

Meteoroloji Destekli Astronomik Görüş Ölçümü için Otomatik İstasyon Tasarımı ve Prototip Yapımı

Program Kodu: 1001

Proje No: 113F266

Proje Yürütücüsü:

Sinan Kaan Yerli

Araştırmacılar:

Tansel Ak

Nazım Aksaker

Volkan Bakış

Serdar Evren

İbrahim Küçük

Tuncay Özdemir

Tuncay Özışık

Korhan Yelkenci

Danışmanlar:

Zeki Aslan

Mustafa Atılan

Bursiyerler:

Recep Balbay

Mohammad Shameoni Nuaei

Oğuzhan Sarı

Cihan Tuğrul Tezcan

Ekim 2017

Ankara

1. Önsöz ve Tarihçe

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG), kurullar arası ortak çalıştayında (29-31 Mart, 2013, Antalya), büyük teleskoplar için Türkiye'de uygun yerlerin belirlenmesi gündeme gelmişti. Bu doğrultuda toplanan bölüm/birim temsilcileri ve diğer katılımcılar (11 Mayıs 2013 - İstanbul), Türk astronomlarının geleceğe yönelik gözlemsel gereksinimlerini karşılayacak büyük teleskoplar için Türkiye coğrafyasındaki potansiyel yerlerin belirlenmesi konusunu tartıştı, ön çalışmaların başlatılmasına karar verdi ve bir sonuç bildirgesi yayınladı (bkz. Ek-1).

Bu çalışmaların yürütülmesi ve sunulması amacıyla oluşturulan çalışma grupları önce "Coğrafi Bilgi Sistemi katman çalışmasını" (bkz. Ek-2) ve "Gözlemevi Yerleşkesi Aday Adayı Belirleme çalışmasını" (bkz. Ek-3) tamamladı.

Son toplantıda alınan karar doğrultusunda aday adayı sitelerin gökyüzü kalitelerinin yerinde ölçülerek "yer seçimi" çalışmasının doğrulanması gerektiği vurgulanmıştır. Bu amaca hizmet edecek bir gözlem istasyonunun yapılabilirliğini göstermek dolayısıyla da istasyonun tüm aday adayı sitelerde konuşlandırabilmek adına 7 Eylül 2013'te yapılan **TÜBİTAK 1001** proje başvurusunun 13 Ocak 2014'te onaylanıp **113F266** numaralı projenin 1 Nisan 2014'te yürürlüğe girmesiyle bu çalışma başlatılmış ve yürütülüp tamamlanmıştır.

Projenin kapanış çalıştayını 12 Ağustos 2017 gerçekleştirilerek sonuçları Türk astronomi camiasıyla paylaşılmış, var olan prototipin ve gelecekte kullanılacak GÖKSİS prototipi için öneriler toplanmış ve bir sonuç bildirgesiyle karara bağlanmıştır (bkz. Ek-4).

Bu uzun soluklu ancak Türk astronomisine önemli katkılar sağlayan, uluslararası düzeyde böyle bir prototipin yapılabilirliğini gösteren ve Türk gözlemcilere TUG yerleşkesinde yeni bir gözlem istasyonu sağlayan **TÜBİTAK'a** ve projenin ve prototip kurulumunun her aşamasında verdikleri sınırsız ve özverili destekten dolayı **TUG Müdürlüğüne** ve **TUG personeline** teşekkür ediyoruz.

2. İçindekiler

1. Önsöz ve Tarihçe	i
2. İçindekiler	ii
3. Şekil Listesi	iv
4. Tablo Listesi	v
5. Özet	vi
6. Abstract	vii
7. Giriş	1
8. GÖKSİS (Gökyüzü Kalitesi Ölçüm Sistemi)	3
8.1. GÖKSİS Ölçerleri	3
8.1.1. Astronomik Görüş (Seeing Monitor - SM)	4
8.1.2. Tüm Gökyüzü Kamerası (All Sky Camera - ASC)	4
8.1.3. Bulutluluk Ölçeri (Boltwood - BW)	4
8.1.4. Gökyüzü Parlaklığı Ölçümü (Sky Quality Meter - SQM)	5
8.1.5. Meteoroloji İstasyonu (METEO)	5
8.2. GÖKSİS Altyapısı	5
8.2.1. Platform	5
8.2.2. Güç	5
8.2.3. Ađ	6
9. Veri Toplama ve Yönetimi	7
9.1. Veri Aktarımı	7
9.2. Yazılım	7
9.3. Veri Depolama ve Sunum	8
10. GÖKSİS Gözlemleri	9
10.1. İlk IŞık	9
10.2. Astronomik Görüş	9
10.3. Bulutluluk	10
10.4. Meteoroloji	10
10.5. Gece Gökyüzü Parlaklığı	11
11. GÖKSİS Teknik Özellikler	12
11.1. ASC	12
11.2. BW	12
11.3. VSL	13
11.4. SM	13
11.5. SQM	14
11.6. Altyapı	14
12. GÖKSİS Maliyet Hesabı	15

13. İyileştirmeler	16
14. Sonuç ve Gelecek Öngörülerini	19
15. Kaynaklar	21
16. Ekler	22
16.1. Türkiye'de Büyük Teleskoplar için Yer Belirleme Çalışmaları Çalıştayı – I	22
16.2. Türkiye'de Büyük Teleskoplar için Yer Seçimi Çalışması RAPOR - 2013-01.....	23
16.3. Büyük Çaplı Teleskoplar İçin Türkiye Coğrafyasında Yer Belirleme Çalıştayı-II ..	24
16.4. Gözlemleri için Gökyüzü Kalitesi Ölçümleri Çalıştayı.....	25

3. Şekil Listesi

Şekil 1. GÖKSİS Logosu	2
Şekil 2. GÖKSİS sisteminin temel ölçerleri.	4
Şekil 3. GÖKSİS ölçerlerinden toplanan verinin akış diagramı.....	7
Şekil 4. LabView ortamında yazılan GÖKSİS izleme arayüzü.....	8
Şekil 5. ASC ile 08.07.2017-07:50:30'da alınan "ilk ışık"	9
Şekil 6. DIMM ölçümlerinin karşılaştırılması.	10
Şekil 7. Farklı tarihlerde SQM'den alınan gökyüzü parlaklığına karşı zamanın grafiği.....	11
Şekil 8. GÖKSİS ve ASC (All Sky Camera)	12
Şekil 9. GÖKSİS ve BW (Boltwood).....	12
Şekil 10. GÖKSİS ve Vaisala Meteo İstasyonu.....	13
Şekil 11. GÖKSİS ve SM (Seeing Monitor) Özellikleri	13
Şekil 12. GÖKSİS ve SQM (Sky Quality Meter)	14
Şekil 13. GÖKSİS İstasyon Altyapısı	14
Şekil 14. Uyarlanması düşünülen yeni kuşak GÖKSİS kontrol paneli.	18

4. Tablo Listesi

Tablo 1. CBS Grup Çalışması sonuçları.....	1
Tablo 2. ASC (All Sky Camera) Özellikleri.....	12
Tablo 3. BW (Boltwood) Özellikleri.....	12
Tablo 4. Vaisala Özellikleri.....	13
Tablo 5. Seeing Monitor (SM) Özellikleri.....	13
Tablo 6. SQM (Sky Quality Meter) Özellikleri.....	14
Tablo 7. GÖKSİS Altyapı Özellikleri.....	14
Tablo 8. GÖKSİS Maliyet Analizi.....	15
Tablo 9. Proje hedef ve amaçlarının durum değerlendirmesi.....	16
Tablo 10. GÖKSİS için gerekli iyileştirmeler.....	16

5. Özet

Bu projede gözlemevi yerleşkelerinde gökyüzü kalitesini ölçmek için üretilmiş bir prototip tasarlanmış, üretilmiş ve test edilmiştir. Prototip beş farklı sistemden oluşmaktadır: Meteoroloji sistemi, tüm gökyüzü kamerası, astronomik görüş izleme, bulutluluk ölçümü ve gökyüzü parlaklığı ölçümü. Tüm sistem LabView ortamında otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. Sistem test amaçlı olarak 14 Haziran 2017'de TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine (TUG) kurulmuş ve ölçümlere başlamıştır. Bu ölçümlere göre TUG'un gecelik görüş değeri ortası 0.85 yay saniyesi olarak bulunmuştur. Meteorolojik ölçümlerin %65'i bulutsuz ve %18 çok bulutlu ve en yüksek rüzgar hızı 47.8 km/sa olarak belirlenmiştir. Ayrıca gökyüzü parlaklığı en düşük 21.8 kadir/açısaniyekare olarak bulunmuştur. Astronomik gece görüş ve gökyüzü parlaklığı sonuçları ilk kez bu çalışmayla belirlenmiştir. TUG'da kurulan bu prototip, aldığı veri ve gösterdiği sonuçlar nedeniyle başarıyla sonuçlandırılmış durumdadır. Ancak prototip mekanik açıdan güncellemeye ihtiyaç duymaktadır. Sistemden alınan tüm veriler goksis.ileti.info.tr web sayfasından en kısa sürede yayınlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Teleskop, Gözlemevi, Yer Seçimi, Astronomik Görüş, Meteoroloji

6. Abstract

We present the first results of a prototype designed to measure the quality of sky located on an observatory site. It has five different devices to achieve the measurement: A meteorological station, all sky camera, seeing measurement device, Boltwood cloud sensor and sky quality meter. The whole system is controlled automatically using LabView. The system has been installed on June 14th, 2017 at TÜBİTAK National Observatory (TUG) for field testing purpose and it has started its measurements. As the first results; 65% not cloudy and 18% cloudy; maximum wind speed 47.8 km/h have been recorded. In addition to this, minimum sky brightness is found to be 21.8 mag/arcsecondsquare. Astronomical seeing during the night and sky brightness were measured for the first time. Taking into account the data gathered by the prototype, it proved itself successfully. However, mechanical installation of the prototype has to be upgraded. In near future, all the data collected from the GÖKSİS will be available at goksis.ileti.info.tr web page.

Keywords: Telescope, Observatory, Site Selection, Seeing, Meteorology

7. Giriş

Türkiye'de "Ulusal Gözlemevi" için yapılan yer seçim çalışmaları TUG'un kurulmasıyla sonuçlandırılmıştı (bkz. Aslan, 1989. TUG'da ilk ışık 1997'de alındı. RTT150'den ilk ışık ise 2001'de alındı).

Kalkınma Bakanlığı (eski DPT) desteğiyle Atatürk Üniversitesi bünyesinde kurularak 4 metre sınıfı teleskop barındıracak olan "Doğu Anadolu Gözlemevi" için yer seçimi çalışması ise yerel ölçekte gerçekleştirilmiştir.

Astronomi ve astrofizikte çok daha kaliteli veriye artan gereksinim ise üstel olarak artmayı sürdürmektedir. Bunun için büyük teleskop çapı, kararlı ve sakin atmosfer (yani yüksek rakım) gerekliliği ise tüm dünyada hala kabul görmektedir (Hotan vd., 2013). Ülkemizde ilk yer seçim çalışmalarının başlangıcından sonra yaklaşık 30 yıl geçti. Bu süreçte siyasi, demografik değişim çok fazla olduğundan astronomlar için uygun yerlerin sayısı ve konumu da hızla değişmiştir.

