

DERİN YATAKLI HIZLI KUM FİLTRESİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÖLÇÜM VE KALİBRASYON İŞLEMLERİ

¹Mustafa ONAT

²Nazmi EKREN

³Talat İNAN

⁴Erol ÖZCAN

¹²³⁴Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Göztepe Kampusu
81040, Kadıköy / İstanbul, Tel:216 3365770

¹monat@marmara.edu.tr

²enazmi@marmara.edu.tr

³ainan@marmara.edu.tr

⁴eozean@yahoo.com

ÖZET

Bu çalışmada, derin yataklı hızlı kum filtresinin davranışını belirleyebilmek amacıyla, alum dozlama oranı, yük kaybı, filtre hızı ve ham su bulanıklığı gibi çıkış suyu kalitesine etki eden faktörler, anlık ölçülerek ve kalibre edilerek bilgisayara aktarılmıştır.

Anahtar sözcükler: alum dozlama, bulanıklık, derin yataklı filtre, filtre hızı, kalibrasyon, yük kaybı

1.GİRİŞ

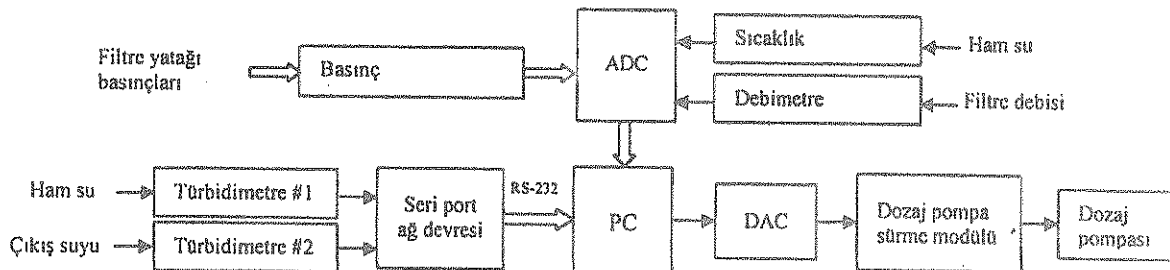
Akış debisi, basınç, sıcaklık gibi önemli fiziksel büyüklüklerin hassas bir şekilde ölçülmesi, bir işlemin (prosesin) kontrolü veya izlenmesinde önemli bir yer tutar. Dönüştürücüler (transducers), farklı enerjiler arasında dönüşüm yapan elemanlardır. Aralarında, sıcaklık, basınç, konsantrasyon, pH ve hız gibi büyüklükleri ölçen çok çeşitli tipleri vardır. Günümüzde, dönüştürücü kullanılmadan kontrol ve ölçme alanında araştırma yapmak ve ilerleme kaydetmek mümkün değildir [1]. Dönüştürücülerin tasarımları çok kolay, fakat yapım ve kalibrasyonları zordur [1]. Dönüştürücü çıkışında elde edilen elektriksel işaret analog, sayısal veya modülasyonlu olabilir. Bilindiği gibi, zamana göre süreklilik gösteren fiziksel büyüklüklerin (analog) ölçümünde temaslı ve temassız ölçme yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemlerin hataları ile birlikte ölçüm aletlerinin hataları da göz önüne alınır.

Tıpta kan basıncını ölçmede kullanılan, tek yongadan (monolitik) [2] ibaret olduğu için çok ucuz olan ve yüksek doğrulukta ve güvenlikte ölçüm yapan kalibre edilemeyen dönüştürücüler kullanılmıştır [3]. Derin yataklı filtre düzeneğindeki basınç dönüştürücülerinin aynı anda otomatik kalibrasyonu için, bir kalibre programı geliştirilmiştir. Filtre yatağı basınçlarının ve yük kaybının ölçülebilmesi için, filtre yatağına derinlik boyunca belirli aralıklarla basınç dönüştürücüleri yerleştirilmiştir. Filtre hızı ölçümünde, filtre hızı çalışma aralığına uygun sayısal çıkışlı bir debimetre seçilmiştir. Ham ve çıkış suyu bulanıklığı ölçümünde ise, sayısal çıkışlı bir türbidimetre kullanılmıştır. Pilot tesis olarak kurulan düzeneğe, ölçüm ve kalibrasyon işlemlerinin yanı sıra, laboratuvarında öğrencilerin uygulama yapabileceği bir deney seti haline getirilmiştir.

