

# **Present Status and prospects of RES in Greek Islands**

**G.Caralis**  
**Mechanical Engineer NTUA, PhD**

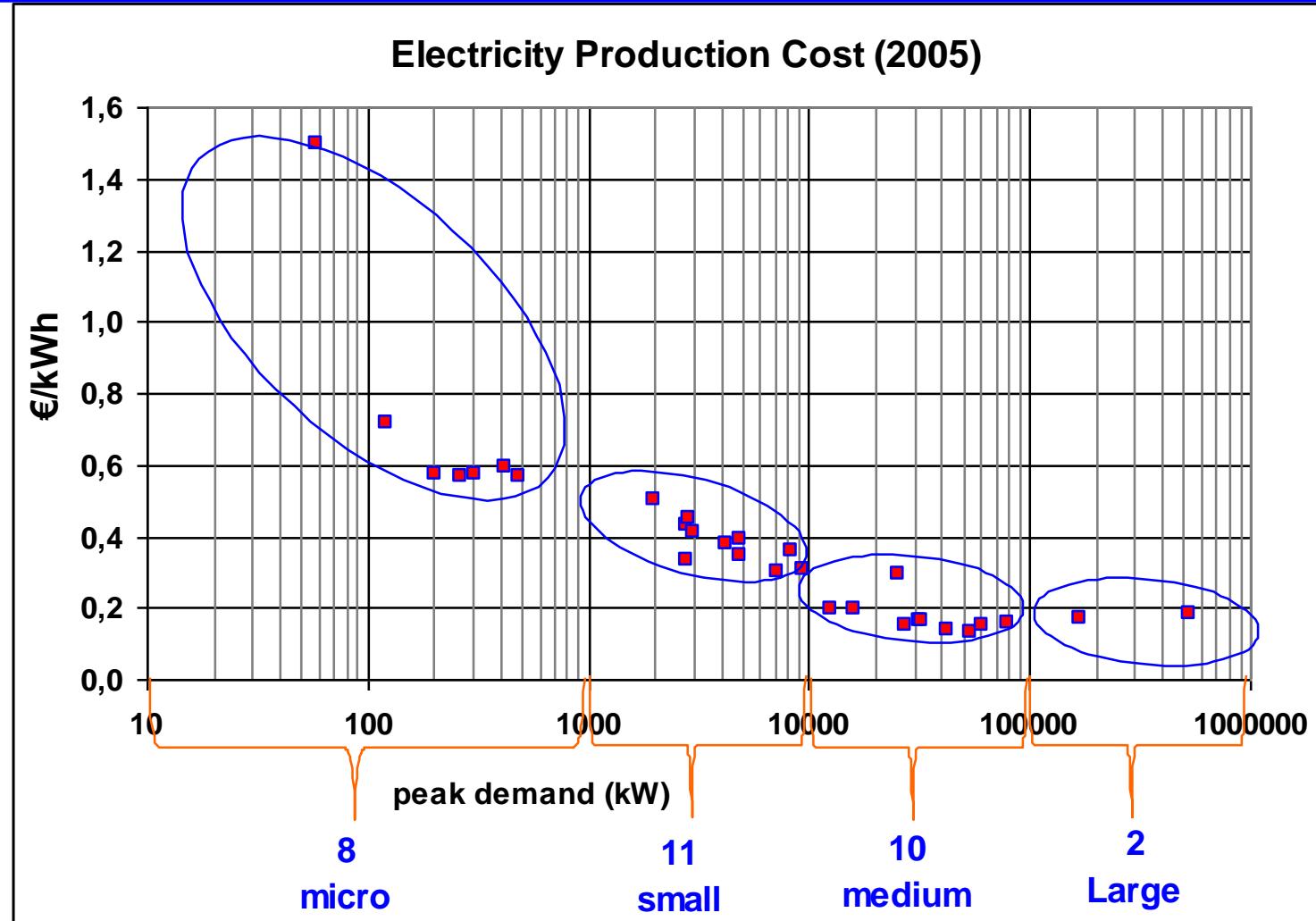
# **Παρούσα Κατάσταση και Προοπτικές των ΑΠΕ στα Ελληνικά νησιά**

**Γ. Κάραλης  
Δρ Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ**

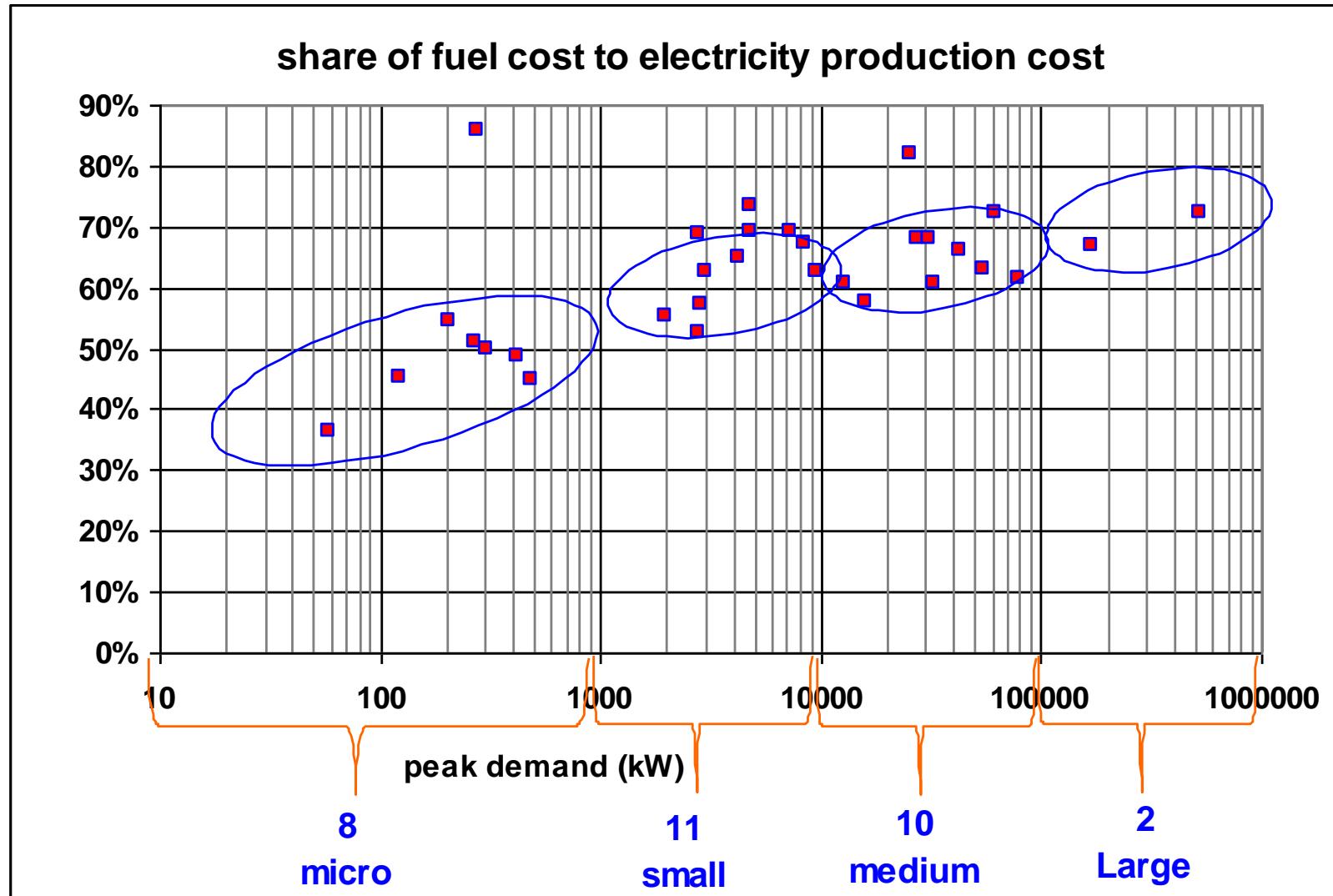
- Introduction - Examples
- Current situation in Greek islands
- Potential – Technologies
- Technical issues
- Prospects of interconnections
- Hybrid solutions (storage)
- Land Planning issues
- Public attitude
- Conclusions

- Climate change
- Economic crisis – Unemployment
- Green Development
- Energy independence
- Other advantages of RES
  - Local development
  - secure of supply
  - low operational cost
  - predictable cost
  - local sources
  - sustainable development
  - Low environmental impacts

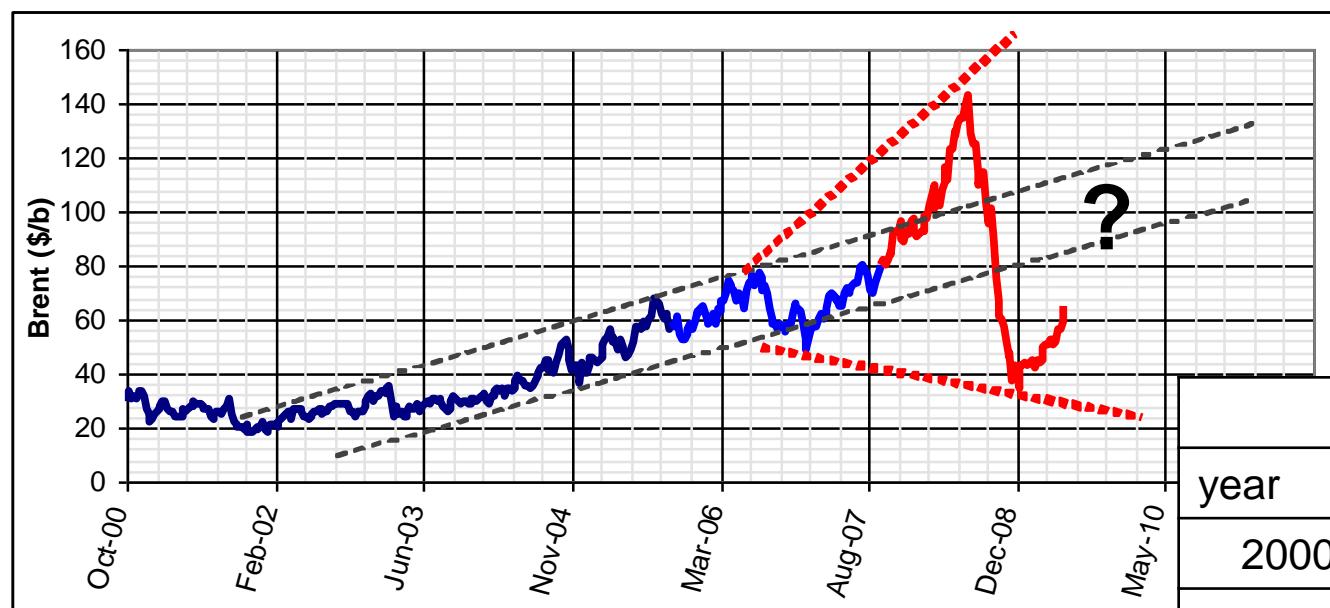
- Greek islands (3000, 124inhabited)
- 15% of the Greek population
- High rates of development - tourism
- Current electricity status:
  - 34 connected with the mainland
  - 26 with local power station
  - 28 connected with other islands
  - 36 without connection or local power station
- Autonomous systems are characterized by:
  - High electricity production cost
  - Dependence by the oil
  - Low load factors (high seasonal variations of the demand)
- Abundant solar and wind potential (annual wind speed 8-9m/s)
- High investor's interest for wind applications
- Water deficit – high cost of water (transportation, reservoirs)



- islands classification by their peak demand
- Reference value for Brent: 54\$/b (mean value of 2005)



# Brent price and uncertainty



year	Brent (\$/b)		
	min	max	average
2000	22,23	33,56	29,33
2001	17,68	30,91	24,62
2002	18,17	31,74	25,12
2003	23,59	34,88	28,87
2004	28,64	51,95	38,28
<b>2005</b>	<b>43,28</b>	<b>68,06</b>	<b>53,65</b>
2006	55,60	76,73	65,11
2007	49,00	96,57	73,32
2008	34,08	143,33	97,71

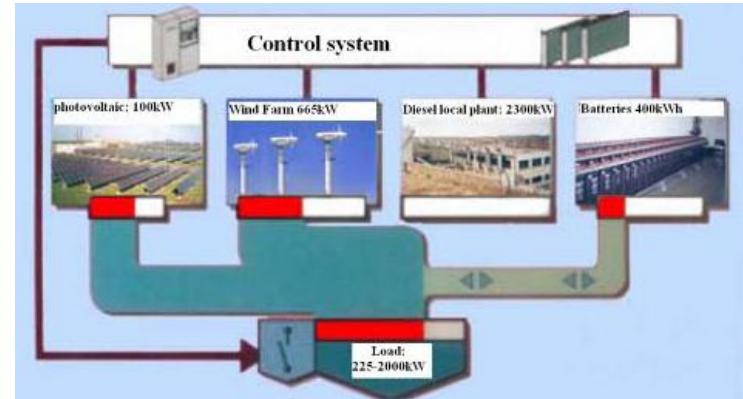
Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES in Greek Islands", Σεμινάριο, «Η Αξιοποίηση των ΤΠΕ και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη του Νησιωτικού Χώρου και των Απομακρυσμένων Περιοχών» Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9-12 Ιουλίου 2009.

