



TIBBİ KULLANIM AMAÇLI DENEY KABİNİ TASARIMI VE İMALATI

*Onur KOÇAK¹, Mehmet Cüneyt ŞEN¹, Erdi ARSLAN,¹ Arif KOÇOĞLU²

¹Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, 06810, Ankara, okocak@baskent.edu.tr, mcuneytsen@hotmail.com, erdiarslan@gmail.com,

²Başkent Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO Biyomedikal Cihaz Teknolojisi, 06810, Ankara, arif@baskent.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.08.2014

Kabul Tarihi: 25.03.2015

ÖZET

Bu çalışmada tıbbi kullanım amaçlı bir deney kabini, uygun standartlara göre uygulanmış ve inşa edilmiştir. LM35 sıcaklık sensörü ve SHT11 nem sensörü sırasıyla sıcaklık ve nem değişikliklerinin ölçümü ve kontrolünde kullanılmıştır. Kabin ısısı, rezistans ısıtıcının kabinin tabanına yerleştirilmesi ile sağlanır. Su haznesi nem değişimleri için rezistansın arkasına yerleştirilir. Kontrol sistemi sıcaklık değişimlerini 25 °C ile 40 °C aralığında ± 0.1 % doğrulukla, bağıl nemi 45 ile 55 % RH aralığında ± 5 % doğrulukla ölçebilmektedir. Sıcaklık ve nem değişimleri PIC mikro denetleyici tarafından alınmakta ve 16x2 karakter LCD ekranda görüntülenmektedir. PIC ve bilgisayar arasındaki iletişim RS232 port ile sağlanmaktadır. Veri toplanıp, 12 saatlik bir inkübasyon periyodu boyunca depolanmakta ve 30 saniyelik zaman sürecinde excel tablosunda sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Kontrollü Alan, Sıcaklık ve Nem Kontrol, Veri Kaydı.*

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TEST CABIN FOR MEDICAL APPLICATIONS

ABSTRACT

A test cabinet for medical applications has been implemented and constructed according to the standards. LM35 temperature sensor and SHT11 humidity sensor are used to measure and control the temperature and humidity variations respectively. Heating of the cabinet is provided by the resistor heaters placed on the bottom of the cabinet. Heated water reservoirs are placed at the back of the resistance for humidity variations. Control system can measure the temperature variations from 25 °C to 40 °C with an accuracy of ± 0.1 °C and relative humidity range from 45% to 55% RH with an accuracy of ± 5 %. The temperature and humidity variations are received by the PIC microcontroller and displayed on 16x2 character LCD. The communication between PIC and PC is made by RS232 port. Data is collected, stored in 12 hours incubation period and presented on the excel table in 30 second time span.

Key Words: *Controlled Area, Heat and Humidity Control, Data Logging.*

1. GİRİŞ

Tıbbi amaçlı kullanılan deney kabinleri, mikrobiyoloji, biyokimya ve tıbbi biyoloji uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Kullanım amacı istenilen uygun sıcaklık ve nem miktarlarını ayarlayıp, kontrol ederek inkübasyon ortamını yaratmaktır. Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi bünyesindeki bilimsel çalışmalarda kullanılması hedeflenen sıcaklık ve nem kontrollü bir deney kabini tasarım ve imalat sürecini içermektedir. Bu çalışma ile nihai olarak hedeflenen; petri kaplarında mikroorganizma üretimi ve diğer biyolojik üretimler için gerekli ısı ve nem koşullarının sağlanması, deney kabini içerisindeki bilgilerin bilgisayar yardımıyla gözlemlenmesi ve kayıt altına alınması, mikroorganizmaların üremesi için optimum şartların oluşturulmasıdır [1].

Sıcaklık ve nem işlem değişkeni olarak endüstriyel kontrolde sıkça karşılaşılan, imalat ve deney işlerinde çoğunlukla kontrolü zorunlu olan parametre bilgileridir [1, 2].

Biyoteknolojik çalışmalarda kontrol stratejileri, optimum ortam koşullarının belirlenmesi ve bu koşullara karşılık gelen dinamik modellerin tasarımı ve optimizasyonu güncel konular olmakla beraber çoğu zaman çözülmesi gereken problemlerdir [3, 4].

Bir ısıtma ve nem sisteminin (INS) dinamik modelinin türetilmesindeki işlemler genel olarak kontrollü kapalı alan, ısıtıcı rezistanslar, sıcaklık ve nem algılama sensörleri ile kontrollü nem üreticiden oluşmaktadır. Tasarımlar kullanım amaçlarına göre değişiklik gösterebilmektedir [5, 6].

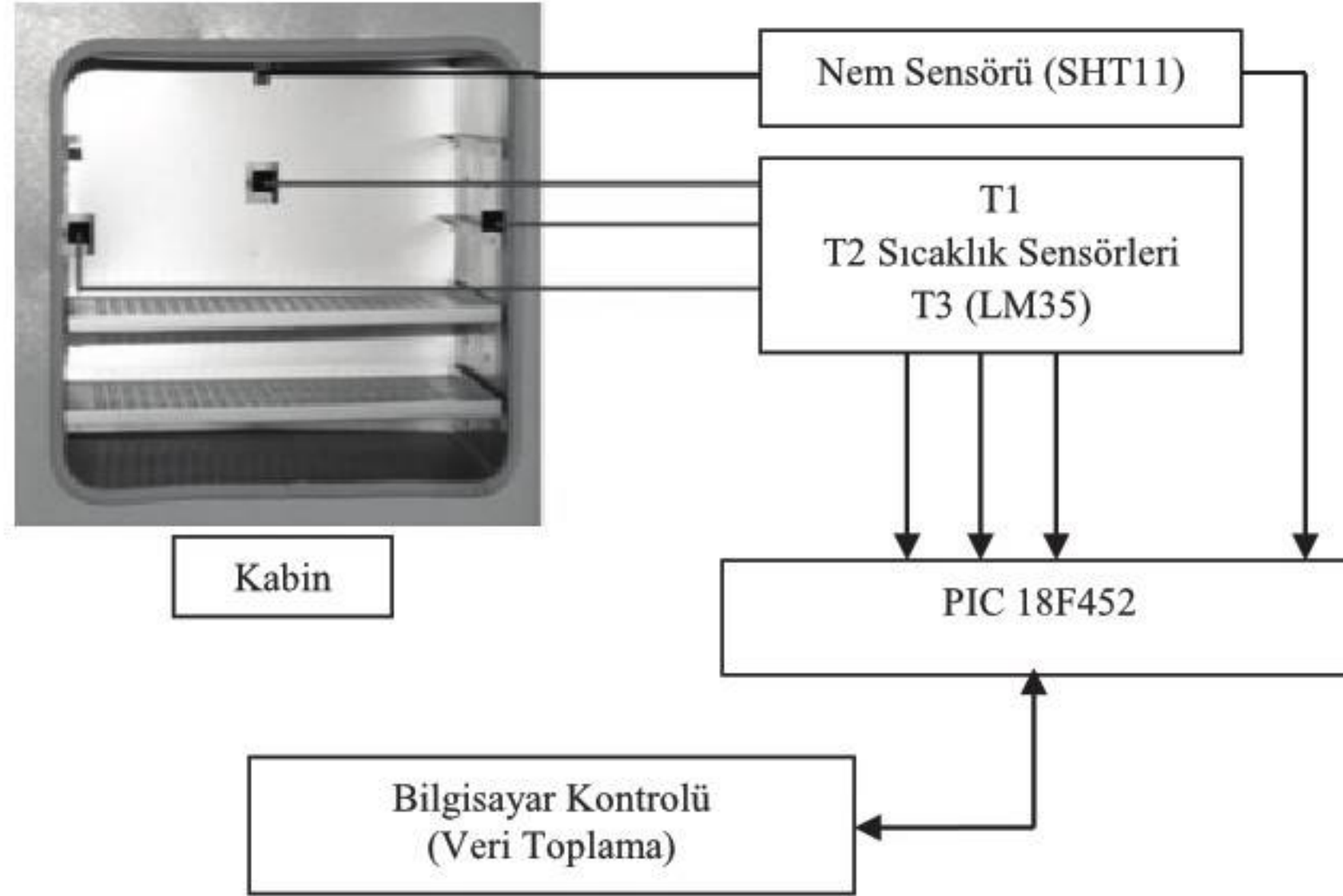
Bir kapalı alan içerisinde sıcaklık kontrolü sağlayan sistemin sıcaklık dengesi, sensörün alan içerisindeki konumuna bağlıdır. Alan içerisindeki şartlar homojen değilse sensörlerin ölçmüş oldukları sıcaklıklar ortalama hava sıcaklığından farklı olacaktır [7, 8]. Bu amaçla kontrollü alanın büyüklüğüne bağlı olarak farklı noktalarda ölçüm alıp takip etmek daha sağlıklı sonuçlar vermektedir [9].

