



# YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ

**Doç. Dr. Haydar LİVATYALI**

*TUBITAK*

*Marmara Araştırma Merkezi*

*Enerji Enstitüsü*

**Nisan 2011**

# SUNUM PLANI

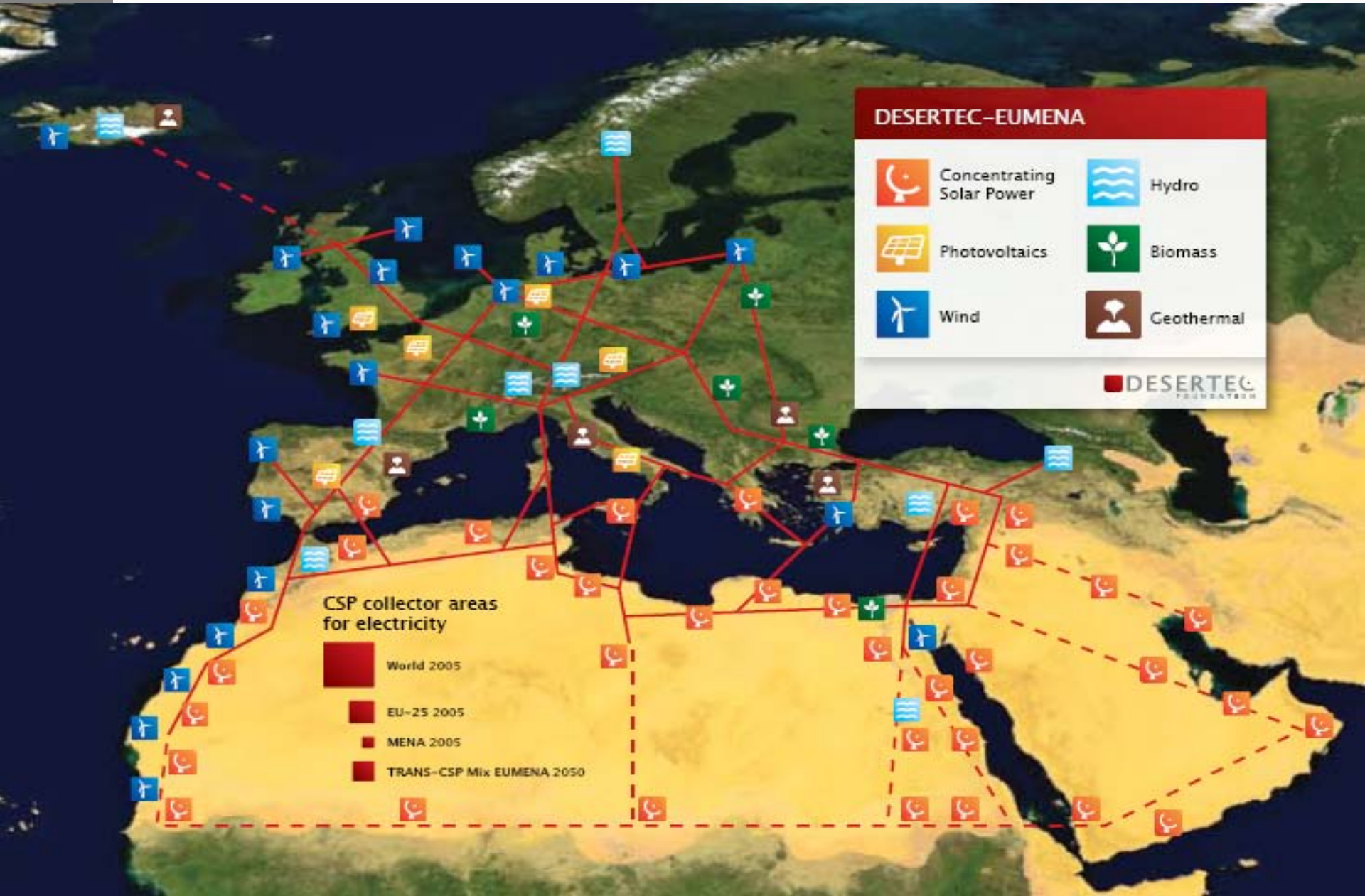
- Neden CSP?
- Parabolik oluk sistemler
- Merkezî alıcılar
- Dünyadaki uygulamalar
- CSP Türkiye'ye uyar mı?
- Teknik problemler ve araştırma konuları
- EE'de yürütülen çalışmalar



TÜBİTAK

MAM

# GİRİŞ



# Neden CSP (yoğunlaştırılmış güneş enerjisi)?

- Doğrudan güneş ışınımının bol (bulutlu/puslu günlerin az)
- İklimin ılıman
- Rüzgârın düşük şiddette
- Suyun yeterli (buhar çevrimi için)
- Arazinin düz (eğim 1-2°)

bulunduğu yerlerde güneş ışınımının aynalar veya mercekler yardımı ile dar bir alanda yoğunlaştırılması sonucu enerji (elektrik) elde edilmesi.

**DİREKT GÜNEŞ IŞINIMI > ISI > ELEKTRİK**

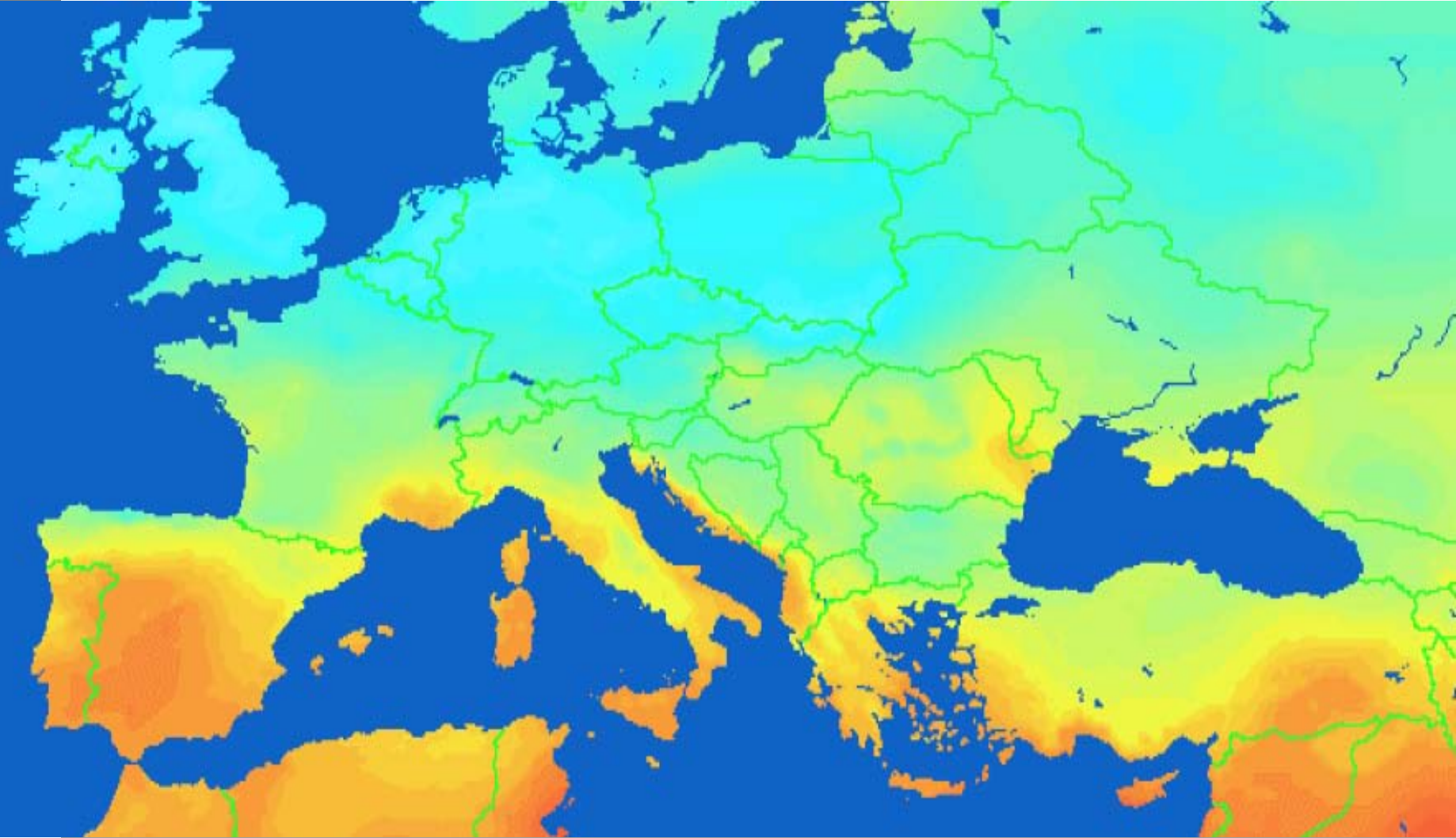
Türkiye'nin orta ve güney bölgeleri için en uygun seçenek!



