

ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



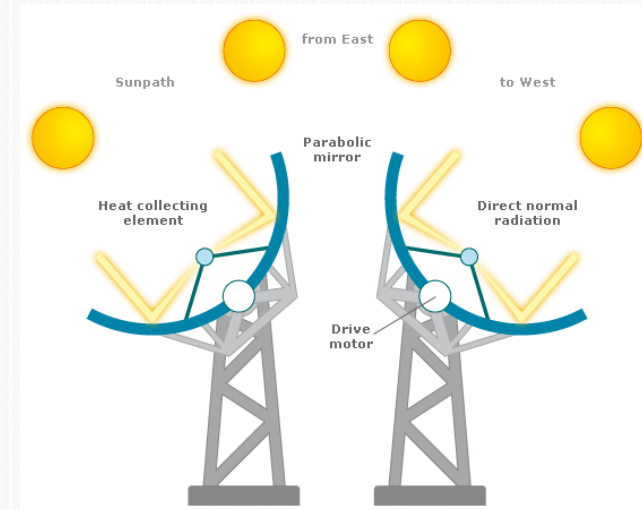
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (CSPPS)

- Τα CSPPs χρησιμοποιούν την ηλιακή θερμική ισχύ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Οι κύκλοι εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής που εφαρμόζονται για τα CSPPs είναι κυρίως βασισμένοι σε συμβατικά τμήματα ηλεκτροπαραγωγής εμπορικά διαθέσιμα στην κλίμακα 5-200 MWe.
- Τα CSPPs χρησιμοποιούν κυλινδρο-παραβολικούς συγκεντρωτήρες (**Parabolic Trough**) είτε ηλιακούς πύργους (**Solar Tower**)



PARABOLIC TROUGH

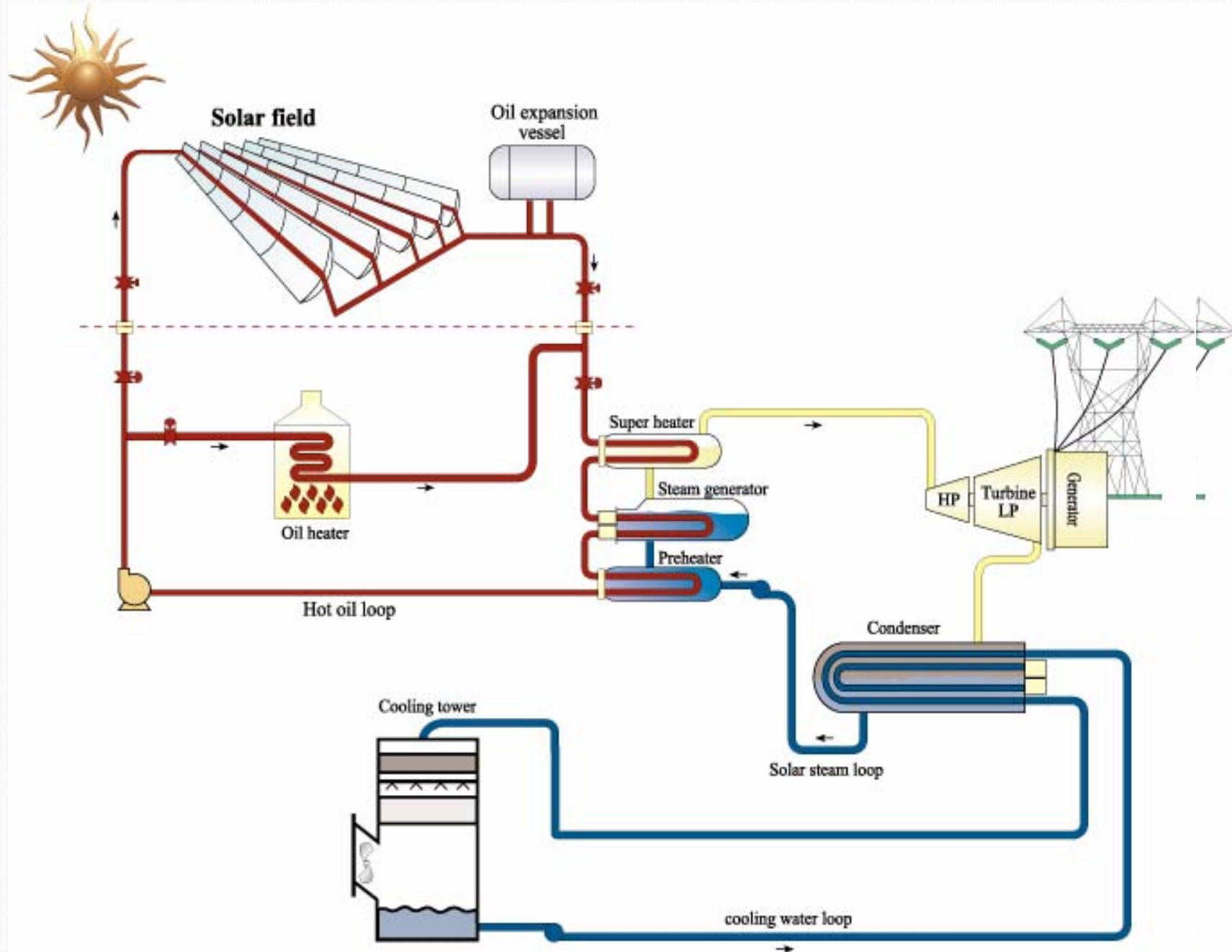
- Παραβολικά κάτοπτρα συγκεντρώνουν το φως του ήλιου σε μια γραμμή εστίασης. Το ηλιακό πεδίο αποτελείται από πολλές παράλληλες σειρές των ηλιακών συλλεκτών (συγκεντρωτήρες)
- Οι σειρές τοποθετούνται στον άξονα τεταγμένων Νότου-Βορά και χρησιμοποιεί σύστημα tracker ενός άξονα, ικανοποιητικό για βέλτιστη απόδοση
- Η συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια παραλαμβάνεται σε ένα ειδικό λάδι (ρευστό μεταφοράς θερμότητας) που τρέχει μέσω του σωλήνα απορρόφησης



