

Lpg System Electronic Control Unit (ECU) Design

Erol BAĞCI¹, Onursal ÇETİN², Cemil ALTIN³

¹Bozok University, Department of Mechatronics Engineering, Yozgat, Turkey

²Bandirma University Department of Electronics and Communication Engineering, Balıkesir, Turkey

³Bozok University Department of Electrical-Electronics Engineering, 66100, Yozgat, Turkey

Abstract: The Liquefied Petroleum Gas (LPG) electronic control unit (ECU) performs automatic diagnostics of sensors and data signals according to the different load and road conditions of the engine, controls the injectors to prepare the best mix quantity and deliver the prepared mix to the intake manifold at the right time. In order to prepare the amount of LPG fuel, the signals received from LPG pressure sensor, LPG heat sensor, engine speed sensor and gasoline injectors are transmitted to LPG electronic control unit. In this study, components of an existing LPG system were examined. Taking into consideration the operational stages of the system, the functional characteristics of the electronic control unit of the LPG system were analyzed and a new control unit was designed in the light of the analyzed data. The new LPG electronic control unit, designed to control 4 LPG fuel injectors installed on a 4-cylinder spark plug ignition engine, was tested under real road conditions. The performance of the test vehicle, fuel economy and the compatibility of the vehicle with the designed LPG electronic control unit were observed in different road, temperature and speed conditions and the suitability of the product was checked.

Keywords: Classification of LPG systems, LPG electronic control unit, LPG injection, LPG Fuel Systems in Injection Engines.

Lpg Sistemi Elektronik Kontrol Ünitesi(Ecu) Tasarımı

Özet: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı(LPG) elektronik kontrol ünitesi(ECU), motorun değişik yük ve yol şartlarına göre sensörlerin ve veri sinyallerinin otomatik diyagnostiğini yapar, en iyi karışım miktarını hazırlamak ve bu hazırlanan karışımı en doğru zamanda emme manifolduna iletmek için enjektörleri kontrol eder. LPG yakıt miktarının hazırlanması için LPG basınç sensörü, LPG ısı sensörü, motor devir sensörü ve benzin enjektörlerinden alınan sinyaller LPG elektronik kontrol ünitesine iletilir. Bu çalışmada mevcut bir LPG sisteminin bileşenleri incelenmiştir. Sistemin çalışma aşamaları dikkate alınarak, LPG sistemine ait elektronik kontrol ünitesinin işlevsel özellikleri tahlil edildi ve analiz edilen veriler ışığında yeni bir kontrol ünitesi tasarlandı. Tasarlanan yeni LPG elektronik kontrol ünitesinin 4 silindirli, buji ateşlemeli bir motor üzerine yerleştirilmiş 4 adet LPG yakıt enjektörünü ne şekilde kontrol ettiği gerçek yol şartlarında test edilerek gözlemlenmiştir. Test aracının performansı, yakıt ekonomisi ve aracın tasarlanan LPG elektronik kontrol ünitesiyle olan uyumu farklı yol, sıcaklık ve hız koşullarında gözlemlenerek ürünün uygunluğu kontrol edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: LPG sistemlerinin sınıflandırılması, LPG elektronik kontrol ünitesi, LPG enjeksiyonu, Enjeksiyonlu Motorlarda LPG Yakıt Sistemleri.

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

Erol BAĞCI, Onursal ÇETİN, Cemil ALTIN ‘Lpg System Electronic Control Unit (ECU) Design’, Elec Lett Sci Eng , vol. 16(1) , (2020), 1-8

1.Giriş

Günümüzde ulaşım ve taşımacılık sektöründe içten yanmalı motorlar yaygın olarak kullanılmakta ve sektörün temel girdisi olan enerjinin büyük bir bölümü fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanmaktadır. İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan zararlı emisyonların çevre ve insan sağlığına etkisi yüksek oranlara varması dünya genelinde sıkı emisyon standartlarının

* Corresponding author; cemil.altin@bozok.edu.tr

uygulanmasına sebebiyet vermiştir. Ayrıca dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin yüksek tüketimi neticesinde azalması ve bunun sonucunda maliyetlerin artması, petrol kökenli yakıtlara alternatif olabilecek çevre dostu ve ekonomik yakıt arayışlarını hızlandırmıştır.[1]

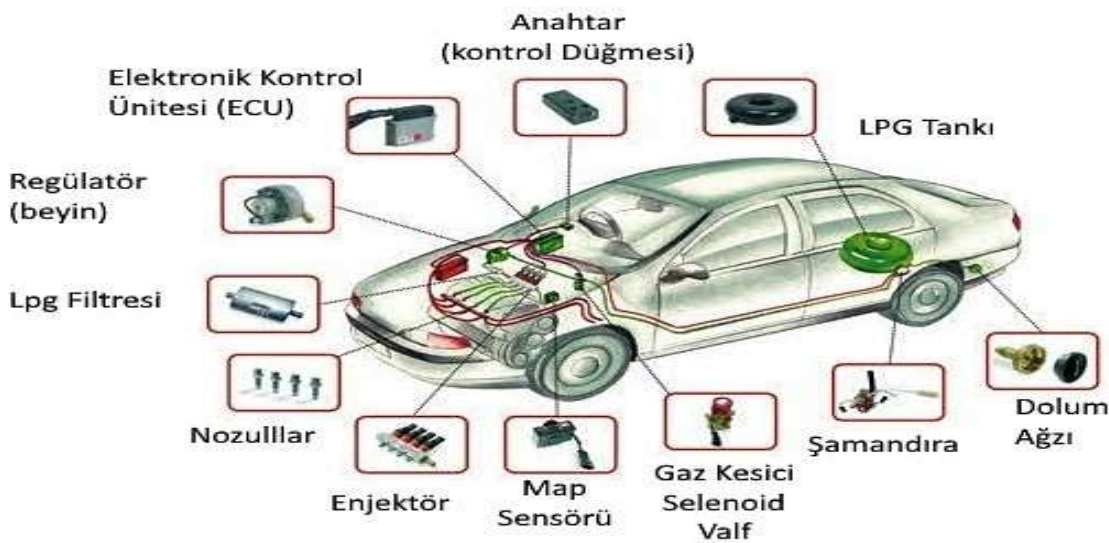
Özellikle kolay bulunması, ekonomik olması ve diğer yakıtlara oranla çevreyi daha az kirletici nitelikte olması nedeni ile dünyada birçok ülke LPG'nin otomobil motorlarında kullanımını özendirerek yaygınlaştırmıştır.

Otomotiv pazarında her geçen gün artan rekabet, araç üreticilerinin daha verimli araçlar üretmeleri gereğini ortaya koymakta bununla birlikte söz konusu iyileştirmelerin, teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelecekte de devam edeceği öngörülmektedir. Araç motorlarında kullanılabilen yakıt tiplerinin farklı bir takım yapısal özelliklere ve tek bir yakıt tipini kullanmak üzere optimize edilmiş motor yönetim sistemine sahip olmaları nedeniyle, alternatif bir yakıt tipinin kullanılabilmesi için orijinal yakıt sistemi üzerinde gerçekleştirilen dönüşüm işlemi sonrasında, verimli çalışma şartlarının elde edilmesine yönelik kullanılacak alternatif yakıt tipine özgü bir takım optimizasyon işlemlerinin motor yönetim sistemi üzerinde yeniden yapılması gerekmektedir. [2]

Sıralı gaz enjeksiyon sistemlerinde kontrol ünitesi tarafından hava yakıt karışımının ideal şekilde sağlanabilmesi için, sistem üzerinde bulunan mekanik ve elektromekanik elemanların çalışma karakteristiklerinin ve motor çalışma koşullarına göre değişiminin bilinmesi gerekmektedir. Sıralı gaz enjeksiyon sistemlerinin en önemli elemanlardan birisi elektromekanik bir eleman olan enjektörlerdir.

Bu araştırmada, otomobillerde alternatif yakıt kullanımı ile ilgili kapsamlı çalışma yapılmış ve LPG ECU'su çalışma ilkeleri üzerinde durulmuştur. Bu amaçla LPG sıralı gaz enjeksiyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan ve darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile kontrol edilen örnek bir enjektörün, çalışma karakteristiğinin belirli parametrelere göre (darbe genişliği, modülasyonsuz darbe genişliği, modülasyonlu darbe kullanım oranı, modülasyonlu darbe frekansı, besleme gerilimi, nüve açılma mesafesi, enjeksiyon süresi, sıcaklık ve fark basınç) incelenmesi amaçlanmıştır. Enjektörün çalışma karakteristiği belirlenerek, gaz yakıt sistemlerinden beklenenlerin sağlanabilmesi için konuyla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışma gibi yapılan birçok çalışma, LPG nin ekonomik ve çevreye diğer fosil yakıtlarına göre az zarar vermesi nedeniyle yapılmıştır. LPG üzerinde yapılan çalışmaların bir sebebi de içten yanmalı benzinli motorlara çok kolay adapte edilen sistemler geliştirilmiş olmasıdır.



Şekil 1: Sıralı LPG Sisteminin Elemanları[4]

LPG Tankın da bulunan gazın, yakıt hattı çekilerek motor kısmına getirilmesi ile Regülatör, yüksek basınç altında sıvı olan gazı buhar fazına çevirir. Regülatörden buhar fazında çıkan LPG filtre edilir ve pisliklerden arındırılır. Daha sonra enjektörler vasıtası ile silindirlere verilerek yanma sağlanmış olur.

Mekanik montajın ardından, araca özel kalibrasyon yapılır. Sistemin devreye girmesi için kalibrasyonun yapılması şarttır. Kalibrasyon ile LPG ECU'su aracın tüm çalışma parametrelerini hafızasına alarak benzin haritasının aynısını LPG için oluşturur.

Araç ECU'sü motorun ne sıklıkta ve hangi sürede yakıt enjeksiyonu yapacağını ve ateşleme avansını da dikkate alarak bujiler vasıtasıyla ne zaman ateşleme yapacağını belirler. Bu çıktıları düzenli olarak yapmak için tüm algılayıcılardan aldığı verileri değerlendirir ve en uygun hava yakıt karışımını silindire supaplar yardımıyla emer. Motor yüklendikçe enjeksiyon palsleri uzar ve daha fazla yakıt hava karışımı emilir. Bunun yanında araç hızlandıkça devir artar ki bu daha sık yakıt enjeksiyonu yapıldığını gösterir. Araç üzerindeki sensörlerin arızalanması veya motorda oluşan herhangi bir sorunla sensörlerin limitler dışında sinyal göndermesi enjeksiyon düzenini bozacağından araç bilgi sistemi bir arıza kodu verecektir.

2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında tasarlanacak LPG elektronik kontrol ünitesi için gerekli olan enjektör çalışma karakteristiğinin elde edilmesi amacıyla aracın benzin enjektörlerinden veriler alınmıştır. LPG enjektörlerinin enjeksiyon süreleri analiz edilmiştir. Çeşitli yük ve hız durumuna göre enjeksiyon zamanı ve süresi değişimleri tespit edilmiş ve bu veriler ışığında yeni bir enjeksiyon sistemi tasarlanarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada yeni nesil kapalı devre, çok noktalı ve sıralı gaz enjeksiyon sistemiyle çalışan, bir aracın LPG bileşenleri incelenerek LPG elektronik kontrol ünitesinin(ECU) hangi protokollere göre çalıştığı, giriş-çıkış sinyalleri ve LPG enjektörlerinin enjeksiyon süreleri analiz edilmiştir. Çeşitli yol, hava ve hız durumuna göre enjeksiyon zamanı ve süresi değişimleri tespit edilmiş ve bu veriler ışığında yeni bir enjeksiyon sistemi tasarlanarak, gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen LPG ECU'su test aracına monte edilerek çalışma sırasında motor karakteristikleri ve performansı etkilerine bakılmıştır.

3. Tasarım

“Elektronik kontrol üniteleri otomobillerde kullanılan sensörler (algılayıcılar) çevrelerini algılayarak aktivatörler (uygulayıcılar) sensörlerden gelen bilgiler doğrultusunda çeşitli eylemleri gerçekleştirir. Algılayıcılar ve aktivatörler; konfor, güvenlik, yürüyen aksamlar, motor gibi aracın tüm fonksiyonlarında kullanılır.”[3]

Kullanılan test aracı yaygın olarak kullanılan LPG sıralı gaz enjeksiyon sistemine sahiptir. LPG sistemi enjektörlerini darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile kontrol etmektedir.

LPG ECU su araç ana ECU sünden bağımsız çalışamaz. Enjeksiyon sıklığı frekansla bağlantılı olup motor otto çevrimine göre belirlense de LPG enjeksiyon süresi oluşturulan bir haritaya tabi olarak çalışır. Bu harita gaz ayarı yapan cihazlarla otomatik olarak oluşturulabileceği gibi performans kaygılarından dolayı manuel olarak değerler girilerek de oluşturulur. Haritadaki değerler benzin enjeksiyon süresinden LPG enjeksiyon süresinin ne kadar fazla olacağını gösterir.

Bu çalışmada benzin enjeksiyon süresinin %10 oranında artırılmasıyla elde edilen püskürtme süreleri kullanılmıştır.

3.1. Araçtan gerekli sinyallerin alınması

Her çalışma koşulunda doğru yakıt miktarını sağlamak için motor kontrol ünitesinin (ECU) çok sayıda giriş sensörünü izlemesi gerekir.

LPG Enjektörleri elektromekanik enjektörler olup mekaniklerin aksine sürekli açılıp kapanarak çalışır ve bobinlerinin dirençlerine göre sınıflandırılırlar. LPG enjektörü açıldığında LPG, gaz basıncı ile nozuldan geçerek emme manifoldundan geçen havanın üzerine püskürtülür. Böylece gaz halindeki yakıt yanma odasına doğru harekete geçer. Enjektörün püskürttüğü gaz miktarı LPG gaz basıncı, nozul iç çapı ve darbe genişliği (enjektörün açık kalma süresi) ile doğru orantılıdır. Ne kadar gaz püskürtüleceği sadece gaz basıncıyla değil aynı zamanda enjektörün açık kalma süresiyle de ilgilidir, bu süreye enjektör darbe genişliği denir. LPG enjektörünün açılıp kapanma süresi milisaniye cinsinden ölçülür. LPG enjektörlerin kapasitesi sürekli açık kaldıkları zamanla belirlenir. Buna %100 darbe genişliği oranı denir. Eğer bir enjektör %100 darbe genişliği oranına sahipse hiç kapanmıyor, sürekli açık kalıyor demektir. Yüksek performans kullanımında enjektörlerin darbe genişliği oranı değerinin tam gaz durumunda %70 ile %90 arasında olması istenir, başka bir deyişle kapasitelerinin %70 ile %90'nı arasında çalışmaları istenir. Böylece enjektörün aşırı ısınıp çalışma karakteristiğinin bozulmasına engel olunmuş olur. Enjektörler içlerinden geçen gaz tarafından soğutulur. Sürekli açık kalan enjektör (%100 duty cycle) aşırı ısınabilir, bunun sonucunda enjektörün çalışma karakteristiği bozulur ve ömrü kısalmır.

Araç elektronik kontrol ünitesi püskürtülecek yakıt miktarı, enjektörlerin enjeksiyon sırasını ve enjeksiyon sıklığını belirlemek için bir çok sensörden bilgi toplar. Bunlar;

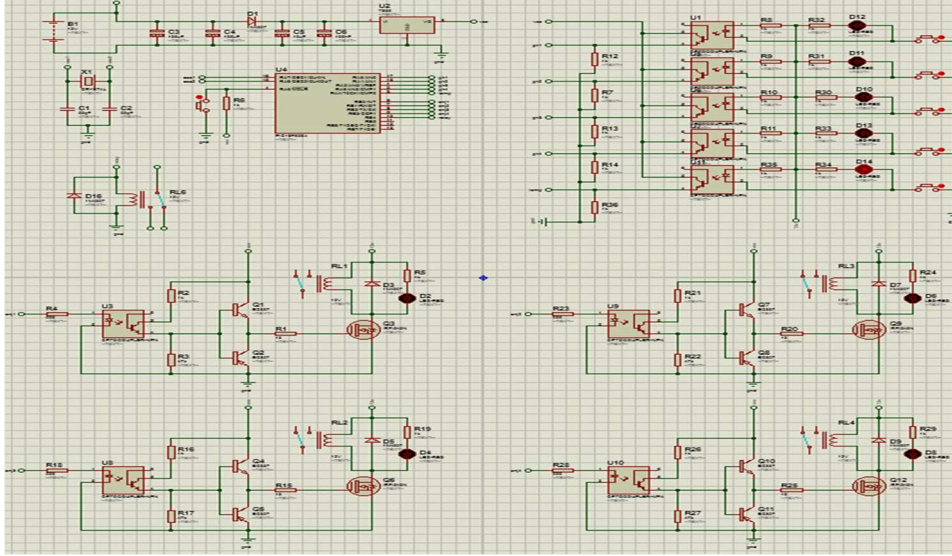
- Motor devri ve araç hız bilgisi
- Gaz kelebeği ve gaz pedalının konumu
- Motora alınan hava kütlesi ve sıcaklığı
- Emme manifold basıncı
- Soğutma suyu sıcaklığı
- Eksantrik mili konum bilgisi
- Akü gerilimi

Benzinli motorlar LPG ile çalıştırıldığında LPG enjektörlerinin görevi yakıtı her bir silindir için uygun miktarlarda emme manifolduna püskürtmektir. Yakıtın basıncı sabit değerde ise püskürtme delik çapı da sabit olduğuna göre püskürtülen yakıt miktarını değiştirecek son durum enjektör iğnesinin açık kaldığı süredir. Buna enjeksiyon süresi denir.

Yapılan incelemelerde kontak anahtarı açıldığında üzerinde (+) ve (-) pinler bulunan enjektörlerin her birine (+) sinyal uygulandığını görülüyor. Bir enjektörün açılarak yakıt püskürtmesi ECU tarafından diğer pinlere (-) yani şase verilmesiyle mümkün olmaktadır. Elektronik kontrol ünitesinin (-) verme süresi kısa veya uzun tutulduğunda enjeksiyon süresi değişmiş olur.

3.2. Tasarlanan Elektronik Kontrol Ünitesi

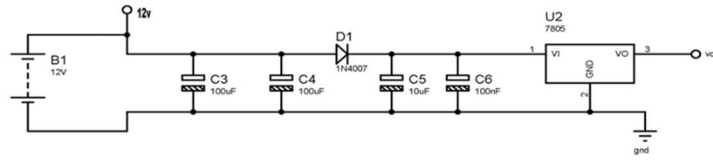
Proteus8.0 adlı program üzerinde tasarlanan devre Şekil 2 de görülmektedir. Devrede kontrol elemanı olarak PIC16F628A mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Devre elemanlarının gürültülü giriş sinyallerinden etkilenmemesi için sinyaller optokuplörlerle yalıtılarak devreye aktarılmıştır. Aynı şekilde çıkış sinyalleri de yalıtılarak enjektörlere uygulanmıştır. Kontrol elemanına yüklenen program MPLABIDE8.89 programında assembly dilinde kodlanarak derlenmiştir.



Şekil 2: Tasarlanan Devre

3.2.1. Besleme Bölümü

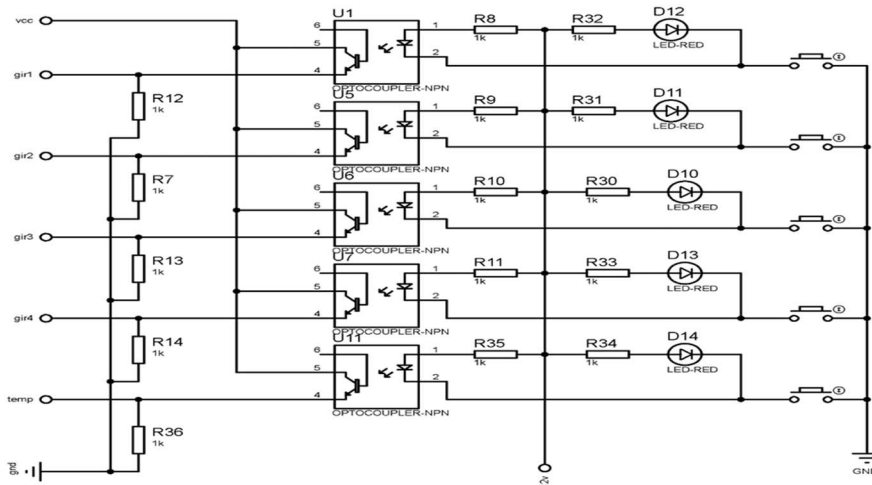
Devre araç aküsünden beslenecektir. Oluşturulan besleme bölümü Şekil 6 da görüldüğü gibi kondansatörlerle filtrelenmiştir. Vcc sabit 5 V devre gerilimi elde etmek için 7805 regüle entegresi kullanılmıştır.



