

Değerli Girişimci,

TÜBİTAK Girişimcilik Aşamalı Destek Programının 2013 Yılı Çağrısı 2. Aşaması kapsamında Başkanlığımıza başvurusu bulunan Tahıl ve Benzeri Ürünlerin Kurutulmasında Kullanılan Sistemlere Alternatif %60'a kadar Enerji Tasarrufu Sağlayan Dik Vakum Kurutma Kulesi Makinasının Tasarım ve Prototip İmalatı başlıklı 2130060 numaralı iş planınıza ilişkin değerlendirme süreci tamamlanmış ve iş planınızın yapılan değerlendirme sonucunda aşağıda belirtilen kapsamda desteklenmesi uygun bulunmuştur. Sizi bu aşamaya kadar gerçekleştirdiğiniz çalışmalarınızdan ve başarınızdan dolayı tebrik ederiz.

PROJE TEKNİK EKİ

İÇİNDEKİLER

1. Dik Vakum Kurutma Kulesi Çalışma Prensipleri	4
2. PLC Program Senaryosu	4
3. Prototip Şematik Çizimi ve Montaj Aşamaları.....	5
4. Prototip Üretimi İçin Gerekli Malzeme Listesi ve Teknik Özellikler	6
5. Prototip “Dik Vakum Kurutma Kule”sinin Teknik Özellikleri	6
6. “Dik Vakum Kurutma Kule”si Enerji Tüketimi ve Kapasite Hesaplaması	6
7. Benzer Kurutma Teknolojileri Araştırması	8
8. Yatırım Maliyet Hesaplaması	10
9. Karşılaştırma Tablosu	11
10. Kaynaklar.....	12

Kullanılan Kısaltmalar, Hesaplamalar ve Birimler

- 1) 1 kwh = 860 kcal
- 2) 1 kg Kömürün Isıl Değeri = 3150 kcal
- 3) 1 kg LPG Isıl Değeri = 11450 kcal
- 4) 92 mm Hg, 50°C'de Suyun Buharlaşma Isısı = 568,5 kcal / kg C° (Mollier-Schüle Diagramı)
- 5) 1 kg su = 1700 dm³ Buhar
- 6) Yaş, AT GÜBRESİ'nin : Nem Oranı %43
- 7) Kuru, AT GÜBRESİ'nin : Nem Oranı %12
- 8) AT GÜBRESİ'nin Isı Kapasitesi = 0,43 cal/g °C
- 9) 1544 g Yaş, AT GÜBRESİ = [880g Katı (%57) + 664g Su (%43)]

↓
KURUTMA SONRASI

1000g kuru GÜBRE = 880g Katı (%88) + 120g Su (%12)

10) 1 Plaka Isıtma Yüzeyi = 12m GÜBRE Serme Yolu = [(6x1) cm Kesitli GÜBRE] 7200 g
GÜBRE kapasitesi

11) 1 Plaka Isıtma Yüzeyi = 12m GÜBRE Serme Yolu

12) Dik Vakum Kurutma Kulesi Sisteminde 1 kg %12 Nemde Ürün Elde Etmek İçin Harcanan
ENERJİ = 389,54kcal (Bkz. Bölüm 6)

13) Dik Vakum Kurutma Kulesinde 1 kg Su Buharlaştırmak İçin Harcanan Enerji = 716 kcal
(Bkz. Bölüm 6)

1. Dik Vakum Kurutma Kulesi Çalışma Prensibi

Mevcut kurutma sistemlerinde kullanılmakta olan kule kurutmada soğuk hava fan ile ısıtıcı bataryalar içerisinden geçer ve aldığı enerji ile 125°C’de kule altından girerek yukarı doğru ilerlerken kule üstünden gelen ürün ile karşılaşır. Enerjisinin bir kısmını yaş ürüne vermesi ile üründe bulunan suyun buharlaşmasını sağlar ve ısıtılmış hava ile buharlaşan su beraberce atmosfere çıkar. Isıtılmış hava aldığı enerjinin tamamını yaş ürüne veremez, bu sistemin enerji kaybıdır. 70-90°C ile atmosfere çıkar ve yaklaşık 916 ile 1373 kcal arasında (Bkz. Bölüm 7-Kurutma Teknolojileri Literatür Araştırmaları) enerji 1kg kuru ürün elde etmek için harcanır.

