

# SOSA/SSN sensör ontoloji çerçevelerini kullanarak laboratuvar ortamlarında semantik tabanlı anomali tespiti

## Semantic-based anomaly detection in laboratory environments using SOSA/SSN sensor ontology frameworks

Musa MİLLİ<sup>1\*</sup>, Mehmet MİLLİ<sup>2</sup>, Sanaz LAKESTANI<sup>3</sup>, Özlem AKTAŞ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Deniz Harp Okulu, Milli Savunma Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

[musamilli@gmail.com](mailto:musamilli@gmail.com)

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye.

[mehmetmilli@ibu.edu.tr](mailto:mehmetmilli@ibu.edu.tr)

<sup>3</sup>Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye.

[sanzlakestani@ibu.edu.tr](mailto:sanzlakestani@ibu.edu.tr)

<sup>4</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

[ozlem@cs.edu.tr](mailto:ozlem@cs.edu.tr)

Geliş Tarihi/Received: 05.05.2022  
Kabul Tarihi/Accepted: 07.10.2022

Düzeltilme Tarihi/Revision: 22.08.2022

doi: 10.5505/pajes.2022.95595  
Araştırma Makalesi/Research Article

### Öz

Günümüz modern dünyasında, laboratuvarlar okullarda, hastanelerde ve birçok kurumda, eğitim hayatının, iş hayatının ve gündelik yaşamın vazgeçilmez parçaları haline gelmiştir. Laboratuvarlar gerek eğitim alanında, gerek sağlık alanında veya gerekse endüstriyel alanda kullanılsın en temel prensip çalışanların ve çevrenin güvenliğinin sağlanması olmalıdır. Güvenlik önlemlerin ise en başında insan sağlığını doğrudan etkileyen ve laboratuvarların doğası gereği ortamda bulunmak zorunda olan fiziksel (sıcaklık, nem), kimyasal (gazlar), biyolojik (bakteriler, virüsler) ortam parametrelerinin sürekli izlenmesi, takibinin yapılması ve kontrol altında tutulması gerekmektedir. Laboratuvar ortamlarında bu parametrelerin kontrol altında tutulması birçok yerde ya hiç yapılmamaktadır ya da hala klasik ve konvansiyonel yöntemler ile yapılmaktadır. Bu çalışmada laboratuvar ortam parametrelerinin devamlı izlenmesi amacı ile klasik yöntemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için sensör tabanlı bir sistem kurulmuştur. Önerilen sensör tabanlı sistem semantik web teknolojileri ile anlamsal olarak zenginleştirilmiştir. Böylelikle önerilen sistemin etkinliği ve sürdürülebilirliği de arttırılmıştır. Özellikle son yıllarda tüm dünyayı etkisi altına alan ve hava yolu ile bulaşan Covid-19 gibi hastalıkların yayılımını azaltmak için iç mekân ortamlarının hava kalitelerinin gözetimi ve iyileştirilmesi şarttır. Önerilen çalışmanın özellikle Covid-19 gibi salgın zamanlarında hastaneler, okullar, toplu taşıma araçları ve yoğun bakım üniteleri gibi kritik öneme sahip alanlarda kullanıma potansiyeli yüksektir. Sonraki çalışmalarda önerilen sisteme yapay zekâ yaklaşımları da eklenerek sisteme ileriye yönelik hava kalitesi tahmin kabiliyeti kazandırılacaktır. Geliştirilen sistem sayesinde kurumlar ve firmalar eylem planlarını daha erken devreye sokarak ortam şartlarının yönetilebilirliği noktasında avantaj sağlayacaklardır.

**Anahtar kelimeler:** Laboratuvar ortam ölçümü, Anomali tespiti, Sensör ontolojisi, Kablosuz algılayıcı ağlar, Gerçek zamanlı izleme, İç ortam hava kalitesi, Laboratuvar güvenliği.

### Abstract

In today's modern world, laboratories have become indispensable parts of education life, business life and daily life in schools, hospitals and many institutions. Whether laboratories are used in the field of education, health or industry, the most basic principle should be to ensure the safety of employees and the environment. The foremost security measures are monitoring, following and keeping the physical (temperature, humidity), chemical (gases), biological (bacteria, viruses) environmental parameters that directly affect human health and that have to be in the environment due to the nature of the laboratories under control. Keeping these parameters under control in laboratory environments is either not done at all or is still done with classical and conventional methods. In this study, a sensor-based system was established in order to eliminate the disadvantages of classical methods with the aim of continuous monitoring of laboratory environment parameters. The proposed sensor-based system is semantically enriched with semantic web technologies. Thus, the efficiency and sustainability of the proposed system has been increased. To effectively control and prevent the spread of diseases such as Covid-19, which has affected the whole world in recent years and is transmitted by air, it is essential to monitor and improve the air quality of indoor environments. The proposed study has a high potential to be used in critically important areas such as hospitals, schools, public transport and intensive care units, especially during epidemic times such as Covid-19. By adding artificial intelligence approaches to the proposed system in future studies, the system will gain the ability to predict air quality for the future. Thanks to the developed system, institutions and companies will be able to put their action plans into action earlier and gain an advantage in terms of the manageability of environmental conditions.

**Keywords:** Laboratory environment measurement, Anomaly detection, Sensor ontology, Wireless sensor networks, Real-time monitoring, Indoor air quality, Laboratory safety.

## 1 Giriş

Toplum sağlığının korunması, teknik eğitimin etkin olarak yapılması, teknolojik çalışmalarının sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi ve ekonomik kriterlerin sürdürülebilirliği açısından laboratuvarlar günlük yaşamda hayati önem

taşımaktadır. Laboratuvarlar gerek bir mesleki okul, fakülte veya enstitü gibi eğitim kurumlarının bünyesinde, gerek hastanelerde hastalıkların tanı ve teşhisinde veya endüstriyel alanda analiz hizmeti veren bir kuruluşun bünyesinde yer alsın en temel prensip çalışanların ve çevrenin güvenliğinin sağlanmasıdır. Laboratuvar çalışanına, ortamına, diğer kişilere

\*Yazışılan yazar/Corresponding author

ve çevreye zarar verebilecek fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve radyoaktif tehlikelerin olumsuz sonuçlara sebep vermemesi için bu tehlikelerden kaynaklanan risklerin ortadan kaldırılmasını veya en aza indirilmesini sağlayan her türlü faaliyet laboratuvar güvenliği kapsamında değerlendirilmelidir [1].

Güvenlik önlemleri ihmal edilmiş bir laboratuvar çalışma ortamında zamanla küçük ve büyük ölçekli kazalar yaşanma ihtimali yüksektir. Kazanın boyutuna da bağlı olarak maddi ve manevi çok ağır bedeller ödenmek zorunda kalınabilir. Güvenlik önlemlerinin en başında ortam parametrelerin periyodik olarak izlenmesi ve gaz kaçağı, kimyasal ve biyolojik atıkların oluşturabileceği sızıntılar gibi tehlike oluşturabilecek durumların tespitinin zamanında yapılabilmesi gerekmektedir. Laboratuvar çalışma alanlarındaki kazaların önlenmesi veya minimuma indirilmesi için atılması gereken ilk adım çalışma ortamındaki risklerin tespit edilmesidir [2].

Günümüzde hala birçok kurumda laboratuvar ortamlarındaki parametrelerin takibi pasif ve konvansiyonel yöntemlere ile yürütülmektedir. Fakat bu yöntemlerin işletmelere ve kurumlara, maliyet, iş gücü ve zaman kaybettirdiği aşikârdır. Klasik ve konvansiyonel yöntemlerin tüm bu dezavantajlarının yanında ortam parametrelerinin kurumun veya işletmenin beklenmedik durumlarda daha önceden hazırlanmış olası eylem planlarını harekete geçirmek için yeterli zaman kazandıramaması bu yöntemlerin sürdürülebilirliğini de kısıtlamaktadır. Günümüzde klasik yöntemlerin yerine kurumların ve firmaların anlık tepki vermelerini sağlayacak birçok gerçek zamanlı izleme sistemi geliştirilmeye devam etmektedir [3].

Güvenli ve sağlıklı laboratuvar koşulları konusundaki tüm bu eksikliklerin yanında, son yıllarda birçok ülkede iş sağlığı ve güvenliği kanunlarının da yürürlüğe hızla girmesi ile laboratuvar ortamlarında gerekli güvenlik eğitimlerinin alınması, risk planlarının hazırlanması, cihazların bakımlarının zamanında yapılması, insan ve malzeme kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve zenginleştirilmesine rağmen özellikle üniversitelerin bünyesinde bulunan fakülte, yüksekokul, enstitü ve araştırma merkezi laboratuvarlarında hala birçok güvenlik sorunu ve eksiği bulunmaktadır. Bu eksiklerin en başında birçok laboratuvarda çeşitli amaçlar için bulunduran basınçlı kapların zamanla yıpranarak sızıntı ve kaçaklara sebep olabileceği durumunun göz ardı edilmesi gelmektedir [2]. Yapılan çalışmada bazı iç ortam parametrelerinin önerilen sensör tabanlı sistem ile anlık izlenmesi, laboratuvar ortamlarında basınçlı kaplardaki sızıntı ve kaçaklardan oluşabilecek tehlikeleri de en aza indireceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada laboratuvar ortamlarındaki olası beklenmedik durumların tespit edilmesinde klasik ve konvansiyonel yöntemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak ve işletmelerin veya kurumların acil durumlarda iç dinamiklerini bir an evvel harekete geçirmesi için sensör tabanlı bir sistem kurulmuştur. Kurulan bu gerçek zamanlı laboratuvar ortam izleme sisteminin etkinliğini arttırabilmek, sistemin güvenliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamak için toplanan sensör verileri semantik web teknolojileri [4],[5] kullanılarak anlamı zenginleştirilmiştir. Semantik web teknolojilerinin sunmuş olduğu ontolojiler ile zenginleştirilmiş sensör verileri makinelerin daha kolay anlayabileceği diller ile kodlanmıştır. Bu sayede "machine to machine" (M2M) iletişimin altyapısı kurularak verilerin sistemler arası paylaşılabilirliği artırılmıştır. Bu çalışma boyunca yapılan ölçüm tarihlerinde,

ölçüm yapılan laboratuvarlarda bazı aykırı durumlar sensör ontolojisi sistemi ile tespit edilmiştir.

Makalenin geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: Önerilen çalışmada kullanılan sensör düğümlerinin tasarımı, ölçüm ortamlarına konuşlandırılması, verinin toplanması, veri setinin oluşturulması ve sensör ontoloji çerçevesinin standartlarına genel bir bakış Bölüm 2'de sunulmuştur. Bölüm 3'te toplanan verilerin analizinden elde edilen bilgiler doğrultusunda deneysel sonuçlar değerlendirilmiş ve tespit edilen anomaliler açık bir şekilde sunulmuştur. 4. bölümde ise sonuçlar ile gelecek çalışmalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

## 2 Literatür taraması

Semantik web kavramı ve ontolojiler her ne kadar 90'lı yılların ortalarında girmiş olsa da hayatımıza, bu kavramların sensör verileri için kullanılması ilk defa 2004 yılında Avancha tarafından ortaya atılmıştır [6]. Bu çalışmadan sonra sensör ontolojisi kavramı her geçen gün sensör verilerinin zenginleştirilmesi, birlikte kullanılabilirliği, ve daha iyi anlaşılabilmesi açısından giderek yaygınlaşmaya devam etmiştir. Ayrıca sensör tabanlı sistemler için ortak kelimeler oluşturmak ve farklı platformlardan sensör verilerinin birlikte çalışabilirliğini sağlamak için World Wide Web (W3C) tarafından oluşturulan bir topluluk SOSA/SSN sensör ontoloji çerçevesi tanımlanmış ve bu çerçeveler literatürde yaygın olarak kabul görmüştür [7]. Birçok araştırmacı farklı ortamlardan, farklı platformlardan ve farklı sensörlerden elde ettikleri verileri SOSA/SSN çerçevesini kullanarak temsil etmeye çalışmıştır.