Bu bağlamda yapılan öngörüler doğrultusunda başlatılan ve TUG, TAD, DAG ve birçok üniversite temsilcisinden kurulan "Büyük Çaplı Teleskoplar için Türkiye Coğrafyasında Yer Seçim Çalışması" oluşumu¹, 2013 başından başlayarak bir dizi çalışma yürütmüştür (bkz. Ek-1,2,3).

Grup, "Coğrafi Bilgi Sistemleri" (CBS, ing. GIS) olanaklarını kullanarak, yaptığı ön çalışmayla tüm Türkiye coğrafyasında, gözlemevleri için kullanılabilen kriterlere uygun bölgeleri belirlemiştir. Bunlardan yapılan ön elemeler sonucunda, CBS verisinin yüksek değer gösterdiği konumlardan zirveye yakın bölgeler, yakın (ya da uzak) gelecekte, büyük çaplı teleskoplar için en uygun yer olarak bulunmuştur (Aksaker vd. 2016; Tablo 1).

Tablo 1. CBS Grup Çalışması sonuçları. Veriler, Ek-2'de verilen raporun sonuç bölümünden alınmıştır. Raporun "7b haritası" kullanılarak, enlem, boylam, denizden yükseklik ve katmandaki z-eksen değeri (CBS) verilmiştir. Bu verilere göre Türkiye coğrafyasındaki aday adayları yerleşkeler iki ana grupta toplanmaktadır: (a) Van ilinin Güneydoğusunda kalan, "Katman Uygunluğu" (bkz. Ek-2) en yüksek olan ama siyasi kararlılık ve fiziksel erişim açısından en zorlu bölgeler; (b) Katman Uygunluğu hala yüksek ama ulaşılabilirliği uygun Toros Dağları boyundaki bölgeler. Yapılan çalışmada bu ayrıma göre ilk 7 aday-adayının öncelik sırası da çıkarılmıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Aday Adayları					Toros Dağları Boyundaki Aday Adayları				
No	Enlem	Boylam	Rakım	CBS	No	Enlem	Boylam	Rakım	CBS
YS-01	43.8508	38.0280	3576	0.7818	YS-08	39.1625	39.5014	3316	0.7887
YS-02	44.3234	37.7478	3531	0.8163	YS-09	39.7710	39.7899	3426	0.7581
YS-03	42.9515	38.0581	3493	0.8277	YS-10	35.1707	37.8256	3504	0.7134
YS-04	43.1402	37.9665	3301	0.7938	YS-11	34.6310	37.3928	3499	0.6733
YS-05	43.1064	38.2445	3515	0.8151	YS-12	34.1798	37.1911	2754	0.7639
YS-06	43.3053	38.1422	2847	0.7759	YS-13	32.0343	36.9407	2471	0.7215
YS-07	43.6481	38.2342	3380	0.7780	YS-14	30.0825	36.5926	2230	0.6355
					YS-15	29.5692	36.5429	2939	0.7242
					YS-16	31.2962	37.6551	2866	0.7430
					YS-17	35.4494	38.5313	3835	0.7593

Benzer CBS çalışmaları literatürde de vardır:

- ESO, yakın gelecekteki yer seçimi çalışmaları için "astro-meteoroloji" grubunu kurmuş ve CBS veri tabanı oluşturmuştur (Cuevas, 2009).

¹ <http://gis.ileti.info.tr/>

- Bu grup önderliğinde üretilen "FriOWL" yazılımıyla CBS verisi işlenmiş ve EELT (39 m'lik teleskop) için aday adayı çalışması "tüm dünya" genelinde yapılabilmektedir (Sarazin, 2006).
- Türkiye'deki benzer yer seçim çalışma örnekleri ise sınırlıdır: Aslan vd., 1986; Kucuk vd., 2012; Koç-San vd., 2013.
- Ancak, CBS veri miktarı, kalitesi ve çeşitliliği, atılan uyduların sayısı arttıkça ve üstlerine takılan ölçerler gelişip, duyarlılıkları arttıkça CBS verisi herkesin kullanabileceği düzeye gelmiştir.
Örneğin, Hotan vd. (2013), az sayıda CBS katmanı (yalnızca yükseklik ve gece bulutluluğu) kullanarak Avustralya'nın tümü için yer seçimi çalışması yapmış ve daha uygun aday adaylarını var olan gözlemevi yerleşkeleriyle karşılaştırabilmiştir.

Görüleceği gibi "fiziksel yer seçimi" çalışması yapılmadan yürütülecek aday adayı belirleme çalışmaları astronomik açıdan eksik kalmaktadır (bkz. Aslan v.a, 1989; Kucuk v.a, 2012). İçerik açısından benzer bir astronomik görüş ölçüm çalışması (geliştirme, çalıştırma ve veri üretimi) proje ekibinden iki kişi tarafından TUG yerleşkesinde yapılmıştır (Özışık vd., 2004). Aynı araştırmacılar, DIMM (Differential Image Motion Monitor) ölçerini ve bununla ilgili veri analizi yazılımlarını geliştirerek, TUG yerleşkesinde gece görüş ölçümleri de yapmışlardır (Ak vd., 2007).

Özetle; astronomi gözlemevlerinin, çok yüksek maliyetleri düşünüldüğünde, performans açısından çok verimli çalışacak uygun yerlere kurulması gerekmektedir. Astronomi gözlemevleri için yer seçimi derinlemesine ve uzun yıllar sürecektir araştırılmaları içerdiği açısından oldukça karmaşık bir problemdir. Bu tür karmaşık problemler uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla düşük maliyetli, hızlı ve verimli bir şekilde çözülebilmektedir (Aksaker vd., 2015; Koç vd., 2013).

Bu bağlamda, CBS ile belirlenen aday yerlerin yerinde site testleri için gerekli ölçerler bir araya getirilerek bütünleşik bir sistemle gözlenmesi gereksinimi doğmuş ve bu proje çalışması yaşama geçirilmiştir. Geliştirdiğimiz protopinin geniş amaçlı kullanımı sağlandığında belirlenen 17 aday yere kurularak alınan ölçümler doğrultusunda adaylar arasında karşılaştırma yaparak büyük teleskoplar için en uygunu olup olmadığını kesinleştirebilecektir.

Proje kapsamında üretilen prototipe **GÖkyüzü Kalitesi ölçüm Sİstemi (GÖKSİS)** adını verdik:



Şekil 1. GÖKSİS Logosu

8. GÖKSİS (Gökyüzü Kalitesi Ölçüm Sistemi)

GÖKSİS iki temel düzeyde veri toplamakta: (A) Meteorolojik veri; (B) Atmosferik ve Astronomik veri. Bu veri gruplarının "neden ölçülmesi gerektiği" şöyle özetlenebilir:

- **Sıcaklık:** Gözlemevi yerleşkesindeki ısı değişimin oranı gözlemevi yapısının soğutulması/ısıtılması, "kubbe görüş" değerinin kararlılığına bağlı olarak gözlem kalitesini belirlemektedir.
- **Rüzgar hızı, hakim rüzgar yönü:** Yüksek rüzgar hızı hem kubbe ve gözlemevi bina tasarımını etkilemekte, hem de atmosferdeki parçacık hareketini (dolayısıyla da Airy diski) etkileyerek görüşü değiştirmektedir.
- **Bağıl Nem:** Her ne kadar yükseğe çıkıldıkça atmosfer kütlelerinin oranı dolayısıyla da nemi oluşturan su buharının oluşması azalsa da bu oranın uzun dönemlerde ve yıl boyunca göstereceği değişimin ve değerinin bilinmesi yerleşke kalitesinin en önemli öğelerinden birini oluşturmaktadır.
- **Yoğuşabilir Su Buharı (PWV):** Bu değer de bağıl nem gibi yüksekliğin fonksiyonudur. Ancak bulutlulukla da ilişkilendirildiği için ölçülmesinde gerek vardır. Gelişen teknoloji ve araştırmalar yardımıyla, GPS sinyalinin ya da özel IR bantlarından yapılacak sıcaklık ölçümlerinden ölçülebilmektedir (Mims vd., 2011).
- **Açık Gece Sayısı:** Bir yerleşkede gözlem yapabilmek için öncelikle gökyüzünün açık olması gerekmektedir. Açıklık, "sıfır bulut ve hareketsiz atmosferden" başlayıp "kapalı, bulutlu gökyüzüne" kadar derecelendirilmektedir. Yerleşkede ne kadar çok gece "açık" diye sınıflandırılabilirse, orası gözlemevi için daha uygun denmektedir. Yer ve uydu tabanlı gözlemlerde farklı yöntemler kullanarak "gece bulutluluğu" (ya da tersi olarak "açık gece") hesaplanmaktadır. Bilinen en temel uydu gözlem yöntemi, yere bakan ışıkölçerden alınan ışığın iki IR bandındaki değer farkının ölçeklendirilmesiyle oluşturulmaktadır.
- **Astronomik Görüş (seeing):** Her ne kadar atmosfer kalitesinin astronomi için uygun olduğunu belirlemek önemli olsa da yeterli değildir; "görüş" değerinin de doğrudan (yani teleskop odağından atmosferin üst katmanına kadar olan hava kütlesi boyunca) bilinmesi gerekmektedir.

Astronomi açısından, yer seçimi çalışmalarının en önemli iki ölçütü açık gece sayısı ve astronomik görüştür. Dolayısı ile yerleşkelerin birbiri ile karşılaştırılmasının en önemli ölçütleri de bunlar olacaktır.

8.1. GÖKSİS Ölçerleri

GÖKSİS'in ölçer parkı beş farklı aygıttan oluşmaktadır. Ayrıntıları ve ölçerlerin çalışmasını sağlayan altyapı aşağıda verilmiştir (bkz. Şekil 2).



Şekil 2. GÖKSİS sisteminin temel ölçerleri. 1-ASC: Tüm Gökyüzü Kamerası, 2- SQM, 3-SM, 4-BW: Bulutluluk Ölçeri ve 5-Meteoroloji İstasyonu.

8.1.1. Astronomik Görüş (Seeing Monitor - SM)

Gözlemevi sitelerinde hava kalitesi, fotonların izlediği yolun modellenmesi açısından en önemli öğelerin başında yer alır. Bu nedenle farklı hava katmanlarındaki türbülans hareketleri ölçülmeli ve atmosferik durgunluk düzeyi belirlenmelidir (atmosfer ne kadar durağansa astronomik görüş o kadar küçük olur). Astronomik görüşün gece ölçümleri için birçok teknik bulunmaktadır (bkz. DIMM, yıldız izi takibi vb.). Ancak prototipin platformu küçük bir alan olduğundan çok duyarlı ölçümlerde gerekecek büyük ayna çaplı teleskoplar yerine piyasadan alınabilirliği ve ölçüm değerlerinin duyarlılığının yüksek olması nedeniyle var olan SM seçilmiştir. Çalışma ilkesi şöyle özetlenebilir: Kutup yıldızına yönlendirilmiş 3 derece karelik görüş alanına sahip (tüm yıllık hareket aynı çerçevede kalacak kadar geniş), algılayıcıyla gece boyunca çerçeve içinde kalan yıldız konumu bulunup FWHM değerleri çok hızlı ölçülerek anlık görüş değişimleri hesaplanabilmektedir. Ayrıca SM'nin diğer tekniklerle de yapılan çalışmalara uyumlu sonuçlar verdiği bilinmektedir (Alcor firması gizlilik anlaşmasıyla edinilen hesaplamalar ve gözlem sonuçları ve ayrıca bkz. Cyclope Kılavuzu²). SM, her ne kadar görüntü analizi yapsa da görüş ölçüm değerlerini TXT formatında saklamaktadır. Gecelik 100 KB veri üretilmektedir.