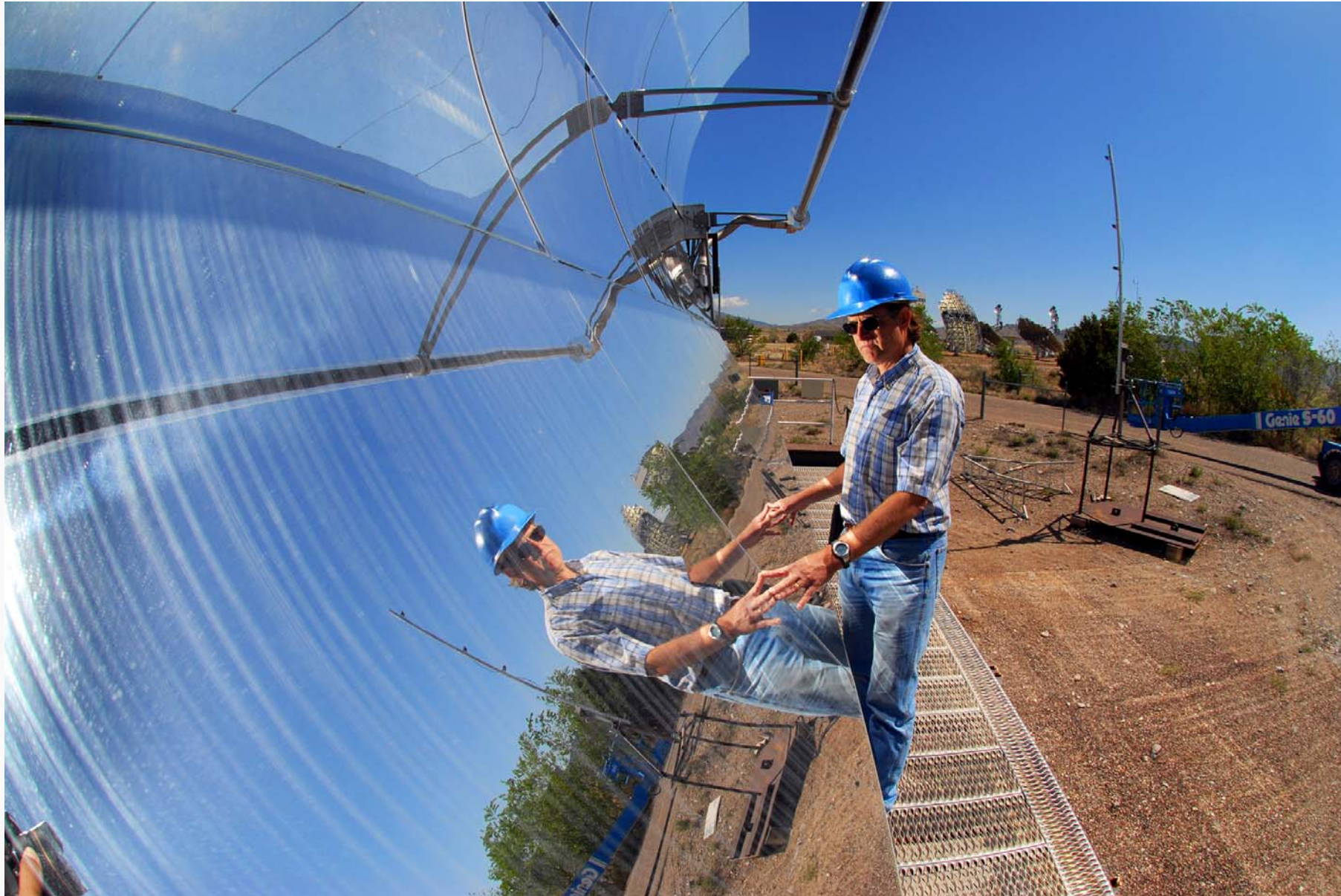
- **Θερμικές λύσεις αποθήκευσης** μπορούν να εφαρμοστούν, οι οποίες μπορούν να ενισχύσουν την εγκατάσταση (σε συνδυασμό με τις συμβατικές πηγές ενέργειας) ώστε να **λειτουργεί συνεχώς** κατά τη διάρκεια διακοπτόμενης ηλιοφάνειας και μερικών ωρών μετά από την αυγή.