Bu çalışmanın taslağında; ölçüm düzeneğinin tanıtımı, ölçme ve kalibrasyon işlemleri, deneysel sonuçlar ve elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

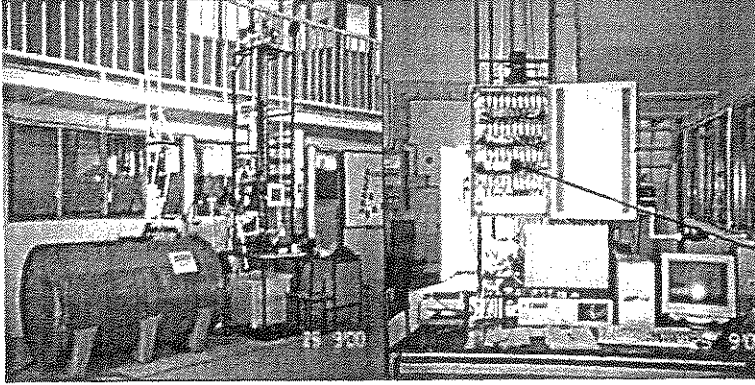
2. ÖLÇÜM DÜZENEGİNİN TANITIMI

Deney düzeneği, derin yataklı filtre, ham su düzeneği, hava kaynağı, bulanıklık, debi, basınç ve sıcaklık ölçüm elemanları, pompalar, kontrol valfleri, sürücüler ve bilgisayardan meydana gelmiştir. Gerçekleştirilen deney düzeneğinin ölçüm elemanlarını gösteren blok diyagramı, Şekil 1 'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneği ölçüm elemanları blok diyagramı

Derin yataklı filtre, 1350 mm yükseklikte ve iç çapı 100 mm saydam (plexi glass) bir sütundan meydana gelmiştir. Filtre yatak derinliği 84 cm'dir. Filtre yatak malzemesi olarak kullanılan silisli kum, İstanbul'daki bir su arıtma tesisinden temin edilmiştir. Filtrenin temizlenmesi için, geri yıkama kriteri olarak yük kaybında 1.4 m SS, kısaca m, çıkış suyu kalitesinde ise, 0.5 NTU esas alınmıştır. Deney düzeneği, filtrede oluşabilecek her türlü aşırı ani basınçlara karşı donanım ve yazılım ile emniyetli hale getirilmiş ve geri yıkama kriteri ile filtrasyon ve geri yıkama işlemleri kendiliğinden gerçekleştirilmiştir.



Resim 1. Derin yataklı filtre ölçüm düzeneği fotoğrafları

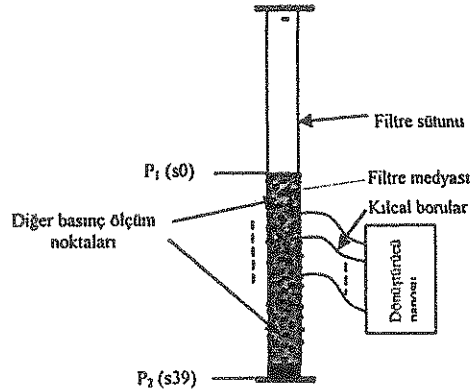
Deney düzeneği, basınçlı filtre olarak çalıştırıldığı için, filtrasyon boyunca filtre debisi sabit kalmıştır. Filtre ölçüm düzeneğine ait resimler Resim 1.'de gösterilmiştir.