Wang ve diğ. Çin'in Wuhan kentinin güneydoğu bölgesinde yer alan Yangtze gölünde toplanan heterojen hidrolojik ağ kaynaklarından elde edilen sensör verilerini tanımlamak için SSN ontolojisine dayalı bir sensör ontolojisi sunmuştur [8]. Bir başka çalışmada Jin ve Kim, farklı platformların ve cihazların birlikte çalışabilirlik sorunlarını çözmek için anlamsal bir sensör ağına dayalı bir e-sağlık sistemi önermiştir [9]. Bilgileri temsil etmek için IETF YANG modelleme şemasını kullanırlar. Önerilen yaklaşımda, e-Sağlık sensörlerinin, e-Sağlık sistemi için anlamsal birlikte çalışabilirlik desteği ile sensör ağını otomatik olarak yapılandırmaya ve sorgulamaya yardımcı olduğu tartışılmaktadır. Yine konu ile alakalı başka bir çalışmada Adeleke ve diğ. makalelerinde akış muhakemesini kullanarak SSW'de ML tabanlı tahmin sistemini tanıttı [10]. Modelleri, yakın gelecek için sağlıklı bir durumu tahmin etmek için iç ortam hava kalitesi parametrelerinin izlenmesinde değerlendirildi. Çalışmada tek bir sensör ve bu sensörün ölçtüğü PM verileri ontolojiye dahil edildi. Araştırmacılar önerilen ontoloji tabanlı izleme modelini Güney Afrika'da 3 farklı konumda bulunan evlerde test ettiler. Önerilen sistemin, okullar ve hastaneler gibi iç hava kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Bermudez-Edo ve diğ. çalışmalarında anlamsal tekniklerin karmaşıklığı ve işlem süresinin geleneksel yöntemlerden daha uzun sürmesi sebebiyle SSN'nin hafif bir örneği olan IoT-Lite'ı önerdi [11]. Ayrıca ontolojilerde daha fazla esnekliğe sahip olmak için Semantik sensör ağ alanına dinamik ontoloji kavramını getirdiler. Bu dinamik yaklaşımın kullanılabilirliğini göstermek için Danimarka da toplu trafik verilerini kullanarak bir vaka çalışması yapmışlardır. Bu vaka çalışmasında kullanıcılara daha makul sürede cevap döndüğü gösterilmiştir.

SOSA/SSN çerçevesinin en büyük amacı, farklı platformlardan, farklı etki alanlarından ve farklı sensörlerden gelen sensör bilgileri için ortak bir tanımlama çerçevesi oluşturmaktır.

Yukarıda açıklanan çalışmaların bazıları kullanılan teknoloji ve kapsam açısından önerilen çalışmaya literatürde en çok benzeyen çalışmalardır. Yapılan çalışmalar da sensör bilgilerinin tanımlanması için semantik tabanlı bir çerçeve oluşturmuş ve ontolojik sensör bilgileri üzerinde klasik makine öğrenmesi yaklaşımları gerçekleştirilmiştir. Ancak bu çalışmalarda, platformların, sensörlerin ve etki alanlarının sayısı sınırlıydı ve SSN'nin farklı sistemlerde, platformlarda ve alanlarda sensör bilgilerini temsil etme kapasitesi tam olarak kullanılamamıştır. Önerilen çalışmada ise sensör ontolojisine 3 farklı fiziksel alan, 4 farklı platform, 5 farklı sensör ve 8 iç ortam hava kalitesi parametresi eklenmiştir. Dolayısı ile kapsam açısından diğer çalışmalardan farklı olup SOSA/SSN çerçevesinin asıl amacı olan birlikte çalışabilirliğin sağlanabildiğini gösterilebilmesi için literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca yapılan çalışma laboratuvar ortamlarında güvenliğin sağlanması için SOSA/SSN çerçevelerini kullanarak sensör ontolojisinin oluşturulduğu ilk somut çalışmadır.

### 3 Kullanılan malzemeler ve yöntemler

#### 3.1 Sensör tabanlı sistemin kurulması

Çalışma süresince laboratuvar ortamlarındaki devamlı izlenmesi gereken 8 farklı parametrenin ölçümü yapılmış ve kaydedilmiştir. Bu parametreler sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), toplam uçucu organik bileşikler (TVOC), particular material 2.5 (PM<sub>2.5</sub>), particul material 10 (PM<sub>10</sub>), karbon monoksit (CO) ve ışık şiddetidir. Yapılan çalışmada ortam parametrelerinin anlık olarak izlenmesi ve olası anomalilerin tespit edilmesi için sensör tabanlı bir sistem kurulmuştur. Önerilen sensör tabanlı sistem de ortam parametrelerin ölçümü için 5 farklı sensör kullanılmıştır. Ölçüm için kullanılan sensörler ve özellikleri Tablo 1'de detaylı olarak görülmektedir.

Tablo 1'de verilen sensörlerin önerilen çalışmada parametre ölçümü için kullanılmasının sebepleri;

- Hassas ölçüm yapabilme kabiliyetleri,
- Düşük enerji tüketimleri,
- Maliyetlerinin düşük olması,
- Uzun süre stabil çalışabilme kabiliyetleri,
- Çevresel etmenlere karşı dayanıklı olması,
- Daha önce birçok araştırmacının başarılı bir şekilde bu sensörleri çalışmalarında kullanması olarak listeleyebiliriz.

Ölçüm için kullanılacak sensör düğümlerinin iletişimini sağlamak amacı ile araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilen nrf24L01 [12] sensör modülü kullanılmıştır. Sensör düğümlerinin yönetiminin gerçekleştirilmesi için ise mikro işlemci olarak Atmega ailesini barındıran Arduino UNO [13] mikro denetleyici kartı kullanılmıştır. Yukarıda sözü edilen parametrelerin ölçülmesi için 4 farklı düğüm tasarlanmıştır. Bu düğümlerden ilki TypeA diye isimlendirilen Gateway düğümüdür. TypeA düğüm diğer sensör düğümlerinin kendisine gönderdiği ölçüm verilerini baz istasyonuna (basestation) iletmekten sorumludur.

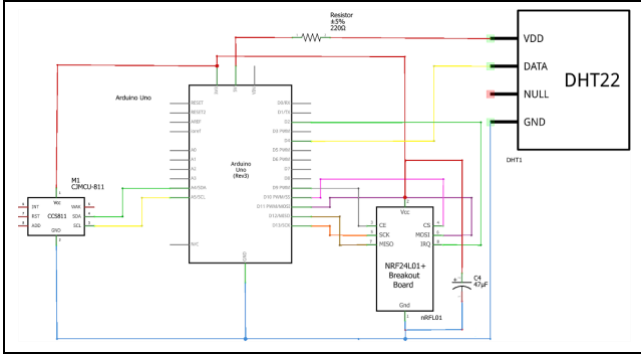
Üzerinde bir takım sensörler barındıran ve ölçüm işlemini gerçekleştiren 2 adet düğüm tasarlanmıştır. Bu düğümlerden TypeB diye isimlendirilen sensör düğümünde DHT22 [14], CCS811 [15] sensörlerini bulundurmaktadır. Diğer ölçüm düğümü olan TypeC'nin üzerinde ise Nova PM [16], MQ7 [17] ve LDR [18] sensörleri bulunmaktadır. Bu iki sensör üzerinde bulundurduğu sensörler vasıtası ile ölçüm işlemini gerçekleştirirler ve ölçüm sonuçlarını ağ geçidi (gateway) düğümüne gönderirler. Son olarak TypeD sensör düğüm tasarlanmıştır. Bu düğümün kurulan kablosuz algılayıcı ağdaki (KKA) görevi mesafeden ve engellerden dolayı TypeB ve TypeC sensör düğümlerinin Gateway düğümüne ulaşamadığı yerlerde iletişimin daha sağlıklı yapılmasını sağlamaktır. Araştırmacıların daha önce yaptıkları ve farklı ortamlarda sensör ontolojilerinin birlikte çalışabilirliklerini konu alan çalışmasında sensör düğümlerinin iletişimi ve ölçüm ortamlarına dağıtılması hakkında karşılaşılan sorunlar detaylı olarak anlatılmaktadır [19].

Kullanılan sensörlerin ölçüm ortamına dağıtılmasında esneklik sağlanması, düğümlerin yönetilmesinin kolay olması, düğümler arasındaki iletişimin daha sağlıklı olması ve düğüm başına harcanan enerji sarfiyatının az olmasının sağlanması gibi sebeplerden dolayı sensörler iki farklı düğüm oluşturulacak şekilde dağıtılmıştır. Kurulan KKA'da veri toplamak için kullanılan TypeB ve TypeC sensör düğümlerinin şematik diyagramları Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmektedir. Sensör düğümleri oluşturulurken karşılaşılan sorunlar, sensörlerin ölçüm ortamına dağıtılması araştırmacıların daha önce yaptıkları, ortam parametreleri sensör verilerinin SOSA/SSN standartına nasıl entegre edileceğini anlatan ve SPARQL sorgularının nasıl çalışılacağına gösterildiği makalede detaylı olarak bahsedilmiştir [20]. Söz konusu geçmiş çalışma farklı alanlardaki verilerin SOSA/SSN ile nasıl entegre edileceği konu alınırken şimdiki çalışmada tasarlanan ontolojik altyapı kullanılarak laboratuvar ortamındaki anormalliklerin tespiti konu alınmıştır.

Tablo 1. Parametreleri ölçmek için kullanılan sensörler ve özellikleri.

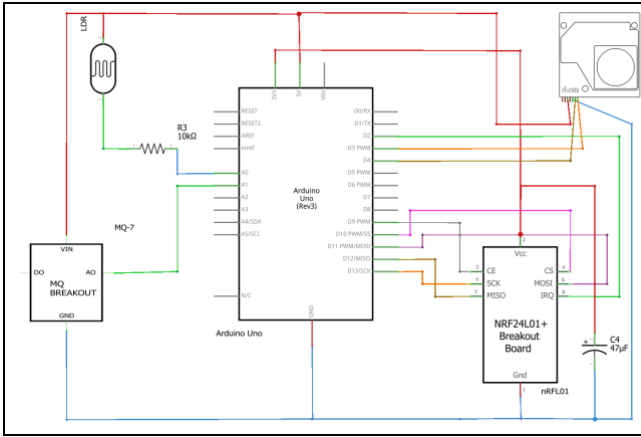
Table 1. Sensors used to measure environmental parameters, and their properties.