8.1.2. Tüm Gökyüzü Kamerası (All Sky Camera - ASC)

Temel olarak balıkgözü merceği ve CCD algılayıcı yardımıyla tüm gökyüzünü bir kerede görüntülemek amacıyla kullanılan bir kamera sistemidir. Bu türden gözlemlerle alınan görüntüler, diğer ölçerlerle belirlenen değişimlerle (bulutluluk, aydınlanmalar vb.) görsel olarak kaydedilip eşleştirilebilmektedir. Ayrıca bu görüntülerden görüş ve bulutluluk ölçümleri de yapılabilmektedir (GÖKSİS'e bu yeteneği ekleme gereği henüz duyulmadı). Üretilen görüntüler JPG formatında saklanmaktadır. Dolayısıyla gecelik 10 GB'a yakın veri üretilmektedir.

8.1.3. Bulutluluk Ölçeri (Boltwood - BW)

Gözlemevleri için en belirleyici atmosferik olay bulutluluktur. Çünkü gözlemevi sitesi ne kadar yüksek irtifada olursa olsun veya bütçeniz ne kadar yüksek olursa olsun bulutlu bir gecede gözlem yapamazsınız. Bu nedenle bulutluluk sürekli izlenmelidir. Bu hedef için meteorolojik uyduların geniş alan kapsayanlarının verilerinden yararlanılabilir. Ancak astronomik gözlemler

² <http://www.alcor-system.com/new/SeeingMon/Cyclope.html>

için gerçek zamanlı bulutluluk bilgisi gereklidir (hem o anki durumu hem de bulutlanma eğilimi için). Hava durumunun bulutlulukla eş zamanlı ve anlık izlemesi için Boltwood bulut algılayıcısı kullanılmıştır. İndirgenmiş veriler gecelik birkaç KB tutmaktadır.

8.1.4. Gökyüzü Parlaklığı Ölçümü (Sky Quality Meter - SQM)

Gözlemevleri kurulduktan sonra ilk ışıkla birlikte sitenin inebileceği nesne sönüklük sınırı önemli bir konudur. Dolayısıyla gökyüzü parlaklığının sürekli ölçülmesi gerekmektedir. Bu amaçla "Sky Quality Meter" (SQM) aygıtı kullanılmakta ve gece boyunca birkaç MB veri üretmektedir. SQM, gökyüzünde birim açı saniye alandaki parlaklığı kadir cinsinden ölçüp hesaplamaktadır. SQM'in özellikleri ve ölçümün nasıl yapıldığı bilgisi için ulusal oluşumumuz "*Türkiye'de Işık Kirliliğini Engelleme Çalışmaları*" sitesinde³ verilmektedir. Atmosfer parçacık yoğunluğu yüksekse (toz, polen vb.) yıldız ışığı atmosferi geçerken daha çok saçıldığından ölçülen değerlerin kararlılığını bozabilmektedir. Bu bağlamda uzun dönemli gözlem önem kazanmaktadır. SQM verisi KB düzeyinde TXT formatında saklanmaktadır.

8.1.5. Meteoroloji İstasyonu (METEO)

Meteoroloji istasyonu ile sıcaklık, nem, basınç vb. gibi klasik meteorolojik öğeler ölçülmekte ve kaydedilmektedir. Sitenin rüzgar profili (hakim yön, şiddet vb.) kurulacak bina yapısını etkilemesi nedeniyle önemli bir öğedir. Şiddetli rüzgar nedeniyle gözlemlerin durdurulduğu bilinmektedir. Ayrıca, gözlemevinin sürdürülebilirliği için nem oranı düşük bölgeler seçilmektedir. Bunun yanında en düşük ve en yüksek sıcaklık bina tasarımını önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıkta cihazların arızalanma riski artmakta ve görüntüleme cihazlarında ise gürültü seviyesini artırmaktadır. Tüm bu değerler zamana karşı değer olarak TXT formatında tutulmakta dolayısıyla gecelik birkaç KB veri üretmektedir. Meteoroloji istasyonu seçilirken özellikle zor kış şartlarına dayanması açısından hareketli ölçer parçasının olmaması sağlanmıştır.

8.2. GÖKSİS Altyapısı

8.2.1. Platform

GÖKSİS ölçerlerinin yerleştirildiği platform ve direk, ticari bir çizim programıyla hazırlanmıştır. Zeminin astronomik görüşe ve yüzeydeki rüzgarın ölçümlere etkisini azaltmak adına direğin boyu 4 metre olarak düşünülmüştür. Direğin zemine montajı için 200x140 cm beton dolgu kullanılmıştır. Platform, sert ve hafif olması nedeniyle alüminyum olarak üretilmiştir. Tasarım aşamasında, rüzgar ölçümlerinin platform yapısından etkilenmemesi için meteoroloji ölçeri platformdan 50 cm dışarıda tutulmuştur. ASC diğer ölçerlerden yükseğe konumlandırılarak ufuk çizgisi açık tutulmuştur (yalnızca BW'nun üst koruma telleri görülmektedir; bkz. Şekil 2). SM platformdaki en ağır ölçer olduğu için mümkün olduğunca kütle merkezine yakın tutulmuştur. Alandan kazanmak amacıyla BW ve SQM ölçerleri SM'nin yan metal levhasına konmuştur. Böylece sıkı, sağlam ve dar bir fiziksel yapı sağlanmıştır. Üretilen platform, direğe 4 farklı noktadan tutturulmuştur.

8.2.2. Güç

GÖKSİS'de 250 W'lık iki Güneş paneli ve 50 A'lık iki aküyle fotovoltaik bir sistem kurulmuştur. Sistem sıradan konumda (ölçer ısıtıcıları çalışmadığında) 0.36 A akım çekmektedir. Dolayısıyla tam dolu akü grubu, ışık kaynağı olmadan sistemi 2 gün besleyebilmektedir. Ancak prototip saha testlerinin sağlıklı, yürütülebilmesi adına, inverter'a şebeke bağlantısı da yedek güç kaynağı olarak eklenmiştir. Sistemin enerji kontrolü ağıdan yönetilebilen grup prizlerle internet erişimi olan herhangi bir yerden yapılabilir.

³ <http://www.isikkirligi.org>

8.2.3. Ađ

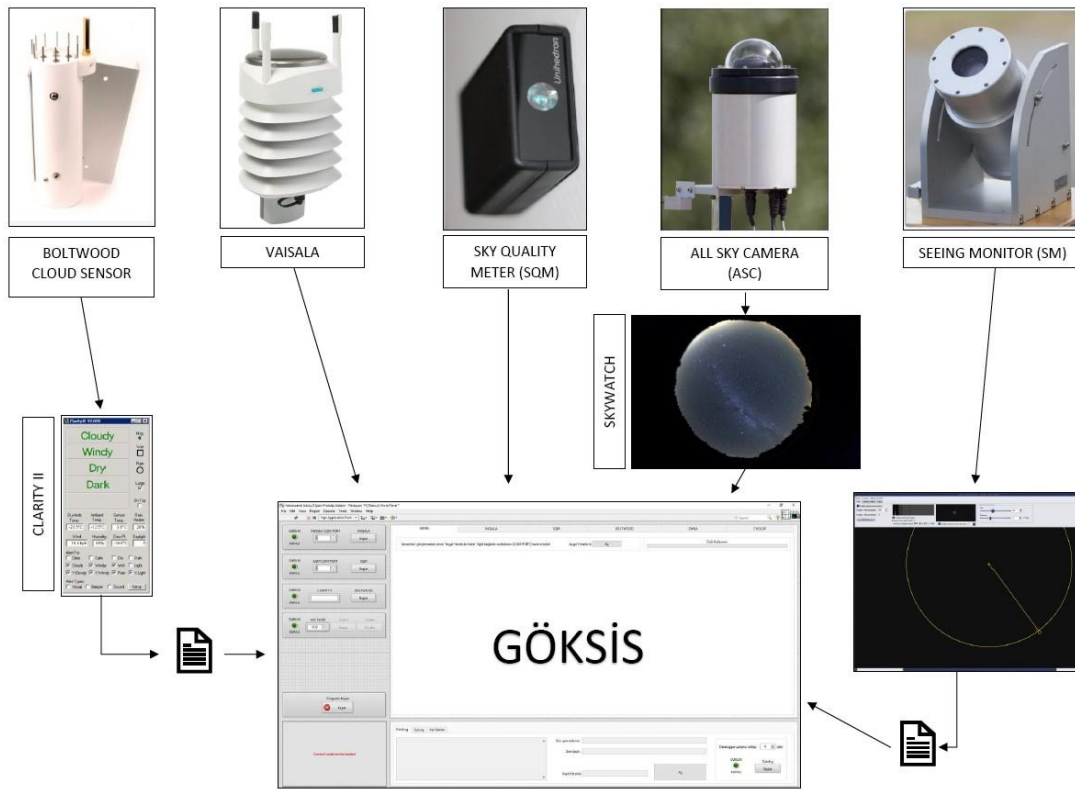
GÖKSİS'e uzaktan erişebilmek için sistem internet içinde çalışmalıdır. Sistemin çevrimiçi olması için önce uydu bağlantısı/GSM açı düşünölmüş ancak prototip ilk ışığı TUG sitesinde alacağından, ađ bağlantısı TUG'unkine uyarlanmıştır. Prototipten üretim aşamasına geçildiğinde veri protokolü korunarak ađ türü değiştirilecektir. Sisteme uzak masaüstü protokolleriyle (VNC, FTP vb.) ulaşılabilir.

9. Veri Toplama ve Yönetimi

9.1. Veri Aktarımı

GÖKSİS'le üretilen prototip insan yerleşiminden uzak noktalara kurulacağından kendi elektriğini üretebilmesi ve veri transferini uydu ya da GSM ağ yapısı üzerinden yapması düşünülmüştür. Bu temel hedefe geçilmeden önce prototipin saha testlerinin tamamlanabilmesi için Haziran 2017'den başlayarak 1 yıl süreyle kalacağı TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine konumlandırılmıştır. Buradaki testlerinin ardından, prototip, yer seçimi çalışmasında belirlenen diğer bölge ya da bölgelerde kurularak çalışmasını sürdürecektir. Dolayısıyla, veri aktarım yöntemi de kurulacak konuma göre yeniden düzenleneceğinden aktarım yöntemi ve donanımı bu çalışmada belirlenmemiştir.

