

## M-Bus Haberleşme Protokolü ile Kalorimetre Okuma ve Faturalandırma Yazılımı

Ergün ACUR<sup>1</sup>, Günnur ŞEN<sup>2\*</sup>, Murat DEMİR<sup>3</sup>, Mustafa NİL<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye

<sup>2</sup> Elektrik Programı, Aliğa Meslek Yüksekokulu, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

<sup>3</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İzmir Bakırçay Üniversitesi, İzmir, Türkiye

<sup>1</sup> ergun\_acur@hotmail.com, <sup>2\*</sup> gunnur.sen@ege.edu.tr, <sup>3</sup> murat.demir@bakircay.edu.tr, <sup>4</sup> mustafa.nil@cbu.edu.tr

(Geliş/Received: 29/05/2025;

Kabul/Accepted: 20/09/2025)

**Öz:** Dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak barınma ihtiyacının artması, konut tiplerinin coğrafi bölgelere göre çeşitlilik göstermesine neden olmaktadır. Özellikle kentsel alanlarda müstakil konutlar yerine sitelerde yaşamın yaygınlaşması, merkezi ısıtma sistemleri gibi toplu yaşam gerekliliklerini beraberinde getirmiştir. Enerji verimliliğinin sağlanması ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, M-Bus (Meter-Bus) protokolü ve LabVIEW grafiksel programlama platformu kullanılarak, kalorimetrelerden gerçek zamanlı veri okuma, işleme ve otomatik faturalandırma yapabilen bütünleşmiş bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, binalarda enerji tüketiminin şeffaf ve verimli bir şekilde yönetilmesini sağlamak için, uzaktan izleme, arıza tespiti ve kullanıcı dostu bir arayüz sunmaktadır. M-Bus protokolünün düşük güç tüketimi, yüksek güvenilirlik ve endüstriyel uyumluluk avantajlarından yararlanılarak geliştirilen sistem, özellikle 2000 m<sup>2</sup> ve üzeri binalarda 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nun gerekliliklerini karşılamaktadır. Çalışmada, gerçek zamanlı veri analizi, tüketim trendlerinin görselleştirilmesi ve otomatik raporlama gibi işlevler ilave edilmiştir. Deneysel sonuçlar, geliştirilen sistemin %98,5 doğruluk oranı ile enerji tüketimini ölçtüğünü ve faturalandırmada %30'a varan tasarruf sağladığını göstermiştir. Bu çalışma, akıllı bina ve enerji yönetim sistemleri alanında düşük maliyetli, ölçeklenebilir ve yenilikçi bir çözüm sunmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** M-Bus, LabVIEW, akıllı sayaç, enerji verimliliği, otomatik faturalandırma.

### Calorimeter Reading and Billing Software with M-Bus Communication Protocol

**Abstract:** The increase in the need for housing due to the increase in the world population causes housing types to vary according to geographical regions. The widespread use of housing estates instead of detached houses, especially in urban areas, has brought along the requirements for collective living such as central heating systems. Ensuring energy efficiency and sustainable use of resources are critical, especially in central heating systems. In this study, an integrated system capable of real-time data reading, processing and automatic billing from calorimeters is developed using the M-Bus (Meter-Bus) protocol and LabVIEW graphical programming platform. The system provides transparent and efficient management of energy consumption in buildings and offers remote monitoring, fault detection and a user-friendly interface. Utilizing the advantages of low power consumption, high reliability and industrial compatibility of the M-Bus protocol, the system meets the requirements of the Energy Efficiency Law No. 5627, especially in buildings of 2000 m<sup>2</sup> and above. In the study, functions such as real-time data analysis, visualization of consumption trends and automatic reporting are integrated.

**Keywords:** M-bus, LabVIEW, smart meter, energy efficiency, automatic billing.

### 1. Giriş

Enerji verimliliği ve sürdürülebilir kaynak yönetimi, günümüzün en kritik küresel sorunları arasında yer almaktadır. Dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak barınma ihtiyacının yükselmesi, konut tiplerinin coğrafi bölgelere göre çeşitlenmesine yol açmıştır. Özellikle kentsel alanlarda müstakil konutlar yerine sitelerde toplu yaşamın yaygınlaşması, merkezi ısıtma sistemleri gibi ortak yaşam gerekliliklerini beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda, binalarda kullanılan enerjinin yaklaşık %40'ını oluşturan ısıtma sistemleri, enerji verimliliğinin sağlanması ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından önemli bir potansiyel barındırmaktadır [1]. Türkiye'de 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği, özellikle 2000 m<sup>2</sup> ve üzeri binalarda merkezi ısıtma sistemlerinde ısı paylaşımının adil ve şeffaf bir şekilde dağıtılmasını zorunlu kılmıştır [2]. Bu yasal düzenlemeler, merkezi sistemlerde kullanılan enerjinin nasıl ölçüleceği ve adaletli bir şekilde pay edilmesi gibi sorunları gündeme getirmiş; bu durum, birçok firmanın kalorimetre ve fatura paylaşım

\* Sorumlu yazar: [gunnur.sen@ege.edu.tr](mailto:gunnur.sen@ege.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0009-0004-5040-7164, <sup>2</sup> 0000-0001-7793-3616, <sup>3</sup> 0000-0003-4407-9673, <sup>4</sup> 0000-0003-0794-7603

programları geliştirmesine neden olmuştur. Kalorimetre, fiziksel değişimlerde açığa çıkan ısı ölçme ile ilgili olduğundan mekanik ve elektronik kısımlarının ölçüm ve hesaplamaları da iyi bilinmelidir. Merkezi kısım debi ölçümünde, elektronik kısım ise hesaplama alanında gerektiğinden faturalandırmada tasarruf için uygun şartlar sağlanmış olur. Merkezi sistemlerde ortaya çıkan sıcaklığın algılayıcılar vasıtasıyla ölçülmesi neticesinde hesaplamaların yapılabilmesi için fatura programlarının belirli standartlarda olması gerekir.