Nem, deney kabini içerisinde bulunan su buharı miktarıdır. Nem, doğal yaşamda göz ardı edemeyeceğimiz bir parametredir. Mikroorganizmaların ve biyolojik organizmaların üretilmesi aşamasında kabin içerisindeki nem oranı oldukça önemlidir [10-11-12]. Organizmalar üretilirken kabin içerisindeki havadaki nemin belirli bir oranda tutulması gerekmektedir. Bu değerler üretilen organizma çeşitlerine göre farklılıklar gösterebilir [13]. Kabin içerisine yerleştirilen nem sensörü ile nem değerleri kontrol altında tutulmaktadır. Deney kabinlerinde ısı ve nem üretimi için literatürde birçok yöntem bulunmaktadır [14-15-16]. Ayrıca üretilen sıcaklık ve nemin elektronik olarak kontrolü de kullanıcı dostu bir uygulama sunmaktadır [17].

Mikrobiyolojik organizma üretiminde kullanılması hedeflenen deney kabini, sıcaklık üretimi rezistanslar ile sağlanmıştır. Kabinin farklı noktalarına konumlandırılan 3 farklı sıcaklık sensörü ile istenilen sıcaklık değerleri kaydedilmektedir. Nem üretimi için su hazneleri kullanılmış olup, nem sensörü yardımıyla bilgisayar ortamında kaydedilmiştir. Mikrodenetleyici yardımıyla sensörler ile haberleşme sağlanmıştır. Tasarlanan yazılım C++ ile gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

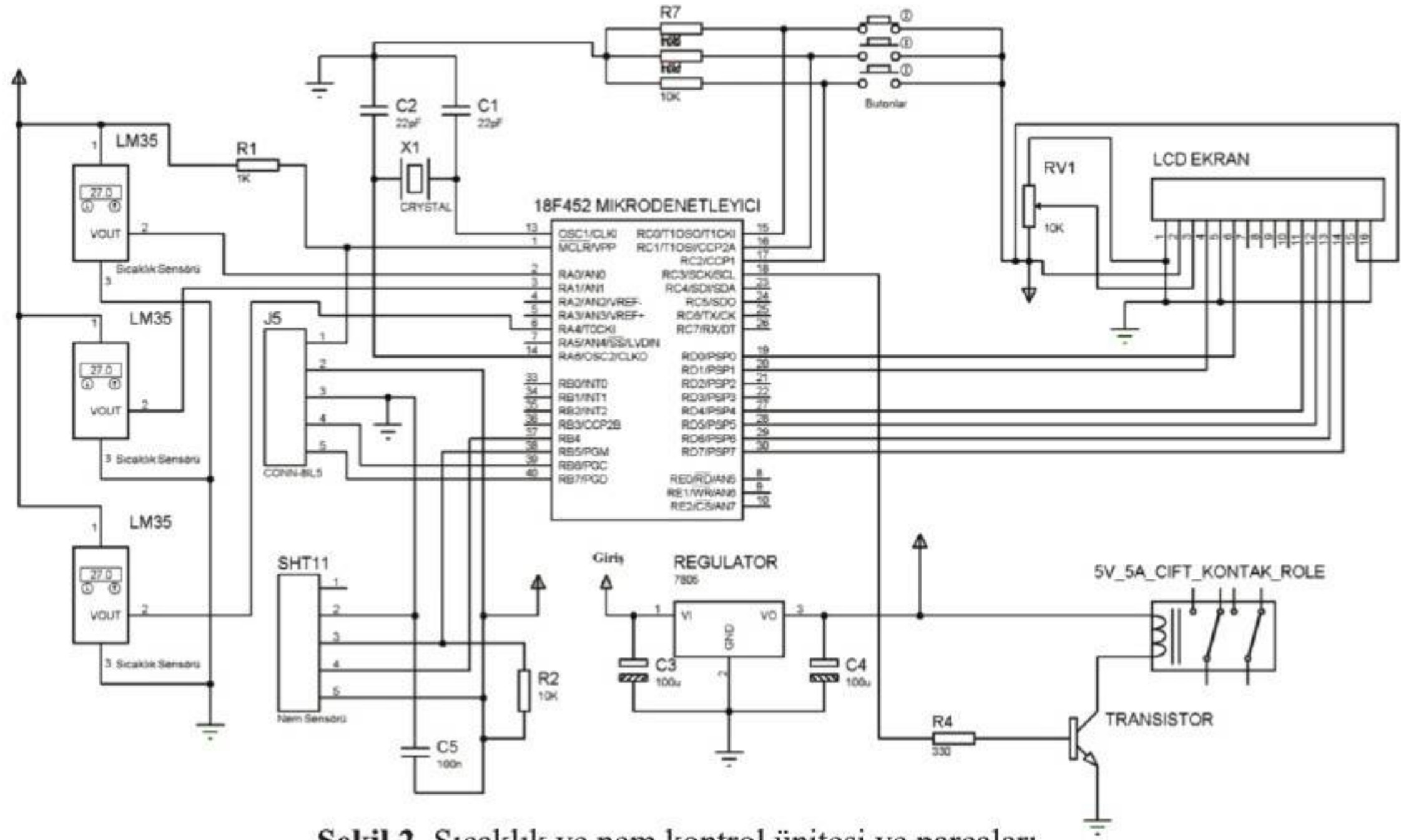
Çalışmada kullanılan yöntemler sıcaklık üretimi, sıcaklık kontrolü, nem üretimi, nem kontrolü, deney kabini tasarımı ve sensörlerin bilgisayar aracılığıyla kullanıcı tercihi göre kayıt yapması şeklinde sıralanabilir. Şekil 1’de sistemin blok şeması görülmektedir.