TÜBİTAK

**MAM**

# GÜNEŞ IŞINIM HARİTALARI (ESRA Projesi)



**Işınım Alt-sınırı: 1.500-1.700 kW-h/m<sup>2</sup>yıl**



TÜBİTAK  
MAM

# AMAÇLAR ve YAKLAŞIM

## **MAM Enerji Enstitüsü'nün misyonu:**

- Ulusal sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda ve dünyadaki teknolojik gelişmelere paralel olarak, enerji teknolojilerinin geliştirilmesine öncülük etmektir.

## **Güneş enerjisi üzerine;**

- Uygulamalı araştırmalar yürüterek ülkemizde süratli ve ekonomik olarak uygulanabilecek teknolojiler geliştirmek
- CSP teknolojilerinin elektrik ve ısı üretiminde yüksek yerli katma değer ile uygulanmasını sağlamak



TÜBİTAK

**MAM**

# YOĞUNLAŞTIRICI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

## YOĞUNLAŞTIRICI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

### DOĞRUSAL YOĞUNLAŐTIRICILAR

- Parabolik Oluk Kolektörler
- Fresnel aynaları

### NOKTASAL YOĞUNLAŐTIRICILAR

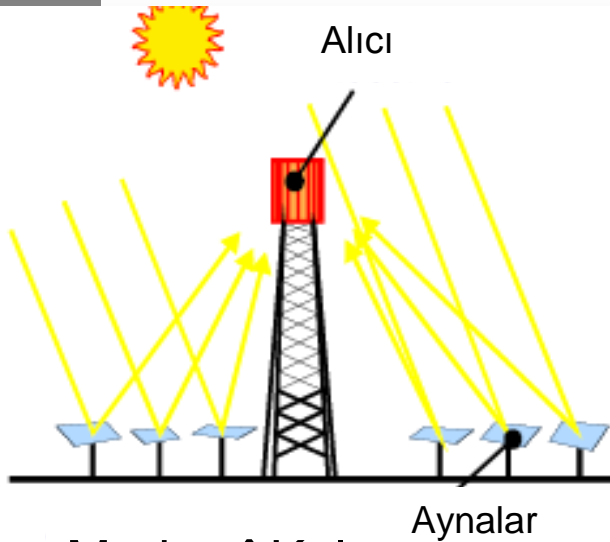
- Çanak Kolektörler
- Merkezi Alıcı Sistemler  
(Güneş Kulesi)