- Wind Energy
  - Variable output, Stochastic but predictable character
  - Low cost in areas with high wind potential
- PV
  - More predictable than wind, but still variable output
  - Match of the PV production with the demand
  - High cost (public or private), but competitive with the existing cost in very small autonomous islands
- Hydro
  - Potential is site depended
  - Always islands suffer by water shortage

- Solar Hot Water Systems
  - Low cost, mature technology, simple technology (ideal for local manufactures)
  - Substitution of (more or less expensive) electricity
- Biomass / Geothermal
  - Potential is site depended
  - Maturity of technology, Various applications
  - Environmental issues (emissions in local level)

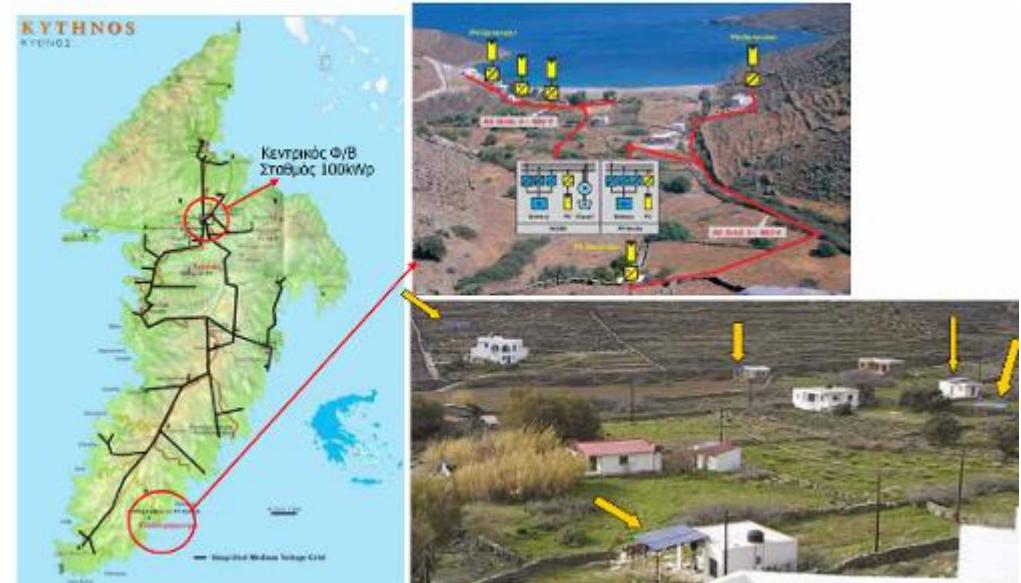
## History and Current situation of RES in Greek islands

- In the island of **Kythnos** (population 1,608) the first hybrid system in Europe (wind, PV, batteries and diesel) has been installed in **1983**. Annual energy contribution was more than 11%, while instantly for 1000hours per year was more than 40%. Today, it is out of the order.



Picture. Kythnos hybrid system's configuration

- Microgrid in Kythnos
  - 12 houses
  - Photovoltaic: 12kWp (distributed)
  - Storage (batteries): 80kWh (centralized)



Picture. Microgrid in Kythnos (Source: Protoperoopoulos)

## *History and Current situation of RES in Greek islands*

- Photovoltaics installations in small and very small islands (autonomous systems or connected with the local grid)
  - 1983 Kythnos
  - 1987-1992: Antikeri, Kato Koufonisi, Donousa, Arkioi, Kinaros, Levitha, Marathi, Saria, Syrna, Ro, Stroggili, Nimo, Alimia, Siskliou, Pangitsa Chiou, Oinouses, Samiopoula, Ag. Minas Samou, Peristera – Magnisia, Kyra panagia Magnisia, Gioura Magnisia, Gavdos, Antikithira, Ag. Eustratos
  - 1999 Sifnos



Picture. Photovoltaic park of Antikithira



Picture. Photovoltaic park of Kythnos (100kW) Source: Protogeropoulos



Picture. Photovoltaic park of Sifnos (60kW - 1999) Source: Protogeropoulos

## *History and Current situation of RES in Greek islands*

- Wind farms' development
  - End of 80's: PPC's (ΔΕΜΕ) first small installations
  - End of 90's: First private investors' installations (Crete, Kos, Syros, Lesvos, Leros, ....)
  - Last years: High interest for wind farms in interconnected islands despite the lower wind potential (i.e. Kefalonia)

Picture. 1990: Psara Vestas 225kW



Picture. Lemnos



Picture. Patmos



Picture. Sitia – Crete (1999)



- Crete has 14% annual wind contribution (no connection with the mainland, without changes of the current infrastructure, 600MW peak demand, wind capacity 140MW)
- On the Swedish island of Gotland wind power supplies 22% (160MW peak demand, wind capacity >90MW, power exchange with the mainland).
- The autonomous island of Flores in Azores (3995 inhabitants) has 75% RES (50% hydro and 25% wind).



Picture. Wind farm in Lasithi -Crete



Picture. Wind farms in Gotland

- Ambitious plan for a hybrid system (wind with pumped hydro storage) in **El Hierro**, which will contribute **100%** of the electricity supply (redesign and upgrade of the current infrastructure).



Picture. The ambitious project of El Hierro  
(source: <http://www.insula-elhierro.com/>)

- Investors in Greece, apply for huge wind farms in Greek islands undertaking the underwater grid connection with the mainland. For example in Serifos (3MW peak demand), there is a plan for 300MW wind farms. If it is realised, then the wind penetration will be 4600% (wind production 46 times the electricity demand).



- **Cyprus** has **2%** solar contribution in the primary energy supply thanks to the extensive use of Solar hot water systems. This seems to be a “small” number but more than 92% of the households and 50% of the hotels in Cyprus has solar water heating systems.
- In the Danish island of **Aero** with a population of 7,600, the Marstal district heating plant (18,300 m<sup>2</sup> of solar heating panels) cover around **30%** of the district heating demand in the town of Marstal.
- **Sao Miguel – Azores** (150,000 population) is an example of large scale geothermal integration in a medium-sized island (today 16MW – 21% and plans in the near future for 40-45% energy supply)



Picture. Mastral solar district heating



- Wind energy
  - Several installations
  - Technical restrictions
  - Wind power curtailment (up to 10-15% of the annual production)
  - Applications for large wind farms, undertaken also the interconnection with the mainland
- Photovoltaics
  - Several applications
- Geothermy
  - Bad experience in Milos
  - Prospects in Milos, Gyali-Nisiros, Lesvos for power generation
- hybrid systems (wind with pumped storage)
  - Ikaria (under construction by PPC)
  - Investors' interest – applications in Crete, Lesvos, Sikinos
  - Ios (interest of local authority, existing reservoir)
  - Several studies for other islands (Rhodes)

**Πορεία Υλοποίησης έργων ΑΠΕ στα Μη διασυνδεδεμένα νησιά**

ΠΕΡ.	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	Με Άδεια		Με Άδεια		Με ΕΠΟ		Με ΠΠΕΑ		Με Άδεια	
		Πλήθος	Σύνολο Ισχύος (MW)	Πλήθος	Σύνολο Ισχύος (MW)	Πλήθος	Σύνολο Ισχύος (MW)	Πλήθος	Σύνολο Ισχύος (MW)	Πλήθος	Σύνολο Ισχύος (MW)
Βόρειο Αιγαίο	Αιολικά	24	28,4	5	6,3	3	4,3	0	0,0	36	42,4
	ΜΥΗΕ	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Βιομάζα	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Γεωθερμία	0	0,0	0	0,0	1	8,0	0	0,0	1	8,0
	Φ/Β	6	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	0,0
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ</b>		<b>30</b>	<b>28,4</b>	<b>5</b>	<b>6,3</b>	<b>4</b>	<b>12,3</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>43</b>	<b>50,4</b>
Κρήτη	Αιολικά	30	160,6	6	23,5	1	6,3	5	16,1	46	221,6
	ΜΥΗΕ	2	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,6
	Βιομάζα	1	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,4
	Γεωθερμία	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Φ/Β	6	0,6	3	0,5	0	0,0	0	0,0	9	1,1
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ</b>		<b>39</b>	<b>161,9</b>	<b>9</b>	<b>24,0</b>	<b>1</b>	<b>6,3</b>	<b>5</b>	<b>16,1</b>	<b>59</b>	<b>223,6</b>
Νότιο Αιγαίο	Αιολικά	23	39,1	8	374,0	0	0,0	5	7,2	44	107,0
	ΜΥΗΕ	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Βιομάζα	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Γεωθερμία	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Φ/Β	16	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	16	0,2
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ</b>		<b>39</b>	<b>39,3</b>	<b>8</b>	<b>374,0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>5</b>	<b>7,2</b>	<b>60</b>	<b>107,2</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΝΗΣΙΩΝ</b>		<b>108</b>	<b>229,6</b>	<b>22</b>	<b>404,3</b>	<b>5</b>	<b>18,6</b>	<b>10</b>	<b>23,3</b>	<b>162</b>	<b>381,2</b>

Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES in Greek Islands", Σεμινάριο, «Η Αξιοποίηση των ΤΠΕ και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη του Νησιωτικού Χώρου και των Απομακρυσμένων Περιοχών» Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9-12 Ιουλίου 2009.

- Autonomous islands
  - Technical constraints
  - Solutions: Wind forecast, Hybrid systems, Storage (Pumped storage, Batteries)
  - Always high current cost of electricity production and oil dependence
  - Then expensive-innovative solutions can be examined and they can be competitive against the current system
- Interconnected islands
  - Less technical constraints (cable capability)
  - Other restrictions (land use, potential)
  - Always lower current cost

The level of the allowed wind penetration in an autonomous island depends on several **technical** and **economical** factors:

- wind **potential**
- duration curve of the **demand**
- **correlation** between wind data series and demand
- **conventional units** (order of commitment, type, technical minimums)
- allowed (by the system operator) **instantaneous wind penetration** ( $\delta$ )
- **current electricity production cost** of the system (**oil price**).
- **tariffs** for the wind energy produced
- subsidy or grants provided for such investments
- current cost of the wind farms' investments

## MD 8295/95

- Maximum permitted installed capacity is defined the 30% of the peak demand of the previous year
- Curtailment of wind power from the system operator
- Minimum guaranteed hours of operation of wind farms
- Assignment of Set-point from the system operator which defines the maximum wind power which can be absorbed by the grid instantly

## Spring 2003 (Regulatory Authority of Energy)

- Methodology for the calculation of the wind power to be permitted in each island
- Real capacity Factor: 27,5%

- Autonomous Greek islands (2007):
  - **Cumulative peak demand : ~1255MW**
  - Cumulative annual mean load: ~596MW
- Estimation of the wind capacity which is permitted to be installed
  - Following the rule of 30% of the peak: ~376MW
  - Applying the RAE methodology: **~435MW**
- National plans in Greece for the development of wind energy: At least **5,000MW** until 2020 for the achievement of the target of 29% of RES in electricity supply
- Conclusion: Very low contribution of the islands which are the areas with the best wind potential

