur.} \tag{2.11}$$

Eşitlikteki h, cm olarak tansiyon yüksekliğidir. Yukarıdaki eşitlik şöyle kısaltılabilir:

$$2r = \frac{0,3}{h} \tag{2.12}$$

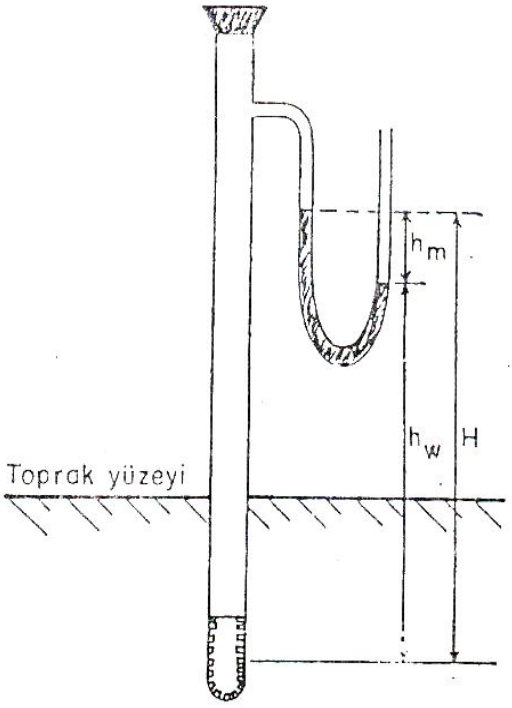
Bu eşitlikte r ve h, cm olarak verilmiştir. Ancak gerçekten h'nin cm, r'nin de mikron (μ) olarak verilmesi gelenek olmuştur. O zaman;

$$2r = \frac{3000}{h} \text{ olur.} \tag{2.13}$$

2.2. Kılcal Potansiyeli Ölçmede Kullanılan Aletler

Toprak çok kuru değilse toprak suyunun tansiyonunu dolayısıyla toprak suyunun matrik potansiyelini ölçmede kullanılan en bilinen alet tansiyometrelerdir (Yeşilsoy ve ark.,1980). Toprak çalışmaları için oldukça önemli olan tansiyometreler dinamik bir sistem olarak suyun hareketi, depolanması ve kök sistemi dağılımını ölçer. Tansiyometreler genellikle seramik materyalden yapılmış gözenekli kap ile mekanik yada civalı manometreli bir tüp den ibarettir ve bütün bölümleri su ile doludur. Gözenekli kap toprak içine yerleştirildiği zaman kap içindeki su seramik duvarlar vasıtasıyla toprak suyu ile temas ve dengelenme eğilimindedir. Başlangıçta tansiyometre içindeki su atmosferik basınçtadır, toprak suyu ise atmosferik basıncın altındadır. Herhangi bir emişte hava geçirimsiz olan tansiyometreden su dışarı çekilir ve hidrostatik basıncın düşmesine neden olur. Bu basınç ise bir manometre aracılığı ile gösterilir (Hille, 1971).

Şekil 2.3'te gösterildiği gibi, civa manometresi kullanılarak h_t tansiyon yüksekliği hesap edilmiştir.



Şekil 2.3. Civa manometreli bir tansiyometrenin şematik gösterilişi (Yeşilsoy ve Aydın, 1991)

Tansiyon yüksekliği $h_t = 13,6\ h_m - H'$ dir. (2.14)

Civanın yoğunluğu 13,6 g/cm^3 olduğu için 13,6 cm su sütunu 1 cm civa sütunu ile aynı basıncı yapacağından 13,6 x h_m değeri civa sütunu basıncının cm su basıncı cinsinden gösterimidir.

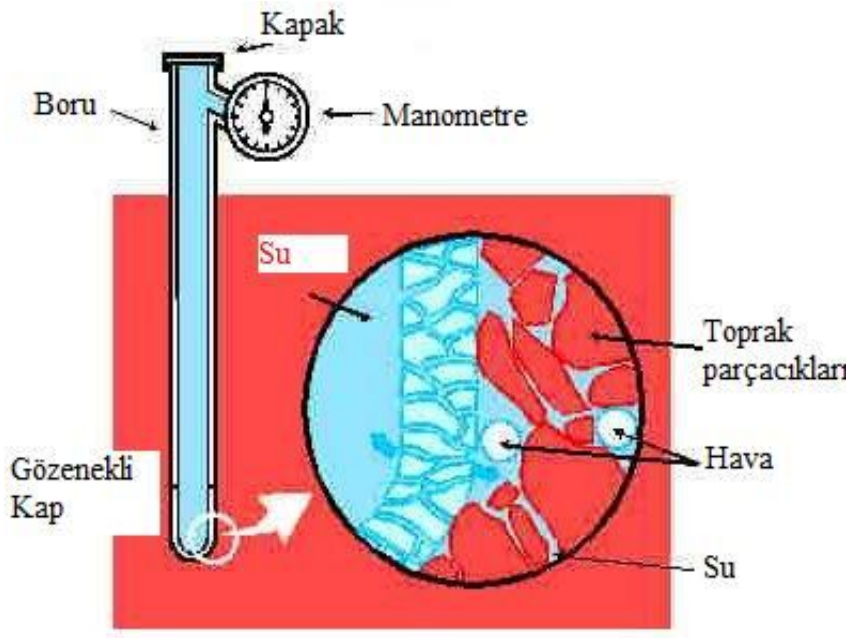
$H = h_m + h_w$ ise $h_t = 13,6\ h_m - (h_m + h_w)$ elde edilir. (2.15)

Burada gerekli kısaltmalar yapılırsa; $h_t = 12,6\ h_m - h_w$ bulunur. (2.16)

2.3. Gözenekli Kabın Toprakla Olan Teması

Toprakla temas kuran gözenekli kabın büyütülmüş hali Şekil 2.4'te görülmektedir. Gözenekli kabın gözenek büyüklüğü belirli ölçüdedir. Yeterli derecede üniform dağılmış ve maksimum gözenek büyüklüğü ile sınırlandırılmıştır. Seramik kap su ile ıslatıldığı ve bütün gözenekleri su ile doldurulduğu zaman her bir gözeneğin hava-su ayrım yüzeyinde suyun yüzey gerilimiyle gözenekler kapatılır. Tansiyometrelerin

çalışmaları boyunca, gözenekli kaptaki her bir gözenek, ince bir bakır diyafram gibi rol oynar ve su bu gözeneklerin içinden geçebilir. Fakat havanın geçmesine izin verilmez.