Şekil 3: Besleme Ünitesi

3.2.2. Giriş Bölümü

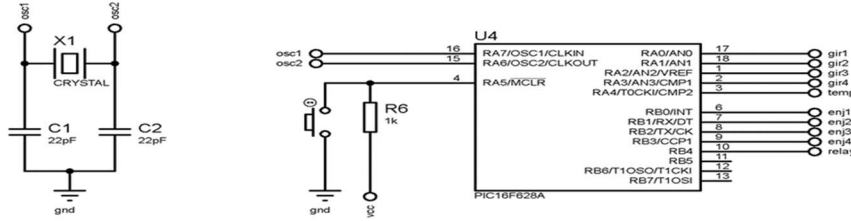
Giriş sinyallerinin oluşturacağı gürültülerden yalıtılmış giriş bölümünde ekonomik olması bakımından 4N25 optokuplörler kullanılmıştır. Ayrıca giriş sinyallerini gözleyebilmek için her girişe bir LED diyot eklenmiştir. Devredeki butonlar tasarım aşamasında test amaçlı eklenmiş olup oluşturulan baskı devrede bulunmamaktadır.



Şekil 4: Giriş Bölümü

3.2.3. Mikrodenetleyici ve Osilatör

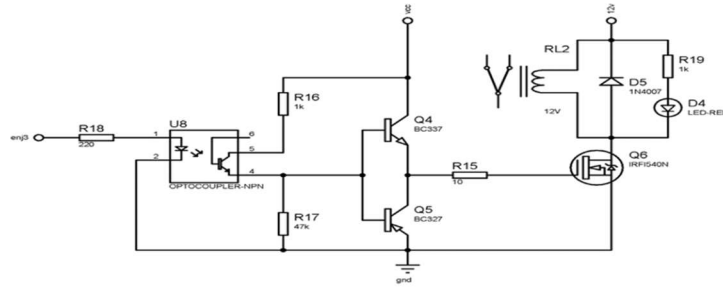
Devre yaygın olarak kullanılan, ekonomik PIC16F628A mikrodenetleyicisi ile kontrol edilmektedir. Osilatör olarak 4 MHz'lik kristal osilatör kullanılmıştır.



Şekil 5: Mikrodenetleyici ve osilatörü

3.2.4. Çıkış Bölümü

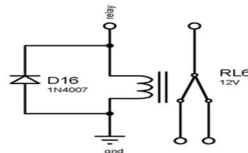
Araç enjektörleri bu bölümde bulunan IRF540 MOSFET'leriyle sürülmektedir. Test aşamasında bu bölümlere röle bağlanarak test edilmiştir. Bu röleler baskı devre sırasında bağlantı elemanlarıyla değiştirilmiştir. Ayrıca çıkışı gözlemlemek amacıyla LED diyotlar her çıkış için eklenmiştir.



Şekil 6: Çıkış Bölümü

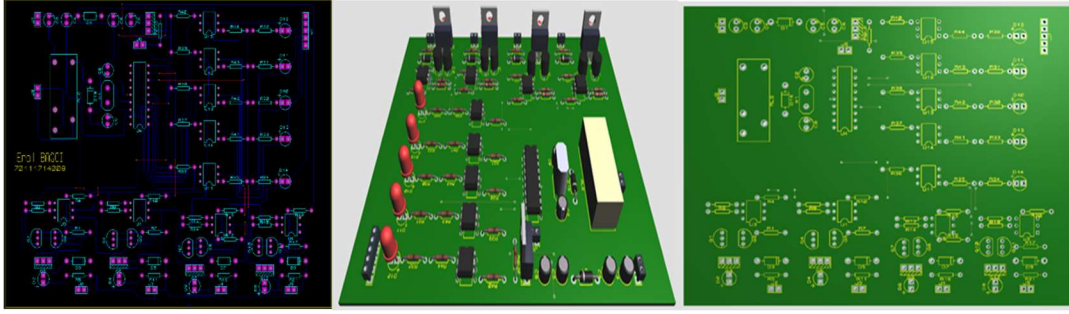
3.2.5. Röle

Devreye bağlanan röle ile benzin enjektörlerinin yakıt püskürtmesinin gecikmeli olarak kesilmesi amaçlanmıştır. Motor yeterli ısıya geldiğinde LPG enjektörlerinin devreye girmesi, yeterli süre sonunda ise benzin enjektörlerinin devreden çıkması bu röle vasıtasıyla gerçekleşmektedir.



Şekil 7: Röle Bağlantısı

ARES baskı devre çizimi programına tasarlanan devre aktarılmıştır. Baskı devre son görünümü Şekil 8 de gösterilmiştir.



Şekil 8: Kart Üzerine Elemanların Yerleşimi

4.Sonuç Ve Öneriler

Çalışma sonucunda motorun ihtiyacı olan LPG miktarını ayarlamak üzere araç elektronik kontrol ünitesinden aldığı benzin enjeksiyon sinyalini kullanarak LPG enjektörlerini sürebilen elektronik kontrol ünitesi tasarlanmıştır. Tasarlan LPG enjeksiyon sistemi kontrol kartı LPG enjektörlerine tatbik edilerek trafiğe kapalı yol koşullarında test edilmiştir. Osiloskop kontrolleriyle enjektörleri almış olduğu referans sinyallere uygun olarak kontrol ettiğini gerekli olan püskürtme sayısını ve püskürtme süresini sağladığı gözlemlenmiştir. Araçlarda benzin enjeksiyonu için çok sayıda sensörün bilgilerinin işlenmesi gerekmektedir. LPG enjeksiyonu içinde aynı sensörlerden veri alınıp işlenmesi gereklidir. Bu pahalı ve zor bir iş olacağı için alternatif yakıt olarak kullanılacak LPG enjeksiyonu için araç ECU'sunun bu sensörlerden verileri alarak oluşturmuş olduğu hazır enjeksiyon sinyalini kullanmak daha kararlı ve verimli olacaktır. Bu tasarımda da onlarca sensörün verisini değerlendirmek yerine araç ECU'su tarafından bu sensör verileri kullanılarak önceden üretilmiş olan enjeksiyon sinyalinden faydalanılmıştır. Sistem yol testi ve rölanti testleri ile test edilmiştir. Yük ve motor devri değişimlerinde enjeksiyon sıklığı ve süresi değiştiği gözlemlenmiş tasarlanan ECU'nun bu değişimlere uygun enjeksiyon sinyali ürettiği gözlemlenmiştir. Tasarlanan ECU'nün çalışmasıyla kompleks LPG sistemlerinin yerine çok daha ekonomik bir kontrol kartının çalışabileceği ispatlanmıştır.

Referanslar

- [1] Aydın M., Tek Silindirli Bir Dizel Motor İçin Elektronik Kontrollü Yakıt Püskürtme Sisteminin Geliştirilmesi Ve Performansının Ölçülmesi, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2018.
- [2] Erkuş B., Otto motorlarının farklı yakıt tiplerinde optimum performanslarının araştırılması, Doktora Tezi, Bursa, 2011.
- [3] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf, 2012.
- [4] <https://www.pinterest.com/pin/629237379157052158/>, 2019.

REALIZATION OF ARDUINO UNO APPLICATION SET FOR MICROCONTROLLER COURSE

Emre ÖZDEMİRÇİ 1*

¹Cankiri Universtiy, Vocational School

Abstract: Advances in technology, have made microcontroller education compulsory and common use of automation systems in Vocational high schools, Vocational schools and universities. In microcontroller training, Arm, Atmega, Arduino, IoIo, Rasperry Pi etc. microcontroller and development boards are available. Arduino Uno development board is preferred in education with its open source code and rich application. In this study, an application set is designed to cover all applications that can be done in one academic year. In this way, it has been made possible to realize the applications as single or multiple. The design, production, use and repair of the application set are included in the relevant courses theoretically and practically. The participation of students in the education process has been ensured. It was observed that the students participating in the study were effective in creating result-oriented thinking, group work, basic circuit structures and algorithms.

Keywords: Mikrocontroller training, Arduino Uno, Application set

MİKRODENETLEYİCİ DERSİ İÇİN ARDUINO UNO UYGULAMA SETİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Özet: Teknolojideki ilerlemeler, otomasyon sistemlerinin yaygın olarak kullanılmasını ve Meslek liseleri, Meslek yüksekokulları ve Üniversitelerde mikrodnetleyici eğitimini zorunlu hale getirmiştir. Mikrodnetleyici eğitiminde Arm, Atmega, Arduino, IoIo, Rasperry Pi v.b. mikrodnetleyici ve geliştirme kartları bulunmaktadır. Arduino Uno geliştirme kartı, açık kaynak kodlu olması ve uygulama zenginliği ile eğitimde tercih edilmektedir. Bu çalışmada, bir eğitim yılı içerisinde yapılabilecek bütün uygulamaları kapsayacak bir uygulama seti tasarlanmıştır. Böylelikle, uygulamaların tekli veya çoklu olarak gerçekleştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Uygulama setinin tasarımı, üretilmesi, kullanımı ve onarımı, ilgili derslerin bünyesine teorik ve pratik olarak dâhil edilmiştir. Öğrencilerin eğitim sürecine katılımı sağlanmıştır. Çalışmaya katılan öğrencilerin, sonuç odaklı düşünme, grup çalışması, temel devre yapıları ve algoritma oluşturmada etkin oldukları gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikrodnetleyici eğitimi, Arduino Uno, Uygulama seti

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

Emre Ozdemirci, 'Realization of Arduino Uno Application Set For Microcontroller Course', Elec Lett Sci Eng , vol. 16(1) , (2020), 9-16

1. Giriş

Elektronik ve haberleşme teknolojisi alanında son yıllarda meydana gelen hızlı gelişmeler analog sistemlere göre yüksek doğruluk ve hızda işlem yapan mikrodnetleyicilerin (μD) çok değişik alanlarda kullanılmasına olanak sağlamıştır (Özcan & Günay, 2009: 307). Ayrıca otomasyon teknolojilerinde de sıklıkla mikrodnetleyiciler kullanılmaktadır.

Üniversite, Meslek Yüksekokulları ve Meslek liselerinin ilgili bölümlerinin mezunlarının mikrodnetleyici/ mikroişlemci tasarımı ile ilgili giriş derslerini alması şarttır (Bachnak, 2005: 207-213). Mezunların eğitimi boyunca en azından dijital giriş çıkış, analog dijital dönüştürücü, LED uygulamaları, 7 segment display, LCD, çeşitli sensör uygulamaları, PWM üretimi, keypad ve motor sürme gibi temel uygulamaları yapabilme yeteneğine sahip olmaları beklenmektedir (Chaya, 2002: 7).

* Corresponding author; Tel.: +90 544 660 75 40, emreozdemirci@karatekin.edu.tr

Bu çalışmada, mikrodenetleyici ve geliştirme kartlarının eğitiminde öğrencilerin daha etkili olmaları ve uygulamaları kolay bir şekilde gerçekleştirmeleri amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen uygulama seti ile eğitimin kolaylaştırılması ve yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Çalışma süresince, derste öğretilen teorik bilgiyi destekleyecek yapıda, programlama ve sistem analizi eğitimi de verilmektedir. Bu hedeflere ulaştıracak uygulama seti; derste öğretilen teorik bilgiyi destekleyecek deneylerin yapılmasına olanak tanıyan, devre elemanları güncel, uygun maliyetli ve kolaylıkla elde edilebilir, kullanımı basit, öğrenci gözetimsiz çalıştığında zarar verecek parça içermeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca kullanımı sırasında gereksinim duyduğu cihazlar laboratuvarında bulunan standart cihazlar olmalıdır (Engin & Engin, 2007: 35-44).

Bu çalışmada, eğitim öğretim müfredatı kapsamında, mikrodenetleyici eğitimi süresince öğrencilerin gerçekleştirecekleri uygulamalar, Arduino UNO geliştirme kartı temel alınarak belirlenmiştir. Arduino ailesinin seçilmesinde, açık kaynak kodlu olması ve donanım gereksinimlerine kolay ulaşılması etken olmuştur. Seçilen uygulama devreleri, tek bir kart üzerinde kullanıma hazır olarak tasarlanmıştır. Kart tasarımı sayesinde, uygulama esnasında donanımsal ön hazırlık süreci gerekmemektedir. Eğitim amaçlı uygulama seti çalışmalarında, kullanıcı tek bir uygulama veya çoklu yapıda değişik uygulamalar gerçekleştirebilmektedir.

2. Uygulama Setinin Gerçekleştirilmesi

Eğitim amaçlı uygulama setinin tasarım aşamasında, öncelikle bu alanda gerçekleştirilen Arduino UNO tabanlı diğer çalışmalar incelenmiştir. Ticari olarak satışı yapılan setlerin, eğitimden ziyade hobi maksatlı olduğu tespit edilmiştir. Eğitim maksatlı olarak gerçekleştirilen setlerin ise bir takım eksiklikleri olduğu veya yüksek maliyetli oldukları belirlenmiştir. Arduino Uno Uygulama setinin gerçekleştirilmesi başlıklı çalışmada belirtilen uygulama setinin modüler yapıda olması, uygulama çeşitliliğini kısıtlamaktadır (Özdemirci & Ersin, 2017:). Bir diğer çalışma olan Mikrodenetleyici ve Robotik dersleri için eğitim setinin gerçekleştirilmesi başlıklı çalışmada bu eksiklik giderilmiştir. Ancak, eğitim öğretim dönemi içerisinde ihtiyaç duyulan uygulama çeşitliliği azaltılmış ve eğitim setine ait besleme girişinde kullanılan elemanlar, özellikle motor vb. akım çekebilecek uygulamalar için yeterli seviyede görülmemiştir (Özdemirci & Ersin, 2018: 2830-2831).

Bu çalışmada, bahsi geçen eksikliklerin giderildiği, eğitimin gerçekleştirilmesi ve özgün çalışmalara da olanak sağlayabilecek uygulama çeşitliliğine sahip bir uygulama seti tasarlanarak, analog giriş çıkış, dijital giriş çıkış, PWM (Pulse Width Modulation), ADC (Analog Digital Converter), seri haberleşme ve kesme özelliklerini kapsayan uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir.

Gerçekleştirilen uygulama setinin bünyesinde bulunan,

- LED- Buton uygulama,
- Potansiyometre analog giriş uygulama,
- LCD Display uygulama,
- DC, Servo ve Step Motor uygulama,
- LM 35 Analog sıcaklık sensörü uygulama,
- Ultrasonik (US) mesafe sensörü uygulama,
- DHT-11 Dijital Sıcaklık Nem sensörü uygulama,
- RTC (Real-Time Clock) uygulama,

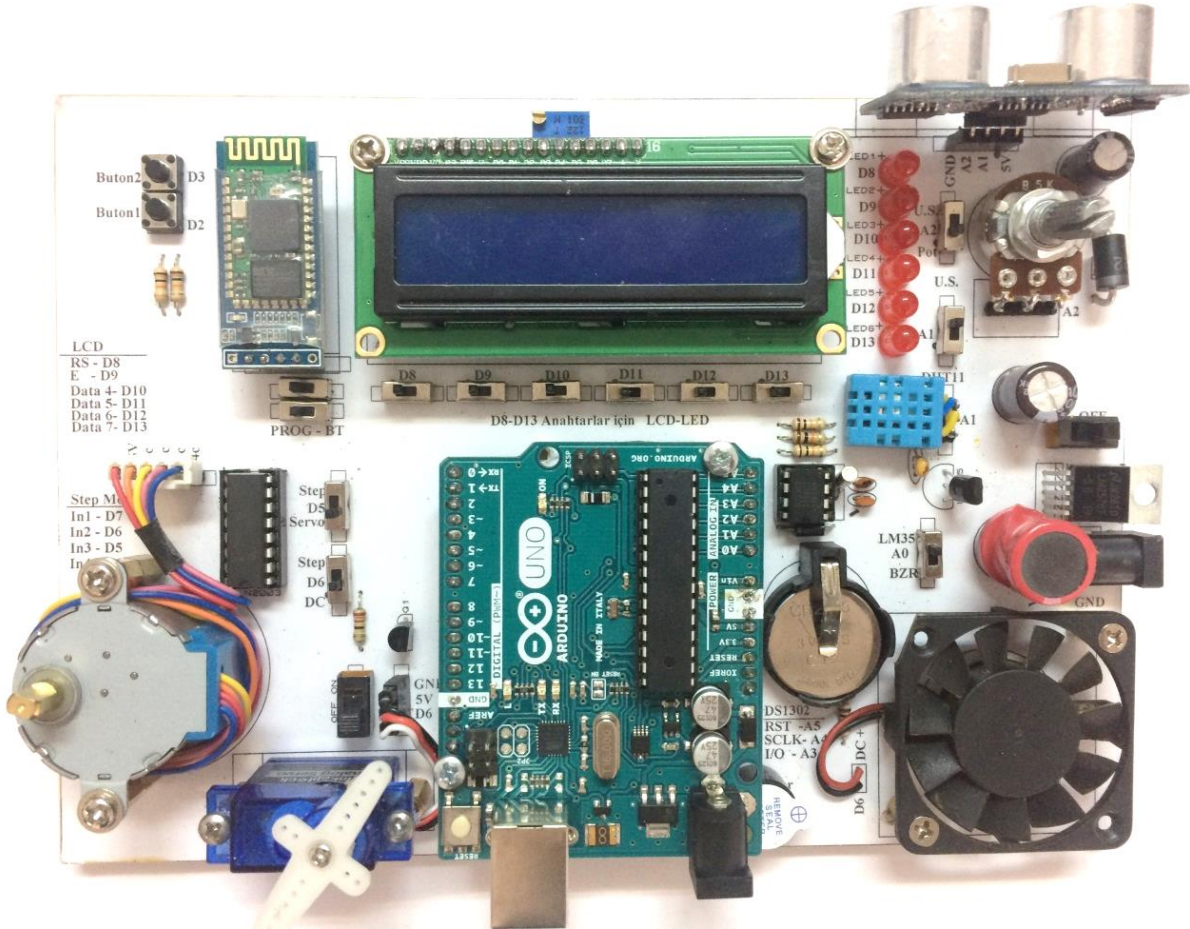
• USB ve Bluetooth (BT) seri haberleşme uygulamaları ile bahsi geçen eğitim çalışmalarına olanak sağlanmaktadır.

Uygulamaların seçim işlemi, Mikrodenetleyici dersi müfredatı kapsamında yapılan çalışmalar ile örtüşecek şekilde belirlenmiştir. Bu sayede öğrencilerin tasarım ve imalat sürecinde faaliyet gösterdikleri uygulama setinin kullanılmasında da faal olmaları sağlanmıştır.

Uygulama setinin gerçekleştirilme sürecinde öğrencilere, her bir uygulama devresi ayrı olarak tasarlatılmıştır. Bu işlem ile öğrenciler Bilgisayar Destekli Tasarım dersi bünyesinde açık şema ve simülasyon işlemlerini gerçekleştirmiştir. Uygulama birimlerinin tamamlanması ile tüm uygulamalar tek bir açık şema altında toparlanmıştır. Katılım sağlayan öğrencilerden ayrı ayrı baskı devre çizimi yapması istenmiştir. Devrenin son halinin çizim işlemi ise grup çalışması olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama seti devresinin tasarlanması ve şematik çizim işlemleri Proteus Isis programı, baskı devre çizimleri (PCB Layout) için Proteus Ares çizim programı kullanılmıştır.

Uygulama setinin tasarım işlemi sonucunda elde edilen çizim dosyaları kullanılarak, Mesleki El Becerileri ve İş Güvenliği dersi bünyesinde öğrencilere imal ettirilmiştir. Böylelikle katılım sağlayan öğrencilerin aktif şekilde sürece dâhil olmaları sağlanmıştır.

Arduino Uno geliştirme kartı üzerinde yer alan Atmega 328P mikrodenetleyicisi 5V gerilimle çalışmaktadır. Bu sebeple uygulama devrelerine ait tasarımlarda bütün ekipmanlar 5V DC gerilim ile çalışacak şekilde seçilmiştir. Devre kartının besleme kısmında yeterli akımı sağlaması açısından LM2576-5 regülatör devresi kullanılmıştır. Devre tasarımı esnasında, ihtiyaç duyulan uygulamaların tek kart üzerinde toplanması, mevcut pin sayısının yeterli gelmemesi sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum karşısında, aynı anda kullanılması ihtimali düşük olan uygulamaların, bir anahtarın (switch) komitatör olarak kullanılması ile aynı pin'e yönlendirilmesi çözüm olarak ön görülmüştür.



Şekil 1: Arduino Uno Uygulama Setinin üstten görünüşü

Gerçekleştirilen uygulamaların eğitim dönemi içerisindeki kullanım konuları ve öğrenme amaçları tablo 1’de gruplandırılarak belirtilmiştir.

