

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

### YARIŞMASI

### PROJE DETAY RAPORU

**PROJE ADI:** Seralara Özgün Enerji Verimli Yenilikçi İklimlendirme Sistemi ve Bütünleşik Hava Dağıtım Kanalı Tasarımı

**TAKIM ADI:** SilverRiver

**TAKIM ID:** T3-24574-162

**TAKIM SEVİYESİ:** Üniversite

**DANIŞMAN ADI:** Dr. Öğretim Üyesi Levent Çolak

## İçindekiler

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Projenin amacı, sera iklimlendirilmesinde kullanılmak üzere tasarlanmış enerji verimli ve yenilikçi hava dağıtım kanalı ve iklimlendirme sistemi tasarlamaktır. Sera tarımı yapan üreticilerin 12 ay boyunca pazara ürün sürmesini sağlayarak tüketicinin ürüne ulaşımı daha kolay ve ekonomik olacaktır. Hava dağıtım kanalları taşıdığı havayı sera içerisinde daha etkin dağıtarak iklimlendirme için gereken güç minimize edilecektir. Sayısal analiz ile elde edilen mikroklimatik katmanlar, şartlandırılmış yalnızca sera içerisinde bitkilerin yaşadığı hacimde havanın etkili olmasını sağlayıp gereksiz yere harcanacak enerji girdisini azaltacaktır. Bu şekilde tasarlanacak hava kanalı ve iklimlendirme sistemi enerji girdisinin verimli kullanımı sağlayarak hem daha çevreci hem de daha ekonomik olacaktır.

### 2. Problem/Sorun:

Sera tarımı yapan üreticiler, dış ortam hava koşullarının sera içerisindeki tarımı negatif etkilemesinden dolayı yalnızca yılın 6 ayında tarım yapabilmektedir. Bu durum amortisman süresini uzatarak, seranın kendisini geri ödeme süresini iki katına çıkartmaktadır. Sera tarımının yıl boyunca yapılarak, yaz mevsiminde kış, kış mevsiminde yaz meyve/sebzelerinin yetiştirilmesi, seranın amortisman süresini azaltarak üreticinin yıl boyunca kârını artıracaktır. Seranın 12 ay çalıştırılması düşünüldüğünde ortaya çıkan ilk ihtiyaç, uygun mikroklimayı oluşturmak için ekstra ısıtma, soğutma ve nemlendirme işlemidir.

Sera içerisine üflenen sıcak hava kütesinin hedef hacme ulaşarak ortam sıcaklığını değiştirmesi beklenir fakat sera içerisine üflenen havanın sıcaklığı mahal sıcaklığından yüksektir, yoğunluğu daha az olan üfleme havası sera çatısına doğru yükselerek seranın üst kısmında yüksek sıcaklık değerlerine sebep olur. Yukarı yönlü bu hava hareketi üfleme havasının hedeflenen hacmin bulunduğu yani bitkilerin yetişmekte olduğu hacme ulaşamamasına veya kısmen ulaşmasına sebep olmaktadır. Bitkilerin ısınma sorununu çözmek için, bitkilerin içerisinde buldukları hedef hacme ekstra sıcak hava üflenir. Ekstra sıcak hava kütesi oluşturmak için ısıtma sisteminin daha fazla güç çekip daha fazla yakıt tüketmesi gerekir. Gereksiz yere harcanan yakıt karbon salınımını artırarak çevreye zarar verir. Ek olarak, sadece bitkilerin yer aldığı hacmin ısıtılması gerekirken, tüm sera ortamını istenilen sıcaklığa getirmek adına yapılan bu işlem ciddi bir enerji kaybına sebep olmakta ve verim düşüşüne sebep olmaktadır.

Soğuk havanın sera içerisine üflenmesi sırasında üfleme havasının sıcaklığının ortam sıcaklığından daha düşük olması sebebiyle, soğuk hava sera tabanına çöker ve soğutma işlemi kolaylıkla yapılabilir. Bu sayede hedef hacmin sınırları kolayca sağlanır. Fakat soğuk hava akışının modellenmesi, akış engellerinin tanımlanması ve sayısal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi başlı başına bir analiz problemidir.