Şekil 2.4. Toprakla temas halinde olan gözenekli seramik kabın büyütülmüş şeması

Her bir toprak parçacığındaki su filmleri toprak parçacıklarına kuvvetli bağlarla bağlanmışlardır. Toprak kurudukça bu filmler daha ince, toprak tarafından daha sıkı tutulmaya başlar ve böylece su filmleri bir tansiyon oluşturur ve seramik kaptaki gözenekler aracılığıyla tansiyometreden suyun emilmesine neden olur. Toprağın kuruması esnasında aynı moleküler kuvvetler bitkilerin topraktan su alımını daha da güçleştirirler (Deer ve ark., 1996).

2.4. Gözenekli Seramik Kaplarda Hidrolik İletkenlik

Gözenekli seramik kapların (doymuş) hidrolik iletkenliği geçirgenliğin bir ölçüsüdür. Diğer bir deyişle bir ünite hidrolik potansiyel eğim altında suyu geçirebilme özelliğidir. Hidrolik iletkenlik (su iletkenliği) seramik kapların önemli bir özelliği olup, gözenek büyüklüğü, toplam gözeneklilik ve gözenek dağılımına bağlıdır. Hidrolik iletkenlik çoğunlukla cm/sn olarak ifade edilir ve Darcy yasası formülüne göre hesaplanır.

$$K = \frac{QL}{A\Delta_h\Delta t} \qquad (2.17)$$

K = hidrolik iletkenlik (cm/sn)

Q = suyun hacmi (cm^3)

L = kalınlık (cm)

A = alan (cm^2)

Δ_h = basınç potansiyeli (cm su yüksekliği)

$\triangle_t$ = zaman (sn)

Tansiyometre gözenekli kabının belirli bazı özellikleri vardır. Richards (1965)'a göre, seramik kap 1 atmosfer basınç altında doygun halde iken dakikada 1 gr su çıkartmalı ve yine 1 atm basınç altında su içine daldırıldığında gözeneklerden hava çıkartmamalıdır.

Yeşilsoy ve ark., (1967-1968)'a göre, hava girme değerini aynı boyutlarda belirtirken, bir atmosferde, 1 dakikada çıkan suyun 1 ml'ye geçmesi gerekir.

Yeşilsoy (1965) ülkemizde tansiyometreler konusunda yaptığı çalışmada yerli ham madde kullanarak ilk defa seramik kap yapımı girişiminde bulunmuştur. Yaklaşık 74 μm' lik elekten geçirdiği kil, illit, kuvars ve $CaCO_3$ karışımını 1000-1050 ^oC'de pişirerek belirlenen özellikte seramik kap yapımını gerçekleştirmiştir.

Eğer doymuş toprağa hafif bir emiş, yani atmosfer basıncı uygulanırsa, emişin belli bir kritik değeri aşmadan topraktan su çıkmaz. En geniş gözenekliğin boşaldığı bu kritik emişe "hava girme emişi " denir (Hillel, 1971).

Tüm gözenekleri suyla doymuş seramik kaplarda havanın geçmesi için gerekli olan basınca hava girme değeri denir. Hava girme değerini ise en etkili gözenek büyüklüğü olan en geniş gözeneğin çapı belirlemektir (Anonymous,1992).

Tansiyometredeki su, topraktan göstergedeki civaya doğru basınç transferine izin verecek şekilde sistem boyunca sürekli olmalıdır. Gaz kabarcıklarının oluşumu bu sürekliliği bozar ve sistemi etkisiz hale getirir. İnce gözenekli kap doymamış topraktan su doldurulmuş tansiyometre tüpüne hava girişine izin vermeyen bir fonksiyona sahiptir. Seramik kabın duvarları içindeki ince borular gözeneklerdeki suyun yerine havanın girdiği basınç olan yüksek hava girme değerine sahiptir. Hatta azalan basınçlarda toprak çözeltisinden gelen veya tansiyometre içindeki tutaklanmış havaya bağlı olarak sistemin bozulmasına neden olur (Verplancke, 1987).

Tansiyometre tarafından ölçülen emişler genellikle 1 atmosfer basınç altındaki matrik emişle sınırlandırılmıştır. Dış atmosferik basınçla ilgili olan kısmi vakum, 1 atmosferi aşan tansiyona dayanan su kolonunun genel eksikliği kadardır. Bundan dolayı gözenekli ve su iletkenliği yüksek olan seramik kap içine yüksek bir emişle, içteki basınç atmosferik basınca eşitlendiği durumda havanın girmesine neden olur. Düşük matrik emişlerde toprakta suyun tutulma miktarı (0-1 bar) birinci olarak kılcal etki ve gözenek dağılımına bağlıdır (Hillel, 1971).

Vakum göstergeli tansiyometreler topraktaki su hareketleri dolayısıyla, tansiyometre kabı etrafındaki tansiyon değişmelerine paralel olarak, dışarıdaki toprak su tansiyonuna eşdeğer bir okuma vererek, seramik kap ile toprak gözenekleri arasındaki su alış verişine engel olur. Gösterge suyun hareket eğilimini ölçercesine tansiyometredeki suyun basıncını dışarıya denk olacak şekilde değiştirir ve seramik kabın çevresindeki toprağın su basıncını verir (Kırda, 1976)

Tansiyometrenin gözenekli kaplarının imalinde, seramik materyalin gözenekliliği ve seramik su ilişkilerini anlayabilmek için bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada, seramik materyallerde gözenek büyüklüğü ve gözenek dağılımını belirlemek amacıyla basınçlı tencere aleti kullanılmıştır. Belirli basınçlarda elde edilen su miktarına göre karakteristik bir eğri oluşturması beklenir fakat yaklaşık 10 cm boyunda ve 1 cm kalınlığında olan değişik karışımlardan hazırlanmış ve 1050 ^{o}C, 1100 ^{o}C' de pişirilmiş örneklerde suyun desorbsiyonunun artan basınçlarla orantılı olmadığı gözlenmiştir. Bunun nedeni ise seramik tabletlerdeki gözeneklerin birbiriyle bağlantısının olmaması, sorbsiyon ve desorbsiyon olayına bağlı olarak histerisis etkisinin çok daha fazla olabileceği şeklinde açıklanmıştır (Türkoğlu, 1992)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada; ülkemizde seramik sanayi alanında faaliyet gösteren firmalar tarafından seramik imalatında kullanılmak üzere öğütülerek toz haline getirilmiş mineral karışımları, mikronize kuvars, alçı, sodyum silikat (cam suyu, deflokülant), arap sabunu, mısır, buğday ve patates nişastaları ve öğütülmüş pomza kullanılmıştır.