- Similar approach with the wind integration. (RAE 85/2007)
- Given the small size of the PV stations and the large distribution, it is difficult for the system operator to control the PV production (100% absorption).
- PV capacity permitted to be installed is defined as:
  - 15% of the mean annual load in islands with significant wind penetration
  - 35% of the mean annual load in islands without wind penetration
- Permitted capacity of small wind turbines:
  - 0.5% of the mean annual load (!!??!!)
- **National plans** in Greece for the development of PV: 700MW:
  - 500MW in the mainland and
  - **200MW in autonomous islands**

ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΝΗΣΙΩΝ	Περιθώριο Φωτοβολταϊκών Σταθμών (KW)	Περιθώριο μικρών Α/Γ (KW)
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	20,61	0,29
ΑΓ.ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	42,31	0,60
ΑΜΟΡΓΟΣ	175,41	5,85
ΑΝΑΦΗ	43,76	0,63
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	0,00	0,13
ΑΣΤΥΠΑΛΑΙΑ	277,00	3,96
ΔΟΝΟΥΣΑ	22,56	0,32
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	26,64	0,38
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	<b>ΘΗΡΑ</b>	<b>1.992,81</b>
	<b>ΘΗΡΑΣΙΑ</b>	<b>14,61</b>
ΙΚΑΡΙΑ	508,19	18,24
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	<b>ΚΑΡΠΑΘΟΣ</b>	<b>605,19</b>
	<b>ΚΑΣΟΣ</b>	<b>64,27</b>
ΚΥΘΝΟΣ	56,57	5,22
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	<b>ΚΩΣ</b>	<b>4.442,58</b>
	<b>ΚΑΛΥΜΝΟΣ</b>	<b>1.139,45</b>
	<b>ΛΕΡΟΣ</b>	<b>608,13</b>
	<b>ΤΕΛΕΝΔΟΣ</b>	<b>6,40</b>
	<b>ΨΕΡΙΜΟΣ</b>	<b>6,40</b>
	<b>ΓΥΑΛΙ</b>	<b>6,40</b>
	<b>ΝΙΣΥΡΟΣ</b>	<b>83,22</b>
	<b>ΤΗΛΟΣ</b>	<b>57,61</b>
	<b>ΛΕΙΨΟΙ</b>	<b>51,21</b>
		<b>213,38</b>

<b>ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΝΗΣΙΩΝ</b>	<b>Περιθώριο Φωτοβολταϊκών Σταθμών (KW)</b>	<b>Περιθώριο μικρών Α/Γ (KW)</b>
ΛΕΣΒΟΣ	5.511,36	183,90
ΛΗΜΝΟΣ	1.187,51	39,58
ΜΕΓΙΣΤΗ	105,12	1,50
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	<b>ΜΗΛΟΣ</b>	<b>661,31</b>
	<b>ΚΙΜΩΛΟΣ</b>	<b>48,13</b>
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	<b>ΜΥΚΟΝΟΣ</b>	<b>2.174,98</b>
	<b>ΔΗΛΟΣ</b>	<b>0,00</b>
ΣΥΡΟΣ	1.820,78	64,63
ΟΘΩΝΟΙ	30,75	0,44
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	<b>ΠΑΡΟΣ</b>	<b>1.580,80</b>
	<b>ΝΑΞΟΣ</b>	<b>1.562,60</b>
	<b>ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ</b>	<b>127,17</b>
	<b>ΚΟΥΦΟΝΗΣΙ</b>	<b>41,14</b>
	<b>ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ</b>	<b>26,18</b>
	<b>ΗΡΑΚΛΕΙΑ</b>	<b>11,22</b>
	<b>ΣΙΚΙΝΟΣ</b>	<b>22,44</b>
	<b>ΙΟΣ</b>	<b>265,55</b>
	<b>ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ</b>	<b>63,58</b>
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	<b>ΣΑΜΟΣ</b>	<b>2.717,63</b>
	<b>ΦΟΥΡΝΟΙ</b>	<b>58,84</b>
	<b>ΘΥΜΑΙΝΑ</b>	<b>5,60</b>
ΠΑΤΜΟΣ	287,80	9,59
ΣΕΡΙΦΟΣ	343,72	4,91

Πηγή: Απόφαση της ΡΑΕ (96/2007)

ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΝΗΣΙΩΝ		Περιθώριο Φωτοβολταϊκών Σταθμών (KW)	Περιθώριο μικρών Α/Γ (KW)
ΣΙΦΝΟΣ		246,10	10,20
ΣΚΥΡΟΣ		275,67	9,19
ΣΥΜΗ		567,66	8,11
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	ΧΙΟΣ	3.841,76	
	ΟΙΝΟΥΣΣΕΣ	54,99	130,94
	ΨΑΡΑ	31,43	
<b>ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ</b>	ΡΟΔΟΣ	12.808,89	
	ΧΑΛΚΗ	25,67	427,82
ΚΡΗΤΗ		52.499,02	1.790,21
<b>Σύνολο:</b>		<b>99.257</b>	<b>3.337</b>

- The permitted PV integration in autonomous islands is ~100MWp (RAE 96/2007)
- So the national plan for 200MWp can not be realised

Reasons:

- Exploitation of the islands wind & solar potential
- High cost of local power stations
- Improvements in the technology of cables and underwater connections
- High rates of increase of the energy demand
- Difficulty in the siting of new local conventional power stations
- Improvement of the quality of life and need for current of better quality
- Benefits for the consumers due to the market deregulation

## *Studies of the islands' interconnection with the mainland*



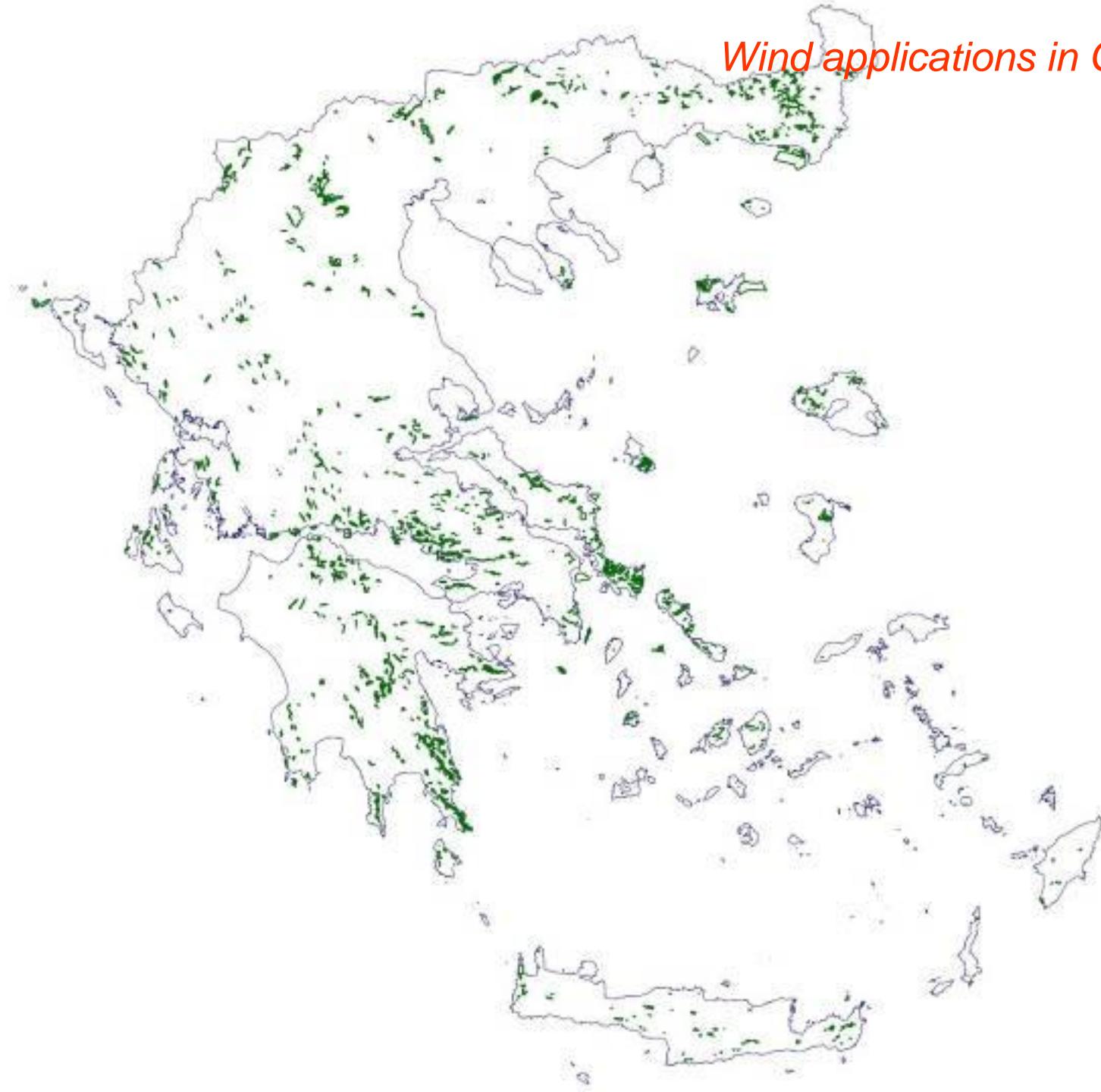
1. Interconnection of North Aegean islands (Chios, Lesvos, Ikaria, Samos, Lemnos)
2. Expanding the interconnection of Cyclades complex
3. Interconnection of Crete
4. Interconnection of Dodecanese complex (between them, and with Crete)

Πηγή: «Στρατηγική Μελέτη Διασύνδεσης Αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας – Προκαταρκτικές μελέτες», Μ. Παπαδόπουλος, Σ. Παπαθανασίου, Μ. Τσίλη, Ε. Καραμάνου, ΑΘΗΝΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2006

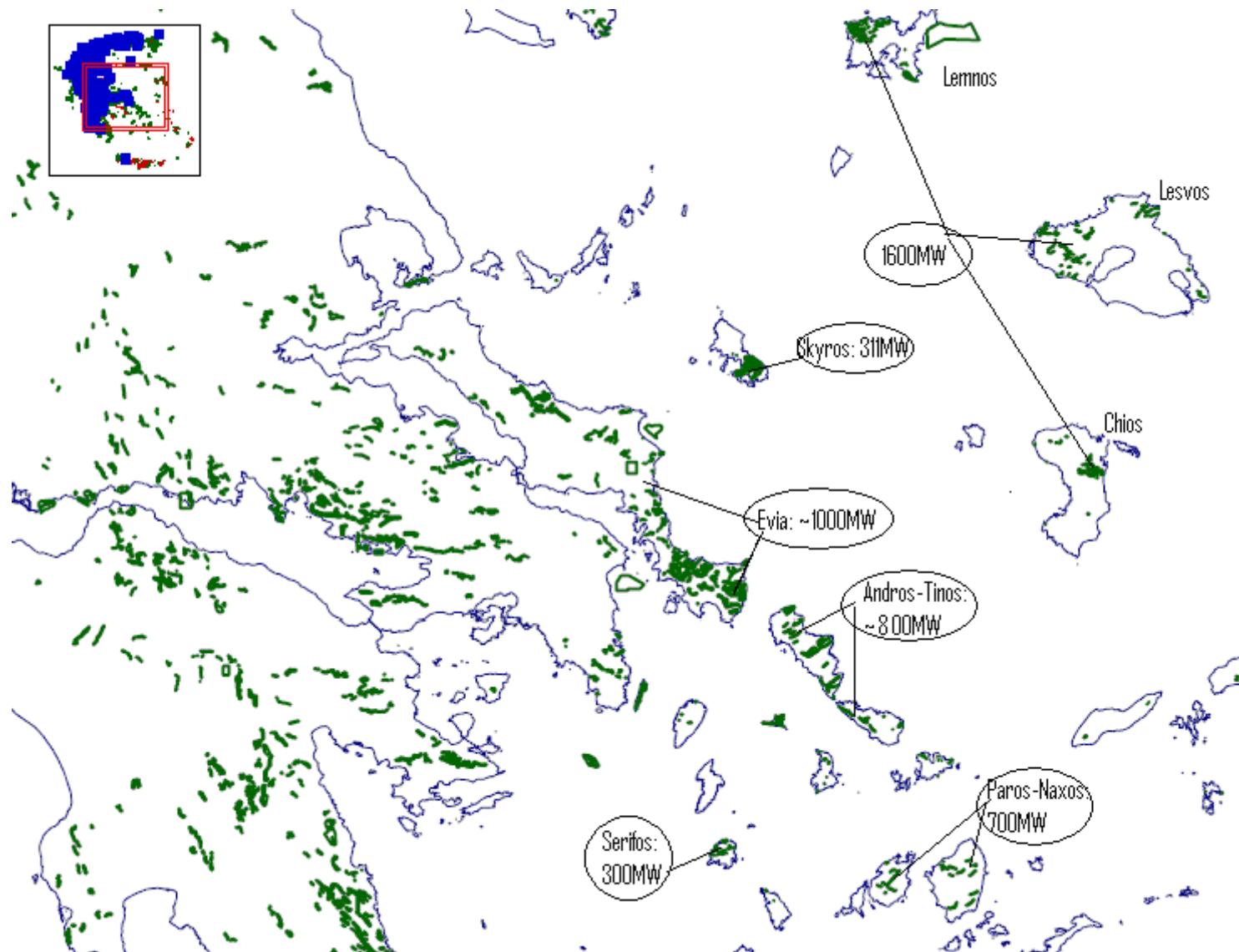
- Benefits:
  - Cost of substituted energy
  - Cost of the avoided emissions
- Wind integration is considered the 25% of the peak without the interconnection and 100% with.
- Shut down of all the local power stations in North Aegean and Cyclades complex
- Keeping and development of local power stations in Crete and Rhodes
- Technology AC or DC or combination
- Alternative scenarios for the underwater cables' route
- **Conclusion:** Most of the case studies examined are profitable and the others offer marginal profitability