Seralarda yetiştirilmek istenen ürünlerin büyük çoğunluğunda ekim dönemi, fide dönemi ve hasat dönemi olmak üzere toplamda 12 aylık bir süreç vardır. Hasat döneminin bitmesiyle dış koşullar sebebiyle ürün elde edilemez ve bu nedenle seralarda üretim yapmanın önemi artar. Hasat dönemi sonrasında ürün alabilmek için bitkinin ekim ve fide dönemlerini yaklaşık hasat dönemi süresi kadar ötelemek gerekmektedir bu sayede normal koşullardaki hasat dönemi tamamlandığında sera koşullarındaki hasat dönemi başlayabilir. Bu öteleme işlemi

gerçekleştirebilmek için bitkinin ekim döneminde olması gereken sıcaklığın da ötelenmesi gerekir.

### 3. Çözüm

Sorun kısmında açıklanmış olan problemin çözümü, sera iklimlendirilmesinde kullanılmak üzere tasarlanmış enerji verimli ve yenilikçi hava dağıtım kanalı ve iklimlendirme sistemi tasarlamaktır. Gereksiz yere harcanan enerji miktarını azaltarak iklimlendirme maliyetini düşürmek amacıyla CFD analizleri ile mikroklimatik katman oluşturma uygulamaları yapılacaktır. Bu durum üreticinin maliyetinin düşmesine dolayısıyla tüketicinin ürüne ulaşımını kolaylaştıracaktır.

Hava dağıtım kanallarının ön tasarımında, şartlandırılmış havanın bitkilerin bulunduğu bölgeyi hedefleyecek şekilde açıklıkların oluşturulması söz konusu olmuştur. Kanallar üzerindeki açıklıkların boyutları ASHRAE standartlarında belirtilen hava üfleme hızlarına göre belirlenmiştir. Ön tasarımın CFD analizleri, açıklıklardan çıkan hava debisinin hava kanalı girişinden uzaklaştıkça kanal çıkışına doğru önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Şartlandırılmış hava debisinin hava kanalının sonunda da korunabilmesi için iki farklı kanal daha tasarlanmıştır. İlk versiyonda şartlandırılmış havanın üflendiği açıklıkların kanal boyunca çaplarının artırılması söz konusu olmuştur. Tasarlanan ikinci kanalda ise kanal boyunca hava üfleme açıklıklarının çaplarının değişmemesi fakat hava kanalının şekli konik olarak tasarlanmıştır. Her iki kanal tipi için de CFD analizleri yapılmış ve kanal boyunca çapların artırılmasının daha etkili bir çözüm olduğu görülmüştür. Bununla birlikte üretilebilirlik açısından, sabit kesit alanlı bir kanalın üzerine çapları kanal boyunca artan hava açıklıklarının oluşturulması daha kolay olacaktır.

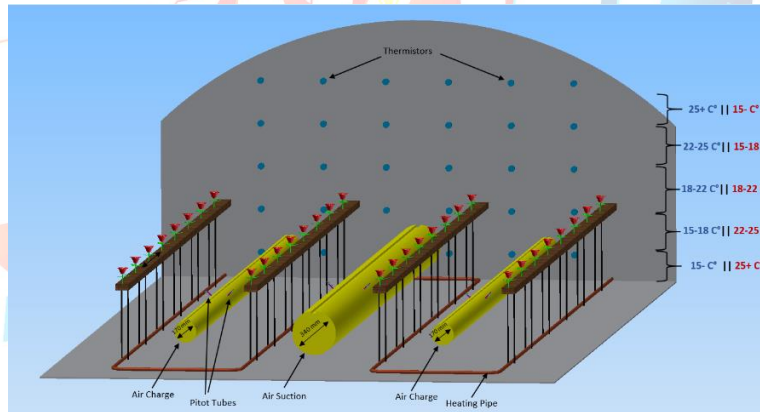
Projenin özgün tasarım çıktılarının arasında, sera ortamının tamamı ile ilgili bir uygulamada bulunmaktadır. Sera ortamında yalnızca bitkilerin bulunduğu bölgeyi iklimlendirmeyi amaçladığımızdan, sera içerisinde kullanılacak en uygun kanalın tasarımının ardından, şartlandırılmış hava akışı simülasyonlarına başlanmış ve burada mevcuttan daha farklı bir yöntem uygulanması gerektiği görülmüştür. Bu sebepten, hava dağıtım kanalları bitkilerin bulunduğu platformları arasına alacak şekilde konumlandırılıp, en sağ ve en soldaki kanallardan şartlandırılmış havanın verilmesi ile ortada bulunan hava kanalından havanın emilmesi sağlanarak bitki platformlarının üzerinde seranın geri kalanından farklı mikroklimatik bir ortam oluşturabilmek mümkün olmuştur. Bu noktada karşılaşılan başlıca sorun HVAC sektöründe ASHRAE' nin şartlandırılmış hava basma ve emişi ile ilgili standart değerlerinin, tasarlanan sistemdeki emiş değerlerinin üzerinde olması durumudur. Bu sorunu çözmek için ortada bulunan hava emiş kanalının çapını, hava basma kanallarının çapından iki kat daha büyük yaparak, hem analizlerde gerekli olduğu ortaya çıkan hava hızları elde edilmiş hem de standartlara uygun bir çalışma ortaya çıkmıştır.