Çalışmanın başlangıç aşamasında, alçı kalıp hazırlanması ve seramik dökme çamurunun kullanımı, kalıplanması ve pişirilmesinde pratik kazanmak üzere Kütahya'dan bir firmadan seramik yapımında kullanılan bir döküm çamuru getirilerek çalışmalara başlanmıştır.

Tez çalışmasına esas olmak üzere; Eczacıbaşı'ndan ESC 1, 3 ve 7 kod numaralı seramik döküm çamuru hazırlanmakta kullanılan öğütülmüş mineral karışımları ile mikronize kuvars temin edilmiştir. Bu konuda Konya Şeker A.Ş maddi destek sağlamıştır. Bu materyallerin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1 ve 3.2' de gösterilmiştir.

Alçı kalıbın yapımında ABS marka alçı (0,2 mm) kullanılmıştır.

Seramik kabın gözenekliliği ve dolayısıyle su geçirgenliğini artırmak amacıyla mikronize kuvars, öğütülmüş pomza, patates, mısır ve buğday nişastası kullanılmıştır.

Selçuk Üniversitesi yeşil alan topraklarına ilave edilmek üzere Nevşehir'den getirtilen pomzadan suda yüzebilen, fındık iriliğindeki parçalar seçilmiş ve porselen havanda ezilerek 0.125 mm gözenek çaplı elekten kuru elemeye tabi tutulmuş ve elek altına geçen kısım kullanılmıştır.

Patates nişastası olark Başak marka patetes nişastası, mısır nişastası olarak, Sunor marka mısır nişastası ve buğday nişastası olarak, Sefer Yılmaz markalı buğday nişastası kullanılmıştır.

Döküm çamurunun akıcılığını (viskozitesini) yani alçı kalıba dökülen çamurun geri boşaltılması sırasındaki akıcılığını ayarlamak üzere Ege Kimya'dan temin edilen sodyum silikat (cam suyu) deflokülant olarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Eczacıbaşından temin edilen seramik çamuru hazırlamada kullanılan öğütülmüş mineral karışımlarının bazı kimyasal analiz sonuçları (www.eczacibasi.com.tr)

Analizler	Birimi	Mineral karışımları		
		ESC-1	ESC-3	ESC-7
SiO_2	(%)	60,0 ± 1,50	66,00 ± 1,50	60,00 ± 1,50
Al_2O_3	(%)	27,0 ± 1,00	23,00 ± 1,00	25,00 ± 1,00
Fe_2O_3	(%)	0,90 ± 0,20	0,90 ± 0,20	1,50 ± 0,20
TiO_2	(%)	1,30 ± 0,20	1,30 ± 0,20	1,30 ± 0,20
CaO	(%)	0,20 ± 0,10	0,20 ± 0,10	0,20 ± 0,10
MgO	(%)	0,50 ± 0,10	0,30 ± 0,10	0,50 ± 0,10
Na_2O	(%)	0,50 ± 0,10	0,30 ± 0,10	0,50 ± 0,10
K_2O	(%)	2,20 ± 0,20	2,20 ± 0,20	2,20 ± 0,20
LoI	(%)	7,50 ± 1,00	6,50 ± 1,00	7,50 ± 1,00

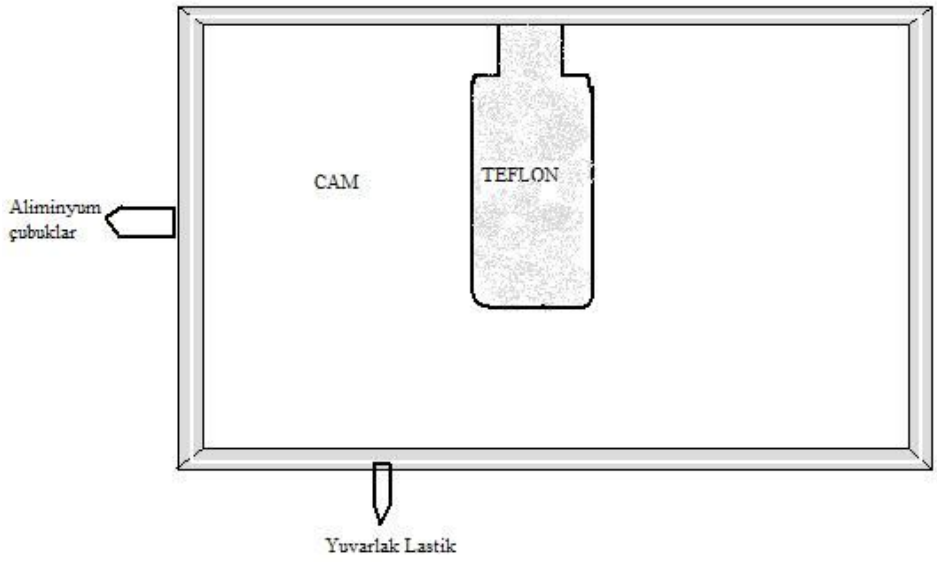
Çizelge 3.2. Eczacıbaşından temin edilen Mikronize kuvarsın bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları (www.eczacibasi.com.tr)

Analizler	Birimi	İrilik sınıfları, mikron					
		100	74	63	45	38	10
SiO_2	(%)	99,2 ± 0,2				98,5 ± 0,2	
Al_2O_3	(%)	0,50 ± 0,20				1,0 ± 0,20	
Fe_2O_3	(%)	0,03 ± 0,01				0,02 ± 0,01	
TiO_2	(%)	0,02 ± 0,01				0,02 ± 0,01	
CaO	(%)	0,02 ± 0,01				0,02 ± 0,01	
MgO	(%)	0,02 ± 0,01				0,02 ± 0,01	
Na_2O	(%)	0,10 ± 0,05				0,10 ± 0,05	
K_2O	(%)	0,02 ± 0,01				0,02 ± 0,01	
LOI	(%)	0,2 ± 0,01				0,2 ± 0,01	
Rutubet	(%)	0,20				0,20	