Tablo 1. Uygulamalar ve kullanım amaçları

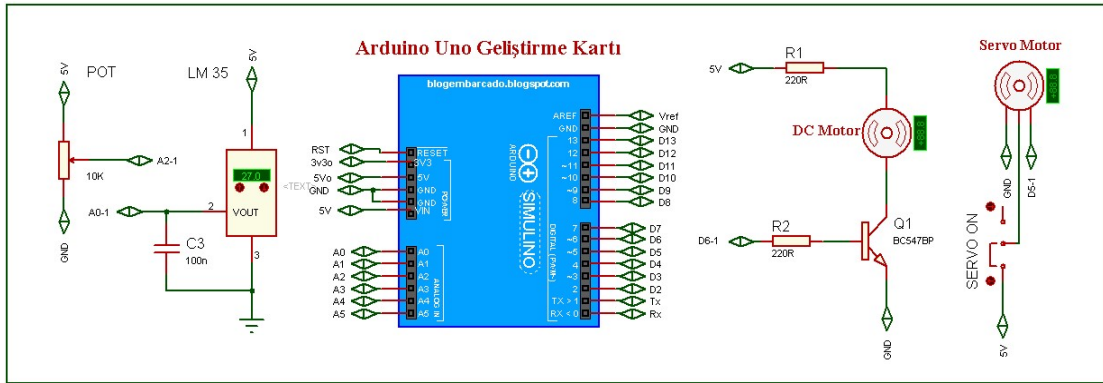
Uygulama Adı	Konu Adı
Buton, DHT-11 , US Mesafe Sen., RTC	Dijital Giriş
Potansiyometre, LM-35	Analog Giriş
LCD Display, LED, Step Motor	Dijital Çıkış
DC Motor, Servo Motor	Analog Çıkış
USB, BT, US Mesafe Sen., RTC	Dijital Giriş / Çıkış

Uygulama seti üzerinde uygulamaların gerçekleştirilmesi için gerekli kodlama işlemi Arduino IDE arayüz programı ile gerçekleştirilmiştir.

3. Gruplandırılmış Uygulamalar

3.1. Analog Giriş / Çıkış Uygulamaları

Arduino UNO geliştirme kartında bulunan mikrodenetleyici, 10-bit çözünürlüğe sahip ADC mevcuttur. 10-bit ADC, 0V ile 5V arası gerilimleri 1/1024 adım aralığı ile 976,56µV hassasiyet ile okuyabilir.



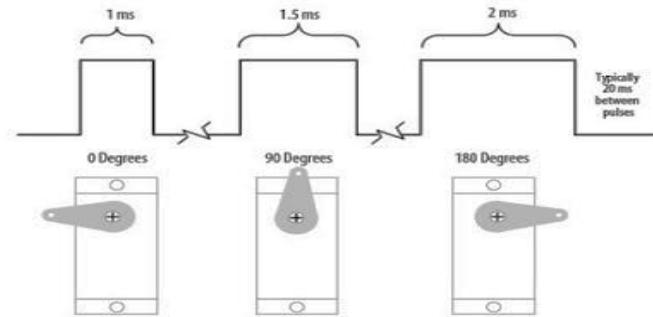
Şekil 2: Analog input uygulamaları devre şeması

Devreye bağlanan potansiyometre ile mikrodenetleyici girişinde bir gerilim bölücü devresi oluşturulmuştur. Böylelikle potansiyometrenin direnç değeri değişikçe, ADC girişine uygulanan gerilim seviyesi de 0V ile 5V DC arasında değişmektedir. Mikrodenetleyici girişinde değişen bu gerilim değerini okuyarak kullanıcı diğer uygulamalara ait ekipmanın kontrolünü sağlamaktadır.

Diğer bir analog giriş uygulaması olan LM-35 sıcaklık sensörü, hassas sıcaklık ölçümü yapan analog çıkışlı bir sıcaklık sensörüdür. LM-35 sensörü, ortam sıcaklığına bağlı olarak 0V ile 5V DC arası bir çıkış gerilimi sağlamaktadır. Bu değer ADC pinlerinden algılanarak mikrodenetleyici tarafından işlenebilmektedir. Sensör, ortamdaki 1°C sıcaklık farkına karşılık, 10mV gerilim farkı oluşturmaktadır. Gerekli kodlama sayesinde kullanıcı, ortam sıcaklığını okuyabilir veya sıcaklığa bağlı olarak diğer ekipmanları kullanabilmektedir.

Analog çıkış uygulaması için devre kartında DC ve Servo motor kullanılmıştır. DC motor hız kontrol işlemi için mikrodenetleyicinin PWM özelliğine sahip çıkış pini ile transistör devresi ilave edilmiştir. Bu sayede çıkıştaki PWM seviyesine bağlı olarak transistörün çalışma noktası aktif çalışma bölgesi içerisinde yer değiştirmekte, transistörün çıkışında, motor üzerinden geçen gerilim seviyesini kontrol etmektedir. Gerilim seviyesine bağlı olarak DC motorun dönüş hızı değişim göstermektedir. Geliştirilen uygulama seti üzerinde bulunan sensör veya potansiyometreler kullanılarak bu seviye ayarlanabilmektedir.

Devre tasarımında, analog çıkış uygulaması olarak DC motor ve Servo motor uygulamaları yer almaktadır. DC motor ile hız, Servo motor ile konum kontrolü Arduino Uno geliştirme kartının PWM çıkışları kullanılarak bu işlem gerçekleştirilmektedir. Servo motorlar, konumlandırma işlemi için transistör devresine ihtiyaç duymamaktadır. Sahip oldukları Data ucundan aldıkları PWM bilgisine göre konumlanmaktadır. PWM sinyalinin darbe genişliğine bağlı olarak servo motorun aldığı açısal konum örnekleri Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. PWM darbe genişliğine göre Servo motor konumları

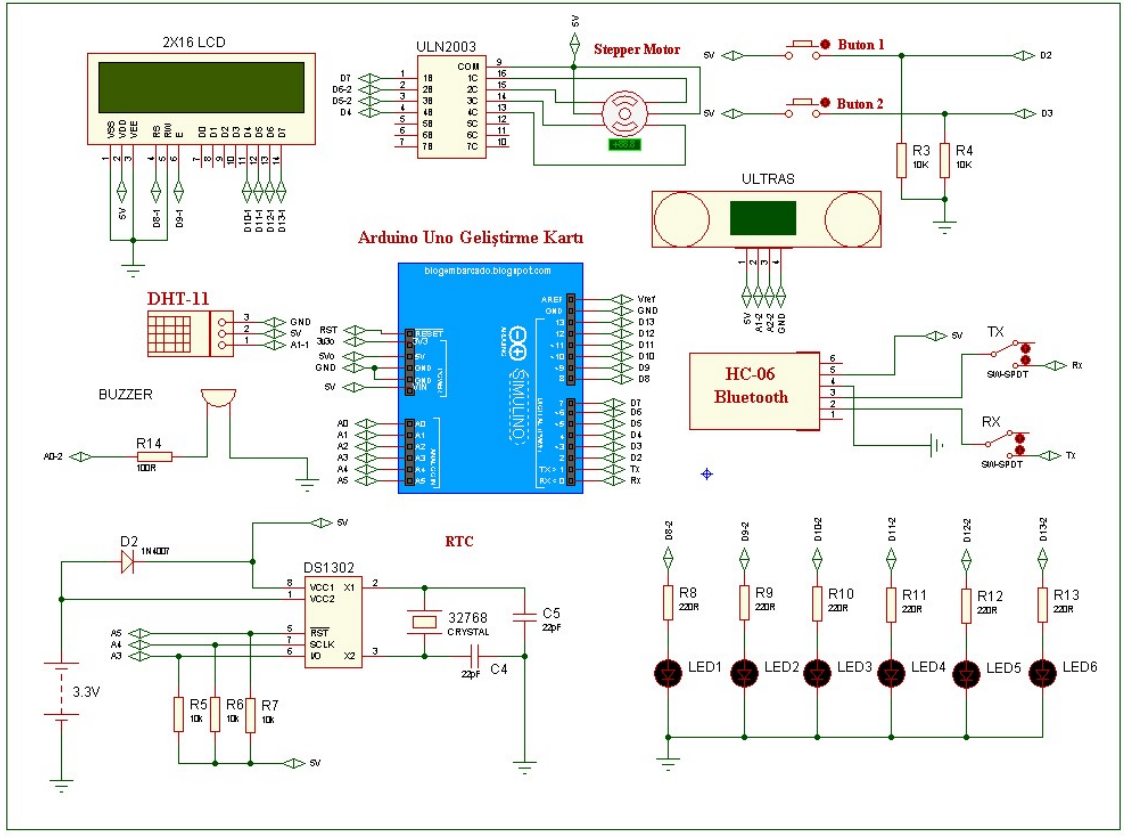
3.2. Dijital Giriş / Çıkış Uygulamaları

Arduino Uno geliştirme kartı üzerinde bulunan dijital pinleri giriş veya çıkış olarak kullanabilmekteyiz. Uygulama seti kapsamında dijital giriş / çıkış eğitimi için seçilen uygulamaların açık şeması Şekil 4'de görülmektedir. Bunların içinde temel olan Buton uygulamasıdır. Devre kartı üzerinde iki adet buton bulunmaktadır. Butonlara basıldığında ilgili pinlere 5V DC gerilim uygulanmaktadır. Bırakıldığında ise 0V DC seviyesine dönmektedir. Olası gerilim yüklemesi sonucu oluşabilecek hataların önüne geçebilmek için butonların data hattı ile GND (Ground) hattı arasına 10KΩ değerinde direnç yerleştirilmiştir.

Dijital çıkış uygulamaları arasında en yaygın ve temelini oluşturan çalışma LED devresidir. Dijital çıkış pinlerine bağlanmış LED'lerin yönlerine göre, çıkışların 1 veya 0 olma durumuna bağlı aktif olurlar. Devre üzerinde aşırı akım çekerek arızalanmalarını önlemek için 220Ω değerinde dirençler seri bağlanmıştır. Uygulama seti tasarımına bakıldığında çıkış pinlerinin 1 konumuna getirilmesi (çıkış 5V seviyesi) LED'leri aktif etmeye yetecektir. Programlama ile bu işlemi gerçekleştirebilen kullanıcı (öğrenci) mikrodenetleyiciye ait dijital çıkışları kontrol edebilmektedir.

LED uygulaması ile benzerlik gösteren bir diğer uygulama da Buzzer devresidir. Bu uygulama ile kullanıcı çalışmalarında istediği koşullarda sesli ikaz verebilmektedir. Buzzer'ın çalışması için mikrodenetleyicinin dijital çıkış ucu, LED uygulamasında olduğu gibi 1 (5V DC)

konumuna getirilir. Buzzer uygulamalarında PWM kullanılarak değişik ses seviyeleri elde edilebilmektedir. Gerçekleştirilen devrede bu fonksiyon kullanılmamıştır.



Şekil 4: Dijital giriş / çıkış uygulamaları devre şematığı

Uygulama setinin bir diğer dijital çıkış uygulaması ise LCD devresidir. Bu uygulama aynı zamanda görüntüleme fonksiyonunu için kullanılmaktadır. Çalışmalar kapsamında yazı veya sıcaklık, nem veya mesafe ölçüm değerlerinin görüntülenmesi LCD devresi ile gerçekleştirilmektedir. Kullanılan LCD modülünün arka plan ışık seviyesinin ayarı için potansiyometre kullanılmıştır.

Devrede yer alan DHT11 sensörü, sıcaklık ve nem ölçümü için kullanılan ve dijital olarak haberleşen bir sensördür. DHT11, 0-50 °C sıcaklık ölçüm aralığı, ± 2 °C sıcaklık ölçüm hassasiyeti, %20-%90 nem ölçüm aralığı ve ± 5 nem ölçüm hassasiyeti ile basit uygulamalarda tercih edilmektedir. DHT11'in kullanılması için üretici firma kütüphanesinin programlamadan önce veri tabanına eklenmesi gerekmektedir.

Gerçekleştirilen uygulama setinin diğer bir dijital giriş çıkış özelliği taşıyan sensörü, 2cm – 400cm arası uzaklıkları düzgün bir şekilde ölçmemize olanak sağlayan HC-SR04 US mesafe sensörüdür. Sensörün Trig pininden uygulanan sinyal 40 kHz frekansında ultrasonik bir ses yayılmasını sağlar. Bu ses dalgası herhangi bir cisme çarpıp sensöre geri döndüğünde, Echo pini aktif hale gelir. Bu iki sinyal arasındaki süre, cismin sensörden uzaklığını tespit edilmesine olanak sağlar.

32.768 kHz kristal ile saatlendirilmiş, Maxim DS1302, piyasada bulunan popüler I2C 8-pinli RTC çiplerinden biridir. Otomatik Güç-Arızası Tespit ve Şalter Devresi ile donatılmış olan

Maxim DS1302, ana güç kaynağı kaybolmuş olsa da ve 3 volt lityum yedek bataryada (48mAh veya daha büyük) 500nA'dan az tüketildiği için doğru çalışmaya devam edecektir. DS-1302 RTC devresi sayesinde μ D ile saat ve takvim uygulamaları gerçekleştirilebilir veya çalışmalar gerçek saat diliminde kontrol edilebilir.

Uygulama seti tasarımında yer alan diğer bir uygulama devresi de Step motor uygulamasıdır. Bu motorlar, adından da anlaşılacağı üzere adım adım hareket etmektedir. Motorun sargılarından birinin enerjilendirilmesi ile sadece 1 adım hareket elde edilir. Motor adımlarının kaç derecelik olacağı motorun tasarımına bağlıdır. Step motorların çalışma yönü ve hızını kontrol etmek için sargılarına belli bir sırada darbe uygulanmalıdır. Bu darbelerle göre step motor istenilen sayıda adım atmaktadır. Günümüzde bu işlemi yapan hazır devreler (sürücü devreler) bulunmaktadır. Sürücü devreleri ile aynı zamanda motorun torkunu da belirlemiş olursunuz. Bu çalışmada, sürücü devresi olarak ULN2003AN devresi kullanılmıştır.

Uygulama seti içindeki son uygulamamız, Android cihazlar veya başka modüller ile kablosuz seri haberleşmeye olanak sağlayan HC-06 bluetooth kartıdır. Modül aktif edildiğinde, diğer cihazlar ile eşleştirilmesi gerekmektedir. Modüle bağlanmadan önce üzerindeki LED hızlı bir şekilde yanıp söner, bağlantı eşleştirme işleminin ardından BT modül üzerinde bulunan LED sabit olarak yanmaya başlar. Bu durum modülün hazır olduğu anlamına gelir. Cihaz eşleştirme ve modüle bağlanma tamamlandıktan sonra yazdığınız kodlara göre veri gönderilmekte veya alınabilmektedir. BT modülünün bağlanmasında dikkat edilmesi gereken yegane nokta, Rx ve Tx pinlerinin çapraz bağlanmasıdır.

4. Sonuç

Gerçekleştirilen uygulama seti ile Mikrodenetleyici ve Robotik derslerinin uygulama çalışmalarında donanımsal hazırlığı ile zaman kazandıran, portatif olması ile taşıma ve saklama, yapısal sadeliği ile kullanım kolaylığı sağlayan ve uygulama çeşitliliği ile çok yönlülük gösteren bir öğretim materyali elde edilmiştir. Öncesinde geliştirilmiş benzer kartların barındırdığı eksiklikler giderilmiştir.

Bu çalışma ile programlama dersleri için temel eğitim niteliği taşıyan uygulamalar gerçekleştirilerek veri algılama, haberleşme, kontrol ve algoritma geliştirme uygulamaları yapılabilmektedir.

Uygulama setinin gerçekleştirilmesinde, Elektronik Teknolojileri bölüm öğrencilerine görev verilmiştir. Görev alan öğrencilerin, sadece programlama dersinde değil, aynı zamanda Devre Analizi, Sistem Analizi ve Tasarımı, Bilgisayar Destekli Devre Tasarımı ve Mesleki El Becerileri derslerinde de fark edilebilir seviyede geri dönüş verdikleri tespit edilmiştir.

Kaynaklar

[1] Özcan M., Günay H. (2009). Mikrodenetleyici Geliştirme Seti Tasarım ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi ISSN 1302/6178 Journal of Technical-Online Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu 8(3), 307.

[2] Bachnak R. (2005). Teaching microcontrollers with hands-on hardware experiments., Journal of Computing Sciences in Colleges archive 20(4), 207 – 213.

[3] Chaya H. (2002, June). An embedded systems course using the PIC microcontroller. Proc. of the 2002 ASEE Annual Conference, 7.

[4] Engin M., & Engin D. (2007). Mikroşlemciler Dersi Laboratuvarı için yeni Deney Seti Tasarımı, C B Ü Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 2(8), 35-44.

[5] Özdemirci, E, Ersin, Ç, Canal, M . "Arduino Uno Uygulama Setinin Gerçekleştirilmesi". Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 8 (2017): 127-133.

[6] Özdemirci E., Ersin Ç., Implementation of Training Set for Microcontroller and Robotics Courses in Vocational and Technical Education, 27th International Conference on Educational, 2018 April, 2830-2831.

[7] Khan R. S., Kabir A., Hossain D. A., (2012, March). Designing Smart Multipurpose Digital Clock using Real Time Clock (RTC) and PIC Microcontroller International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 41(9), 39-42

The Importance of Cannabis and Its Use in Bakery Products

Fatma HAYIT^{1*}, Hülya GÜL²

¹Department of Food Technology, Bozok University, Yozgat, Turkey

²Engineering Faculty, Food Engineering Department, Süleyman Demirel University, Isparta, Turkey

Abstract: In this study, the relation of cannabis with food and health was examined, and the physical, chemical, textural and sensory effects on the products were examined with the use of this product in the production of different bakery products such as bread, gluten-free bread, and pasta. With its natural ingredients, cannabis has significant positive effects on health. The antioxidant and antimicrobial properties it contains have caused cannabis to be valued as functional food. The addition of cannabis flour to bakery products increases the protein content of the final product, total phenolic substance, dietary fiber, free amino acid content, protein digestibility of the products and reduces the glycemic index. Besides these positive features, in spite of its negative effects on dough rheology and bread characteristics, cannabis flour has been determined to be a valuable resource in bread production with its fiber, mineral substance and total unsaturated fatty acids content.

Keywords: Cannabis, bakery product, bread

Kenevirin Önemi ve Unlu Mamullerde Kullanımı

Özet: Bu çalışmada kenevirin gıda ve sağlıkla olan ilgisi incelenmiş, ekmeğe, glutensiz ekmeğe, makarna gibi farklı unlu mamullerin üretiminde bu ürünün kullanımı ile ürünler üzerindeki fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuusal etkiler incelenmiştir. Kenevir doğal olarak sahip olduğu bileşenleri ile sağlık üzerinde önemli derecede olumlu etkiler göstermektedir. İçerdiği antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri kenevirin fonksiyonel gıda olarak değer görmesine sebep olmuştur. Kenevir unu ilave edilen unlu mamül ürünlerinde son ürünün protein miktarını, toplam fenolik madde, diyet lif, serbest aminoasit içeriğini, ürünlerin protein sindirilebilirliğini arttırmakta ve glisemik indeksi azaltmaktadır. Bu olumlu özellikleri yanında hamur reolojisi ve ekmeğe özellikleri üzerindeki olumsuz etkilerine rağmen yağ alınmış kenevir unu besin bileşenleri bakımından, esas olarak lif, mineral madde ve toplam doymamış yağ asitleri içeriği ile ekmeğe üretiminde kullanılabilir değerli bir kaynak olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kenevir, unlu mamul, ekmeğe

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

Fatma HAYIT, Hülya GÜL, 'The Importance of Cannabis and Its Use in Bakery Products', Elec Lett Sci Eng, vol. 16(1), (2020), 17-25

1. GİRİŞ

Kenevir Cannabaceae familyasına ait tek yıllık otsu [1] ve dünya çapında lif, ilaç ile zehirli madde kaynağı olarak yetiştirilen bir bitkidir. Lif (gıda) tipi ve ilaç tipi olarak iki ana cins ayrılır [2]. Bu cinsler *Cannabis sativa* ve *Cannabis indica* dır. Lif üretimi için kullanılan ve endüstriyel öneme sahip olan cins *Cannabis sativa* dır. Diğer cinsin narkotik özellikleri olduğu için üretimi bazı bölgelerde yasaklanmıştır [3]. Kenevir, tarih boyunca oldukça önemli bir ham madde olarak ekilip işlenmiştir [4]. En son verilere göre; kenevir tohumu ekim alanı ve üretim miktarı sırasıyla dünya genelinde 32140 hektar alanda 42883 ton, Türkiye'de ise 6 hektarlık alanda 3 tondur [5]. Kenevir tohumları (*Cannabis sativa* L.) Çin ve Avrupa kültürlerinde binlerce yıldır önemli bir besin kaynağı olmuştur, ancak günümüzde, üstün besin içeriği ve sağlık üzerindeki yararlı etkilerinin klinik çalışmalar ile ortaya konulması ile birlikte kenevir tohumlarına olan farkındalık artış göstermeye başlamıştır [6]. Bu çalışmada kenevirin kullanım alanları, besin içeriği ve unlu mamullerde kullanım alanı incelenmiştir. Kullanımında karşılaşılan olumlu ve olumsuz yönlerden bahsedilmiştir.