PARABOLIC TROUGH CSPPS - ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

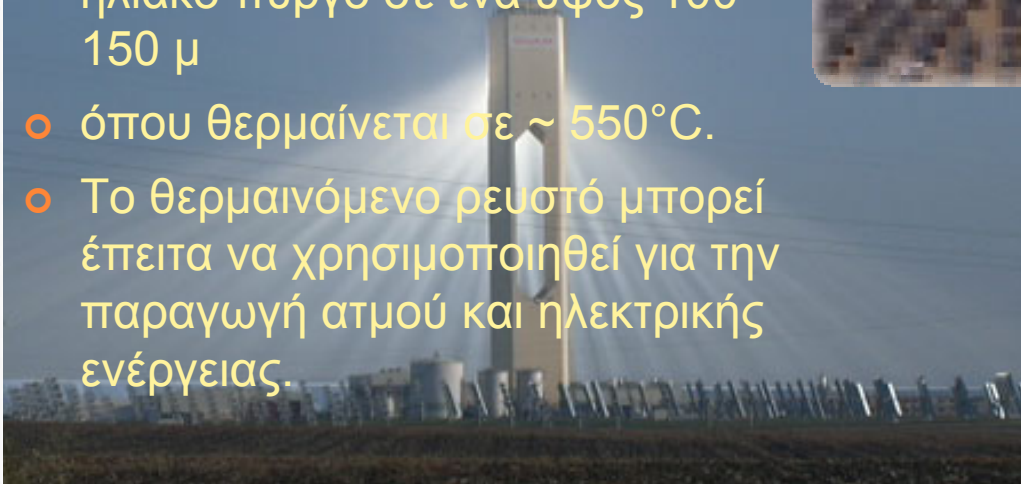
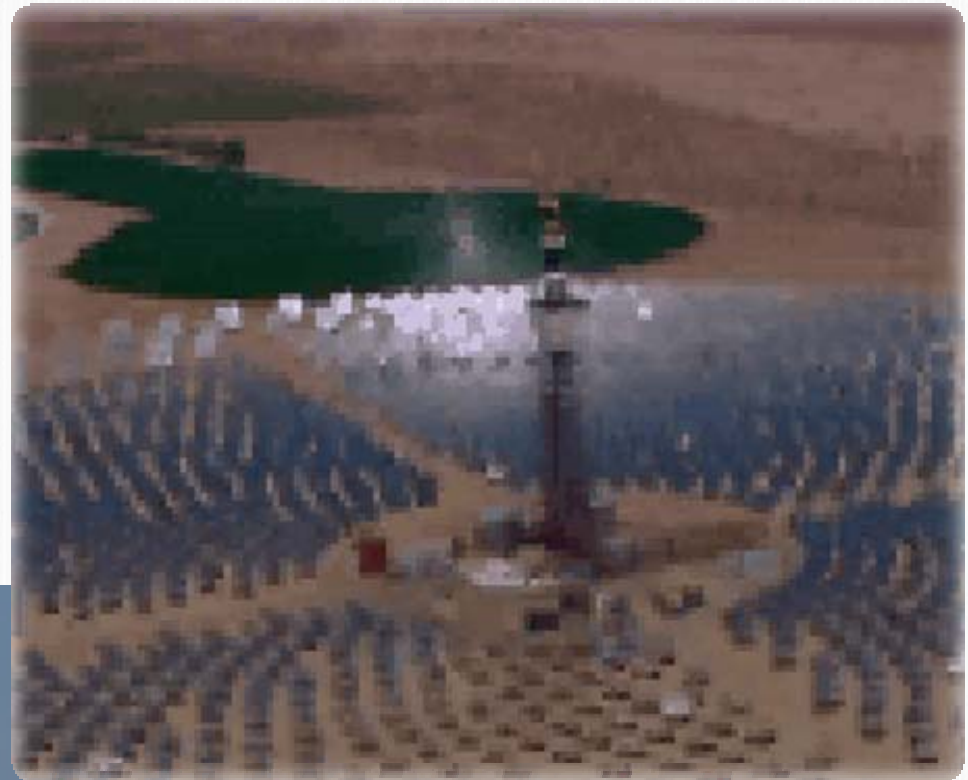


PARABOLIC TROUGH



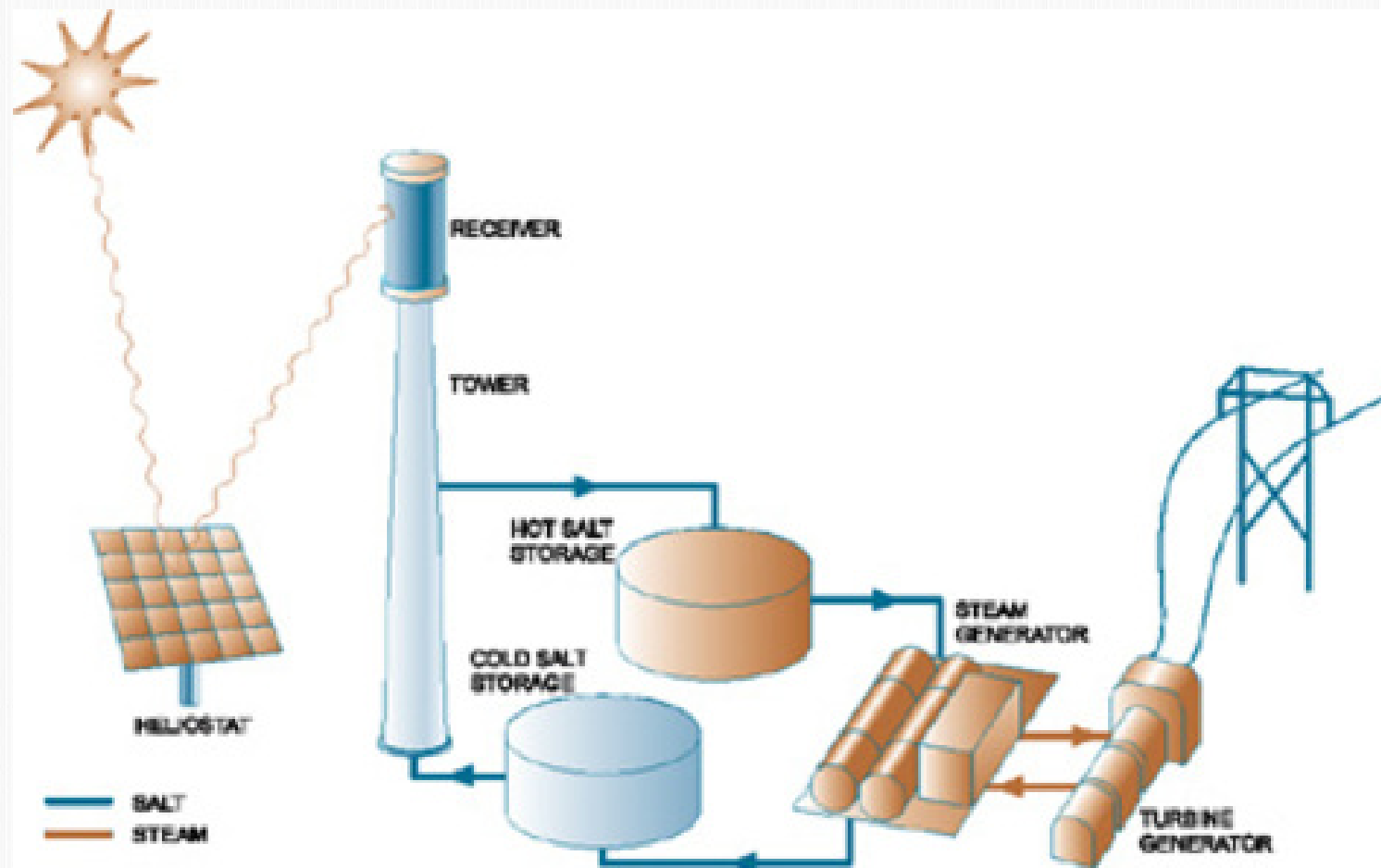
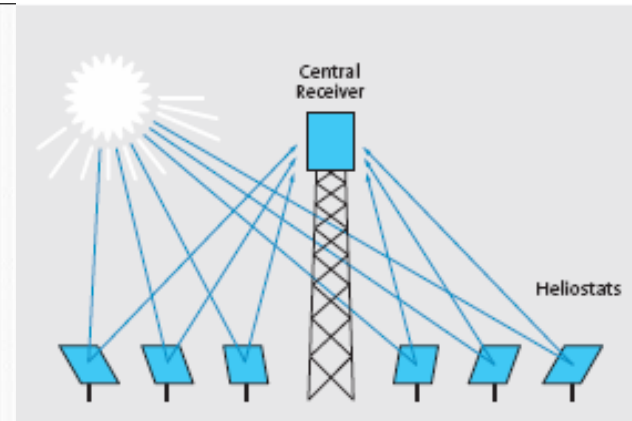
ΗΛΙΑΚΟΣ ΠΥΡΓΟΣ CSPPS