Πηγή: «Στρατηγική Μελέτη Διασύνδεσης Αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας – Προκαταρκτικές μελέτες», Μ. Παπαδόπουλος, Σ. Παπαθανασίου, Μ. Τσίλη, Ε. Καραμάνου, ΑΘΗΝΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2006

## *Wind applications in Greece*



## *Large wind farms' applications*



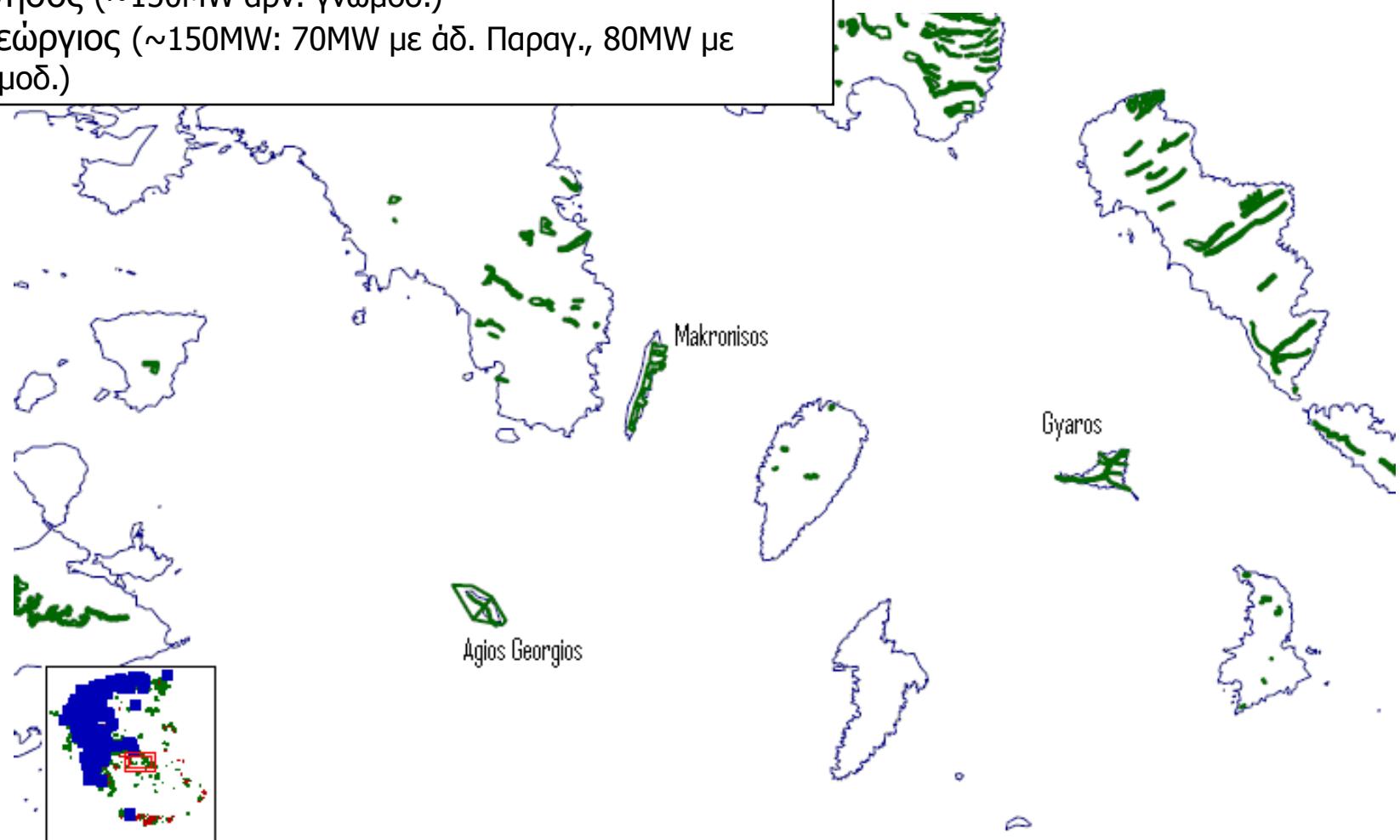
Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES in Greek Islands", Σεμινάριο, «Η Αξιοποίηση των ΤΠΕ και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη του Νησιωτικού Χώρου και των Απομακρυσμένων Περιοχών» Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9-12 Ιουλίου 2009.

## *Wind farms' applications in rock-islands*

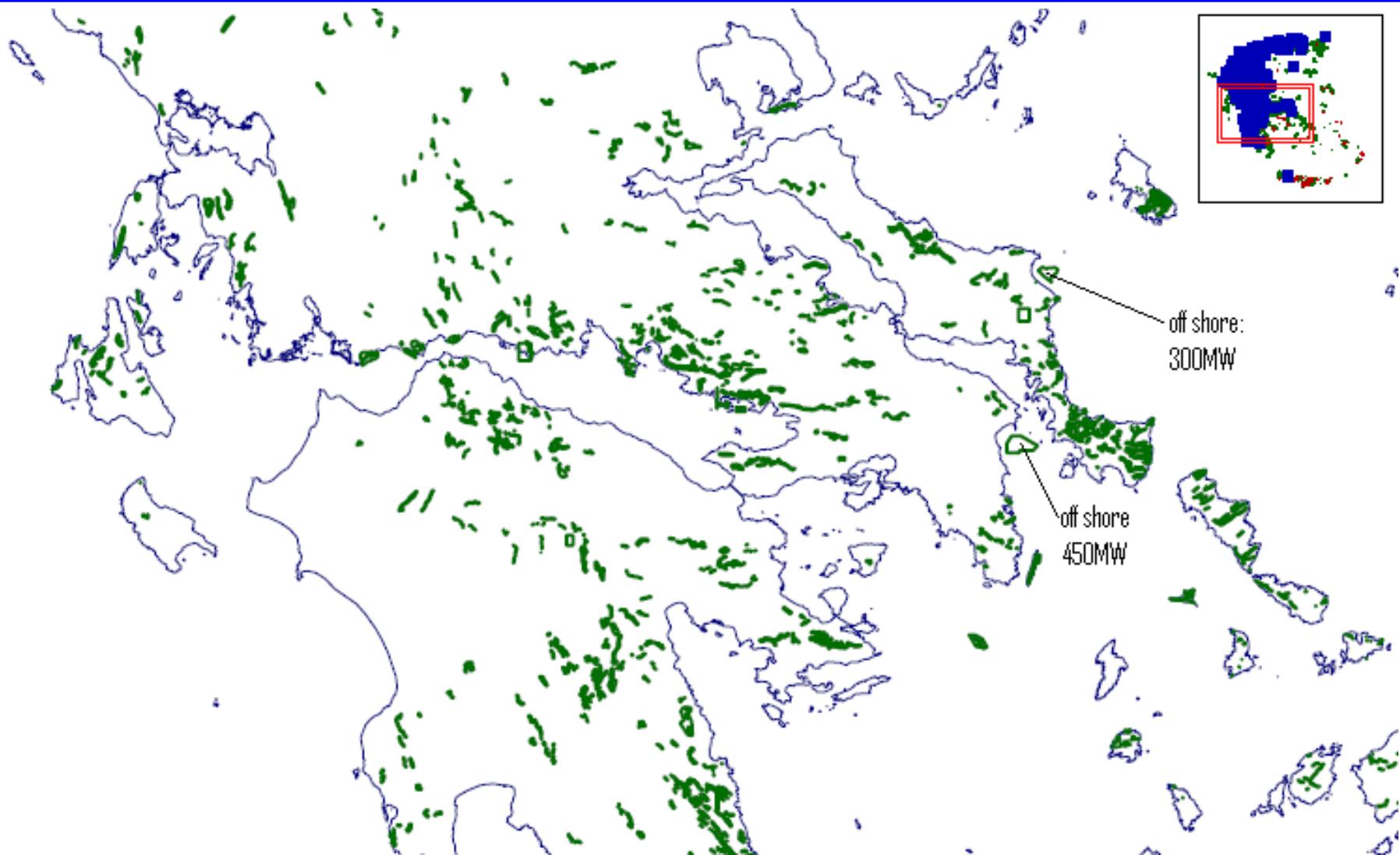
Γυάρος (~300MW αρν. γνωμοδότηση)

Μακρόνησος (~150MW αρν. γνωμοδ.)

Άγιος Γεώργιος (~150MW: 70MW με άδ. Παραγ., 80MW με αρν.γνωμοδ.)

