

# Renovables 100%

Un sistema elèctric renovable  
per a l'Espanya peninsular i la  
seva viabilitat econòmica.

### **Greenpeace Madrid**

San Bernardo, 107. 28015 Madrid  
Tel.: 91 444 14 00 - Fax: 91 447 15 98  
informacion@greenpeace.es

### **Greenpeace Barcelona**

Ortigosa, 5 - 2º 1º. 08003 Barcelona  
Tel.: 93 310 13 00 - Fax: 93 310 51 18

Document resum, elaborat per José Luis García Ortega i Alicia Cantero, a partir de l'informe "Renovables 100%. Un sistema elèctric renovable per a l'Espanya peninsular i la seva viabilitat econòmica".

Disseny i maquetació: Espacio de ideas  
Traductor: Linguavox

**Aquest informe ha estat produït gràcies a les aportacions econòmiques dels socis de Greenpeace.**

**Greenpeace és una organització independent políticament i econòmicament que no rep subvencions d'empreses, ni governs, ni partits polítics. Fes-te'n soci a [www.greenpeace.es](http://www.greenpeace.es)**

Imprès en paper 100% reciclat postconsum i totalment lliure de clor.

Abril 2007

# ÍNDEX

1. Presentació	5
2. Metodologia	6
Anàlisi temporal	6
Anàlisi del sistema de generació elèctrica	7
3. Conceptes fonamentals	7
4. Pot un sistema basat únicament en renovables cobrir tota la nostra demanda elèctrica?	8
4.1. Generació per tecnologies	8
4.2. Exemples de mix de generació	10
Mix 100% renovable. Objectiu: diversitat de tecnologies	11
Mix 100% renovable. Objectiu: optimització econòmica	14
Mix 100% renovable. Objectiu: aprofitar la gestió de la demanda	17
Mix 100% renovable. Objectiu: cobrir tota la demanda d'energia (no només elèctrica)	19
4.3. Cobertura de la demanda: conclusions	22
5. Canvis de paradigma necessaris per plantejar-se un sistema renovable	23
6. Quantes centrals renovables caldrien i com haurien d'utilitzar-se, amb el mínim cost?	24
Necessitat de potència instal·lada (anàlisi del múltiple solar)	24
Anàlisi de la capacitat d'acumulació	25
Anàlisi del sistema de generació elèctrica	25
Anàlisi del cost de l'energia no subministrada (CENS)	26
7. Conclusió final	27
8. Propostes de Greenpeace	28



## PRESENTACIÓ

Els informes del grup d'experts en canvi climàtic de les Nacions Unides (IPCC) confirmen que l'ésser humà està provocant un ràpid escalfament global sense precedents, les conseqüències del qual poden resultar molt perjudicials per a la vida si les temperatures mitjanes arriben a pujar més de dos graus centígrads per sobre del nivell en què estaven a l'era preindustrial. La probabilitat d'evitar traspassar la frontera dels dos graus depèn fonamentalment del fet que aconseguim frenar i estabilitzar les concentracions dels gasos d'efecte d'hivernacle a l'atmosfera, per a la qual cosa cal una dràstica reducció de les emissions. Atès que les emissions són degudes principalment al sistema energètic actual, basat en la crema de combustibles fòssils, cal una "revolució energètica" que permeti, pel costat de la demanda, acabar amb l'actual malbaratament d'energia mitjançant l'estalvi i l'eficiència i, pel costat de la generació, substituir les fonts d'energia brutes per unes altres amb un ús que pugui ser sostenible, com són les renovables.

El problema és que els que han de prendre les decisions clau, a més d'enfrontar-se als interessos econòmics i polítics dels partidaris del "vell model" energètic, s'enfronten a un dubte fonamental: no creuen que sigui possible canviar-lo. Fins i tot a Espanya, que ha aconseguit situar-se al capdavant del món en el desenvolupament de renovables com l'eòlica, el suport a aquestes fonts d'energia netes es posa en dubte constantment, fet que està creant tensions que creixen a mesura que la penetració de les renovables en el sistema elèctric va deixant de ser testimonial, i més encara a mesura que algunes, com l'eòlica, es vagin apropant a allò que alguns consideren el seu "límit tècnic". Arribats a aquest punt, xoquen dues concepcions ben diferents del paper que pot i ha de correspondre a les renovables: un paper complementari com un

element més del sistema, o un paper protagonista capaç de desplaçar les formes convencionals de generació. El model i la intensitat del suport a unes o altres fonts d'energia dependrà al final de quin és l'horitzó que es busca assolir.