Otomatik sayaç okuma (automatic meter reading (AMR)) sistemleri konusundaki araştırmalar, son yıllarda önemli ölçüde artış göstermiştir. Literatürde, Mukul tarafından ev enerji izleme sistemleri için geliştirilen grafiksel kullanıcı ara yüzü tasarımı, kullanıcı dostu ara yüzlerin enerji tüketim alışkanlıklarını değiştirmedeki rolünü vurgulamıştır [3]. Benzer şekilde, Ahmed ve arkadaşları, Bangladeş'te düşük maliyetli dijital wattmetre ve WiMAX teknolojisi kullanarak geliştirdikleri otomatik elektrik sayaç okuma sisteminin maliyet etkinliğini kanıtlamıştır [4]. Karaman ve arkadaşları ise gerçek zamanlı enerji izleme ve tüketici farkındalığı için LabVIEW™ programı ile otomatik sayaç okuma üzerine bir çalışma sunmuştur [5].

Son yıllarda, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things (IoT)) tabanlı akıllı ölçüm sistemleri büyük ilgi görmektedir. Gajda ve Retkowski, IoT çağında M-Bus iletişiminin potansiyelini incelemiş ve endüstriyel uygulamalardaki rolünü vurgulamıştır [6]. Zhou ve arkadaşları, yapay zekâ tabanlı aykırılık tespit sistemlerinin enerji tüketimindeki düzensizlikleri belirlemedeki etkinliğini kanıtlamıştır [7]. Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan kalorimetre teknolojileri de sürekli olarak gelişmektedir. Örneğin, Karaca tüketim sayaçlarında M-Bus standartlarının uygulanmasının geleneksel metotlara göre avantajlarını incelemiştir [8]. Ayrıca, European Commission tarafından yayınlanan yeni direktifler, akıllı ölçüm sistemlerinin yaygınlaştırılması için bir yol haritası çizmiştir [9].

Bu çalışma, mevcut literatürdeki eksiklikleri gidermek ve belirtilen yasal gereklilikleri karşılamak amacıyla M-Bus (Meter-Bus) protokolü ve LabVIEW grafiksel programlama platformu kullanılarak, kalorimetrelere gerçek zamanlı veri okuma, işleme ve otomatik faturalandırma yapabilen bütünleşmiş bir sistem önermektedir. Bu bağlamda çalışmanın başlıca katkıları şunlardır:

- M-Bus protokolü ve LabVIEW platformunu bütünleştiren yenilikçi bir sistem mimarisi sunulması.
- Türkiye'deki 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve ilgili yönetmeliklere tam uyumlu bir çözüm sağlanması.
- Düşük maliyetli ve ölçeklenebilir bir altyapı tasarımıyla akıllı bina ve enerji yönetim sistemleri alanına katkıda bulunulması.

Geliştirilen sistemin temel özellikleri ise şunlardır:

- Gerçek zamanlı enerji tüketim verisi toplama ve analiz yeteneği.
- Kullanıcı dostu grafiksel ara yüz tasarımı ile kolay kullanım imkânı.
- Enerji tüketimindeki anormallikler için arıza tespiti ve uyarı mekanizmaları.
- EN 13757 ve ISO/IEC 14908 gibi uluslararası standartlarla tam uyumluluk [10,11].

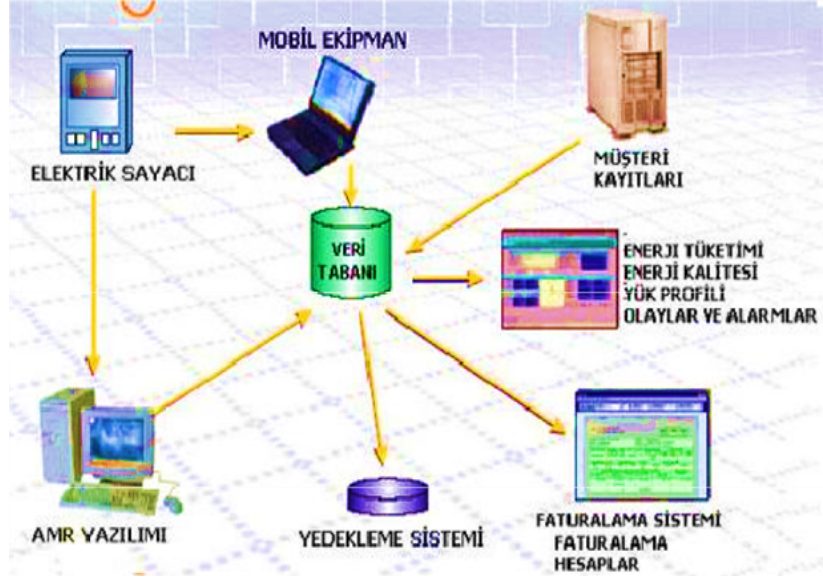
## 2. Materyal ve Yöntem

Bu bölümde, geliştirilen bütünleşmiş sistemin genel mimarisi, kullanılan donanım ve yazılım bileşenleri, veri toplama ve işleme prosedürleri ile deneysel kurulum detayları ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Çalışma, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde enerji tüketimini M-Bus protokolü üzerinden gerçek zamanlı olarak izlemek, işlemek ve otomatik faturalandırmak amacıyla tasarlanmıştır.