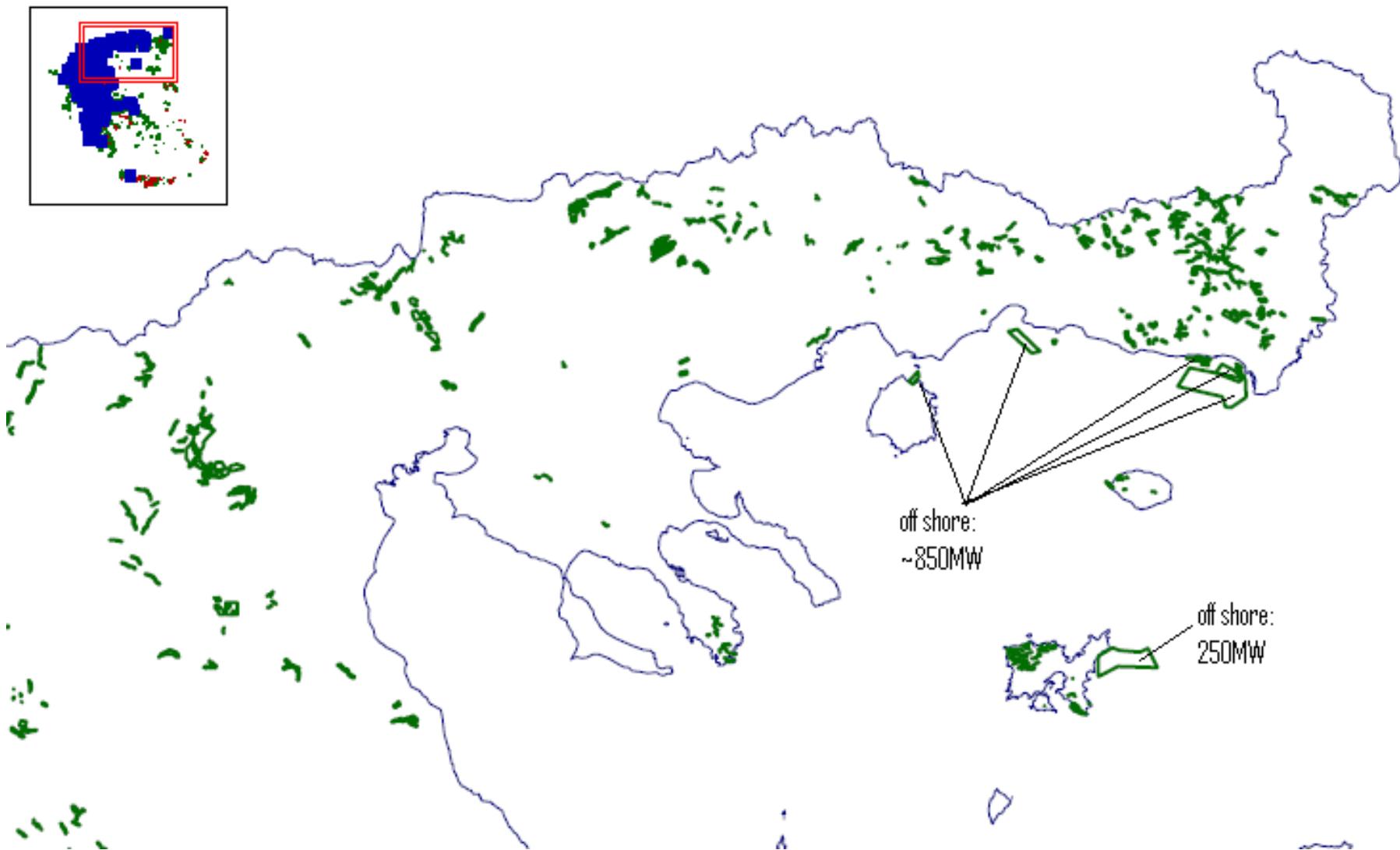


## *Applications for off-shore wind farms*



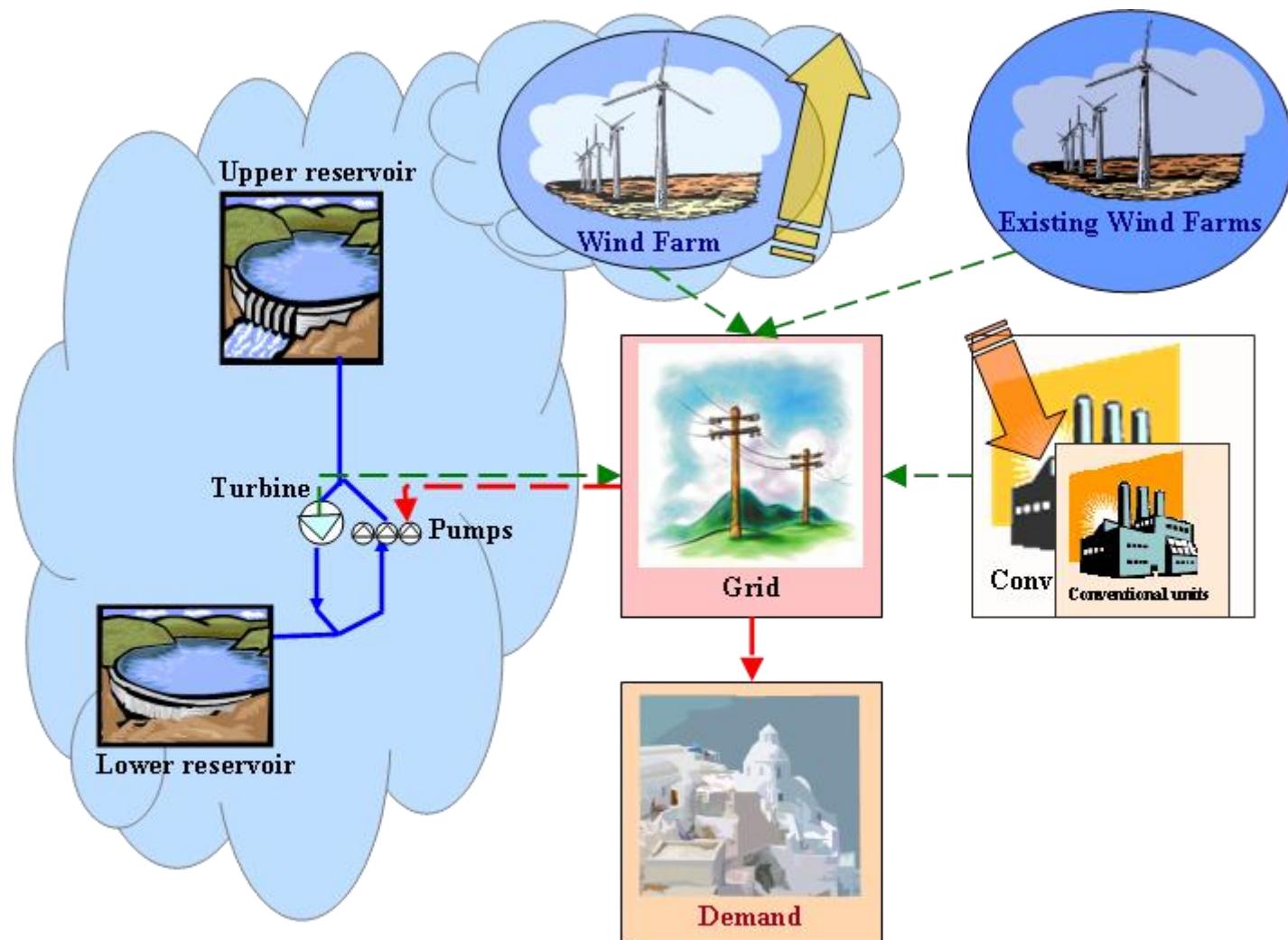
Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES in Greek Islands", Σεμινάριο, «Η Αξιοποίηση των ΤΠΕ και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη του Νησιωτικού Χώρου και των Απομακρυσμένων Περιοχών» Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9-12 Ιουλίου 2009.

## *Applications for off-shore wind farms*



Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES in Greek Islands", Σεμινάριο, «Η Αξιοποίηση των ΤΠΕ και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη του Νησιωτικού Χώρου και των Απομακρυσμένων Περιοχών» Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9-12 Ιουλίου 2009.

## *Wind energy combined with pumped storage unit (WPS)*



Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES in Greek Islands", Σεμινάριο, «Η Αξιοποίηση των ΤΠΕ και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη του Νησιωτικού Χώρου και των Απομακρυσμένων Περιοχών» Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9-12 Ιουλίου 2009.

- the most suitable storage technology for achieving high wind penetration levels in **medium or large** autonomous power systems.
- In autonomous power systems wind farms owners face **curtailment** by the system operator of surplus wind-generated power during periods of low demand.
- The ability to balance demand with wind power, defines the wind capacity to be installed and the wind power to be absorbed by the grid.

## Wind energy with hydro Pumped Storage

### General description of the system

- The **components** of the WHPS are **directly connected to the grid**.
- **Wind power**  $\Rightarrow$  to the **demand** or for **pumping** (legislation, operational policy, tariffs).
  - The use of **wind power in priority for pumping** is preferable, if **electricity production cost** of the **peak supply units** is much more expensive than the EPC of **base load units**.
  - Wind power surplus is **stored via pumping in the upper reservoir** (several individual pumps)
  - Then, energy stored at the upper reservoir is recovered via the **hydro turbines** and always provides peak demand supply “guaranteed power”.
  - Simultaneous operation of the turbine and pumps is permitted with **double penstock** arrangements, and provides operational flexibility.
  - **Daily operational cycle** is proposed to provide the feasibility of the investment.

**Several policies** has been proposed and analysed for the definition of the hydro turbine supply:

- One side proposes the **stable daily energy hydro-turbine** production, which is an ideal case for the hybrid's operation and feasibility.
- Additionally, during windy periods and high water surplus in the upper reservoir, **additional offer** of operation of the hydro turbine may be proposed from the hybrid operator to the grid. This amount of energy could be absorbed from the system operator, under a **lower price** agreement.
- On the other side, the **daily peak demand supply** by the hydro-turbines is an ideal operation for the power system. In this case, the hydro-turbine's energy output is modulated taking into consideration the daily energy demand.

*Wind energy with hydro Pumped Storage*  
*Use of Conventional power for pumping*

- **Substitution of installed capacity of conventional thermal units**
- “guaranteed power” during long low wind periods, **conventional power for pumping is allowed during low demand hours.**
- The amount of conventional power for pumping should be **restricted** by the regulatory framework.
- **the system's operator should defines** the amount of conventional power that can be used for pumping.
- A restriction is always imposed and correlates the wind power capacity with the pumping station capacity. (In Greece, the wind installed capacity may exceed the pumps capacity only up to 20%).
- A similar restriction should be defined for the capacity of the reservoir and the provided days of autonomy.
- The operation of the WHPS should **not affect the operation** and the wind power absorption from the **wind farms outside** of the hybrid system.

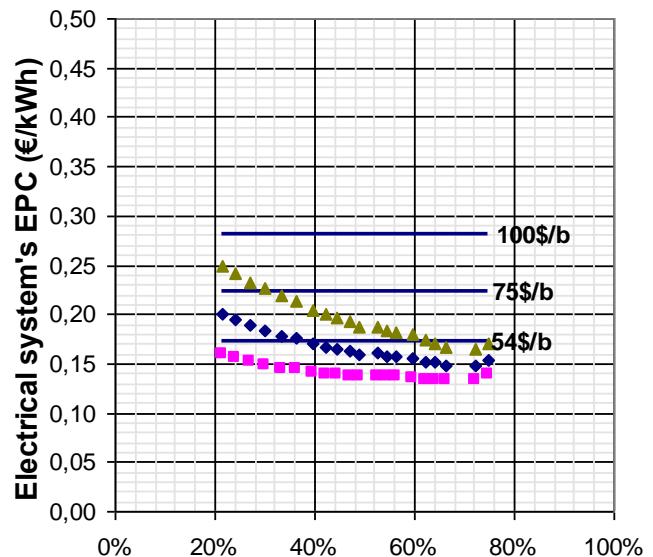
The operational policy and the design of the WHPS is dependent on the regulatory framework and the **tariffs** for the different energy or guaranteed power components. There are three components of **income**:

- **Wind energy directly given to the grid** (always defined by the legislation, depends on the consumer's price or on the variable cost (fuel cost) of the base load power plants (Wind power substitutes conventional power plants operation)).
- **Hydro turbine's energy production.** The price for this fully dispatchable generation should be higher and related to the variable cost (fuel cost) of the peak supply thermal power plants.
- The provided “**guaranteed power**”, which is typically the rated capacity of the hydro-turbines is related to the avoided cost of building a new equivalent thermal power station and includes the yearly capital amortization expenses and the fixed operating cost.
- Finally, the pricing of **the conventional power for pumping**, should be based on the mean annual variable operating cost of the base load power plants of the system.