* Corresponding author; fatma.hayit@bozok.edu.tr

1.1. Kenevirin Kullanım Alanları

Kenevir bitkisinin kökleri, binlerce yıla uzanan uzun bir tıbbi kullanım geçmişine sahiptir. Bununla birlikte, bitkinin köklerinin terapötik potansiyeli modern zamanlarda büyük ölçüde göz ardı edilmiştir [7]. Kenevir tohumlarının ve filizlerinin antioksidan etkisi [8] ve antimikrobiyal potansiyeli yüksektir [9]. Bu bileşenlerin insan hücreleri üzerinde olumlu etkileri olduğu için tedavilerde bazı bulaşıcı hastalıklara karşı yoğun antibiyotik kullanımını önlemek için [9] ve beraberinde fonksiyonel gıda olarak [8] değerlendirilmesi gerekmektedir. Aiello vd., [10] tarafından yapılan çalışmada kenevir tohumunun protein analizi karakterize edilmiştir. Çalışma sonucunda kenevir tohumunun 181 tane protein içeriği ile protein açısından zengin bir tohum olduğu, normal gıdalara ve potansiyel olarak fonksiyonel olanlara dahil edilmesinin gerektiği bildirilmiştir. Girgih vd., [11] tarafından yapılan in vitro ve in vivo çalışmada, kenevir tohumu peptitlerinin antioksidan ve antihipertansif ajanlar olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Zhou vd., [12] tarafından yapılan çalışmada kenevir tohumunun nörodejeneratif hastalıklara karşı da önemli bir bileşen olduğu belirtilmiştir. Kenevirin diğer önemli bileşenleri ise kannabinoidler, terpenoidler, lipitler ve flavonoidler olarak belirlenmiştir [13]. Glivar vd., [14] tarafından yapılan çalışmada kenevir çeşitlerinde (15 adet) kannabinoid miktarı incelenmiştir. Çalışma sonucunda çeşidin ve çevre koşullarının içerik üzerinde önemli olduğu bildirilmiştir. Kenevir bünyesinde bulunan kannabinoidlerin kozmetik ve eczacılık için önemli bir bileşen olduğu düşünülmektedir [15]. Kenevir tohumları ilaç ve gıda olarak birbirinden psikoaktif ilaç olan delta9-tetrahidrokanabinol (THC) varlığıyla ayrılmaktadır [2]. Bu tohumlarının endüstriyel ve besinsel amaçlarla kullanılabilmesi için bileşiminde bulunan bir kannabinoid çeşidi olan delta9-tetrahidrokannabinol (uyuşturucu, toksik bileşen) bileşeninin maksimum bulunma miktarı ile ilgili olarak bazı ülkelerde yasal sınırlama getirilmiştir. Bu yasal sınır Avrupa ülkelerinde maksimum %0.2, Kuzey Amerika ülkelerinde ise % 0.3'tür [16].

Kenevir gıda kaynağı olması yanında farklı sektörlerde de kullanım alanı bulmaktadır. Benelli vd., [17] tarafından yapılan çalışmada Endüstriyel kenevirin (*Cannabis sativa L.*) böceklere karşı doğal bir silah olarak geliştiği ve kannabinoidler ve uçucu terpenler gibi önemli ikincil metabolitleri salgıladığı konseptinden hareketle, uçucu yağın özellikle organik tarımda botanik bir böcek ilacı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Cassano vd., [18] tarafından yapılan çalışmada ağır metal kirliliğini azaltmak ve bakteri gelişimini önlemek için çevresel, farmasötik ve biyomedik alanlarda yardımcı olacak kenevir lifi türevleri hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda bakteri gelişimini engellemek için gerekli liflere bağlı antibiyotik konsantrasyonunun serbest ilaç gereksiniminden çok düşük olduğu belirlenmiştir. Gu [19] tarafından yapılan faydalı model çalışmasında kenevir lifinden tıbbi cihaz üretilmiştir. Bitki tıpta anestezi sırasında kullanılmaktadır. Bitki, sapı ve yüzeyinde bulunan tüylerden salgılanan reçineler ile savunma mekanizması oluşturmaktadır. Tıbbi olarak anestezi sırasında bu reçineler rol üstlenmektedir [20]. Kurtuldu ve İşmal [21] tarafından yapılan çalışmada kenevir liflerinin tekstil ürünlerinde sürdürülebilir çevre kapsamında kullanım alanı bulduğu bildirilmiştir. Türkiye’de lif amaçlı tarımı yapılacak kenevirin; organik tarım kapsamında yapılması durumunda organik tekstil ürünleri pazarında niş pazar oluşturma potansiyelinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Kenevir sapsapları barındırdığı yüksek enerji değeri ile Türkiye’de alternatif bir temiz enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir niteliktedir [15]. Acar ve Dönmez [22] tarafından yapılan çalışmada kenevir sapsaplarının yakacak olarak değerlendirilebileceği ve 4.400 cal/g ısıl değere sahip olduğu belirlenmiştir.

1.2. Kenevirin Besin İçeriği

1.2.1. Genel bileşim

Kavuzlu kenevir tohumunun bileşiminde 32.4 g/100 g protein; 43.7 g/100 g yağ; 10.3 g/100 g karbonhidrat; kavuzsuz tanenin bileşiminde ise; 24.6 g/100 g protein; 30.2 g/100 g yağ, 31.5 g/100 g karbonhidrat bulunur [23]. Callaway, [24] tarafından yapılan çalışmada kenevir tohumunun önemli miktarlarda diyet lif, vitamin ve mineral içerdiği, % 30'dan fazla yağ ve % 25 protein içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

1.2.2. Yağ içeriği

Yüzyıllardır gıda ve özellikle lif kaynağı olarak kullanılan *Cannabis sativa L.*'nin tohumlarından elde edilen kenevir yağı Çin'de en az 3000 yıldır ilaç olarak kullanılmaktadır. Kenevir tohumu yağı ayrıca yağlayıcılar, deterjanlar, boyalar ve verniklerde de kullanılmaktadır [25]. Kenevir tohumu yağının doymamış yağ içeriği oldukça yüksektir (%70-80). Bu yağın %50-70'ini linoleik asit, %15-25'ini linolenik asit oluşturur ki bu oran insan beslenmesi için gerekli olan esansiyel yağ asitlerinin sağlanması bağlamında uygun bir oran olarak kabul edilmektedir [26]. Porto vd., [27] tarafından yapılan çalışmada kenevir tohum yağının %80 civarında çoklu doymamış yağ asitlerini içerdiği özellikle linoleik ve linolenik yağ asitlerince zengin olduğu belirtilmiştir. Kriese vd., [28] tarafından yapılan çalışmada 51 kenevir genotipinin yağ içeriğinin %26.24-37.5 aralığında değiştiği bildirilmiştir. Leizer vd., [29] tarafından yapılan çalışmada, kenevir tohumunun linoleik asit miktarının %52-62, oleik asit miktarının %12-23, palmitik asit içeriğinin %5-7, stearik asit içeriğinin %1-2, linoleik asit içeriğinin %3-4 olduğu bildirilmiştir. Callaway [24] tarafından yapılan çalışmada, kenevir tohumunun önemli bir gıda kaynağı olduğu ve yağının fonksiyonel bir gıda olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir.

1.2.3. Protein içeriği

Kenevir tohumunda bulunan başlıca iki protein edistin (legumin) ve albumindir. Bu proteinler önemli miktarda esansiyel amino asit içerir ve bu aminoasitler içerisinde ise arginin son derece yüksektir [30]. Bu iki ana protein kolay sindirilir ve besin açısından önemli miktarda aminoasit içerir. Yüksek miktarda arginin içeriği kenevir tohum yağının fonksiyonel bir gıda olmasında önem arz etmektedir [31]. Lisin ve kükürt içeren amino asitler hariç, kenevir tohumunda bulunan proteinlerin esansiyel amino asitleri 2-5 yaş arası bebekler için önerilen FAO / WHO gereksinimlerini karşılayabilecek düzeydedir ve sindirilebilirliği yüksektir. Dolayısıyla insan beslenmesinde iyi bir protein kaynağı olarak kullanılabilir [32]. Kenevir proteinlerinin etkinliğini arttırmak için enzimatik hidroliz (proteazlar ile) etkili bir teknik olarak kullanılabilir [33]. Uygun enzimler kullanılarak hidrolize edilen kenevir unu proteinlerinin, lipid peroksidasyon oranını azaltan antioksidan peptitler içermeleri nedeniyle yüksek tansiyonu engelleme gibi sağlık üzerinde olumlu etkileri vardır [11].

1.2.4. Fenolik maddeler ve antioksidan kapasite içeriği

Kenevir tohumu, yağ içeriğinin %80'inden fazlası çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşan ve insan beslenmesi için optimal olarak önerilen birkaç tohumdan bir tanesidir. Kenevir tohumu (*Cannabis sativa L.*) yağının antioksidan aktivitesi yüksektir. Yüksek antioksidan aktivite, bileşiminde bulunan fenolik bileşenlerden, özellikle flavanonlar, flavonoller, flavanoller ve izoflavonlar gibi flavonoidlerden kaynaklanmaktadır [34]. Bilindiği üzere bu bileşikler, anti-alerjik, anti-aterojenik, anti-infamatuvar, anti-mikrobiyal, anti-viral, anti-trombotik, anti-kanser ve kardiyoprotektif etkilere, ayrıca vazodilatör etkilere ve nöroprotektif özelliklere sahiptir [35].

Soğuk sıkım kenevir tohum yağının antioksidan aktivite (ORAC) değeri 28 µmol Trolox eşdeğeri/g yağ olarak belirlenmiştir [36]. Kriese vd., [28] tarafından yapılan çalışmada 51 kenevir genotipinin γ- tokoferol, α- tokoferol, δ- tokoferol ve β- tokoferol içeriği sırası ile ortalama 21.68 ± 3.19 , 1.82 ± 0.49 , 1.20 ± 0.40 , 0.18 ± 0.07 ve 0.16 ± 0.04 mg/100g tohum olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Kenevir tohum unlarının bileşiminde yararlı besin maddeleri bulunmakla birlikte bu unların kullanımında dezavantaj oluşturan, fitik asit, tanenler, tripsin inhibitörleri, siyanojenik glikozitler ve saponinler gibi beslenme karşıtı bileşenler de bulunmaktadır. Ancak bu bileşenlerin miktarı çeşide bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilmekte ve kabul edilebilir yasal sınırlar içerisinde bulunabilmektedir [25].

2. KENEVİRİN UNLU MAMULLERDE KULLANIMI

Günümüzde tüketicilerin besin değeri yüksek ve çeşitli fonksiyonel katkıları ile zenginleştirilmiş başta ekmek olmak üzere, bisküvi, makarna gibi tahıl ürünlerine olan talepleri artış göstermiştir. Tahıl ürünlerinin fonksiyonelliğini arttırmak amacıyla meyve ve sebzelerden elde edilen bitkisel lifler, tam tane tahıllar, tahıl karışımları, tahıl benzerleri, yağlı tohumlar, kuru baklagiller gibi katkıları bu ürünlerin içerisine katılabilmektedir. Önemli düzeyde protein, diyet lif, vitaminler, mineraller ve yağ içeriği ile kenevir (*Cannabis sativa L.*) tohumları tahıl ürünlerinin zenginleştirilmesinde kullanılabilir bir alternatif olarak dikkat çekmektedir.

Bartkiene vd. [23], kavuzlu ve kavuzsuz kenevir tohumlarını (*Cannabis sativa L.*) *Pediococcus acidilactici* KTU05-7 and *Pediococcus pentosaceus* KTU05-8 ile fermente ettikten sonra bu fermentlerin ekmek hamurunun reolojik özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Fermente edilmemiş kenevir tohumuna göre fermente edilmiş kenevir tohumu kullanımının ekmeğin spesifik hacmi ve gözenek yapısı üzerinde daha az negatif etkide bulunduğunu, aynı zamanda ekmekte küf ve enterobakter gelişimini azalttığını belirlemişlerdir. Kenevir ununun ekşi maya fermentasyonunda kullanılmasına yönelik olarak yapılan başka bir çalışmada ise [37]; kenevir unu ekşi hamurunun ekmeğin duyu özellikleri üzerinde olumsuz bir etkide bulunmaksızın tekstürel özelliklerini iyileştirdiği, ekmeklerin protein sindirilebilirliklerini arttırdığı, diğer taraftan glikemik indeks değerlerini önemli oranda azalttığı saptanmıştır.

Kenevir ununun laktik asit bakterileri ile fermente edildikten sonra makarna üretiminde kullanılması ile mayalanmamış hamurlara kıyasla serbest amino asit içeriğinde ve protein sindirilebilirliğinde artışa, diğer taraftan fitik asit, rafinoz ve tanen miktarında ve nişasta hidroliz oranında azalmaya, neden olduğu Schettino vd, [38] tarafından yapılan bir çalışma ile ortaya konulmuştur. Ancak kenevir unu ilavesi ile makarna hamurunun reolojik özellikleri ve pişme kalitesinde kayıpların olduğu bu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılabilmesi için teknolojik süreçlerin daha fazla optimizasyonu gerektiğine de dikkat çekilmiştir.

Glutensiz ürün sektörü artan talep nedeniyle giderek genişlemektedir. Ancak glutensiz ürünler genellikle nişasta bazlı oldukları için bu ürünlerde bazı besin öğeleri açısından eksiklik görülmekte ve bu eksikliklerin farklı fonksiyonel katkıları ile giderilmesi yönünde araştırmalar yapılmaktadır. Kenevir tohumları veya tohumların yağı alındıktan sonra geriye kalan posa kısımlarının glutensiz tahıl ürünlerinde kullanımı sonucunda glutensiz ürünlerinin besin içeriğinde artış sağlanabilmektedir. Radočaj vd. [30]; fonksiyonel katkı olarak yağı alınmış kenevir tohumu posası ilavesi ile glutensiz krakerlerin, kahverengi pirinç unundan yapılan glutensiz kraker örneklerine göre daha yüksek protein, ham lif, mineral ve esansiyel yağ

içeriğine sahip olduğunu, bu atık ürünün glutensiz kraker geliştirilmesinde ya da diğer gıda ürünlerinde kullanılabileceğini böylece katma değerinin de arttırılabileceğini bildirmişlerdir.

Korus vd. [35], %20-60 oranında kenevir unu ilavesi ile üretilen glutensiz bisküvilerin kalitesini, sağlık üzerindeki etkilerini, besin içeriğini ve duyu özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında; kontrol bisküvisine göre kenevir unu katkılı bisküvilerin protein içeriklerinin % 40–122, toplam fenolik madde içeriklerinin ise %41–143 oranında arttığını, benzer şekilde kenevir unu ilavesi ile diyet lif içeriklerinin de arttığını rapor etmişlerdir.

Korus vd. [39], doğal beslenme ve yapı oluşturu bileşen olarak kenevir unu ve kenevir protein konsantrisini nişasta bazlı glutensiz ekmeğin üretiminde kullanarak bu katkıların ekmeğin hamurunun reolojik kalitesi ile ekmeğin bayatlama hızı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Glutensiz hamur formülasyonunda bir miktar nişasta ile kenevir ununun yer değiştirmesi hamur yapısını zayıflatmış, ancak tam tersine %20 oranında kenevir protein konsantrisi ise hamur yapısının kuvvetlenmesini sağlamıştır. Her iki katkı ekmeğin besin içeriklerinde önemli iyileşmeler sağlamıştır. Lif içerikleri 15.2'den 61.0 g/kg'a, diyet lif değerleri 29.3'den 90.0 g/kg'a yükselmiştir. %10 oranında kenevir unu ilave edilen ekmeğin protein içeriklerinde %75 artış belirlenirken, %20 kenevir protein katkılı ekmeğin protein içeriğindeki artış %300 gibi yüksek bir değere ulaşmıştır. Kenevir unu ve kenevir protein ilavesi ekmeğin yağ içeriklerinin de artmasını sağlamıştır. Kenevir yağının özellikle doymamış yağ asitleri açısından zengin bir bileşen olduğu dikkate alınırca yağ içeriğindeki artış glutensiz ekmeğin besin içeriklerinde de yararlı etkiler getirecektir. Kenevir protein katkısı ekmeğin daha koyu olmasına neden olurken, ekmeğin hacminin artmasını sağlamıştır. Duyusal anlamda kenevir unu ve protein katkılı ekmeğin özellikle renk ve lezzet bakımından daha fazla beğenilmişlerdir. Söz konusu katkıların ekmeğin sertleşmesini ve depolama süresince amilopektinin tekrar kristallenmesini sınırladıklarıdır.

Norajit vd. [40]; yağı alınmış ve tam tane kenevir tohumlarının pirinç unu ile birlikte enerji barlarında kullanımını incelemişlerdir. Ekstürde edilen pirinç unu-tam tane kenevir unu karışımlarının pirinç unu-yağı alınmış kenevir unu karışımlarına göre daha fazla fenolik madde, flavonoidler ve DPPH antiradikal aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar ekstürde edilmiş pirinç unu-%20 tam tane kenevir unu karışımı ile hazırlanan enerji barlarının renk, tat ve genel kabul edilebilirlik bakımından daha fazla tercih edildiğini bildirmişlerdir.

Ekmeğin buğday ununa kenevir unu karıştırılması ile bu alternatif un karışımının protein içeriği önemli derecede artış göstermesine rağmen protein kalitesi gerilemektedir. Švec ve Hrušková [41] kenevir unu ilavesi ile ekmeğin buğday ununun protein miktarının önemli derecede arttığını ancak protein kalitesinin göstergesi olan Zeleny sedimentasyon değerlerinin düşüş gösterdiğini belirlemişlerdir. Kenevir ununda baskın olan edestin (düşük moleküllü bir globulin) proteini nedeniyle kenevir unu-buğday unu karışımlarında kenevir unu ilave düzeyine bağlı olarak gluten proteinleri hem seyreilmekte hem de oransal olarak azalmaktadır. Bu durum hamurun teknolojik davranışının farklı olmasına ve ekmeğin hacminin azalmasına neden olmaktadır [41]. Kısmen yağı alınmış kenevir unu ilavesiyle ekmeğin hacim değerlerinin azaldığı, bu azalmanın ekmeğin hamurlarının reolojik özellikleri ile ilişkili olduğu, hamur kıvamındaki azalmanın ekmeğin spesifik hacim değerlerinde de azalmaya neden olduğu Apostol vd. [42] tarafından yapılan bir çalışma ile de ortaya konulmuştur.

Kenevir unu ilavesi ekmeğin protein ve toplam fenolik madde içeriğinde önemli artışlar sağlamaktadır. Mikulec vd. [43], kenevir unu ilaveli ekmeğin protein içeriğinin (kuru maddede 13.38–19.29 g/100 g) buğday unundan yapılan ekmeğin protein içeriğine (kuru

maddede 11.02 g/ 100 g göre daha fazla olduğunu, benzer şekilde standart ekmekte 256.43 mg GAE/kg olan polifenol miktarının 673.59 mg GAE/kg'a (%50 kenevir unu ilavesi ile) yükseldiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar endüstriyel üretim için kenevir unu ilave oranının %30'u geçmemesi gerektiğini zira daha fazla kullanıldığı zaman ekmeğin duyuusal anlamda kabul edilebilirliğini azalttığını bildirmişlerdir.

Kenevir unu eklenmesi ile ekmekte besinsel açıdan sağlanan diğer bir avantaj ise diyet lif içeriğindeki artıştır. Švec ve Hrušková [44], yağı alınmış ince kenevir unu, ince tane kenevir unu gibi kenevir ürünlerini %5-%20 oranlarında ekmeçlik buğday ununa karıştırarak ürettikleri ekmeklerin bazı özellikleri ile besin kalitesini incelemişlerdir. Araştırmacılar kenevir ürünleri ilavesi ile ekmeklerin protein içeriklerinin ve diyet lif içeriklerinin önemli derecede artış gösterdiğini, %20 ilave düzeyinde toplam diyet lif miktarlarının %15.55'e, ve buğday unu ekmeğinde %11.75 olan protein miktarının ise % 18'e yükseldiğini saptamışlardır.

Pejcz vd. [45], buğday unu ile yer değiştirme prensibine göre una %5, %10 ve %15 oranlarında kenevir unu ilave ettikleri hamurların reolojik özelliklerinin iyileştiğini, bu karışımlardan üretilen ekmeklerin protein içeriklerinin arttığını, diğer taraftan artan kenevir ununa paralel olarak ekmeklerin hacim değerlerinin ve duyuusal kabul edilebilirliklerinin azaldığını saptamışlardır. Kenevir unu ilaveli ekmeklerin duyuusal anlamda düşük puanlar almasını ise; söz konusu ekmeklerin güçlü, değişik ve küf kokusu gibi bir aromaya ve alışılmamış koyu bir renge sahip olmalarına bağlamışlardır.