3.2. Metot

3.2.1. Alçı Kalıbın Hazırlanması

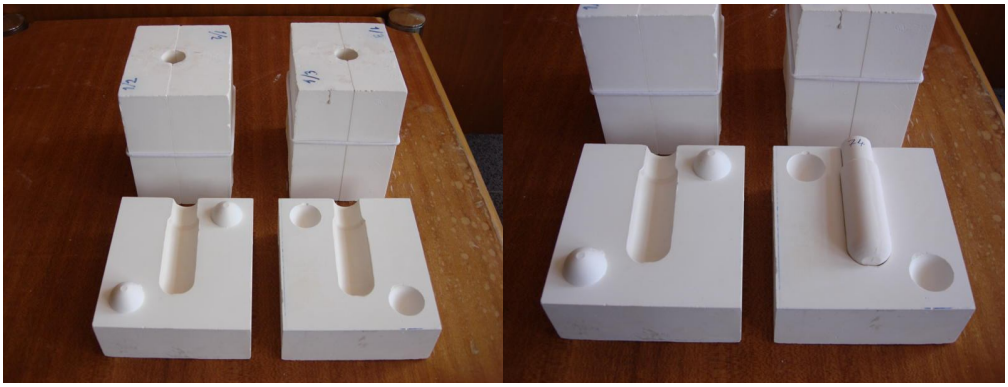
Dikdörtgen prizma şeklinde hazırlanan kalıbın tabanı camdan, kenar çerçeveleri aluminyum profilden hazırlanmış olup prizmanın üstü açık bırakılmıştır. Yapılmak istenen seramik kabın şekil ve boyutlarında teflondan hazırlanan iki maçadan biri uzunlamasına tam ortasından ikiye bölünmüş ve Şekil 3.1'de görüldüğü gibi prizmanın cam tabanı üzerine yerleştirilmiştir. Dikdörtgen pirizmanın aluminyum yan kenarları da yerlerine yerleştirildikten sonra, çevresine lastik bant geçirilerek birbirlerine tuturulmuştur. Kalıba rahat akması için 100 gr alçıya 75 ml su hesabıyla, su ilave edilip mikserle karıştırılarak pürüzsüz, koyu çorba kıvamında hazırlanan alçı, dikdörtgen pirizmaya dökülerek pirizmanın yarısına kadar dolması sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Alçı kalıbın şematik görünümü

Kalıba dökülen alçı katılaştıktan sonra aluminyum kenarlıkları bir arada tutan lastik bantlar yerlerinden sökülerek, kalıbın yarı parçası yerinden çıkarılmıştır. Alçı kalıbın diğer yarısını dökmek için, yarım maçanın kalıbın birinci yarıbölmesinde oluşturduğu boşluğa bütün maça yerleştirilmiş ve yarıbölmenin yüzeyine 5 gr ABC marka arap sabununa 40 ml su ilavesiyle hazırlanan çözeltisi 3 defa sürülmüş ve kuruduktan sonra dikdörtgen pirizmanın tabanına yerleştirilmiş ve aluminyum kenarlıklar tekrar yerlerine sabitlenmiştir. Kalıbın ikinci parçası da döküldükten sonra Şekil 3.2 a, b

ve c de sertleşince kalıptan çıkarılmıştır. Böylece iki parçadan oluşan alçı kalıp seramik çamur doldurulmaya hazır hale getirilmiştir (Şekil 6c).



(a) **(b)**

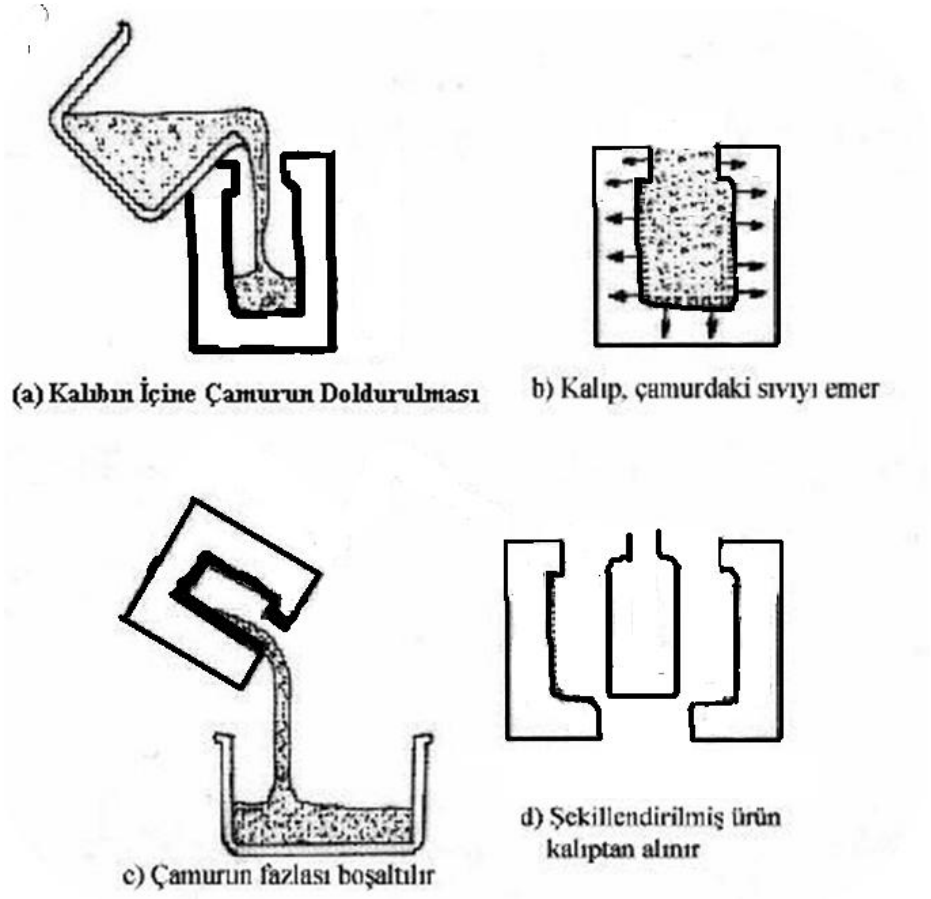


(c)

Şekil 3.2. Alçı kalıpları ve parçaları

3.2.2. Gözenekli Seramik Kabın Şekillendirilmesi ve Pişirilmesi

Tansiyometrenin gözenekli seramik kabının yapımında slip döküm metodu kullanılmıştır. Slip döküm seramiğe has bir kalıplama yöntemidir. Öğütülmüş mineral karışımlarına; su, deflokülant ve çeşitli katkı maddeleri eklenmiştir. Dispersiyonun iyi bir şekilde olmasını sağlamak için mikserde karıştırılan çamur, içindeki hava kabarcıkları kayboluncaya kadar belirli bir süre bekletilmiş ve şekillendirme için hazır duruma getirilmiştir. Bu şekilde en yüksek oranda katı içeren ve yeterli akıcılığa sahip çamurlar iki parçadan oluşan alçı kalıba dökülmüştür (Şekil 3.3 a).