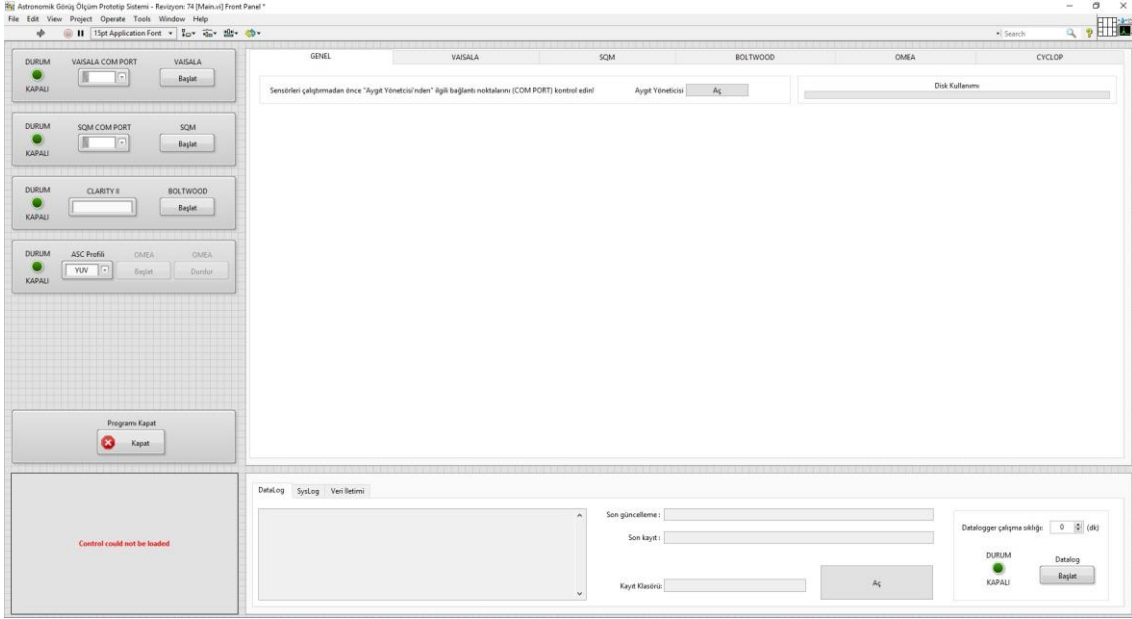
9.2. Yazılım



Şekil 3. GÖKSİS ölçerlerinden toplanan verinin akış diagramı.

GÖKSİS yazılımı ve görsel arayüz LabVIEW platformunda geliştirilmiştir. GÖKSİS Yazılımı, 5 farklı ana modül (ölçer adlarıyla eşleşen) ve 6 farklı alt modülden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla meteoroloji (METEO), Bulut Sensörü (BW), SQM, ASC ve SM'dir. METEO ve SQM modülleri, meteoroloji aygıtına seri port üzerinden sorgu komutları göndermekte ve ölçüm değerlerini okumaktadır. BW ölçeri, Clarity yazılımıyla⁴ döngüsel biçimde gözlem verisi (veri kütükleri) oluşturmaktadır. BW modülü de bu kütüklerden uygun olanları toplamaktadır. ASC modülü SkyWatch yazılımının ürettiği dakikalık gökyüzü görüntülerini kaydetmektedir. Benzer biçimde SM modülü Cyclope yazılımının gece boyunca düzenli aralıklarla hesapladığı görüş değerini okumaktadır.

⁴ <http://diffractionlimited.com/product/boltwood-cloud-sensor-ii/>



Şekil 4. LabView ortamında yazılan GÖKSİS izleme arayüzü.

GÖKSİS yazılımında kullanılan diğer alt modüller ise sırasıyla: Astronomik zaman hesaplarını yapmak için kullanılan ASCOM kütüphanesi (3. parti), NI VISA modülü (seri port haberleşmesi için gerekli modül), IClmaging kütüphanesi (ASC ve SM de kullanılan görüntülerin alınması için gerekli modül), Datalog modülü (ölçüm verilerin döngüsel biçimde cihazlardan alınmasını ve kaydedilmesini sağlayan modül), Syslog modülü (yazılım çalışırken oluşan tüm istekleri kaydeden [kütükleme] modül) ve FTP transfer modülü (ölçüm verilerinin TUG yerleşkesindeki sunucuya yüklenmesini sağlayan modül).

Modüllerle toplanan tüm veri bir FTP sunucuya 1 dk zaman aralığı ile yüklenmektedir. GÖKSİS Windows 10 işletim sisteminde çalıştırılmaktadır. Ancak tüm arayüz, tüm sürücüler ve ölçer sorgulamaları Linux işletim sistemine uyarlanacaktır. Tüm ölçerler USB 3.0 ile intel@NUC mini bilgisayar ile kontrol edilmektedir. Veri yolu yapısı Şekil 3'de, yazılım arayüzü Şekil 4'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

9.3. Veri Depolama ve Sunum

GÖKSİS kurulum ve çalıştırma sürecinde yaşanan olumsuzluklar ve gecikmelerden dolayı veri aktarımının sürekliliği beklendiği gibi yapılamamıştır. Çalışmalarımız TUG ekibiyle koordineli sürdürüldüğünden proje sonrası tüm eksiklikler giderilerek beklenen ve hedeflenen düzene getirilecektir.

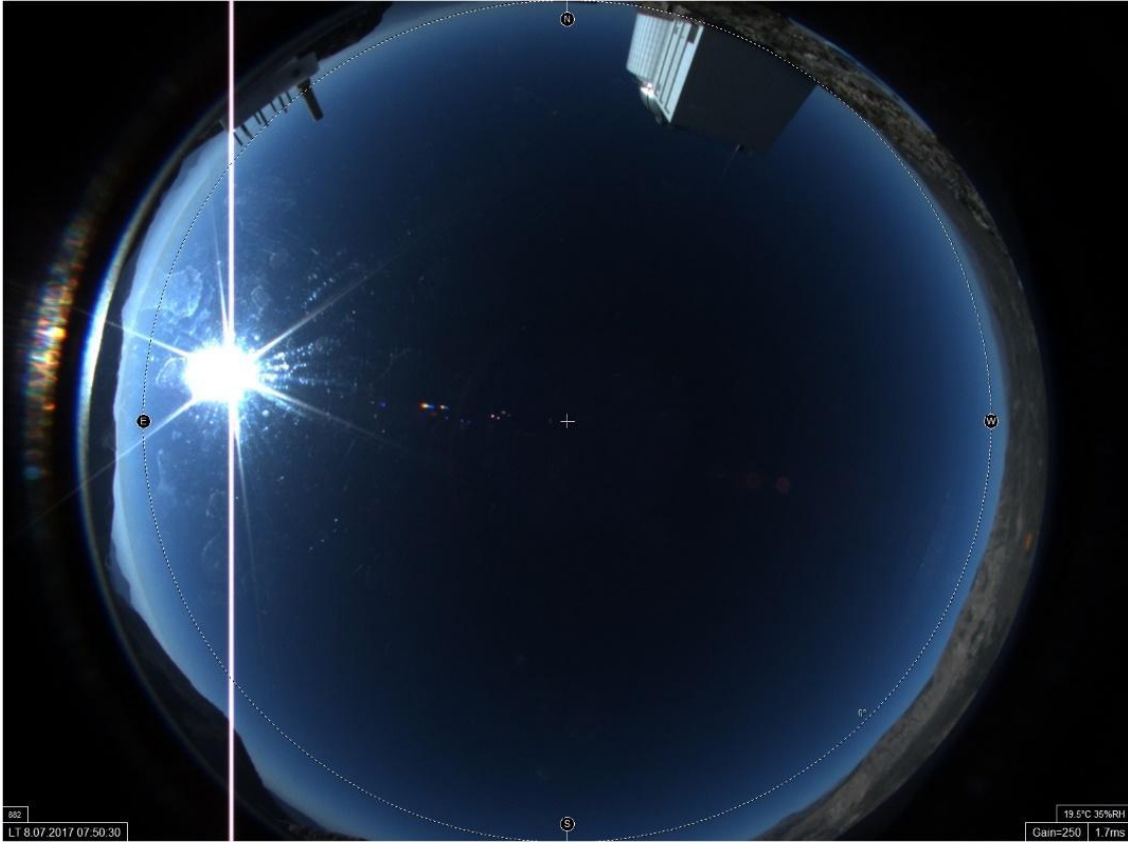
Rapor sunulduğu Ekim 2017 itibariyle hizmet vermese de toplanan veri iki düzeyde sunulacaktır:

- 1) TUG sitesindeki GÖKSİS sunucusundan yazılım düzeyinde (port query)
- 2) Web sayfası (<http://goksis.ileti.info.tr>) üstünden güncel ve istatistik veri

10. GÖKSİS Gözlemleri

10.1. İlk Işık

Tüm sistem çalışırken ilk ışığımız 8 Temmuz 2017 saat 07:50' de alınmıştır. ASC ile alınan ilk görüntü Şekil 5'de verilmiştir. Görüntünün alındığı zaman (sol altta) ve meteo bilgisi (sağ altta) verilmiştir. Yönelim için yönler ayrıca görüntü üzerinde bulunmaktadır. Kuzey doğuda bulut sensörü ve kuzeyde RTT150 teleskop binası görülmektedir. Ayrıca ASC'nin cam yüzeyinde bulunan lekeler güneş parlamasının olduğu bölgede fark edilmektedir. Görüntünün ortasında bulunan + simgesi ASC'nin başucu doğrultusunu göstermektedir. Bu simge ve o anda başucundaki yıldız kullanılarak ASC'nin denge ayarları yapılabilir. ASC'nin optiğine bağlı olarak güney ufkunda birkaç derecelik bir bölgeyi gözleyememekteyiz. ASC optiğinden dolayı ufka yaklaşılması ile çözünürlük üstel oranda düşse de büyük bir kayıp olarak düşünülmemelidir.



Şekil 5. ASC ile 08.07.2017-07:50:30'da alınan "ilk ışık".

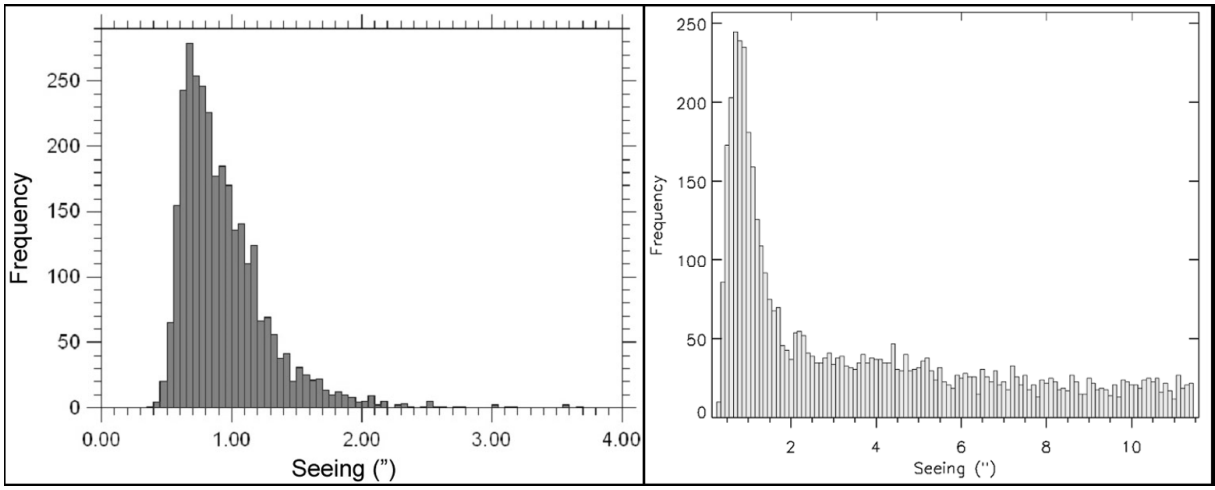
10.2. Astronomik Görüş

GÖKSİS SM ölçeri, 14 Haziran 2017'de kutup yıldızına yönlendirilerek "Kutup Ayarı" yapılmıştır. Daha sonra 4-14 Temmuz 2017 geceleri arasında yaklaşık 4767 kadar ölçüm yapılmıştır. SM farklı görüntüleme (fps) hızı kullanabilmektedir. Uygun görüntüleme hızı seçildikten sonra belirlenen sıklıkta (100-3000) gözlem yapılarak uygun bir veri istatistiği oluşturulmaktadır. Örneğin, 1/32s ile 100 kere görüntü görüş değerleri üretilmiştir. Bu dönemde genellikle rüzgar hızı 5 km/sa'den büyüktür (bkz. T60 teleskobu meteoroloji verisi⁵).