- Τα πεδία των ηλιακών πύργων αποτελούνται από αρκετούς εκατοντάδες μεμονωμένους, επίπεδους καθρέφτες παρακολουθήσεως του ηλίου δυο αξόνων, που ονομάζονται ηλιοστάτες (heliostats).
- Οι ηλιοστάτες αντανακλούν τις προσπίπτουσες ακτίνες του ηλίου προς τον ηλιακό δέκτη.
- Ο ηλιακός δέκτης βρίσκεται στον ηλιακό πύργο σε ένα ύψος 100 – 150 μ
- όπου θερμαίνεται σε $\sim 550^{\circ}\text{C}$.
- Το θερμαινόμενο ρευστό μπορεί έπειτα να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας.



SOLAR TOWER CSPPS

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

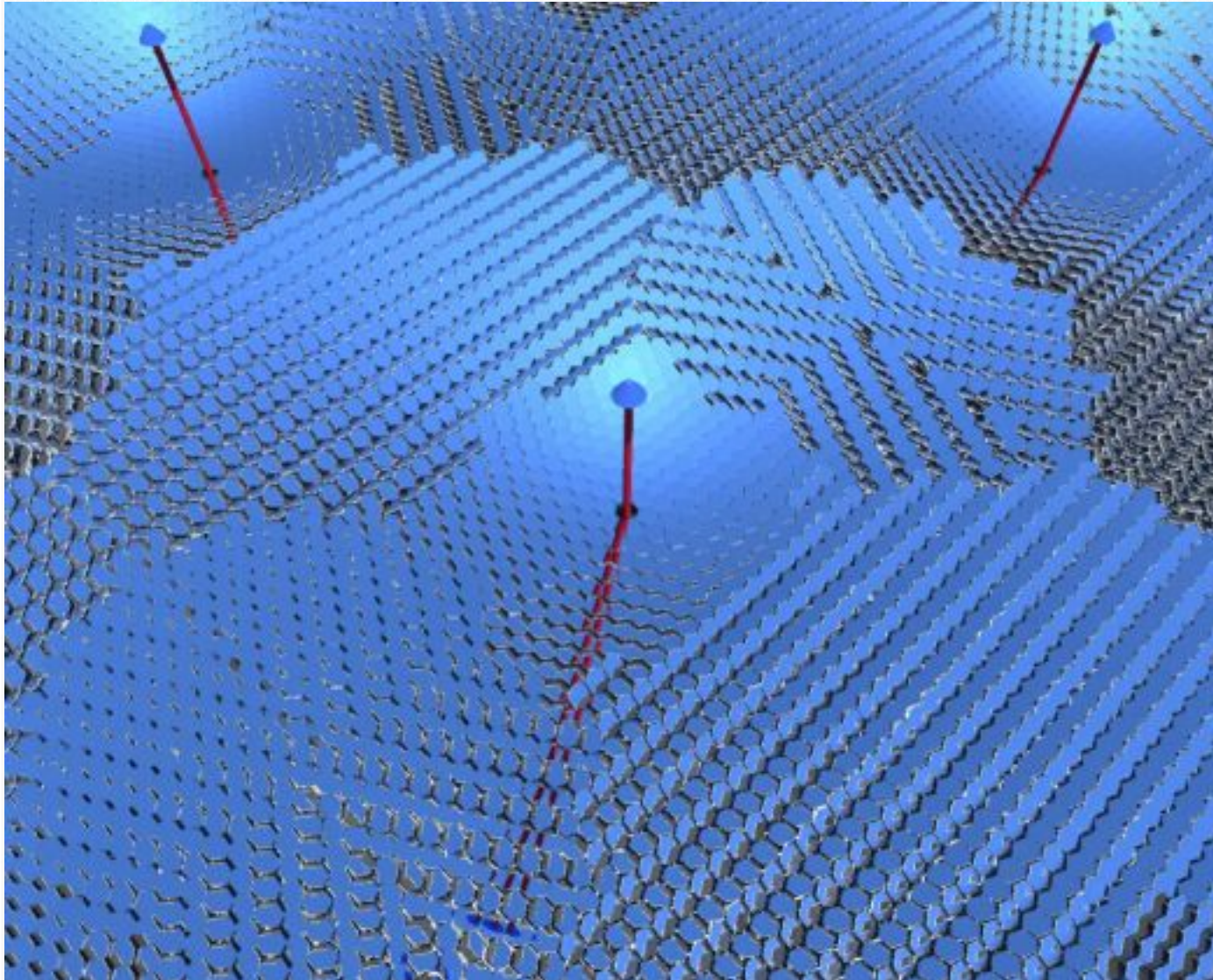


ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΝ ΠΥΡΓΟ



ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΠΥΡΓΟΙ

Multi tower solar array (MTSA) technology



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

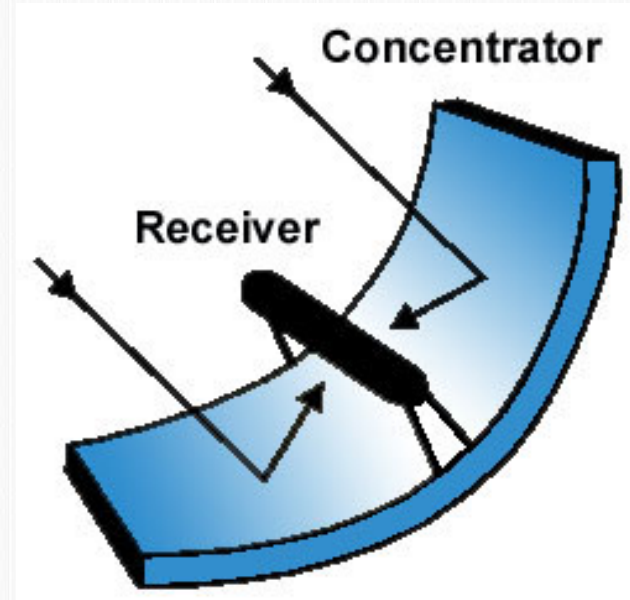
α. Parabolic Trough

○ Parabolic Through Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλότερες περιβαλλοντικές και αισθητικές επιπτώσεις λόγω του συμπαγούς σχεδίου κατασκευής
- χαμηλότερες απαιτήσεις γαιών
- Δεν απαιτείται συντήρηση συνθετικού λαδιού (HTF).
- Το σύστημα tracker ενός άξονα διασφαλίζει χαμηλότερο κόστος κατασκευής και υψηλότερη αξιοπιστία