**L'objectiu** de l'estudi "Renovables 100%" és quantificar i avaluar tècnicament la **viabilitat d'un escenari basat en energies renovables per al sistema de generació elèctrica peninsular**.

En aquest document presentem un resum de les principals conclusions de l'informe relatives a l'anàlisi temporal i de xarxa que, juntament amb les conclusions de l'anàlisi de costos (vegeu el document Renovables 100%: comparativa de costos), permeten demostrar que **existeixen moltes configuracions possibles, amb diferents combinacions de sistemes de generació elèctrica basats en fonts renovables, per satisfer la demanda projectada el 2050**. En aquest document mostrem també exemples de combinacions de tecnologies renovables (mix de generació) segons diferents requisits, que permeten comprendre les principals característiques tècniques, econòmiques i geogràfiques d'aquests mix.

La gran aportació d'aquest estudi consisteix a plantejar-se, per primera vegada, la viabilitat tècnica i econòmica dels sistemes de generació 100% renovables i haver iniciat un camí per trobar les respostes. Tot i que són moltes les anàlisis que cal desenvolupar per introduir aquests sistemes, hem avançat el suficient per tenir clar que és viable, i ara li correspon a altres organismes i entitats continuar i convertir-ho en realitat. El que ja no hi ha després d'aquest estudi són excuses per no seguir avançant i de manera molt urgent en aquesta direcció.

## METODOLOGIA

Una vegada realitzades les anàlisis de sostres de potència i generació i de costos, la resta de l'estudi ha seguit la metodologia que descrivim a continuació.

### Anàlisi temporal

L'anàlisi més important és el de la capacitat de generació renovable i el seu acoblament temporal amb la demanda, és a dir, no n'hi ha prou amb saber quant es pot produir, sinó com fer-ho arribar als punts de consum, en els moments i els llocs on es demana. Es tracta de determinar, tenint en compte els costos i la variació temporal de la producció i de la demanda, quines combinacions de tecnologies de generació renovables es poden utilitzar per cobrir completament la demanda. Com que sorgeixen moltes opcions, cal determinar quina d'elles seria l'òptima, tant pel que fa a la potència instal·lada com pel que fa a formes d'utilitzar-la (despatx). En el cas dels sistemes 100% renovables, aquesta anàlisi no pot fer-se per separat.

■ Per aquesta raó, en primer lloc i a manera de cas de comparació, **s'ha analitzat el cas d'un sistema autònom** per a cobertura de la demanda elèctrica d'un habitatge unifamiliar, quelcom ben senzill de realitzar avui en dia, malgrat que resulta fins i tot tècnicament molt més senzill i econòmicament molt menys costós cobrir la demanda elèctrica amb tecnologies renovables per a tota l'Espanya peninsular que per a un habitatge autònom. La comparació amb el cas autònom mostra que plan-tejar-nos el 100% renovable no és tan "inassolible" com es sol pensar, i que ja tenim casos (sistema autònom) en què ningú dubta que sigui possible i que, en el fons, són molt més complexes.

■ Posteriorment, s'ha realitzat **l'anàlisi de la capacitat de generació temporal** de cadascuna de les tecnologies, i s'ha estudiat com varia la generació de cada tecnologia al llarg de l'any i l'efecte d'instal·lar a diferents punts geogràfics les diferents energies renovables (dispersió espacial i diversitat tecnològica).

■ A continuació, s'ha desenvolupat una **anàlisi temporal detallada de l'acoblament de la capacitat de generació amb la demanda elèctrica**:

Partint de la situació actual, dominada en renovables per l'hidroelèctrica i l'eòlica terrestre, s'han anat introduint tecnologies renovables per ordre de mèrit de les seves actuacions amb l'estructura de costos del 2050, sense tenir en compte la capacitat d'emmagatzematge i sense exigir-les adaptar la seva producció d'acord amb la demanda (tan sols dissipant l'energia sobrant i utilitzant les centrals de biomassa únicament per a l'operació a les puntes de consum). D'aquesta manera, s'analitzen diferents mix amb diferents nivells de cobertura de la demanda.