⁵ <http://t60meteo.tug.tubitak.gov.tr/>

Unutulmamalıdır ki astronomik görüşü etkileyen en önemli faktörlerden birisi rüzgardır. Şekil 6 sol panelde, Solar Differential Image Motion Monitor (S-DIMM) ile 2005 yılında, 3026 ölçüm yapılmış ve görüş sıklığı grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre Gauss'a yakın bir dağılım oluşmuş ve bu dağılımın orta değeri 0.86 açı saniyesi çıkmıştır (bkz. TUG S-DIMM Çalışması⁶). Şekil 6 sağ paneldeyse aynı grafik SM ile çizilmiştir. Dağılım yine Gauss yapıda ve orta değeri (4767 ölçüm için) 0.85 açı saniyesi çıkmıştır. Ayrıca S-DIMM'den farklı olarak sıklığı 50'den az ancak 1.5 görüş değerinden büyük tüm değerlerde ölçüm de kaydedilmiştir (Gauss dağılımının kuyruğu). Bu, rüzgarlı havalarda platform sallandıkça uygun görüş ölçümü yapılamaması ve döngünün o anı için yeterli istatistik oluşturulamamasından dolayıdır; bu durum yazılım arayüzünde birebir deneyimlenmiştir. Dolayısıyla gürültü kabul edilebilecek bu değerler rahatlıkla yok sayılabilir (astronomik görüş istatistiği için “uygun gece” sayısı, “kötü gece” sayısından daha anlamlıdır).

Ayrıca S-DIMM ile SM aletlerinin astronomik görüş ölçümlerindeki uyumu, Ziyad (2005) ve Liu (2010) çalışmalarında ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur



Şekil 6. DIMM ölçümlerinin karşılaştırılması. Farklı tarihlerde TUG'da S-DIMM (sol panel) ve GÖKSİS SM (sağ panel) ile ölçümlerin karşılaştırılması. TUG S-DIMM verisi TUG ağ sayfasından alınmıştır.

10.3. Bulutluluk

Göksis'de bulutluluk için Boltwood Bulut Sensörü bulunmaktadır. Sensör 8 farklı parametreyi ölçmektedir. Bunlardan dış sıcaklık değeri $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den küçük ise “açık” yani bulutsuz ve $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dan büyük değerler içinse çok bulutlu olarak belirtmektedir. Sensörle alınan 16735 verinin %65'i bulutsuz, %18'i ise çok bulutlu olarak kaydedilmiştir. Sistem bu değeri gece ve gündüz vermesi nedeniyle oldukça önemlidir.

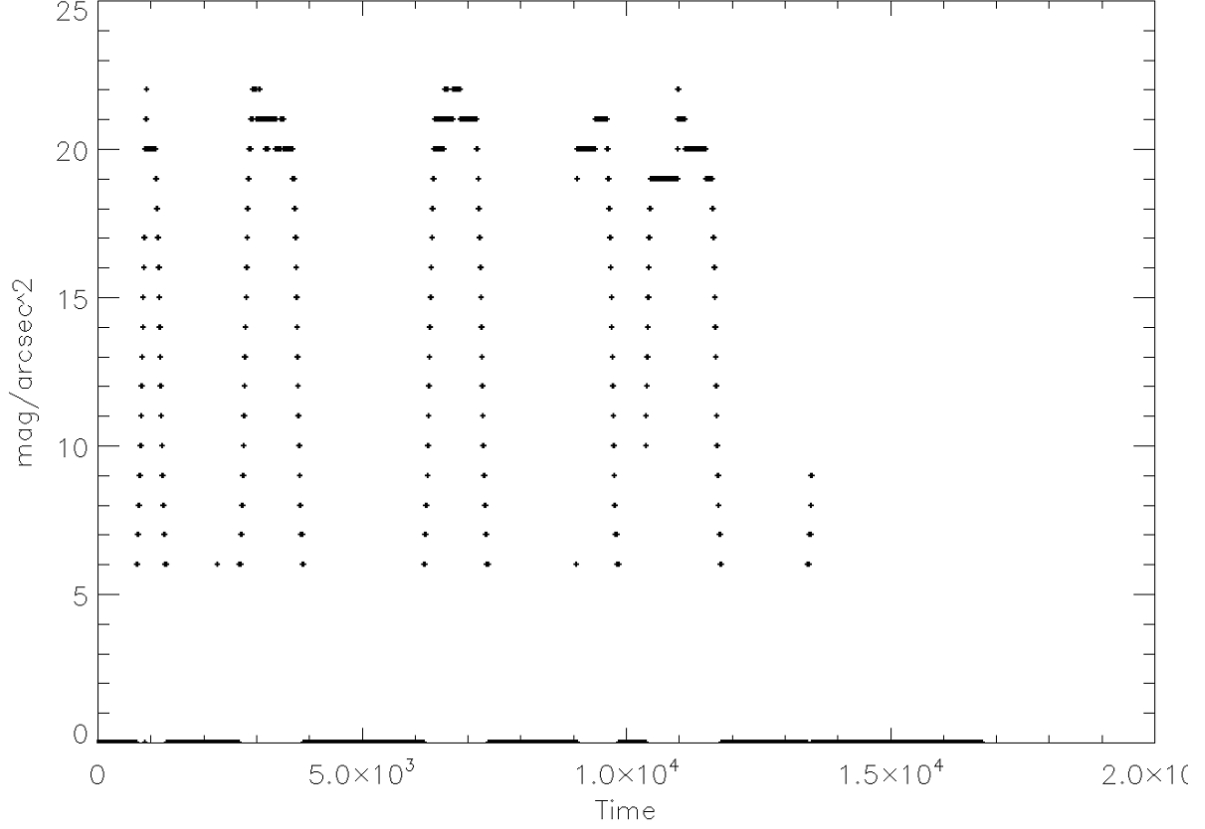
10.4. Meteoroloji

Her ne kadar BW, ASC, SM de kendi “hava durumunu” kaydediyor olsa da GÖKSİS klasik meteoroloji bilgilerinin tümünü METEO ölçeriyle daha duyarlı kaydetmektedir. Saha testlerinin kaydedildiği Haziran-Temmuz 2017 verilerine göre kaydedilen en yüksek rüzgar hızı 47.8 km/sa olarak ölçülmüştür. Saha testlerinin sonlandırılmasından sonra diğer ölçerlerle birlikte anlık olarak site durumu goksis.ieti.info.tr adresindeki web arayüzünden izlenebilecektir.

⁶ http://www.tug.tubitak.gov.tr/dokumanlar/tug_sdimm/

10.5. Gece Gökyüzü Parlaklığı

Gece gökyüzü parlaklığını ölçmek için SQM kullanılmıştır. SQM, birim alan düşen aydınlanma miktarını kadir/açısaniyekare cinsinden vermektedir. Dünya’da en karanlık gökyüzü parlaklığı 21.8 kadir/açısaniyekare olarak ölçüldüğü bilinmektedir. Gözlemler sırasında SQM’in ölçtüğü maksimum (en sönük) değer de hemen her gece 21.8 kadir/açısaniyekare olmuştur. SQM verileri incelendiğinde güneşin batmasıyla birlikte değerler 6’nın üzerine çıktuktan sonra gece yarısında tepe yapmaktadır. Şekil 7’de zamana karşı gökyüzü parlaklığı çizdirilmiştir.



Şekil 7. Farklı tarihlerde SQM'den alınan gökyüzü parlaklığına karşı zamanın grafiği.

11. GÖKSİS Teknik Özellikler

11.1. ASC



Şekil 8. GÖKSİS ve ASC (All Sky Camera)

Tablo 2. ASC (All Sky Camera) Özellikleri

Seri	OMEA 8C
Dalgaboyu	350-750 nm (IR süzgeç var)
Piksel Çöz.	3.8 μ m
Pozlama	3.2 μ s – 75s + Otomatik İris
İndirme	< 400 ms (her kare)
Erişim	Seri port (sürücü + görüntü işleme kütüphanesi)
Diğer	CCD soğutucu / 3.5 kg / 24V-3A / Kabin ısıtıcı / RS232-USB

11.2. BW



Şekil 9. GÖKSİS ve BW (Boltwood)

Tablo 3. BW (Boltwood) Özellikleri

Ölçerler	Bulut/Sıcaklık, Rüzgar, Nem/Yağış
Dalgaboyu	8-14 μ m (thermopile algılayıcı)
Erişim	COM port (seri okuma)
Diğer	< 0.5 kg / 24V-0.75A / Isıtcılı / USB (adaptörle)

11.3. VSL



Şekil 10. GÖKSİS ve Vaisala Meteo İstasyonu

Tablo 4. Vaisala Özellikleri

Basınç	600 – 1100 mbar \pm 1 @ -52 - +60 oC \rightarrow 0.1 mbar
Sıcaklık	-52 - +60 oC \pm 0.3 oC \rightarrow 0.1 oC (soğukta daha iyi)
Rüzgar	0 – 60 m/s \pm 3% @ 10 m/s \rightarrow 0.1 m/s
Rüzgar Yönü	0 – 360° \pm 3° \rightarrow 1°
Bağıl Nem	0 – 100 %RH \pm 3(5)@0-90(90-100) %RH \rightarrow 0.1 %RH
Diğer	0.6 kg / Isıtıcı / USB

11.4. SM



Şekil 11. GÖKSİS ve SM (Seeing Monitor) Özellikleri

Tablo 5. Seeing Monitor (SM) Özellikleri

DIMM Yöntemi	Sabit (yönlenmesiz/izlemesiz) – Polaris
Uygulama	>25o Kuzey Enlemi
Süreklilik	tüm yıl (< 0.2o Polaris yönlenmesiyle ~20 piksel)
FoV	3.6° x 2.5°
Tipik Gözlem	Poz=1/125 s; Hız=50 frame/s @ 550 nm (yeşil süzgeç)
Duyarlılık	\pm 0.05" rms @ 1" (başucu düzeltilmiş) \rightarrow > 0.xx"
Algılayıcılar	4 sıcaklık + 2 bağıl nem (ısıtıcı açma kapama)
Diğer	9.5 kg / Isıtıcı / RS232-USB

11.5. SQM



Şekil 12. GÖKSİS ve SQM (Sky Quality Meter)

Tablo 6. SQM (Sky Quality Meter) Özellikleri

Tür	SQM-L (dar açılı)
FoV	~50° (çembersel)
Algılayıcı	Fotodiyot (TSL237) @320-700 nm @-25 - +70 °C
Ölçüm Aralığı	16 – 23 mpsas (Sıcaklık Dengeleyiciyle)
Diğer	< 0.5 kg / 5V-0.18A / USB

11.6. Altyapı



Direk	4 m (3 parça, galvanizli)
Beton	3 x 2.5 m (ankrajlı)
Platform	demir + alüminum
Kabin	120x110x60 cm (endüstriyel)
Enerji	2 x 150 W (güneş paneli)
Akü	2 x 80 Ah (+2 yedek akü)
Inverter	2 kVA /1.6 kW
Ağ Yapısı	TPLINK: CPE520; WiFi 300 Mbps 5 GHz, Dışmekan <u>Not:</u> Prototipin kesintisiz çalışması adına şebeke elektriği ve kablolu ağ sisteme bağlanmıştır.
Kabin PC	INTEL NUC, 3.1 GHz, 120 GB SSD, 8 GB RAM,
Sunucu	HP MicroServer, 2.3 GHz, 3 x 2TB + 250 GB SSD, 4 GB RAM

Tablo 7. GÖKSİS Altyapı Özellikleri

Şekil 13. GÖKSİS İstasyon Altyapısı

12. GÖKSİS Maliyet Hesabı

Projenin temel amacı seçilen aday aday gözlemevi sitelerinde gökyüzü kalitesini yerinde ölçebilen bir gözlem istasyonu için "prototip" üretmektir. Dolayısıyla bu proje deneyimi ve çıktıları kullanılarak tüm aday adaylarında aynı anda gözlem yapabilecek istasyonların hepsinin üretilebileceği bir proje için doğru bir öngöründe bulunulabilecektir. Bu bağlamda, Tablo 8'de proje boyunca yapılan harcamalar sınıflandırılarak maliyet öngörü analizine çevrilmiştir. Harcanan tüm kalemler, harcandığı tarihte, daha kararlı bir döviz kuru olan EUR'ya çevrilmiştir.