Şekil 1. Tasarlanan sistemin blok şeması

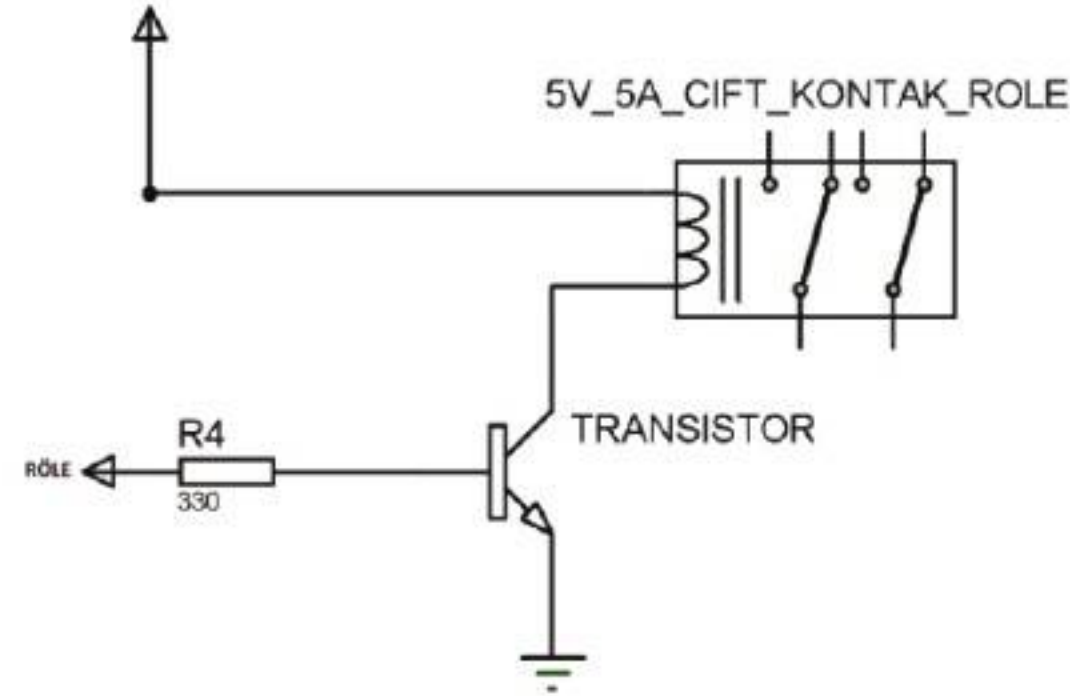
2.1 Sıcaklık Üretimi Ve Sıcaklık Kontrolü

Mikroorganizma üretiminde, kullanım amacına göre inkübasyon süresi 24 – 48 saat arasında değişmektedir. Sıcaklık ise genel olarak 30 °C - 40°C arasındadır [18]. Tasarlanan sistemde biyolojik kullanıma uygun olan 90 W gücünde rezistans ısıtıcı kullanılmıştır. Şekil 2'de sıcaklık ve nem kontrol ünitesi parçaları görülmektedir.



Şekil 2. Sıcaklık ve nem kontrol ünitesi ve parçaları.

Operatör, tasarlanan kullanıcı dostu arayüz ile inkübasyon süresini, sıcaklığını ve sıcaklık kayıt bilgisini tercih edebilmektedir. Sıcaklığın istenilen değere ulaşması ile birlikte röleler tetiklenerek sıcaklığı sabit tutmaktadır. Röleyi tetiklemek için BC337 transistörü 330ohmluk dirençle kullanılmıştır. Mikrodenetleyicinin maksimum verdiği 20mA'lık akımla, yarı iletken anahtarlama elemanı, röleyi çalıştırmaktadır [19]. Şekil 3'te röle mekanizması görülmektedir.

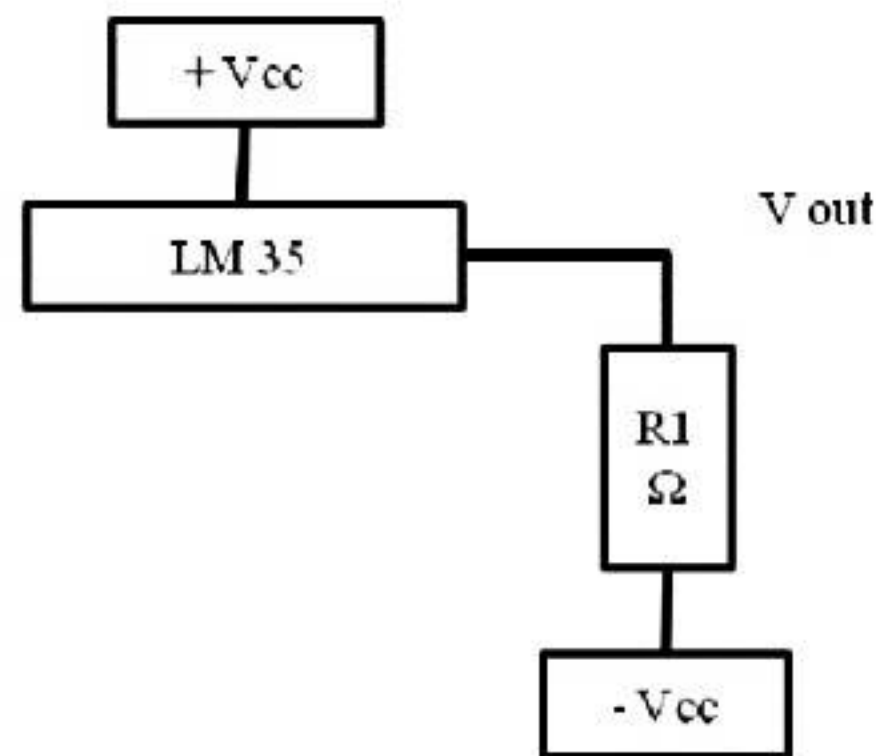


Şekil 3. Sistemde kullanılan röle kontrol mekanizması.