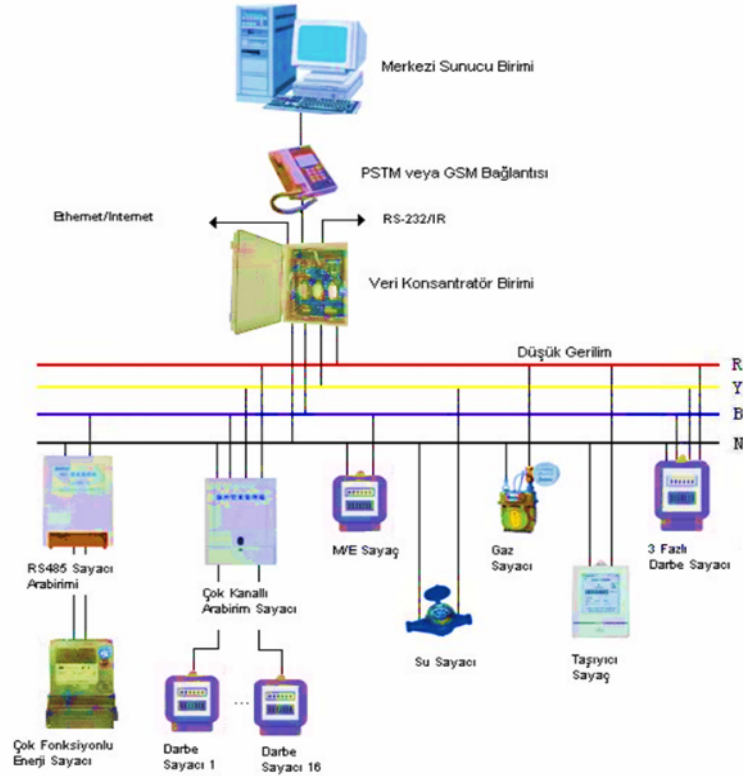
### 2.1. Sistem mimarisi ve bileşenleri

Geliştirilen sistem, merkezi ısıtma sistemlerinden kalorimetrelere aracılığıyla elde edilen enerji tüketim verilerini toplayarak işleyen ve faturalandıran bütünleşmiş bir yapıdır. Otomatik sayaç okuma (OSO) sistemleri, enerji ölçüm cihazlarından verilerin otomatik olarak okunması, faturalandırılması ve merkezi bir veri tabanına iletilmesi prensibine dayanır [12]. Sistemin temel bileşenleri üç ana birimden oluşmaktadır: Elektronik sayaçlar (kalorimetrelere), veri iletim hattı ve merkezi sistem birimi. Şekil 1'de OSO sisteminin birimleri ve Şekil 2'de genel yapısı görülmektedir [13]. Burada elektrik sayacından alınan bilgiler çevrimiçi olarak bilgisayara gelmektedir. Bilgisayarda toplanan veriler müşteri kayıtları altında depolanmakta ve veri tabanı oluşturulmaktadır.

Daha sonra bu veriler ile faturalama ve hesaplamalar yapılmaktadır. Aynı zamanda sayaçlardan gelen çevrimiçi bildirimler ve olaylar kayıt altına alınmaktadır.



Şekil 1. Otomatik sayaç okuma sistemi birimleri [13].

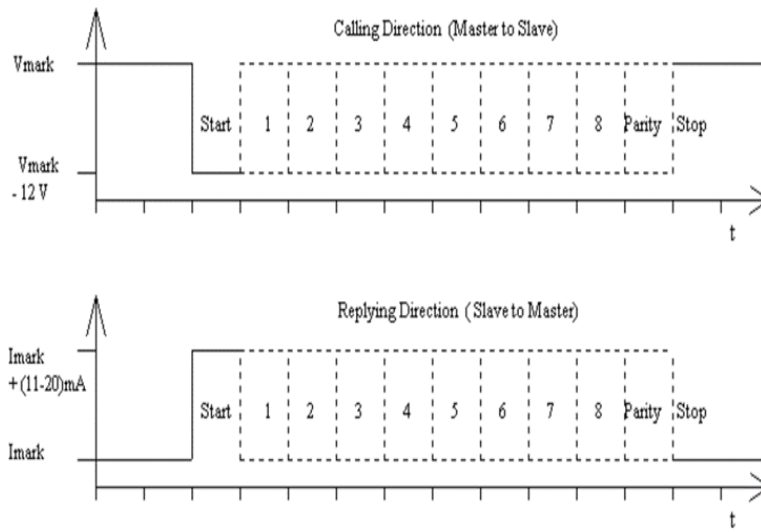


Şekil 2. Otomatik sayaç okuma sistemi genel yapısı [13].