A continuació, s'ha estudiat com afecta les actuacions dels models presentats **l'efecte d'introduir capacitat d'acumulació d'energia**. Per això, s'ha assumit que s'opera en el sistema elèctric sense cap altra regulació que la dissipació de l'energia sobrant i no utilitzant la biomassa quan existeix generació excedent amb les altres fonts d'energia. També s'ha assumit que el sistema d'emmagatzematge té un cost de 10 €/kWh (el 2050) i un rendiment global de càrrega-descàrrega del 70%.

## Anàlisi del sistema de generació elèctrica

Per últim, s'ha tractat l'anàlisi dels sistemes de generació 100% renovables des de l'òptica i amb les eines habituals dedicades a l'anàlisi "convencional" de la xarxa elèctrica.

- La primera d'aquestes anàlisis s'ha realitzat mitjançant "models d'expansió de la generació", per determinar una **combinació òptima de tecnologies a instal·lar**.
- Una vegada es disposa d'un mix de generació, el següent pas de l'anàlisi convencional de xarxa consisteix a determinar **quines tecnologies de les instal·lades convé utilitzar a cada moment per atendre la demanda**, per a la qual cosa s'ha utilitzat un "model d'explotació generació/xarxa". En aquest model s'han incorporat els efectes de la inversió econòmica, per poder determinar quines centrals instal·lar (expansió de la generació) i quines utilitzar (despatx òptim); dos problemes que, per als sistemes de generació basats en renovables, han de ser resolts simultàniament.
- L'últim pas realitzat ha consistit a **optimitzar econòmicament** els mix obtinguts, primer incorporant l'efecte de la hibridació termosolar, és a dir, utilitzar centrals termoelèctriques que puguin funcionar fins i tot quan no hi hagi radiació solar, utilitzant biomassa com a combustible i, després, considerant valors del cost de l'energia que no ha arribat a ser subministrada, entre 2 i 10.000 c€/kWh.

## CONCEPTES FONAMENTALS

En primer lloc, és convenient introduir alguns conceptes importants per a aquesta anàlisi:

- **Múltiple solar (SM):** quocient de la potència nominal instal·lada entre la màxima potència demanada. És a dir, quanta potència o capacitat té instal·lada un sistema en relació amb l'electricitat que es demana com a màxim, o sigui, quantes centrals cal tenir "de més" per recórrer a elles quan altres no estan disponibles. Per exemple, un mix amb  $SM = 2$  tindrà tantes centrals instal·lades com per disposar d'una potència equivalent al doble de la potència màxima que es demanaria en algun moment.
- **Factor de capacitat (CF):** quocient entre l'energia útil generada i la màxima que es podria generar operant a la seva potència nominal durant tot l'any. És a dir, ens dona idea de quant aprofitem la potència instal·lada d'una central o de tot el sistema, o sigui, quanta potència de l'instal·lada s'arriba a utilitzar. Per exemple, una central amb  $CF = 60\%$  vol dir que aquesta central ha produït un 60% de l'energia màxima que es generaria si la central pogués mantenir-se en operació a la seva potència nominal durant tot el període considerat.
- **Fracció solar (SF):** fracció de la demanda coberta pel sistema de generació renovable. És a dir, quanta energia arriben a cobrir les renovables respecte a la total demanada. Per exemple,  $SF = 100\%$  significaria que tota la demanda és coberta mitjançant energies renovables.

## POT UN SISTEMA BASAT ÚNICAMENT EN RENOVABLES COBRIR TOTA LA NOSTRA DEMANDA ELÈCTRICA?

Aquesta és, sens dubte, la qüestió principal a l'hora d'analitzar la viabilitat tècnica d'un sistema basat al 100% en energies renovables, comprovar si és possible produir en tot moment tota l'electricitat que es demana. L'estudi analitza en primer lloc la **capacitat de generació temporal de cada tecnologia** i, a continuació, realitza una detallada anàlisi de **com s'acobla** la capacitat de generació d'un sistema basat en renovables amb la demanda elèctrica al llarg de l'any.