Sıcaklık, kullanıcı tarafından istenen değere ayarlanabilmektedir. Ayarlanan değer 0.1 °C üzerine çıktığında röleler tetiklenerek ısıtıcının akımını kesmektedir.

Kabin içerisine yerleştirilen rezistans ısıtıcı, kabin içerisindeki sıcaklığı 32 °C ile 42 °C tutacak seviyelerdedir. Sıcaklık sabitleme, sinyal genişlik modülasyonu (SGM) (pulse width modulation) ile sağlanmıştır.

Kabin içerisinde, üç farklı noktadan sıcaklık değerleri alabilmek için 3 adet LM35 sensörü kullanılmıştır. LM35, 3 uçlu bir elemandır ve TO92-100 kılıfında bulunmaktadır. Ayrıca tıbbi kullanım amaçlı inkübasyon sıcaklıklarında (25°C – 45°C) doğrusal cevaba sahiptir [20]. Çalışmada kullanılan LM35 besleme devresi şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Sıcaklık ölçüm devresi.

Kullanılan LM35 sıcaklık sensörünün doğrusal çalışma aralığı -55°C ila +150°C arasındadır. Çözünürlüğü ise +10mV/°C dir. Denklem 1'de, okunan voltaj farkının sıcaklık cinsinden ifadesi görülmektedir.

$$T = \frac{V_{out}}{10} \quad (1)$$

Besleme voltajı +4V ila +20V aralığında gerçekleştirilebilir. Ayrıca negatif sıcaklıklara inilmesi durumunda ise şekil 3'te görülen $-V_{CC}$ beslemesi yapılarak denklem 2'den direnç değeri tespiti yapılabilir.

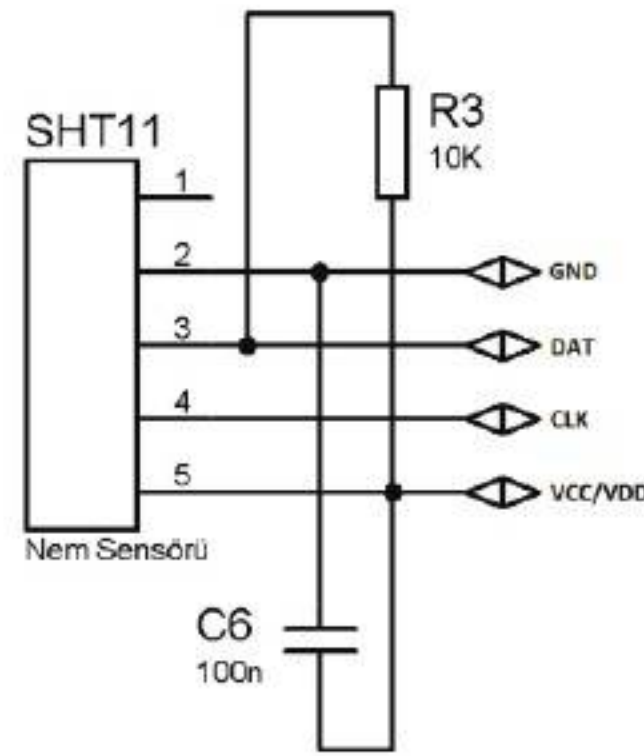
$$R = \frac{V_s}{50\mu A} \quad (2)$$

LM35 çıkışı, kullanılan mikrodenetleyici (PIC18F452) yardımıyla sayısal hale dönüştürülerek sıcaklık bilgisi okunmaktadır. +5 V_{DC} ile beslenen işlemcinin çözünürlüğü 10 bittir.

2.2 Nem Üretimi Ve Nem Kontrolü

Tasarlanıp üretilen deney kabini içerisinde su hazneleri bölümü bulunmaktadır. Deney çalışması öncesinde bu bölümler su ile doldurulmaktadır [21]. Haznelerin üzerine yerleştirilen 12V'luk fan aracılığıyla, inkübasyon anında ısınan su buharı kabin içerisine yayılmaktadır. SHT11 nem sensörü yardımıyla sayısal olarak bağıl nem bilgisi ölçülmektedir. Kullanıcının istediği değerde, fan mikrodenetleyici yardımıyla durdurulmaktadır. İstenilen değerın %5'lik tolerans değerlerinde nem üretimi kontrol edilmektedir. Mikrodenetleyici SGM ile çalıştırılarak nem değeri sabit tutulmaktadır.

Şekil 5'de SHT11'in bağlantı şekli görülmektedir. 10k Ω direnç ve 100nF kapasitör kullanılmıştır.



Şekil 5. SHT-11 bağlantı devresi.

SHT11 -20°C ila +100°C arasında oluşan sıcaklıklarda doğrusal bağıl nem değerini ölçebilmektedir [22]. Tasarımdaki inkübasyon sıcaklığı açısından SHT11 kullanımının uygun olduğu saptanmıştır.

Sayısal olarak çalıştığından mikrodenetleyici ile seri veri ve seri veri saati (clock) bağlantısı yapılmaktadır (Şekil 4). Sensör 12 bitlik nem ölçüm çözünürlüğüne sahiptir [22].

SHT 11 nem sensöründe nem okuma denklem 3'te görülmektedir.

$$RH_{Doğrusal} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \quad (\%RH) \quad (3)$$

Buradan SO_{RH} yani okunan nem değeri (read out) ortak parantezine alındığında denklem 4 elde edilmektedir.

$$RH_{Doğrusal} = c_2 + (c_3 \cdot SO_{RH}) \cdot SO_{RH} + c_1 \quad (\%RH) \quad (4)$$

12bitlik çalışmada ve 8 bitlik çalışmada kullanılan sabitler çizelge 1’de görülmektedir.

Çizelge 1. Nem değeri dönüşüm katsayıları.

SO_{RH}	c_1	c_2	c_3
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955×10^{-6}
8 bit	-2.0468	0.5872	-4.0845×10^{-4}

2.3 Deney Kabini Tasarımı

Kabinin dış sacı 1mm, alt sacı ise 1.5mm kalınlığında yapılmıştır. Dış sacı elektrostatik toz boya ile kaplanmıştır. Bu boyama türü en kuvvetli mukavemete sahip (çizilmelere, deformasyonlara karşı korunaklı) boya türüdür [23]. Elektrostatik toz boya kabin imalatı yapıldıktan sonra cihazlar özel solüsyonlar tarafından temizlenip üzerine toz şeklinde atılıp minimum 250-300°C derecede olacak şekilde fırına atılmıştır. Bu işlemde toz eriyerek boyanacak malzeme üzerine yapışmaktadır. İç ve dış boyama işlemleri bu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Kabinin izolasyonu özel yanmaz taş yünü izolasyon malzemesiyle yapılmıştır. Kabinin her köşesinde yaklaşık 3,5-4cm izolasyon malzemesi kullanılmıştır. Taş yünü, yerli olarak temin edilen inorganik hammadde olan bazalt taşının 1350°C-1400°C’de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır [24]. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilmektedir.