Bilimsel Teçhizat	59.801 ₺	21.750 €
ASC	20.285 ₺	← 7.290 €
BW	7.421 ₺	← 2.565 €
VSL	10.054 ₺	← 3.290 €
SM	20.776 ₺	← 8.170 €
SQM	1.265 ₺	← 435 €
Diğer Teçhizat	13.317 ₺	3.280 €
Güneş Panel Sistemi	6.050 ₺	→ 1.475 €
Kabin PC	2.780 ₺	→ 690 €
Sunucu	4.142 ₺	→ 1.030 €
Wi-Fi Sistemi	345 ₺	→ 85 €
Altyapı	9.585 ₺	2.695 €
Beton	3.815 ₺	→ 1.020 €
Direk	1.950 ₺	→ 613 €
Ölçer Platformu	2.020 ₺	→ 502 €
Kabin	1.800 ₺	→ 560 €
Sarf Malzemesi	3.900 ₺	950 €
GÖKSİS Alet Çantası	1.400 ₺	→ 340 €
Kablo, soket vb.ve sarf	~ 2.500 ₺	→ 610 €
TOPLAM	86.603 ₺	28.675 €
TOPLAM (KDV Dahil)	102.192 ₺	33 837 €

Tablo 8. GÖKSİS Maliyet Analizi. Döviz kuru kolonunda sola ok (←) yurtdışında üretilen malzemenin alım tarihindeki Türkiye maliyetini, sağa ok (→) ise yurtiçinde doğrudan teminle alınan malzemenin alım tarihindeki döviz karşılığını göstermektedir.

Bu hesaplama şu kalemler katılmamıştır: 1) Tasarım (ekip elemanlarından karşılandı); 2) Taşıma (TUG'un desteğinden yararlanılmıştır); 3) Hizmet alımı (ekiplerin yerel üniversiteleri ve TUG'un kaynakları kullanıldı); 4) Yazılım geliştirme, test ve hata ayıklama (ekip ve bursiyer gücü kullanıldı). Dolayısıyla "üretimle yönelik" daha anlamlı bir maliyet analizi için prototip **maliyetini taban alarak** yaklaşık artırımlar şöyle sıralanabilir:

- Tasarım (Mühendislik) = + %10 = 3.400 €
- Hassas üretim = + %15 = 5.100 €
- Hizmet alımı = + %15 = 5.100 €
- Bakım, sigorta, yedek = + %25 = 8.500 €

Bu eklentiler de hesaba katıldığında tek bir GÖKSİS istasyonu için **~56.000 €** (EUR/TRY 4.5 alındığında: **~250.000 ₺**) maliyet öngörülebileceği düşünülmektedir.

13. İyileştirmeler

Her ne kadar bu projeye “kendi başına veri üreten bir gözlem istasyonu” için çok önemli kazanımlar ve deneyimler elde etmiş olsak da hedeflerimiz ve amaçlarımız “prototip” düzeyinde tutulmuştur. Bu durumu daha iyi anlatabilmek için Tablo 9’da proje başvurusunda düşünülen sistem için verim analizi yapılmıştır.

Tablo 9. Proje hedef ve amaçlarının durum değerlendirmesi.

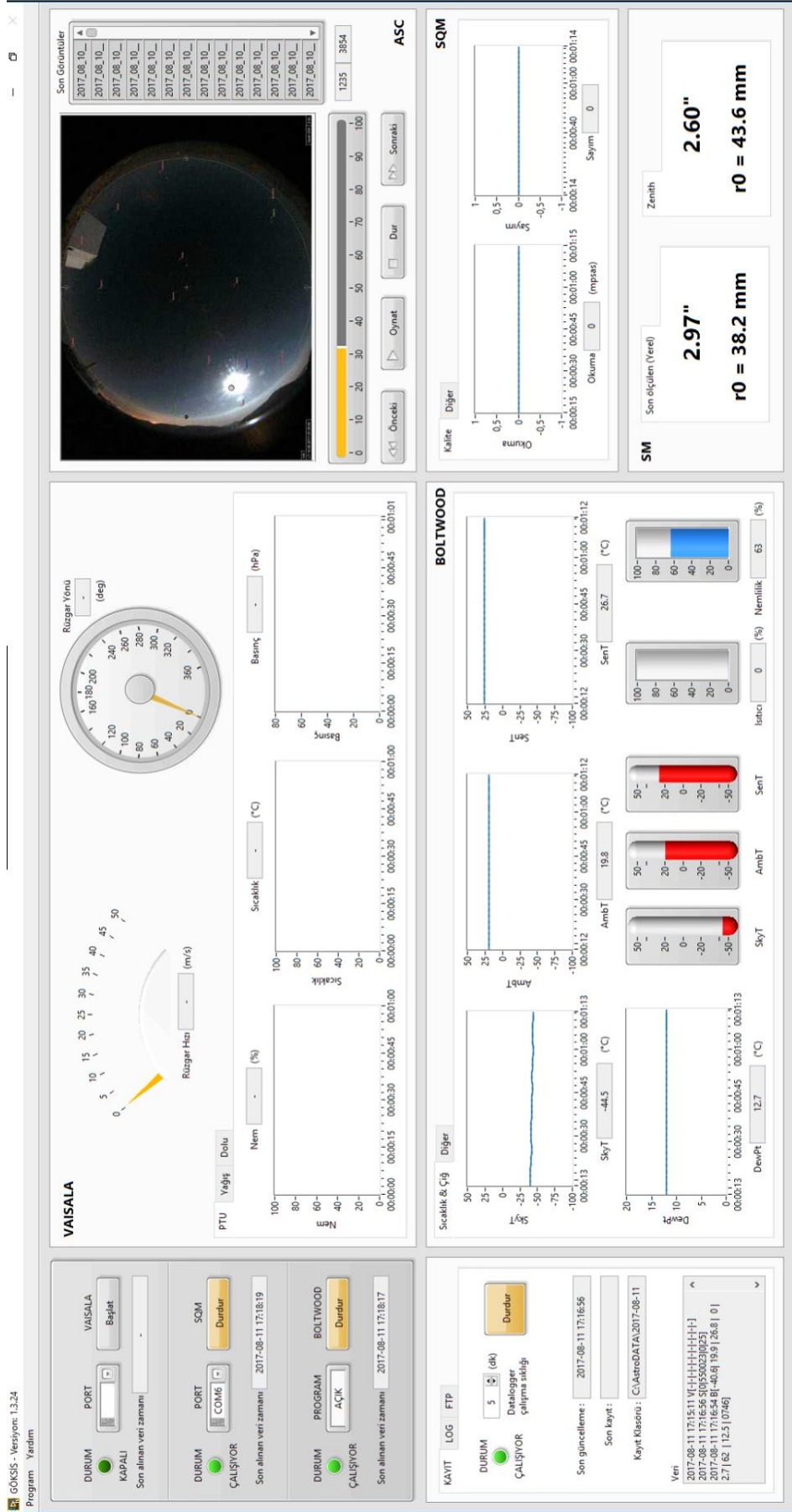
	Hedef (Target)	Amaç (Goal)	Sonuç
Sağlamlık	Aşırı	Çok	Normal
Doğru Ölçer	Piyasadan topla	Piyasaya yaptır	Uygunlar toplandı
Maliyet	Düşük	Orta	Düşük
Üretim Süreci	Zor	Çok Zor	Kolay
Kurulum Süreci	Kolay	Çok Kolay	Zor
Tasarım	Ayrıntılı	Çok Ayrıntılı	Normal
Yazılım	Pratik→Windows	Bağımsız→Linux	Kolay ve Hızlı

Görüleceği gibi bir prototip olarak GÖKSİS çalışır durumdadır ve veri alabilmektedir. Ancak, tüm aday adayı sitelerde bağımsız, sorunsuz ve sürekli çalışabilmesi için “hedefler” aşılip “amaçlara” ulaşılması gerekmektedir. Bu durum proje kapanış çalıştayında da dile getirilmiş ve aşağıdaki iyileştirmeler oluşturulmuştur:

Tablo 10. GÖKSİS için gerekli iyileştirmeler.

No	Sorun	Öneri
1	Altyapısal olarak güneş panel yüzeyleri yüksek rüzgarlara karşı direnç oluşturarak kendi ankrajlarını zorlayabilir.	Panel kasnaklarının yan ve arka bölümleri rüzgar geçişine izin verecek, kar yüküyle dolmayacak biçimde düzenlenmesi gerekmektedir.
2	Temel betonu ulaşılması zor dağ zirveleri için oldukça büyük dökülüp hazırlanması zor ve zaman aldı.	Yalnızca direk için beton kullanılmalı ve Güneş panel sistemi araziye doğrudan sabitlenmeli.
3	Kablolama uzunluğu fazla olduğundan USB veri aktarımında güçlendirme sorunu yaşanmakta, kablo kalabalığı üretildiğinden panoda çok yer kaplamakta ve ölçer kurulumunu zorlaştırmaktadır.	Direk üstü flanj çıkışına ve direk altı pano girişine konacak iki soket bloğuyla (patch panel gibi) kablo boyları sabitlenebilir. Hem kurulum hem de bakım kolaylaştırılabilir.
4	Pano güneş panelleri yüksekliğinde ve bir o kadar geniş. Her ne kadar çoklu ankraj ile betona bağlı olsa da yatay rüzgar ve kar yükünde kullanım zorluğu yaşanabilir.	#3’deki kablolama sorunu çözüldüğünde gerekli pano hacmi %30 düşecektir. #3’de önerilen soket sistemiyle panoya giriş sağlandığında “Pano PC” doğrudan küçük bir kutuya indirgenebilir; PANO1. Tüm güç üniteleri ve inverter sistemi de kendi boyutlarına uygun PANO2’ye indirildiğinde yatay hacim kaplayan sistem doğrudan direğin alt kısmına, kar yükünden yükseğe monte edilebilir (örneğin Kuzey ve Güney doğrultularına).
5	İşletim sistemi ve LabView otomasyonu zorlaştırıyor.	Tablo 9’da söz edildiği gibi var olan sistem prototip sürecinde hızlı değişiklik