Švec vd. [46]; buğday kenevir unu karışımlarının besinsel içeriğini ve ekmek pişirme potansiyellerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında; gerek kenevir unu gerekse kavuzsuz tam tane kenevir unu eklenmesiyle ekmeklerin protein ve diyet lif içeriklerinin önemli düzeyde arttığını belirlemişlerdir. Örneğin %20 oranında kenevir unu ve tam tane kenevir unu içeren un karışımlarının protein içeriği katkısız kontrol örneğinde %12.5 iken sırasıyla %14.9 ve %15.7'ye yükselmiştir. Kenevir unu eklenmesiyle ekmeklerin hacimlerinin azaldığı, ekmek şekillerinin kötüleştiği, ekmek içi sertliklerinin arttığı ve ekmeklerin duyuusal kabul edilebilirliklerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Baldino vd. [47] ise kenevir proteini ile hazırlanan hamurların, buğday unundan hazırlanan hamurlara daha yakın özellikler sergilediği ve yükseklik değeri daha fazla olan ekmekler verdiğini rapor etmişlerdir. Buğday, arpa ve kenevir içeren kompozit unların kurabiye yapma potansiyelinin incelendiği bir çalışmada [48]; %30 arpa unu içeren bisküvilerin kalitesinin ticari ince kenevir unu katkısı ile iyileştiği, diğer taraftan %50 arpa unu içeren bisküvilerin duyuusal profillerinin tam tane kenevir unu katkısı ile iyileştiği, ince kenevir ununun bisküvilerde tadım sonrası acı bir tat oluşturduğu bildirilmiştir.

3. SONUÇ

Kenevir unu, ilave edildiği unlu mamul ürünlerde son ürünün protein miktarını, toplam fenolik madde, diyet lif, serbest aminoasit içeriğini, ürünlerin protein sindirilebilirliğini arttırmakta glisemik indeksi azaltmaktadır. Bu olumlu özellikleri yanında hamur reolojisi ve ekmek özellikleri üzerindeki olumsuz etkilerine rağmen yağı alınmış kenevir unu besin bileşenleri bakımından, esas olarak lif, mineral madde ve toplam doymamış yağ asitleri içeriği ile ekmek üretiminde kullanılabilir değerli bir kaynaktır. Kenevir ununun fermente edilmesi ile bu tür bileşenlerin kullanımından kaynaklanan bazı besinsel, yapısal ve duyuusal dezavantajların üstesinden gelinir. Nitekim incelenen çalışmalardan görüldüğü üzere kenevir ununun bazı starter kültürler ile fermente edilmesi bu unun besinsel fonksiyonelliğinin artmasına katkıda

bulunmuştur. Kenevir unu yenilikçi fermente fırın ürünlerine olan talebi karşılamak amacıyla yaygın bir kullanım alanına sahip olabilecek potansiyelindedir. Ayrıca unlu mamul üretiminde son ürünün besin değerini arttırmak için kullanılabilir, ancak ürünlerin fiziksel ve tekstürel özelliklerinde meydana gelen olumsuzluklarının giderilmesi için yeni formülasyonlar geliştirilmeli ve fonksiyonel bir gıda olarak kenevirin kullanımı unlu mamullerde yaygınlaştırılmaya çalışılmalıdır.

References

- [1] Elsohly, M., Gul, W., Constituents of Cannabis sativa, Handbook of cannabis, 3, 1093, 2014.
- [2] Nunzio, M., Roman, M., Houston, R., Nunzio, C., Gangitano, D., Barrot-Feixat, C. European validation of a Cannabis sativa 13-locus STR multiplex kit for genetic identification: A preliminary study, Forensic Science International: Genetics Supplement Series, 7, 1, 224-226, 2019.
- [3] Harmancıoğlu, M., Yazıcıoğlu, G., Bitkisel Lifler, Bornova, İzmir, 336s, 1979.
- [4] Akpınar, D., Nizamoglu, A., Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Kenevir Üretimi, Social Sciences, 14, s1223-1236, 2019.
- [5] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data>, 2018.
- [6] Crescente, G., Piccolella, S., Esposito, A., Scognamiglio, M., Fiorentino, A., Pacifico, S., Chemical composition and nutraceutical properties of hempseed: an ancient food with actual functional value, Phytochemistry Reviews, 17(4), 733-749, 2018.
- [7] Ryz, N.R., Remillard, D.J., Russo, E.B., Cannabis roots: a traditional therapy with future potential for treating inflammation and pain, Cannabis and cannabinoid research, 2(1), 210-216, 2017.
- [8] Frassinetti, S., Moccia, E., Caltavuturo, L., Gabriele, M., Longo, V., Bellani, L., Giorgi, G., Giorgetti, L., Nutraceutical potential of hemp (Cannabis sativa L.) seeds and sprouts, Food Chemistry, 262, 1, 56-66, 2018.
- [9] Nafis, A., Kasrati, C. A., Jamali, N., Mezrioui, W., Setzer, A., Abbad, L., Hassani. Antioxidant activity and evidence for synergism of Cannabis sativa (L.) essential oil with antimicrobial standards, Industrial Crops and Products, 137, s396-400, 2019.
- [10] Aiello, G., Fasoli, E., Boschini, G., Lammi, G., Zanoni, C., Citterio, A., Arnoldi, A., Proteomic characterization of hempseed (Cannabis sativa L.), Journal of Proteomics, 147, s187-196, 2016.
- [11] Girgih, A. T., Alashi, A. M., He, R., Malomo, S. A., Raj, P., Netticadan, T., Aluko, R. E. A., Novel hemp seed meal protein hydrolysate reduces oxidative stress factors in spontaneously hypertensive rats, Nutrients, 6(12), S5652-5666, 2014.
- [12] Zhou, Y., Wang, S., Lou, H., Fan, P., Chemical constituents of hemp (Cannabis sativa L.) seed with potential anti-neuroinflammatory activity, Phytochemistry Letters, 23, s57-61, 2018.
- [13] Delgado-Povedano, M.M., Callado, C., Priego-Capote, F., Ferreira-Vera, C., Untargeted characterization of extracts from Cannabis sativa L. cultivars by gas and liquid chromatography coupled to mass spectrometry in high resolution mode, Talanta, 208, 2020.
- [14] Glivar, T., Eržen, J., Kreft, S., Zagožen, M., Čerenak, A., Čeh, B., Benkovič, E., Cannabinoid content in industrial hemp (Cannabis sativa L.) varieties grown in Slovenia, Industrial Crops and Products, 145, 2020.
- [15] Aydoğan, M., Terzi, Y., Gizlenci, Ş., Acar, M., Esen, A., Meral, H. Türkiye'de kenevir yetiştiriciliğinin ekonomik olarak yapılabilirliği: Samsun ili Vezirköprü ilçesi örneği, Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 35(1): s35-50, 2020.
- [16] Schluttenhofer, C., Yuan, L., Challenges towards revitalizing hemp: A multifaceted crop,

- Trends in plant science, 22(11), s917-929, 2017.
- [17] Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., Fiorini, D., Sut, S., Dall'Acqua, S., Canale, A., Maggi, F., The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops, *Industrial Crops and Products*, 122, s308-315, 2018.
- [18] Cassano, R., Trombino, S., Ferrarelli, T., Nicoletta, F., Mauro, M., Giraldi, C., Picci, N., Hemp fiber (*Cannabis sativa* L.) derivatives with antibacterial and chelating properties. *Springer*, 20, s547-557, 2013.
- [19] Gu, L.F. Surgical sewing free zipper made of antibiotic material hemp fiber, CN Patent Y, 2829641, 2006
- [20] Dayanandan, P., Kaufman, P.B. Trichomes of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae), *American Journal of Botany*, 63(5), s78-591, 1976.
- [21] Kurtuldu, E., Erdem, Ö., Sürdürülebilir Tekstil Tasarım ve Üretiminde Yeniden Değer Kazanan Lif: Kenevir, *Art-e*, 12(24), s694-718, 2019.
- [22] Acar, M., Dönmez, A., Kenevire Farklı Bir Bakış, 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu, 27-30 Eylül, Samsun, 2016.
- [23] Bartkiene, E., Schleining, G., Krungleviciute, V., Zadeike, D., Zavistanaviciute, P., Dimaite, I., Kuzmaite, I., Riskeviciene, V., Juodeikiene, G., Development and quality evaluation of lacto-fermented product based on hulled and not hulled hempseed (*Cannabis sativa* L.), *LWT-Food Science and Technology*, 72, s544-551. 2016.
- [24] Callaway, J.C. Hempseed as a nutritional resource: an overview, *Euphytica*, 140, s65-72, 2004.
- [25] Russo, R., Reggiani, R. Variability in antinutritional compounds in hempseed meal of Italian and French varieties, *Plant*, 1(2), s25-29, 2013.
- [26] Deferne, J. L., Pate, D. W., Hemp seed oil: A source of valuable essential fatty acids, *Journal of the International Hemp Association*, 3(1), 4-7, 1996.
- [27] Porto, C., Decorti, D., Natolino, A., Potential oil yield, fatty acid composition, and oxidation stability of the hempseed oil from four *Cannabis sativa* L. cultivars, *Journal of Dietary Supplements*, 12, 1-10, 2015.
- [28] Kriese, U., E., Schumann, W.E., Weber, M., Beyer, L., Brüh, Matthäus, B., Oil content, tocopherol composition and fatty acid patterns of the seeds of 51 *Cannabis sativa* L. genotypes, *Euphytica*, 137, s339-351, 2004.
- [29] Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., Raskin, I., The Composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition, *Journal of Nutraceuticals, Functional and Medical Foods*, 2 (4), s 35-53, 2000.
- [30] Radočaj, O., Dimić, E., Tsao, R. Effects of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil press-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten-free crackers, *Journal of food science*, 79(3), s318-325, 2014.
- [31] Willett, W.C., Dietary fats and coronary heart disease, *Journal of Internal Medicine*, 272, s13-14, 2012.
- [32] Wang, X. S., Tang, C. H., Yang, X. Q., Gao, W. R., Characterization, amino acid composition and in vitro digestibility of hemp (*Cannabis sativa* L.) proteins, *Food Chemistry*, 107(1), s11-18, 2008.
- [33] Tang, C. H., Wang, X. S., Yang, X. Q., Enzymatic hydrolysis of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate by various proteases and antioxidant properties of the resulting hydrolysates, *Food Chemistry*, 114(4), s1484-1490, 2009.
- [34] Smeriglio, A., Galati, E. M., Monforte, M. T., Lanuzza, F., D'Angelo, V., Circosta, C., Polyphenolic Compounds and Antioxidant Activity of Cold-Pressed Seed Oil from Finola Cultivar of *Cannabis sativa* L, *Phytotherapy Research*, 30(8), 1298-1307, 2016.

- [35] Korus, A., Gumul, D., Krystyjan, M., Juszczak, L., Korus, J., Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites, *European Food Research and Technology*, 243(8), s1429-1438, 2017a.
- [36] Yu, L. L., Zhou, K. K., Parry, J., Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry, and hemp seed oils, *Food chemistry*, 91(4), 723-729, 2005.
- [37] Nionelli, L., Montemurro, M., Pontonio, E., Verni, M., Gobbetti, M., Rizzello, C. G., Pro-technological and functional characterization of lactic acid bacteria to be used as starters for hemp (*Cannabis sativa* L.) sourdough fermentation and wheat bread fortification, *International journal of food microbiology*, 279, s14-25, 2018.
- [38] Schettino, R., Pontonio, E., Rizzello, C. G., Use of Fermented Hemp, Chickpea and Milling By-Products to Improve the Nutritional Value of Semolina Pasta, *Foods*, 8(12), 604, 2019.
- [39] Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L., Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread, *LWT*, 84, s143-150, 2017b.
- [40] Norajit, K., Gu, B. J., Ryu, G. H., Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, *Food chemistry*, 129(4), s1919-1925, 2011.
- [41] Švec, I., Hrušková, M. Crumb evaluation of bread with hemp products addition by means of image analysis, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61(6), s1867-1872, 2013.
- [42] Apostol, L., Popa, M., Mustatea, G., *Cannabis sativa* L partially skimmed flour as source of biocompounds in the bakery industry., *Romanian Biotechnological Letters*, 20(5), s10835-10844. 2015.
- [43] Mikulec, A., Kowalski, S., Sabat, R., Skoczylas, Ł., Tabaszewska, M., Wywrocka-Gurgul, A., Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread, *LWT*, 102, 164-172, 2019.
- [44] Švec, I., Hrušková, M., Properties and nutritional value of wheat bread enriched by hemp products, *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 9(1), s304-308, 2015.
- [45] Pejcz, E., Mularczyk A., Gil, Z., Technological characteristics of wheat and non-cereal flour blends and their applicability in bread making, *Journal of Food and Nutrition Research*, 54(1), 69-78, 2015.
- [46] Švec, I., Hrušková, M., Jurinová, I., Technological and nutritional aspect of different hemp types addition: Comparison of flour and wholemeal effect, *Croatian journal of food science and technology*, 7(2), s68-75, 2015.
- [47] Baldino, N., Carnevale, I., Laitano, F., Lupi, F. R., Curcio, S., Gabriele, D., Formulation of bread model doughs with resistant starch, vegetable proteins and transglutaminase, *European Food Research and Technology*, 1-12, 2019.
- [48] Hrušková, M., Švec, I., Cookie making potential of composite flour containing wheat, barley and hemp, *Czech Journal of Food Sciences*, 33(6), S545-555. 2015.

Comparison of Sliding Mode and Fuzzy Logic MPPT Techniques for PV Systems

Harun Özbay

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bandırma Onyedü Eylül University, Bandırma, Balıkesir / Turkey

Abstract: In this study, the comparison of the sliding mode controller (SMC) and Fuzzy logic controller (FLC) techniques with the simulation studies has been performed for the tracking of the maximum power point in photovoltaic systems (PV). In the study, simulation studies were carried out for different climatic conditions and robustness tests were performed for both maximum power point tracker (MPPT) algorithms. Maximum power transfer from PV panels is realized in both algorithms. However, the SMC algorithm captured the maximum power point faster than the FLC algorithm system and followed it with higher efficiency. The simulation studies were carried out with the PSIM program and results were presented to evaluate the performance of the proposed systems.

Keywords: PV system; maximum power point tracker; SMC; FLC.

PV Sistemler için Kayan Kipli ve Bulanık Mantık MPPT Tekniklerinin Karşılaştırılması

Özet: Bu çalışmada, fotovoltaik sistemlerde (PV) maksimum güç noktasının takibi (MPPT) için kayan kipli denetleyici (SMC) ve Bulanık mantık denetleyici (FLC) tekniklerinin simülasyon çalışmaları ile karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada farklı iklim koşulları için simülasyon çalışmaları yapılarak her iki MPPT algoritması için sağlamlık testi yapılmıştır. Her iki algoritmada da PV panellerden maksimum güç aktarımı gerçekleştirilmiştir. Fakat SMC algoritmalı sistemin FLC algoritmalı sisteme göre maksimum güç noktasını daha hızlı yakaladığı ve daha yüksek verimle takip ettiği tespit edilmiştir. Yapılan simülasyon çalışmaları PSIM programı ile yapılmış ve önerilen sistemlerin performansını değerlendirmek için sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: PV sistem; maksimum güç noktası takibi; SMC; FLC.

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

Harun Özbay, 'Comparison of Sliding Mode and Fuzzy Logic MPPT Techniques for PV Systems', Elec Lett Sci Eng, vol. 16(1), (2020), 26-35

1. GİRİŞ

Enerji sektöründeki fosil yakıt bağımlılığının azaltılmasında en büyük pay sahibi olan güneş enerji sistemleri, yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) arasında birincil enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Özellikle enerji talebinin hızla arttığı ve güneşlenme sürelerinin uygun olduğu Türkiye gibi ülkelerde PV sistemlerinin geliştirilmesi ve yaygın kullanımı devlet tarafından desteklenmektedir. Ayrıca, kullanım kolaylığı ve bakım gerektirmemesi nedeniyle bu konu araştırmacılar için daha fazla önem kazanmıştır [1-4]. Bir fotovoltaik (PV) sistem, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürmektedir. Elde edilen enerji güneş radyasyonuna, eğim açısına, sıcaklığa ve fotovoltaik modülde üretilen gerilime bağlıdır [5,6].

PV üretim sistemlerinin iki önemli sorunu bulunmaktadır: elektrik enerjisi üretiminin dönüşüm verimliliğinin çok düşük olması (% 9 ila 18) ve PV sistemlerin ürettiği elektrik enerjisi miktarının hava koşullarıyla sürekli olarak değişmesidir [7]. PV panellerden elde edilen gücün maksimum seviyede olması amaçlanmaktadır. Fakat maksimum güç yalnızca belli bir çalışma noktasında gerçekleşmektedir [8]. Ayrıca maksimum güç noktası, gün içinde, güneş ışınım seviyesi, kirlenme, gölgelenme ve sıcaklık gibi çevresel şartlara göre değişiklik göstermektedir [9].

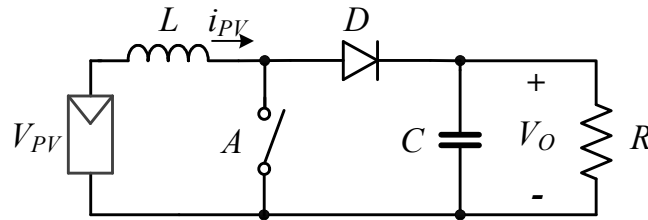
*Corresponding author; hozbay@bandirma.edu.tr

PV uygulamalarında MPPT sisteminin karmaşık olmaması, maksimum güç noktasına (MPP) hızlı ulaşması, MPP'yi doğru yönde izlemesi ve yüksek verimlilikte olması istenmektedir. PV panellerinden üretilen ve yüke aktarılan maksimum gücün transferinde talep edilen çıkış gerilimine göre DA-DA dönüştürücüler kullanılmaktadır [10-12].

Bu çalışmada, maksimum gücü yaklaşık 1 kW olan ve maksimum güçteki gerilimi 116V olan PV sistem için 15 kHz anahtarlama frekanslı yükselten dönüştürücü tasarlanmıştır. Maksimum güç transferinde SMC ve FLC algoritmaları kullanılmıştır. Önerilen kontrol sistemlerinin PSIM programı ile simülasyonu yapılmış ve sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

2. YÜKSELTEN DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI

PV panellerden maksimum güç elde ederek yüke aktarılması için tasarlanan sistemde yükselten (boost) dönüştürücü kullanılmıştır. Şekil 1'de de görüldüğü gibi geleneksel yükselten dönüştürücülerin yapısında bir anahtar (A), bir diyot (D), bir bobin (L), bir güç kaynağı (V_{PV}) ve yük (R) bulunmaktadır [13].



Şekil 1. Geleneksel yükselten (boost) dönüştürücü

DA-DA dönüştürücülerde akım dalgalanmasının belirli bir seviyede kalması için bobin, gerilim dalgalanmasının belirli bir seviyede kalması için kondansatör kullanılmaktadır. DA-DA yükselten dönüştürücünün minimum bobin ve minimum kondansatör değeri Denklem 1'de ve Denklem 2'de verilen denklemler ile hesaplanmaktadır [13];

$$L_{\min} = \frac{V_{PV}(V_O - V_{PV})}{\Delta I_L f_s V_O} \quad (1)$$

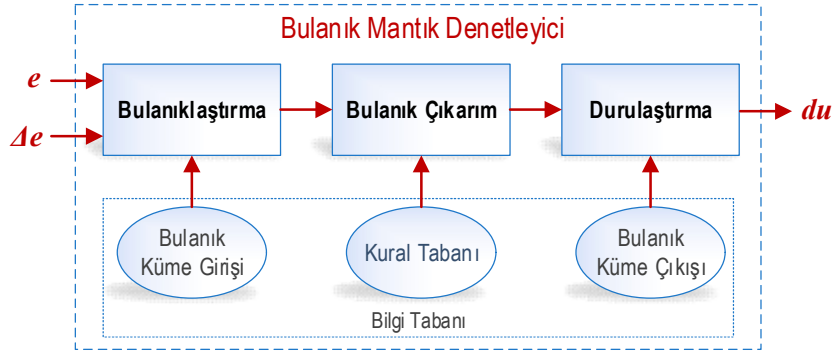
$$C_{\min} = \frac{\Delta I_L}{8 f_s \Delta V_O} \quad (2)$$

Burada; ΔI_L akımdaki dalgalanma oranını, f_s anahtarlama frekansını göstermektedir. DA-DA yükselten dönüştürücü MPPT sistemi için tasarlanmıştır. Bu yüzden maksimum gücün yakalanmasında akım ve gerilim dalgalanmasının az olması gerekmektedir [14]. Dolayısıyla sistemde kullanılan PV panellerden maksimum çekilebilecek yaklaşık 9 A akım değerinin %10'u sınır kabul edilerek akım dalgalanması 0.9 A ($\Delta I_L=0.9A$) seçilmiştir.

Gerilim dalgalanması ise olabildiğince küçük seçilerek $\Delta V_O=0,02$ V olarak seçilmiştir. Anahtarlama frekansı 15 kHz olarak ayarlanmıştır. PV panellerden maksimum güçte $V_{PV} = 116$ V giriş gerilimi elde edilmektedir. Tasarımda çıkış gerilimi olan DA baranın en fazla $V_O = 200$ V olması istenmektedir.