Isı yalıtımı, ses yalıtımı, akustik düzenleme ve yangın yalıtımı maksadıyla kullanılmaktadır. Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0,040$ W/mK’dir. Kullanım sıcaklığı -50/+600, -50/+650°C aralığındadır. Sıcak ve rutubete maruz kalması halinde dahi, boyutlarında bir değişme olmamaktadır. TS EN 13501-1’e göre “yanmaz malzemeler” olan A sınıfındadır.

Deney kabininin ön kapak kısmında yanmaz akustik form olarak adlandırılan izolasyon amaçlı sünger malzeme kullanılmıştır. Cam kısım tamamen cam içerikli olmayıp pleksiglas içeriklidir. Bunun temel nedeni normal cama göre ısı yalıtımının daha iyi olmasıdır.

Kabinin arka kısmında kablo bağlantıları için rekor kullanılmıştır. Yan tarafına monte edilen tutamakları sayesinde rahat hareket ettirilebilmektedir. Ön tarafında panel kilidi bulunmaktadır. Cam bölme kapısının etrafında izolasyon amacıyla yüksek ısılara dayanıklı özel üretim fitil kullanılmıştır. Kabinin tabanı altında vibrasyonu engellemek için lastik taban takozları yerleştirilmiştir. Kabinin içerisinde lazer kesimle yapılmış iki adet raf bulunmaktadır. Raflarda elektrostatik toz boya ile boyanmıştır. Şekil 6’da kabinin saç üzerine boya işlemi tamamlanmış hali görülmektedir.

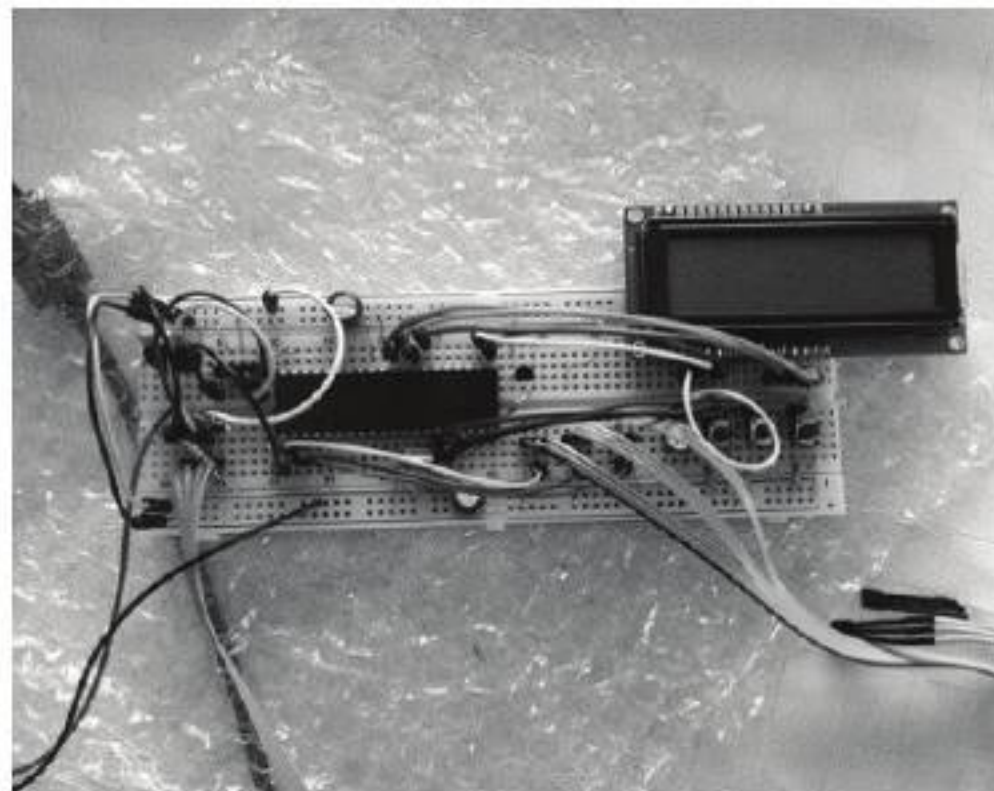


Şekil 6. Deney kabininin boyanmış hali.

3. KABİN VE KONTROL ÜNİTESİ

3.1. Kontrol Ünitesi

+5V ile beslenen kontrol devresinin gerilimi 7805 sabit seri regülatör kullanılarak elde edilmiştir. Röle ile ısıtıcının istenilen sıcaklık değerine ulaşması sağlanmıştır. 2x16 karakter LCD ekran ile ortamdan elde edilen sıcaklık bilgileri ve ortalaması ile nem bilgisi ekranda görülmektedir. Butonlar vasıtasıyla istenilen sıcaklık değeri kullanıcı tarafından girilmekte ve sistemin ayarı yapılmaktadır. Röle transistör kullanılmadan mikroişlemciye bağlanmamıştır. Röleyi tetiklemek için BC-337 transistörü kullanılmıştır. Yaklaşık 80mA akım çeken röle BC-337 anahtarlama transistörü ile kullanılmıştır. Şekil 7’de tasarlanan kontrol biriminin kabin üzerine monte edilmeden önceki son hali görülmektedir.