- > 1GWe υφισταμένων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής παγκοσμίως εξασφαλίζει υψηλή βιωσιμότητα και εμπειρία

○ Parabolic Through Μειονεκτήματα:

- Οι χαμηλές αποδόσεις μετατροπής ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική απαιτούν αυξημένα οπτικά στοιχεία, αυξάνοντας το κόστος εγκατάστασης.



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

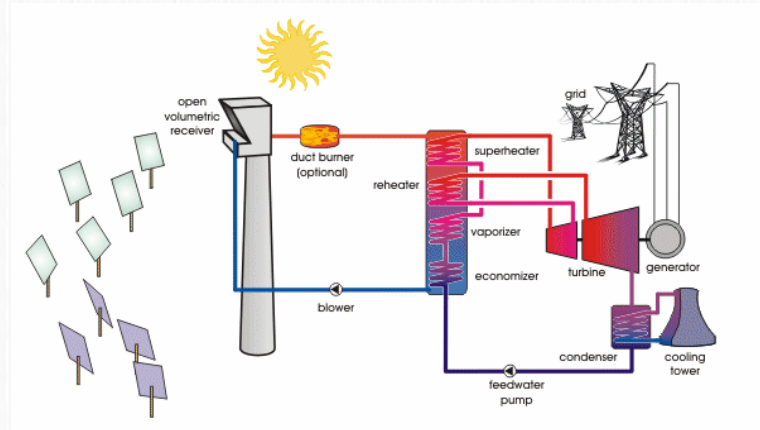
○ Solar tower Πλεονεκτήματα:

- Υψηλότερες αποδόσεις (μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική) λόγω της μειωμένης άντλησης και την υψηλότερη θερμοχωρητικότητα του μέσου (600+ °C παραγωγή ατμού)
- Μικρότεροι απαιτούμενοι όγκοι HTF , η μη γραμμικότητα σχετιζόμενη με το μέγεθος του σταθμού, με συνέπεια μειωμένο κόστος εγκατάστασης.
- Απορρόφηση θερμότητας μέσω του ηλιακού πύργου που εξασφαλίζει εύκολη και προσιτή μετάβαση σε μελλοντικές τεχνολογίες.

○ Solar tower Μειονεκτήματα:

- Υποστήριξη παραγωγής από θέρμανση τηγμένου άλατος είναι απαραίτητη, αυξάνοντας το λειτουργικό κόστος.
- Μικρός αριθμός υφισταμένων σταθμών, υψηλότερες αντανάκλασεις ηλιακού πεδίου, μεγαλύτερες απαιτήσεις γαιών.

b. Solar Tower



PARABOLIC TROUGH VS SOLAR TOWER

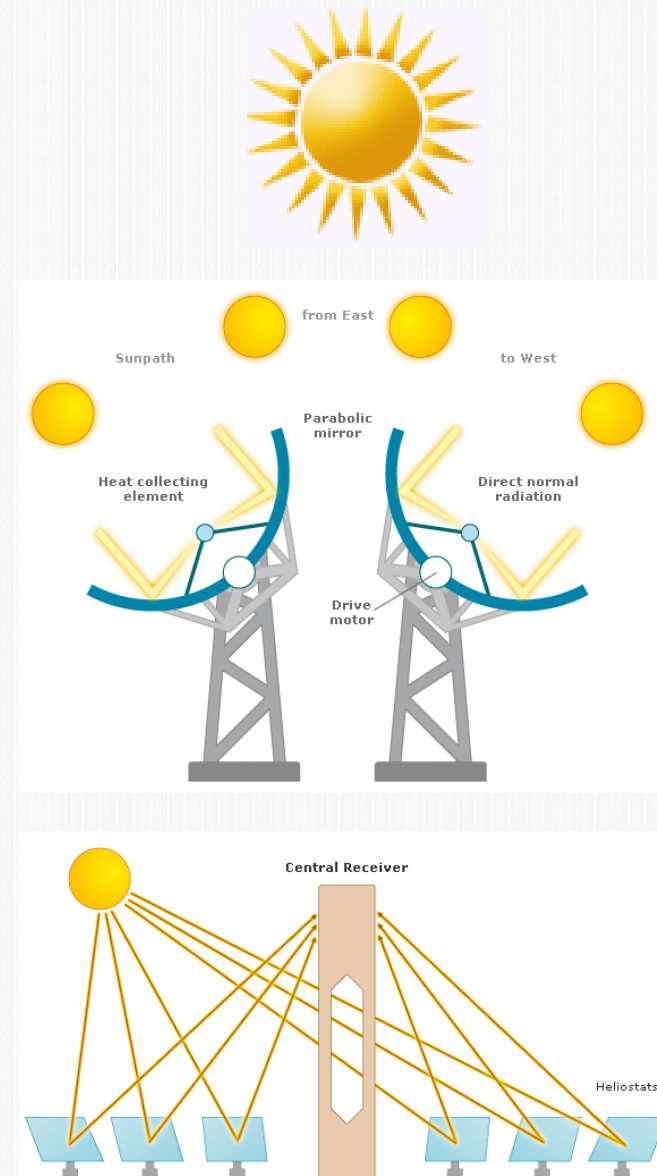
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΓΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 50 MWe