3. BULANIK MANTIK DENETİMLİ MPPT TASARIMI

MPPT algoritmaları içerisinde saptır gözle (P&O) ve artan iletkenlik (IC) algoritması diğer algoritmalara göre kolaylık, pratiklik ve yüksek verimlilik gibi üstün özelliklere sahip olmasına rağmen, ani ışınım ve sıcaklık değişimlerine hızlı tepki gösterememektedir. Bu nedenle doğrusal kontrolcüler yerine akıllı kontrol algoritmaları kullanılarak daha sağlam daha hızlı tepki veren ve daha verimli bir denetim yapılabilmektedir [15-17]. Bunlardan biri olan bulanık mantık denetleyicisinde Şekil 2’de de görüldüğü gibi hata (e) ile hatanın değişimi (Δe) giriş değişkenleri, görev oranı (du) ise çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Bulanık mantık kontrol bloğu

Bulanık mantık kontrolcünün iki giriş değişkeni olan hata ($e(k)$) ile hatanın değişimi ($\Delta e(k)$) aşağıdaki denklemler ile ifade edilmektedir.

$$e(k) = \frac{P_{pv}(k) - P_{pv}(k-1)}{V_{pv}(k) - V_{pv}(k-1)} = \frac{\Delta P_{pv}}{\Delta V_{pv}} \quad (3)$$

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1) \quad (4)$$

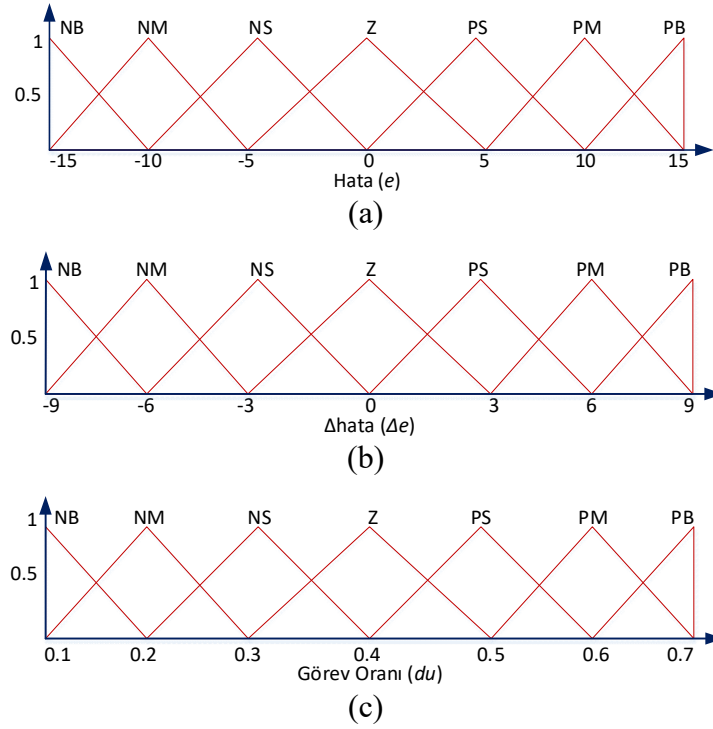
Burada, $P_{pv}(k)$, PV panelin anlık olarak ölçülen gücünü, $P_{pv}(k-1)$, PV panelden ölçülen gücün bir önceki değerini, $V_{pv}(k)$, PV panelden anlık olarak ölçülen gerilim değerini, $V_{pv}(k-1)$ ise, PV panelden ölçülen bir önceki gerilim değerini ifade etmektedir. Bulanık mantık kontrolcü çıkışı ise kural tabanındaki çıkış üyelik fonksiyonunun şekline bağlıdır. Çıkarım metodu olarak Tablo 1’de verilen Min-Max Mamdani Metodu ve durulaştırma işleminde Ağırlık Merkezi Metodu kullanılmıştır [18].

Tablo 1. Önerilen sistemin kural tabanı.

e	Δe						
	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NM	NS	Z
NM	NB	NB	NM	NM	NS	Z	PS
NS	NB	NM	NM	NS	Z	PS	PM
Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
PS	NM	NS	Z	PS	PM	PM	PB
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PB	PB
PB	Z	PS	PM	PM	PB	PB	PB

Bu çalışmada sistemin verdiği cevaba göre giriş ve çıkış için üçgensel üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir [19]. Üyelik fonksiyonlarındaki sinyal aralıkları her sinyalin salınımına göre

belirlenmiştir. Şekil 3'te giriş üyelik fonksiyonları ve maksimum güç noktasının takibi için kontrolcünün üretmiş olduğu görev oranı (du) verilmiştir.



Şekil 3. (a) Hata üyelik işlevi (b) hatanın değişimi üyelik işlevi (c) görev oranı üyelik işlevi.

Bulanık mantık kontrolcüsünden çıkan görev oranı (du) ise Denklem 5 ile ifade edilmektedir.

$$du = \frac{\sum_{i=1}^n \mu(du_i) - du_i}{\sum_{i=1}^n \mu(du_i)} \quad (5)$$

4. KAYAN KIPLI DENETİM İLE MPPT TASARIMI

Kayan kipli denetim (SMC) tekniği veya bulanık mantık denetim tekniği ile MPPT kontrolünün yapılabilmesi için yükselten dönüştürücüdeki anahtarın görev oranı değiştirilerek yüke aktarılan gücün maksimum seviyede tutulması gerekmektedir. Dolayısıyla PV panelin gerilimini (V_{PV}), akımını (i_{PV}) ve sistemin çıkış gerilimini (V_O) ölçmek gerekmektedir.

Kayan kipli denetim ile MPPT oldukça yeni bir tekniktir. Kayan kipli denetimin temel prensibi, sistemin durum yörüngesini kayma veya anahtarlama yüzeyi adı verilen bir yüzeye doğru yönlendirmek ve uygun bir anahtarlama ile bu yüzey etrafında tutmaktır [20,21]. Dolayısıyla kayan kipli denetleyicinin tasarlanmasında gerekli anahtarlama yüzeyinin (S) ve kontrol kanununun (u) belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre öncelikle sistemin dinamik denklemleri aşağıdaki gibi yazılmaktadır [22,23];

$$\begin{cases} \frac{di_{PV}}{dt} = \frac{V_{PV} - v_o}{L} + \frac{v_o}{L}u \\ \frac{dv_o}{dt} = -\frac{v_o}{RC_o} + \frac{i_{PV}}{C_o} - \frac{i_{PV}}{C_o}u \end{cases} \quad (6)$$

Burada, u anahtarın pozisyonuna göre 0 yada 1 olarak değişmekte olan süreksiz bir değerdir. Buna göre durum değişkenleri Denklem 7'deki gibi belirlenmektedir;

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2]^T = [i_{PV}, v_o]^T \quad (7)$$

Eğer PV paneller maksimum güç noktasında çalıştırılırsa, son ölçülen güç ile bir önceki ölçülen güç birbirine neredeyse eşit kabul edilecek kadar yakın olmaktadır. Dolayısıyla bu ifade Denklem 8'deki gibi yazılmaktadır;

$$\frac{dP_{PV}}{dV_{PV}} = 0 \quad (8)$$

Burada, P_{PV} PV panellerden elde edilen gücü ifade etmektedir. Dolayısıyla Denklem 9'da gösterildiği gibi PV panel akımının ve gerilimin çarpımına eşittir;

$$P_{PV} = i_{PV} \cdot V_{PV} \quad (9)$$

Bu durumda kayma yüzeyinin belirlenmesi için Denklem 8 ve Denklem 9 kullanılarak Denklem 10 elde edilmektedir;

$$\frac{d}{dV_{PV}} [i_{PV} \cdot V_{PV}] = i_{PV} + \frac{di_{PV}}{dV_{PV}} V_{PV} = 0 \quad (10)$$

Böylece kayma yüzeyi Denklem 11'deki gibi ifade edilmektedir;

$$S(x) = i_{PV} + \frac{di_{PV}}{dV_{PV}} V_{PV} = 0 \quad (11)$$

Buna göre sistemin eşdeğer kontrol ifadesi ve kontrol sinyali (duty) ise Denklem 12'deki gibi yazılmaktadır;

$$\begin{aligned} u_{eş} &= 1 - \frac{V_{PV}}{v_o} \\ u(t) &= u_{eş} + k \cdot \text{sign}(S) \end{aligned} \quad (12)$$

Burada k , anahtarlama sinyalinin üretimi için uygun katsayıyı, $\text{sgn}(S)$ ise kayma yüzeyinin işaretini ifade etmektedir [10].

5. PSIM SIMÜLASYON ÇALIŞMALARI VE SONUÇLARI

MPPT algoritmalarının karşılaştırılabilmesi için tasarlanan sistemin simülasyonu PSIM yazılımı ile yapılmıştır. Simülasyon çalışmasında bütün kontrol algoritmaları C kodları ile yazılmış ve DSP (TMS320F28335) için gömülü kod üretilecek şekilde tasarlanmıştır.

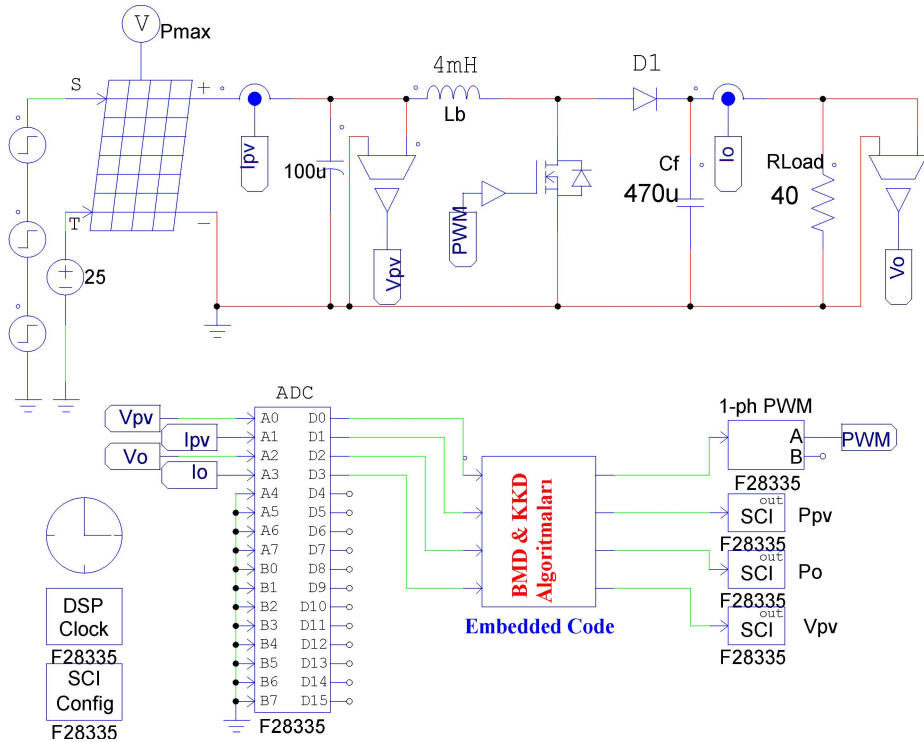
Bölüm 2’de verilen bilgilere göre gerekli hesaplamalar sonucu elde edilen MPPT uygulaması için yükselten dönüştürücü değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Ayrıca, MPPT algoritmalarının test edilmesi için tasarlanan sistemde her biri 275W gücünde 4 adet PV panel seri bağlanarak yükselten dönüştürücüye bağlanmıştır. Simülasyonda kullanılan PV panellerin katalog bilgisi de Tablo 3’te verilmiştir. Sistemin PSIM ile benzetim şeması ise Şekil 4’te gösterilmektedir.

Tablo 2. Yükselten dönüştürücü değerleri

Eleman	Değer
Bobin (L)	4 mH
Kondansatör (C)	470 μ F
Yük Direnci (R)	40 Ω
Anahtarlama Frekansı (fs)	15 kHz

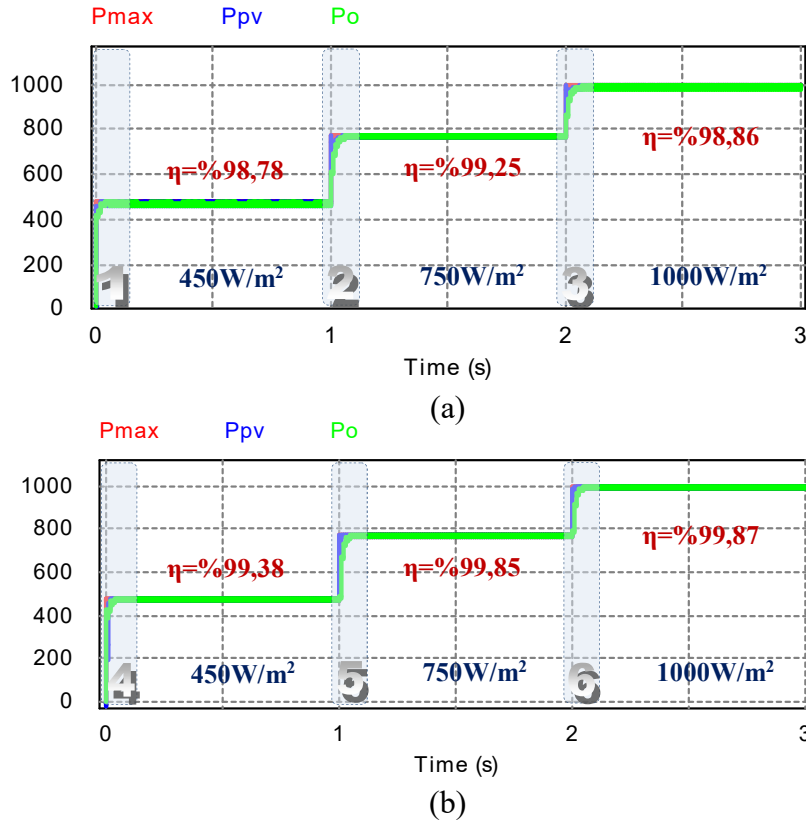
Tablo 3. PV panel özellikleri

Özellik	Değer
Maksimum Güç (P_{max})	275 W
Maksimum Akım (I_{max})	9.38 A
Maksimum Gerilim (V_{max})	29.16 V
Kısa Devre Akımı (I_{sc})	9.95 A
Açık Devre Gerilimi (V_{oc})	36.33 V
Hücre sayısı	60



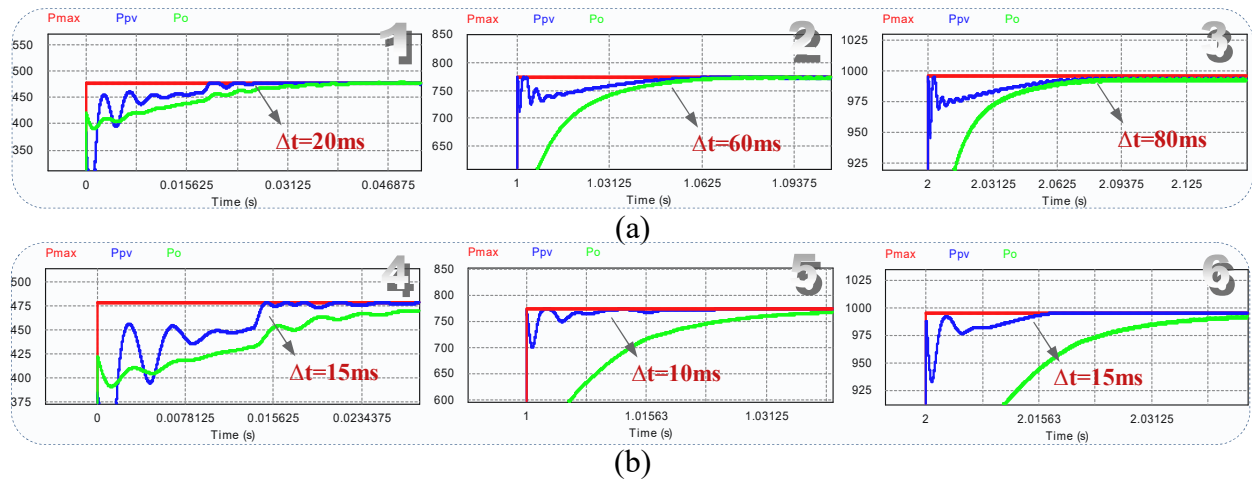
Şekil 4. Tasarlanan sistemin PSIM devre şeması

Bilindiği üzere güneş ışınımı gün boyunca değişmektedir. Bu yüzden tasarlanan MPPT algoritmasının farklı güneş ışınımı değerlerinde de maksimum güç noktasını takip etmesi gerekmektedir. Şekil 5'te 450-750-1000 W/m² güneş radyasyon seviyelerinde gerçekleştirilen güç takibi için FLC ve SMC MPPT sisteminin benzetim sonuçları görülmektedir.



Şekil 5. (a) FLC MPPT (b) SMC MPPT sistemlerinin güç takibi

Farklı güneş radyasyonları altında gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarına göre hem FLC hem de SMC MPPT algoritması değişen şartlara cevap vererek kararlı bir maksimum güç takibi gerçekleştirdiği görülmüştür. Fakat sistemin tepki süreleri ve MPPT verimleri incelendiğinde SMC MPPT algoritmasının daha hızlı ve daha verimli olduğu görülmektedir. Şekil 6'da MPPT algoritmalarının farklı güneş radyasyonları için ani güç değişimlerine gösterdikleri tepki süreleri verilmiştir.



Şekil 6. (a) FLC MPPT (b) SMC MPPT algoritmalarının güç değişimlerine gösterdikleri tepkiler

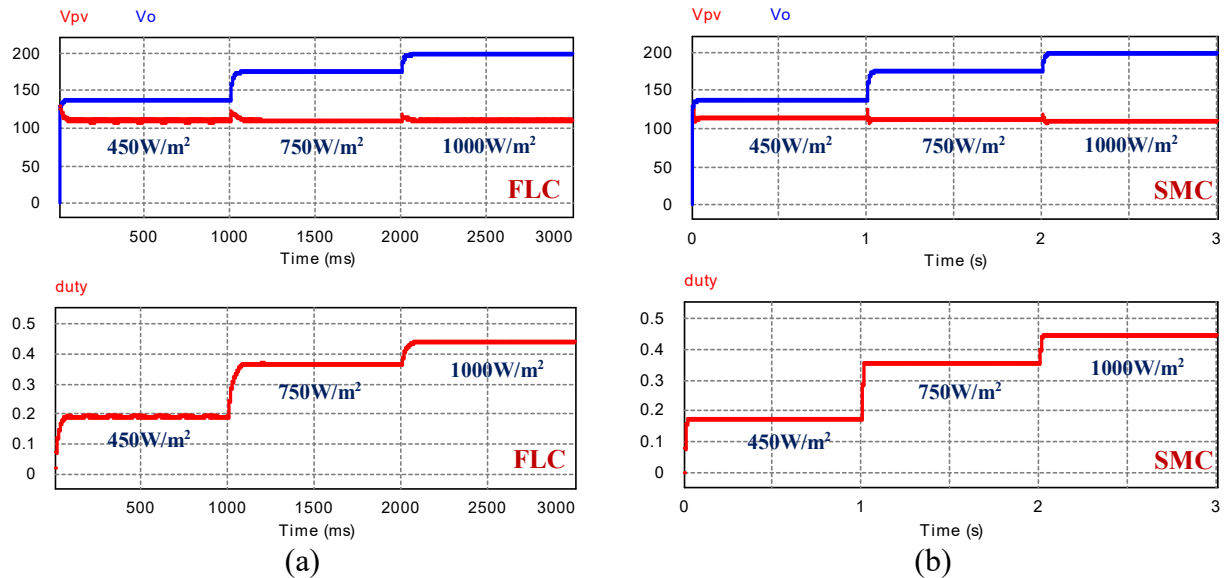
Simülasyon sonuçlarına göre SMC MPPT algoritması FLC MPPT algoritmasına göre ani güç değişimlerine çok daha hızlı tepki vermektedir.

MPPT kontrol algoritmasının MPP'yi ne kadar başarılı bir şekilde takip ettiği ve PV sisteminin genel performansını ne derece artırabildiği ölçülerek verimi hesaplanabilir. Gün içerisinde atmosferik koşullar sürekli değişim göstermektedir. İyi bir MPPT kontrol algoritması farklı çalışma koşullarında da iyi performans gösterebilmelidir. Tasarlanan MPPT algoritmalarının verimi benzetim çalışmaları ile test edilebilmektedir [24,25]. MPPT algoritmasının verimi Denklem 13 ile hesaplanmaktadır.

$$\eta_{MPPT} = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{P_{g,i}}{P_{m,i}} \quad (13)$$

Burada; P_g , PV panellerden ölçülen güç değeri, P_m , verilen ışınım ve sıcaklık altında PV panellerden alınabilecek maksimum güç değeri, i , kaçınıcı değer olduğunu ve n ise örnek sayısını vermektedir. Sonuçlardan görüldüğü gibi SMC MPPT algoritması farklı güneş radyasyonu seviyelerinde de FLC MPPT algoritmasından daha yüksek takip verimine sahiptir.

Şekil 7'de farklı güneş radyasyonu altında PV panellerin gerilim, akım değişimi ve buna bağlı olarak görev oranı (duty) değişimi FLC ve SMC MPPT için görülmektedir.