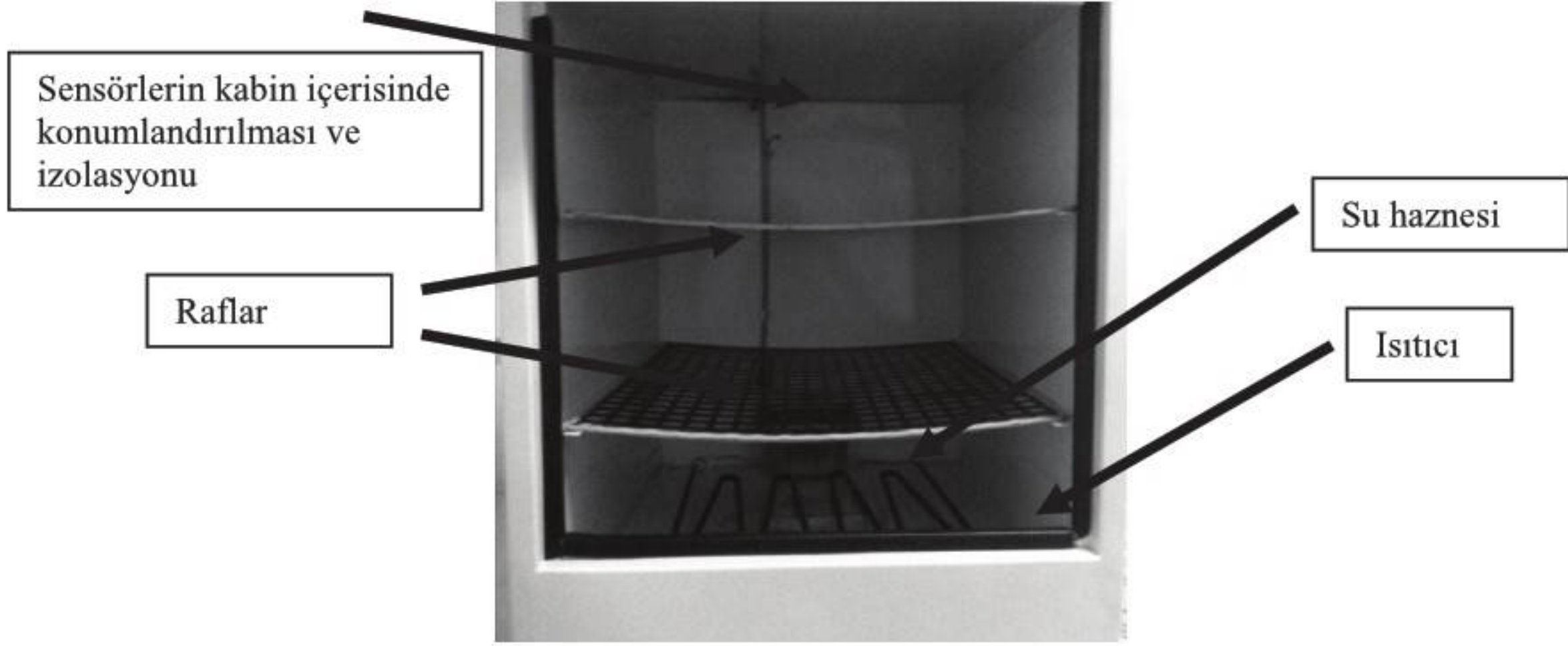
Şekil 7. Kontrol bölümü.

Deney kabini içerisine konumlandırılan sensörler ısı dayanımı yüksek makaronlarla kaplanmıştır. Ayrıca inkübasyon sıcaklığına dayanıklı kablolar kabin içerisinde kullanılmıştır. Sistemin baskı devresi alınarak kutulanmıştır. Kullanıcının kolay ulaşabilmesi için sistemin üzerine yapışkan malzeme ile montajı

yapılmıştır. Sensör kablolarının, ısı yalıtımını engellemeden, kabinin üzerinden çıkışları sağlandığından kontrol biriminin kabin üzerinde olması fazla kablo kullanımını da ortadan kaldırmıştır.

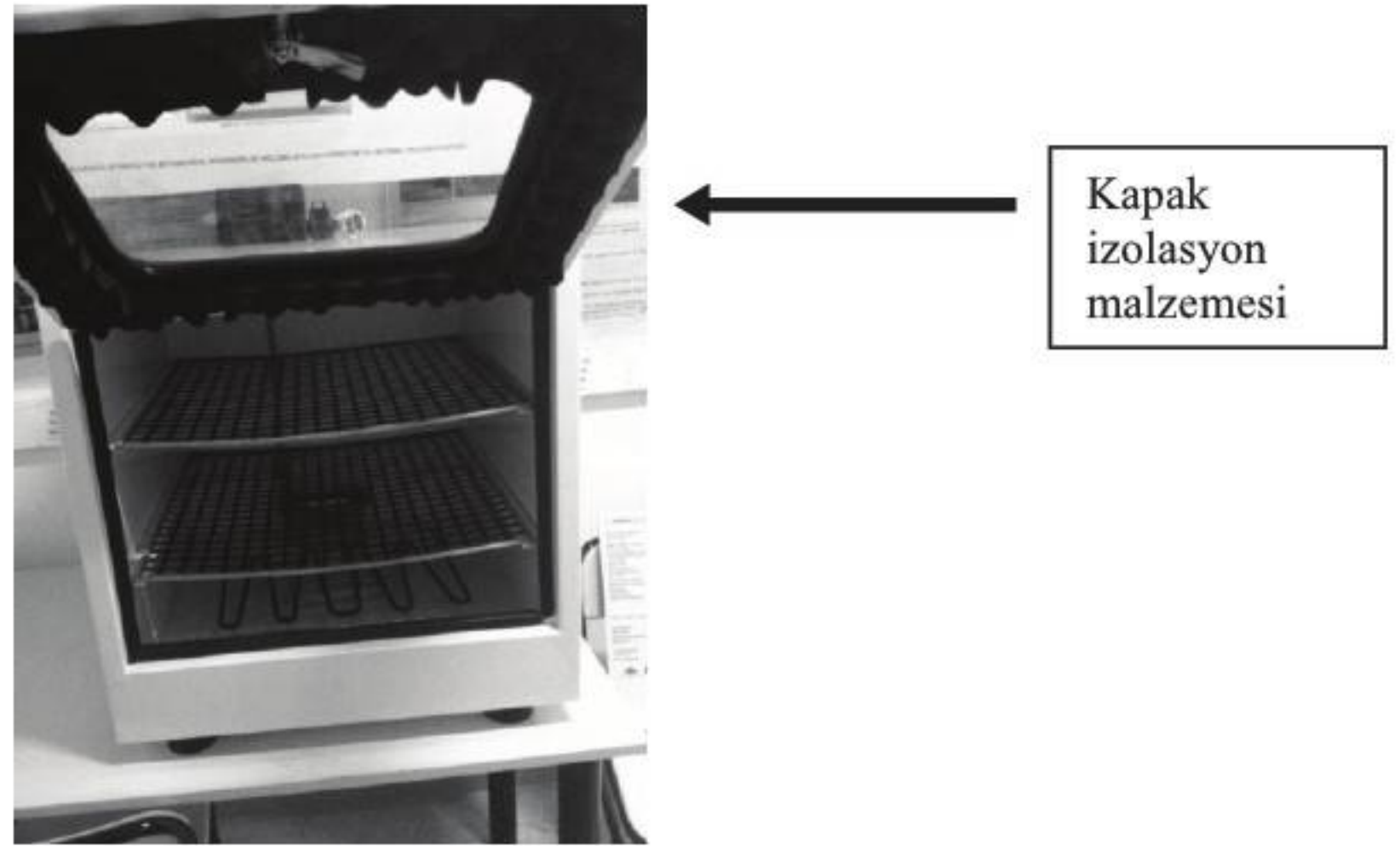
3.2. Kabin İçi Yerleşim

Kontrol bölümü tamamlandıktan sonra LM-35 ve SHT-11 sensörleri Şekil 8’de görüldüğü üzere kabin içerisine monte edilmiştir. Özel tasarım raflarda kabin içerisine konumlandırılmıştır.



Şekil 8. Kabin içi yerleşim.

Saç arası ısı izolasyonu için taş yünü kullanılmıştır. Ayrıca cam kısmında gerçekleştirilen izolasyon uygulamaları da Şekil 9’da görülmektedir.



Şekil 9. İzolasyonu tamamlanmış ve sensörleri yerleştirilmiş deney kabininin son hali.