### 4. Yöntem

Takip edilen yöntem ve metotlar sırasıyla şu şekildedir:

- 1- Literatür taramasından elde edilen bilgiler ışığında, hava kanalı tasarımına ve termoekonomik optimizasyona yönelik amaç fonksiyonu ve etkin parametreler belirlenmiştir. Parametrelerin belirlenmesi sırasında sera içerisinde yapılacak hava dağıtımını işlemi etkileyebilecek faktörler göz önüne alınmıştır.

- 2- Matematiksel model, akış ve ısı transferi olaylarının yarattığı problemlerin basitleştirilerek amaç fonksiyonun belirlenmesinin ardından bu olayların ihmal edilebilecek düzeyde olanları hesaplamaların dışında bırakılarak, fiziksel olayların matematiksel denklemlere dönüştürülmesiyle oluşturulmuştur.
  - 3- Isıl yükler Carrier tarafından oluşturulmuş HAP (Hourly Analysis Program) yardımıyla hesaplanmıştır.
  - 4- Katı modeli gerçek boyutlu bir sera için oluşturulmuş hava kanalları ve sera boyutsuzluk analizi ile küçültülerek ön prototip üretilmiştir.
  - 5- Boyutsuzluk analizi ile küçültülmüş prototip, projenin sanayi ortağı olan ÜNTES İklimlendirme Sistemleri A.Ş. bünyesindeki test düzeneğine entegre edilecektir.
  - 6- Sayısal analizlere başlanmıştır. Sayısal analizde kullanılacak eleman sayısı çözüm süresi açısından kritik olduğundan sistem içerisinde termal simetri aranıp CFD analizlerindeki eleman sayısının azaltılmıştır.
  - 7- Sayısal analizlerin tamamlanarak proje başlangıcında belirlenen etkin parametreler sayısal analizi sonuçları ile belirlenip, doğrulama testlerinin sonuçları ile karşılaştırılmaya hazır hale getirilmiştir.
  - 8- Sayısal analiz ve test sonuçları arasındaki farkın %5'i geçmesi durumunda sayısal ağ iyileştirilecektir.
  - 9- Prototip desteği alıp doğrulama ve iyileştirme yapılacaktır.
  - 10- Sayısal analizler ve termoekonomik optimizasyonun ardından elde edilen iklimlendirme senaryosunun gerçek boyutlardaki bir serada test edilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi hedeflenmektedir.
- Prototip desteği alınması durumunda gerçekleştirilecek testte kullanılacak, tasarlanan seraya ilişkin prototipin katı modeli aşağıdaki gibidir.



Resim 1. Prototip ve test düzeneğinin katı modeli

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Literatür araştırmalarında, seralarda kullanılan ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde enerji girdisini verimli kullanmak için birçok çalışma yapıldığı tespit edilmiştir. Yaz mevsimindeki yetersiz havalandırma ve kış mevsiminde ısıtma yapılmaması sera içerisinde ekstrem sıcaklıkların oluşmasına sebep olur. Kış mevsiminde gece sıcaklıklarının çok düşük, yaz mevsiminde ise gündüz sıcaklıklarının çok yüksek olması hava ve sera toprağı

arasındaki günlük sıcaklık farkının yüksek genlikli olmasına sebep olur. Bu durum ürün kalitesini ve üretimini etkilemektedir.