**Elektronik Sayaçlar (Kalorimetreler):** Merkezi ısıtma ve soğutma sistemlerinde tüketilen ısı enerjisini ölçmek için kullanılan M-Bus uyumlu kalorimetreler kullanılmıştır. Isı sayaçları, harici ve dâhili sıcaklık sensörleri ile

gidiş ve dönüş sıcaklıkları arasındaki farkı ( $\Delta T$ ) hesaplar. Aynı zamanda geçen debiyi anlık olarak ölçerek tüketilen enerjiyi kilowatt saat (kWh) cinsinden bulur [13]. Sistemde birden fazla kalorimetreden eş zamanlı veri alınmıştır.

**Veri İletim Hattı (M-Bus Protokolü ve Dönüştürücü):** Kalorimetrelerden toplanan verilerin merkezi sisteme iletilmesi için M-Bus (Meter-Bus) protokolü kullanılmıştır. M-Bus, su, gaz veya elektrik tüketim sayaçlarının uzaktan okunması için geliştirilmiş, bükümlü çift kablo üzerinden iletişim sağlayan bir Avrupa standardıdır [14, 15]. Bu protokol, düşük güç tüketimi, yüksek güvenilirlik ve endüstriyel uyumluluk avantajları nedeniyle tercih edilmiştir. M-Bus sinyallerinin bilgisayar ortamına aktarılması için M-Bus seviye dönüştürücü (converter) kullanılmıştır. M-Bus dönüştürücüler, M-Bus cihazlarından gelen uygun voltaj veya akım değişimini diğer cihazlar veya sistemlerle uyumlu hale getirir; özellikle RS232, RS485 ve TCP/IP gibi yaygın veri yolu protokolleriyle M-Bus uyumluluğunu sağlarlar [6]. Çalışmada RS232-M-Bus dönüştürücü ve seri porttan bağlantıyı sağlamak için bir USB seri adaptör kullanılmıştır. İletim, senkronizasyonun her karakter için başlangıç ve bitiş bitleriyle uygulandığı asenkron seri bit iletimini kullanır, yarı iki katlı olarak ve en az 300 Baud veri hızıyla gerçekleşmektedir. Şekil 3'te bir baytın çağrı ve yanıtlama yönünde iletilmesi gösterilmektedir [16].



Şekil 3. Çağrı ve cevap yönünde bir karakterin iletimi [16].

**Merkezi Sistem Birimi (Veri Toplama, İşleme ve Faturalandırma):** Toplanan verilerin işlendiği, depolandığı ve otomatik faturalandırmanın yapıldığı ana birimdir. Bu birim, National Instruments LabVIEW grafiksel programlama platformu kullanılarak geliştirilen özel bir yazılım ile yönetilmektedir. LabVIEW, "Laboratory Virtual Instruments For Workbench" ifadesinin kısaltması olup, görsel bir programlama dili (GPL) teknolojisini sunar. Ölçme ve enstrümantasyon odaklı geliştirilmiş bu platform, grafiksel ara yüz oluşturma ve veri elde etme süreçlerinde yaygın olarak kullanılır ve C tabanlı programlara göre daha fazla verimlilik sunar [17]. Merkezi sistem birimi, kalorimetrelerden okunan verileri doğrulamakta, veri tabanına kaydetmekte ve tüketim trendlerini görselleştirmektedir. Ayrıca, enerji tüketimindeki anormallikler için arıza tespiti ve uyarı mekanizmaları da bu birimde bütünleştirilmiştir. Faturalandırma algoritmaları, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nun ilgili yönetmeliklerine uygun olarak tasarlanmıştır.

## 2.2. Veri toplama ve işleme prosedürü

Sistemin veri toplama ve işleme süreci aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiştir:

**Kalorimetre Bağlantısı ve Veri Okuma:** Tüm M-Bus uyumlu kalorimetreler, M-Bus ağı üzerinden RS232-M-Bus dönüştürücüye bağlanmıştır. Dönüştürücü ise USB seri adaptör aracılığıyla merkezi bilgisayara bütünleştirilmiştir. LabVIEW yazılımı, belirlenen periyotlarda (örn: her 15 dakikada bir) kalorimetrelerden

otomatik olarak enerji tüketim verilerini (toplam kWh, anlık tüketim, cihaz durumu vb.) okumuştur. Bu aşamada, seri iletişimin yapılacağı port ve Baud hızı ile kalorimetrenin adres bilgileri (primer veya sekonder ID) ayarlanmaktadır. Tarama ekranında tespit edilen slave'lere ait adresler ve taramanın ilerleyişi takip edilebilmektedir. Okunan HEX kodları ekrana yazdırılarak kalorimetre ile M-Bus dönüştürücü arasında veri alışverişi sağlanmaktadır.

**Veri Doğrulama ve Depolama:** Okunan ham veriler, M-Bus protokolünün **FT 1.2 format sınıfına** uygun olarak (Tek Karakter, Kısa Çerçeve, Kontrol Çerçevesi, Uzun Çerçeve) veri bütünlüğü kontrollerinden geçirilmiştir. Dönüştürülen anlamlı veriler, ayarlar ekranına aktarılarak kontrol edilmekte ve verilerin ne sıklıkla ekrana yazdırılması gerektiği gibi zamanlama ayarları yapılmaktadır. Kalorimetreler pil ile beslendiği için daha uzun süre çalışmaları amacıyla bu değer günde bir defa veri yazılması uygun görülmüştür. Doğrulanmış veriler, tarih ve zaman bilgileriyle birlikte bir veri tabanına kaydedilmiştir. FT 1.2 biçim sınıfı, özel başlangıç karakterleri aracılığıyla tanınabilen üç farklı telgraf biçimini belirtir. Aşağıda ve Tablo 1' de, M-Bus için kullanılan telgraf biçimleri açıklanacaktır [16].