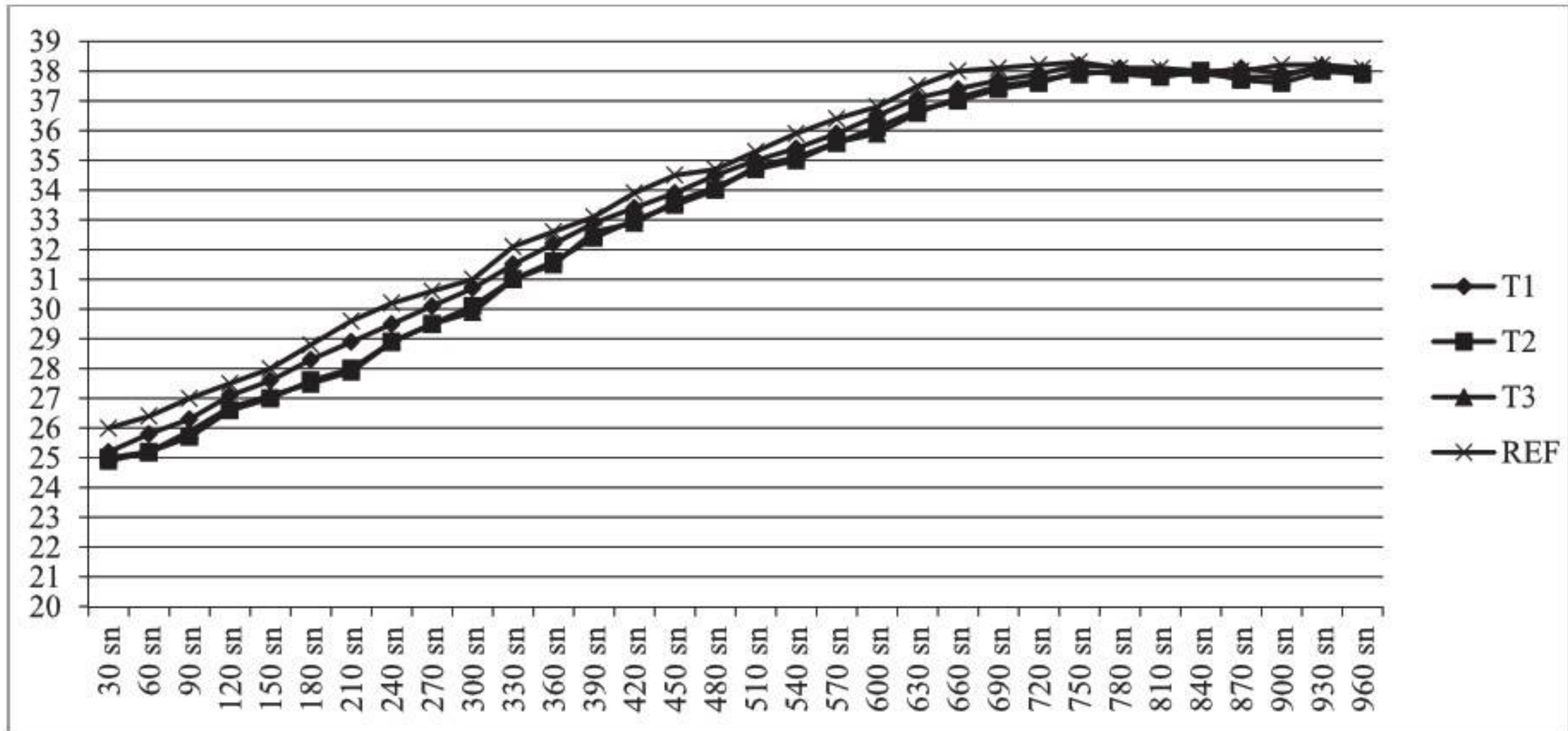
3.3. Sistemin Çalışması

Sistem tasarımında kontrol ünitesi kutularak kabin üzerine monte edilmiştir. Kontrol ünitesi ile bilgisayar bağlantısı RS-232 portu aracılığıyla sağlanmıştır. Kullanıcı, inkübasyon sıcaklığını, nemi ve inkübasyon süresini butonlar yardımıyla seçebilmektedir. Bu butonlarla, ayrıca, sıcaklık ve nem değerlerinin kayıt sıklığı da seçilebilmektedir. Örneğin 30sn., 45 sn. ve 60 sn. seçilebilir.

12 saatlik inkübasyon sürecinde, C++ tabanlı veri toplama yazılımı kullanıcıya Excel tablosu biçiminde sonuçlar sunmaktadır. 12 saatlik inkübasyon süresi 30 sn. aralıklarla kayıt altına alındığında T1 (kabin arka duvarı), T2 (kabin sağ duvarı) ve T3 (kabin sol duvarı) sensörlerinin her birinden 1440 adet değer okunmaktadır. Böylelikle deney ortamının sıcaklık değişim seyri araştırmacı tarafından rahatlıkla yorumlanabilmektedir.

Tasarlanan deney kabini izlenebilir sıcaklık ölçer (Agilent U1251A) ile test edilmiştir. Öncelikle istenilen sıcaklık 38 °C olarak girilmiştir. İnkübasyon süresi ise 1 saat olarak belirlenmiştir. Nem seviyesi 45 %RH olarak girilmiştir. Veri toplama sıklığı ise 30 sn. olarak istenmiştir. Buna göre T1, T2, T3 ve Referans sıcaklık ölçerden alınan sıcaklıklar Çizelge 2’de görülmektedir.

Çizelge 2. T1, T2, T3 ve REF Sıcaklık Değerleri.



Çizelge 2’ye göre değerlendirildiğinde sağ ve sol taraflarda kalan T2 ve T3 sensörleri merkezde bulunan T1 sensörüne göre daha düşük sıcaklık bilgisi içermektedir. Kaydedilen verilerin ilk 960 sn.’lik kısımlarının ortalaması alındığında T1= 33,6 °C, T2= 33,2 °C, T3=33,2 °C ve REF=34 °C olarak ölçülmüştür.

4. SONUÇLAR VE İLERİYE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Nem SHT-11 ile ölçülmüştür. Nem değerinin izlenebilir bir sistem ile kontrolü gerçekleştirilmiştir (Lutron YK-90HT). Sistem çalışmaya başladığında izlenebilir ölçüm aleti nem değerini 33,1 %RH gösterirken kullanılan sensörün çıkışı ile 38 %RH olarak okunmuştur. İstenilen nem seviyesinin 45 %RH olmasından dolayı rezistans ile birlikte su haznesi fanları da çalışmaya başlamıştır. Artan nem oranının sağ ve sol taraflarda bulunan sıcaklık sensörlerinde bir miktar düşüş oluşturabileceği düşünülmektedir. 960 sn.lik ölçüm sürecinde, nem miktarı LCD ekranda 48 %RH olarak okunurken, referans ölçüm aletinde 55 %RH olarak kaydedilmiştir.