Kompozit yapıli sistemlerin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin sera çatısına kurulan fotovoltaiik paneller ile sağlanması toplam verimde %4 civarında iyileştirme sağlanmıştır[1].

Isı pompası ile birlikte tasarlanmış sistemlerde, sistem tasarımı öncesinde oluşturulan ön tasarımda ve analiz modellerinde sera içerisinde gerçekleşebilecek temel ısı transferi işlemleri dikkate alınarak sistemde kullanılacak ısı pompasının istenen ısıtma, soğutma ve nem alma işlemleri için yeterli olacak şekilde seçilmesi gerekir. Bunun için çeşitli matematiksel modellerin oluşturulduğu çalışmalar bulunmaktadır [2].

Isı pompalı sistemlerin en basit uygulaması, sıcak hava ısıtma üniteleri ve sera içerisinde sıcak suyun veya buharın dolaştığı borulara aracılığıyla ısıtma yapan radyatif, buhar/sıcak sulu sistemlerdir [3].

Yapılan ticari ve bilimsel literatür araştırmalarında, sera iklimlendirmesinde enerji verimliliği açısından mikroklimatik katmanlar oluşturularak CFD analizleriyle değerlendirilmiş bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Yaz aylarında ortaya çıkan aşırı ısı enerjisini depolamak suretiyle daha sonra kullanılmasını amaçlayan çalışmalar bulunmaktadır. Bu tür seraların ticarileşerek sıkça kullanılan bir uygulamasına rastlanmamıştır. Bu noktada özet bilgi kısmında bahsedilmiş olan hava kanallarının kullanıldığı yegane uygulama PolyClima A.Ş. tarafından Mersin de kurulan domates serasıdır. Bu uygulama da hava kanallarının veya sera ortamının tamamına ilişkin enerji verimliliği ve iklimlendirme sistemlerinin yüklerinin azaltılmasıyla ilgili bir çalışma yapılmamıştır.

Projenin özgün tasarım ıktıları şu şekilde özetlenebilir; özet kısmında bahsedilen mikroklimatik katmanların oluşabilmesi için sera tabanından başlayarak bitkinin yetişeceği hava katmanında istenilen homojen sıcaklık dağılımının sağlanması, üst kısımların gereksiz iklimlendirilmesinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu hedefi gerçekleştirmek için özgün-yenilikçi hava dağıtım kanallarının tasarlanması ve analiz edilmesi söz konusu olacaktır. Ticari olarak sıkça kullanılan seralarda bulunan iklimlendirme sistemlerinde şartlandırılmış havanın yalnızca belirli noktalardan sera ortamına basılması söz konusudur. Bu durum ciddi sürtünme ve basınç kayıpları yaratmaktadır, mikroklimatik katman yapısının oluşturulmasıyla bu kayıplar bertaraf edilecektir. Sera ortamında ısıtma ve soğutma için ayrı ayrı açıklanmış katmanlı yapının oluşturulabilmesi için özel olarak hava dağıtım kanalları tasarlanmıştır.

## 6. Uygulanabilirlik

Proje dahilinde oluşturulacak prototip üzerinde yapılacak testlerin ışığında, tasarlanan sistemin uygulanabilirliği konusu daha iyi irdelenebilecektir. Bu noktada CFD analizlerinden elde edilen sonuçları kullanarak, metrekare sera alanı başına düşen iklimlendirme maliyetinin hesaplanarak, yaygın olarak kullanılan ticari seralarla yeni tasarlanan sistem arasındaki fark incelenmiştir. Yeni tasarlanan sistemin yatırım maliyeti, kullanılmakta olan seralarla karşılaştırıldığında yaklaşık üç kat daha fazladır. Fakat sera içerisinde yapılan iyileştirmeler sonucunda metrekare başına düşen üretim miktarı arttığından, 4 yıl içerisinde yeni tasarlanan sistemin kendisini geri ödediği ve kar getirmeye başladığı tespit edilmiştir. Metrekare başına üretim miktarının artmasının bir diğer sebebi ısıtma ve soğutma uygulamaları birlikte uygulanabildiğinden yeni tasarlanan seranın 6 ay yerine yaklaşık 12 ay çalışmasıdır. Kar getirdiği ve üretim miktarını artırdığı sayısal olarak hesaplanmış olan yeni tasarlanan seranın,