**Tablo 1.** M-Bus protokolünün telegram formatları [16]

Tek Karakter	Kısa Çerçeve	Kontrol Çerçevesi	Uzun Çerçeve
E5h	10h'de başla	68h'de başla	68h'de başla
	C Alanı	L Alanı = 3	L Alanı
	Bir Alan	L Alanı = 3	L Alanı
	Kontrol Toplamı	68h'de başla	68h'de başla
	16 h dur	C Alanı	C Alanı
		Bir Alan	Bir Alan
		CI Alanı	CI Alanı
		Kontrol Toplamı	Kullanıcı Verileri
		16 h dur	(0-252 Bayt)
			Kontrol Toplamı
			16 h dur

**Veri Analizi ve Görselleştirme:** Veritabanında depolanan tüketim verileri, LabVIEW'de geliştirilen arayüz üzerinden görselleştirilmiştir. Program, bu verileri bir tabloya dönüştürerek değerlerin tek noktadan kontrolünü ve izlenmesini sağlamaktadır. Bu sayede, kullanıcılar ve yöneticiler, anlık ve geçmiş tüketim trendlerini, enerji verimliliklerini ve potansiyel arızaları kolayca takip edebilmiştir.

**Otomatik Faturalandırma:** Sistem, toplanan ve analiz edilen tüketim verilerini kullanarak otomatik faturalandırma işlemini gerçekleştirmiştir. Tablolaştırılan veriler, LabVIEW ekranından Excel ortamına aktarılmakta; burada sayaç ID'si ve tüketim değeri gibi faturalar için gerekli olan bilgiler kaydedilmektedir. Excel ortamına aktarılan veriler, burada oluşturulan fatura paylaşım programı ile faturalandırılarak süreç tamamlanmaktadır. Faturalandırma, ilgili yasal düzenlemeler ve önceden tanımlanmış tarifeler esas alınarak yapılmıştır.

### 2.3. Deneysel kurulum ve test ortamı

Geliştirilen bütünleşmiş sistemin performansı ve doğruluğu, laboratuvar ortamında kurulan bir deney düzeneği üzerinde test edilmiştir. Deney düzeneği Şekil 4'te gösterilmektedir.

- **Uygulama Ortamı ve Donanımlar:** Deney düzeneğinde İsta markasına ait **M-Bus dönüştürücü**, Baylan markasına ait 2 adet,İntegral markasına ait 1 adet olmak üzere toplam 3adet **kalorimetre**, seri porttan bağlantıyı sağlamak için **USB seri adaptör** ve bilgisayarda **LabVIEW 2020** programı kullanılmıştır. Bu kurulum,aynı marka sayaçlarla yapılan tekli ve çoklu ölçümlerin yanı sıra farklı marka sayaçlarla da veri okuma, dönüştürme ve faturalandırma işlemlerinin laboratuvar koşullarında başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğini göstermiştir. Özellikle kablolu veri aktarımı tercih edilerek bodrum katlarda yer alan elektrik odaları gibi zorlu koşullarda sistemin kararlılığı test edilmiştir. EN 13756 Standartına göre,tekli bir fiziksel M-Bus hattına doğrudan **250** cihaza kadar bağlantı yapılabilmektedir.
- **Program Arayüzü ve Test Prosedürü:** Deney düzeneği kurulduktan sonra program çalıştırılarak yazılan kodların ve programın arayüzünün olduğu ön panel ve blok diyagram sayfaları açılmıştır (Şekil 5). Seri iletişim ayarları (port ve Baud hızı) ve kalorimetrenin adres bilgileri yapılarak iletişim sağlanmıştır. Sistemden elde edilen tüketim verileri, manuel okumalar veya referans sayaç verileri ile karşılaştırılarak ölçüm doğruluğu ve faturalandırma hassasiyeti belirlenmiştir.
- **Performans Değerlendirmesi:** Sistemin performansı, laboratuvar ortamında öncelikle tek bir sayaç ile başlatılmış, daha sonra iki adet M-Bus uyumlu (Baylan marka) kalorimetre aynı hat üzerinden bağlanarak test edilmiştir. Sonraki aşamada ise bu sayaçlara ek olarak farklı bir marka (Integral) sayaç da eklenmiş ve sistem yeniden test edilmiştir. Ölçümler sonucunda, sistemin 2400 Baud hızında kararlı bir iletişim sağladığı ve veri kaybı yaşanmadığı gözlemlenmiştir. Ölçülen değerler hem sayaç üzerindeki dijital ekrandan hem de farklı bir ticari firmaya ait program kullanılarak doğrulanmıştır. Aynı marka sayaçların sonuçlarında yüzde yüz doğruluk elde edilirken, farklı marka sayaçların aynı anda ölçümü sırasında sayaç markasından kaynaklı veri farklılıkları gözlenmiştir; örneğin, sayaçlardan biri sıcaklık verisini 12,95 °C gösterirken, diğeri 13 °C göstermektedir. Bu değerler baz alınarak sistemin ortalama doğruluk değeri %98,5 olarak öngörülmüştür.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Kalorimetre ve M-Bus dönüştürücü ve seri port yardımı ile bilgisayar birbiri ile iletişim kurması sağlanmaktadır. Bağlantı yapıldıktan sonra mevcutta okumak istenilen kalorimetrenin seri port ayarları yapılır. Ardından kalorimetrenin adresini girilerek haberleşme sağlanır. Şekil 4'te deney düzeneği görülmektedir. İsta markasına ait M-BUS dönüştürücü, Baylan markasına ait kalorimetre, seri porttan bağlantı sağlamak için USB seri adaptör ve Bilgisayarda LabVIEW 2020 programı yardımı ile deney düzeneği hazırlanmıştır.