Şekil 3.3. Gözenekli seramik kabın şekillendirilmesi

Çamurdaki su, alçı kalıp tarafından emilerek, çamurun kalıba yapışması sağlanmıştır. Gözenekli seramik kap et kalınlığını verecek kadar çamurun kalıba yapıştığı tespit edildiğinde, kalıp içindeki fazla çamur, kalıp ters çevrilerek boşaltılmıştır (Şekil 3.3 b ve c). Kalıp içindeki yaş ve biraz yumuşak olan çamurun,

kalıp tarafından sürekli suyu emildiğinden, şekillendirilen parça belli bir süre sonra kalıptan çıkarılacak kadar katılaştığında kalıp parçalarını bir arada tutan lastik bant yerinden sökülerek kalıp parçaları biribirinden ayrılmış ve şekillendirilen çamur pişirilmek üzere gölge yerde bir gece kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.3 d). Pişirilmemiş seramik kaplar kül fırınında 950, 1000, 1040 ve 1070 ^{o}C'lerde farklı sürelerde pişirilmiştir. Bu işlemler S.Ü.Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Gözenekli seramik kabın hava giriş değerinin ölçülmesi

Fırında pişirildikten sonra yeterince sertleşen seramik kapların ağzına lastik bir sıkıca geçirilmiş ve şekil 3.4' de görüldüğü gibi toprak tarla kapasitesisin ölçümünde kullanılan basınçlı tencere aletinin hortumuna monte edilmiştir. Su içinde bekletilen seramik kaplar su ile doygun hale getirildikten sonra, seramik kabın gözeneklerinden hava kabarcıkları çıkana kadar basınç yavaş yavaş artırılmıştır. Bu işlemde 1 atm basınçta hava geçirmeyen seramik kaplarda su iletkenliği testi yapılmıştır.



Şekil 3.4. Seramik kaba verilen basınç ile hava kabarcıklarının oluşup oluşmadığının gözlenmesi

3.3. Gözenekli Seramik Kabın Su geçirgenliğinin Ölçülmesi

Seramik kaplar saf suyla doyurulduktan ve doldurulduktan sonra, lastik bir tıpa ile Şekil 3.5'de ve şekil 3.6'da görüldüğü gibi 100 ml lik bir büretin ucuna takılmıştır. Büretin içine saf su doldurulmuştur. Seramik kaplarda akan suyu ölçmek için seramik kapların altlarına beherler konulmuştur. Büretlerin vanası açılarak seramik kapların 1 saatde damlattıkları su ölçülerek su geçirgenlikleri belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Yerli seramik kaplardaki su geçirgenliğinin ölçülmesi



Şekil 3.6. Orijinal kaplardaki su geçirgenliğinin ölçülmesi

3.4. Gözenekli Seramik Kaplarda Hava Girme Değeri ve Hidrolik İletkenlik

Yerli hammaddelerden üretilmiş olan seramik kapların hava girme değeri, tüm gözenekler su ile dolu iken, 1 atm basınç altında ve su içine daldırılmış durumda, hava kabarcığı geçirme durumuna göre belirlenmiştir..

Richards (1965)'a göre, seramik kap 1 atmosfer basınç altında ve su içine daldırıldığında gözeneklerden hava çıkartmamalıdır. Yeşilsoy ve ark. (1967, 1968)

hava girme değerini aynı boyutlarda belirtirken, 1 atmosferde 1 dakikada çıkan suyun 1 ml.'yi geçmemesi gerektiğini belirtmiştir.

Yerli hammaddelerden elde edilen gözenekli seramik kaplar yukarıda belirtilen kıstaslara göre değerlendirmeye alınmıştır.

3.5. Tansiyometre Yapımı

Yukarıdaki çalışmalar sonucunda olumlu sonuç veren seramik kaplarla yerli tansiyometre imal etmek maksadiyla yerli vakummetre, sert PVC (polivinil klorür) boru ve Te ve sert plastik yapıştırıcı kullanılarak Şekil 3.7'de görüldüğü gibi ucuz ve pratik tansiyometreler imal edilmesinin mümkün olduğu pespit edilmiştir. Biraz daha pahalı olmakla birlikte şeffaf akrilik boru ve ek parçaları kullanarak daha albenili tansiyometreler imal etmenin de imkan dahilinde olduğu belirlenmiştir. Yapılan tansiyometreler toprakta denenmiş ve normal çalıştıkları tespit edilmiştir.



Şekil 3.7. Bu çalişmada yapılan tansiyometre örnekleri

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Uygun Çamur Karışımın Belirlenmesi

4.1.1. Ön çalışmalar

Kütahya'dan getirtilen seramik döküm çamuru kullanılarak; çamurun akıcılığı, kalıplanma özellikleri, kalıplanmış mamulün kurutulma, pişirilme ve su geçirgenlikleri konularında ön çalışmalar yapılmıştır. Su mutevasının, deflokülant ilavesinin, farklı sıcaklıklarda pişirmenin, kuvars ilavesinin, seramik kap su geçirgenlikleri üzerindeki etkileri gözlenmiştir. Kullanılan çamurun rutubet değeri %44.23 bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1'de belirtilmiştir. Çamura kuvars ilavesinin geçirgenliği artırdığı, pişirme sıcaklığının yükseltilmesinin veya pişirme süresinin uzatılmasının geçirgenliği azlattığı görülmüştür. Çamurun su ve defulokülant muhtevasının çamurun akıcılığı ve kalıplanma ve kalıptan geri boşaltma üzerinde önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. Kalıplanma için hazırlanan çamurun bekletilmesinin akıcılığı değiştirdiği gözlenmiştir. Ön çalışmalardan edinilen gözlemlere dayanarak asıl çalışmalara geçilmiştir. Bunun için Eczacıbaşı'ndan seramik döküm çamurunda kullanılan öğütülmüş mineral karışımları (ESC-1, ESC-3 ve ESC-7) ve mikronize kuvars temin edilmiştir.