3. ÖLÇME VE KALİBRASYON İŞLEMLERİ

Filtrasyon boyunca, derin yataklı filtrede oluşan basınçlar, yatak derinliğince 2'şer cm aralıklarla (s0-s39) yerleştirilen 40 adet basınç dönüştürücü ile on line ölçülerek bilgisayara aktarılmıştır. Filtre debisi, filtre girişine monte edilen mekanik bir rotametre ile izlenirken, filtre çıkışına monte edilen ve bir debimetre ile de ölçülerek bilgisayara aktarılmıştır. Filtre çıkış bulanıklığını istenilen kalitede tutabilmek için, alum dozlama pompası ile filtreye doğrudan alum pompalanmıştır. Çıkış ve ham su bulanıklığının sürekli ölçülmesi için, 2 adet anlık ölçüm yapabilen türbidimetre (Hach-1720) kullanılmıştır. Ham suyun sıcaklığı 16-19 °C ve bulanıklığı 7-9 NTU arasında değişmiştir. Anlık ölçümler, 1'er dakikalık ölçüm aralıklarında (örnekleme zamanı) bilgisayara aktarılmıştır. Bütün deneylerde alum konsantrasyonu 3000 mg/l olarak hazırlanmıştır.

A. Filtre yatağı basınçları ve yük kaybı

Şekil 2.'de hızlı kum filtresi düzeneğinin filtre sütunu, dönüştürücü panosu ve basınç bağlantıları şematik olarak gösterilmiştir. Hızlı kum filtresi sütunu üzerinde 2cm aralıklı derinliklerde, 40 adet basınç algılama noktası vardır. Bir pano içerisine yerleştirilen basınç dönüştürücüleri, filtre ortamındaki basınç değişimlerini izlemek amacıyla, bu noktalara kılcal borular üzerinden bağlanmıştır.



Şekil 2. Filtre sütunu, medyası, dönüştürücü panosu ve basınç bağlantıları şematik diyagramı

Her dönüştürücü, kılcal boruların hava almasını önlemek amacıyla bağlı olduğu basınç ölçme noktası seviyesinden daha aşağıya gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Basınç ölçüm noktası ile basınç dönüştürücü arasındaki seviye farkından dolayı oluşan ek basınç, doğrudan dönüştürücünün sıfır basıncındaki (ofset) değerine eklenmiş olur. Tüm dönüştürücülerin ofset değerleri sıfır olsa dahi, her dönüştürücü kılcal borusunda farklı seviyelerde bulunan sudan dolayı, bir ofset etkisi oluşur. Bu durumda yine sıfır ayarı (ofset) yapılmalıdır.

1. Basınç dönüştürücülerinin kalibrasyonu

Tüm basınç dönüştürücülerinin filtre sütununda denenmesinden önce, MÜTEF Sayısal Kontrol Laboratuvarı'nda bulunan bir basınç kalibrasyon setinde (su sütunu) lineerlik testleri yapılarak uygun olanlar seçilmiştir. Basınç bilgisinin sağlıklı okunabilmesi için dönüştürücülerden gelen değerlerin, Delphi 3 geliştirilen bir kalibrasyon programı ile sıfır (off set) ve eğim (span) ayarı yapılarak kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir [3].

Sıfır ayarı, kılcal borulardaki hava su ile tamamen alındıktan ve kılcal borularda kalan suyun dışında filtre sütunu tamamen sudan boşaltıldıktan sonra kalibre programının sıfır ayarı seçeneği aktif hale getirilerek yapılır. Bu durumda tüm basınç dönüştürücülerinin gösterdiği değerler sıfıra eşitlenir. Sıfır ayarı işleminden sonra, eğim ayarına geçilir. Bu işlem için, filtre sütunu, geri yıkama işlemi ile tamamen doldurulur ve sıfırlama işlemi yapılır. Su seviyesi yükseldikçe aynı basınçta dönüştürücülerin çıkış değerleri arasında farklılıklar oluşmaya başlar. Yeterli farklılaşmanın olduğu bir basınçta (yükseklikte), dönüştürücülerin basınç değerleri bilgisayara aktarılır ve bu değerlerin ortalaması (referans değer) bulunur. Tüm dönüştürücülerin aynı sabit basınç altında çıkış değerlerinin ortalaması alınarak dönüştürücüler için bir referans değeri (mV) bulunarak eğim ayarına başlanır. Eğim ayarı aktif edilerek, dönüştürücü çıkış değeri daha önce belirlenen referans değerine bölünür ve her dönüştürücü için bir eğim düzeltme katsayısı bulunur. Böylece, tüm dönüştürücülerin aynı kalibrasyon eğrisine sahip olması sağlanır [3].