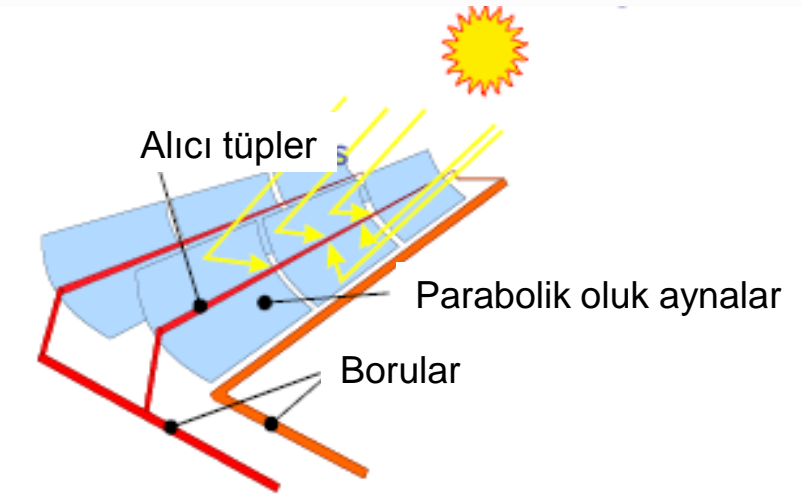
TUBITAK

MAM

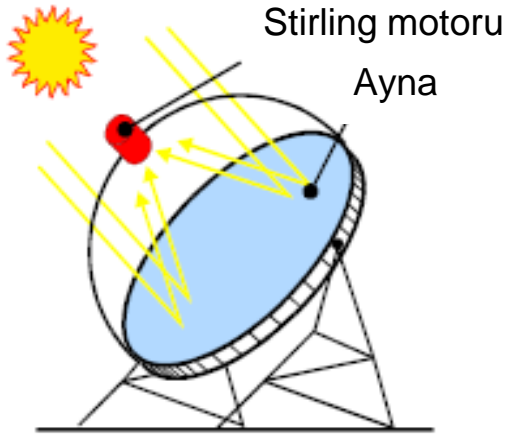
# CSP Sistemleri



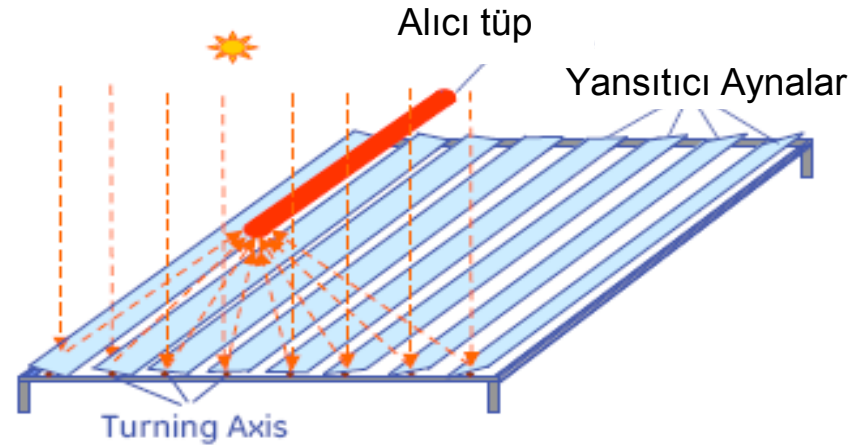
Merkezî Kule



Parabolik oluk



Parabolik çanak



Doğrusal fresnel



# ARAŞTIRMALAR

- PSA Tesisi, Tabernas ölu, Endüls, İspanya
- DLR ve Fraunhofer Freiburg, Almanya
- SANDIA ve NREL Laboratuvarları, ABD
- Technion, İsrail
- CNRS, Fransa
- Hindistan
- Meksika
- Tayland

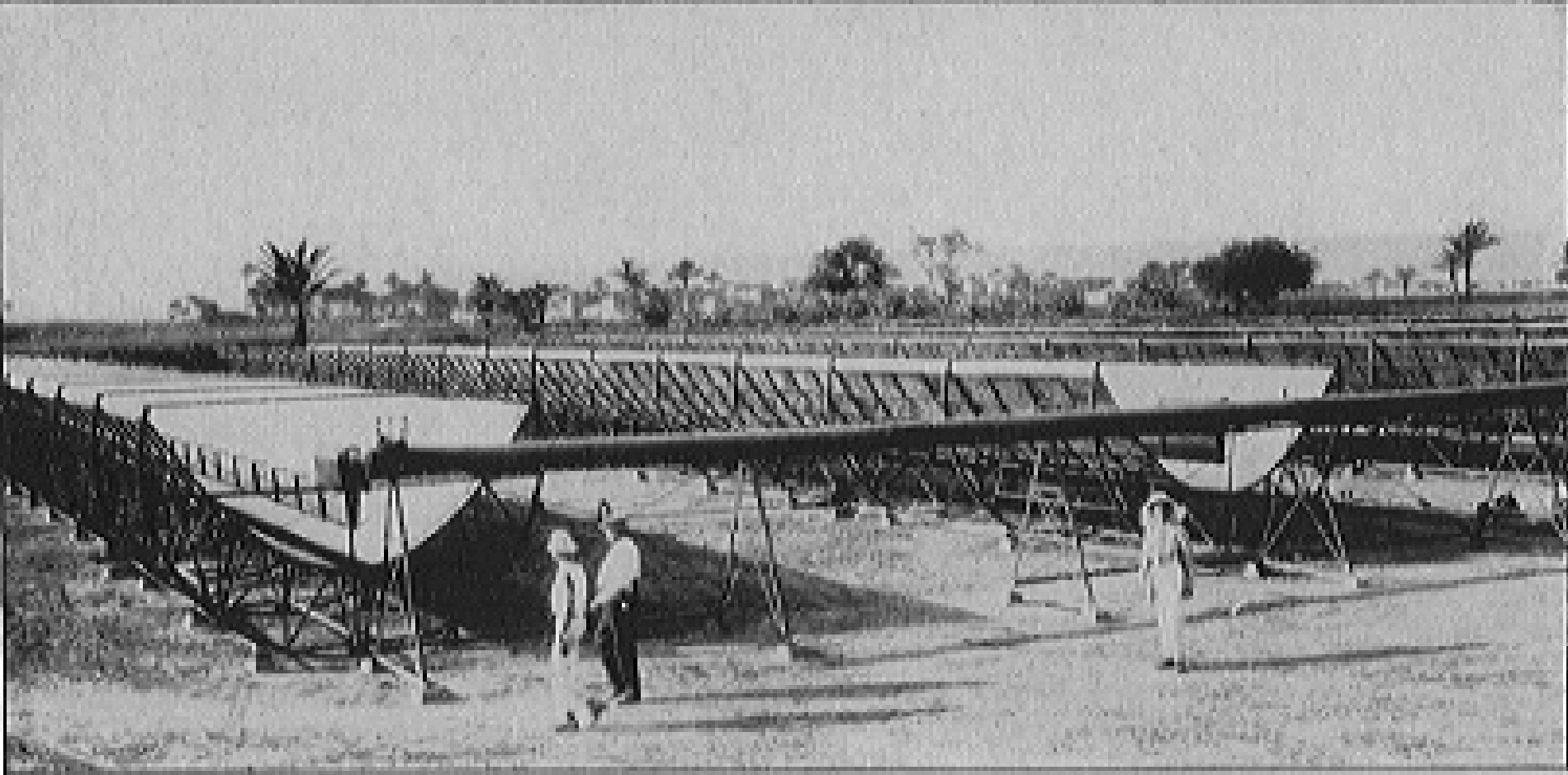


TÜBİTAK

MAM

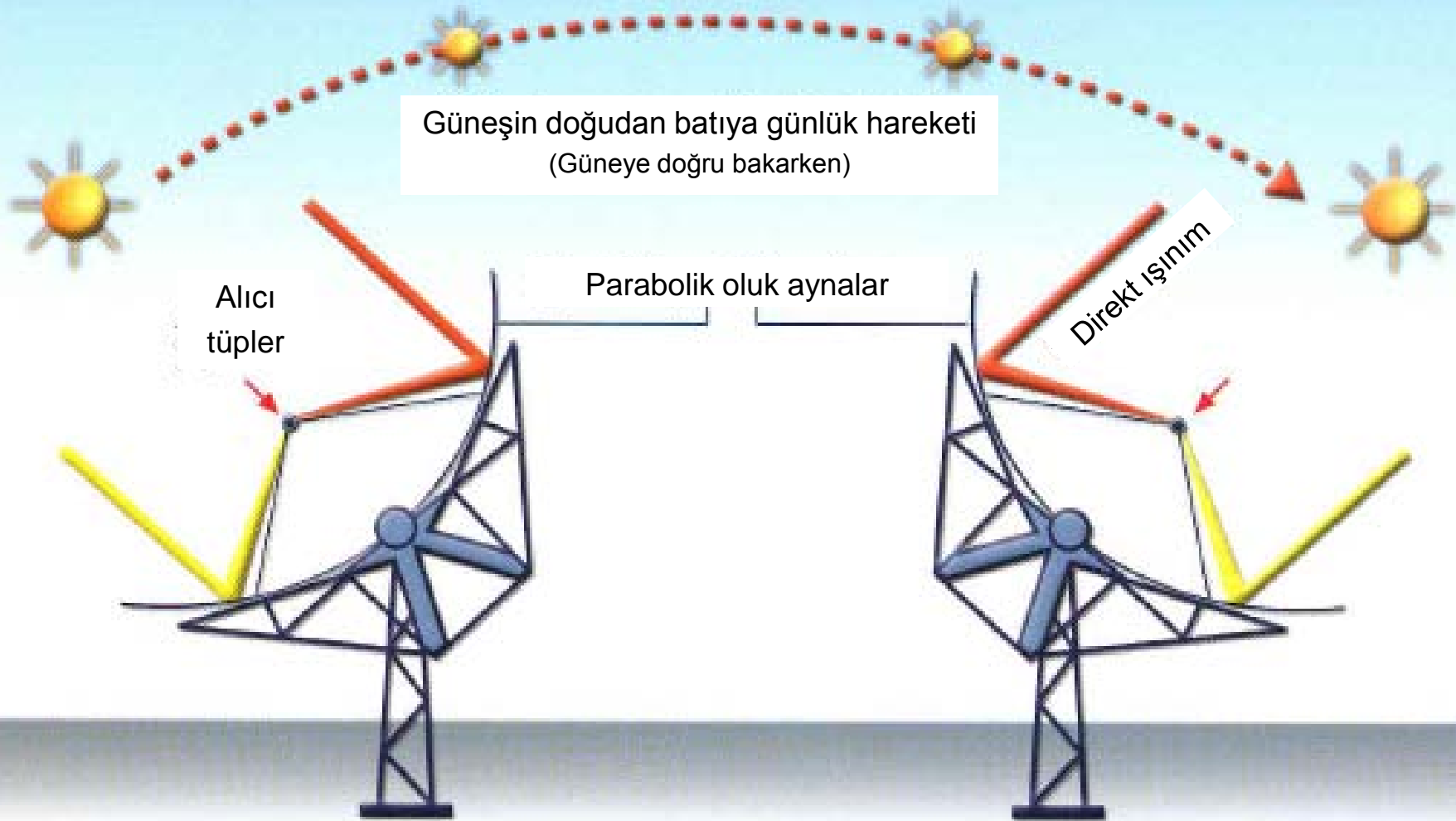
# Parabolik Oluk Kolektörler

MEADİ, MISIR TESİSİ (1912-1914)



Frank Shuman, mucit (1907-1914)

# PARABOLİK OLUK KOLLEKTÖRLER

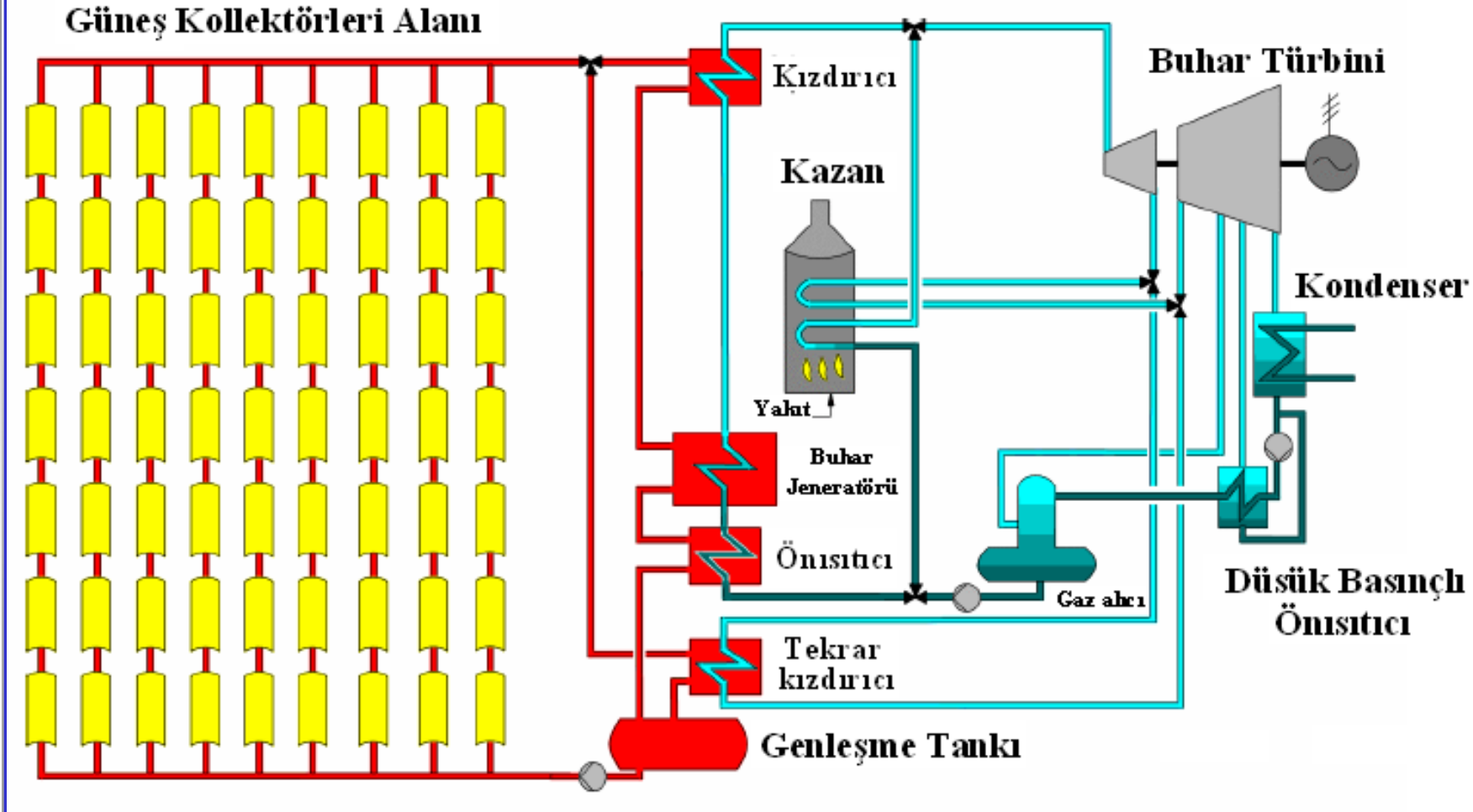


TUBITAK

MAM

# Parabolik oluk kolektörler

- Sistem Çevrimi



➤ Güneş Kolektörleri

➤ Buhar Üretimi

➤ Elektrik Üretimi



# PARABOLİK OLUK KOLLEKTÖRLER

- **Sistemin Çalışma Prensipleri**

Tip	Sıcaklık (°C)	Basınç (bar)	Malzeme	İşlev
Düşük sıcaklık	150	6-10	Bakır boru	Sıcak su üretimi
Yüksek sıcaklık yağ veya tuz çevrimi	400	25-100	Paslanmaz çelik / Kovar boru	Min 5-7 saat ısı depolamalı veya Fosil yakıt ile hibrit
Doğrudan su çevrimi	350 500	70 100	Paslanmaz çelik / Kovar boru	Geliştirilmekte olan tesisler



TUBITAK

MAM



## California SEGS



# Ticari Tesisler



**Nevada Solar One**



**SEGS California**

PS10	Sanlúcar la Mayor	11
ANDASOL 1	Aldeire	50
PS20	Sanlúcar la Mayor	20
PUERTOLLANO IBERSOL	Puertollano	50
PUERTO ERRADO 1	Calasparra	1,4
LA RISCA	Alvarado	50
ANDASOL 2	Aldeire	50
EXTRESOL 1	Torre de San Miguel Sesmero	50
SOLNOVA 1	Sanlúcar la Mayor	50
SOLNOVA 3	Sanlúcar la Mayor	50
SOLNOVA 4	Sanlúcar la Mayor	50
LA FLORIDA	Alvarado	50
MAJADAS	Majadas	50
LA DEHESA	La Garrovilla	50
PALMA DEL RÍO II	Palma del Río	50
EXTRESOL-2	Torre de San Miguel Sesmero	50
MANCHASOL-1	Alcázar de San Juan	50



# Dünyadan Örnekler

## ANDASOL 1, 2 ve 3 Granada, İspanya



<i>Kapasite</i>	<b>3x49.9 MW</b>
<i>Elektrik Üretimi</i>	<b>3x180 milyon kWh/yıl</b>
<i>Yatırım</i>	<b>3x300 milyon €</b>
<i>Yıllık Kazanç</i>	<b>172 GWh /yıl</b>
<i>Elektrik Tedariği</i>	<b>200.000 kişi</b>
<i>Elektrik Maliyeti</i>	<b>0,26 €/kWh ; 25 yıl</b>
<i>Elde Edilen Gelir</i>	<b>36.120.000 €/yıl</b>



TÜBİTAK

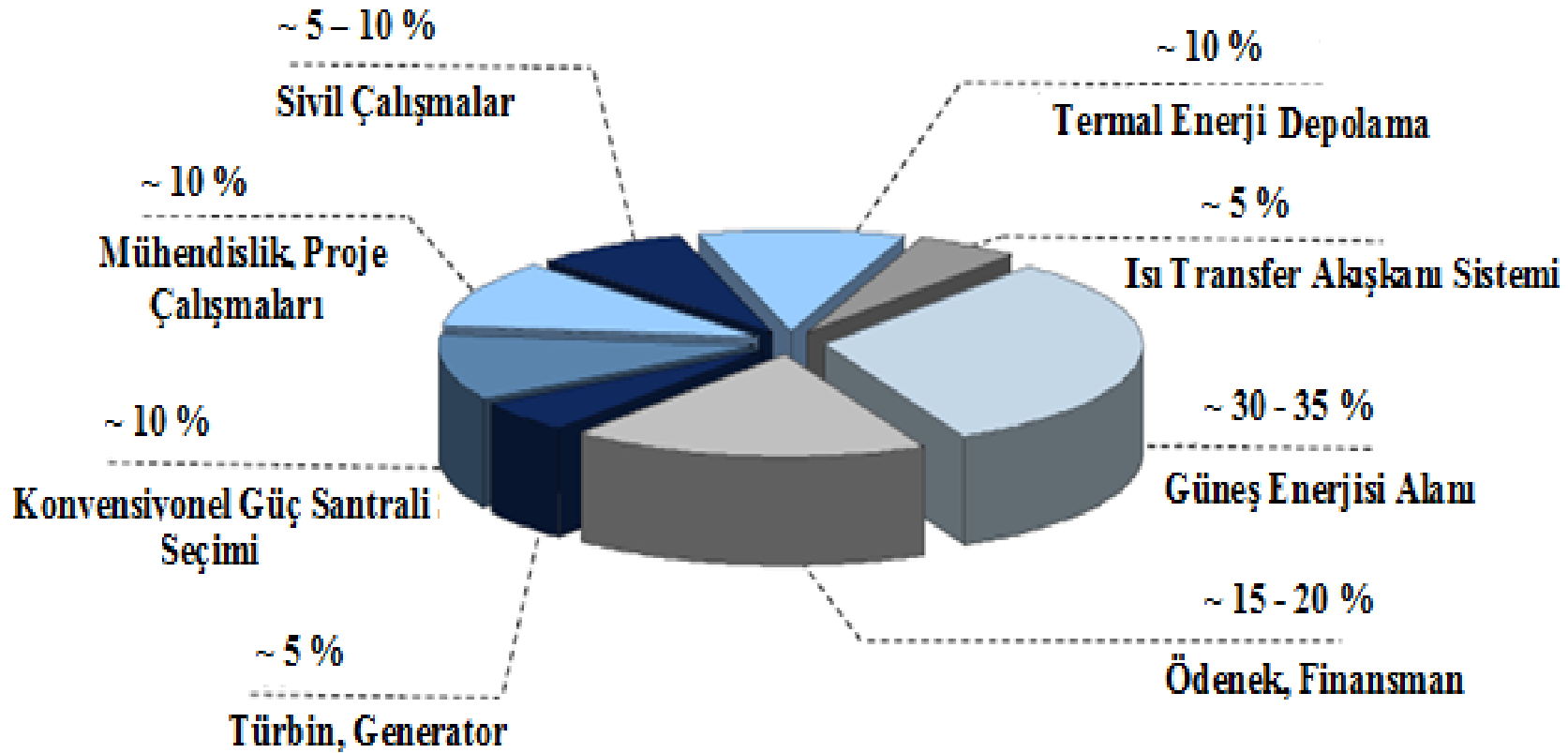
**MAM**



# Dünyadan Örnekler

## ANDASOL I Granada, İspanya

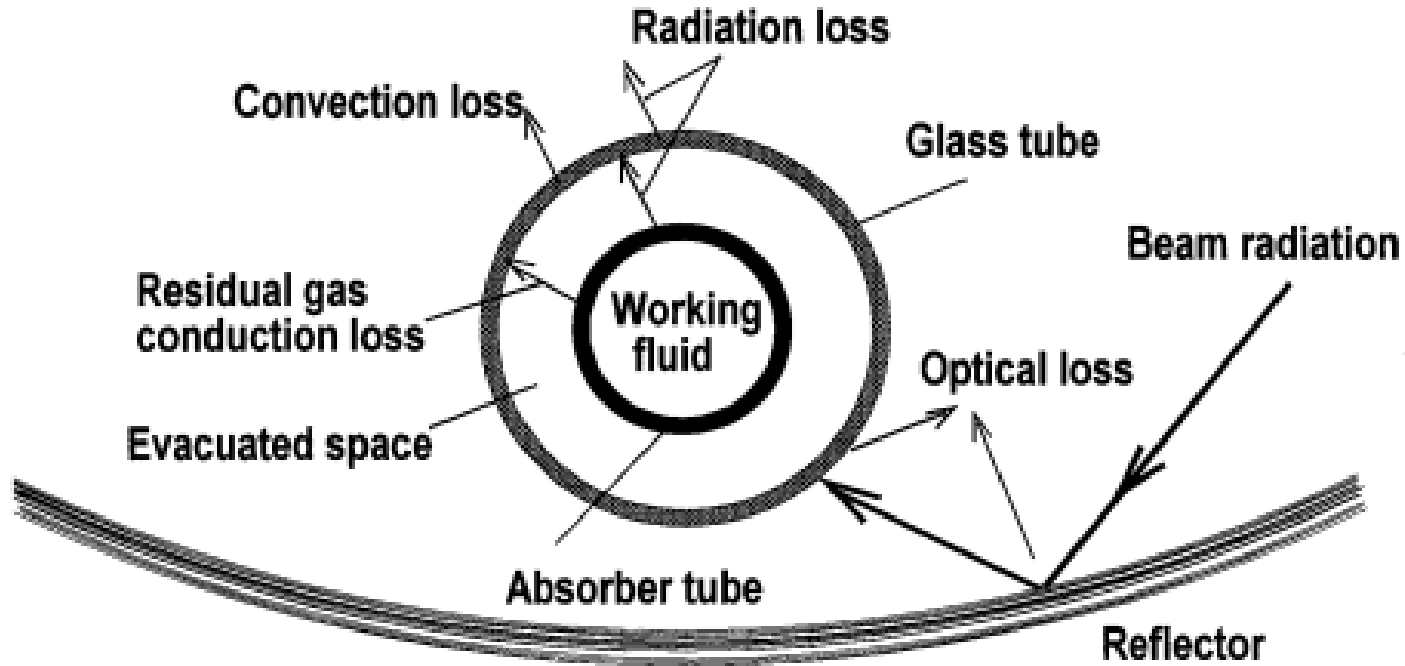
### 50 MW SANTRAL İÇİN ÖRNEK MALİYET DAĞILIMI



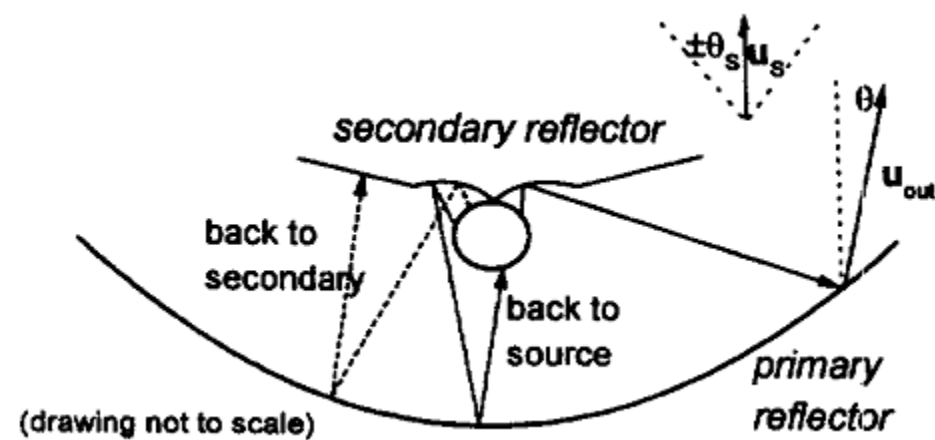
TUBITAK

MAM

# VAKUMLU TÜP TASARIMI



- Standart boy: 1,5-2 m
- Antirefle film kaplı borosilikat cam tüp
- 0,1 bar vakum
- Cermet (AlN vb.) kaplı paslanmaz çelik boru %94-95 absorbans

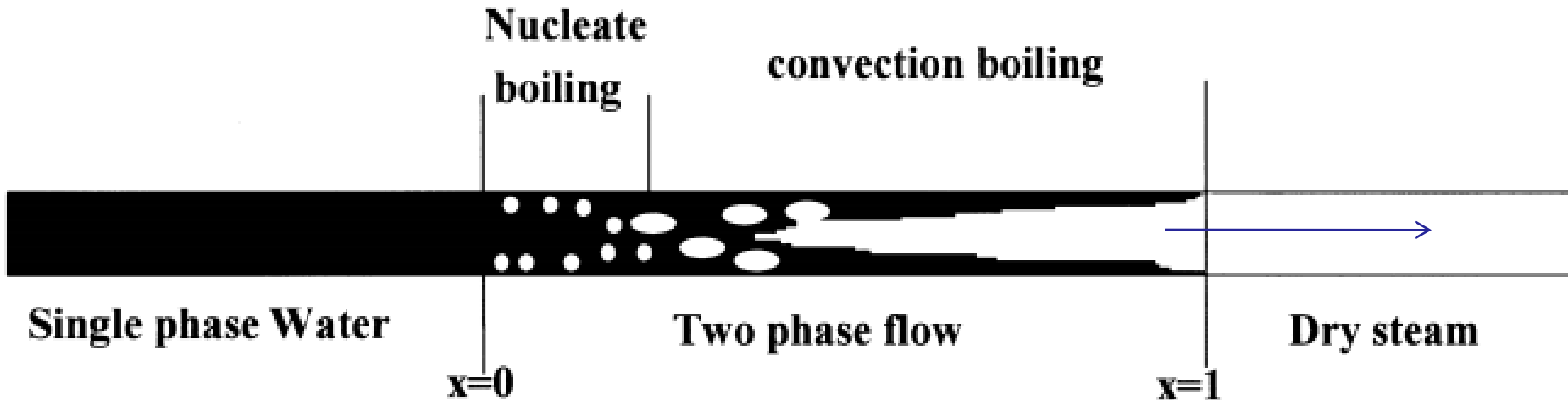


# DOĞRUDAN SU ISITMA: Çift fazlı akış

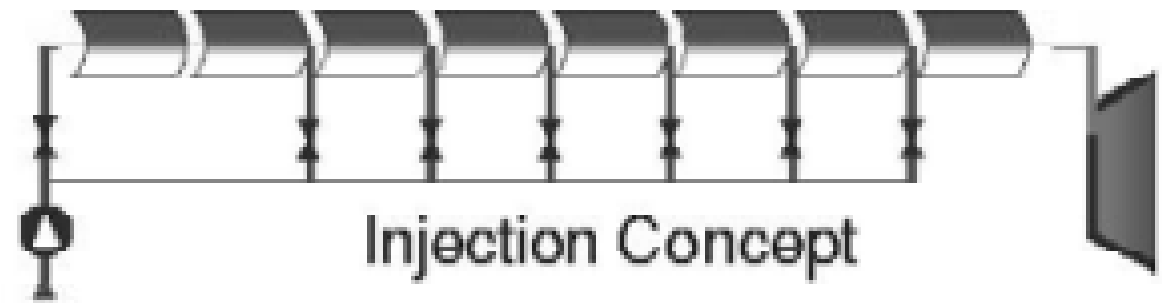
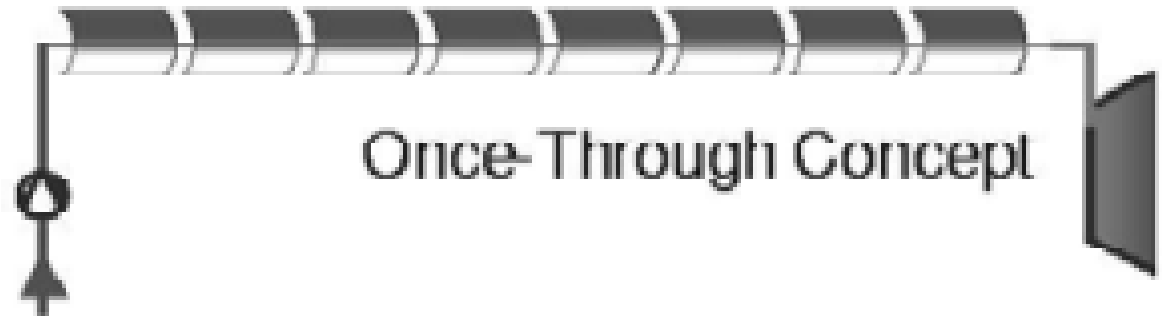
## En verimli çözüm...

### Teknik zorluklar:

- Faz dönüşümü ve çift fazlı akış
- Yüksek sıcaklık ve basınç
- Türbülanslı, kararsız ve titreşimli akış



# SİSTEM SEÇENEKLERİ



# SİSTEM SEÇENEKLERİ

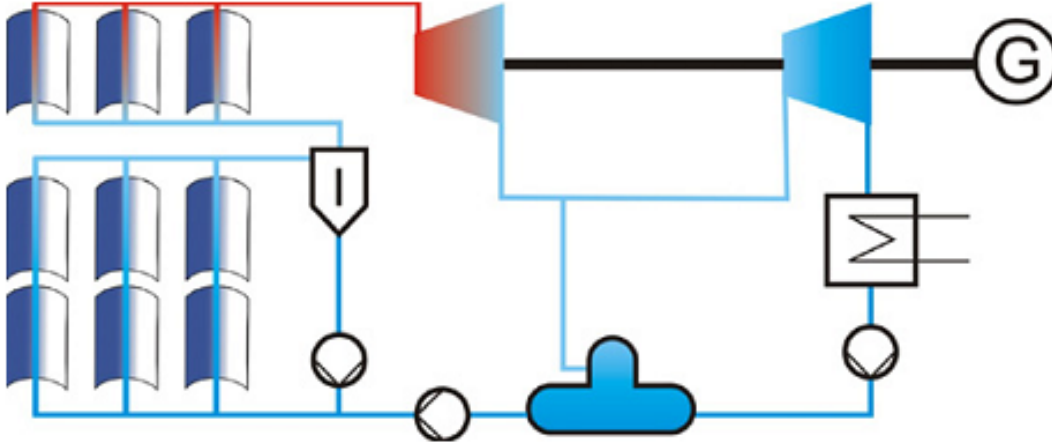


Fig. 1. Schematic diagram of the superheated steam cycle.

- Kızgın su buharı çevrimi
- veya
- Doymuş su buharı çevrimi

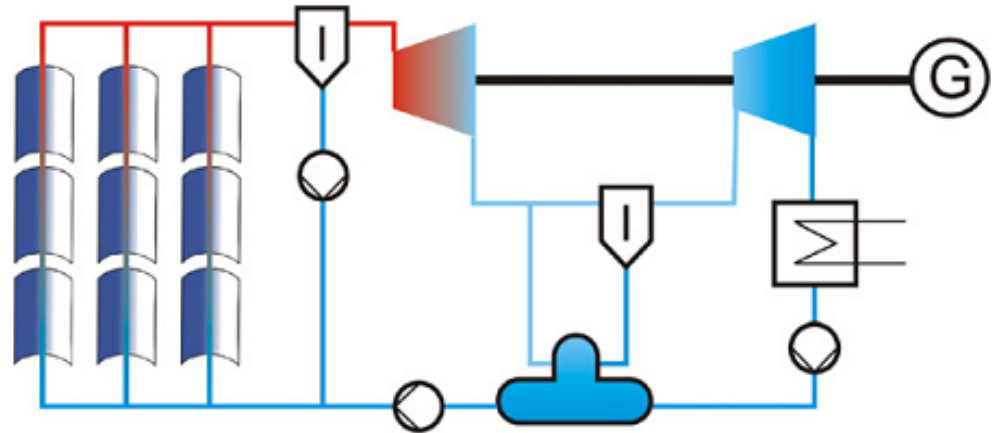
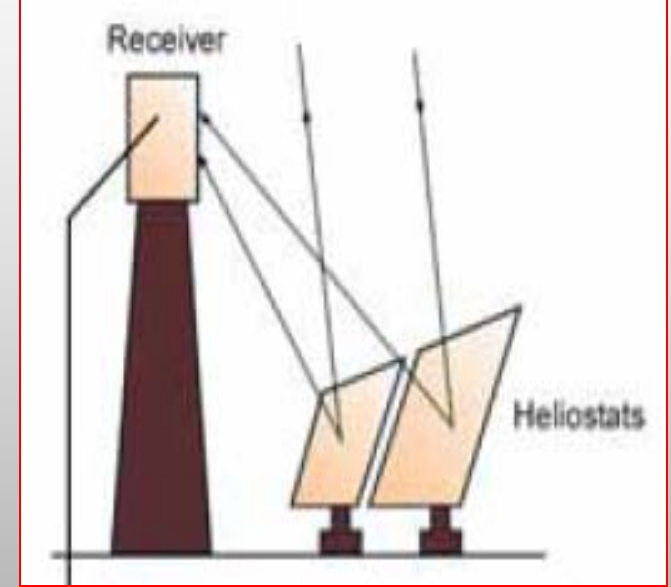


Fig. 2. Schematic diagram of the saturated steam cycle.