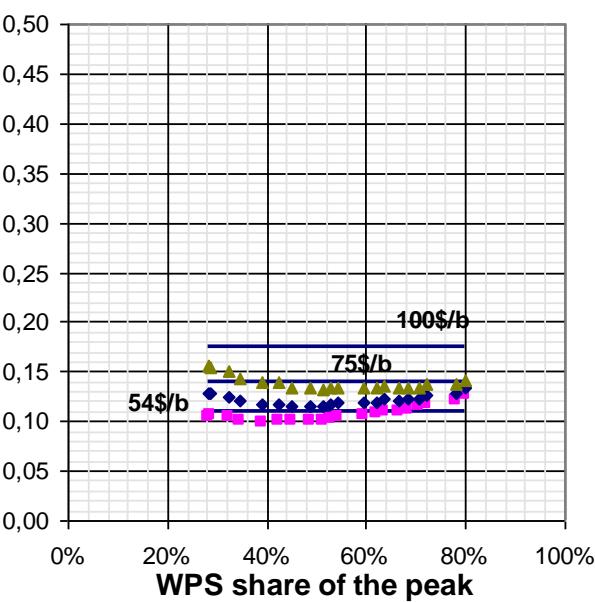
# Wind energy combined with pumped storage unit (WPS)

## *Impact on the electricity production cost of the WPS integration*

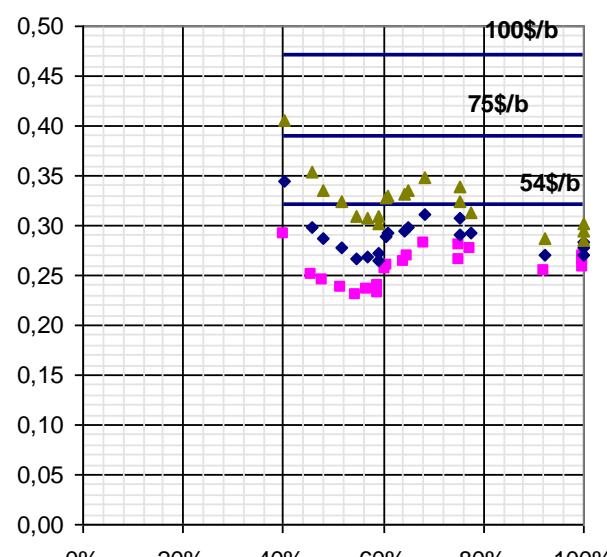
Large system



Medium system



Small system



➤ Regions of Aeolian Priority - Περιοχές

Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ)

➤ Regions of Aeolian suitability -

Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ)

➤ Prohibited areas - Περιοχές αποκλεισμού

(οικισμοί, κύριοι δρόμοι, αρχαιολογικοί χώροι, μονές, αξιόλογες παραλίες)

➤ Islands individual features are recognized

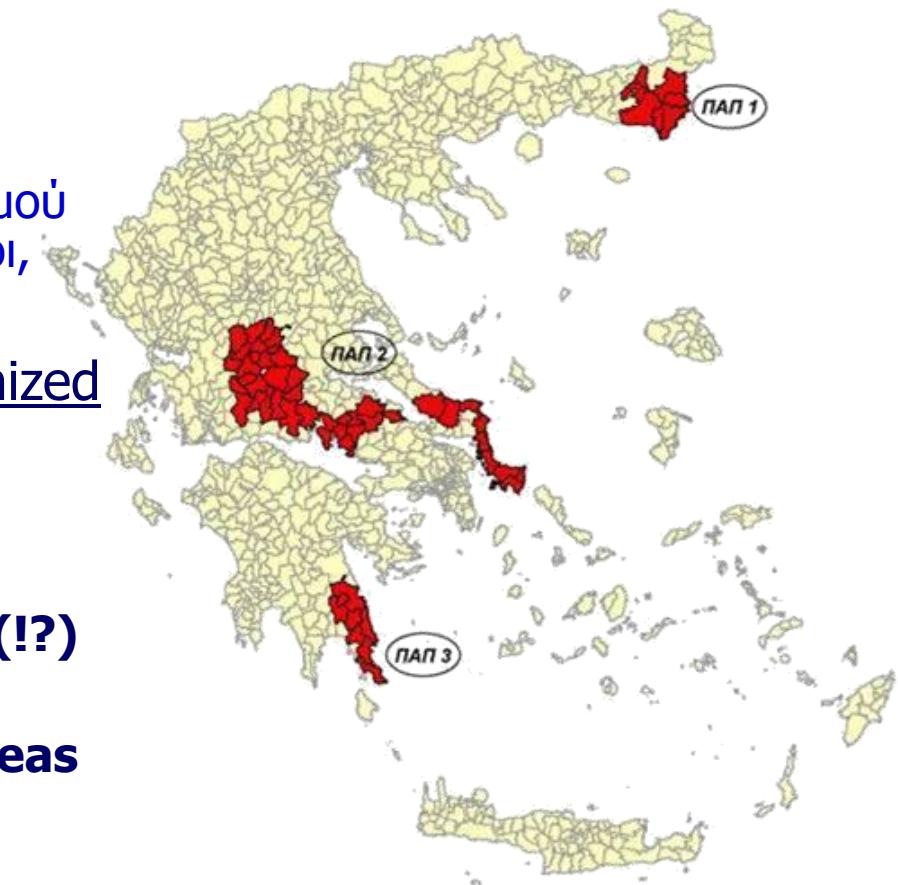
- Ευαισθητος χαρακτήρας νησιών

➤ Three issues for discussion:

➤ **Legislator tries to protect the environment from the wind farms (!?)**

➤ **Islands – with abundant wind potential- are not considered as areas of Aeolian Priority (!)**

➤ **The effective wind energy integration requires the maximum spatial dispersion**



# ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΧΠ-ΑΠΕ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ

Ζώνες αποκλεισμού

➤>1000μ από τα όρια οικισμών



Πηγή: Παπασταματίου Π. (2008)  
«Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ:  
Προκαταρκτική εφαρμογή του ΕΧΠ ΑΠΕ  
στη νήσο Κέα», Παρουσίαση, Ημερίδα  
στο Κόρθι-Άνδρος, 5 Οκτωβρίου 2008.

Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES  
και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη  
Περιοχών" Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9.

## ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΧΠ-ΑΠΕ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ

### Ζώνες αποκλεισμού

- 1000μ από τα όρια οικισμών
- 1500μ από τα όρια παραδοσιακών οικισμών

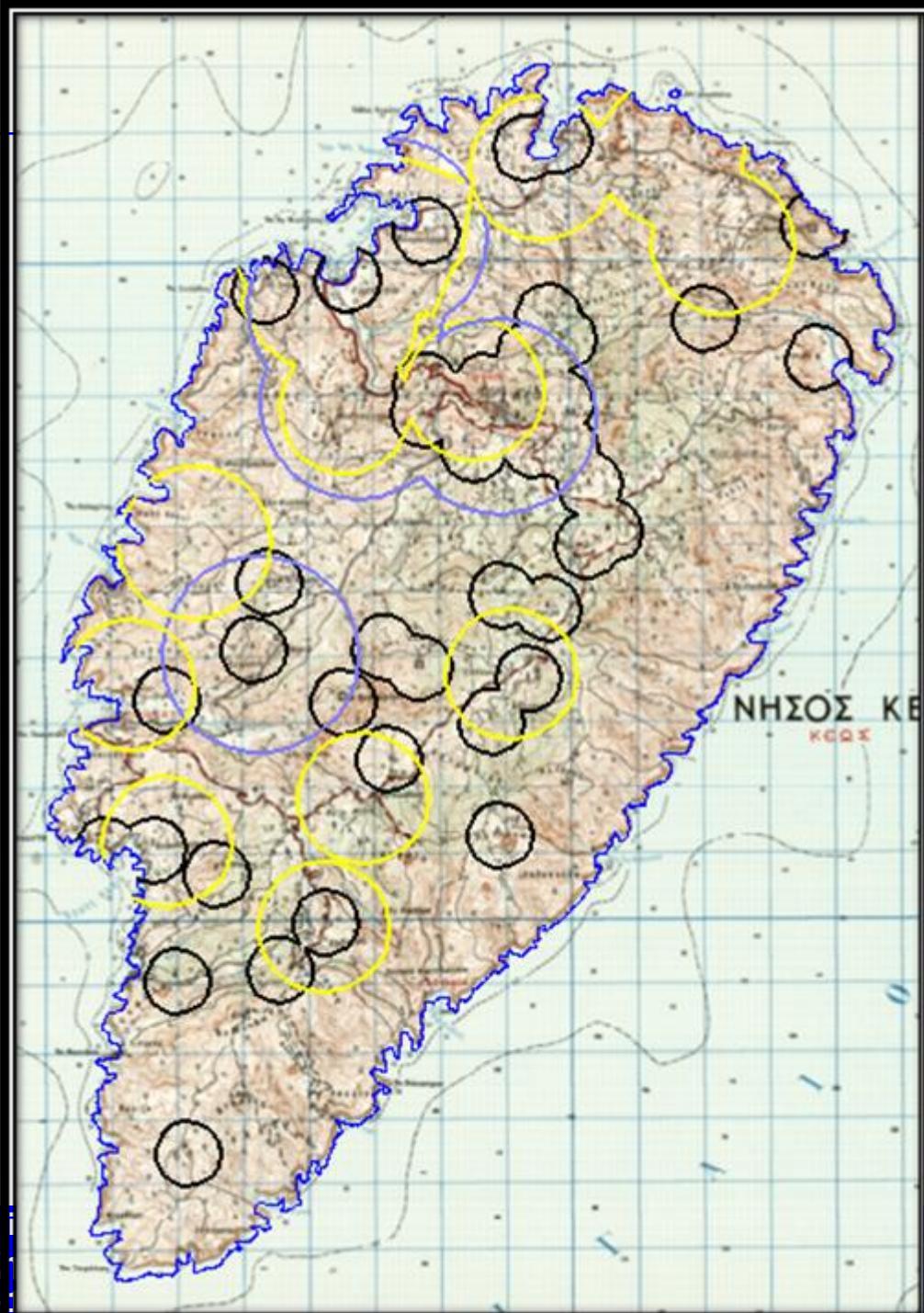


Πηγή: Παπασταματίου Π. (2008)  
«Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ:  
Προκαταρκτική εφαρμογή του ΕΧΠ ΑΠΕ  
στη νήσο Κέα», Παρουσίαση, Ημερίδα  
στο Κόρθι-Άνδρος, 5 Οκτωβρίου 2008.

# ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΧΠ-ΑΠΕ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ

## Ζώνες αποκλεισμού

- 1000μ από τα όρια οικισμών
- 1500μ από τα όρια παραδοσιακών οικισμών
- 500μ από βυζαντινές μονές



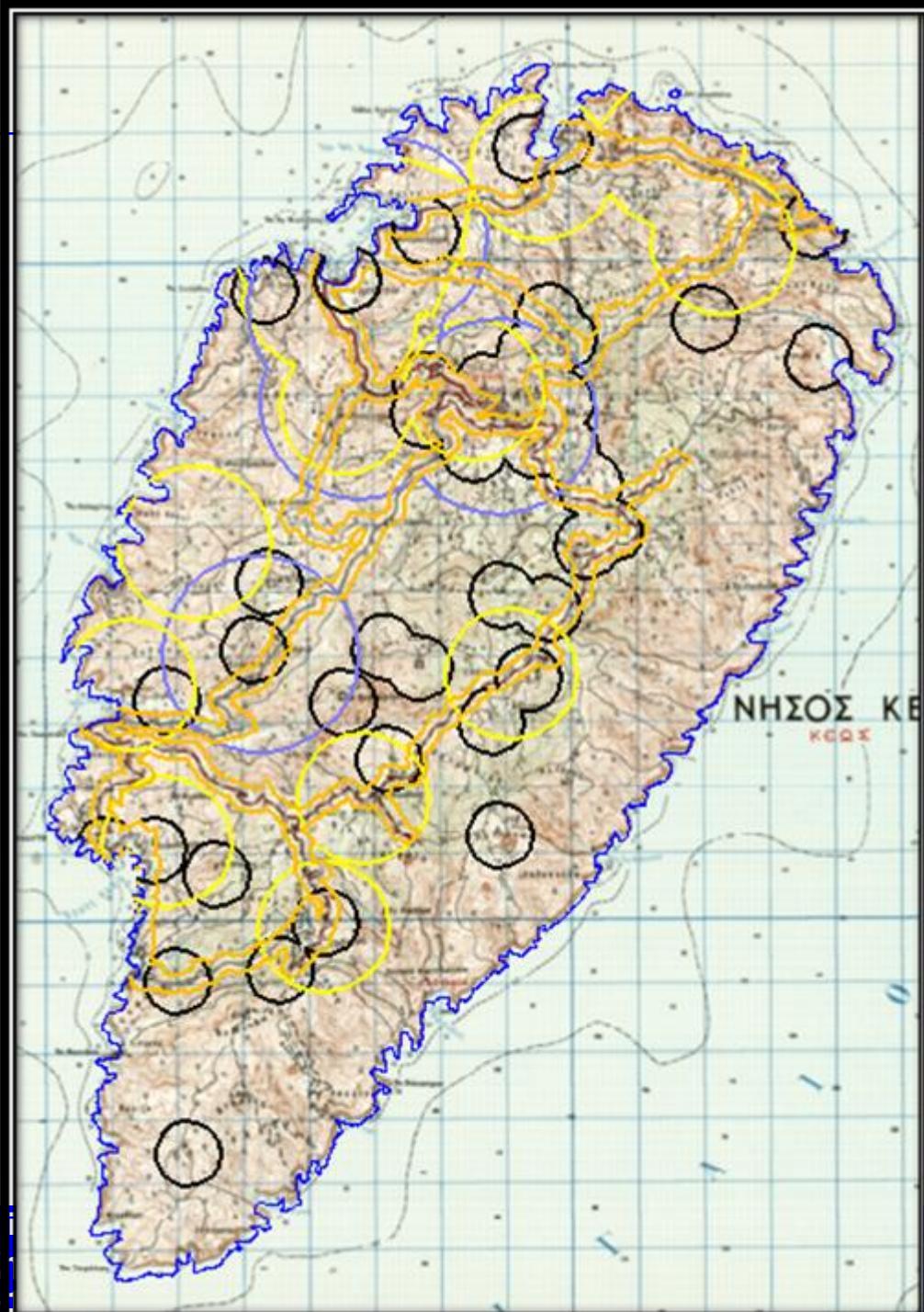
Πηγή: Παπασταματίου Π. (2008)  
«Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ:  
Προκαταρκτική εφαρμογή του ΕΧΠ ΑΠΕ  
στη νήσο Κέα», Παρουσίαση, Ημερίδα  
στο Κόρθι-Άνδρος, 5 Οκτωβρίου 2008.

Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES  
και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη  
Περιοχών" Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9.

# ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΧΠ-ΑΠΕ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ

## Ζώνες αποκλεισμού

- 1000μ από τα όρια οικισμών
- 1500μ από τα όρια παραδοσιακών οικισμών
- 500μ από βυζαντινές μονές
- 127,5μ από κύριες οδικές αρτηρίες

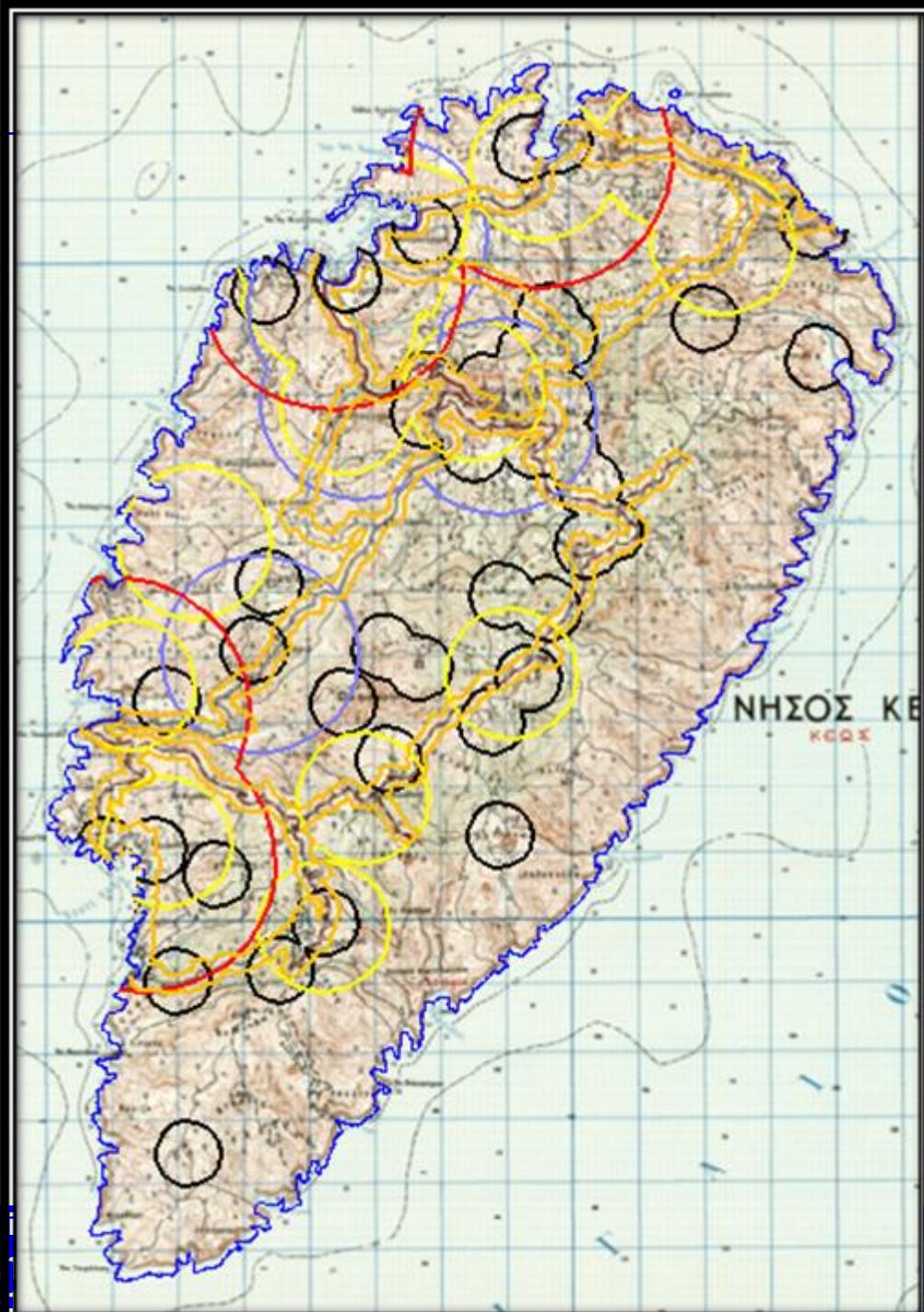


Πηγή: Παπασταματίου Π. (2008)  
«Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ: Προκαταρκτική εφαρμογή του ΕΧΠ ΑΠΕ στη νήσο Κέα», Παρουσίαση, Ημερίδα στο Κόρθι-Άνδρος, 5 Οκτωβρίου 2008.

## ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΧΠ-ΑΠΕ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ

### Ζώνες αποκλεισμού

- 1000μ από τα όρια οικισμών
- 1500μ από τα όρια παραδοσιακών οικισμών
- 500μ από βυζαντινές μονές
- 127,5μ από κύριες οδικές αρτηρίες
- 2000μ από αξιόλογες ακτές



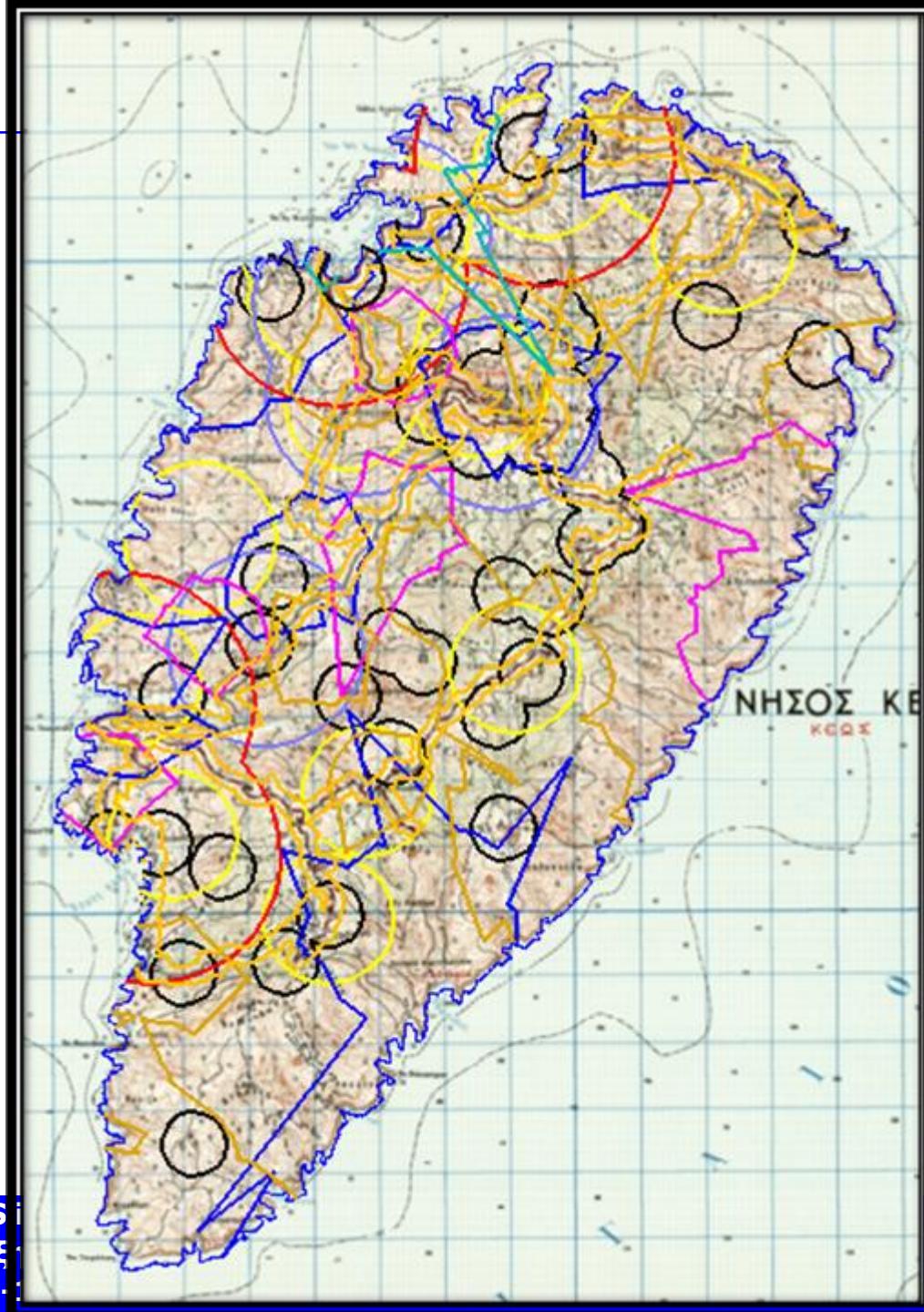
Πηγή: Παπασταματίου Π. (2008)  
«Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ:  
Προκαταρκτική εφαρμογή του ΕΧΠ ΑΠΕ  
στη νήσο Κέα», Παρουσίαση, Ημερίδα  
στο Κόρθι-Άνδρος, 5 Οκτωβρίου 2008.

## ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΧΠ-ΑΠΕ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ

### Ζώνες αποκλεισμού

- 1000μ από τα όρια οικισμών
- 1500μ από τα όρια παραδοσιακών οικισμών
- 500μ από βυζαντινές μονές
- 127,5μ από κύριες οδικές αρτηρίες
- 2000μ από αξιόλογες ακτές
- 595μ από αρχαιολογικούς χώρους (Ζώνη Προστασίας Α, κηρυγμένους, υπό κήρυξη και θαλάσσιους)