		<p>ve düzenleme yapabilmek adına LabView ile sağlanmıştır. Bu seçimdeki temel kriter LabView'un ASC ve SM'e erişim için doğrudan kütüphanelerinin olmasıydı.</p> <p>Gerçek üretim aşamasında tüm sistem Linux işletim sistemine dönüştürülecektir (bkz. Şekil 14). Böylece hem otomasyon hem de süreklilik denetlenebilecektir.</p>
6	Direğin ince ayarla kutup yıldızına yönlendirilmesi zor.	<p>Üst flanj tasarımında azimuth ve altitude için düzeneği eklenmeli. Üst flanjda ne olursa olsun hareketli parça koymama ilkemizi sürdürebilir, ancak, kurulum sırasında de-monte edilebilecek motorlarla ayarlama (en çok 1-2 derece).</p>
7	Direk parçalarının ve üst flanjin kurulumu operasyonel olarak çok zor.	<p>Direk parçaları ve üst flanjin jaraskal sistemiyle kurulabilmesi için tasarım güncellenmeli. Direk parçaları iç içe geçebilecek biçimde tasarlanabilir ve ara flanjlara bu mantığa göre düzenlenerek yukarı doğru yükselen bir kurulum süreci oluşturulabilir.</p>
8	Sistem verisi aktarılmadan önce çok veri kaplayabildiğinden işletim sistemini zorlamaktadır.	<p>Var olan düzende NUC türü PC'deki SSD depolama verimli biçimde kullanılmıştır. Böylece klasik HDD'deki mekanik sistemlerden doğabilecek sorunlar yaşanmamıştır. Ancak maliyet açısından SSD'nin alt kapasitesi seçilmiştir. Üretime yönelik tasarımda bu en üst kapasiteye çıkarılabilir.</p>



Şekil 14. Uyarlanması düşünülen yeni kuşak GÖKSIS kontrol paneli.

14. Sonuç ve Gelecek Öngörülerini



Şu anda GÖKSİS'in tüm ölçerleri etkin biçimde veri üretmekte ve arşivlenmektedir. Ancak, proje bursiyerlerinin görevlendirilememesi ve TUG personelinin yoğunluğundan dolayı sistemin sürekliliğindeki aksamalar hızlıca giderilemediğinden proje bitiminde GÖKSİS'den tam verim sağlanamamıştır. En kısa sürede bu sorunlar giderilip web sayfası⁷ üstünden sistem veri gösterimine geçecektir.

15 Haziran - 14 Temmuz 2017 tarihleri arasında alınan veriler incelendiğinde TUG'un astronomik görüşünün 4767 ölçüm sonunda orta değerinin 0.85 açı saniyesi olduğu belirlenmiştir. Gökyüzü parlaklığı değişkenlik gösterse de en düşük 22 kadir/açısaneyekare olarak ölçülmüştür. Gece karanlığı güneş etkisi nedeniyle beklendiği gibi gecelik değişim göstermektedir. Saha test veri setinde geceler genelde bulutsuz geçmiş olsa da %65'i bulutsuz ve %18'i çok bulutlu olduğu görülmüştür.

Bu süre kısa olsa bile GÖKSİS'in bir prototip olarak çalıştığı verilerle de kanıtlanmıştır. Bunun yukarıdaki resimde olduğu gibi bir "istasyona" çevrilerek servis vermesi hedeflerimize ulaştığımızın bir göstergesidir. Kuşkusuz gerçek performans uzun süreli gözlemlerin birikmesiyle sorgulanabilir olacaktır. Bu verilerin analizi ve Tablo 10'daki iyileştirmeler yapıldığında GÖKSİS (ya da GÖKSİS-II), belirlediğimiz aday aday yerleşkelerde (Aksaker vd. 2015) kullanılabilir hale gelecektir.

Kapanış çalıştayında ortaya çıkan gelecek öngörülerimiz ise şöyle özetlenebilir:

- GÖKSİS'teki deneyimimizle, azaltılmış bir ölçer parkı (en çok iki) ve "gökyüzü kalitesi" odaklı bir hedefle, Antarktika'daki "Kutup Bilimsel Araştırmalar Merkezine" yeni bir GÖKSİS-II sürümü üretilebilir. Benzer çalışmalar her bir üniversite için de başlatılabilir.
- GÖKSİS-II gibi bir sürümün üretilebilmesi için devlet desteği gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi içinse GÖKSİS performansının "öncelikli alanlara" göre yeniden irdelenerek ölçer parkı konu ve olaya göre güncellenebilir hale getirilebilir. Örneğin a)

⁷ <http://goksis.iletinfo.tr>

radyometik ölçerler, b) sismik ölçerler, c) Güneş enerjisi odaklı ölçer sistemleri; d) genel anlamda enerji alanına yönelik ölçerler, e) çevre ve çevre kirliliğine yönelik ölçerler.

- TUG'un önemli hedeflerinden biri olan T250 teleskobunun konuşlandırılacağı noktaya GÖKSİS ya da GÖKSİS-II götürülerek şimdiden site kalitesi diğer teleskoplarla (hatta GÖKSİS verisiyle) karşılaştırılabilir hale getirilebilir.
- GÖKSİS TUG'da kalıcı kılınırsa üreteceği veri Türk astronomisinin hep aradığı disiplinler arası "astro-meteoroloji" çalışmaları için önemli bir veri kaynağı olacaktır.

15. Kaynaklar

- Ak, T., Özişik, T., Yelkenci, K., Girgin, C.B., Baştürk, Ö., “*TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinin Robotik Görüş Gözlemevi Düzeneği TUG-DIMM: Son Durumu ve İlk Gözlemler*”, 15. Ulusal Astronomi Kongresi, 2007, 41.
- Aksaker, N.; Yerli, S.K.; Erdogan, M.A.; Erdi, E.; Kaba, K.; Ak, T.; Aslan, Z.; Bakis, V.; Demircan, O.; Evren, S.; Keskin, V.; Kucuk, I.; Ozdemir, T.; Ozisik, T.; Selam, S.O., “*Astronomical Site Selection for Turkey Using GIS Techniques*”, 2015, 39, 547
- Aslan, Z.; Aydin, C.; Tunca, Z.; Dimircan, O.; Derman, E.; Golbasi, O.; Marsoglu, A., “*Site Testing for an Optical Observatory in Turkey*”, A&A, 1998, 208, 385.
- Cuevas, O.; Cure, M.; Chacón, A.; Els, S.; Schöck, M.; Riddle, R.; Skidmore, W.; Travouillon, T., “*Meteorological Study of AN Event of Occurrence of Optical Turbulence at the Tmt Candidate Sites*”, Proc. of Optical Turbulence: Astronomy Meets Meteorology, 2009, 216-223.
- Graham, E.; Sarazin, M.; Beniston, M.; Collet, C.; Hayoz, M.; Neun, M.; Casals, P., “*Climate-based site selection for a Very Large Telescope using GIS techniques*”, Met. App., 2005, 12, 77.
- Hotan, C.E.; Tingay, S.J.; Glazebrook, K., “*Testing Potential New Sites for Optical Telescopes in Australia*”, PASA, 2013, 30, 2
- D. Koc-San, B.T. San, V. Bakis, M. Helvacı, Z. Eker, “*Multi-Criteria Decision Analysis integrated with GIS and remote sensing for astronomical observatory site selection in Antalya province, Turkey*”, Adv.Spa.Res, 2013, 52, 39-51.
- Küçük, I.; Üler, I.; Öz, Ş.; Onay, S.; Özdemir, A.R.; Gülşen, M.; Sarıkaya, M.; Dag Tekin, N.D.; Özeren, F.F., “*Site selection for a radio astronomy observatory in Turkey: atmospheric, meteorological, and radio frequency analyses*”, Exp. Astr., 2012, 33, 1
- Liu, L. Y., Yao, Y. Q., Wang, Y. P., Ma, J. L., He, B. L., Wang, H. S. ,(2010), “*Seeing measurements for the Guoshoujing Telescope (LAMOST) site with DIMM*”. Res. Astron. Astrophys. 2010, 10, 1061–1070
- W. Luo; M. C. Taylor; S. R. Parker, “*A comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales*”, Int. J. Cli. 2008, 28, 947.
- Özişik ve Ak, “*TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi’nde S-DIMM ile Gündüz Görüş Niteliği Gözlemleri*”, TBAG-2217/102T100, 2004.
- Sarazin, M.; Graham, E.; Kurlandczyk, H., “*FriOWL: A Site Selection Tool for the European Extremely Large Telescope (E-ELT) Project*”, Messenger, 2006, 125, 44.
- A. Ziad, R. Gredel, J. Aceituno, J. Borgnino, F. Hoyo, A. Irbah, F. Martin, U. Thiele, S. Pedraz; “*A site-testing campaign at the Calar Alto Observatory with GSM and DIMM instruments*”. Mon Not R Astron Soc, 2005; 362, 455-459.

16. Ekler

Burada yalnızca eklerin ilk sayfaları gösterilmektedir.
Eklerin tamamı sisteme de yüklenmiştir.

16.1. Türkiye'de Büyük Teleskoplar için Yer Belirleme Çalışmaları Çalıştayı – I

Türkiye'de Büyük Teleskoplar için Yer Belirleme Çalışmaları Çalıştayı – I
11 Mayıs 2013,
Bilim Akademisi Derneği, İstanbul

9-10 Mayıs 2013 tarihlerinde yapılan “Küçük Teleskoplarla Bilim: Fırsat Gözlemciliği” çalıştayı takiben 11 Mayıs 2013 günü toplanan Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölüm/Birim temsilcileri ve diğer katılımcılarla yapılan toplantıda, Türk astronomlarının geleceğe yönelik gözlemsel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik düşünülen büyük teleskoplar için potansiyel yer belirleme konusu tartışılmış ve aşağıdaki görüşler oluşturulmuştur:

1) DAG ekibinin uzaktan algılama coğrafi bilgi sistemi ile yapacağı çalışmaların sonuçlarına göre aday aday yerlerinin belirlenmesi,

2) Potansiyel aday aday yerlerinin belirlenme çalışmalarını yürütecek ekibin:

Nazım Aksaker (Çukurova Üniversitesi), M. Akif Erdoğan (Çukurova Üniversitesi), Kazım Kaba (Çukurova Üniversitesi), Erdem Erdi (Çukurova Üniversitesi), Volkan Bakış (Akdeniz Üniversitesi), Sinan Kaan Yerli (ODTÜ), Varol Keskin (Ege Üniversitesi), Serdar Evren (Ege Üniversitesi), Selim Selam (Ankara Üniversitesi), Zeki Eker (Akdeniz Üniversitesi), Zeki Aslan, Tansel Ak (İstanbul Üniversitesi), Tuncay Özışık (TUG), Dilek Koç San (Akdeniz Üniversitesi), Taner San (Akdeniz Üniversitesi), Korhan Yelkenci (İstanbul Üniversitesi), Tuncay Özdemir (İnönü Üniversitesi), Osman Demircan (Çanakkale Üniversitesi), İbrahim Küçük (Erciyes Üniversitesi)'den oluşması

İletişim adresinin: astroklima@dag-tr.org olması

3) Bu grubun sekreteryasının Nazım Aksaker, Tansel Ak, ve Sinan Kaan Yerli tarafından yürütülmesi,

4) Ön çalışmaların 30 Haziran 2013 tarihine kadar bir rapor haline getirilmesi,

5) Rapor sonrası, grubun karar vereceği bir tarihte değerlendirme toplantısı yapılması,

6) Hazırlanacak raporun ilgili bölüm ve birim başkanlıklarına, TUG ve TAD'a iletilmesi,

7) Bu rapor doğrultusunda Eylül 2013 döneminde bir TÜBİTAK 1001 projesi verilmesi,

oy birliği ile benimsenmiştir.