Sensör	Ölçülen Parametre	Çözünürlük	Ölçüm Aralığı	Çalışma Voltajı
DHT22	Sıcaklık	0.1 °C	-40 °C-125 °C ± 0.5	3.3-6 V
	Nem	0.1% rh	0%-100% ± 2.5-5	3.3-6 V
CJMCU-811 CCS811	CO <sub>2</sub>	1 ppm	400-29206 ppm	1.8-3.6 V
	TVOC	1 ppb	0-32768 ppb	1.8-3.6 V
MQ-7	CO	0.1 ppm	10-10.000 ppm	5± 0.1 V
Nova SDS011	PM <sub>2.5</sub>	0.1 ppm	0.0-999.9 ppm	5 V
	PM <sub>10</sub>	1 ppm	0.0-999.9 ppm	5 V
Işığa bağımlı dirençler (LDR)	Işık seviyesi	1 %	0%-100%	5 V



Şekil 1. Sıcaklık, nem, TVOC ve CO<sub>2</sub> ölçümü yapan sensörleri barındıran TypeB sensör düğüm.

Figure 1. TypeB sensor node where sensors measuring temperature, humidity, TVOC and CO<sub>2</sub> are located.



Şekil 2. PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO ve ışık şiddeti ölçümü yapan sensörleri barındıran TypeC sensör düğüm.

Figure 2. TypeC sensor node where sensors measuring PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO and light intensity are located.

Çalışma neticesinde elde edilen ham sensör verilerinin analiz edilmesinde ve önerilen sistemin başkalarına aktarımı sırasında karışıklığa meydan vermemek için oluşturulan her sensör düğümüne bir isim verilmiştir. Sensör düğümleri

sistematik bir şekilde isimlendirilmiştir. İsim verme işleminde öncelikle ölçüm alanı olarak belirlenen laboratuvarlar bir rakam ile adlandırılmıştır. Gateway düğüm ve basestation AoxMercury laboratuvarında olduğu için buraya 1, MaldiTof laboratuvarına 2 ve Kromatografi laboratuvarı ise 3 rakamı verilmiştir. Düğümlere de kendi türlerine göre rakam verilmiştir. Type A düğümüne 1, Type B sensör düğümüne 2, Type C sensör düğümüne 3 ve Type D sensör düğümüne de 4 rakamı verilmiştir. Bundan sonra isimlendirme sensör düğümü (Sensor Node) ifade eden SN harflerinin yanına düğümün bulunduğu ölçüm ortamını simgeleyen rakam ve düğüm türünü simgeleyen rakam yan yana getirilerek gerçekleştirilmiştir.

Örneğin Kromatografi laboratuvarında bulunan ve üzerinde DHT22 ve CCS811 sensör düğümlerini barındıran B tipi sensör düğümü SN\_32 olarak adlandırılmıştır. Makalenin bundan sonraki kısmında da sensör düğümler bu şekilde belirtilecektir. Bu sistematik isimlendirmeye göre Gateway düğüm AoxMercury laboratuvarında olduğu ve A tipi sensör düğüm olduğu için SN\_11 olarak isimlendirilmiştir. Tablo 2'de önerilen çalışma kapsamında tasarlanan sensör düğümlerin isimleri, bulunduğu yer, üstünde bulundurduğu sensörler ve ölçebildiği parametreler açıkça gösterilmektedir.

### 3.2 Geliştirilen sensör düğümlerin ölçüm ortamına dağıtılması

Önerilen semantik tabanlı algılama sistemi için veri toplama işlemi Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nde (BAİBU) [21] bulunan Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (BETUM) [22] gerçekleştirilmiştir. Ölçüm alanı olarak seçilen BETUM'da farklı analizlerin gerçekleştirilmesi için kullanılan 10'dan fazla farklı laboratuvar bulunmaktadır. Her ne kadar laboratuvarlarda farklı analizler yapılsa da birçok laboratuvar için benzer ortak tehlikeler bulunmaktadır. Dolayısı ile bu çalışma kapsamında sınırlı ekipman ve bütçe nedeniyle bu laboratuvarlardan en çok kullanılan 3 tanesi aktif ölçüm alanı olarak belirlenmiş ve sensör düğümleri yerleştirilmiştir. Ölçüm alanı olarak belirlenen bu laboratuvarlar MaldiTof, AoxMercury ve Kromatografi'dir.

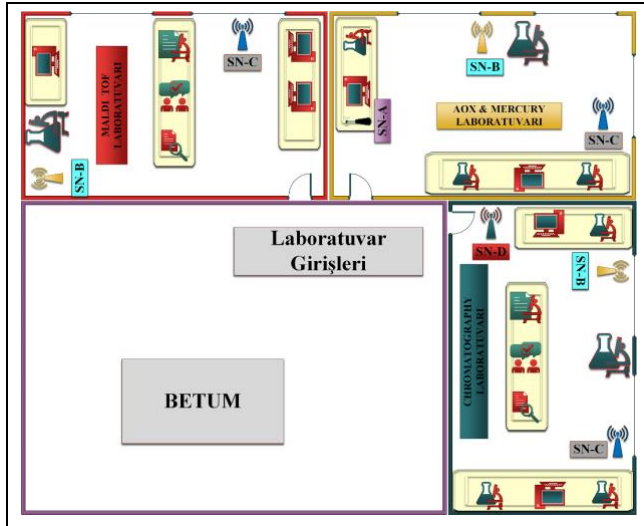
Tablo 2. Kullanılan sensör düğümlerin isimleri, bulunduğu yer, üstünde bulundurduğu sensörler ve ölçebildiği parametreler.

Table 2. The names of the sensor nodes used, their location, the sensors they have on them and the parameters they can measure.

No	Düğüm	Sensör	Laboratuvar	Parametre
1	SN_11	Yok	AoxMercury	Ölçüm Yok
2	SN_12	DHT22-CSS811	AoxMercury	Sıcaklık, TVOC, Nem, CO <sub>2</sub>
3	SN_13	MQ7-SDS11-LDR	AoxMercury	PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , CO, Işık
4	SN_22	DHT22-CSS811	MaldiTof	Sıcaklık, TVOC, Nem, CO <sub>2</sub>
5	SN_23	MQ7-SDS11-LDR	MaldiTof	PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , CO, Işık
6	SN_32	DHT22-CSS811	Kromatografi	Sıcaklık, TVOC, Nem, CO <sub>2</sub>
7	SN_33	MQ7-SDS11-LDR	Kromatografi	PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , CO, Işık
8	SN_34	Yok	Kromatografi	Ölçüm Yok

Bu laboratuvarlarda mikroorganizma tanımlama, proteomik analiz, bakteri sayımı, yağ asidi analizi, anyon-katyon tayini, toplam halojen tayini, katı faz ekstraksiyonu gibi analizler sıklıkla yapılmaktadır. Tüm bu analizlerin yanında BETUM'da dönemsel olarak eğitimler verilmekte ve yine bu laboratuvarlar eğitim ortamı olarak kullanılmaktadır. Ölçüm ortamı için seçilen bu laboratuvarlar gerek sık analiz yapılması gerekse insan sirkülasyonunun fazla olması sebebiyle laboratuvar ortamlarındaki anomalilerin tespiti çalışması için uygun olduğu düşünülmektedir. Nitekim önerilen çalışma için seçilen ölçüm tarihlerinde 2 kere uygulamalı eğitimler verilmiştir. Yapılan çalışmada ölçüm alanı olarak eğitimlerin yapıldığı bu laboratuvarlar kullanılmıştır.

Ölçüm alanı olarak belirlenen, ortalama büyüklükteki, bu laboratuvarlara her laboratuvarında ölçülmek istenen parametrelerin hepsinin ölçülebilmesi için her sensörden en az bir sensör olacak şekilde sensör düğümleri yerleştirildi. Böylelikle ölçülmek istenen 8 parametrenin de her laboratuvarında ayrı ayrı ölçülmesi sağlanmış oldu. Bu amaç doğrultusunda BETUM'da ki ölçümler için başlangıçta toplam 1 tane A Tipi Düğüm (Gateway), 3 tane B Tipi sensör düğümü ve 3 tane C Tipi sensör düğümü tasarlanmıştır. Daha önce açıklanan ölçüm işlemi için kullanılması planlanan ve üzerine çeşitli sensörler yerleştirilen Tip B ve Tip C sensör düğümleri, her laboratuvara bir tane olacak şekilde bu vaka çalışmasında kullanılmak üzere bu 3 laboratuvarında konuşlandırılmıştır. Şekil-3'te de görüldüğü üzere AoxMercury laboratuvarı bu 3 laboratuvarın ortasında olduğu için Gateway düğüm ve Basestation (Bilgisayar) buraya konuşlandırılmıştır. Oluşturulan düğümlerin ve bilgisayarın ölçüm ortamına nasıl konuşlandırıldığı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Sensör düğümlerin BETUM laboratuvarlarına yerleşimi [20].

Figure 3. Placement of sensor nodes in BETUM laboratories [20].

Sensör düğümleri ölçüm alanına yerleştirildikten sonra yaklaşık 2 gün boyunca deneme ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu ölçümlerin sonuçları analiz edildiğinde Gateway düğümüne en uzakta olan Kromatografi laboratuvarındaki C Tipi sensör düğümünden gelen verilerin sayısının diğer düğümlerden gelen verilerin sayısından oldukça az olduğu gözlemlenmiştir. SN\_33'ten gelen verilerin bazen geldiği bazen ise ulaşmadığı görülmüştür. Bu durumun SN\_33

sensör düğümü ile Gateway düğümü arasındaki mesafe ve engellerden kaynaklandığı düşünülen iletişim bozukluğundan meydana geldiği anlaşılmıştır. İki düğüm arasındaki iletişim aksamalarının giderilmesi ve daha sağlıklı bir veri iletişimi için bu iki düğüm arasına bir adet D tipi sensör düğüm (Repeater Node) konulmuştur. Kablosuz algılayıcı ağa eklenen bu düğümün ismi de Tablo 2'de görüldüğü üzere bulunduğu laboratuvar ve düğüm tipi göz önünde bulundurularak SN\_34 olmuştur.

Kablosuz algılayıcı ağa eklenen SN\_34 repeater düğümünden sonra sensörlerin ölçüm kabiliyetlerinin test edilmesi ve ağdaki potansiyel iletişim sorunlarının algılanmasını sağlamak için 2 gün boyunca kurulan kablosuz sensör ağı test edilmiştir. İki gün neticesinde toplanan veriler incelendiğinde sensör düğümlerinin her birinin ve ağdaki iletişimin sağlıklı olduğu kanaatine varılmıştır. Ayrıca son yapılan test aşamasından sonra zaman zaman aralarında iletişim sorunu olduğu tespit edilen SN\_33 ve SN\_11 düğümleri arasındaki iletişim sorununun da araya konan SN\_34 düğümü ile çözüldüğü gözlemlenmiştir.

### 3.3 Ölçüm ortamlarından verilerin toplanması ve veri setinin oluşturulması

Ölçüm alanı olarak seçilen BETUM bünyesindeki laboratuvarlara sensör düğümler yerleştirildikten ve tüm test işlemleri bittikten sonra 29.08.2019 tarihinde saat 16:05'te veri toplama süreci başlatılmıştır. Kurulan KKA'da bulunan sensör düğümlerinin her biri dakikada 1 ölçüm yapacak ve ölçtüğü bu değeri Gateway düğümüne gönderecek şekilde programlanmıştır. Toplanan verilerin sayısı çalışmanın amaçları için uygun seviyelere geldiği ve BETUM laboratuvarındaki cihazların yıllık bakımlarının yapılması nedeniyle veri toplama süreci 12.10.2019 tarihinde sonlandırılmıştır. Böylelikle seçilen ölçüm ortamlarında toplam 45 gün kesintisiz veri toplanmıştır. Bu tarihler arasında her bir sensör yaklaşık 65.000 ölçüm yapmıştır. Toplamda da yaklaşık 1.500.000 ham sensör verisi toplanmıştır.