Şekil 4. Deney düzeneği.

Deney düzeneği kurulduktan sonra program çalıştırılarak yazılan kodların ve programın ara yüzünün olduğu ön panel ve blok diyagram sayfaları açılır. Şekil 5'te sayfaların görseli yer almaktadır.

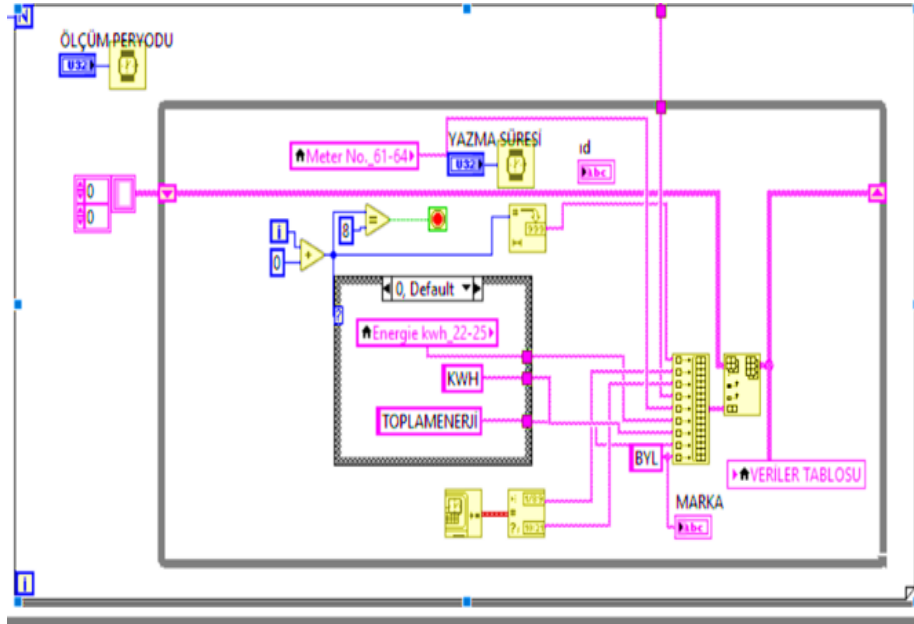


daha uzun süre çalışması için günde bir defa veri yazılması uygun görülmektedir. Şekil 7’de bu değerler görülmektedir.

Başla_0	Enerji kwh_22-25
Uzunluk Alanı_1	Hacim m <sup>3</sup> _28-31
Uzunluk Alanı_2	T1 Giriş Sıcaklık_46-48
Başla_3	T2 Çıkış Sıcaklık 51-53
Kontrol Alanı 4	T1-T2 Sıcaklık Farkı 56-58
Adres Alanı_5 M-Bus adresi	Güç_W 34-37
Kontrol Bilgi Alanı_6	Açık Kalma Süre _67-69
Sayaç No_61-64	Debi_m <sup>3</sup> /h_40-43
Cihaz Türü_14	Ölçüm Zamanı 72_76
Hata Mesajı_16	

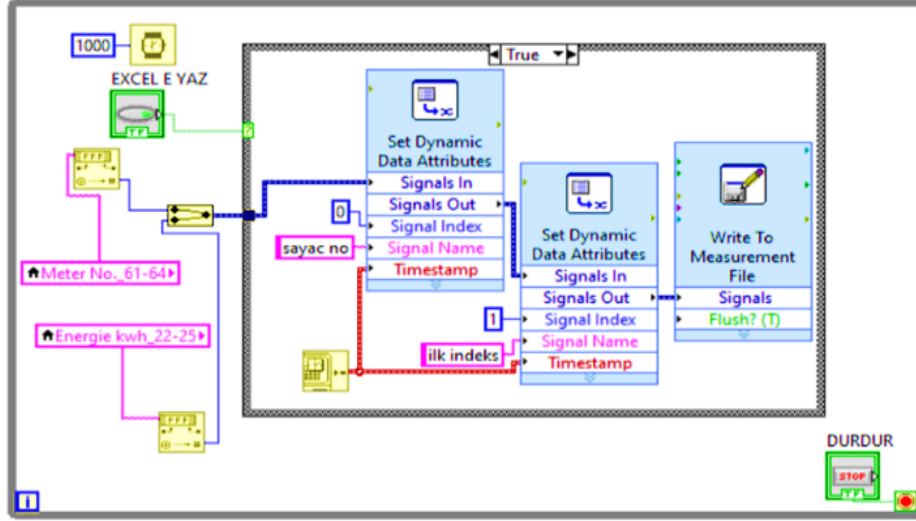
Şekil 7. Verilerin anlamlandırılması.

Program bu verileri bir tabloya çevirerek değerlerin tek noktadan kontrolünü ve izlenmesini sağlamaktadır. Şekil 8’de değerleri tabloya çevirmek için kullanılan görsel kodlar görülmektedir.



Şekil 8. Verilerin tabloya çevrilmesi görsel kodları.

Tablodaki veriler faturaya dönüştürülmek için bir sonraki aşamada LabVIEW ekranından Excel ortamına aktıracaktır. Bu dönüşümü yapan görsel kodları aşağıda şekil 9’da görülmektedir. Faturalarda kullanılan tüketim değeri gerekl olduğundan excel ortamına sayaç ID ve tüketim değeri olarak yazdırılmaktadır.



Şekil 9. Verilerin excel'e aktarma kodları.

Excel ortamına aktarılan yazdırıldığı tarih, tüketim değeri ve sayaç ID si olarak bize fatura oluşturulması için gerekli olan değerlerdir. LabVIEW Front Panel üzerinde oluşturulan fatura sekmesinden yazdırma işlemi kolayca yapılmaktadır.

Son aşamada excel ortamına aktarılan veriler burada oluşturulan fatura paylüt programı ile faturalandırılmaktadır. Fatura programında LabVIEW üzerinden alınan veriler ve yönetmeliklerde belirtilmiş pay etme verileri kullanılarak hazırlanmıştır. Şekil 10’da hazırlanmış olan fatura örneği görülmektedir.

SİTE ADI		DÖNEMİ	
MYRINA PARK		May.25	
MALİK BİLGİLERİ		ÖDENECEK TUTAR(TL)	SON ÖDEME TARİHİ
ADI SOYADI	ERGÜN ACUR	129,46	11.06.2025
BLOK	B	EK ÖDEMELER	
DAİRE NO	5	HİZMET BEDELİ	25
DÖNEM BİLGİLERİ		BİNA ISITMA TÜKETİM BİLGİLERİ	
OKUMA TARİHİ	30.05.2025	TÜKETİM TUTARI	7863,80
SON ÖDEME TARİHİ	14.06.2025	ORTAK.KUL.TUTARI	3370,20
DOĞALGAZ FATURASI	11234	TOPLAM TÜKETİM (KWH)	4303,11
TOPLAM ALAN	5670	M2 BAŞINA TÜKETİM	0,76
BİREYSEL ISITMA GİDERLERİ			
GİDER	BİRİM FİYATI	TÜKETİM MİKTARI	TÜKETİM TUTARI
ISITMA BEDELİ	1,83	10	18,27
ORTAK ALAN GİDER BEDELİ	0,59	145	86,19
DAİRE SAYAÇ BİLGİLERİ			
SAYAÇ NO	5172	İLK ENDEKS	37612
SAYAÇ TİPİ	Kalorimetre	SON ENDEKS	37622
OKUMA TARİHİ	1.06.2025	TÜKETİM (KWh)	10
		TÜKETİM TUTARI	18,27

Şekil 10 .Hazırlanmış fatura örneği.

Hazırlanan kullanıcı dostu ara yüz ile kullanıcılar tüm proje boyunca bahsedilen tüm işlemleri kolaylıkla izleyebilmekte ve işleyebilmektedir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan kalorimetre verilerinin M-Bus haberleşme protokolü aracılığıyla okunmasını ve LabVIEW görsel programlama dili kullanılarak otomatik faturalandırma sürecine bütünleştirilmesi amaçlamıştır.

Geliştirilen yazılım, piyasadaki mevcut ticari çözümlere kıyasla daha düşük maliyetli, esnek, grafik tabanlı ve kullanıcı dostu bir alternatif sunmaktadır. M-Bus protokolü üzerine yapılan çalışmalar genellikle teorik düzeyde olmakla birlikte, bu projede M-Bus haberleşmesi gerçek donanım (Ista LC250) üzerinden uygulamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında sayaçlardan elde edilen veriler yalnızca okunmakla kalmayıp, kullanıcı ara yüzü sayesinde gerçek zamanlı olarak görselleştirilmekte ve kayıt altına alınmaktadır. Ayrıca, geliştirilen sistem modüler bir yapıya sahip olup, farklı sayaç türleri veya protokollerle kolayca bütünleşebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu özellik, sistemin akıllı şehir altyapılarına entegrasyonunu mümkün kılmakta ve enerji yönetimi ile veri toplama süreçlerinde esneklik sağlamaktadır.

Deneysel aşamada, kullanılan donanımlar (kalorimetre, M-Bus dönüştürücü, USB seri adaptör vb.) ve yazılımlar (LabVIEW) ile laboratuvar ortamında başarılı bir şekilde veri okuma, dönüştürme ve faturalandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Özellikle kablolu veri aktarım yöntemi tercih edilerek, bodrum katlar gibi zorlu elektromanyetik koşullara sahip alanlarda sistemin kararlılığı test edilmiştir. Üç sayaç üzerinden yapılan bu uygulama, geliştirilen sistemin doğru çalıştığını ve hedeflenen tüm fonksiyonları başarıyla yerine getirebildiğini göstermiştir.

LabVIEW yazılımı sayesinde oluşturulan kullanıcı dostu ara yüz, görsel programlamanın sağladığı kolaylıklarla hata tespiti ve müdahale süreçlerini önemli ölçüde hızlandırmıştır. Kablolu haberleşme yöntemlerinin kullanılması, elektromanyetik parazit gibi olumsuz dış etkenlerin etkisini azaltmayı hedeflemiş ve sistemin zorlu çevre koşullarındaki performansının gözlemlenmesini sağlamıştır. Ayrıca, dönüştürücü ve sayaç cihazlarının piyasadaki en temel modellerden seçilmesi, sistemin toplam maliyetini düşürmeye katkıda bulunmuştur. Excel ile sağlanan veri aktarımı ise fatura çıktılarının dijital ortama kolayca bütünleşmesini mümkün kılmıştır.

Gelecek çalışmalarda sistemin performansı ve kararlılığı, maksimum sayaç kapasitesine çıkarılarak test edilebilir. Mevcut durumda yerel bağlantı ile çalışan sistem, GPRS, Wi-Fi veya LoRa gibi kablosuz iletişim protokollerinin bütünleştirilmesi uzaktan erişilebilir hale getirilebilir. Ayrıca, kullanıcıların geçmiş fatura dökümlerini takip edebilecekleri ve pil bitmesi, kablo kopması gibi veri okunamayan durumlarda alarm bildirimleri alabilecekleri mobil bir uygulama geliştirilmesi faydalı olacaktır.

Günümüzün gelişen teknolojileri olan yapay zekâ ve makine öğrenimi alanında çalışma yapan araştırmacılar için, bu veriler üzerinde kullanım tahminleri yaparak enerji tasarrufu yöntemleri geliştirme potansiyeli bulunmaktadır. M-Bus protokolünün mevcut temel güvenlik seviyesi göz önüne alındığında, şifreleme ve kimlik doğrulama gibi ileri güvenlik donanımlarının programa bütünleştirilmesi sistemin güvenliğini artıracaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma ile M-Bus haberleşme protokolü kullanılarak geliştirilen otomatik faturalandırma yazılımı hem teknik uygulanabilirliğini hem de merkezi ısıtma sistemlerindeki sektörel ihtiyaçlara cevap verebilme potansiyelini ortaya koymuştur. Geliştirilen sistemin özgün, ekonomik ve geliştirilmeye açık yapısı, benzer projelerde referans olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Bu çalışmanın, gelecekte yapılacak araştırmalara ve sektörel uygulamalara önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

#### Kaynaklar

- [1] International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency in Buildings. Paris: IEA, 2022.
- [2] Türkiye Cumhuriyeti Resmî Gazete. 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu. Resmî Gazete, 02.05.2007, Sayı: 26510.
- [3] Mukul MJ. Design of a graphical user interface for home energy monitoring system. MSc, Aalto University School of Science and Technology, Espoo, Finland, 2010.
- [4] Ahmed T, Miah M, Islam MM, Uddin M. Automatic electric meter reading system: A cost-feasible alternative approach in meter reading for Bangladesh perspective using low-cost digital wattmeter and WiMAX technology. Int J Eng Technol 2011; 8: 1-8.
- [5] Karaman B, Taşkın S, Tokay M. Gerçek zamanlı enerji izleme ve tüketici farkındalığı için LabVIEW™ programı ile otomatik sayaç okuma. J Energy Syst 2021; 33(2): 225-232.
- [6] Gajda G, Retkowski B. Nesnelerin interneti çağında akıllı M-Bus iletişimi. IFAC-PapersOnLine 2018; 51(6): 169-174.

- [7] Zhou Y, ve diğerleri. AI-based anomaly detection in smart metering systems. IEEE Trans Smart Grid 2023; 14(2): 1450-1462.
- [8] Karaca B. Tüketim sayaçlarında M-BUS standartlarının uygulanmasının geleneksel metotlara göre avantajları. Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2023.
- [9] European Commission. Directive (EU) 2023/1791 on energy efficiency and smart metering rollout. Official Journal of the European Union, L 231, 22.09.2023.
- [10] Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 13757-4:2023 – Wireless M-Bus implementation guidelines. Ankara: TSE, 2023.
- [11] International Organization for Standardization (ISO). ISO/IEC 14908-1:2012 – Communication protocol for local area control networks. Geneva: ISO, 2012.
- [12] Jiang MC, Chen JC, Liu YW. WLAN-centric authentication in integrated GPRS-WLAN networks. In: IEEE Vehicular Technology Conference; 6-9 Oct 2003; Orlando, FL, USA. New York, NY, USA: IEEE. pp. 2242-2246.
- [13] Şahin H. Elektronik sayaçlarda kullanılmak üzere uzaktan GPRS modül ile elektronik elektrik sayacı okuma uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2007.
- [14] Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 13757-2: Ölçü aletlerinde haberleşme sistemleri ve uzaktan okuma standardı – Bölüm 2: Fiziksel ve bağlantı hat katmanı. Ankara: TSE, 2005.
- [15] Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 13757-3: Ölçü aletlerinde haberleşme sistemleri ve uzaktan okuma standardı – Bölüm 3: Tahsisli uygulama katmanı. Ankara: TSE, 2005.
- [16] M-Bus Association. M-Bus documentation. Erişim Tarihi: 2024. Erişim adresi: <https://m-bus.com/documentation>
- [17] Şentürk Z, Cebeci KR. LabVIEW denetimli Peltierli ortam soğutucusu. Lisans Bitirme Çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2011.