basitçe arz-talep ilişkisi göz önüne alındığında tüketiciye meyve/sebze fiyatlarında düşüş olarak yansıtacağı aşıkardır. Bu durumda, yeni tasarlanan seranın ticarileşmesinin önünde bir engel yoktur. Uygulanabilirlikle ilgili yegane sorun üreticinin ilk etapta yeni tasarlanan seranın maliyeti karşılayamaması durumudur. Sera tarımı için verilen teşviklerin bu yönde kullanılması durumunda bu sorunun da çözülmesi mümkündür. Ayrıca, sera içerisindeki karbondioksit ihtiyacının yanma sonucu oluşan baca gazından karşılanmasına yönelik fizibilite çalışmaları yapılacaktır.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

### İŞ-ZAMAN ÇİZELGESİ

No	İş Paketlerinin Adı ve Hedefleri	Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği	Zaman Aralığı (.... Ay)	Başarı Ölçütü ve Projenin Başarısına Katkısı
1	Ön tasarım,prototipin istenilen şekilde tasarlanması, ısı kazancı/kayı hesaplarının yapılması ilk iş paketinin hedefidir.	Proje ekibi - ÜNTES A.Ş.	Ekim 2019 – Aralık 2019	İlk iş paketinin başarı ölçütü; sera içerisinde mikroklimatik katmanlar oluşturularak her bir katmanda %5 sıcaklık değişiminin gözlenmesi, tasarlanan hava kanalından üflenecek şartlandırılmış hava havanın hızının 2 m/s'yi geçmemesi, her bir kanalda basınç kaybının 15 Pa'yı geçmemesidir. Ön tasarım aşamasının tamamlanması, elde edilen bilgiler ile ilk teknik bilgi paketinin oluşması ile birlikte matematiksel modelin oluşturulması ve etkin parametrelerin belirlenmesi, ısı yüklerin hesabı
2	estler, sayısal analizde kullanılmak üzere sınır şartlarının belirlenmesi ikinci iş paketinin hedefidir.	Proje ekibi - ÜNTES A.Ş.	Aralık 2019 - Şubat 2020	Ön teste kullanılan, mahal içerisine 30 cm aralıklarla yerleştirilmiş termo çiftlerden alınan sıcaklık değerleri incelendiğinde göreceli olarak birbirine yakın termo çiftlerden alınacak değerler arasındaki farkın 10°C yi geçmemesi, bunun yanı sıra hava debisi ölçümlerinde kullanılan pitot tüplerden alınan ölçümlerdeki hatanın %10 u geçmemesi 2. iş paketinin başarı ölçütüdür.
3	Hava kanalı içerisinde ve sera içerisinde yapılan sayısal analizlerin sonunda ilgilenilen değerlerin elde edilerek doğrulama testlerin sonuçları ile karşılaştırmaya hazır hale gelmesi.	Proje ekibi	Şubat 2019 - Mart 2020	Sayısal model de kullanılan elemanların sayısı kontrol edilerek çözüm süresinin 2 saati geçmemesi, iterasyon işleminin kullanıcı tarafından belirlenenden daha önce yakınsaması 3. iş paketinin başarı ölçütüdür.
4	Prototip imalatı	Proje ekibi - ÜNTES A.Ş.	Nisan 2020 -Temmuz 2020	Sayısal analizden alınan sonuçlar ile test sonuçları arasındaki farkın %5 i geçmemesi 4. iş paketinin başarı ölçütüdür.
5	Doğrulama testleri, %5 hata payıyla sonuçların karşılaştırılması	Proje ekibi	Temmuz 2020 – Ağustos 2020	Mevcut olan sistemlerden en az %10 ve yeni geliştirilmiş hava dağıtım kanalından en az %15 daha enerji verimli ve ekonomik sonuçlara ulaşılması.

Tahmini bütçe planı EK-1 de verilmiştir.

## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Proje fikrine yaşadığı sorunla ilgili ilham kaynağı olan kitle, ülkemizde sera tarımıyla uğraşan tüm üreticilerdir. Sezonluk olarak elde ettikleri karın büyük kısmını gereksiz yere yapılan iklimlendirme ile sokağa atmaktadırlar. Temelde sera üreticisinin daha verimli bir iklimlendirme yapmasını sağlayarak karını arttırması hedeflenmiştir.