Eylül ve Ekim aylarının ilk 10 günü BETUM'da daha önceden planlanmış olan teorik ve uygulamalı eğitimler verilmiştir. Eğitimlerin verildiği tarihler bu çalışma için ölçüm tarihi olarak belirlenen ve yukarıda bahsedilen tarihler arasında kalmıştır. Eğitim esnasında ölçüm alanı olarak seçilen bu 3 laboratuvar sıklıkla eğitim alanı olarak da kullanılmıştır. Bu tarihlerde laboratuvarlarda eğitim için yapılan analizler sırasında da kurulan KKA ham sensör verisi toplama işlemine devam etmiştir. Bu durum, laboratuvarında yapılan analizler ve eğitimler sırasında parametrelerde ne gibi değişiklikler olabileceğini göstermesi sebebiyle araştırma sonuçları açısından faydalı olmuştur.

Toplanan verilerin saatlik ortalaması, birçok araştırmacı tarafından sıklıkla üçlü veritabanı olarak kullanılan Apache Jena Fuseki'ye [23] eklendi. Jena Fuseki bir SPARQL [24],[25] sunucusudur. Ayrıca sunucu izleme ve yönetimi açısından net bir kullanıcı arayüzü sağladığı için bu çalışmada üçlü veritabanı olarak tercih edilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında kablosuz algılayıcı ağdan gelen ham sensör verilerinin ilişkisel bir veri tabanından ziyade neden bir üçlü veri tabanında tutulduğunu bir sonraki bölüm olan "Semantik Sensör Ontoloji Çerçevesinin Yapısı" bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır.

### 3.4 Semantik sensör ontoloji çerçevesinin yapısı

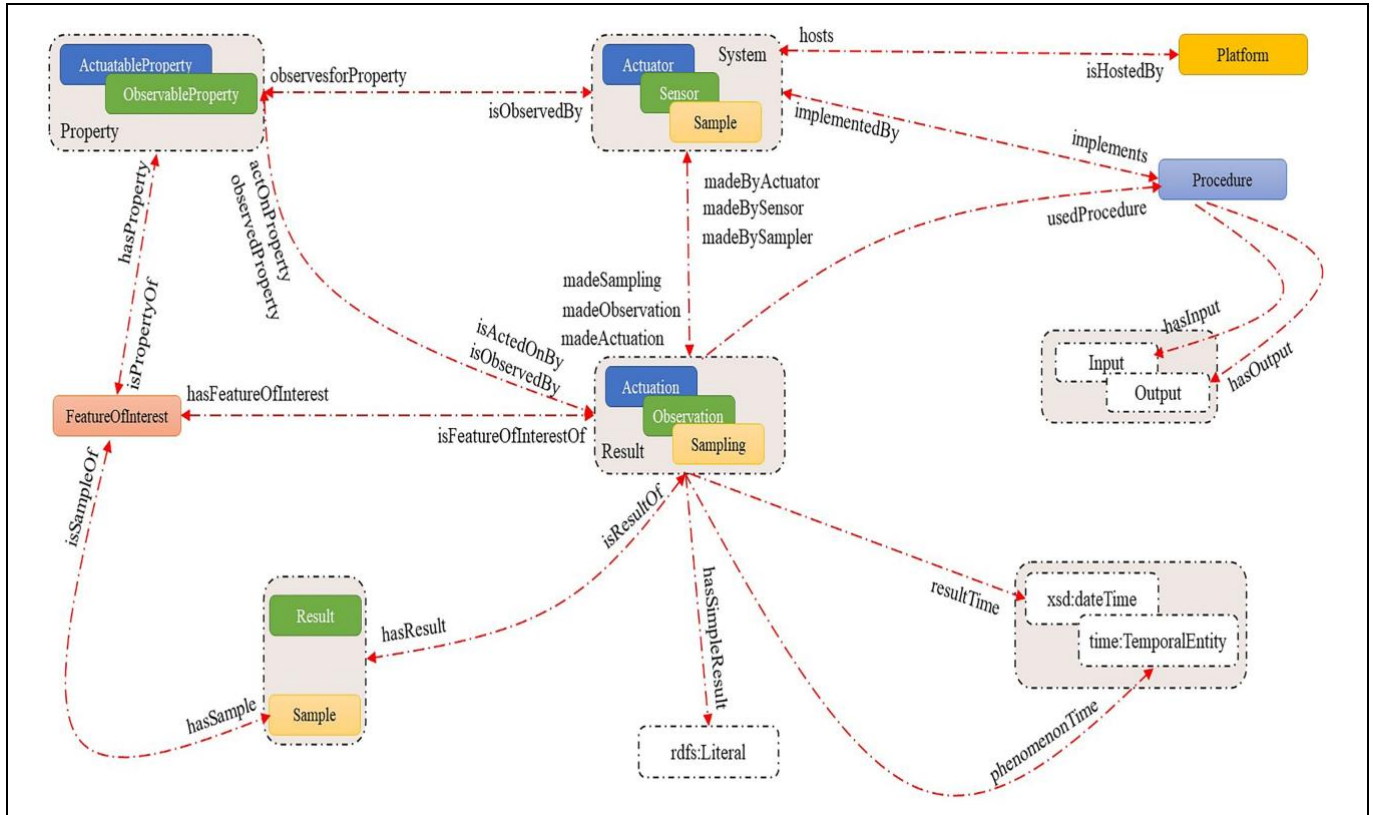
Bu çalışma kapsamında ölçüm alanı olarak seçilen BETUM laboratuvarlarından toplanan veriler kullanılarak World Wide Web Consortium (W3C) tarafından semantik algılayıcı ağlardan gelen verinin temsili için tasarlanan SOSA/SSN'nin [7],[26] örneği oluşturulmuştur. SOSA/SSN ontolojisi farklı platformlardan, sistemlerden ve ağlarından toplanan farklı sözdizimi ve anlam içeren ham sensör verilerinin ortak bir çerçevede yönetilmesi için geliştirilmiş bir altyapıdır. Bu altyapı, heterojen sensör verilerine daha gelişmiş erişim sağlamak, standardize etmek, ekstra açıklamalar eklemek ve anlamlarını zenginleştirmek için semantik teknolojilerin kalbi olan ontolojiler kullanılmaktadır. SOSA/SSN, belirli kavramlar ve modellerle genişletilmesi icap eden, uygulamadan bağımsız bir çerçevedir. Genişletme işlemi, SSN çekirdek ontolojisine bazı sınıflar, nesne özellikleri, veri özelliği alt sınıfları ve ontolojilerin temeli olan bireyler eklenerek yapılmıştır.

SOSA/SSN çerçevelerine eklenen bu ekstra bilgiler, verinin veri tüketicileri (son kullanıcı, veri tabanları, analistler ve bazı sistemler) tarafından daha iyi anlaşılmasına, daha kolay ulaşılmasına, ortamdaki bağımsız paylaşılmasına ve daha etkin yönetilmesine katkı sağlayacaktır. Tüm bunların dışında ontolojiler Resource Description Framework (RDF), Extensible Markup Language (XML) gibi yapısal veri dillerinin üzerine geliştirilen Web Ontoloji Dili (OWL)'ni kullandıklarından, içeriklerin makineler tarafından da anlaşılmasına olanak sağlarlar. W3C'un heterojen sensör verilerini ortak bir çatı

altında yönetmek için oluşturmuş olduğu SOSA/SSN çerçevesinin taslağı çerçeve için hayati öneme sahip olan sensör perspektifinden Şekil 4'te verilmektedir [20],[21].

Önerilen ontoloji, laboratuvar parametreleri izleme sistemlerinde sınıfları, bireyleri, kuralları ve bunların ilişkilerini içerir. Yapılan çalışmada önerilen SOSA/SSN ontoloji çerçevesi Stanford Üniversitesi tarafından geliştirilen Protégé ontoloji editörü ile tasarlanmıştır. Protege, kullanıcıların tanımlaması için bir arayüz sağlayan ücretsiz açık kaynaklı çerçevedir. Protege 5.5 editörü, [27] SSN ontolojisini genişletmek için sınıflar ve alt sınıflar oluşturma, sınıflar arasındaki ilişkileri tanımlama ve görselleştirme becerilerine sahiptir. SOSA/SSN ontolojisinin genişletilmesinde Protege ontoloji geliştirme editörünün seçilmesindeki sebepler arasında;

- Yaygın olarak kullanılması,
- Araştırma ekibi tarafından daha öncede kullanılan bilindik bir geliştirme ortamı olması,
- Kullanımının diğer ontoloji geliştirme editörlerinden nispeten kolay olması,
- Kullanıcıya farklı ve etkin görselleştirme araçları sunabilmesi ve son olarak,
- Kullanıcının ontoloji geliştirme aşamalarında test mekanizmalarını etkin bir şekilde çalıştırabilmesi olarak sıralayabiliriz.



Şekil 4. SOSA/SSN çerçevesinin alt sınıflarından biri olan Sensör perspektifinden görünümü.

Figure 4. View from the Sensor perspective, one of the subclasses of the SOSA/SSN framework.

#### 4 Deneysel sonuçlar

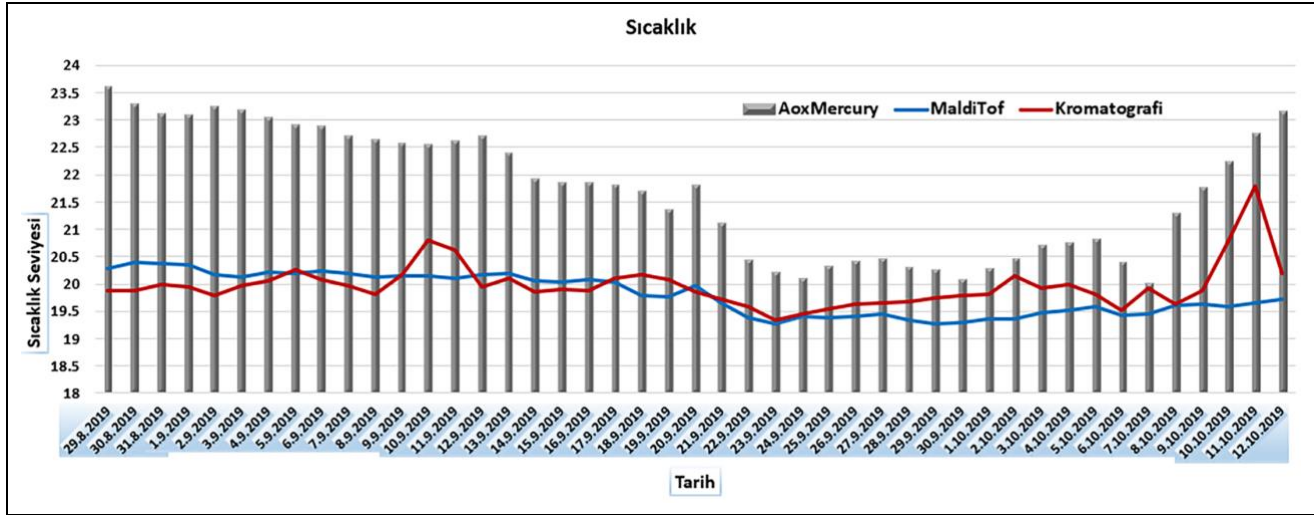
Son yıllarda özellikle salgın vakalarının da artması ile beraber laboratuvarlar sağlık, eğitim, endüstriyel alanlar başta olmak üzere birçok alanda modern yaşamın vazgeçilmez unsurları olmuşlardır. Konu laboratuvarlar olduğunda ilk akla gelen ortamın güvenliği olmaktadır. Laboratuvarda ise ortam parametrelerinin anlık olarak izlenmesi laboratuvar güvenliği için hayati önem taşımaktadır. Önerilen çalışma kapsamında kurulan anlık izleme sistemi ile 45 gün boyunca 8 parametrenin ölçümü yapılmıştır. Ölçüm ortamlarından toplanan bazı sensör verilerinin grafikleri Şekil 5 ve Şekil 6 gösterilmektedir.