ESC=Eczacıbaşı Seramik Çamuru

Çizelge 4.1. Kütahya'dan getirilerek kullanılan çamur üzerinde yapılan çalışmalar

Örnek no	Tarih	Çamur tipi	Pişirme tarzı	Su geçirimi (ml/sa)	Açıklama
1	12.01.09	Çamur + Su	3 saatte 1040°C, yarım saat 1040 °C'de , sonra soğuma.		
2	14.01.09	Çamur	3 saatte 1040 °C, yarım saat 1040 °C'de, sonra soğuma.		
3	14.01.09	Çamur	3 saatte 1040 °C, yarım saat 1040 °C'de, sonra soğuma.	4,8	
4	15.01.09	Çamur + Su	3 saatte 1000 °C, yarım saat 1000 °C'de, sonra soğuma.	6,5	
5	15.01.09	Çamur + Su	3 saatte 1070 °C, yarım saat 1070 °C'de, sonra soğuma.		
6	19.01.09	Çamur + Su + Deflokülant	100 °C'deki fırına kondu, 6 saatte 950 °C ye yükselen yarım saat 950 °C'de kalan, 55 °C'de çıkarılan örnek.	9,7	
7	19.01.09	Çamur + Su + Deflokülant	85 °C'deki fırına kondu, 3 saatte 950 °C'ye yükselen, yarım saat 950°C'de kalan 85 °C'de çıkarılan örnek.	9,0	
8	19.01.09	Çamur	85 °C deki fırına kondu 3 saatte 950°C ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 85 °C de fırından çıkarılan örnek.		
9	19.01.09	Çamur + Su	84 °C deki fırına kondu 6 saatte 950 °C ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 95 °C de fırından çıkarılan örnek.	4,5	Fazla akıcı
10	21.01.09	Çamur + Su	85 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C ye yükselen yarım 85 °C saat 950 °C kalan 85 °C örnek çıkarıldı		Fazla akıcı
11	23.01.09	Çamur + Kuvars + su (100 ml çamura 22 gr kuvars)	20 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 55 °C de çıkarılan örnek	10.7	Kuvarsa biraz su ilave ederek çamur viskozitesine getirildi

4.1. Çizelge devamı

Örnek no	Tarih	Çamur tipi	Pişirme tarzı	Su geçirimi (ml/sa)	Açıklama
12	23.01.09	Çamur + Kuvars + su (100 ml çamura 22 gr kuvars)	20 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 55 °C de çıkarılan örnek	10.7	Kuvarsa biraz su ilave ederek çamur viskozitesine getirildi
13	23.01.09	Orijinal Çamur+ Kuvars + su (100 ml çamura 22 gr kuvars)	20 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 55 °C örnek çıkarıldı		Kuvarsa biraz su ilave ederek çamur viskozitesine getirildi
14	26.01.09	İrrometre tansiyometresi seramik kabı	Hazır	11.8	
15	27.01.09	Orijinal Çamur+ Kuvars + su (50 ml çamura 15 gr kuvars) viskozite normal	20 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 105 °C örnek çıkarıldı	10.8	Kuvarsa biraz su ilave ederek çamur viskozitesine getirildi
16	27.01.09	Orijinal Çamur+ Kuvars + su (50 ml çamura 20 gr kuvars) viskozite normal	20 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 105 °C örnek çıkarıldı	16.4	Kuvarsa biraz su ilave ederek çamur viskozitesine getirildi
17	02.02.09	Orijinal Çamur+ Kuvars + su (50 ml çamura 20 gr kuvars) viskozite normal	20 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 105 °C örnek çıkarıldı		
18	02.02.09	Orijinal Çamur+ Kuvars + su (50 ml çamura 20 gr kuvars) viskozite normal	20 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C'ye yükselen yarım saat 950 °C kalan 105 °C örnek çıkarıldı		
19	02.02.09	Orijinal Çamur+ Kuvars + su (50 ml çamura 20 gr kuvars) viskozite normal	20 °C de fırına kondu 3 saatte 950 °C'ye yükselen, yarım saat 950 °C kalan 105 °C örnek çıkarıldı		

4.1.2. İkinci Tekerrür

Eczacıbaşı'ndan getirtilen ESC 1, 3 ve 7 nolu öğütülmüş mineral tozlarından tansiyometre gözenekli kabının imali için ESC-1 tozunun uygun olduğu sonucuna varılarak çalışmalar bu toz karışımı üzerinde yoğunlaştırılmıştır. İmal edilen seramik kapların özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. ESC 1 nolu tozla imal edilen seramik kapların özellikleri

Tarih	Kap noları	Çamur karışımı	Boşalma durumu	Pişirme tarzı	Tırnakla çiziliyor mu?	Kırılganlık	Büzülme (boydan)	Geçirgenlik (ml/saat)	Açıklama	Hava Geçirgenliği (1 atm)
19.02.09	25, 26	100 g toz, 65 g su	belirsiz	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	7 mm	ölçülmedi		
20.02.09	27, 28	100 g toz, 30 g kuvars, 70 g su	belirsiz	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	4 mm	23 ve 14		
23.02.09	29	100 g toz, 20 g kuvars, 75 g su	belirsiz	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	5 mm	17		
	30	100 g toz, 30 g kuvars, 75 g su								
	31	100 g toz, 20 g kuvars, 0.25 g deflo, 65 g su								
24.02.09	Tükenmiş	100 g toz, 20 g kuvars, 0.25 g deflo, 70 g su	belirsiz	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	belirsiz	belirsiz	belirsiz	26 ve 24		
25.02.09	32	100 g toz, 30 g kuvars, 0.25 g deflo, 65 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm	36 ve 27		Yok
26.02.09	33, 34	100 g toz, 20 g kuvars, 0.25 g deflo, 70 g su	belirsiz	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	5 mm	15		

Çizelge 4.2. Devamı

02.03.09	35- 39	200 g toz, 80 g kuvars, 0.5 g deflo, 135 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	5 mm	37		
03.03.09	40- 44	200 g toz, 100 g kuvars, 0.5 g deflo, 135 g su	kötü	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	4 mm	30 ve 37		Var
04.03.09	Tükenmiş	200 g toz, 100 g kuvars, 0.5 g deflo, 140 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	belirsiz	belirsiz	belirsiz	53, 41,35		
10.03.09	45,46,47	200 g toz, 60 g **b.nişastası**, 0.5 g deflo, 140 g su	belirsiz	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	evet	sağlam	9 mm	180	Cmt, pz geçti nişasta ekşidi	
11.03.09	48- 53	200 g toz, 50 g **b.nişastası**, 0.5 g deflo, 155 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	Zorlukla evet	sağlam	7 mm	100,135,114	Nişasta, çamura döküm öncesi katıldı	