50MW Scale CSPP	Parabolic Trough	Solar Tower
Εκτιμώμενο κόστος εγκατάστασης	300.000.000 € (6.000 €/Kwe)	200.000.000 € (4.000 €/Kwe)
Απαιτούμενη επιφάνεια κατόπτρων	510.000 m ²	291.000 m ²
Αποκλειστικά ηλιακό σύστημα	Πιθανόν	Αδύνατον
Αποθηκευτική ικανότητα	7 h	1 h
Απαιτούμενη επιφάνεια	~ 1.800.000 m ²	~ 3.000.000 m ²
Μέγιστος Συντελεστής Χρησιμοποίησης (Capacity Factor)	42%	26%
Δυνατότητα αναβάθμισης	Χαμηλή	Υψηλή, μέχρι 1000°C μέσω αναβάθμισης του συλλέκτη και του HTF
Αντανακλάσεις και περιβαλλοντικό φορτίο	Μηδενικές	Υψηλές



ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

- **Κοινοπραξία για την εγκατάστασης CSP**
 - Μία εγχώρια κατασκευαστική εταιρία
 - Ένας προμηθευτής του συμβατικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής
 - Ένας προμηθευτής του ηλιακού πεδίου
 - Μια έμπειρη εταιρία ολοκλήρωσης
 - PEF (πιθανό)
- **Με την ηγεσία μιας εξειδικευμένης εταιρίας EPC (σχεδιασμός, ανάθεση των συμβάσεων και κατασκευή),**
- **Συνήθως μια μεγάλη εταιρία, που είναι ικανή να παρέχει τις κατάλληλες τεχνικές και οικονομικές εγγυήσεις για την κατασκευή και λειτουργία του σταθμού.**
 - Abengoa Solar SA (Spain)
 - Solel Solar Systems Ltd. (Israel)
 - Solargenix Energy, LCC (USA)
 - Solar Millennium AG (Germany)



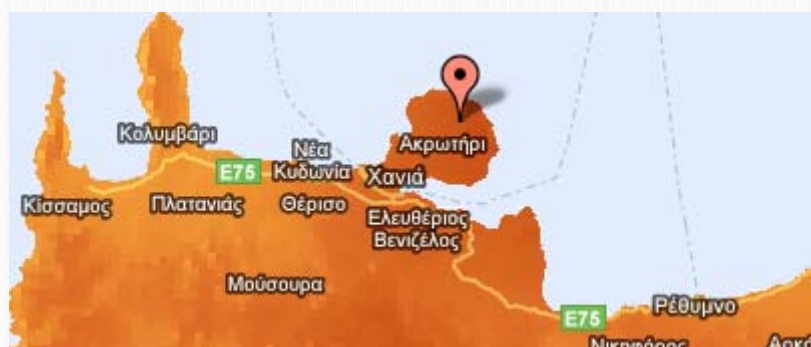
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ

- Επιφάνεια τουλάχιστον 1.800 στρέμματα για parabolic trough κλίμακας 50MWe με μέγιστες υψομετρικές διαφορές 15 μ..
- Επιφάνεια τουλάχιστον 3.000. στρέμματα για solar tower κλίμακας 50MWe.
- Χαμηλό κόστος γης (γαίες χαμηλής παραγωγικότητας ή χέρσες εκτάσεις)
- Μέγιστη απόσταση από τον σταθμό υψηλής τάσης 150 kV 10km
- Κατανάλωση νερού τουλάχιστον 800 χιλ.μ3 για ανάγκες ψύξης.
- Απουσία κινδύνων πλημμύρας, περιβαλλοντικών και αρχαιολογικών περιορισμών, ανέμων άνω των 145km/h
- Χρήση γης (μετάβαση από γεωργική σε χρήση σταθμού ηλεκτροπαραγωγής πρέπει να είναι εφικτή)



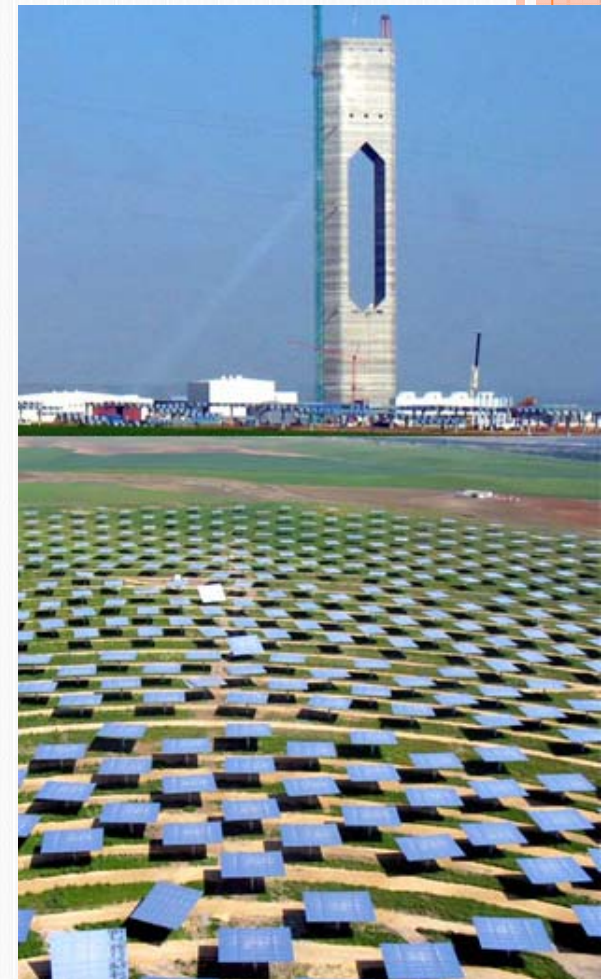
ΠΙΘΑΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΜΕ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΑΜΕΣΗ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ (DNI)

- Μέγαρα Αττικής, 1.718 kWh/m^2
- Ανατολική Αττική, 1.590 kWh/m^2
- Θήβα, 1.577 kWh/m^2
- Λακωνία, 1.803 kWh/m^2
- Ακρωτήριο, 2.338 kWh/m^2



ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΠΕ

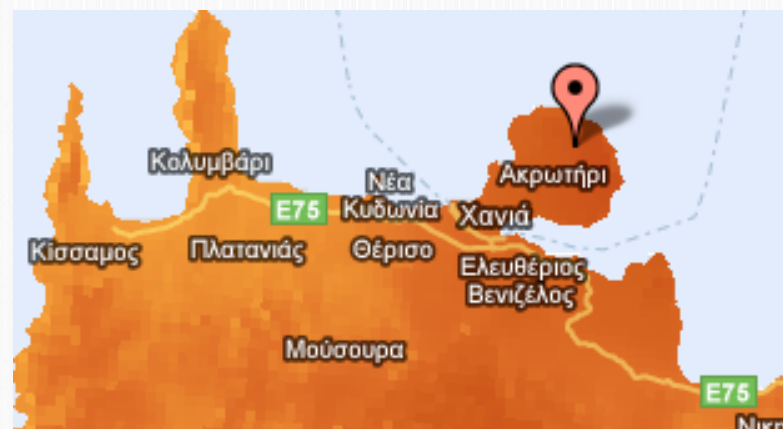
- ο νόμος 3468/2006 για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης διέπει τις κατάλληλες προϋποθέσεις και δίνει τα κατάλληλα κίνητρα για επενδύσεις σε ηλιοθερμικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής
 - Υβριδικός σταθμός ορίζεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί μία, τουλάχιστον, μορφή Α.Π.Ε. Επομένως, τα ηλιοθερμικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής που υποστηρίζονται από οποιοδήποτε είδος ορυκτού καυσίμου θεωρούνται υβριδικά.
 - Τα εν λόγω συστήματα ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να χρησιμοποιήσουν συμβατική ενέργεια που δεν απορροφάται στο Δίκτυο (πχ. Υγροποιημένο φυσικό αέριο) για την υποστήριξη της παραγωγής. Η χρησιμοποιούμενη συμβατική ενέργεια δεν μπορεί να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ενέργειας που παράγεται, σε ετήσια βάση, από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.
 - Η τιμή ηλιακής ενέργειας που αξιοποιείται από μονάδες άλλης τεχνολογίας, πλην αυτής των φωτοβολταϊκών, με εγκατεστημένη Ισχύ μεγαλύτερη των πέντε (>5MWe) ανέρχεται σε 0.233 €/kWh για το 2008.



ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ 50 MWe ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ



- Τοποθεσία: **Ακρωτήρι Χανίων**
- Ετήσια άμεση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε σύστημα παρακολούθησης 2 αξόνων (DNI) **2.320 kWh/m²**
- Αναπτυξιακός Νόμος επιχορήγηση κόστους κατασκευής **18%**



50MW Scale CSPP	Parabolic Trough	Solar Tower
Εκτιμώμενο κόστος εγκατάστασης	300.000.000 € (6.000 €/kWe)	200.000.000 € (4.000 €/kWe)
Συντελεστής Χρησιμοποίησης (2.320kWh/m ²)	38 %	23%
Εκτιμώμενα λειτουργικά κόστη	5.000.000 € ανά έτος	2.200.000 € ανά έτος
Τιμή πωλούμενης ενέργειας	0.233 €/kWh	0.233 €/kWh

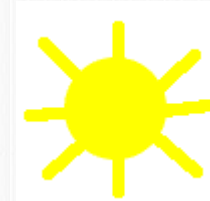
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ 50 MWe ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

50MW Scale CSPP	Parabolic Trough	Solar Tower
Μετά φόρων IRR (20ετίας)	12,9 %	12,1%
Επιστροφή Επένδυσης	7,5 χρόνια	7,9 χρόνια
NPV (20ετίας)	553.000.000 €	314.000.000 €

- Υποτέθηκαν ελάχιστοι συντελεστές χρησιμοποίησης (CF)
- Ποσοστό φορολογίας 25% , 5% δείκτης υποτίμησης (αποσβέσεις)
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι απαιτήσεις εδάφους του ηλιακού πύργου CSPPs θα πρέπει να ληφθούν υπόψη
- Η τεχνολογία parabolic trough θεωρείται αυτήν τη στιγμή πιο δοκιμασμένη, ρεαλιστική και οικονομικά βιώσιμη εφαρμογή.



ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ 50 MWe ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ



50MW Scale CSPP	Parabolic Trough	Solar Tower
Μετά φόρων IRR (20ετίας)	12,9 %	12,1%
Συνολικό κεφάλαιο επένδυσης 50MWe	300.000.000 €	200.000.000 €
Απαιτούμενη επιφάνεια	~ 1.800.000	~ 3.000.000

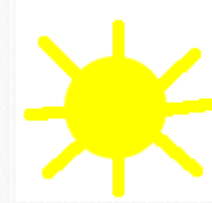
- **Η τεχνολογία Parabolic trough είναι πιο ελκυστική καθώς:**

Προσφέρει

- υψηλότερο κεφάλαιο επένδυσης για το ίδιο IRR.
- Υψηλότερο κεφάλαιο επένδυσης για το ίδια ονομαστική ηλεκτρική ισχύς του σταθμού (50MWe)
- Ευκολότερη περιβαλλοντική αδειοδότηση και απόκτηση γης, λόγω της μικρότερης απαίτησης γαιών.
- Είναι βιώσιμη και χωρίς τη χρήση άλλης πηγής ενέργειας



ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ 50 MWe ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ



50MW Scale CSPP	Parabolic Trough	Solar Tower
Μετά φόρων IRR (20ετίας)	12,9 %	12,1%
Συνολικό κεφάλαιο επένδυσης 50MWe	300.000.000 €	200.000.000 €
Απαιτούμενη επιφάνεια	~ 1.800.000	~ 3.000.000

- Η τεχνολογία Parabolic trough είναι πιο ελκυστική καθώς:
Προσφέρει
 - υψηλότερο κεφάλαιο επένδυσης για το ίδιο IRR.
 - Υψηλότερο κεφάλαιο επένδυσης για το ίδια ονομαστική ηλεκτρική ισχύς του σταθμού (50MWe)
 - Ευκολότερη περιβαλλοντική αδειοδότηση και απόκτηση γης, λόγω της μικρότερης απαίτησης σε έκταση.
 - Είναι βιώσιμη και χωρίς τη χρήση άλλης πηγής ενέργειας



ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΘΜΟΥ SOLAR TOWER 11 MWe ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

Installation region

Placename				
Municipality				
Prefecture	Chania	Subsidy	Private Equity	Loan
Region	Crete Greece	30,00%	25,00%	45,00%

Coordinate	Degrees	Minutes	Seconds
Longitude	35,00	26,00	49,00
Latitude	24,00	5,00	25,00
		meters	
Area	800.000,00	sq. meters	
Avg. Altitude	329,00	meters	
Direct irradiation (DNI)	2.200,00	kWh/m2	
Earthworks	150.000,00	cubic meters	



Solar Tower DATA Data

Description	Units	Provider	Cost (thousands euro)
Steam Turbine	11 MWe	Turn Key park (Abengoa PS-10)	30.000,00
Mirrors	75700 sq. meters		
Total Energy Delivered (Annual)	23.000 MWh		
Capacity Factor	23,869%		

Amortization Loan

Loan Total (thousand €)	0
Interest	5,50%
Repayment period (yrs)	9

Investment parameters

Annual mirror degradation	0,00%
Feed in Tarif increase	2,4%
Annual costs increase	3%
Tax rate	25%
Initial selling price €/kWh (2008)*	0,245456311
* reduced by 3% for OTA	

ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΘΜΟΥ SOLAR TOWER 11 MWe ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

Annual account	Year	CF	Sales (κ€)	Expenses (κ€)	Profits pre Interests, taxes and depreciation	interests	Depreciation	Pre tax Profit	Taxes	Net Income s	Cash Flow	Special Reserves liquidation	Actual Cash Flow	Cumulative Actual Cash Flow
0	2009			-21.000,00	-21.000,0			-21.000,0			-21.000,0		-21.000,0	-21.000,0
1	2010	23,9%	6.207,29	-2.300,00	3.907,3	-742,50	-1.500,0	1.664,8	-416,2	1.248,6	2.748,6		2.748,6	-18.251,4
2	2011	23,9%	6.356,26	-2.369,00	3.987,3	-660,00	-1.500,0	1.827,3	-456,8	1.370,4	2.870,4		2.870,4	-15.381,0
3	2012	23,9%	6.508,81	-2.440,07	4.068,7	-577,50	-1.500,0	1.991,2	-497,8	1.493,4	2.993,4		2.993,4	-12.387,5
4	2013	23,9%	6.665,02	-2.513,27	4.151,8	-495,00	-1.500,0	2.156,8	-539,2	1.617,6	3.117,6		3.117,6	-9.270,0
5	2014	23,9%	6.824,98	-2.588,67	4.236,3	-412,50	-1.500,0	2.323,8	-581,0	1.742,9	3.242,9		3.242,9	-6.027,1
6	2015	23,9%	6.988,78	-2.666,33	4.322,5	-330,00	-1.500,0	2.492,5	-623,1	1.869,3	3.369,3		3.369,3	-2.657,8
7	2016	23,9%	7.156,52	-2.746,32	4.410,2	-247,50	-1.500,0	2.662,7	-665,7	1.997,0	3.497,0		3.497,0	839,3
8	2017	23,9%	7.328,27	-2.828,71	4.499,6	-165,00	-1.500,0	2.834,6	-708,6	2.125,9	3.625,9		3.625,9	4.465,2
9	2018	23,9%	7.504,15	-2.913,57	4.590,6	-82,50	-1.500,0	3.008,1	-752,0	2.256,1	3.756,1		3.756,1	8.221,2
10	2019	23,9%	7.684,25	-3.000,98	4.683,3		-1.500,0	3.183,3	-795,8	2.387,5	3.887,5	1.375,0	5.262,5	13.483,7
11	2020	23,9%	7.868,67	-3.091,01	4.777,7		-1.500,0	3.277,7	-819,4	2.458,2	3.958,2	1.375,0	5.333,2	18.816,9
12	2021	23,9%	8.057,52	-3.183,74	4.873,8		-1.500,0	3.373,8	-843,4	2.530,3	4.030,3	1.375,0	5.405,3	24.222,3
13	2022	23,9%	8.250,90	-3.279,25	4.971,7		-1.500,0	3.471,7	-867,9	2.603,7	4.103,7	1.375,0	5.478,7	29.701,0
14	2023	23,9%	8.448,92	-3.377,63	5.071,3		-1.500,0	3.571,3	-892,8	2.678,5	4.178,5	1.375,0	5.553,5	35.254,5
15	2024	23,9%	8.651,70	-3.478,96	5.172,7		-1.500,0	3.672,7	-918,2	2.754,6	4.254,6	1.375,0	5.629,6	40.884,0
16	2025	23,9%	8.859,34	-3.583,33	5.276,0		-1.500,0	3.776,0	-944,0	2.832,0	4.332,0	750,0	5.082,0	45.966,0
17	2026	23,9%	9.071,96	-3.690,82	5.381,1		-1.500,0	3.881,1	-970,3	2.910,9	4.410,9		4.410,9	50.376,9
18	2027	23,9%	9.289,69	-3.801,55	5.488,1		-1.500,0	3.988,1	-997,0	2.991,1	4.491,1		4.491,1	54.868,0
19	2028	23,9%	9.512,64	-3.915,60	5.597,0		-1.500,0	4.097,0	-1.024,3	3.072,8	4.572,8		4.572,8	59.440,8
20	2029	23,9%	9.740,94	-4.033,06	5.707,9		-1.500,0	4.207,9	-1.052,0	3.155,9	4.655,9		4.655,9	64.096,7
sum 20			156.976,6	-82.801,9	74.174,8	-3.712,5	-30.000,0	40.462,3	-15.365,6	46.096,7	55.096,7	9.000,0	64.096,7	

ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΘΜΟΥ SOLAR TOWER 11 MWe ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

IRR 10 yrs	9,3%
IRR 15 yrs	14,8%
IRR 20 yrs	16,2%
NPV 10 yrs (th. €)	13.483,7
NPV 15 yrs (th. €)	40.884,0
NPV 20 yrs (th. €)	64.096,7