Şekil 5'te ölçüm alanı olarak belirlenen laboratuvar ortamlarında toplanan sıcaklık değerlerinin grafiği gösterilmektedir. Bu değerlere bakıldığında AoxMercury laboratuvarındaki sıcaklık değerlerinin MaldiTof ve Kromatografi laboratuvarlarındaki sıcaklık değerlerine göre biraz daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir.

Şekil 6'da ölçüm alanı olarak belirlenen laboratuvar ortamlarında toplanan TVOC değerlerinin grafiği gösterilmektedir. Bu değerlere bakıldığında AoxMercury laboratuvarındaki TVOC değerlerinin MaldiTof ve Kromatografi laboratuvarlarındaki TVOC değerlerine göre biraz daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Tüm bunların yanında MaldiTof ve Kromatografi laboratuvarlarında daha öncede bahsedildiği üzere özellikle teorik ve uygulamalı eğitimlerin verildiği tarihlerde yapılan analizlerden ve ortamda bulunan insan sayısından kaynaklı olarak belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir.

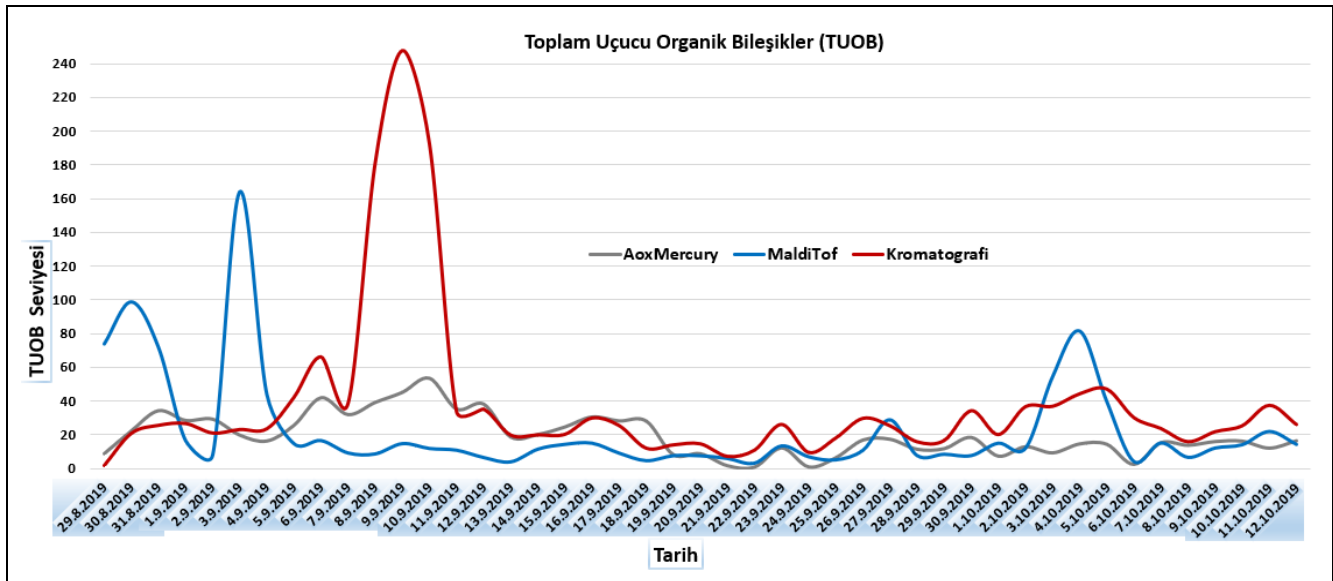
##### 4.1 Tespit edilen anomaliler

Önerilen bu çalışmada temel amaç laboratuvar ortamlarındaki anomalilerin semantik tabanlı bir sistem kullanılarak tespit edilmesi ve bunun laboratuvar yönetimleriyle paylaşılarak gerekli önlemlerin zamanında alınmasını sağlamaktır.



Şekil 5. Ölçüm alanı olarak belirlenen laboratuvarlardan toplanan sıcaklık değerleri.

Figure 5. Temperature values collected from laboratories determined as measurement area.



Şekil 6. Ölçüm alanı olarak belirlenen laboratuvarlardan toplanan TVOC değerleri.

Figure 6. TVOC values collected from laboratories determined as measurement area.

Bu amaç doğrultusunda ölçüm ortamlarında ölçüm tarihleri boyunca bazı anomaliler tespit edilip laboratuvar merkezi yönetimiyle paylaşılmıştır. Bu anomalilerin arasında ışıkların geceleri kapatılmaması, laboratuvarında bulunan klimaların uzun süre bakım yapılmamasından dolayı performansının düşük olması ve laboratuvarı yeterince soğutamaması, tüplerin bazılarında gaz kaçağı tespit edilmesi olarak sıralanabilir. Ölçüm alanı olarak seçilen laboratuvar ortamlarında tespit edilen anomaliler aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

#### 4.1.1 Basınçlı gaz tüplerindeki kaçakların tespiti

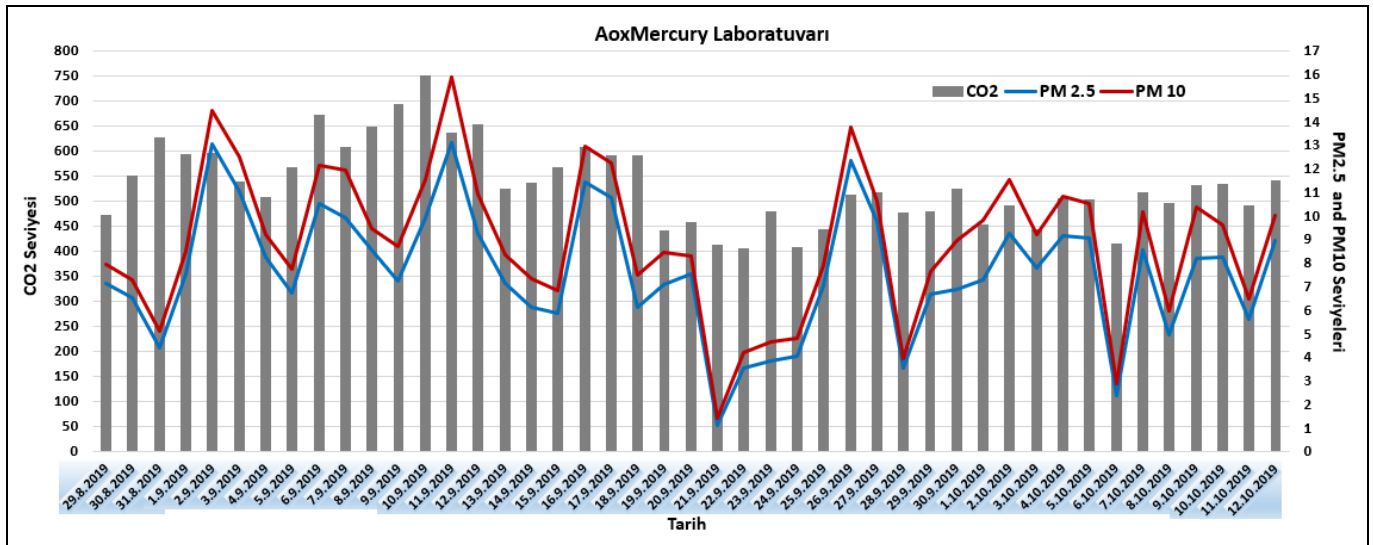
Laboratuvar güvenliği denildiğinde ilk aklı gelen potansiyel anomaliler arasında ortamda insan sağlığına ve analizlerin sonuçlarına olumsuz etkileyebilecek olağanın dışında bir gaz yoğunluğunun bulunması gelmektedir. Ortamda potansiyel olarak bulunabilecek ve insan sağlığına doğrudan etkili olabilecek birçok gaz kokusuz ve renksiz olabilir. Örneğin CO<sub>2</sub> normal koşullarda renksiz, kokusuz, tatsız zehirli bir gazdır, kalsiyum fosfor metabolizmasına müdahale ederek yumuşak dokularda kalsiyum birikiminde artışa neden olabilir [28]-[30].

Yine başka bir örnek verilecek olursa TVOC bu çalışma kapsamında ölçülen parametrelerden biridir. Havada bulunan ve insan sağlığına zarar verebilecek toksinler ve kimyasallardır. Sağlık etkileri, maruz kalma düzeyine bağlı olarak, küçük göz, burun ve boğaz tahrişlerinden karaciğer ve böbrek hasarına veya kansere kadar değişebilir [31]. İnsan çabası ile algılanamayan fakat insan sağlığına ve analiz sonuçlarına zarar verebilecek iç ortam parametreleri örneklerinin sayısı artırılabilir. Ortamdaki gaz yoğunluğunun normal seviyelerde tutulması ve olası anomalilerin önüne geçilmesi için sensör tabanlı sistemler kurulması ve ortamdaki gaz değişimlerinin anlık olarak algılanması hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle yapılan çalışma, güvenli laboratuvar ortamları oluşturulması açısından değerlidir.