Dik vakum kurutma kulesinde ürünün ısıtılması vakum altındaki ısıtıcı plakalara temas etmesi ile olacaktır. Plaka sıcaklığı belirli bir sıcaklık olmasına rağmen, su 92mmHg basınç altında belirli bir sıcaklıkta buharlaşacak ve vakum pompası ile atmosfere atılacaktır. Bu sistemde enerji sarfiyatı %60’a kadar daha az olmaktadır. Net kullanılan 390 kcal ile 1 kg kuru ürün elde edilmektedir (Bkz. Bölüm 6-Enerji Tüketimi ve Kapasite Hesaplaması). Dik vakum kurutma kulesinde ısı kayıpları ancak izolasyon kaynaklıdır (öngörülen sistem ısı ihtiyacının yaklaşık %20’si).

2. PLC Program Senaryosu

1. Isıtma sirkülasyon pompası çalıştırılarak dönüş suyu sıcaklığının belirli bir dereceye ayarlanır (Prototip şematik çizim elemanı 8 numara).
2. Belirlenen dereceye gelen sıcaklık sonrası vakum pompası çalıştırılarak x basınca kadar hava boşaltılır (Prototip şematik çizim elemanı 11 numara).
3. Giriş rotary valfi çalışarak plaka üzerine yaş AT GÜBRESİNİ almaya başlar (Prototip şematik çizim elemanı 1 ve 2 numara).
4. Soğuyan dönüş suyu termokupl ile giriş suyu derecesini yukarı çıkarır sabit tutmaya çalışır başlar (Prototip şematik çizim elemanı 7 numara).
5. Kurutmanın başlaması ile çıkan buhar vakum değerini yükseltir, vakum sensörü vakum pompasını çalıştırarak iç vakum değerini sabit tutmaya çalışır (Prototip şematik çizim elemanı 11 numara).
6. Sürekli vakum ve ısıtma değerlerinin dengelenmesi, rotary valfin ürün alması, sirkülasyon pompası ile çıkış rotary valfinin çalışması PLC ile kontrol edilerek optimum kapasitede sistemin çalışmasını sağlayacaktır.

4. Prototip Üretimi İçin Gerekli Malzeme Listesi ve

Ayrıntılı bilgi için irtibata geçiniz.

5. Prototip “Dik Vakum Kurutma Kule”sinin Teknik Özellikleri

Prototip Olarak Üretilen “Dik Vakum Kurutma Kule”sinin Teknik Özellikleri Aşağıda Tablo-1’de verilmiştir.

Tablo 1- İmal Edilecek Prototip Kurutma Makinasının Teknik Özellikleri

Teknik Özellikler	
ÇAP	
YÜKSEKLİK	
MOTOR	
KAPASİTE	
VOLTAJ	
1 kg Su Buharlaştırmak İçin Harcanan Enerji	

6. “Dik Vakum Kurutma Kule”si Enerji Tüketimi ve Kapasite Hesaplaması

Tahıl ve benzeri ürünlerin kurutulması için geliştirilen alternatif sistemin enerji hesabı için kuru hedik üretim aşamaları baz alınarak hesaplanmıştır.

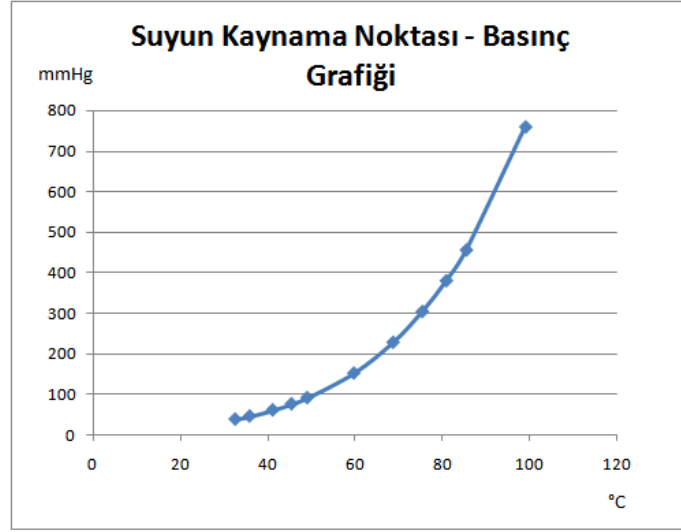
Pişirme işleminden sonra GÜBRENİN bir kısmı sudur. Kurutma işlemi sonrasında elde edilen kuru hediğin nem oranını %x’dir. 1kg kurutulmuş kuru GÜBRE elde etmek için;

1544 g Yaş GÜBRE =

KURUTMA SONRASI ↓

1000g kuru GÜBRE =

1kg kurutulmuş kuru GÜBRE elde etmek için 544g suyun buharlaştırılması gerekmektedir. Vakum altında suyun kaynama tablosundaki değerlerinden, 92 mmHg basınç altında suyun kaynama noktası 50°C’dir (Grafik-1).