2. Yük kaybının ölçülmesi

Filtrasyon süresini sınırlayan önemli parametrelerden biri de yük kaybıdır. Yük kaybına neden olan sadece filtrasyon esnasında filtre yatağında tutulan ve yüzeyinde biriken yabancı parçacıklar değil, filtre düzeneği yapısı, çıkış valfi konumu ve filtre debisine bağlı olarak filtrasyon başlangıcından itibaren ilk yük kaybı (H_0) oluşmaktadır. Filtre yük kaybının ölçümünde medya yüzeyinde yer alan (sıfır derinlik) s_0 basınç dönüştürücüsü referans alınmıştır (Şekil 2). Genel olarak filtre yük kaybı,

$$H = H_0 + \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (1)$$

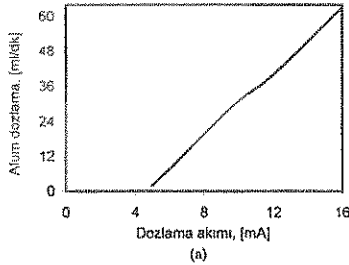
ve su için $\rho g = 1$ alınırsa,

$$H = H_0 + \Delta P = H_0 + P_1 - P_2 \quad (2)$$

biçiminde ifade edilebilir [4]. Filtrasyona geçmeden önce, filtre yatağı alt ve üst basınç değerleri (s_0 ve s_{39}) birkaç dakika süre ile okunarak ilk yük kaybı 0.175 m bulunmuştur.

B. Alum (alüminyum sülfat) dozlama kalibrasyonu

3 bar, 3 l/h kapasiteli V-03.03 V model pompa (Şekil 3(b)) ile sabit ya da değişken oranda filtre yatağına alum dozlaması yapılmıştır. Pompanın çalışma prensibi vuruşlu olup, analog işaretin şiddetine göre vuruş sayısı lineer olarak değişmektedir. Her vuruşta pompalanan alum miktarı eşit miktardadır. Bilgisayarla sürülen pompaya değişik analog işaretler (4-20 mA) uygulanarak elde edilen dozlama eğrisi, Şekil 3(a)'da gösterilmiştir.

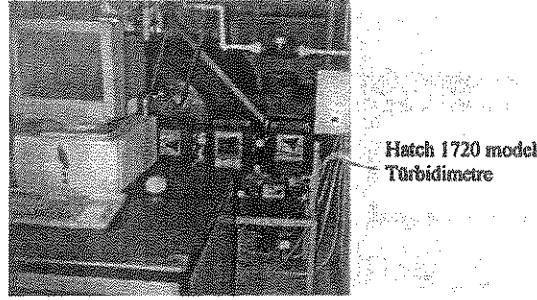


Şekil 3. (a) Alum dozlama kalibrasyon eğrisi ve (b) Dozlama pompası

Kalibrasyon işleminde, ilk olarak, sabit alum dozlama deneyleri ile filtrasyon için uygun alum dozlama aralığı (0-60 ml/dk) belirlenmiştir. Kalibrasyon sonucundan emin olabilmek amacıyla, kalibre işlemleri derin yataklı filtrede yapılmıştır. Belirlenen aralıkta kalibrasyonun yapılabilmesi için, filtre yatağında basınçlı ortam sağlanıncaya kadar filtre sütunu tamamen su ile doldurulur. Filtre çıkış valfi kapatılır ve tahliye valfi açılır. Filtre ortamı basınçlı olduğundan filtre giriş ve çıkış debisi birbirine eşittir. Dozlama pompası çalıştırılarak, filtre yatağına pompalanan alum dozu miktarı kadar tahliye borusundan beher kabına (100 ml) akış sağlanır. Beher kabına dakikada 5 ml'lik akışın olması için bilgisayardan yazılımla akım miktarı denenerak ayarlanır. Anı işlem 60 ml'lik akış için de yapılır. Kalibrasyon işlemi ara değerlerde de testi edilerek tamamlanır.