Çizelge 4.2. devamı

17.03.09	54,55,56	100 g toz, 25 g **b.nişastası**, 0.25 g deflo, su	belirsiz	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	Zorlukla evet	sağlam	8 mm	104, 90, 90		
19.03.09	57- 62	200 g toz, 30 g kuvars, 20 g **buğday nişastası**, 0.5 g deflo, 155 g su	iyi	57, 60, 62 1050 ^{O}C de Diğerleri 1000^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm	52, 84		Var
23.03.09	63- 68	200 g toz, 40 g kuvars, 25 g **buğday nişastası**, 0.5 g deflo, 160 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	hayır	Gevrek, ağzı kırılıyor	6 mm	75		
24.03.09	69-73	200 g toz, 50 g **pomza**[*], 0.5 g deflo, 150 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm	66, 67		Var
25.03.09	74- 78	100 g toz, 200 g kuvars, 0.25 deflo, 140 g su		3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	evet	Gevrek, ağzı kırılıyor	2 mm	40		
26.03.09	79- 84	150 g toz, 150 g kuvars, 0.5 g deflo, 150 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	hayır	sağlam	3 mm			
27.03.09	85 - 90	200 g toz, 100 g kuvars, 50 g **Mısır nişasta**, 0.5 g deflo, 180 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	evet	Gevrek, ağzı kırılıyor	6 mm	200,192		
01.04.09	91- 94	200 g toz, 25 g kuvars, 30 g **Patates nişasta**, 0.5 g deflo, 140 g su	orta	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm	72	5 ml daha su katılsaydı boşalma iyi olurdu	
01.04.09	95,96,97	200 g toz, 25 g kuvars, 30 g **Mısır nişasta**, 0.5 g deflo, 140 g su	orta	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm	84,90	10 ml daha su katılsaydı boşalma iyi olurdu	Var
01.04.09	98 - 103	200 g toz, 25 g kuvars, 30 g **Buğday nişasta**, 0.5 g deflo, 140 g su	kötü	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm	61,78	40 ml daha su katılsaydı boşalma iyi olurdu	Var
02.04.09	104- 107	100 g toz, 50 g **pomza**, 0.25 g deflo, 80 g su (önce pomza ıslatıldı)	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm	103,114	İnce olan iki kap, kalıptan çıkarken yarıldı (kalıbı erken açıldı galiba)	

Çizelge 4.2. devamı

06.04.09	108 -121	300 g toz, 45 g **M. Nişasta**, 40 g kuvars 0.75 g deflo, 225 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm			0.4 Atm
07.04.09	122 - 134	300 g toz, 150 g **pomza**, 0.75 g deflo, 240 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	6 mm			0.2 Atm
20.04.09	135 - 143	100 g toz, 30 g kuvars, 0.25 g deflo, 65 g su	iyi	3 saatte 1000^{O}C ye, yarım saat 1000 ^{O}C'de	hayır	sağlam	5 mm			

4.2. Gözenekli Seramik Kaplarda Hava Girme Değeri ve Hidrolik İletkenlik

Yerli hammaddelerden üretilmiş olan gözenekli seramik kapların hava girme değeri, tüm gözenekleri su ile dolu iken, 1 atm basınç altında ve su içinde daldırılmış durumda, hava geçirme durumuna göre saptanmıştır. 1 atm basınç altında hava geçirmeyen örneklerde ise su iletkenliği ölçümleri yapılmıştır.

Richards (1965)'a göre, seramik kap 1 atm basınç altında doygun halde iken dakikada 1 g su çıkartmalı ve yine 1 atm vererek basınç altında su içine daldırıldığında gözeneklerden hava çıkartmamalıdır. Yeşilsoy (1967, 1968) hava girme değerini aynı boyutlarda belirtirken, 1 atm'de, 1 dakikada çıkan suyun 1 ml'yi geçmesi gerektiğini belirtmiştir.

Yerli hammaddelerden elde edilen gözenekli seramik kaplardan bazıları yukarıda belirtilen değerlere göre olumlu sonuç vermiştir.

4.3. Gözenekli Seramik Kapların Basınca Dayanıklılığı

Yerli olarak imal ettiğimiz seramik kapların, toprak fiziksel çalışmalarında, dış etkenlere karşı kullanılabilme dayanıklılığını belirlemek maksadıyla tırnakla çizilmeye ve kırılmaya karşı gösterdikleri reaksiyonlar gözlenmiş ve irrometre firmasının seramik kabı ile mukayese edilmiştir.

4.4. Orijinal Kap İle Yerli Seramik Kabın Karşılaştırılması

Orijinal (irrometre firması) seramik kabı ile 100 g ESC-1 toz, 30 g mikronize kuvars, 0.25 g deflokülant ve 65 g su ile hazırlanan çamurdan üretilen numunenin 3 saatte 1000 ^{0}C'ye çıkan fırında 0.5 saat pişirildikten sonra fırında soğumaya bırakılması sonucunda elde edilen seramik kabın bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri ile tane iriliği Eczacıbaşı laboratuvarlarında analiz edilerek sonuçlar çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlarda önemli derecede benzerlik tespit edilmiştir. Ancak, yerli numunedeki MgO oranın daha düşük olduğu görülmektedir. Çalışmaya esas teşkil eden seramik döküm çamuru yapımında kullanılan ESC-1 karışımındaki MgO oranını artırmanın malzemenin dayanıklığını artırırken, su geçirgenliğini düşüreceği Eczacıbaşı laboratuvar yetkilileri tarafından not edilmiştir.

Çizelge 4.3. Orijinal Seramik Ucun ve Yerli Seramik Ucun Özellikleri

Kimyasal Analizler	Orijinal Numune (irrometre)	Pişmiş Numune Yerli	Pişmemiş Numune Yerli
K.K. (%)	**0,35**	**0,15**	**10,80**
SiO_2 (%)	**75,8**	**77,08**	**68,73**
Al_2O_3 (%)	**9.61**	**14,33**	**13,06**
Fe_2O_3 (%)	**0,51**	**0,40**	**0,36**
MgO (%)	**8,92**	**0,12**	**0,11**
CaO (%)	**2,96**	**6,66**	**5,76**
Fiziksel Analizler			
Su Emme (%)	**16,47**	**23,86**	**-**
Su Geçirgenlik (%)	**15,34**	**20,02**	**-**
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	**3,00**	**2,62**	**-**
Sertlik (Mohs)	**4,00-4,5**	**3,5-4,0**	**-**
Tane İriliği Dağılımı			
d(0,1)	**0,42**	**0,39**	**1,07**
d(0,5)	**12,93**	**12,22**	**10,51**
d(0,9)	**91,80**	**46,91**	**41,73**

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tansiyometreler, büyük ölçüde toprak suyu kılcal potansiyel değeri ve sulama zamanının belirlenmesi amacı ile kullanılırlar. Tansiyometre aletinin en önemli fonksiyonunu içeren ve alet ile toprak suyu arasında bağlantıyı sağlayan kısım gözenekli seramik kaptır. Gözenekli seramik kabın en önemli özelliği ise " hava girme değeri" ve "su iletkenliği" değerlerini etkileyen, belirli bir gözenek büyüklüğü ve dağılımına sahip olmasıdır. Bu çalışmanın amacı en uygun hava girme değeri ve su iletkenliği değerine sahip gözenekli seramik kap yapmak ve özelliklerini saptamaktır.