Grafik 1: Basınç altında suyun kaynama noktasının değişimi.

GÜBRE İçin Kurutma Değerleri;

Giriş Sıcaklığı	Çıkış Sıcaklığı	Giriş Basınçı	Kurutma Basınçı	Giriş Ağırlığı	Çıkış Ağırlığı
min 5°C	max 50°C	760 mmHg	92 mmHg	1544 g	1000 g

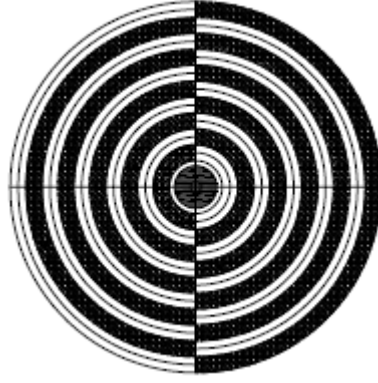
SICAK SU ISITMA KAZANI HESABI

1 Saatlik Kurutma Sisteminin Çalışması İçin Gerekli Enerji;

Karıştırma Motoru :
 Rotary Valf Motoru :
 Vakum Pompası :
 Soğutma Grubu :

(5)

Prototip olarak üretilecek "Dik Vakum kurutma kule'sinin saatlik kapasite hesabı ve enerji tüketimi hediğin vakum ortamındaki kurutma kulesine girmesi itibari ile aşağıda hesaplanmıştır. Bölüm 3- Prototip Şematik çizimde görüldüğü üzere 6 adet dönen sıcak tabla üzerine GÜBRE ilerlemektedir. Resim 2'de dönen tablanın şematik çizimi görülmektedir (koyu kısımlar ürün olan bölgeler açık renkli kısımlar boş bölgeleri temsil etmektedir). İlk hediğin dönen tabla üzerine serilmesinin başlaması ile tabla üzerindeki 1200cm'lik serme yolu hedik ile doldurulacaktır. Bu ilk tablanın dolması karıştırma kollarının 6 devir dönmesi ile olacaktır. 6 devir sonra dış çevreden alt plakaya inecek ve 12m yol burada alacaktır. Aşağıdaki denklemlerde 1 dakikada kurutulan hedik miktarı hesaplanmıştır.



Resim 2: Sıcak Döner Tablanın Şeması

1.544 kg yaş GÜBRE = 1kg (%12 nemli) kuru GÜBRE

7. Benzer Kurutma Teknolojileri Araştırması

İş fikri kapsamında imal edilecek “dik vakum kurutma kule’si makinasının enerji verimlilik karşılaştırılması yapılabilmesi için TÜBİTAK desteği alınmış, proje sonunda patent, faydalı model başvurularının yapıldığı, kurutma makinası imalat projeleri incelenmiştir.

Ada kurutma firması ve Sakarya Üniversitesinin ortaklığı ile gerçekleştirilen TÜBİTAK-TEYDEB destekli “Mısır Kurutma Makinası Tasarım ve Prototip İmalatı” (Proje No:3060413) projesinde A.Oğur ve arkadaşları (2009) tarafından geliştirilen kurutma makinası, 2 adet brülör ve 2 adet fan adapte ederek tasarlanmıştır. Firma geliştirdiği prototip için TPE’ne başvuru yaparak faydalı model belgesi almıştır. Gerçekleştirilen denemelerde 19 ton mal kapasiteli makinası ile %24-30 aralığında nem ihtiva eden mısır %10-16 nem değerine kadar kurutulmuştur [1]. Deneme raporlarında verilen enerji sarfiyatlarına göre nem düşüşü aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo-2).