Proje dahilinde tasarlanan seranın ilk olarak projenin sanayi ortağı olan ÜNTES A.Ş. tarafından kurulacak pilot uygulamalarda daha sonra da sera tarımı yapan üreticiler tarafından kullanılacaktır. Üreticinin maliyetinin düşmesi sonucunda, tüketici de aha düşük fiyatlara sera ürünlerine ulaşacaktır. İlk etapta proje çıktılarının küçük çapta seralarda düşük maliyetle üretim yapan sera üreticileri tarafından kullanılması beklenmemektedir. Uygulanabilirlik kısmında bahsedildiği üzere yatırım maliyetinin yüksek olmasından genellikle Akdeniz bölgesinde sera tarımı yapan daha büyük çaplı üretici firmaların kullanacağı öngörülmektedir. Sistemin yaygınlaşmasının ardından daha az üretim yapan sera üreticisine de hitap edilebilecektir.

## 9. Riskler

RİSK YÖNETİMİ TABLOSU

No	En Büyük Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
1	Koşturulacak sayısal analiz sonuçları ve prototip üzerinden yapılacak testin sonuçlarının %5 hata ile uyuşmaması	Oluşturulan sayısal ağ üzerinde iyileştirmeler yapılarak sayısal modelin tekrar oluşturulması
2	Tarafımızca tasarımda kullanılmak üzere seçilmiş olan malzemenin prototip üretimi sırasında proje bütçesini aşması	En ekonomik tasarımı yapabilmek adına, seçilen malzemenin muadili bir malzeme ile prototipin üretilmesi veya proje ekibinin öz kaynakları ile karşılanması
3	Oluşturulan ön prototipin entegre edileceği, kurulacak test düzeneğinin hazırlanması sırasında alınması gerekenlerin proje bütçesini aşması	Ön test düzeneği için eksik olan malzemelerin ÜNTES A.Ş. tarafından temin edilmesi

## 10. Proje Ekibi

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
Başak DERE	Takım Lideri	Başkent Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü	MMO CFD Sertifikası, HVAC dersi Mekanik tesisat projesi
Zeynep Hazal GÜMÜŞLUOL	Takım Üyesi	Başkent Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü	MMO CFD Sertifikası, HVAC dersi Mekanik tesisat projesi

## 11. Kaynaklar

[1]Nayak Sujata, Tiwari DN.,Energy and Exergy Analysis of photovoltaic/thermal integrated with a solar greenhouse, Energy Build 2008;40:2015-21

[2] Sethi VP.,Sharma SK.,C. Survey of cooling technologies for worldwide agricultural greenhouse applications, Sol Energy 2007;12:1447-549

[3] ELTEZ, Z., “Jeotermal Enerji ve Seracılık”, Ege Üniversitesi, Bergama Meslek Yüksekokulu, Bergama-İzmir

## EK-1. Maliyet Analizi

MALİYET		TOPLAM
GİDERLER	AÇIKLAMA	
Kanal malzemesi	3 adet alüminyum sac	\$ 655,00
Sera Naylonu	3 adet sera naylonu	\$ 271,00
Galvanizli Boru	28 metre 3/4" galvanizli boru	\$ 461,00
Alüminyum Boru	30 metre alüminyum boru	\$ 491,00
Alüminyum Levha	100mm*2560mm*10 mm alüminyum beç levhası	\$ 237,00
Yapay Bitki	30 adet yapay bitki	\$ 870,00
Pitot tüp	3 adet pitot tüp	\$ 6.780,00
Termistör	30 adet termistör	\$ 25,00
Direnç	30 adet direnç	\$ 12,00
Breadboard	30 adet breadboard	\$ 385,00
Arduino kablo seti	3 adet arduino kablo seti	\$ 17,00
Digital multimetre	6 adet digital multimetre	\$ 288,00
Krokodil kablo büyük boy	3 adet büyük boy krokodil kablo	\$ 50,00
Arduino Mega	2 adet arduino mega	\$ 622,00
Krokodil kablo	6 adet krokodil	\$ 72,00
<b>TOPLAM MALİYET</b>	\$ -	\$ 11.236,00

**HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ**