Concentrating Solar Power: The ‘Other’ Solar…

A Systems Perspective

Greg Kolb

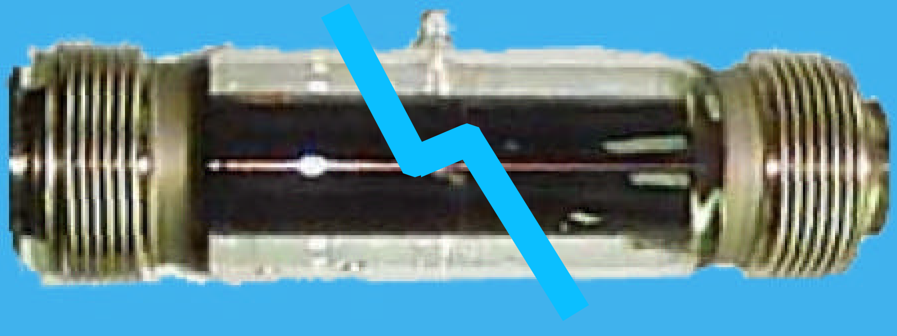
Sandia National Laboratories

November 9, 2004

gjkolb@sandia.gov

Sandia National Laboratories is a multi-program laboratory operated by Sandia Corporation, a Lockheed Martin Company, for the United States Department of Energy under Contract DE-AC04-94AL85000

Concentrating Solar Power - Trough

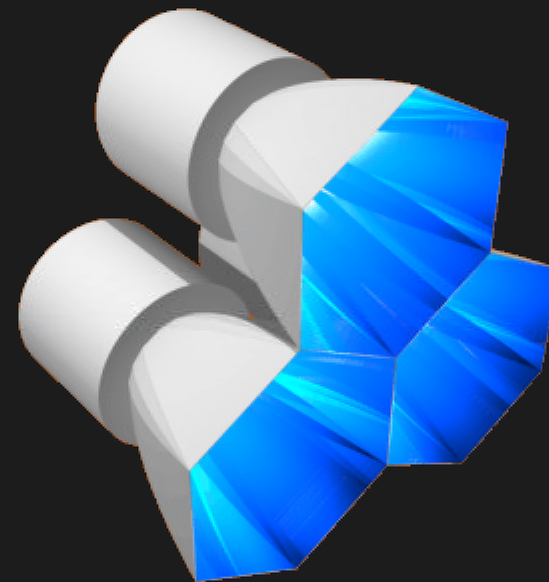


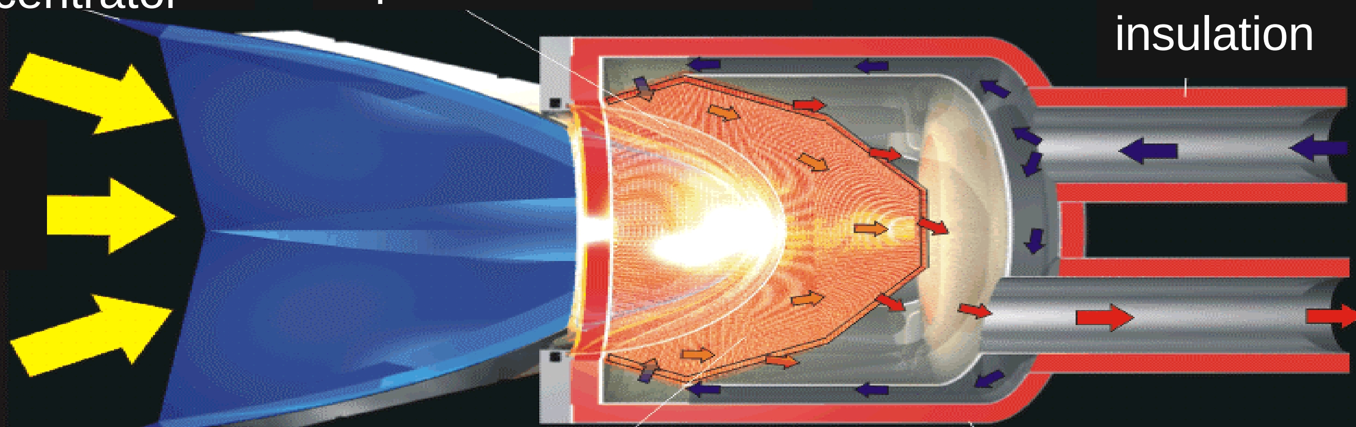
Heat Collection Element

Trough Collector

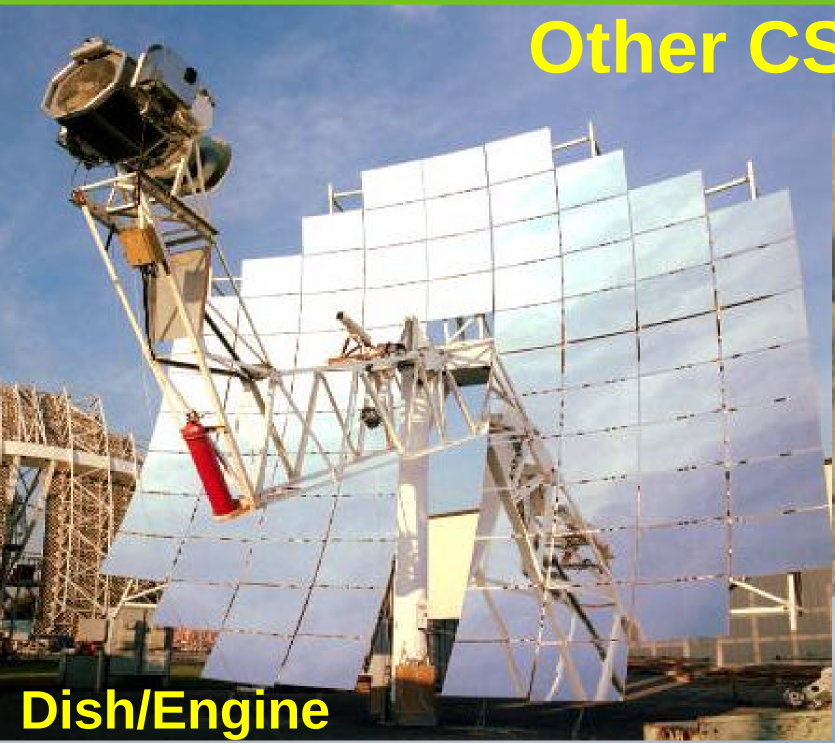
Concentrating Solar Power - Tower

Advanced Towers





Other CSP/STE Systems



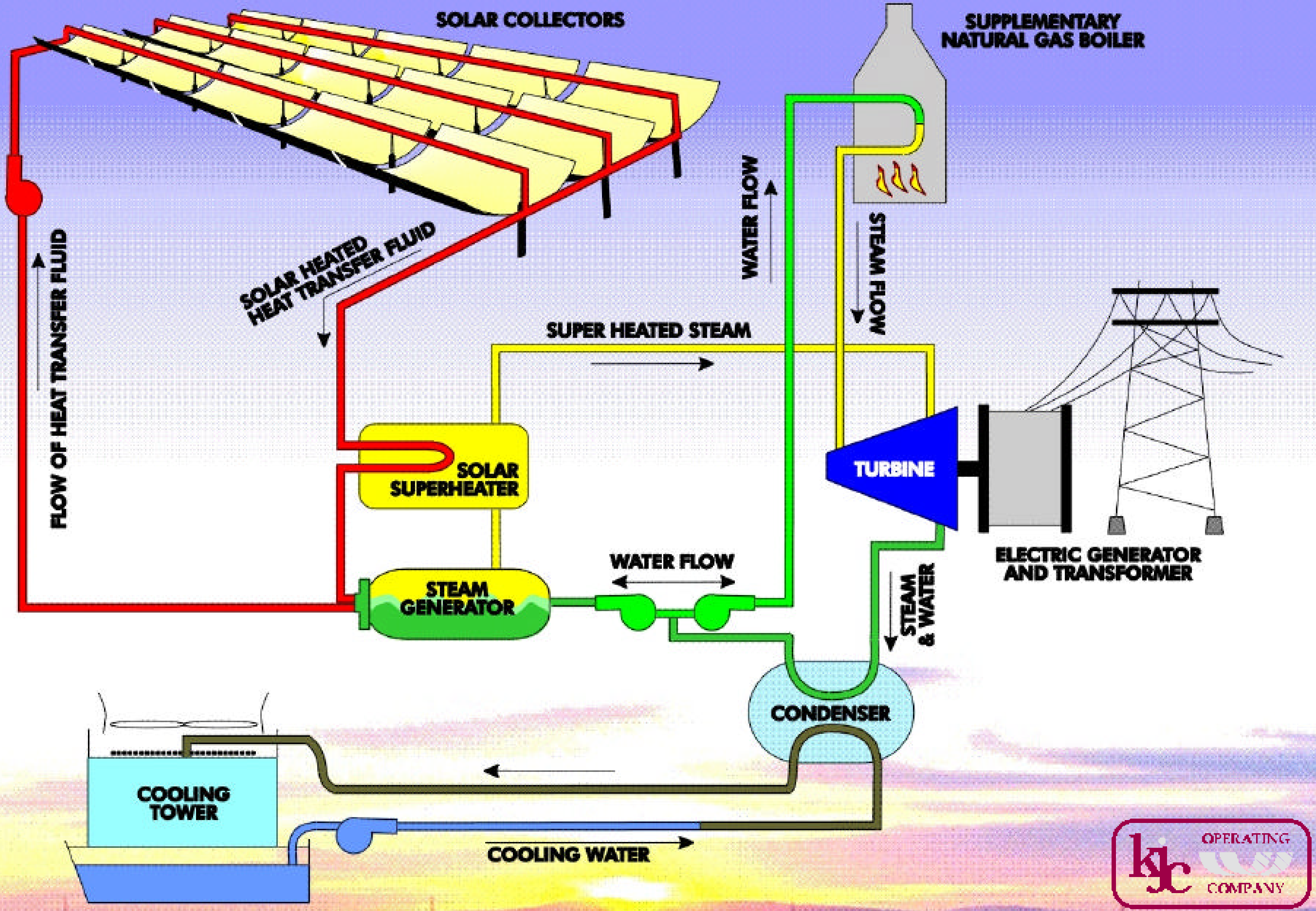
CSP Applications

- Electricity and heat applications are near-term
  - $16 Trillion energy infrastructure projected worldwide through 2030, 70% for electricity*
  - Massive expansion possible: concrete, glass, steel
- Solar fuel applications are longer-term

  "A challenge for the chemical sciences is to provide a disruptive solar technology to meet 10-20 TW of carbon-free power"

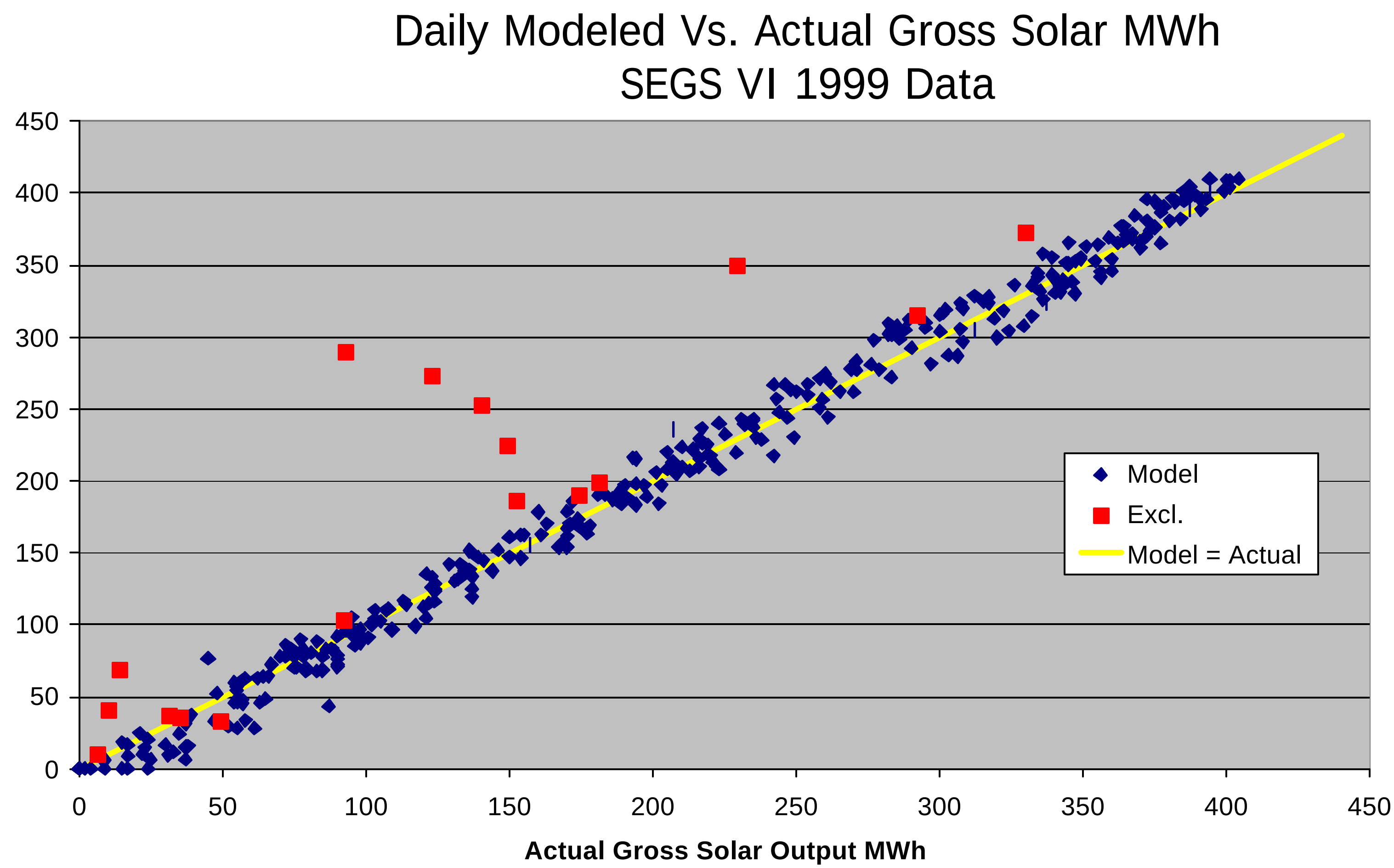
  -Nathan Lewis, Caltech

* IEA 2003 World Energy Investment Outlook Summary



30 MW SEGS Configuration at Kramer Junction, California, USA

Performance Baseline

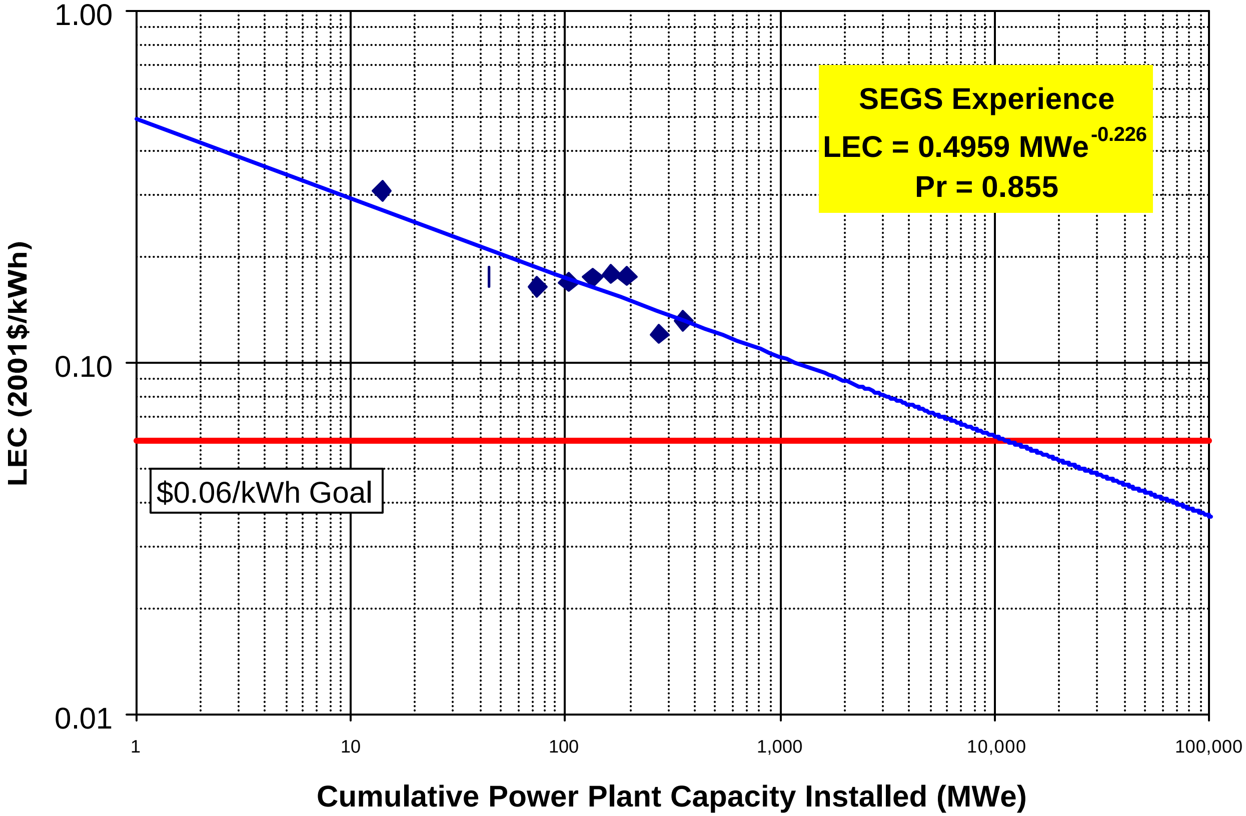


Ref: NREL Trough Performance Model

Trough LEC Learning Curve

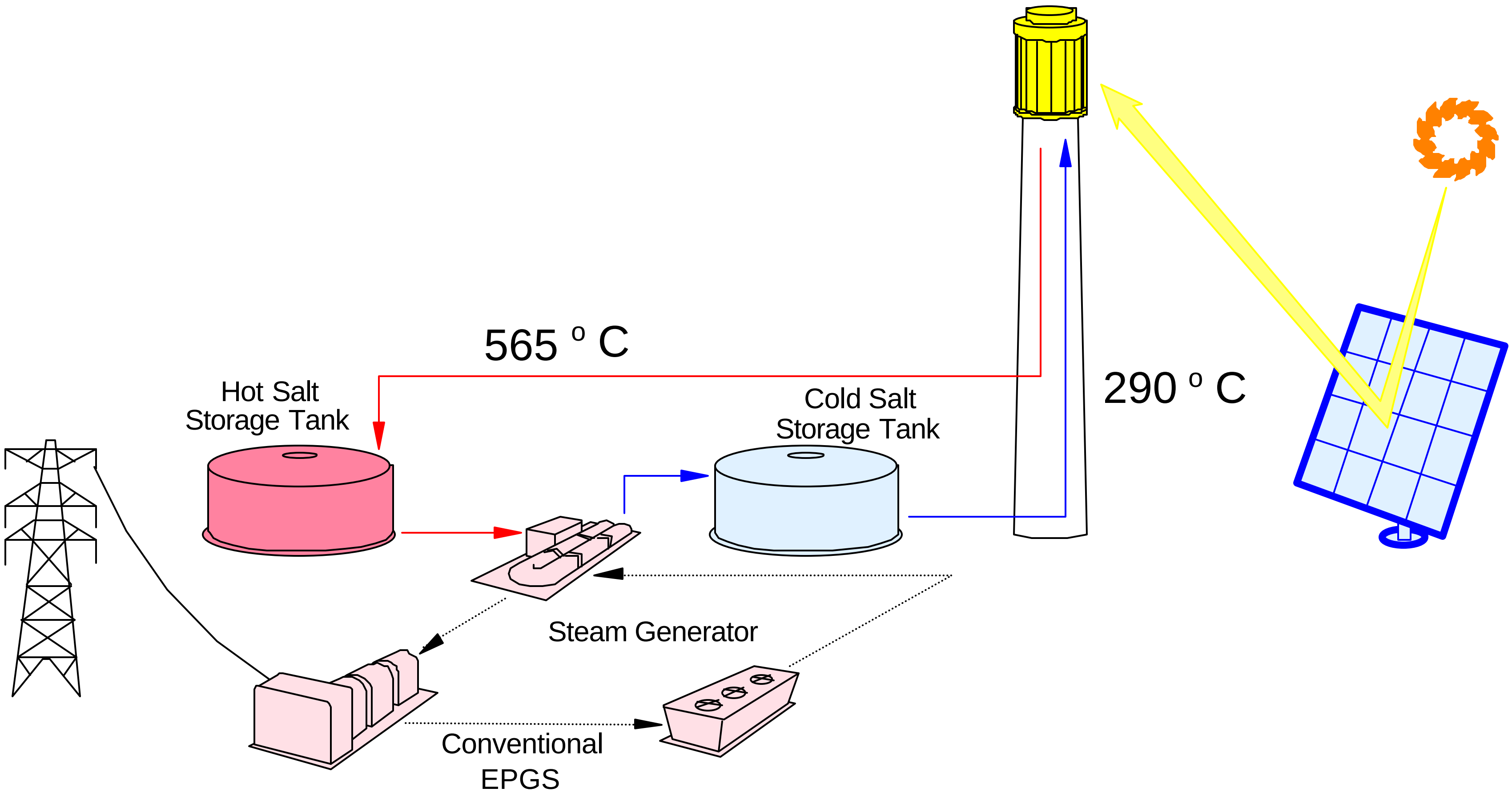
How low can it go?

SEGS I-IX, 354 MWe of Trough Power Plants

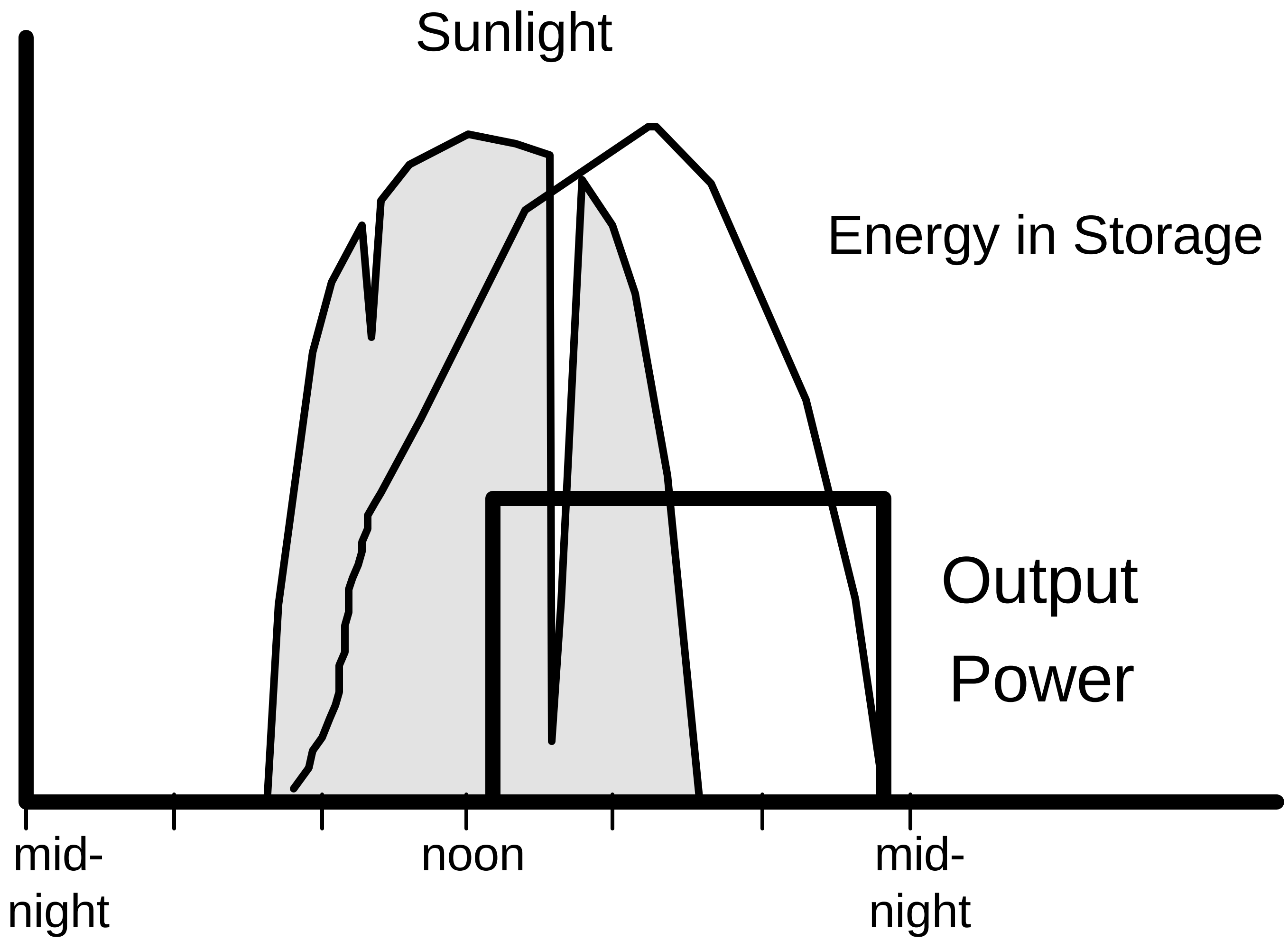


Data Source: Luz International Limited, 1990

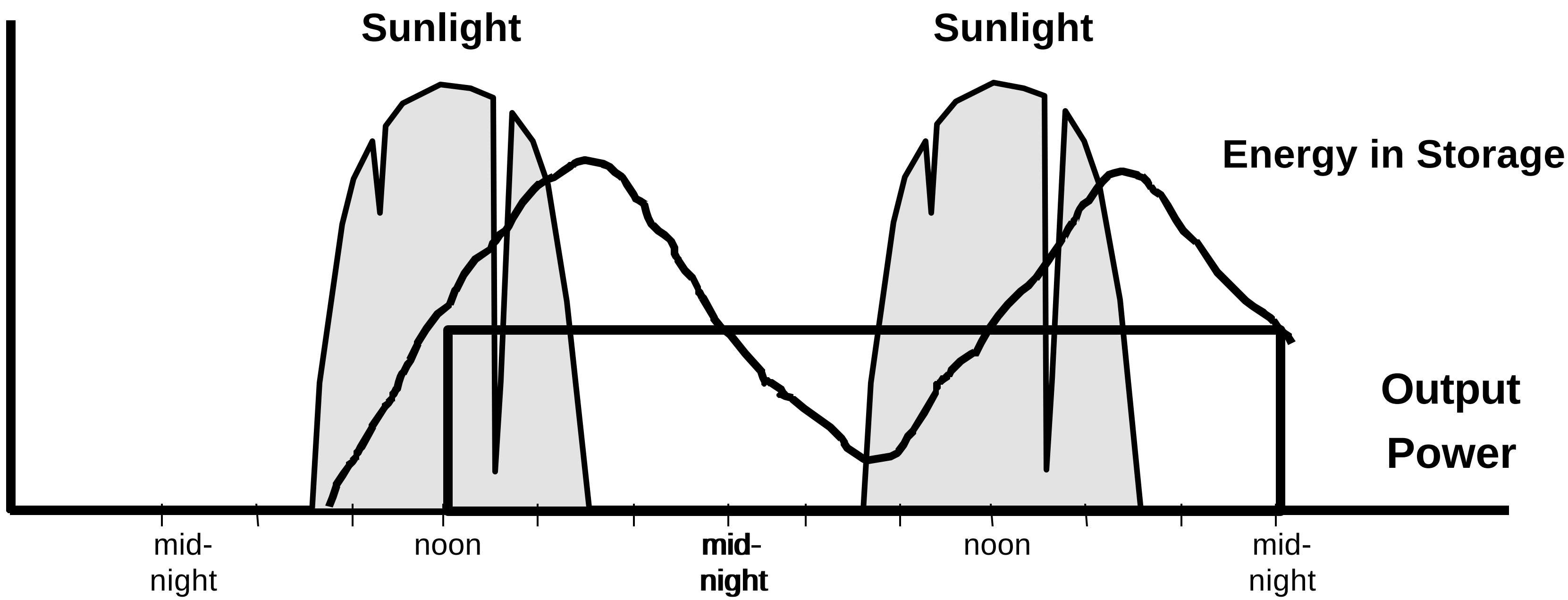
Solar-only Molten Salt Power Tower



Using storage to meet peak electric demand



Molten Salt Power Towers can provide high *solar-only* annual capacity factors (> 70%)

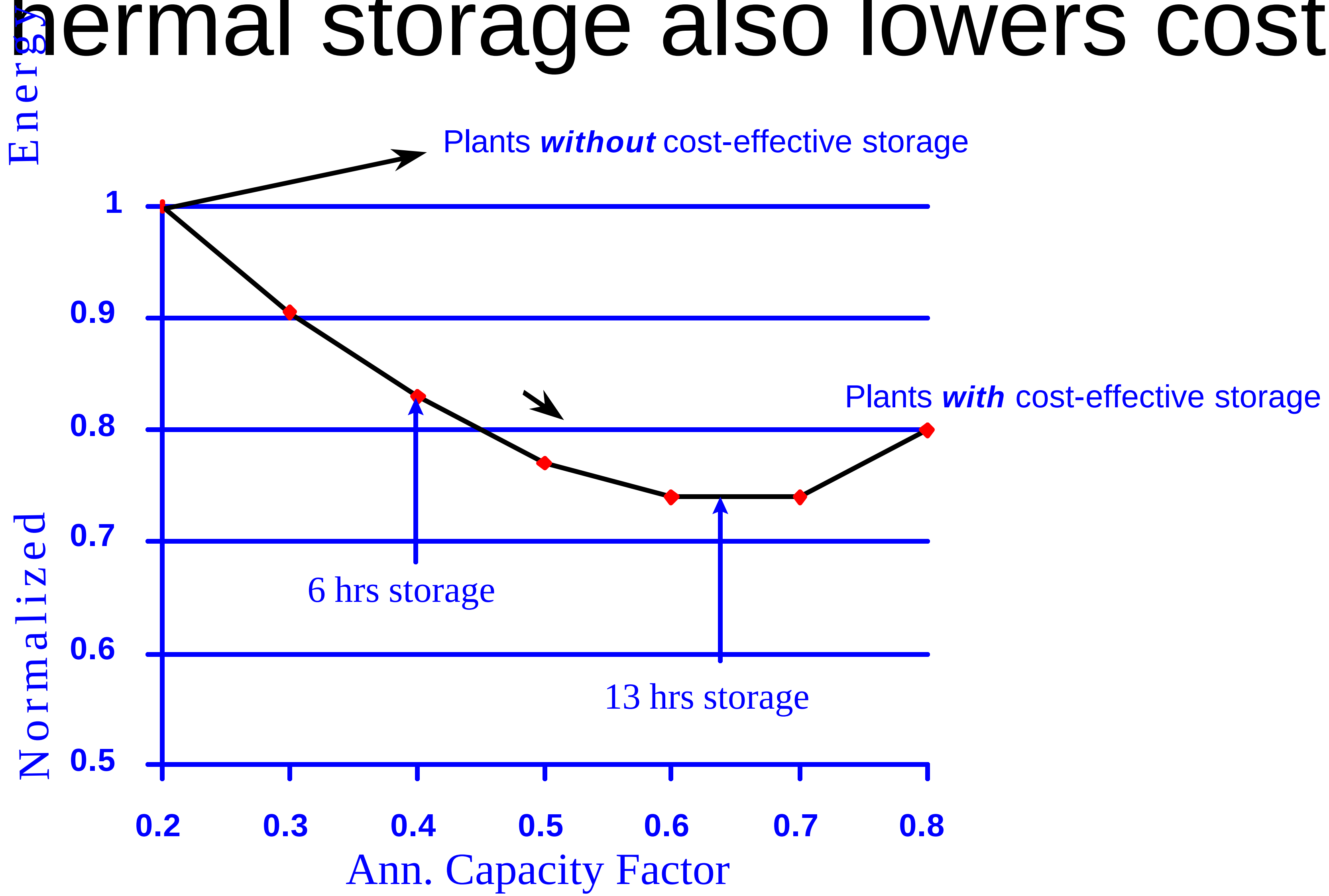


- "Around the clock" with 13 hrs of storage
- This design could provide steady power to an electrolyzer

Thermal storage is inexpensive

Storage System	Installed Cost of Energy Storage for a 220 MW_e Plant ($\$/kWhr_e$)	Lifetime of Storage System (years)	Annual Round-trip Storage Efficiency (%)	Maximum Operating Temperature (°C)
Molten-salt power tower	15	30	>99	650
Battery Storage Grid Connected	500 to 800	5 to 10	76	Not Applicable

Thermal storage also lowers cost



Planned Installations

- Spain leads the way
- Eventually, PV prices offered to CSP …
- 5-10 plants promoted or in progress trough & tower

Lanza
Difusión: 7.900
Audiencia: 24.000
24/09/04

OCUPARÁ 250 HECTÁREAS Y CUANDO ESTÉ EN OPERACIÓN EMPLEARÁ A 40 PERSONAS

Iberdrola invertirá 250 millones de euros en una central solar de 50 Mw

En Alcázar la empresa Eyra, del grupo ACS, proyecta una instalación similar, informó el director general de Industria y Energía de la Junta

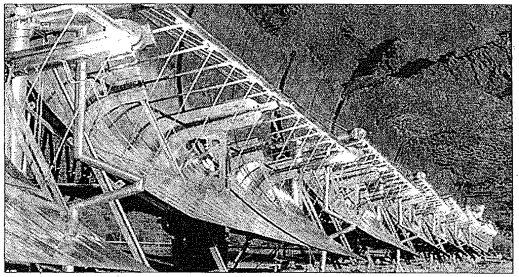
A. BARCENILLA/ PUERTOLLANO

Dos empresas eléctricas proyectan instalar centrales solares en Puertollano y en Alcázar de San Juan. Son dos empresas promotoras distintas, Iberdrola en Puertollano y EYRA en Alcázar, que utilizan una tecnología similar, según informó a **Lanza** el director general de Industria y Energía, José Manuel Martínez,

Se trata de centrales solares térmicas de alta temperatura, con colectores solares cilindro-parabólicos y un sistema de acumulación de sales fundidas, y con apoyo de gas natural. Cada una de las centrales tendrá una potencia de unos 50 megavatios y una inversión aproximada de unos 250 millones de euros por planta. Según dijo el director general la generación de empleo una vez estén en funcionamiento será de entre 40 y 50 trabajadores por central.

En Puertollano promueve este proyecto la empresa Iberdrola mientras que en Alcázar la promotora es la empresa Energía y Recursos Ambientales, S.A, (EYRA), del grupo ACS.

José Manuel Martínez explicó que se trata de generar energía eléctrica a partir del sol con unos paneles cilindroparabólicos, que son como medios cilindros con espejos. Básicamente lo que hacen es concentrar el sol en un tubo que va por el eje de ese cilindro, calientan el agua que circula por el serpentín, el agua genera vapor, el vapor mueve una turbina y la turbina un generador. Las empresas venderían la energía a la compañía distribuidora "como generadores hay obligación por parte de la compañía distribuidora de hacer un contrato de compra de energía".



La central solar utilizará colectores solares cilindro parábolicos

Martínez resaltó que dentro de la apuesta de la Junta por las energías renovables ambos proyectos son muy interesantes "tendríamos una generación en total de 100 megavatios". Por ejemplo, la central nuclear de Zorita son 160 megavatios "con estas dos centrales se sustituiría un 70% de la electricidad de Zorita".

Los paneles solares más conocidos por todos son los fotovoltaicos, que no tienen nada que ver con estos "utilizan el sol pero son tecnologías distintas".

El director general indicó que ambas empresas tienen preseleccionados emplazamientos para instalar las centrales solares, que necesitan mucha superficie, unas 250 hectáreas aproximadamente "las negociaciones se están llevando a cabo entre los alcaldes de Puertollano y de Alcázar con las empresas que promueven los proyectos".

Las centrales necesitan agua abundante, mucha superficie, gas natural y evacuación eléctrica

Martínez dijo que son proyectos con muchas posibilidades de confirmación "espero que todo esté ultimado antes de la primavera, a lo largo de este otoño invierno". En la fase de construcción hará falta mano de obra especializada "el montaje más que complicado es laborioso".

En cuanto a las necesidades de infraestructura este tipo de plantas necesitan agua relativamente abundante, tanto para el circuito de generación de vapor como para la limpieza de los espejos de los colectores cilindro parabólicos". Requieren igualmente gas natural como apoyo auxiliar para cuando no haya sol, para mantener la generación de vapor, y precisan evacuación eléctrica.

Martínez agregó que las centrales solares no tienen impacto ambiental importante, sí impacto visual, aunque se instalarán en zonas donde hay un nivel de irradiación solar elevado, por lo que serán zonas libres de arbolado. La Junta tiene un estudio sobre las horas de sol en la región, desde la Agencia para la Gestión de la Energía en Castilla-La Mancha, que se facilitó a ambas empresas, que han profundizado en este estudio, dijo, confirmando las posibilidades de ambas zonas.

Difusión: 28.287
Audiencia: 76.000
CincoDías
30/09/04

ENERGÍA El grupo y la alemana Solar Millenium ultiman un proyecto de 500 millones

ACS promueve en Granada la mayor planta termosolar del mundo

ACS, que se ha fijado como objetivo entrar en el negocio de la energía solar, ultima negociaciones para poner en marcha junto a la firma alemana Solar Millenium la mayor planta termosolar del mundo. La instalación, que se ubicará en Guadix (Granada), tendrá una potencia de 100 megavatios y un coste aproximado de 500 millones.

KIRRU ARTEA / JORGE CHAMIZO
Bilbao / Madrid

ACS quiere complementar su negocio en el campo de las energías renovables entrando en la generación solar. El grupo presidido por Florentino Pérez se ha aliado con la firma alemana Solar Millenium para promover en Andalucía la mayor planta termosolar del mundo, con una capacidad instalada de 100 megavatios de potencia, estructurada en dos grupos de 50 megavatios cada uno.

La ejecución del proyecto supondrá una inversión cercana a los 500 millones de euros, según fuentes cercanas a la Junta de Andalucía, que respalda abiertamente el proyecto y estudia las ayudas que puede facilitar.

ACS, que ya está presente en el negocio de la energía eólica y el biogás, ultima los flecos para cerrar su incorporación al proyecto, en el que tendría una participación significativa. De forma paralela, está prevista su entrada en la unión temporal de empresas que acometerá la construcción del nuevo complejo energético, donde también tendrá un papel destacado una de las más conocidas empresas de ingeniería españolas, según fuentes cercanas a los futuros proveedores del proyecto.

Actualmente, los promotores de esta instalación están intentando cerrar la financiación del proyecto con bancos nacionales e internacionales y varias cajas de ahorro españolas, fundamentalmente andaluzas. Los mismos medios aseguran que una de las posibilidades que barajan es la puesta en marcha de un *project finance* (financiación con la propia garantía del proyecto) para poder acometer su construcción.

También está prácticamente pactada la incorporación a la sociedad que pondrá en marcha la instalación solar de la ingeniería alemana Flagsol, y de la Plataforma Solar de Almería, una entidad dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología. La previsión es que la nueva planta que utilizará la radiación solar como única fuente de energía para producir electricidad, esté operativa en 2006.

El proyecto, denominado Andasol I y Andasol II, tendrá un periodo de construcción de 18 meses y se ubicará en la meseta de Guadix (Granada) a una altura de 1.000 metros. Está previsto que durante los trabajos de construcción y hasta su arranque trabajen unas 1.200 personas. Una vez puesta en marcha su plantilla se reducirá a 100 trabajadores. Según fuentes cercanas a Andasol, la nueva planta, que podrá abastecer a más de 180.000 hogares, evitará la emisión a la atmósfera de 157.000 toneladas anualmente de CO_2.

La instalación, que se ubicará en 200 hectáreas de superficie, contará con 624 receptores de energía solar y unos 200.000 espejos. La tecnología termosolar de la firma alemana consiste en una serie de reflectores cilíndricos y parabólicos que concentran los rayos en unos tubos por los que circular un fluido.

La planta solar Andasol podrá abastecer de energía a 185.000 personas.

LAS CIFRAS

100	megavatios de potencia tendrá la planta solar de ACS y Solar Millenium, distribuidos en dos grupos de 50 megavatios cada uno.
1.200	trabajadores serán necesarios para construir la instalación, que se ubicará en Guadix.
500	millones de euros es el presupuesto estimado de ejecución del proyecto, que podría estar operativo en 2006.

Urbaser, el grupo también genera biogás y metano.

... cia de Burgos, una en Tortosa (Tarragona) y otra en la vecina Portugal.

Adicionalmente, ha instalado y puesto en marcha 149 aerogeneradores en varios parques eólicos para terceros, tanto en España como en el extranjero.

Por lo que respecta al área de servicios, Urbaser genera energías renovables a través de sus plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos y del biogás que generan los vertederos controlados que gestiona.

Otra de las sociedades de esta misma división, Tracemar, dispone de varias plantas en la península para el tratamiento de aceites de automoción y buques que también generan energía.

Oops, the other solar!

Dish and Engine Technology

- 25kW systems
  - Over 25,000 Hours Of On-Sun Operating Time
  - Over 125,000 Hours Of Chemical Fuel Operation
  - 24.9 kW Peak Power
  - 29.4% Peak Efficiency
  - 95%+ Availability
- 10kW systems
  - Potential to address off-grid and distributed applications
  - Not a current emphasis

Stirling Energy Systems Vision and Market

- Near term opportunities
- Large grid-tied energy production facilities
  - Central plant reduces O&M costs
  - High volume production early on allows faster cost reduction
  - Aggressively pursue opportunities brought by RPS's in Southwest US
- Longer term opportunities off-grid and distributed with fully mature products

Planned Installations

- Six 25-kW dishes at Sandia Labs by Christmas 2004
- Ten dishes to be installed for APS in 2005
- Forty dishes scheduled for “showcase” plant in early 2006.
- Production of 1000 units/month starting as early as 2007

Sargent & Lundy Due-Diligence Review of Parabolic Trough and Power Tower Technologies

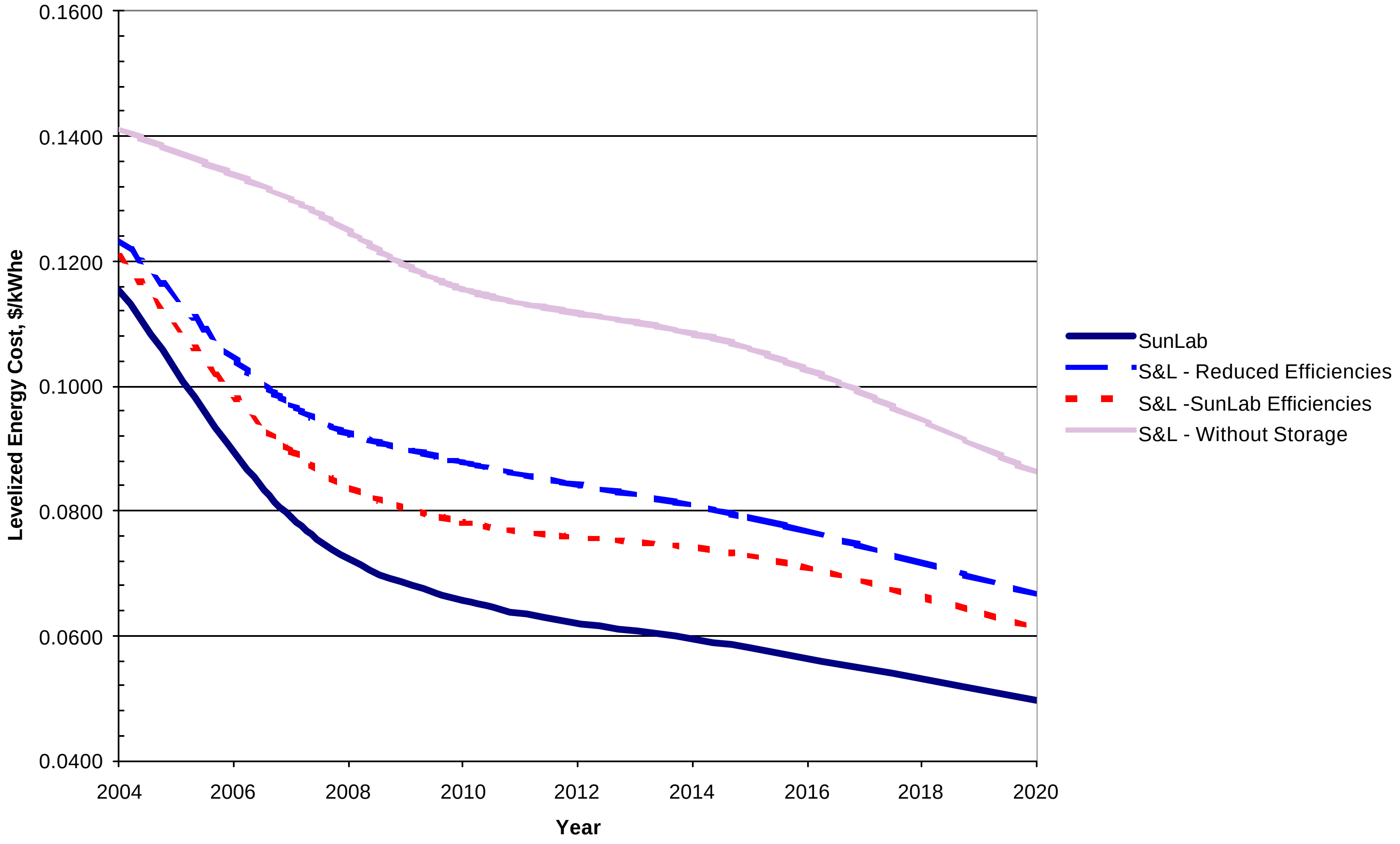
May 2003

S&L Work Scope

- Examination of trough and tower baseline technology assumptions (next plant)
  - Relied heavily on SunLab and industry data
- Analysis of industry projections out to 2020
  - Evaluated scale-up, technology improvements, experience learning
  - Detailed review of cost and performance
  - Assessment of R&D risk
- Assessment of the level of cost reductions likely to be achieved based on S&L experience.
- Perform a financial analysis to determine Levelized Cost of Energy (LEC)

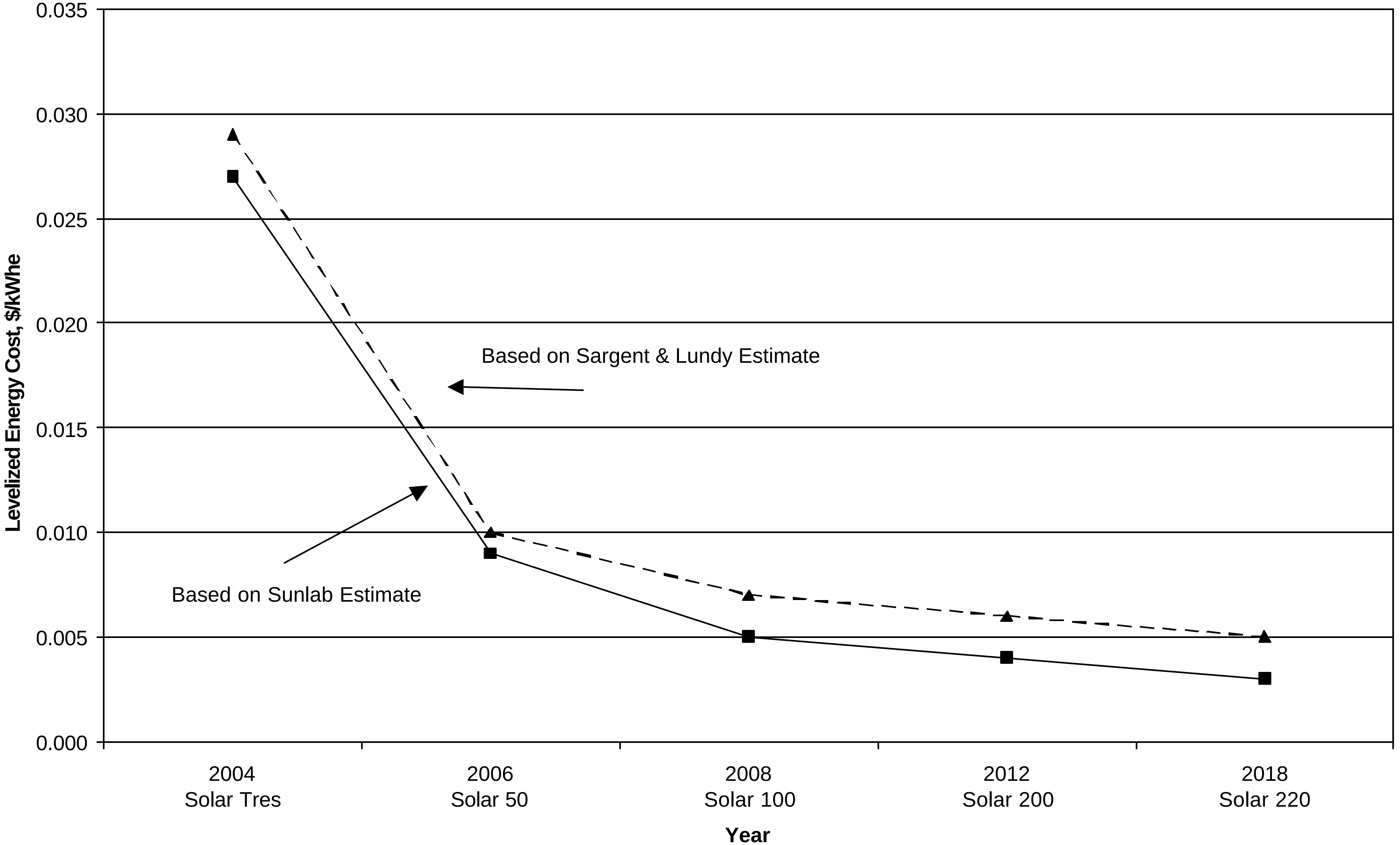
S&L Summary Findings

– Trough Levelized Energy Cost



S&L Summary Findings

– Power Tower Levelized Energy Cost



S&L Conclusions

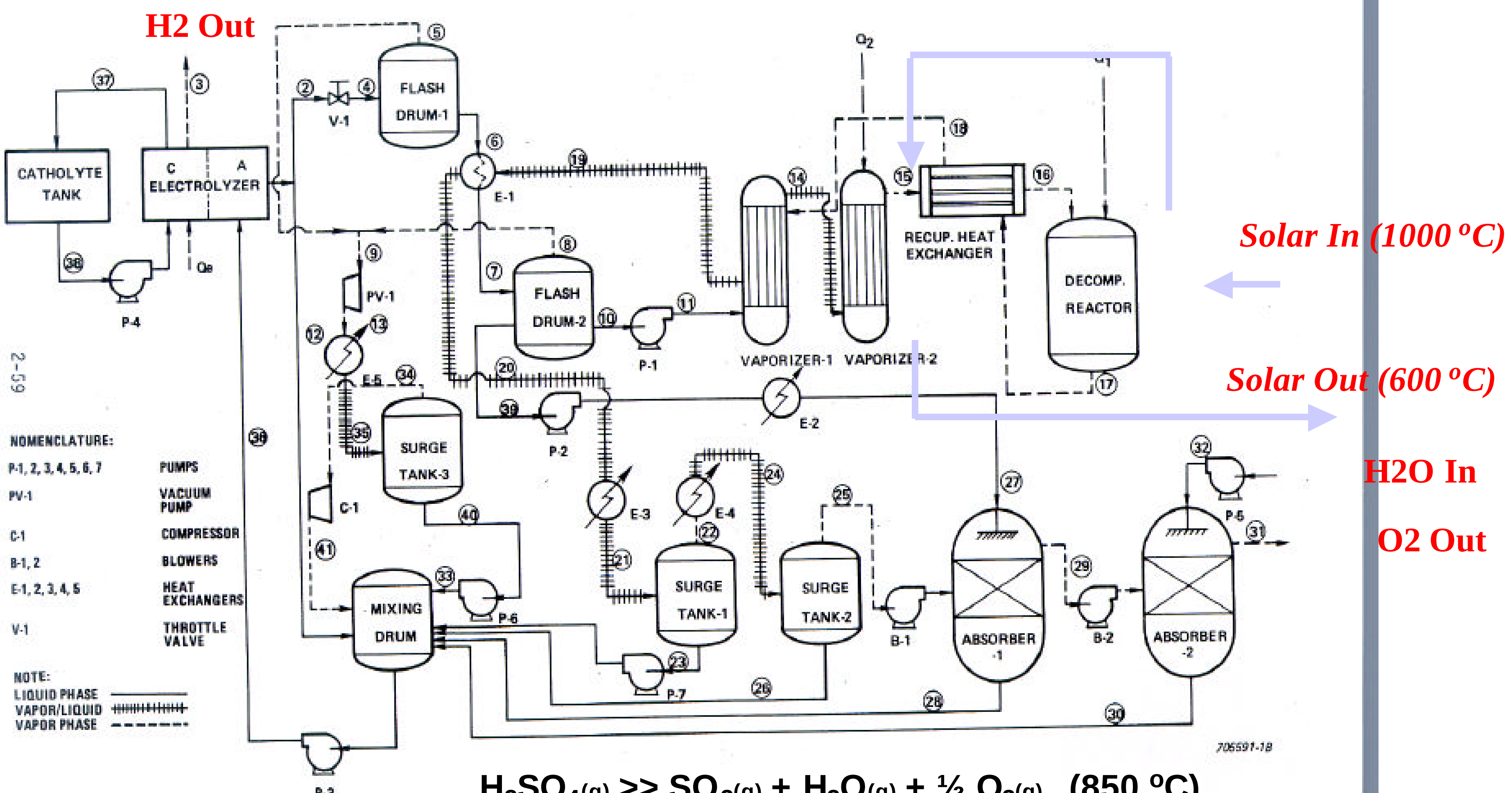
- … it is S&L's opinion that CSP technology is a proven technology for energy production
- There is a potential market for CSP technology
- Currently CSP electricity is more expensive than conventional fossil-fueled technology.
  - Early deployments will require incentives
  - Significant cost reductions will be required to reach market acceptance
- Significant cost reductions are achievable assuming reasonable deployment of CSP technologies occurs
  - 2 to 10 GW by year 2020

Concluding Remarks

- This is a Solar-H2 Workshop … how about CSP hydrogen??
- Near term – H2 via Electrolysis
  - Large central plants using trough, tower, and dish plants
  - Locate first plants in SW deserts near large population centers to minimize transportation cost and losses
    - Ample good locations near Los Angeles, Phoenix, and Las Vegas
- Longer term – H2 via Thermochemical cycle
  - Higher solar-to-H2 efficiency
  - Lower levelized H2-generation cost

Solar Thermo-Chemical H2 Plant

Sulfur-hybrid cycle



$H_2SO_{4(g)} >> SO_{2(g)} + H_2O_{(g)} + ½\ O_{2(g)}$ (850 ºC)

$SO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} >> H_2SO_{4(aq)} + H_{2(g)}$ (80 ºC electrolysis)

Solar Thermo-Chemical H2 Plant

- Annual solar-to-H2 efficiency for thermochemical plant ~20%
- Annual solar-to-H2 efficiency for electrolyzer plant ~12%

- Using H2A
  - Levelized H2 cost < $3/kg for power-tower thermochemical
  - Levelized H2 cost > $4/kg for power-tower electrolysis