C. Bulanıklık ölçümü

Bulanıklık ölçümlerinde Şekil 4'de gösterilen bünyesinde iki adet türbidimetre bulunan Hach 1720D modeli kullanılmıştır. Sürekli okuma yapabilen ve hassas ölçümler için tasarlanmış reflometrik yapıda bir ölçüm cihazıdır. Buna ek olarak, sayısal ekranlı olup, sayısal ve analog çıkışları vardır. 0.0901-100.0 NTU aralığındaki

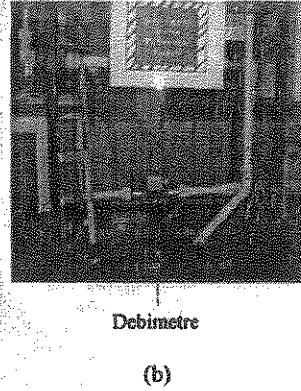
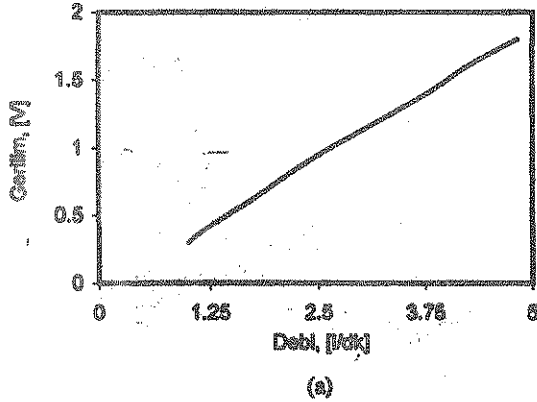


Şekil 4. Bulanıklık ölçümünde kullanılan türbidimetre görüntüsü

bulanık ölçümlerini yapabilmektedir. Kalibrasyonu formazin ile yapılır. Bulanıklık ölçümü, türbidimetrenin gövde kısmında tutulan numuneye kuvvetli ışık demeti gönderilerek yapılır. 90°'lik açı ile yansıtılan ışık demetinin şiddeti ölçülerek, okuma değeri belirlenir. Yansıyan ışık şiddeti yüksek ise, okunan bulanıklık değeri de büyük demektir. Numune ilk önce hava kabarcıklarını tutan perdeli odacığa akıtılır. Bu akışla kabarcıkların perdeli yüzeye yapışması veya yüzeye çıkması sağlanır. Numune, perdeli odacıktan geçirildikten sonra gövdenin merkezinde yer alan sütun şeklinde ölçüm odasına girer. Ölçüm odasında yükselerek bulanıklık ölçümü yapılır. Ölçümün ardından numune tahliye edilir. Sayısal ekranda her üç saniyede bir okuma yenilenirken türbidimetrenin seri çıkışına dakikada bir yeni ölçüm sonucu gönderilmiştir. Delphi 3'de yazılan bir program ile her iki türbidimetreden okunan bulanıklık değerleri seri port ağ donanımı üzerinden bilgisayara aktarılmıştır.

D. Filtre hızı

Filtre hızı ölçümünde 0.5-12 l/dk aralığında çalışan sayısal çıkışlı ve % 2.5 hata ile çalışan pervaneli bir debimetre kullanılmıştır. Debimetre sayısal çıkış işareti, uygun bir frekans gerilim çevirici ile analog değere çevrilmiştir. Filtre girişine bağlanan bir mekanik rotametre referans alınarak, yapılan kalibrasyon işleminin sonucu Şekil 5(a)'de gösterilmiştir.