Çalışma kapsamında ölçüm ortamı olarak seçilen MaldiTof, AoxMercury ve Kromatografi laboratuvarlarında genel olarak

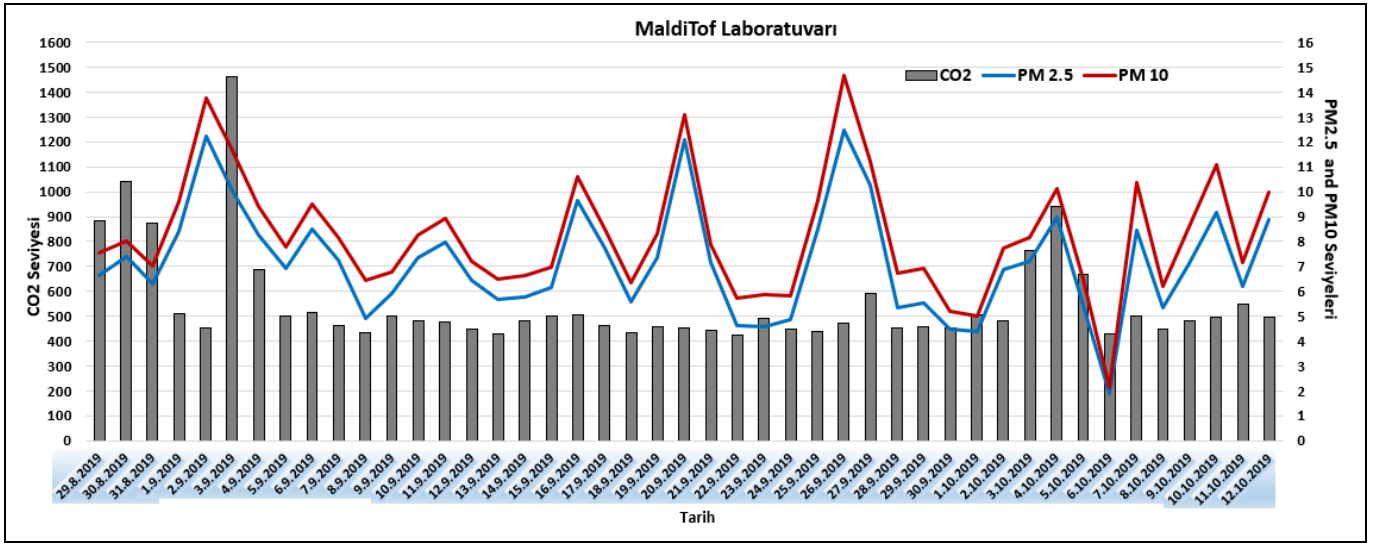
mikroorganizma tanımlama, proteomik analiz, bakteri sayımı, yağ asidi analizi, anyon-katyon tayini, toplam halojen tayini, katı faz ekstraksiyonu gibi analizler sıklıkla yapılmaktadır. Aynı zamanda ölçüm ortamı olarak seçilen bu laboratuvarlarda analizlerde kullanılmak üzere konuşlandırılmış Helyum, Azot başta olmak üzere birçok basınçlı gaz tüpü bulunmaktadır. Bu basınçlı gaz tüplerinde zaman zaman kaçakların olabilme ihtimali mevcuttur.

Yine başka bir örnek verilecek olursa TVOC bu çalışma kapsamında ölçülen parametrelerden biridir. Havada bulunan ve insan sağlığına zarar verebilecek toksinler ve kimyasallardır. Sağlık etkileri, maruziyet düzeyine bağlı olarak, küçük göz, burun ve boğaz tahrişlerinden karaciğer ve böbrek hasarına veya kansere kadar değişebilir [31]. İnsan çabası ile algılanamayan fakat insan sağlığına ve analiz sonuçlarına zarar verebilecek iç ortam parametreleri örneklerinin sayısı artırılabilir. Ortamdaki gaz yoğunluğunun normal seviyelerde tutulması ve olası anomalilerin önüne geçilmesi için sensör tabanlı sistemler kurulması ve ortamdaki gaz değişimlerinin anlık olarak algılanması hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle yapılan çalışma, güvenli laboratuvar ortamları oluşturulması açısından değerlidir. Çalışma kapsamında ölçüm ortamı olarak seçilen MaldiTof, AoxMercury ve Kromatografi laboratuvarlarında genel olarak mikroorganizma tanımlama, proteomik analiz, bakteri sayımı, yağ asidi analizi, anyon-katyon tayini, toplam halojen tayini, katı faz ekstraksiyonu gibi analizler sıklıkla yapılmaktadır. Aynı zamanda ölçüm ortamı olarak seçilen bu laboratuvarlarda analizlerde kullanılmak üzere konuşlandırılmış Helyum, Azot başta olmak üzere birçok basınçlı gaz tüpü bulunmaktadır. Bu basınçlı gaz tüplerinde zaman zaman kaçakların olabilme ihtimali mevcuttur. Şekil 7'de çalışma boyunca ölçüm ortamı olarak seçilen laboratuvarlarda toplanan CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> verilerinin grafikleri sunulmuştur.



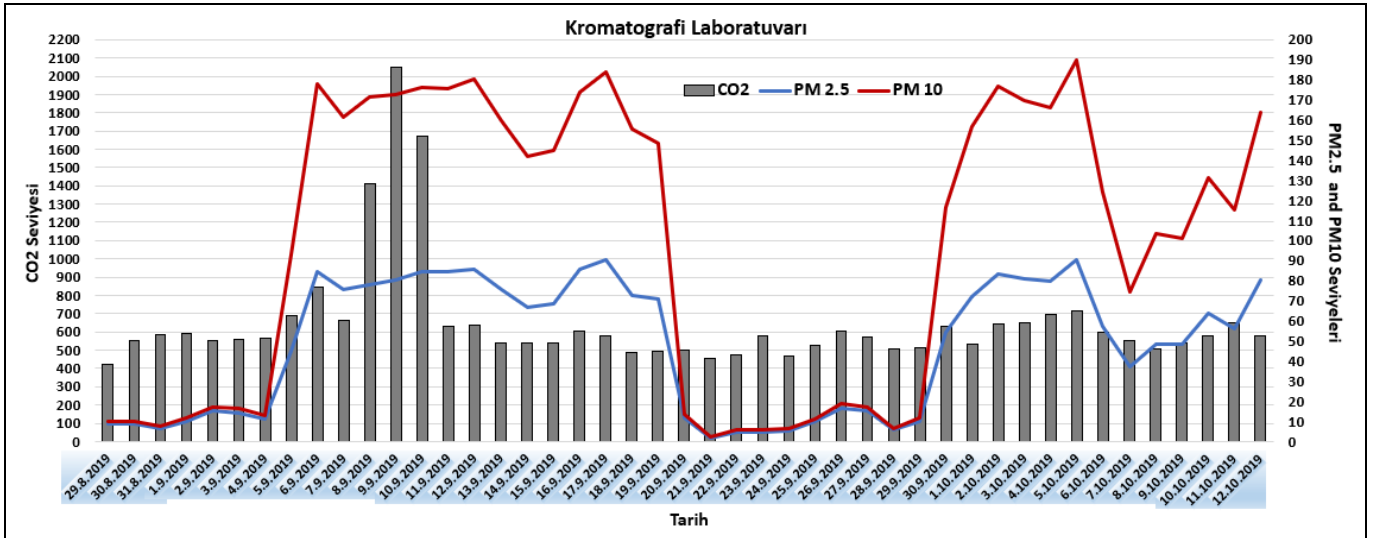
Şekil 7(a): AoxMercury laboratuvarı CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm değerleri.  
Figure 7(a): AoxMercury laboratory CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> measurement values.





Şekil 7(b): MaldiTof laboratuvarı CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm değerleri.

Figure 7(b): MaldiTof laboratory CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> measurement values.



Şekil 7(c): Kromatografi laboratuvarı CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçüm değerleri.

Figure 7(c): Kromatografi laboratory CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> measurement values.

Daha öncede bahsedildiği gibi Eylül ve Ekim aylarının ilk 10 günü BETUM bünyesinde teorik ve uygulamalı eğitimler verilmiş olup bu laboratuvarlar dönüşümlü olarak kullanılmıştır. Şekil 7'deki 3 grafikten de anlaşılacağı üzere eğitimlerin verildiği zaman dilimlerinde CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> parametrelerinin ortamda bulunan kişi sayısına ve yapılan analizlerin sonucunda çıkan gazlara bağlı olarak arttığı açıkça görülmektedir. Eğitimlerden ve analizlerden sonra ortam klasik ve modern yöntemler ile havalandırılmış ve laboratuvar bir sonraki analiz için hazır hale getirilmiştir.

Havalandırma için gerekli işlemler yapıldıktan sonra CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> değerlerinin kısa bir süre içerisinde tekrar normal koşullara dönmesi beklenmiştir. Fakat Kromatografi laboratuvarında CO<sub>2</sub> seviyesi havalandırma işlemlerinden sonra eski seviyesine dönmüş olsada PM değerlerinin eski seviyelerine bir hayli geç dönmüş olması ortamda hala aktif bir PM kirleticisinin bulunduğunu düşündürmüştür. Sonraki gün yapılan incelemelerde analiz sırasında açılan basınçlı tüplerin

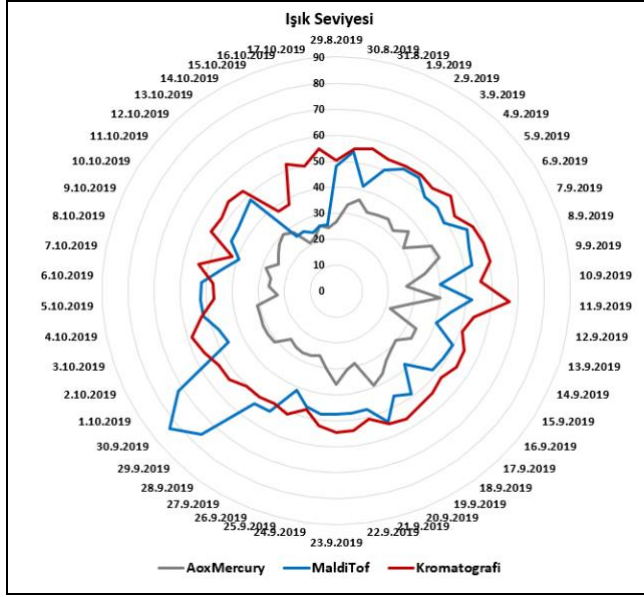
analiz bitiminde kapatıldıktan sonra hala günlerce ölçüm ortamına gaz çıkışı sağladığı tespit edilmiştir. Basınçlı tüplerdeki gaz kaçaqları ortamdaki riskleri arttırdığı gibi aynı zamanda da yapılan çalışmalarda maliyetin artmasına sebep olmaktadır. Herhangi bir olumsuz duruma mahal verilmeden, ortamda bulunan basınçlı gaz tüpleri için gereken bakımlar yapılmış ve önlemler alındıktan sonra Kromatografi laboratuvarındaki iç ortam verileri diğer iki laboratuvarında olduğu gibi normal seyrine dönmüştür.

#### 4.1.2 Aydınlatmaların açık bırakılmasının tespiti

Ölçüm ortamı olarak seçilen merkezi araştırma laboratuvarlarında mesai saatleri genel olarak kamu kurumlarındaki mesai saatleri kıstas alınarak işletilmektedir. Dolayısı ile merkezde bulunan çalışanlar sabah saat 08:00 ile akşam saat 18:00 saatleri arasında laboratuvarlarda analiz yapmaya ve çalışmaya devam etmektedir. Fakat zaman zaman laboratuvar çalışanları işleri bittikten sonra ortamdaki ışıkları kapatmayı unutabilmektedirler. Şekil 8'da ölçüm ortamı olarak

seçilen laboratuvarlardan biri olan AoxMercury, MaldiTof, Kromatografi laboratuvarında ölçüm tarihleri boyunca elde edilen ışık verileri gösterilmektedir.

Şekil 8'de ölçüm ortamı olarak seçilen 3 laboratuvarın ışık seviyeleri verilmektedir. 29.09.2022-01.10.2022 tarihleri arasında MaldiTof laboratuvarındaki ışıkların yaklaşık 3 gün boyunca açık kaldığı görülmektedir. Işıkların açık kaldığı laboratuvarlara konulan sensör sistemlerinin topladığı veriler 01.10.2022 tarihinde analiz edildiğinde anlaşılması ve gerekli işlemler yapılmıştır.