16.2. Türkiye'de Büyük Teleskoplar için Yer Seçimi Çalışması RAPOR - 2013-01

CBS-TR : CP / Yer Seçimi Çalışması - Rapor: 2013-01

Türkiye'de Büyük Teleskoplar için Yer Seçimi Çalışması RAPOR - 2013-01

(02 Temmuz 2013)

Konu: Türkiye'de astronomik gözleme uygun yerlerin seçilmesi amacıyla yapılan CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) katman çalışması ve ön ağırlıkların belirlenmesi.

Hazırlayanlar: S.K. Yerli (ODTÜ), N. Aksaker (Çukurova Üniv.), A. Erdoğan (Çukurova Üniv.), T. Ak (İstanbul Üniv.)

Giriş

TUG, Kurullararası Ortak Çalıştay'ında (29-31 Mart, 2013 - Antalya), büyük teleskoplar için Türkiye'de uygun yerlerin belirlenmesi gündeme gelmişti. Bu doğrultuda toplanan bölüm/birim temsilcileri ve diğer katılımcılar (11 Mayıs 2013 - İstanbul), Türk astronomlarının geleceğe yönelik gözlemsel gereksinimlerini karşılamak üzere büyük teleskoplar için Türkiye coğrafyasındaki potansiyel yerlerin belirlenmesi konusunu tartıştı, ön çalışmaların başlatılmasına karar verdi ve bir [Sonuç Bildirgesi](#) yayınladı.

Bu amaç doğrultusunda çalışma grupları ve hedefler belirlendi.

Çalışma Grupları

CBS Katman Çalışması

Konu: Yer seçimine uygun CBS katmanlarının ve ön ağırlıklarının belirlenmesi

Son Tarih: 30 Haziran 2013

Rapor: henüz onaylanmadı

Ekip: DAG ekibi (S.K.Yerli/ODTÜ, N.Aksaker/ÇÜ, A.Erdoğan/ÇÜ) ve T.Ak/İÜ

Aday Adayı Belirleme Çalışması

Konu: Aday adaylarının incelenmesi ve çapraz karşılaştırma çizelgelerinin oluşturulması

Son Tarih: katman çalışmasını bekliyor

Ekip: Tansel Ak/İÜ, Nazım Aksaker/ÇÜ, Zeki Aslan, Volkan Bakış/AkdÜ, Osman Demircan/ÇOMÜ, Zeki Eker/AkdÜ, Erdem Erdi/ÇÜ, M. Akif Erdoğan/ÇÜ, Serdar Evren/EÜ, Kazım Kaba/ÇÜ, Varol Keskin/EÜ, İbrahim Küçük/ErcÜ, Tuncay Özdemir/İnÜ, Tuncay Özışık/TUG, Dilek Koç San/AkdÜ, Taner San/AkdÜ, Selim O. Selam/AÜ, Korhan Yelkenci/İÜ, Sinan Kaan Yerli/ODTÜ

16.3. Büyük Çaplı Teleskoplar İçin Türkiye Coğrafyasında Yer Belirleme Çalıştayı-II

Büyük Çaplı Teleskoplar İçin Türkiye Coğrafyasında Yer Belirleme Çalıştayı – II

2-3 Ağustos 2013, TUG – Antalya

Çalıştay Raporu

1. Grubun hazırladığı katman çalışması (bkz. Ek) sunuldu.
2. CBS'nin yerleşke seçimindeki yeri ve nasıl kullanılması gerektiği tartışıldı.
3. Bu tartışmalar ve CBS raporu kullanılarak aday adayı bölgeler (17 adet) seçildi.
4. Bu aday adaylarından yakın bölgelerdekiler birleştirilerek 10 farklı bölge belirlendi.
5. Ayrıca, yapılan çalışmanın iki şekilde genişletilmesi önerildi: 1) Anadolu platosu dışında kalan yakın komşularımızın katılması; 2) Sınır yüksekliğinin (dönüşüm katmanı) kaldırılması.
6. Bu aday adaylarının fiziksel testlerinin nasıl yapılması gerektiği konusunda idari, akademik ve teknik açıdan tartışıldı ve kapsamı şu biçimde belirlendi:
 - a. Aday yerlerde, meteoroloji destekli astronomik görüş ölçümü için otomatik istasyon tasarımı ve prototip yapımı için fikir birliğine varıldı.
 - b. Bütçesi ve iş kapasitesi gereği bu prototip için TÜBİTAK 1001 desteğiyle bütçe sağlanması uygun bulundu.
 - c. İdari açıdan çalışmanın üstlenilebilmesi ve kurumsallaştırılabilmesi için TUG bünyesinde bir kurulun oluşturulmasının veya İstanbul'daki birinci çalıştayda belirlenen kurulun görevlendirilmesinin önerilmesi uygun bulundu.
 - d. Seçilen aday adaylarda üretilcek istasyonların kullanılabilmesi için Ulaştırma Bakanlığı Hav.Uzay Tek. Gn.Md'ne daha geniş bütçeli bir proje verilmesinin gerektiği vurgulandı.
7. Üretilcek prototipin hangi öğeleri, nasıl, ne ile gözleyeceği tartışıldı ve bu doğrultuda iş paketleri oluşturularak ön çalışma akışı oluşturuldu.
8. Verilmesi düşünülen 1001 projesi için özgün değer, çalışma ekibi, zaman tablosu, iş paketleri oluşturuldu.

Tansel Ak/İÜ	Serdar Evren/EÜ	Dilek Koç San/AkdÜ
Nazım Aksaker/ÇÜ	Kazım Kaba/ÇÜ	Taner San/AkdÜ
Zeki Aslan	Varol Keskin/EÜ	Selim O. Selam/AÜ
Volkan Bakış/AkdÜ	İbrahim Küçük/ErÜ	Sinan Kaan Yerli/ODTÜ
Osman Demircan/ÇOMÜ	Tuncay Özdemir/İnÜ	Kutluay Yüce/TAD
Zeki Eker/AkdÜ	Tuncay Özışık/TUG	

16.4. Gözlemleri için Gökyüzü Kalitesi Ölçümleri Çalıştayı

Gözlemleri için Gökyüzü Kalitesi Ölçümleri Çalıştayı

12 Ağustos 2017

TUG, Akdeniz Üni. Kampüsü, Antalya

Kapanış Bildirgesi

Bilindiği gibi Türkiye’de Büyük Teleskoplar için Yer Belirleme çalışması 3 Ağustos 2013’de sonuçlandırılmıştır (bkz. Web ve Aksaker ve ark., 2015). Bu çalışmanın devamında da aday yerleşkeler için prototip ölçer sisteminin tasarım ve üretimini gerçekleştirmek için bir TÜBİTAK 1001 projesi önerilmiş ve 13 Ocak 2014 tarihinden beri yürürlüktedir.

Bu proje kapsamında tasarlanıp üretilen prototip kurulup çalıştırılmaya başlanmıştır. Bu prototip sisteminin (Gökyüzü Kalitesi Ölçüm Sistemi - GÖKSİS)’in sonuçlarını, bu tür sistemlerin geleceğini ve böyle bir prototipin nasıl ülke genelinde kullanılacağını öngörmek, tartışmak ve gerekirse sonuçlara varmak adına bir günlük bu çalıştay düzenlenmiştir.

Çalıştay sonrasında çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- GÖKSİS daha çok veri almalı.
- Hacimsel olarak daha sıkı ve kolay kurulur hale getirilmeli.
- Kış koşullarından etkilenmemesi için ölçerler kubbe sistemi içinde tutulabilir.
- GÖKSİS’e farklı ölçerler eklenebilir:
 - PWV (CORS istasyonu) ölçeri
 - Basit sismik ölçerler
 - Radyometre ölçerleri
 - Güneş enerjisi ölçerleri
 - Çevre kirliliğiyle ilgili ölçerler
- GÖKSİS farklı gözlemsel alanlarda kullanılabilir:
 - Tasarlanacak GÖKSİS-II Antarktika’da çalıştırılabilir.
 - Tasarlanacak GÖKSİS-II öncelikli alanlara göre uyarlanabilir.
- T250 teleskop yerine şimdiden kurularak ölçüm yapmaya başlayabilir
- GÖKSİS disiplinler arası “astro-meteoroloji” konusunda inşalara ışık tutabilir.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. SİNAN KAAAN YERLİ
Proje No:	113F266
Proje Başlığı:	Meteoroloji Destekli Astronomik Görüş Ölçümü İçin Otomatik İstasyon Tasarımı Ve Prototip Yapımı
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	36
Araştırmacılar:	VOLKAN BAKIŞ, MUSTAFA SERDAR EVREN, TUNCAY ÖZİŞİK, İBRAHİM KÜÇÜK, TANSEL AK, NAZIM AKSAKER, TUNCAY ÖZDEMİR, FUAT KORHAN YELKENCİ
Danışmanlar:	ZEKİ ASLAN, MUSTAFA ATILAN
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ORTA DOĞU TEKNİK Ü. FEN-EDEBİYAT F. FİZİK B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/03/2014 - 01/09/2017
Onaylanan Bütçe:	398495.0
Harcanan Bütçe:	250171.5
Öz:	<p>Bu projede gözlemevi yerleşkelerinde gökyüzü kalitesini ölçmek için üretilmiş bir prototip tasarlanmış, üretilmiş ve test edilmiştir. Prototip beş farklı sistemden oluşmaktadır: Meteoroloji sistemi, tüm gökyüzü kamerası, astronomik görüş izleme, bulutluluk ölçümü ve gökyüzü parlaklığı ölçümü. Tüm sistem LabView ortamında otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. Sistem test amaçlı olarak 14 Haziran 2017'de TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine (TUG) kurulmuş ve ölçümlere başlamıştır. Bu ölçümlere göre TUG'un gecelik görüş değeri ortası 0.85 yay saniyesi olarak bulunmuştur. Meteorolojik ölçümlerin %65'i bulutsuz ve %18 çok bulutlu ve en yüksek rüzgar hızı 47.8 km/sa olarak belirlenmiştir. Ayrıca gökyüzü parlaklığı en düşük 21.8 kadir/açısaniyekare olarak bulunmuştur. Astronomik gece görüş ve gökyüzü parlaklığı sonuçları ilk kez bu çalışmayla belirlenmiştir. TUG'da kurulan bu prototip, aldığı veri ve gösterdiği sonuçlar nedeniyle başarıyla sonuçlandırılmış durumdadır. Ancak prototip mekanik açıdan güncellemeye ihtiyaç duymaktadır. Sistemden alınan tüm veriler goksis.iletinfo.tr web sayfasından en kısa sürede yayınlanacaktır.</p>
Anahtar Kelimeler:	Teleskop, Gözlemevi, Yer Seçimi, Astronomik Görüş, Meteoroloji
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Evet
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Astronomical site selection for Turkey using GIS techniques (Makale - İndeksli Makale), 2- Astronomical Site Selection for Turkey Using GIS Techniques (Makale - Diğer Hakemli Makale).