# NOKTASAL YOĐUNLAŐTIRICILAR

## • Merkezi Alıcılar (*Güneş Kulesi*)



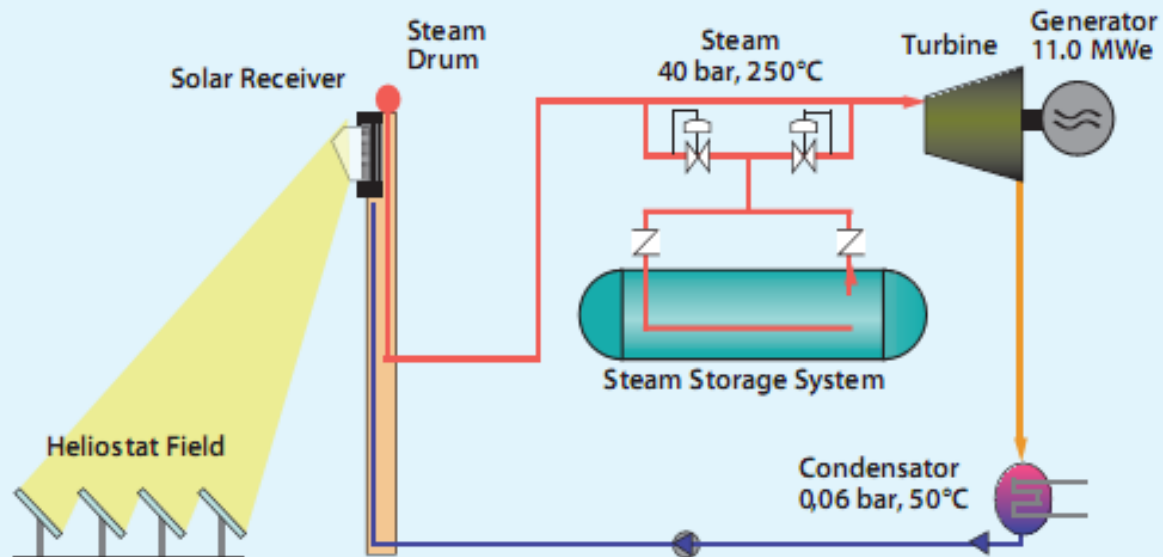
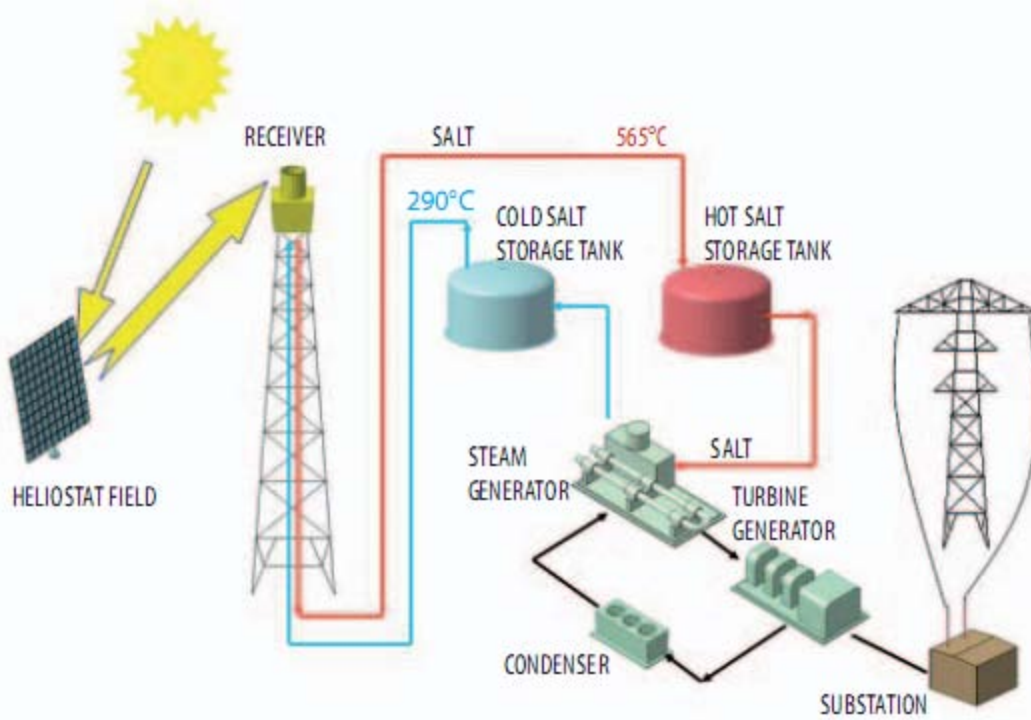
- Merkezi alıcı sistemde, tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen düzlemsel aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, bir kule üzerine monte edilmiő ve alıcı denilen ısı eőanjörüne yansıtır. Heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek, alıcının devamlı güneş alması sağlanır.



- PS10 (İsp.)
- PS20 (İsp.)
- Solar One (ABD)
- Solar Two (ABD)
- Solar Tres (İsp.)



# Seçenekler





# Merkezi Alıcılar (güneş kulesi)

## • Dünyadan Örnekler



PS 10 İspanya 11 MW

- 75000 m<sup>2</sup> alan
- 24.3 GWh yıllık üretim
- 1 saatlik buhar yedeği
- Isıl verim %27
- Toplam verim %17
- Sıcaklık – 250 °C
- Ergimiş tuz karışımı  
(%60 potasyum nitrat,  
%40 sodyum nitrat)



TUBITAK

MAM

# TÜRKİYE'DE CSP

- Zorlu-Hitit Solar (500 kWt)



- ODTÜ Kıbrıs Kampüsü (120 kWt)
  - Brightwell Grubu – Greeway Solar (kule)
- ÖZET: Henüz ticarî tesis yok. Yönetmelikler bekleniyor.**



# Denizli Kızıldere Tesisleri

Denizli Pilot Project  
21 July 2009



- 4x48 m parabolik oluk yoğunlaştırıcı, 3. nesil
- Ayna açıklığı: 6 m, Doğrudan buhar (DGS) sistemi

# CSP AR-GE ÖNCELİKLERİ

- İmalat ve kurulum maliyetlerinin düşürülmesi
- Sistem çalışma sıcaklığının ve veriminin yükseltilmesi
- Doğrudan buhar üretim sistemlerinin geliştirilmesi
- Sistem ömür, güvenilirlik, verim ve emniyetinin iyileştirilmesi
- Isı depolama sistemlerinin geliştirilmesi
- Güneş-hibrid sistemler (gece saatlerinde çalışan biyogaz veya diğer yakıtlı sistem ile entegre sistemler)
- Elektrik dışı uygulamalar (su pompalama, desalinasyon vb.)
- Güneş enerjili kimyasal sistemler (çinko ekstraksiyonu, hidrojen üretimi, biyokütle gazlaştırma vb.)
- Sistem otomasyonu



TÜBİTAK

MAM

# CSP Türkiye'de Uygulanabilir mi?

- Mevcut 0.133 USD/kWh tarife yerli katkı ekleriyle 0.175 USD/kWh'e çıkıyor.
- Yerli teknolojinin maliyeti 4000 USD/kWh.
- 24 saat elektrik üreten melez sistem uygun
- Konya-Karapınar ve G. Doğu Anadolu'da tarıma uygun olmayan düz alanlar mevcut.
- Kaba tahmin ile 3 GW'lık CSP potansiyeli bulunabilir, ama FV'den daha pahalı.
- FV potansiyeli daha çok, ama kesikli.
- CSP yatırımları FV kapasitesini de artırır.



TUBITAK

MAM

# SONUÇLAR

- Farklı yer ve şartlara uygun CSP teknolojileri vardır ve hızla gelişmektedir.
- En olgunlaşmış güneş enerjisi teknolojisi parabolik oluk sistemidir.
- Yatırım ve birim maliyet açılarından da avantajlıdır.
- Tüp tasarımı ve yüksek performanslı malzemelerin kullanımı/geliştirilmesi en kritik konulardır.
- MAM Enerji Enstitüsü parabolik oluk sistemler üstüne Ar-Ge projeleri yürütecektir.



TÜBİTAK

MAM

# EE Araştırma Hedefleri

- Doğrudan buhar üretim sistemlerindeki kararsızlık ve kontrol problemlerinin çözümü
- Verimli ve uzun ömürlü **vakumlu alıcı tüp** tasarımı
- Vakumlu tüplerde yüksek sıcaklığa uzun süre dayanıklı **seçici yüzey** tasarım ve uygulaması
- Cam tüplerin ve üzerindeki kaplamaların yerli üretimleri yanında dayanım ve ömürlerinin iyileştirilmesi



TUBITAK

MAM

***TEŞEKKÜRLER...***

***SORULARINIZ?***



TÜBİTAK

**MAM**