Gözenekli seramik kap yapımında kullanılan hammaddeler ülkemizde kolay bir şekilde bulunmaktadır. Bu maddelerin değişik oranlarda kullanılmasıyla oluşturulan karışımlar "slip döküm yöntemi" ile şekillendirilmiştir. 950, 1000, 1040 ve 1070 ^{O}C'de olmak üzere dört farklı sıcaklıkta pişirilmiştir. Tansiyometre aletinin gözenekli seramik kabı yapımı amacıyla yapılan bu çalışmada, imal edilen kapların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. İmal edilen seramik kaplarda hava girme değeri ölçümleri yapılmış ve olumlu olan örneklerde ise su iletkenliği ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çizelgelerde gösterilen su iletkenliği değerlerinin, literatürde verilen su iletkenliği (8.6×10^{-6}-3.46×10^{-7} cm/sn) değerleri arasında olduğu söylenebilir. Ayrıca laboratuarda orijinal kap (irrometre) üzerinde yapılan su iletkenliği değerleri Çizelge 4.3'te orijinal kap ile yerli kap arasındaki benzerlik görülmektedir.

Olumlu sonuç veren gözenekli seramik kabın % karışımları ve pişirilme sıcaklığı şöyledir: 100 g ESC-1 toz, 30 g mikronize kuvars, 0.25 g deflokülant ve 65 g su ile hazırlanan çamurdan üretilen numunenin 3 saatte 1000 ^{0}C'ye çıkan fırında 0.5 saat pişirildikten sonra fırında soğumaya bırakılması sonucunda elde edilen seramik kabın olumlu sonuç verdiği belirlenmiştir.

İmal edilen gözenekli seramik kaplarda ve orijinal seramik kaplarda yapılan incelemeler sonucunda bulunan değerlerin olumlu olduğu ve araştırmanın devam etmesi durumunda gözenekli seramik kabın seri üretimin olabileceği ve bu araştırmada kullanılan hammaddelere göre ekonomik olarak imal edilebileceği söylenebilir. Böylece hazırlanacak seramik kaplarla yerli üretim PVC boru ve ekleri

ile yerli vakum metre kullanılarak ucuz ve fonksiyonel tansiyometre imalatı mümkün olabilmiştir.

KAYNAKLAR

Akalan, İ., 1973., Toprak Bilgisi, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1058 Ders Kitabı: 309.

Allen, M. F. 1998. Microbial and phosphate dynamics in a restored shrub steppe in southwestern Wyoming. Restoration Ecology.

Aydın, M., 1991. Yerli malzemelerle civa göstergeli tansiyometrelerin yapımı ile bunların matrik emiş, hidrolik iletkenlik, toprak suyu yayılımı ve hidrolik eğim ölçümünde kullanılmaları. Yüksek Lisans Tezi Ç.Ü. Fen Bil. Enst., Toprak ABD, Adana

Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1996. An introduction to the rock forming minerals. Longman Group Ltd. London. 528

Grim, R.E.,1968. Clay minerology. McGraw-Hill Book Conpny New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London. 256

Harrıs, A.R. and Hansen E.A., 1975. A new cearamic cup soil-water sampler. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 39: 157-158.

Hille, D., 1971. Soil and water physical principles and prencesses. Academic Pres, New York, U.S.A.

Huber, M.J., Dirksen, C., 1978. Multiple tansiometer plushing system. Soil Sci. Soc. Amer. J., 42: 168-170

Taser, O.F., Kara, O. (2005). Silage Maize (Zea Mays L.) Seedlings Emergence as Influenced by Soil Compaction Treatments and Contact Pressures. Plant, Soil and Environment, Plant Soil Environ., 2005/7, s.289-295.

Kırda, C., 1976. Tansiyometreler ve kullanım alanları. Toprak Su Genel Müdürlüğü, Eskişehir Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yay. Gn. Yayın No: 133, Teknik Yayın No: 14 Eskişehir

Kirkham, D., Powers, W.L. 1972. Advanced soil physics. New York. London. 27-33, 241.

Koorevaar, P., Bolt, G.H. and Kamplorst, A., 1975. Basic elements of soil physics progremmed text. Department of Soils and Fertilizers Agricultural University, Wageningen.

Richards, S. J., 1965. Soil suction measurements with tansiometer. İn. C. A. Black (ed) Methods of Soils Analysis, Part. 1., Agronomy Series. No: 9. ASA, Wis., U.S.A. 153-163.

Rogers, J.S., 1974. Small tansiometers for field and labotory studies soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38: 690-691.

Tekinel, O. ve Kırda, C., 1980. Tansiyometreler ve sulama uygulamalarında kullanılabilme olanakları. DSİ Teknik Bülteni, 48: 23-33, Ankara.

Türkoğlu, G., 1992. Tansiyometrenin bir parçası olan gözenekli seramik kap yapımı ve özelliklerinin saptanması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Master Tezi. Adana.

Verplancke, H., 1987. Soil Physics. Department of Soil Physics Faculty of Agriculture State University of Gent Gent, Belgium

Yeşilsoy, M.Ş., 1965. Manufacture of simple tansiometers and gypsum block and their use for irrigation purposes. 5th. Irrigation Practices Seminar. NESA Region, New Delhi. 443.

Yeşilsoy, M.Ş., Tüzüner, A. ve ark., 1967. 1965-1967 yılları araştırma raporu. Köy İşleri Bakanlığı Toprak Su Genel Müdürlüğü Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü, Ankara. 197

Yeşilsoy, M. Ş. ve ARK., 1967-1968. Yerli tansiyometrelerin sulamada kullanılmaları. Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü, 1968 yılı faaliyet raporu, Ankara.

Yeşilsoy, M. Ş., 1980. Toprak Fiziği. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notu, No:165, Adana.

Yeşilsoy, M.Ş., Dinçer, D. ve Hadanoğlu F.K., 1980. Yeşilkent Hatay koşullarında portakal su tüketimi ve tansiometrelerin sulama zamanının saptanmasında kullanılma olanakları. Toprak Su Genel Müdürlüğü, Merkez Toprak Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Yeşilsoy, M.Ş., ve Aydın, M., 1991. Toprak Fiziği. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 124, Adana

Anonymous, 2010. www.eczacibasi.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Tuğba Uslu
Uyruğu	**:**	TC
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Burdur 10-06-1983
Telefon	**:**	0554-883-74-28
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	tugba-uslu@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Nevvar Salih İşgören Lisesi İzmir	2000
Üniversite	:	Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta	2007
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Konya	2010