Sıcaklık LM 35 sensörler ile ölçülmüştür. 3 farklı noktadan alınan ölçüm değerleri izlenebilir sıcaklık ölçer yardımıyla karşılaştırılmıştır. Kontrol ünitesi yardımıyla sıcaklık ve nem değerlerinin kayıt sıklığı 3 seçenekli olarak toplanabilmektedir. Kontrol ünitesinde inkübasyon süresini, inkübasyon için gerekli sıcaklığı ve nemi seçebilmek mümkündür. Isıtıcının istenilen sıcaklığı aşması durumunda, kontrol ünitesi 5 dakikalık bekleme süresinin sonunda hata vererek sistemi kapatır. Böylece istenmeyen durumların önünde geçilebilir.

Çalışmanın ileri aşamalarında uzun inkübasyon sürelerinde petri kapları içerisindeki kültürlerin izlenebilmesi için kabin üzerine kamera yerleştirilmesi düşünülmektedir. Ayrıca kullanılan sensörler yerine ticari uygulamalarda kullanılan sayısal sensörlerin eklenmesiyle birlikte oluşacak sıcaklık farklılıklarının asgari seviyeye indirileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yer alan yazarlar, tasarlanan metalik kabinin imali ve elektrostatik toz boya ile boyanması aşamalarında yaptıkları katkılardan Türkojen Jeneratör Kompresör Makina Satış Servis San.Tic. Ltd. Şti. firma ortağı ve tasarım mühendisi Sn. N. Fatih Alkan ile firma teknik elemanlarına teşekkür ederler.

5. KAYNAKLAR

- [1] A. Kürklü, ve N. Çağlayan, "Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma", Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 18(1), 25-34 (2005).
- [2] M. Kocatürk, ve M. Salman M. "Otomobil Klima Sisteminde Fan Devri ve Giriş Havası Sıcaklığının Performansa Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi", Gazi Üniv. Politeknik Dergisi, 9(1), 28-37 (2006).
- [3] I. Athanasopoulos, and L.A. Caffarelli, "Continuity of the temperature in boundary heat control problems", Advances in Mathematics, 224(1), 293-315 (2010).
- [4] R. Romani, and L.C. Góes, "Cabin Temperature Control Model for Commercial Aircraft", AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference 2012, 133-139.
- [5] S. Sanaye, M. Dehghandokht, and A. Fartaj, "Temperature control of a cabin in an automobile using thermal modeling and fuzzy controller", Applied Energy, 97, 860-868 (2012).
- [6] N.C. Lemke, J.L. Lemke, and J. Koehler, "Secondary Loop System for Automotiv HVAC Units Under Different Climatic Conditions", International Refrigeration and Air Conditioning Conference, 2393-2403,(2012).
- [7] L.D. Knibbs, R.J. Dear, and L. Morawska," Effect of Cabin Ventilation Rate on Ultrafine Particle Exposure Inside Automobiles", Environ. Sci. Technol., 44 (9), 3546–3551 (2010).
- [8] N. Hudda, E. Kostenidou, C. Sioutas, R.J.Delfino, and S.A. Fruin, "Vehicle and Driving Characteristics That Influence In-Cabin Particle Number Concentrations", Environ. Sci. Technol., 45 (20), 8691–8697 (2011).

- [9] S. Wahid, D.R. Cahela, and B.J. Tatarchuk, “Experimental, Theoretical, and Computational Comparison of Pressure Drops Occurring in Pleated Catalyst Structure”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 52 (40),14472–14482 (2013).
- [10] L.L.W. Mingshan, “Design and Experiment of a Heat Pump Air-conditioning System for Electric Vehicles”, *Journal of Refrigeration*, 3, 113 -120 (2013).
- [11] S.H. Au, S.C.C. Shih, and A.R. Wheeler, “Integrated microbioreactor for culture and analysis of bacteria, algae and yeast”, *Biomedical Microdevices*, 13(1), 41-50 (2011).
- [12] S.D. Frey, J. Lee, J.M. Melillo, and J. Six, “The temperature response of soil microbial efficiency and its feedback to climate”, *Nature Climate Change*, 3, 395-398 (2013).
- [13] International Commission on Microbiological Specifications for Foods, *Microbial Ecology of Foods VI: Factors Affecting Life and Death of Microorganisms*, Academic Press, New York, 311 (1980).
- [14] W. Shen, P.G. Wolf, F. Carbonero, W. Zhong, T. Reid, H.R. Gaskins, and M.K. McIntosh, “Intestinal and Systemic Inflammatory Responses Are Positively Associated with Sulfidogenic Bacteria Abundance in High-Fat-Fed Male C57BL/6J Mice”, *American Society for Nutrition – The Journal of Nutrition*, 144 (8), 1187 – 1191 (2014).
- [15] C.H. Park, C.H. Lee, M.D. Guiver, and Y.M. Lee, “Sulfonated hydrocarbon membranes for medium-temperature and low-humidity proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs)”, *Progress in Polymer Science*, 36(11), 1443–1498 (2011).
- [16] G.R. Harrod, B.A. Beers, G.E. Carmichael, and J.O. Bentz, “Indoor air quality controllers and user interfaces”, US 8219249 B2, (2012).
- [17] R.C. Arora, “Refrigeration and Air Conditioning”, PHI Limited, New Delhi, 1987 (2010).
- [18] G.W. Bahng, and J.D. Lee, “Development of heat-generating polyester fiber harnessing catalytic ceramic powder combined with heat-generating super microorganisms”, *Textile Research Journal*, doi: 10.1177/0040517513503732, (2014).
- [19] M.A. Zamani, T.S. Sidhu, and A. Yazdani, “A Protection Strategy and Microprocessor-Based Relay for Low-Voltage Microgrids”, *IEEE Transactions On Power Delivery*, 26(3), 1873 – 1883 (2011).
- [20] LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, datasheet for LM-35, Texas Instruments Company, SNIS159D –August 1999–Revised (2013).
- [21] A. Beghi, L. Cecchinato, and M. Rampazzo, “Thermal and Comfort Control for Radiant Heating/Cooling Systems”, *IEEE International Conference on Control Applications (CCA) Part of 2011 IEEE Multi-Conference on Systems and Control*, 258 – 263, (2011).
- [22] SHT10,SHT11,SHT15, Datasheet for SHT1x, Sensirion Sensor Company, revised date 17.01.2012.
- [23] A.İ. Parmak, “Elektrostatik Toz Boya Kaplamanın Avantajları”, *Erciyes Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 295 – 298 (1986).
- [24] Y. Konuklu, “Mikrokapsüllenmiş Faz Değiştiren Maddelerde Termal Enerji Depolama ile Binalarda Enerji Tasarrufu”, *Doktora Tezi, Kimya Anabilim Dalı Çukurova Üniv.*, 172, (2008).