Şekil 5. (a) Kobold debimetre kalibrasyon eğrisi ve (b) Debimetrenin deney düzenindeki görüntüsü

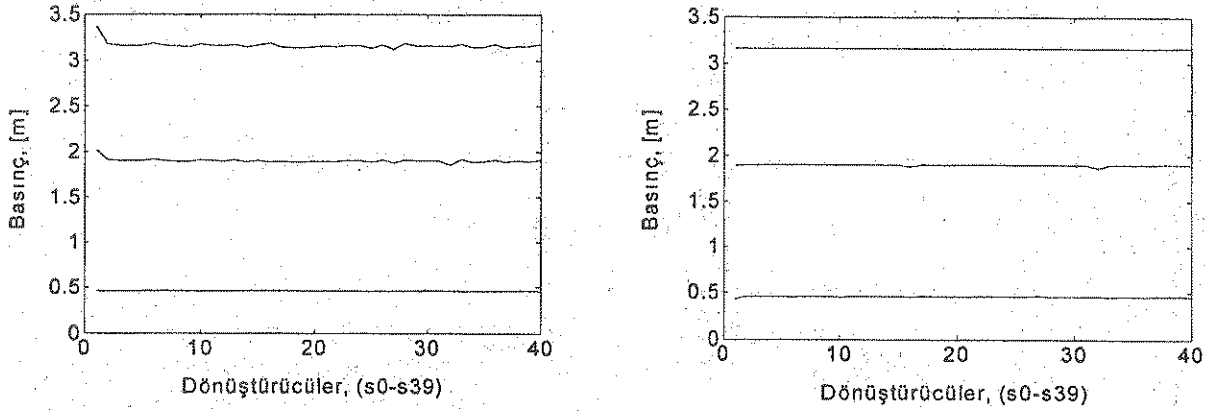
Filtrasyon deneylerinde tipik bir hızlı kum filtresinin akış hızı (5-15m/sa) aralığı dikkate alınarak filtre debisi 1.5 l/dk olarak alınmıştır. Buna göre, filtre hızı,

$$V_f = \frac{Q_f}{\pi \frac{D^2}{4}} \cdot 60 \approx 11.5 \text{ m/sa} \quad (3)$$

olarak elde edilir. Burada, V_f filtre hızını, D filtre sütunu kesitini (0.1 m), Q_f filtre debisini göstermektedir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

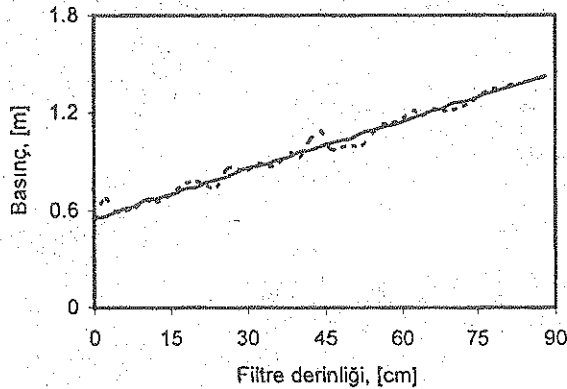
Sıfır ayarı yapıldıktan sonra, eğim ayarı aktif hale getirilerek kalibrasyon tamamlanır. Düşük ve yüksek basınçlarda 40 adet dönüştürücünün kalibrasyon değerleri Şekil 6.'da gösterilmiştir



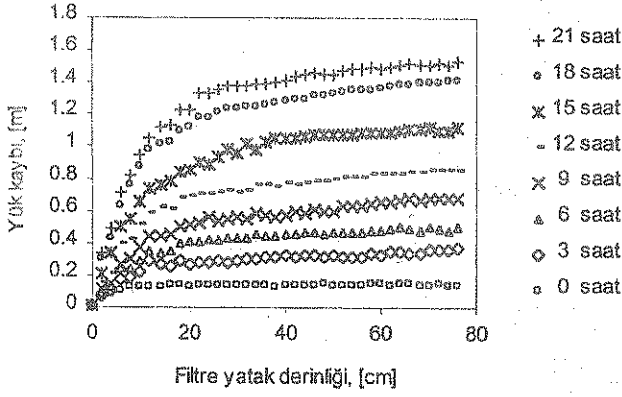
Şekil 6. (a) düşük ve (b) yüksek basınçlarda eğim ayarı ve kalibrasyon değerleri

Şekil 6(a).dan görüldüğü gibi, 0.5 m'lik düşük basınçla belirlenen eğim düzeltme katsayılarında, basınç arttıkça dönüştürücü çıkış değerlerinin farklılıkları artmaktadır. Yani, doğrusallık basınç arttıkça bozulmaktadır. Filtrenin çalışma basıncı üzerindeki bir basınçta elde edilen eğim düzeltme katsayılarında dönüştürücü değerleri, basınç değişimine karşı çok düşük farklılıklar göstermiştir (Şekil 6(b)).