Tablo 2: Mısır kurutma makinası ile 19 Ton mısır kurutma için harcanan enerji sarfiyatı ve nem düşüşü

Kurutma Sıcaklığı	Giriş Nemi	Çıkış Nemi	Buharlaştıran Su Miktarı (kg)	Harcanan Enerji (kg LPG)	1000g su buharlaştırmak için harcanan enerji (kcal)*
80°C	%30	%14	3040	243	915,25
85°C	%28	%14	2660	240	1033,08
90°C	%25	%14	2090	210	1150,48
95°C	%24	%14	1900	215	1295,66

*1kg LPG=11450kcal=13,31kw/h

Aynı proje numarası ile firmanın geliştirdiği bir diğer kurutma makinası ise çeltik kurutmak için imal edilmiştir. Bir adet fan ve brülör ile tasarlanan kurutma makinası 20 ton kapasiteye sahiptir. Deneme rapor sonuçlarına göre 20 ton çeltikte %6 nem düşürmek için 1.100.000kcal'lik enerji kullanılmaktadır. Bu da 1000 g su buharlaştırmak için 916,6 kcal enerjiye eşittir [2].

Ada kurutma firması ve Sakarya Üniversitesinin birlikte çalıştığı, TÜBİTAK-TEYDEB (Proje no: 7070241) destekli bir diğer proje ise “Kanola ve Susam Kurutma Makinası Tasarım ve Prototip İmalatı”dır. Bu ürünlerin tane yapılarının küçük olması hava debisi ve makina gövdelerindeki deliklerin kanola ve susama göre büyük olması sebebi ile kurutma işlemi zorlaştırmaktadır. Firma bu projede bu sorunu çözecek teknikler geliştirmiştir. Kurutulacak ürünün tipine göre delikli saçlar tasarlamıştır. İş fikri kapsamında geliştirilecek olan “dik vakum kurutma kule”sinde hava sirkülasyon sistemi olmayacağı için diğer kurutma sistemlerinde zorluk yaşanan hafif ürünlerin kurutulması mümkün olacaktır. Üniversite işbirliği ile firmanın geliştirdiği makina, 2 adet brülör ve fandan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Brülör toplam enerji kapasitesi 1.550.000 kcal etmektedir [3].

Tarım sektörünün kurutma sistemlerinde pazar payı sahibi olan “Ekmekçiler A.Ş.” firması, geliştirdikleri Drytech teknolojisi çeltik, mısır, buğday, arpa gibi tahılların kurutma sistemlerini imal etmektedir [4]. Bu firmanın imal ettiği kurutma sistemlerinin teknik özellikleri internet sitesinden alınarak karşılaştırma tablosunda kullanılmıştır. Firmanın 25, 30 ve 36 Ton kapasiteli kurutma makineleri için enerji hesap tablosu aşağıdaki verilmiştir (Tablo- 3).

Tablo 3: Ekmekçiler A.Ş. tahıl kurutma makineleri enerji tüketim tablosu

Kurutma Kapasitesi Saatte	Giriş Nemi	Çıkış Nemi	Buharlaşan Su Miktarı (kg)	Harcanan Enerji (kcal/h)	1000g su buharlaştırmak için harcanan enerji (kcal)
12 Ton	%25	% 15	1200	2.300.000	1916,7
15 Ton	%25	% 15	1500	2.420.000	1613,3
18 Ton	%25	% 15	1800	2.680.000	1488,9
22 Ton	%25	% 15	2200	4.480.000	2036,4
27 Ton	%25	% 15	2700	5.370.000	1988,9
30 Ton	%25	% 15	3000	6.640.000	2213,3

Tablo enerji tüketim miktarlarının ortalaması alındığında elde edilen değer 1 kg su buharlaştırmak için ortalama 1876 kcal'ye denk gelmektedir.

Yukarıda TÜBİTAK destekli projelerin enerji sarfiyatları ve ticari bir kurutma firmasının sitesinden alınmış enerji giderleri tablosu bulunmaktadır. Akademik bir makale ile de karşılaştırma yapılabilmesi amacı ile tahıl kurutmada kullanılan kurutucu çeşitlerine göre tahmini enerji sarfiyatları “Philip T.

Clarke'nin Refractance Window TM -"DOWN UNDER" adlı makalesinin 2. tablosundan alınmıştır (Tablo –4). Tablodaki değerlerden en yüksek enerji sarfiyatının püskürtmeli tip kurutucularda olduğu görülmektedir. En düşük enerji sarfiyatı ise bantlı ve akışkan yataklı kurutuculardadır [5].