Şekil 7. (a) FLC MPPT (b) SMC MPPT sistemlerinin akım, gerilim ve duty değişimleri

6. SONUÇ

Bu çalışmada, kayan kipli denetleyici (SMC) ile tasarlanan MPPT algoritması ve bulanık mantık denetimli (FLC) MPPT algoritması arasındaki karşılaştırma sunulmuştur. Her iki algoritma da bir PV sistemde maksimum güç noktasının takibini başarılı bir şekilde yapmaktadır. Simülasyon sonuçlarına göre, SMC algoritmasının FLC algoritmasına göre daha hızlı bir tepkiye, daha yüksek MPPT verimine ve daha sağlam bir kontrol yeteneğine sahip olduğu görülmektedir. Buna göre SMC MPPT algoritmasının avantajlarına bakılacak olursa, maksimum güç noktasına hızlı ulaşma ve daha yüksek verimlilik olduğu görülmektedir.

References

- [1] Düz, H., “Storing solar energy inside compressed air through a heat machine mechanism”, *Gazi University Journal of Science*, 29.2, 245-251, 2016.
- [2] Wenham, S. R., “Applied Photovoltaics”, Routledge, London, 29-39, 2012.
- [3] Özbay, H., et al. “Farklı Eğim Açılarındaki Fotovoltaik Panellerin Elektriksel Ölçümlerinin Raspberry Pi ile İzlenmesi”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4.2, 2016.
- [4] Karafil, A., Ozbay, H. and Oncu, S. “Design and Analysis of Single Phase Grid Tied Inverter with PDM MPPT Controlled Converter” *IEEE Transactions on Power Electronics* 35.5, 4756-4766, 2020.
- [5] Özbay, H., et al. “Farklı Eğim Açılarındaki Fotovoltaik Panellerin Elektriksel Ölçümlerinin Raspberry Pi ile İzlenmesi” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4.2, 2016.
- [6] Leva S., Zaninelli D., and Contino R. “Integrated Renewable Sources for Supplying Remote Power Systems”, *WSEAS Transactions on Power Systems*, 2,2, 41–48, 2007.
- [7] Villalva M.G., Gazoli J.R. and Filho E.R., “Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic Array”, *IEEE Trans on Power Electronics*, 24.5, 1198-1208, 2009.
- [8] Chekired, F., et al. “Implementation of a MPPT fuzzy controller for photovoltaic systems on FPGA circuit”, *Energy Procedia*, 6, 541-549, 2011.
- [9] Karafil, A., Özbay, H. and Kesler, M. “Sıcaklık ve Güneş Işınım Değişimlerinin Fotovoltaik Panel Gücü Üzerindeki Etkilerinin Simülasyon Analizi” *EEB 2016 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, 11-13, 2016.
- [10] Özbay, H., Öncü, S., and Kesler, M. “SMC-DPC based active and reactive power control of grid-tied three phase inverter for PV systems”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42.28, 17713-17722, 2017.
- [11] Sundaram, B. M., et al. “Combination of novel converter topology and improved MPPT algorithm for harnessing maximum power from grid connected solar PV systems”, *Journal of Electrical Engineering & Technology* 14.2, 733-746, 2019.
- [12] Heydari, M., Khoramikia, H., & Fatemi, A. “High-voltage gain SEPIC-based DC–DC converter without coupled inductor for PV systems”, *IET Power Electronics*, 12.8, 2118-2127, 2019.
- [13] Kazmierczuk, M. K., “Pulse-width modulated DC-DC power converters”, *John Wiley & Sons*, Chichester, 22-145, 2015.
- [14] Küçük, T. V., et al. “Yüksek Frekans DA/DA Senkron Yükselten Dönüştürücü Tasarımı” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4.2, 772-781, 2016.
- [15] Onat, N., “Recent developments in maximum power point tracking technologies for photovoltaic systems”, *International Journal of Photoenergy*, 1-11, 2010.
- [16] Rezk, Hegazy, et al. “Design and Hardware Implementation of New Adaptive Fuzzy Logic-Based MPPT Control Method for Photovoltaic Applications”, *IEEE Access*, 7, 106427-106438, 2019.
- [17] Refaat, Mohamed M., et al. “Adaptive Fuzzy Logic Controller as MPPT Optimization Technique Applied to Grid-Connected PV Systems”, *Modern Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Energy Systems*. Springer, Cham, 247-281, 2020.
- [18] Shirazi, M. K., Joorabian M., and Sadeghi A.. “Intelligent P&O MPPT Algorithm in PV Stand Alone for Faster Transient Response”, *International Journal of Energy Engineering*, 5.4, 74-79, 2015.
- [19] Ross, Timothy J. “Fuzzy logic with engineering applications”, 3th Edition, *John Wiley & Sons*, 2010.
- [20] Harrag, A., and Messalti, S. “PSO-based SMC variable step size P&O MPPT controller for PV systems under fast changing atmospheric conditions”, *International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields* 32.5, e2603, 2019.

- [21] Hameed, A., Zad, et al. “Robust Sliding Mode Control based Maximum Power Point Tracking of Solar Photovoltaic System”, 3rd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies, 1-6, 2020.
- [22] Orozco, M. A., Vázquez, J. R., Salmerón, P., and Pérez, A., “A sliding maximum power point tracker for a photovoltaic system”, Universidad de Huelvan, Spain, 1-6, 2009.
- [23] Abderrahim, T., Abdelwahed, T., & Radouane, M., “Improved strategy of an MPPT based on the sliding mode control for a PV system”, International Journal of Electrical and Computer Engineering, 10.3, 3074, 2020.
- [24] Tafticht, T., Agbossou, K., Doumbia, M. L., and Cheriti, A., “An improved maximum power point tracking method for photovoltaic systems”, Renewable energy, 33.7, 1508-1516, 2008.
- [25] Abdel-Salam, M., et al. “An Efficient Tracking of MPP in PV Systems Using a Newly-Formulated P&O-MPPT Method Under Varying Irradiation Levels” Journal of Electrical Engineering & Technology 15.1, 501-513, 2020.

Remote Control of Baby Room in Embedded System Technology

Rüştü GÜNTÜRKÜN¹, Süleyman GÜÇLÜ², Hasan ŞAHİN^{3*}

¹Department of Electrical and Electronics Engineering, Simav Technology Faculty, Kutahya Dumlupinar University, Simav, Kütahya / Turkey

²Department of Electrical and Electronics Engineering, Simav Technology Faculty, Kutahya Dumlupinar University, Simav, Kütahya / Turkey

³Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bandırma Onyedi Eylül University, Bandırma, Balıkesir / Turkey

Abstract: In this study, a remote controlled smart crib design and application was performed that alerts by sending voice message or SMS via prepared Android software to mobile phones of relevant people when baby cries or gets wet. Bluetooth HC-05 module, BDT21 temperature and humidity sensor, FC-28 wetness sensor, sound decibel sensor, relay, DC motor, SD card module, speaker IP camera, Arduino Uno R3 and Android software system were used for this purpose. When baby room is desired to be monitored, a password is asked by the system for security purposes. Mother and Father can watch baby room as online from IP camera and can shake crib with remote control if necessary. During shaking crib, the system helps baby to sleep by playing previously specified lullaby. Baby room was provided to stay at appropriate temperature. Mobile phone keeps all events that occur when the system is open and sends this report as an e-mail to defined e-mail address when requested. The system will be helpful for especially working mothers and fathers since they come tired from work, staying sleepless in the night, and it reduces efficiency in the workplace they work. With the system that we designed and implemented; this will be prevented in a certain extent.

Keywords: Android, Arduino, Sensors, Crib, Mobile application, Remote Control

Reference to this paper should be made as follows:

Güntürkün, R., Güçlü, S., Şahin, H., 'Remote Control of Baby Room by Using Arduino and Android', Elec Lett Sci Eng, vol. 16(1), (2020), 36-44

1. Introduction

The biggest problem of working parents today is that babies wake up at night and parents stay sleepless. This problem affects parents and mothers especially in light sleeper babies and makes their lives difficult.

Sensors used by Ebenezer [1] included a temperature sensor to show baby's temperature and a breathing sensor that sends a signal in case of apnea. A GSM modem working over RS232 was used to send messages to parents if baby crying is not interrupted for a certain period. Harper [2] stated that this provides same effect that can occur when a mother shakes baby in crib in his study. He indicated that shaking of crib stops when a slight resistance is encountered. He met the energy of the system with solar panel used [3]. The study constitutes the first leg of the wider study of "remote control of multiple model vehicles at the same time" [4]. At the same time, owner of car is called by mobile phone during these events. Thus, the possibility of stolen the car by starting is

made impossible [5]. There are more than 1 million applications in Google Play Store, where developed applications are presented to end user. These applications are written in Java language [6].

Today, Arduinos are frequently used because they are easy to set up, can work multiple, read information from input devices such as sensors, antennas and potentiometers, and send information to output devices such as DC motors, LEDs, LCD screens [7]. This platform consists of auxiliary tools such as debuggers, software libraries and emulators [8].

Android offers some techniques and methods to make memory more efficient [9]. On the other hand, security, memory and process control, filing and connection I / O processes and device drivers are the structures that Linux kernel provides direct resources [10]. It is an open source; Linux based mobile operating system developed for mobile devices. The extension of the developed applications is “.apk” [11].

Some of the studies related to the subject in the literature are as follows. Oztekin and Bolukbasi [12] carried out the control of a 3-axis plotter machine with microcomputer architecture BZK.SAU.FPGA. In addition, wireless remote control car can be designed in his study of a group of universities in South Africa in Pretoria, it has been developed using the internet environment [13]. A group at the University of Tübingen, which can be remotely controlled using iPad, designed a low cost unmanned aerial vehicle (quadcopter). [14]. Dalkılıç and Özcanhan (2016) developed a mobile vehicle using arduino uno. This tool can be remotely controlled via bluetooth via a smartphone application with Android operating system [4]. Lubbe and Kluge [13] have developed a prototype car that can be controlled remotely over the wireless network. By integrating the camera on the car they developed, they realized the image transfer from here. Sinha et al. (2016) have developed a vehicle safety system that can be installed in any vehicle. The system is activated by pressing a button and when the vehicle is stolen, an alarm is sent via the GSM module and the location of the vehicle is reported via GPS [15].

As this study allows babies to sleep again without waking up, especially working mothers and fathers were prevented from staying sleepless and helped them work more efficiently in their workplaces.

2. Materials Used in Remote Control Application of Baby Room

2.1. Bluetooth HC-05

The HC-05 module is a Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module that can be easily controlled via pins on it. Module supports Bluetooth 2.0 technology. In this way, it enables communication at a frequency of 2.4 GHz. Communication can be made in an area of approximately 10 meters thanks to module. The sensor operates at 3.3 V.

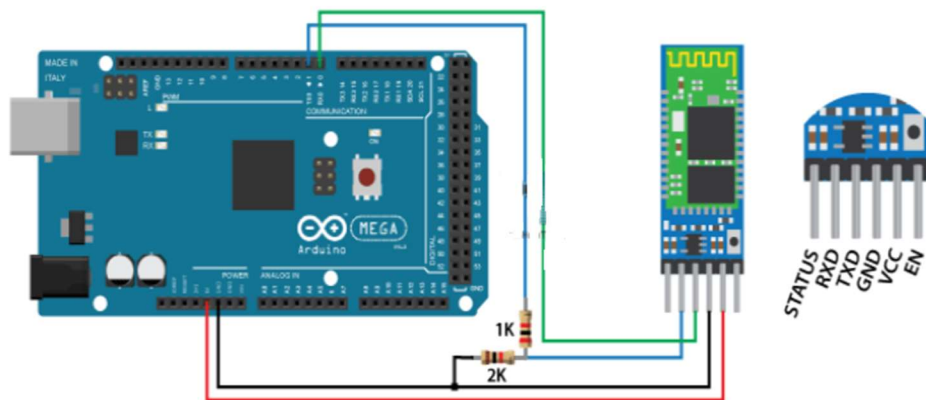


Figure 1. Serial Communication of the Bluetooth HC-05 Module with Arduino

2.2. DC Motor

There is a 24 V and 3000 RPM DC motor inside metal motor box, which is resistant to heating and used for easy assembly. However, it was supplied with 12 V to prevent excessive motor force and possible safety weakness. As seen in Figure 2, motor is connected to crib with cable attached to end and shakes crib with command from Arduino.



Figure 2. Installing DC Motor in Crib

2.3. IP Camera

IP camera was used to monitor baby room or baby from home through mobile phone by day/night. IP camera used is 720p (HD) CMOS sensor IP camera with Vstarcam C7824WIP model number. Baby or the room can be viewed remotely thanks to this camera.



Figure 3. IP Camera.

3. The developed Software

After the program is installed on mobile phone, it will open with the screen in Figure 4. Temperature and humidity values of room taken from Arduino are shown in order. With sensor in Arduino, phone receives a warning when baby is wet. By providing IP Camera connection, baby room can be watched live, so that mother and father can control baby instantly. If baby's crib is desired to be shaken manually, first “Lullaby” option is checked. If checked, Arduino plays lullaby previously loaded on SD card while shaking crib. If unchecked, baby's crib is shaken at the time intervals selected as "1 min", "5 min" or "10 min". Mobile phone connection is made with Arduino. Phone's BT connection must be active before connection can be made here. Events that will occur on report screen are reported.

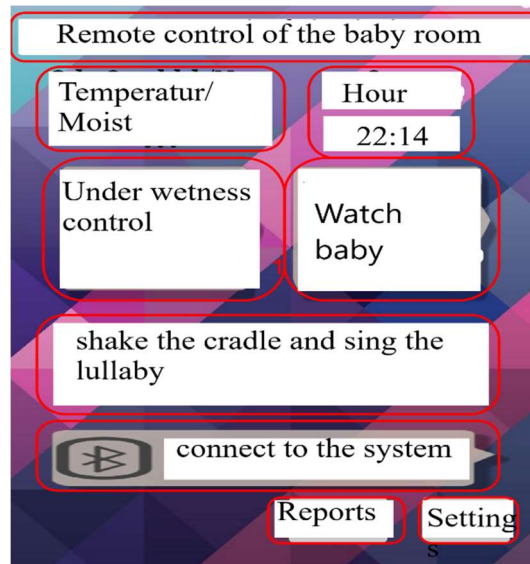


Figure 4. Program Main Screen

After Arduino connections are made, program is loaded on mobile phone and program settings are made, the system starts to operate.

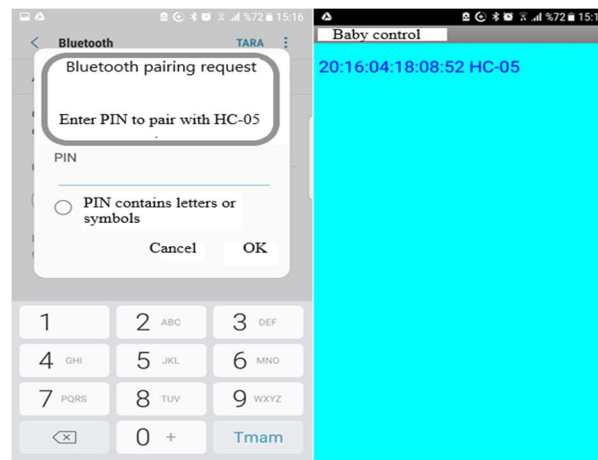


Figure 5. Mobile Phone BT Describing Screen

For the running of the system, first of all, BT sensor on Arduino and sensor named HC-05 on Arduino are introduced in settings section of mobile phone. After user provides connection between mobile phone and sensor, Arduino and mobile phone are connected to each other by entering program.

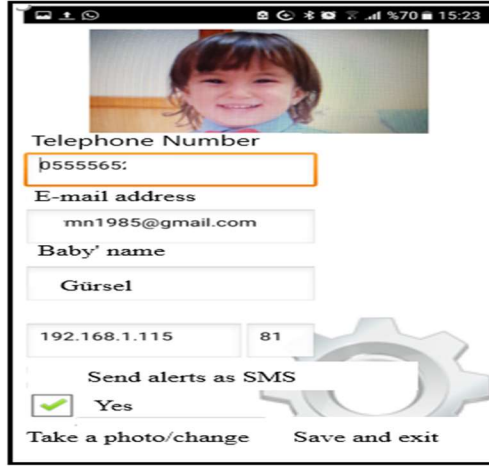


Figure 6. Setting Screen

After connection is established, desired values must be entered by entering “Settings” screen. Especially IP camera IP and port defined earlier has to be entered here. In Figure 6, first entry to settings screen is seen on the left and state after entering settings is seen on the right.

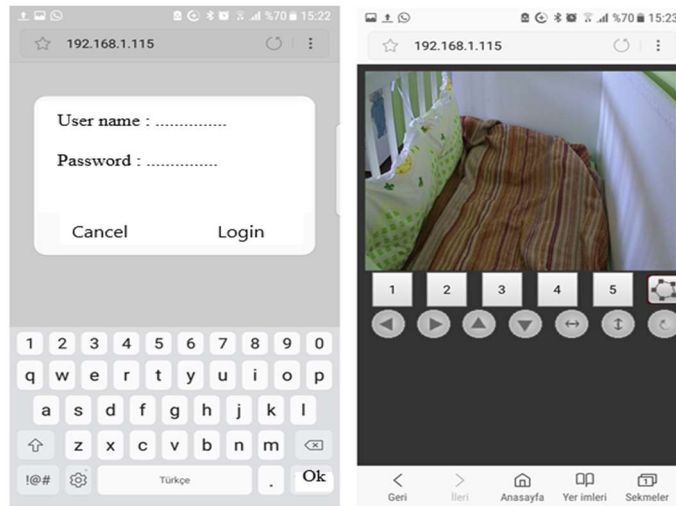


Figure 7. IP Camera Screen

In addition, when desired to watch baby, password is asked at first time in terms of security. In this study, username is defined as "admin" and password is “888888”. Once this one-time password is entered, phone will remember it and will not ask for it again. Figure 7 shows password screen on the left and camera screen of baby room after entering password on the right.

Decibel sensor on Arduino detects ambient sound and if this value is greater than defined decibel range, crib shakes for 1 min. In the meantime, lullaby is also played. If baby continues to cry after shaking, it shakes for 1 more minute, this repetition continues 4 times. If baby is still crying at the end of 4th shake, mobile phone application notifies defined warnings or sends a text message to

mobile phone. Also, if baby cannot be silenced after 4 shakes, it is saved on "Reports" screen on phone. "Wetness sensor" on Arduino is placed in crib between bed and bed sheet. In this way, the sensor will detect humidity if there is an overflow from diaper, and information will be sent to mobile phone if humidity is above defined value.

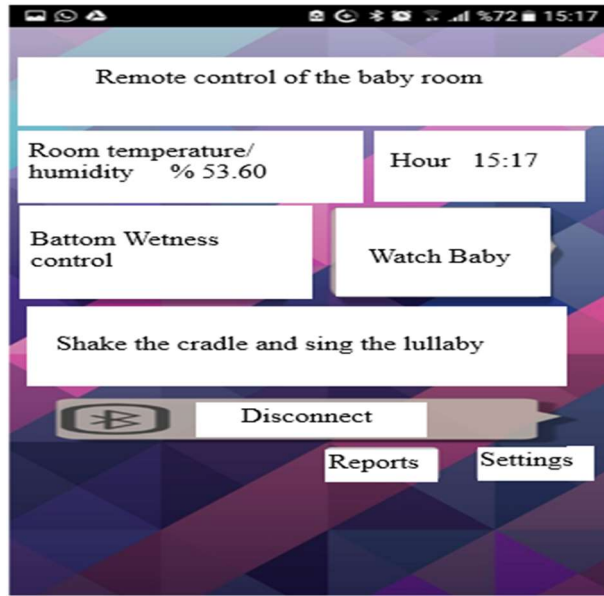


Figure 8. Temperature / Humidity Indicator and Warning Message.

“Temperature / Humidity” section on mobile phone application screen displays room temperature and humidity information on the screen by processing instant data from Arduino. If room temperature is below or above the ideal sleep value ($20 - 24^{\circ}\text{C}$), information will be given to mobile phone and incoming information will be displayed as a warning immediately, if defined, information will be sent to mobile phone and recorded on “Reports” screen.

In addition, heater or cooler that will be controlled by Arduino and will be connected according to seasonal conditions will be activated and will bring room temperature within ideal temperature values. In Figure 8, “Temperature / Humidity” section on main screen and message received when temperature exceeds ideal value can be seen. If option “Send as Mail” is selected from “Reports” screen before exiting the program for archiving reports, it will be sent to e-mail address defined earlier.

4. Results and Suggestions

With this system designed and applied, babies re-sleeping in a very short time after waking up, which is a big problem for mothers and fathers, was automatically provided. When sound sensor placed in crib detects crying of baby, crib automatically shakes for one minute as electronic card

triggers engine, if baby continues to cry, one minute shaking is repeated four times, and if baby continues to cry, a warning signal is sent to defined mobile phone. The program on phone processes warning and warns relevant people as an information message, voice message or SMS. During shaking of crib, the system helps baby to sleep by playing previously specified lullaby. Mobile phone keeps all events that occur when the system is open and sends this report as an e-mail to defined e-mail address when requested. Parents were provided with information over the system so that baby was not disturbed when wet and sleep was not interrupted. Baby room can be monitored by parents with camera, when baby wakes up, crib can be shaken, and baby can be re-slept by commanding Arduino system remotely. One of two relays used provided motor control and other relay provided heater or cooler control that was connected to the system.