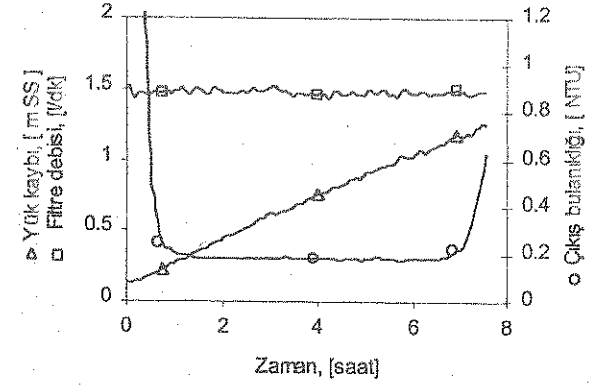
Filtre sütununda kalibrasyon işleminin önemini açıklayabilmek için, dönüştürücülerin kalibreli ve kalibresiz eğrileri Şekil 7.'de gösterilmiştir. Kesikli çizgiler kalibresiz basınç dönüştürücülerinin çıkışını göstermektedir.



Şekil 7. Dönüştürücülerin kalibreli ve kalibresiz elde edilen eğrileri



Şekil 8. Yük kayıplarının yatak derinliğine ve zamana göre değişimi



Şekil 9. Sabit filtre hızında toplam yük kaybı ve filtre çıkış bulanıklığının zamana göre değişimi

Filtrasyon boyunca ölçülen yük kaybı, bulanıklık ve filtre debisi Şekil 8. ve 9.'da gösterilmiştir [5]. Yük kaybının filtre derinliğine ve zamana göre değişimi Şekil 8.'de gösterilmiştir. Sabit alum dozunda (30 mg/l) ve 11.5 m/sa 'lık sabit filtre hızında, filtre çıkış bulanıklığı ve toplam filtre yük kaybı değişimi Şekil 9.'da gösterilmiştir.

5. SONUÇ

Filtrasyon uygulamaları için pilot araştırma tesisi olarak kurulan filtre düzeneğinde yapılan ölçümler, kalibrasyon işlemleri ve deneysel sonuçlar başarı ile sunulmuştur. Filtre basınç dönüştürücülerinin kalibrasyonu ve yük kaybı ölçümleri geliştirilen kalibrasyon programı sayesinde kolayca gerçekleştirilmiştir. Bulanıklık ölçümleri, yüksek teknolojiye sahip bir türbidimetre ile sorunsuz ölçülerek bilgisayara aktarılmıştır. Alum dozlama pompasının kalibrasyonu, belirlenen alum dozu aralığında çok hassas olarak yapılmıştır. Filtre hızı ölçümünde bir rotametre referans alınarak elektronik debimetrenin kalibrasyonu başarı ile yapılmıştır. Bu çalışmanın devamında, filtre konsantrasyonu ve pH gibi filtre değişkenleri ölçülebilir.

REFERANSLAR

- [1] Pastacı, H., "Elektrik Ölçmeleri", Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, 2000, İstanbul
- [2] pvb Sensor Element Catalogue
- [3] Onat, M., "Doğrusal Algılayıcıların Kalibrasyonu ", EMO Sempozyumu, Bursa, 2000,
- [4] Montgomery, J., " Water Treatment Principles and Design ", John Wiley and Sons Inc.,New York,USA, (1985) 152-169
- [5] Onat, M. "Effluent Turbidity Control in Direct Filtration, IEEE CCA2003 Conference, İstanbul, 2003