Şekil 8. Ölçüm alanı olarak belirlenen laboratuvarların günlük ortalama ışık şiddeti değerleri.

Figure 8. The daily average light intensity values of the laboratories that determined as the measurement area.

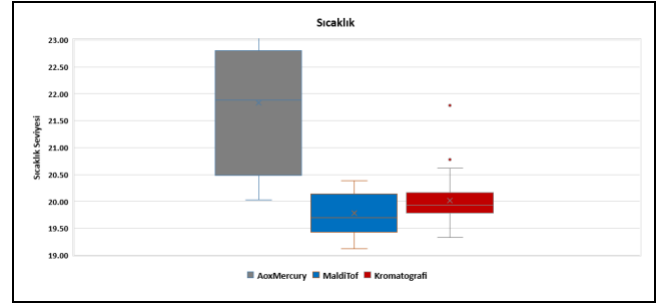
Bundan sonra bu tür durumlara karşı sistemin mümkün olduğunca sık kontrol edilmesi sağlanacaktır. Fakat en doğru çözüm anlık veri alan sistemlerde anlık tepkiler verilebilmesi için mobil veya web tabanlı bir arayüz tasarlamaktır. Çalışmanın bundan sonraki aşamasında oluşturulan gerçek zamanlı ölçümler için semantik web tabanlı ortak bir veri yönetim platformu kurulacak ve sistem anlık olarak arayüzden takip edilecektir.

#### 4.1.3 Ortam soğutucularının gerekli performansı gösterememelerinin tespiti

Ölçüm alanı olarak seçilen 3 laboratuvar da ortam parametreleri analiz sonuçlarını doğrudan etkileyeceği düşünüldüğünde belirli parametrelerin devamlı takibi analizlerin daha sağlıklı sonuçlar vermesini sağlayacaktır. Bu durum, çalışma için seçilen uygulama alanları düşünüldüğünde, her laboratuvar için en önemli parametrelerden birinin ortam sıcaklığı olduğu söylenebilir. Özellikle bu parametre insan sağlığı ve analiz sonuçları beraber düşünüldüğünde hassas bir seyirde stabil tutulması gerekmektedir. Ölçüm ortamı olarak seçilen bu laboratuvarlarda cihazların analiz sonuçlarını doğru okuması için ortalama sıcaklık 21 °C'nin altında olması gerekmektedir. Fakat bazen yapılan analizler saatlerce sürebilmektedir. Bu durumda da personelin olası hastalıklardan korunması ve ortamda uzun süre çalışabilmesi için ortam sıcaklığının 21 °C ve 25 °C aralığında olması gerekmektedir.

Böyle hassas bir durum çalışmasında analiz sonuçlarının en az düzeyde etkilenmesi, insan sağlığının da mümkün olduğunca korunması ve yapılan analizlerin süreklilik arz etmesi açısından ortam sıcaklıklarının optimum düzeyde tutulması şarttır. Bu kadar hassas denge gerektiren bir ortam parametresi söz konusu olduğunda da en etkin yöntemlerden birisi kontrol edilmek istenen ortam parametresinin anlık izlenmesi olacaktır.

Yukarıda bahsedilen kaygılardan ötürü araştırma merkezi yöneticileri tarafından ölçüm alanı olarak belirlenen laboratuvarlarda sıcaklığın ortalama 20 °C-21 °C civarında kalması istenmektedir. Ölçüm yapılan tarihler arasında toplanan sıcaklık verilerinin ortalamasına bakıldığında durum çalışmanın yapıldığı laboratuvarlardan biri olan AoxMercury laboratuvarında istenilen ortalamanın yakalanamadığı ve bazı şeylerin ters gittiği görülmektedir. Şekil 9'da ölçüm ortamı olarak seçilen 3 laboratuvarın ölçüm tarihleri göz önünde bulundurulduğunda ortalama sıcaklık verileri sunulmaktadır.



Şekil 9. Ölçüm alanı olarak belirlenen laboratuvarların ortalama sıcaklık değerleri.

Figure 9. Average temperature values of laboratories that determined as measurement areas.

Şekil 9'da görüldüğü üzere MaldiTof ve Kromatografi laboratuvarlarındaki ortalama ortam sıcaklığı istenilen düzeyde iken AoxMercury laboratuvarında istenilen değerin üzerindedir. Ölçüm ortamı olarak belirlenen bu laboratuvarlarda ortam sıcaklığı iklimlendirme cihazları ile kontrol altına alınmaktadır. Her 3 laboratuvar da kullanılan iklimlendirme cihazları birbirinin aynısıdır ve aynı ayarlar ile çalışmaktadır.

Oluşturulan semantik sensör ağından elde edilen ortalama sıcaklık bilgilerine göre ölçüm alanlarında yapılan değerlendirmeler sonucu AoxMercury laboratuvarında bulunan iklimlendirme cihazının performansının düşük kaldığı tespit edilmiştir. Yapılan incelemelerden sonra AoxMercury laboratuvarında bulunan iklimlendirme cihazının performansının düşük olmasının sebebinin, uzun zamandan beri temizlenmediği için tozdan kaynaklı, cihazın hava girişlerinin ve filtrelerinin kısmen tıkanması olduğu anlaşılmıştır. Sonuçlar laboratuvar yönetimi ile paylaşılmış ve bundan sonra ortam sıcaklığının istenilen düzeyde tutulması için gereken önlemlerin alınması sağlanmıştır.

## 5 Sonuçlar ve gelecek çalışmalar

Hastane, okul gibi kamusal alanlarda yetersiz çevresel parametreler, zamanının çoğunu binalarda geçiren bireylerde kısa ve uzun vadeli yorgunluk, baş ağrısı, baş dönmesi, solunum yolu hastalıkları gibi küçük sağlık problemlerinden, astım, bronşit gibi kronik sağlık sorunlarına neden olabilir. Hatta olumsuz çalışma ortamlarına maruz kalma durumu süreklilik gösterdiğinde bireylerde başta akciğer kanseri olmak üzere

birçok ciddi hastalık görülme olasılığı maruz kalma boyutuna göre değişik oranlarda artmaktadır. Ancak laboratuvar ortamlarında yetersiz çevre koşulları sadece laborantın sağlığına tehdit oluşturmakla kalmayıp kimi analiz sonuçlarını da büyük oranda etkileyebilmektedir.

Önerilen çalışma kapsamında ölçüm ortamı olarak kullanılan laboratuvarlar düşünüldüğünde Kromatografi laboratuvarında sıcaklığın yükselmesi, PM ve Gaz Kromatografi cihazlarının performansına yüksek oranda etki eder. Söz konusu laboratuvarda yapılan VOC analizinde ortamdaki TVOC konsantrasyonunun yükselmesi analizden elde edilen değerlere ve bu değerlere bağlı çıkarımlara negatif yönde etki etmektedir. MaldiTof laboratuvarında geliştirilen mikroorganizma kültüründe ışık seviyesi, ortam sıcaklığı ve CO<sub>2</sub> parametreleri etkilidir. Ortaya çıkan yayın kapsamında verilen örneklerin yanı sıra ortam parametrelerinin anormal değerleri sebebiyle analiz sonuçlarının etkilenmesine verilecek örnek sayısı artırılabilir.

Bunlara ek olarak laboratuvarlarda ölçülecek olan Spektrofotometre, Maldi Tof/Tof-Ms biotyper sistemi, headspace örnekleyici, termal desorber, U-Hplc Ecd detektör gibi pahalı cihazlar bulunmaktadır. Ölçüm ortamlarında artan CO<sub>2</sub>, sıcaklık ve nem söz konusu cihazların paslanmasına sebep olabilir. Paslanma ve cihazlar üzerinde oluşabilecek diğer tahribatlar zaman içerisinde cihazlarda bakım ihtiyacını ortaya çıkarır ve laboratuvar bakım masraflarının artmasına sebep olurlar. Laboratuvarlarda birtakım ortam değişkenindeki kısmi artışların insan sağlığı açısından olumlu etkisi olurken, laboratuvardaki cihazların aktif ömrü ve laboratuvar analizlerinin sonuçları üzerinde negatif etkileri olabilir. Çalışanların 21 °C ile 25 °C arasında çalışma sıcaklığına sahip olması idealdir.

Ancak sıcaklıktaki bu artış organik malzemelerin daha çabuk deforme olmasına neden olacak ve analiz sonuçlarını doğrudan etkileyecektir. Örneğin MaldiTof laboratuvarında mikroorganizmaları tanımlarken ortalama sıcaklığın 20 °C'nin altında olması gerekmektedir. Ters durumda kültür büyük bir hızla yaşlanır ve analiz değerlerinin aldatici olmasına yol açar. Bu nedenle laboratuvarda parametrelerin gözlenmesi ve uygun ortamın insan sağlığını tehdit etmeyecek, analiz sonuçlarını etkilemeyecek ve cihazların ömrünü kısaltmayacak şekilde düzenlenmesi daha karmaşık hale gelmektedir. Bu karmaşık durum ile baş edebilmek için geleneksel yöntemlerden farklı uygulamalara ve çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırma kapsamında önerilen durum çalışmasında, bu karmaşık durumun üstesinden gelmek için sensör verilerinin ontolojisi oluşturulmuştur.

Önerilen çalışmada oluşturulan sensör ontolojisi KKA'dan toplanan verilerin zenginleştirilerek daha anlamlı hale getirilmesini sağlamıştır. Sensör verisi zenginleştirilirken W3C sensör verileri için tanımlanmış olduğu SOSA/SSN çerçevesi temel alınmış ve kullanılmıştır. SOSA/SSN ontolojisi farklı platformlardan, sistemlerden ve ağlardan toplanan farklı sözdizimi ve anlam içeren ham sensör verilerinin ortak bir çerçevede yönetilmesi için geliştirilmiş bir altyapıdır. Bu alt yapı, heterojen sensör verilerine daha gelişmiş erişim sağlamak, standardize etmek, ekstra açıklamalar eklemek ve anlamlarını zenginleştirmek için semantik teknolojilerin kalbi olan ontolojiler kullanılmaktadır. Yapılan araştırma kapsamında SOSA/SSN çekirdek ontolojisine bazı sınıflar, nesne özellikleri, veri özellikleri, alt sınıflar ve ontolojilerde sınıfların birer

yansıması olan bireyler eklenerek çalışmanın amaca uygun olarak genişletilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada önerilen ontoloji tabanlı KKA yukarıda laboratuvar ortamlarında örnekleri verilen karmaşık durumların üstesinden gelmek için kullanılabilir. Anlık izlenmesi gereken ortamlarda, çözüm uzayının sınırlarının ve kıstaslarının çok katı olduğu durumlarda, gereken optimizasyonun yapılması duruma en uygun çözümlerin bulunması açısından veri tüketicilerini (son kullanıcı, yöneticiler, analistler, veri yoğun sistemler) yönlendirme potansiyeli oldukça fazladır. Gelecek çalışmalarda temsil edilen sensör verilerinin daha iyi yorumlanması, paylaşılması ve tekrar kullanılması için daha fazla zenginleştirilmesi sağlanabilir. Önerilen semantik sensör ağının kapsamının artırılıp farklı platform, farklı ortam, farklı sistem ve farklı durum çalışmaları eklenerek heterojen sistemler için uygunluğu tartışılabilir. Veri hacmi yüksek olan sistemlerde veri madenciliği ve makine öğrenmesi yaklaşımlarının birlikte kullanılması veriden çıkarılacak bilginin faydalarını arttıracak birçok çalışmada kanıtlanmıştır [32],[33]. Bu çalışmanın, semantik sensör ağından elde edilen veriler üzerinde veri madenciliği yöntemleri ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak yeni yapılacak tahmin çalışmalarına farklı bir boyut kazandırma potansiyeli oldukça fazladır.