Figure 9. Remote Controlled Crib Designed and Implemented

Figure 9 shows the system installed in baby crib. Arduino box and IP camera were placed on the upper right side. There is also a moisture cable extending into crib and a fan operating at 220 V on floor. This design may vary depending on area to be applied.

Web-based monitoring can be achieved by using Wi-Fi. By using a more powerful Arduino board, IP Camera can be removed from the system and a camera running directly on Arduino can be placed and image can be taken over Arduino. State of wakefulness of baby can be determined and shaking speed of crib can be adjusted by using artificial intelligence.

References

- [1] Ebenezer, A. (2012), Automatic cradle movement for infant care, Undergraduate Academic Research Journal, 1(1), 65-66.
- [2] Marie R. Harper, La Mirada, Maxine R. Blea, (1973), Automatically rocking baby cradle, US 3769641, Date of Patent: Nov. 6, 1973.
- [3] Ersin, Ç. (2015), Arduino Mikrodenetleyici ve Güneş Enerjisiyle Çalışan Otomatik Bitki Sulama Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- [4] Dalkılıç, H., Özcanhan, M. H. (2016), Gömülü Sistem Tabanlı Model Mobil Aracın Akıllı Telefonla Uzaktan Kontrolü, XVIII. Akademik Bilişim Konferansı - AB 2016, 30 Ocak-5 Şubat, Aydın, 2016.
- [5] Ağyol, E., Kuncan, M., & Ertunç, H. M. (2013), Özel Şifreli, Telefon Uyarımlı Ve Android Uygulamalı Araç Güvenlik Sistemi, 8. Mekatronik Tasarım ve Modelleme Kongresi Bildiri Kitabı, 20, 11-20.
- [6] Syed, H. (2012), Editorial: Why You Should Go Nexus, Droid Lessons.
- [7] Badamasi Y. A. (2014), The working principle of an Arduino. In: Electronics, computer and computation (icecco), 2014 11th international conference on, 1–4
- [8] Aslan, B. (2007), Web 2.0, Teknikleri ve Uygulamaları, XII. Türkiye’de İnternet Konferansı Bildirileri, 351-357.
- [9] Brown, E., (2008), Android developer challenge announces first-round winners, Linux for Devices.
- [10] Aksoy, F. (2014), Android işletim sistemi için medikal izleme yazılımı geliştirme, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [11] Elgin, B. (2005), Google buys Android for its mobile arsenal, BusinessWeek, August 17, 2005, www.businessweek.com/technology/content/aug2005/tc20050817_0949_tc024.htm.
- [12] Oztekin, H. & Bolukbasi, A. (2009), 3-Axis Plotter Machine Control Using BZK.SAu.FPGA.UC Architecture, Elec Lett Sci Eng, vol. 5(1), 1-8.
- [13] Lubbe, A. J., & Kluge, P. (2008). Development and testing of a wireless controlled car using the internet as communication medium. South African Journal of Industrial Engineering, 19(1), 137-148.
- [14] Wenzel, K. E., Masselli, A., & Zell, A. (2012), Visual tracking and following of a quadcopter by another quadcopter. In 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 4993-4998). IEEE.
- [15] Sinha, A., Agarwal, P., & Saini, M. (2016). Design And Development Of A Vehicle Theft Security System Based On Arduino Microcontroller. In Emerging trends in Engineering & Management for Sustainable Development 2016 International conference, India, Şubat.

Analysis of Energy Resources in Mersin Region

Mehmet Zile^{1*}

¹Department of ITIS, Erdemli UTIYO, Mersin University

Abstract: In order to ensure the sustainable development and social welfare of our country, it needs to meet the increasing energy demand. Although our country is not a self-sufficient country despite its current energy resources, it can be stated that it is lucky to have a strategic geographic location in terms of energy potential compared to many countries. The need for energy in our country, which has been developing rapidly in recent years, is evident how effective and efficient use of available energy resources should be. For this reason, the current energy sources and the current situation in Mersin have been investigated. It is understood that the biggest share of renewable energy sources of Mersin is composed of hydroelectric power plants with an installed capacity of 569,48 MW. However, although there is a great potential in wind and solar energy of Mersin province, it was determined that the amount of installed power of wind and solar power was 123 MW and 33.88 MW respectively. Due to the intense solar radiation and wind speed in Mersin province, it is concluded that more solar and wind power plants should be established. This requires our government to support the private sector for the establishment of solar and wind power plants in Mersin.

Keywords: Energy Resources in Mersin, Power Generation, Renewable Energy.

Mersin Bölgesindeki Enerji Kaynaklarının Analizi

Özet: Ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasını ve toplumsal refahını sağlayabilmesi için artan enerji talebini karşılaması gerekmektedir. Ülkemiz mevcut enerji kaynaklarına rağmen kendi kendine yetebilen bir ülke olmamasına rağmen stratejik bir coğrafi konumu itibarıyla enerji potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı olduğu ifade edilebilir. Son yıllarda hızla gelişen ülkemizin enerjiye olan ihtiyacı, mevcut olan enerji kaynaklarının ne kadar etkin ve verimli kullanmamız gerektiği aşikârdır. Bu sebeple Mersin ilinin mevcut enerji kaynakları ve gelinen durum araştırılmıştır. Mersin İlinin yenilenebilir enerji kaynakları içinde en büyük payın 569,48 MW kurulu güç miktarı ile hidroelektrik santrallerinin oluşturduğu anlaşılmaktadır. Ancak Mersin İlinin rüzgâr ve güneş enerjisinde büyük bir potansiyele sahip olmasına rağmen, rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu güç miktarları sırasıyla 123 MW ve 33.88 MW kurulu güç miktarı olduğu tespit edilmiştir. Mersin İlinde yoğun bir güneş ışınması ve rüzgâr hızı olması sebebiyle daha fazla güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin kurulması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Bunun içinde devletimizin Mersin İlinde güneş ve rüzgâr enerji santralleri kurulması için özel sektöre daha fazla destek vermesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mersindeki Enerji Kaynakları, Santraller, Yenilenebilir Enerji

Reference to this paper should be made as follows:

Mehmet Zile, 'Analysis of Energy Resources in Mersin Region', Elec Lett Sci Eng, vol. 16(1), (2020), 45-51

1. Introduction

Energy sources are the general terms given to the sources of energy. Energy sources are sources that produce energy by any means. Energy sources are divided into renewable and non-renewable energy sources. Non-renewable energy sources are coal, oil, natural gas and nuclear. It is important for renewable energy sources to be clean and sustainable. Due to its climatic conditions, geographical structure and geological characteristics, Mersin has different energy resources. Mersin is luckier in terms of hydraulic, solar and wind energy potential compared to many provinces. For this reason, in order to meet the energy demand in our country in the most effective way, it becomes evident that renewable energy sources should be utilized to the maximum extent possible [1-3].

2. Renewable Energy Resources in Mersin

There are 44 electric power plants in Mersin. The total installed power of the power plants produced in Mersin is 1037.84 MW. These, 22 are hydroelectric power plants, 13 are solar power plants, 3 are wind power plants, 1 are thermal power plants and 5 are waste material power plants. In Mersin, 54.57% of the total installed power is hydroelectric, 24.28% is thermal, 11.85% is wind, 3.26% is solar and 2.86% is waste. Approximately 3,173 GW of electricity is generated annually from Mersin Power Plants. The ratio of the electricity produced in Mersin to the electricity consumed in our country is around 1.24%. Figure 1 shows the share of power plants producing different electricity in Mersin Province in total installed power.

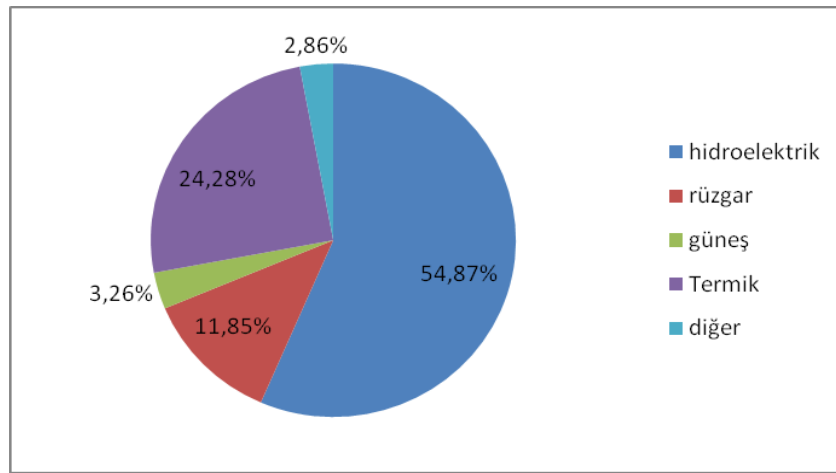


Figure 1. Electricity Generating Power Plants of Mersin Province

2.1 Hydroelectric Power



Figure 2. Hydroelectric Power Plant (HEPP)

Hydraulic energy is the potential energy of water which is elevated compared to the turbine which converts motion energy into electrical energy [4-6]. This energy is converted to mechanical energy by impinging potential energy into the turbine, and it is called hydroelectric energy. As can be seen in Figure 2, the place where these mechanical and electrical systems are located is dams and the facilities where energy conversion is made is called HEPP. Table 1 shows the hydroelectric power plants and installed power in Mersin.

Table 1. Hydroelectric power plants in Mersin

Power Plants	Installed Power
<u>Gezende</u> Hydroelectric	159 MW
<u>Kadıncık 1</u> Hydroelectric	70 MW
<u>Kadıncık 2</u> Hydroelectric	56 MW
<u>Birkapılı</u> Hydroelectric	49 MW
<u>Otluca 1 ve 2</u> Hydroelectric	48 MW
<u>Lamas 3 ve 4</u> Hydroelectric	36 MW
<u>Alaköprü</u> Hydroelectric	29 MW
<u>Azmaç 1, 2 ve Kirpilik</u> Hydroelectric	24 MW
<u>Pamuk</u> Hydroelectric	24 MW
<u>Sebil</u> Hydroelectric	23 MW
<u>Dagbaşı</u> Hydroelectric	10 MW
<u>Berdan</u> Hydroelectric	10 MW
<u>Gök</u> Hydroelectric	10 MW
<u>Sarıkavak</u> Hydroelectric	8,06 MW
<u>Yazılı 1, 2, 3</u> Hydroelectric	6,62 MW
<u>Dinç</u> Hydroelectric	1,97 MW
<u>Remsu</u> Hydroelectric	1,96 MW
<u>Mut Derinçay</u> Hydroelectric	0,88 MW
<u>Anamur</u> Hydroelectric	0,84 MW
<u>Bozyazı</u> Hydroelectric	0,42 MW
<u>Silifke</u> Hydroelectric	0,40 MW
<u>Zeyne</u> Hydroelectric	0,33 MW

It is understood that the Gezende Dam Hydroelectric Power Plant and the Kadıncık 1- 2 Hydroelectric Power Plant have the highest installed capacity. It is understood that due to the heavy rainfall climate of Mersin Province, the existing installed power is not sufficient and more hydroelectric power plants should be installed on the stream with sufficient flow power. In order to transfer private sector investments, our state should give more support.

2.2 Wind Energy

The kinetic energy of rotation and repulsion of wind power is called wind energy. As can be seen in Figure 3, this water is called wind power plants, where the kinetic energy is hit by the wind rose, and the plants where the electrical circuits are transformed by magnetic circuits are called WPP [7,8].



Figure 3. Wind Power Plant (RES)

Table 2 shows the wind power plants and installed forces in Mersin.

Table 2. Wind power plants and installed power in Mersin	
Power Plants	Installed Power
The <u>Mut Borusan Wind Power Plant</u>	50 MW
The <u>Dağpazarı Wind Power Plant</u>	39 MW
The <u>Doğan Wind Power Plant</u>	34 MW

There are only three wind power plants in Mersin. Among these, the Mut Borusan Wind Power Plant has the highest installed capacity. It is evident that the current installed capacity and the number of power plants are not sufficient due to the fact that Mersin Province has a windy climate. It is understood that more wind farms should be established in Erdemli, Silifke, Taşucu, Gülnar and Anamur districts with sufficient wind power. The Energy Market Regulatory Authority (EMRA) amended the regulation on “Certification and Support of Renewable Energy Resources”. It allowed the wind power plant to be established by the state without license. At the same time, the government pledged to buy the energy produced in these plants. With these amendments, it has enabled the generation of electrical energy up to 1 MW of installed power without obtaining small and medium-sized licenses.

2.3 Solar Power

Solar energy is the radiation energy produced by the fusion process in the nucleus of the sun and the conversion of hydrogen gas in the sun to helium [9,10]. Turkey's total annual average sunshine time of 2,640 square meters on the hour, an average 1,311 kwh per square meter of total annual solar radiation. In our country with a surface area of 779.452 km², the radiation intensity is 1.021.861.572.000.000 kWh per year. This is more than 5,000 times the annual consumption of 197.100.000.000 kWh of electricity in our country. As it is understood from here, our country and Mersin province, which has plenty of sunlight, should turn to alternative energy sources and benefit from the existing solar energy efficiently. Solar panels contain photovoltaic cells that were previously used in calculators and clocks. Photovoltaic cells are made of semiconductor material used in computer chips. When sunlight is absorbed by these substances, electrons are separated from the atoms in which they are released and an electric current is formed in the matter. The conversion of light to electricity is called photovoltaic. As can be seen in Figure 4, the plants that convert solar radiation into electrical energy by means of a large number of photovoltaic panels are called solar power plants.



Figure 4. Solar Power Plant (SPP)

Table 3 shows the solar power plants and installed power in Mersin. There are only six solar power plants in Mersin Province. There are 7 personal small powerful solar power plants to produce the electrical energy used in its own enterprise. It is understood that the Dayıcık Solar Power Plant has the highest installed capacity in Mersin. It is obvious that the number of installed power and number of power plants is not sufficient due to the fact that Mersin Province is a region receiving intense solar radiation.

Table 3. Solar power plants and installed power in Mersin Province

Power Plants	Installed Power
Dayıcık SPP	6 MW
Gülınar SPP	5,75 MW
Gülınar T Dinamik SPP	5,53 MW
Nar SPP	5 MW
Tiryaki Agro SPP	4 MW
Göl, Hörç ve Akova Tuluk SPP	3 MW
Yayla Agro SPP	1 MW
Özipek SPP	1 MW
Cemile Bingöl	1 MW
Ah-Fer SPP	0,97 MW
Eren Tarım SPP	0,48 MW
Opat Otomotiv SPP	0,15 MW
Büyükeceli SPP	0,003 MW

In Mersin, the total amount of solar energy measured annually was 1900 (kwh/m²), the average monthly amount of solar energy was 158 (kwh/m²) and the annual sunshine duration was 2900 (hour/year). Mersin has an important place in terms of solar energy potential. Because of this feature, it is understood that it should be evaluated in the best way in terms of solar energy production and important studies should be done on this subject.

2.4 Other Power Plants

Table 4 shows the other power plants and installed power in Mersin. Fuel oil, naphtha and diesel etc. The plants that produce electrical energy by using a lot of fuel are called Nafta Power Plant. The Toros Tarım Mersin Power Plant has an installed capacity of 12 MW in Mersin.

Table 4. Other power plants and installed power in Mersin

Power Plants	Installed Power
<u>Toros Agriculture Mersin PP</u>	12 MW
<u>Çimsa Waste Heat Power Plant</u>	9,56 MW
<u>Durum Food Natural Gas Power Plant</u>	5,62 MW
<u>Karaduvar Wastewater Biogas Plant</u>	1,90 MW
<u>Frito Lay Food Biogas Plant</u>	0,66 MW

The plants that convert the waste gases of the factory into electrical energy are called Waste Heat Power Plants. From this power plant in Mersin Province, 9.56 MW. The Çimsa Waste Heat Power Plant has an installed capacity. Power plants that generate electricity from natural gas are called Natural Gas Power Plants. From this power plant, there is the Durum Food Natural Gas Power Plant with an installed capacity of 5.62 MW in Mersin Province. Biogas Power Plants are the plants that generate electrical energy from gas that occurs during the treatment of liquid, solid and gas wastes. There is the Karaduvar Wastewater Biogas Plant with an installed capacity of 1.90 MW and the Frito Lay Food Biogas Plant with an installed capacity of 0.66 MW in Mersin.

3. Power plants under construction

The Akkuyu Nuclear Power Plant with an installed capacity of 4,800 MW, the Sorgun Dam Hydroelectric Power Plant with an installed capacity of 12 MW, the Bozyazı Hydroelectric Power Plant with an installed capacity of 9,73 MW, the Tarsus Closed Marketplaces with an installed capacity of 3,50 MW and the Aksıfat Dam Hydroelectric Power Plant with an installed capacity of 2.25 MW. The pre-licensed and planned power plants are the Işıklar Enerjisa Wind Power Plant with an installed capacity of 250 MW, the Güçler Enerjisa Wind Power Plant with an installed capacity of 248 MW and the Sertavul Wind Power Plant with an installed capacity of 30 MW.

4. Conclusion

The total installed power of the power plants produced in Mersin is 1037.84 MW. In Mersin, 54.57% of the total installed power is hydroelectric, 24.28% is thermal, 11.85% is wind, 3.26% is solar and 2.86% is waste. Approximately 3,173 GW of electricity is generated annually from Mersin Power Plants. The ratio of the electricity produced in Mersin to the electricity consumed in our country is around 1.24%. It is understood that due to the heavy rainfall climate of Mersin Province, the existing installed power is not sufficient and more hydroelectric power plants should be installed on the stream with sufficient flow power. In order to transfer private sector investments, our state should give more support. It is evident that the current installed capacity and the number of power plants are not sufficient due to the fact that Mersin Province has a windy climate. It is understood that more wind farms should be established in Erdemli, Silifke, Taşucu, Gülnar and Anamur districts with sufficient wind power. The government pledged to buy the energy produced in these plants. With these amendments, it has enabled the generation of electrical energy up to 1 MW of installed power without obtaining small and medium-sized licenses. It is obvious that the number of installed power and number of power plants is not sufficient due to the fact that Mersin Province is a region receiving intense solar radiation. Mersin has an important place in terms of solar energy potential. Because of this feature, it is understood that it should be evaluated in the best way in terms of solar energy production and important studies should be done on this subject. Environmental problems such as air pollution, global warming, soil and water pollution during the production of energy from fossil fuels are

increasing day by day. It is necessary to use renewable energy sources to eliminate these problems and to reduce the increase in production and transmission costs. Especially in Mersin, where there are many sunny and windy days, it is very important to benefit from solar and wind energy. In addition, energy costs are one of the most important inputs of enterprises, industrialists, public institutions and municipalities. For this reason, solar and wind energy should be utilized in the most effective way in Mersin Province in order to solve the problems and to provide a clean and peaceful environment.

References

- [1] Zile M. 'Implementation of solar and wind energy by renewable energy resources with fuzzy logic', *Technical and Physical Problems of Engineering*, 10(34), (2018), 46-51.
- [2] Zile M. 'Determination and analysis of wind speed and solar radiation potential for energy production in aydıncık district of mersin province', *Cilicia International Symposium on Engineering and Technology Ciset*, (2018).
- [3] Zile M. 'Wind and solar energy hybrid power generating system installation in anamur district and fuzzy logic based energy flow control', *Cilicia International Symposium on Engineering and Technology Ciset*, (2018).
- [4] Govil J.N. 'Hydropower', *Energy Science & Technology*, 1, Studium Press LLC, USA, (2016).
- [5] Ye, Y., Huang, W., Ma, G., Wang, J., Liu, Y., Hu, Y., 'Cause analysis and policy options for the surplus hydropower in southwest China based on quantification', *J. Renew. Sustain. Energy*, 10, (2018).
- [6] Wang, J., Hu W., Liu, S. 'Short-term hydropower scheduling model with two coupled temporal scales', *Water Resour. Planning Manage*, 144, (2018).
- [7] Zhang, Z. Y., Zhang, Y., Lee, W. J. 'Energy storage based optimal dispatch scheme for financial improvement and fluctuation mitigation on wind power generation', in *2017 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, Cincinnati, OH, (2017), 1-7.
- [8] Wang, Y., Zhou, Z., Botterud, A., Zhang, K. F. 'Optimal wind power uncertainty intervals for electricity market operation', *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 9(1), (2018), 199-210.
- [9] Whavale, S., Dhavalikar, M. 'A review of Adaptive solar tracking for performance enhancement of solar power plant', *Int. Conf. on Smart City and Emerging Technology*, (2018), 1-8.
- [10] Jasim, B., Taheri, P. 'An Origami-Based Portable Solar Panel System', *9th Annual Information Technology Electronics and Mobile Communication Conf*, (2018), 199-203.