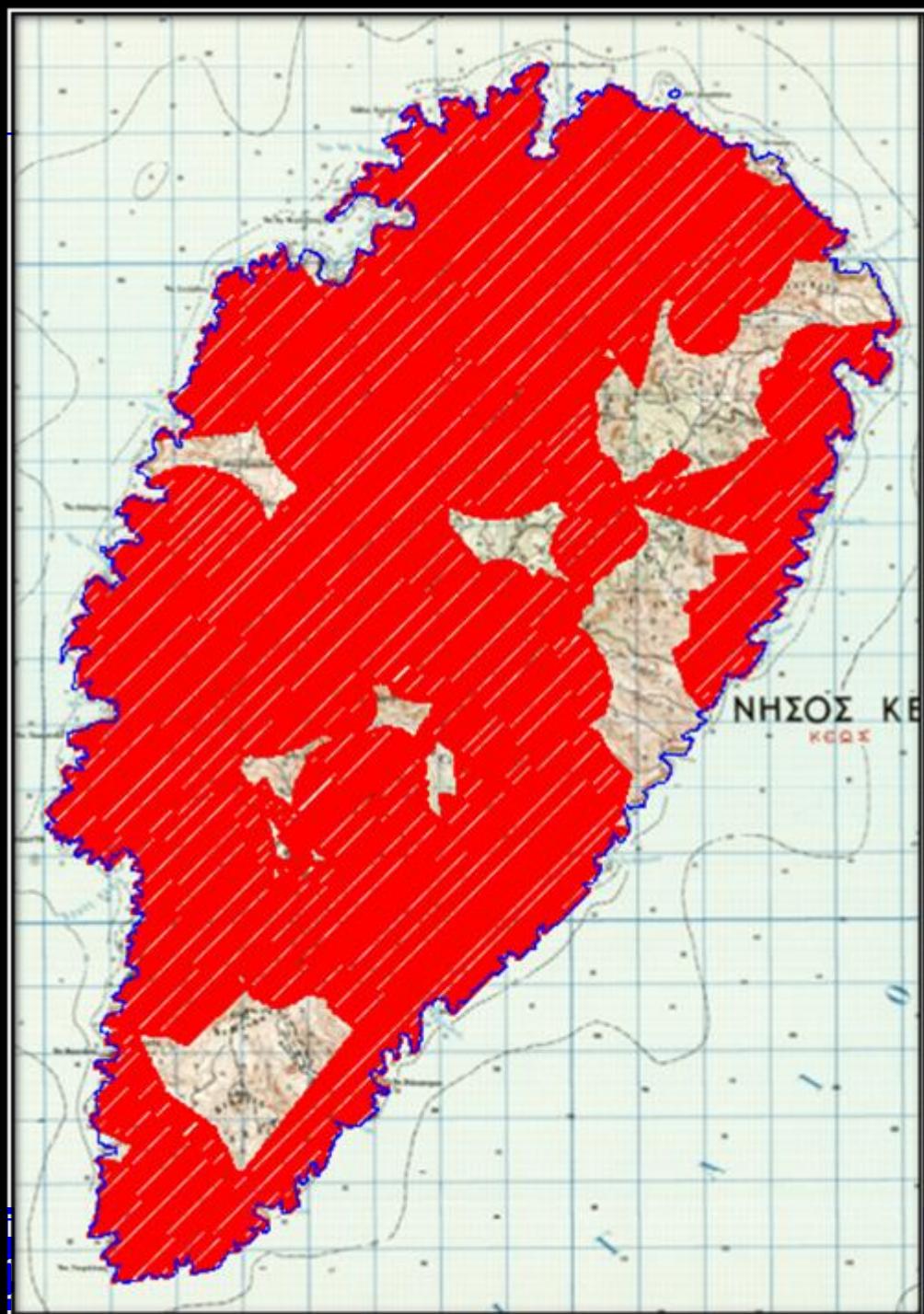
Πηγή: Παπασταματίου Π. (2008) «Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ: Προκαταρκτική εφαρμογή του ΕΧΠ ΑΠΕ στη νήσο Κέα», Παρουσίαση, Ημερίδα στο Κόρθι-Άνδρος, 5 Οκτωβρίου 2008.



# ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΧΠ-ΑΠΕ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ

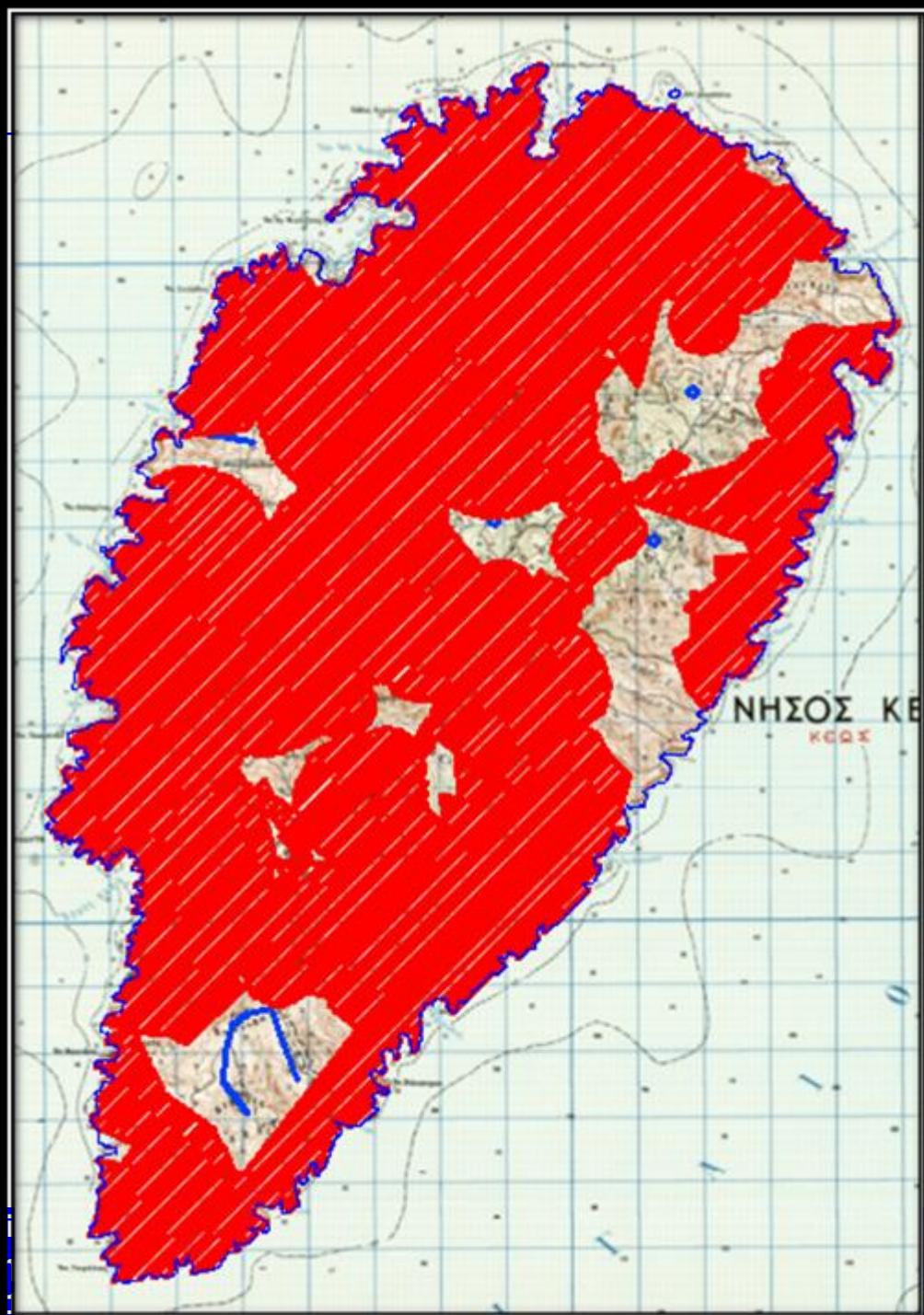
## ➤Σύνολο αποκλειόμενης έκτασης

Πηγή: Παπασταματίου Π. (2008)  
«Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ:  
Προκαταρκτική εφαρμογή του ΕΧΠ ΑΠΕ  
στη νήσο Κέα», Παρουσίαση, Ημερίδα  
στο Κόρθι-Άνδρος, 5 Οκτωβρίου 2008.



# ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΧΠ-ΑΠΕ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΚΕΑ

- Σύνολο αποκλειόμενης  
έκτασης
- Πιθανές θέσεις ανάπτυξης Α/Π



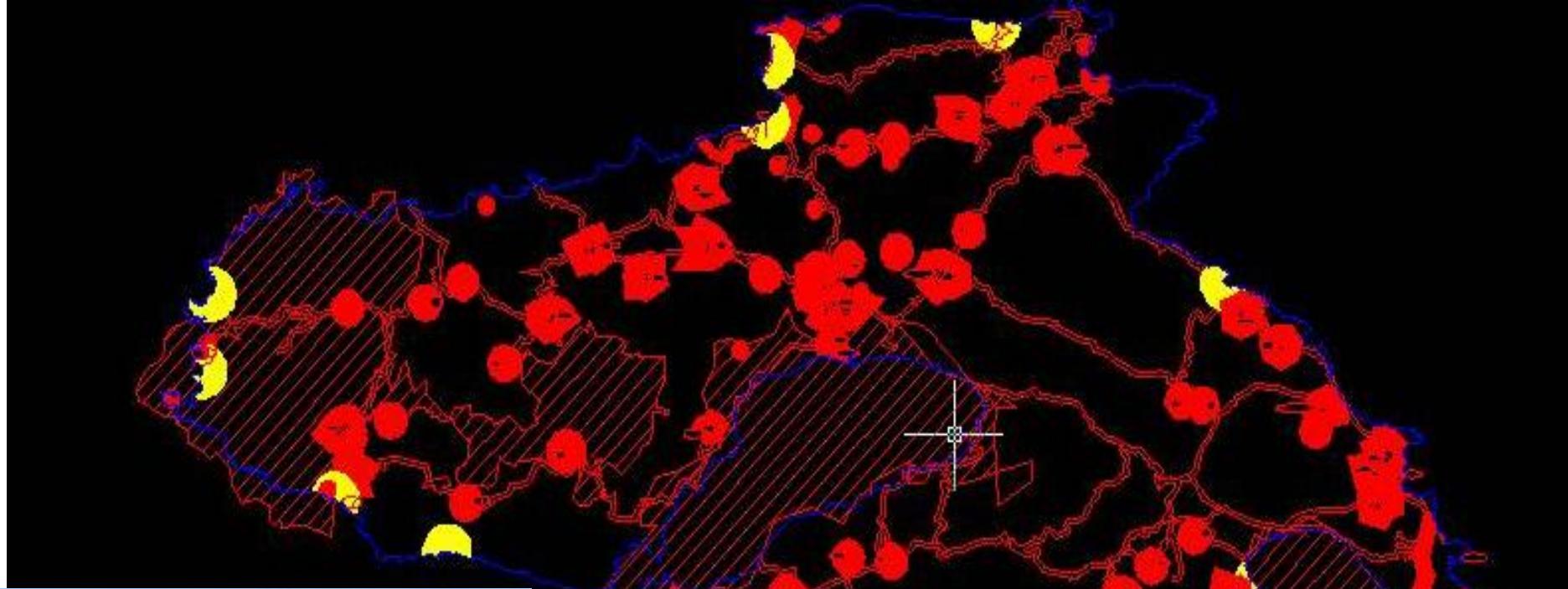
Πηγή: Παπασταματίου Π. (2008)  
«Χωροταξικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ:  
Προκαταρκτική εφαρμογή του ΕΧΠ ΑΠΕ  
στη νήσο Κέα», Παρουσίαση, Ημερίδα  
στο Κόρθι-Άνδρος, 5 Οκτωβρίου 2008.

Γ.Κάραλης (ΕΜΠ), "Present Status and prospects of RES  
και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την Ανάπτυξη  
Περιοχών" Βιομηχανικό Μουσείο Ερμούπολης, Σύρος, 9.

# Χωροταξικό πλαισίο για τις ΑΠΕ (2/3)

## Προκαταρκτική εφαρμογή στη νήσο Λέσβο

- 1500m από αξιόλογες ακτές
- 1000m από οικισμούς
- 500m από αρχαιολογικούς χώρους
- 1500m από αξιόλογες ακτές
- 127.5m από κύριες οδικές αρτηρίες



ια την Ανάπτυξη του Νησιωτικού Χώρου και των Απομακρυσμένων  
ολης, Σύρος, 9-12 Ιουλίου 2009.

- The islands should contribute in the achievement of national targets.
- Via the interconnection or the development of hybrid systems the wind penetration should be increased.
- Benefits for the islands
- The development of RES is an issue of democracy
- The needs have been changed: “Before 40years need for cheap electricity (Lignite) without environmental concerning, today need for green electricity”.

A landscape photograph of a wind farm under a clear blue sky. A vibrant rainbow arches across the upper left portion of the image. In the foreground, a green grassy field is visible. Several white wind turbines with three blades each are scattered across the landscape. One prominent turbine is in the center-right, and others are visible in the background and to the sides.

**Ευχαριστώ για την προσοχή σας!**

**e-mail:** [gcaralis@central.ntua.gr](mailto:gcaralis@central.ntua.gr)

**Ευχαριστώ για την προσοχή σας!**

**e-mail:**

**gcaralis@central.ntua.gr**