Tablo 4: Philip T. Clarke'nin Refractance Window TM -"DOWN UNDER" adlı makalesinden kurutucu tiplerine göre enerji sarfiyatı tablosu

Kurutucu Tipi	1kg suyu buharlaştırmak için sarfedilen asgari enerji gideri (kcal)	1kg suyu buharlaştırmak için sarfedilen azami enerji gideri (kcal)	Ortalama enerji gideri (kcal)
Tünel Kurutucu	1.314	1.433	1373,5
Bantlı Kurutucu	955	1.433	1194
Akışkan Yataklı Kurutucu	955	1.433	1194
Püskürtmeli kurutucu	1.075	2.747	1911
Pnömatik Kurutucu	1.075	2.150	1612,5

8. Yatırım Maliyet Hesaplaması

İş fikri kapsamında üretilecek olan prototip “dik vakum kurutma kulesi”nin imalatında kullanılacak malzeme, tesisat, program hakkında teknik bilgiler ve tahmini fiyatlandırması için bizimle irtibata geçiniz.

9. Karşılaştırma Tablosu

Projede, prototipi imal edilmesi planlanan dik vakum kurutma kulesinin teknik özellikleri ve enerji sarfiyatı bölüm 7’de anlatılan diğer kurutma projeleri, akademik makale verileri ve ticari ürünlere göre karşılaştırılmıştır. Tablo 6’da diğer kurutma teknolojileri ile enerji sarfiyatı ve kurutulabilen ürünler karşılaştırılmıştır. 1 kg suyun buharlaştırılması için harcanan enerji karşılaştırıldığında dik vakum kurutma kulesi %22 ile %61 arasında enerji tasarrufu sağlamaktadır. Sıcak üfleli sistemlerde kurutulamayan küçük taneli hafif ürünlerin kurutulması mümkündür.

Tablo 6: Dik vakum kurutma kulesinin diğer yöntemler ile karşılaştırma tablosu.

Teknik Özellikler	Dik Vakum Kurutma Kulesi	Ada Kurutma ve Sakarya Üni. Projesi	Ticari Kurutma Sistemleri (Ekmekçiler A.Ş.)	Literatür Taraması-Tünel Tipi Kurutucu	Yorum
1kg su buharlaştırm a Enerjisi	716 kcal	916 kcal	1876 kcal	1373,5 kcal	Dik vakum kurutma kulesi diğer teknolojilere göre en az %22 en fazla %61 enerji tasarrufu sağlamaktadır.
Susam, kanola gibi hafif ve küçük çaplı ürünleri kurutabilme	Küçük çaplı, hafif ürünler dahil her ürün kurutulabilir	Küçük çaplı ve hafif ürünler için ayrıca bir makina tasarımı yapılmıştır.	Sıcak üfleli kurutucularda bu tip ürünlerin kurutması yapılamamaktadır.	Sıcak üfleli kurutucularda bu tip ürünlerin kurutması yapılamamaktadır.	Sıcak üfleli sistemlerde küçük çaplı hafif ürünlerin kurutulması mümkün değildir. Dik vakum kurutma kulesinde sıcak hava üfleli olmadığı için bu tip ürünlerin kurutulması sorun teşkil etmez.
Üretim Kapasitesi	466 kg/saat	19 Ton	25-52 Ton	-	Prototip olarak 466 kg /saat kapasiteli kurutma makinası imal edilecektir.

10. Kaynaklar

- 1.Oğur, A., “Mısır Kurutma Makinası Tasarım ve Prototip İmalatı” TÜBİTAK-TEYDEB Proje no:3060413
- 2.Oğur, A., “Çeltik Kurutma Makinası Tasarım ve Prototip İmalatı” TÜBİTAK-TEYDEB Proje no:3060413
- 3.Karakaya, Ç.,”Kanola ve Susam Kurutma Makinası Tasarım ve Prototip İmalatı” TÜBİTAK-TEYDEB Proje no: 7070241
4. <http://www.ekmekciler.com.tr/hk.htm> Mayıs’2013
5. P.T. Clarke, “Refractance Window TM-Down Under”, Drying 2004 –Proceedings of the 14th international Drying Symposium, August 2004.