## 6 Conclusion

Inadequate environmental parameters in public places such as hospitals and schools can cause health problems such as short and long-term fatigue, headache, dizziness, respiratory tract diseases, and chronic health problems such as asthma and bronchitis in individuals who spend most of their time in these buildings. In fact, when exposed to hazardous working conditions on a continual basis, the risk of several serious diseases, including lung cancer, rises at varying rates depending on the length of exposure. However, inadequate environmental conditions in laboratory environments not only pose a threat to the health of the laboratory assistant but also can greatly affect the results of some analyses.

Considering the laboratories utilized as measurement conditions in the proposed study, it has been observed that an increase in temperature in the chromatography laboratory has a significant impact on the performance of PM and Gas Chromatography devices. In the VOC analysis carried out in the said laboratory, the increase in the TVOC concentration in the environment negatively affects the values obtained from the analysis and the inferences based on these values. Light level, ambient temperature and CO<sub>2</sub> parameters are effective in the microorganism culture developed in the Maldi Tof laboratory. Regardless of the examples given in this study, the number of experiments that may be affected by a lack of proper laboratory parameters can be enhanced.

In addition, there are expensive devices such as Spectrophotometer, Maldi Tof/Tof-Ms biotyper system, headspace sampler, thermal desorber, U-Hplc Ecd detector to be measured in laboratories. Increased CO<sub>2</sub>, temperature and humidity in measurement environments may cause corrosion of the devices in question. Corrosion and other damages that may occur on the devices cause the need for maintenance on the devices over time and cause an increase in laboratory maintenance costs. While partial increases in some environment variables in laboratories have a positive effect on human health, they may have negative effects on the active life of the devices in the laboratory and the results of laboratory

analysis. Ideally, employees should have a working temperature between 21 °C and 25 °C.

However, this increase in temperature will cause organic materials to deform more quickly and will directly affect the analysis results. For example, when identifying microorganisms in the MaldiTof laboratory, the average temperature should be below 20 °C. Conversely situation, the culture ages very rapidly, causing the analysis values to be deceptive. For this reason, monitoring the parameters in the laboratory and arranging the appropriate environment in a way that does not threaten human health, affect the analysis results and shorten the life of the devices becomes more complex. In order to cope with this complex situation, different applications and solutions from traditional methods are needed. In this study, an ontology of sensor data has been created to overcome this complex situation.

The sensor ontology created in the proposed study enabled the data collected from the WSN to be enriched and made more meaningful. In the sensor data enrichment, the SOSA/SSN framework defined by W3C for sensor data is based and used. SOSA/SSN ontology is an infrastructure developed for the management of raw sensor data with different syntax and meaning collected from different platforms, systems and networks in a common framework. This infrastructure uses ontologies, the heart of semantic technologies, to provide enhanced access to heterogeneous sensor data, standardize, add extra annotations and enrich their meaning. Within the scope of the research, some classes, object properties, data properties, subclasses and individuals that are reflections of classes in ontologies were added to the SOSA/SSN core ontology and the study was extended in accordance with the purpose.

The ontology-based WSN proposed in this study can be used to overcome the complex situations exemplified above in laboratory settings. In environments where instant monitoring is required, where the boundaries and criteria of the solution space are very strict, the potential to guide data consumers (end users, managers, analysts, data-intensive systems) is quite high in terms of making the necessary optimization and finding the most suitable solutions for the situation. Further enrichment is possible in order to improve the understanding, sharing, and reuse of sensor data in future investigations. The applicability of the proposed semantic sensor network for heterogeneous systems can be discussed by broadening its scope and including other platforms, contexts, systems, and case studies. It has been proven in many studies that using data mining and machine learning approaches together in systems with high data volume will increase the benefits of the information to be extracted from the data [32],[33]. This study has a great potential to add a different dimension to new prediction studies by using data mining methods and machine learning algorithms on the data obtained from the semantic sensor network.

## 7 Yazar katkı beyanı

Yapılan çalışmada fikirlerin oluşturulmasında, teorik altyapının hazırlanmasında eşit katkılar vermiştir. Musa MİLLİ, Sanaz LAKESTANI, Özlem AKTAŞ yazım denetimi ve makalenin içerik açısından kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuştur. Mehmet MİLLİ literatür taraması yapmıştır ve sensörlerin yerleştirilip verilerin toplanmasını sağlamıştır.

## 8 Kaynaklar

- [1] Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü Tüketici Güvenliği ve Halk Sağlığı Laboratuvarları Dairesi Başkanlığı. "Laboratuvar Güvenliği El Kitabı". Ankara, Türkiye, 1114, 2019.
- [2] Aktar T. Kimyasal Gaz Dolum İşlemlerinde Risklerin Belirlenmesi ve Kimyasal Maruziyet Ölçümünün Yapılması. Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2016.
- [3] Aktaş MS. "Olay tabanlı sistemlerde karmaşık olayların tespiti amaçlı gerçek zamanlı izleme alt yapısı". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(2), 199-207, 2019.
- [4] Kuck G. "Tim Berners-lee's semantic web". *South African Journal Information Management*, 6(1), 1-10, 2004.
- [5] Berners-lee T, Hendler J, Lassila O. "The semantic web". *Scientific American*, 284(5), 35-43, 2001.
- [6] Avancha S, Patel C, Joshi A. "Ontology-driven adaptive sensor networks". *The First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, Boston, USA, 26 August 2004.
- [7] Haller A, Janowicz K, Cox SJD, Le Phuoc D, Taylor K, Lefrançois M. "Semantic Sensor Network Ontology". <https://www.w3.org/TR/2017/REC-vocab-ssn-20171019/> (20.03.2022).
- [8] Wang C, Chen Z, Chen N, Wang W. "A hydrological sensor web ontology based on the SSN ontology: A case study for a flood". *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(1), 1-15, 2018.
- [9] Jin W, Kim DH. "Design and implementation of e-health system based on semantic sensor network using IETF YANG". *Sensors*, 18(2), 629-654, 2018.
- [10] Adeleke JA, Moodley D, Rens G, Adewumi AO. "Integrating statistical machine learning in a semantic sensor web for proactive monitoring and control". *Sensors*, 17(4), 1-23, 2017.
- [11] Bermudez-Edo M, Elsaleh T, Barnaghi P, Taylor K. "IoT-lite: a lightweight semantic model for the internet of things and its use with dynamic semantics". *Personal and Ubiquitous Computing*, 21(3), 475-487, 2017.
- [12] Semiconductor Nordic. "nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver Product Specification v1.0". [https://www.mouser.com/datasheet/2/297/nRF24L01\\_Product\\_Specification\\_v2\\_0-9199.pdf](https://www.mouser.com/datasheet/2/297/nRF24L01_Product_Specification_v2_0-9199.pdf) (11.04.2022).
- [13] Baxter R, Hastings N, Law A, Glass EJ. "Arduino uno R3". *Animal Genetics*, 39(5), 561-563, 2008.
- [14] Guangzhou Aosong Electronic Company Limited. "Digital-Output Relative Humidity and Temperature Sensör/Module DHT22 Datasheet". <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf> (11.04.2022).
- [15] Advanced Manufacturing Services Electronics Limited. "CCS811 Ultra-Low Power Digital Gas Sensör for Monitoring Indoor Air Quality". [https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/1/4/3/CCS811\\_Datasheet-DS000459.pdf](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/1/4/3/CCS811_Datasheet-DS000459.pdf) (11.04.2022).
- [16] Nova Fitness Company Limited. "Laser Particulate Matter 2.5 and Particulate Matter 10 Air Quality Sensör Specification". <https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/X200/SDS011-DATASHEET.pdf> (11.04.2022).

- [17] Henan Hanwei Electronics Company Limited. "MQ-7 Semiconductor Sensör For Carbon Monoxide". <https://www.pololu.com/file/0J313/MQ7.pdf> (11.04.2022).
- [18] Sunrom Electronics Technology. "Light Dependent Resistor Specification (LDR)/ Sensör Datasheet". <https://www.sunrom.com/download/3190-LDR.pdf> (11.04.2022).
- [19] Aktaş Ö, Milli M, Lakestani S, Milli M. "Knowledge management system for semantic sensor data". *IEEE 2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference*, Gaziantep, Turkey, 5-7 October 2020.
- [20] Aktaş Ö, Milli M, Lakestani S, Milli M. "Modelling sensor ontology with the SOSA/SSN frameworks: a case study for laboratory parameters". *Turkish Journal of Electrical Engineering And Computer Sciences*, 28(5), 2566-2585, 2020.
- [21] BAIBU. "Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi". <http://www.ibu.edu.tr/tr> (11.04.2022).
- [22] SITARC. "Bolu Abant İzzet Üniversitesi Bilimsel Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi". <http://www.ibu.edu.tr/tr> (11.04.2022).
- [23] Apache. "Apache Jena Fuseki". <https://jena.apache.org/> (27.02.2022).
- [24] Bizer C, Schultz A. "The Berlin SPARQL benchmark". *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 5(2), 1-24, 2009.
- [25] Pérez J, Arenas M, Gutierrez C. "Semantics and complexity of SPARQL". *ACM Transactions on Database Systems*, 34(3), 1-45, 2009.
- [26] Haller A, Janowicz K, Cox SJD, Lefrançois M, Taylor K, Le Phuoc D, Lieberman J, Garcia-Castro R, Atkinson R, Stadler C. "The modular SSN ontology: A joint W3C and OGC standard specifying the semantics of sensors, observations, sampling, and actuation". *Semantic Web*, 10(1), 9-32, 2018.
- [27] Musen MA, Protégé Team. "The protégé project". *AI Matters*, 1(4), 4-12, 2015.
- [28] Salamah U, Sakti SP, Soetedjo H, Naba A. "Non-contact technique for CO<sub>2</sub> gas monitoring using thermal imaging camera". *International Conference Science Physics and Education*, Mataram City, Indonesia, 10-11 September 2021.
- [29] Hussan KPS, Moidu HH, Thayyil MS, Jinita TV, Antony A, Govindaraj G. "Physisorption mechanism in a novel ionogel membrane based CO<sub>2</sub> gas sensor". *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(20), 25164-25174, 2021.
- [30] Rahman H, Abdillah AA, Apriana A, Handaya D, Assagaf I. "Indoor CO<sub>2</sub> level-based occupancy estimation at low-scale occupant using statistical learning method". *4<sup>th</sup> International Conference of Computer and Informatics Engineering*, Yogyakarta, Indonesia, 14-15 September 2021.
- [31] Zahangeer AM, Armin E, Haque MM, Halsey J, Qayum MA. "Air pollutants and their possible health effects at different locations in Dhaka City". *Journal of Current Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 8(1), 1-19, 2018.
- [32] Başakın EE, Ekmekcioğlu Ö, Özger M. "Makine öğrenmesi yöntemleri ile kuraklık analizi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(8), 985-991, 2019.
- [33] Erdoğan ŞZ, Geren, MÖ. "Regional temperature and humidity monitoring via mobile sensor nodes". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(2), 344-349, 2018.