L'objectiu d'aquesta anàlisi és poder avaluar quanta energia es pot aprofitar d'aquella que es pot produir amb la potència instal·lada (rendiment de regulació), i comprovar com depèn del repartiment de les tecnologies que s'instal·lin (mix) i de la manera d'operar-les (despatx).

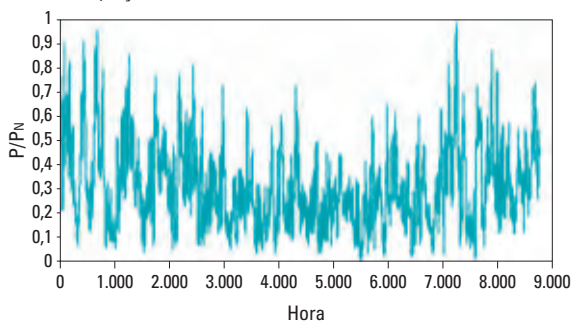
### 4.1. Generació per tecnologies

L'anàlisi de com varia la generació de cada tecnologia, al llarg de l'any, incorpora l'efecte de la dispersió espacial, és a dir, l'efecte de sumar la generació d'una mateixa tecnologia repartida per totes les províncies. El resultat és conservador, ja que en haver considerat cada província representada per una única sèrie temporal, no s'està comptant l'efecte de la dispersió geogràfica dins cada província. Tot i això, la dispersió espacial dona lloc a una generació molt més regular, ja que a cada emplaçament la generació està disponible en moments diferents. És el mateix efecte que succeeix amb la demanda elèctrica, que a escala peninsular és bastant regular, amb una demanda mínima anual que és el 42,96% de la màxima. A continuació mostrem els resultats de cada tecnologia:

L'èolica marina és un recurs dominant a l'hivern-tardor, amb capacitat de generació més reduïda els mesos centrals de l'any:

**Potència elèctrica produïda al llarg de l'any per a la sèrie temporal obtinguda en fer la mitjana de tots els emplaçaments peninsulars off-shore, en valor relatiu a la potència nominal instal·lada.**

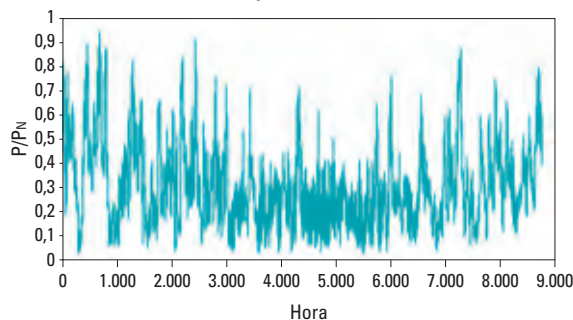
Total 23 emplaçaments



L'èolica terrestre segueix un patró similar al de l'èolica marina:

**Potència elèctrica produïda al llarg de l'any per a la sèrie temporal obtinguda en fer la mitjana de tots els emplaçaments peninsulars d'èolica terrestre, en valor relatiu a la potència nominal instal·lada.**

Èolica terrestre: total 47 emplaçaments



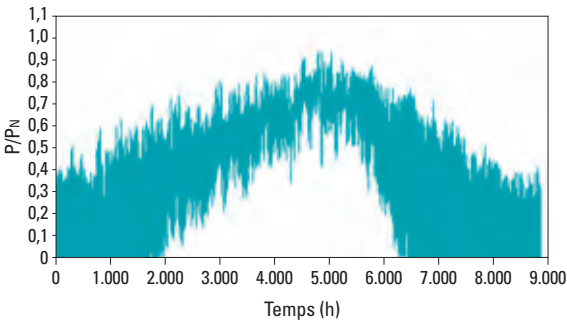


## 4.1

La termosolar és un recurs dominant a la primavera-estiu:

**Potència elèctrica produïda al llarg de l'any per a la sèrie temporal obtinguda en fer la mitjana de tots els emplaçaments peninsulars de termosolar, en valor relatiu a la potència nominal instal·lada.**

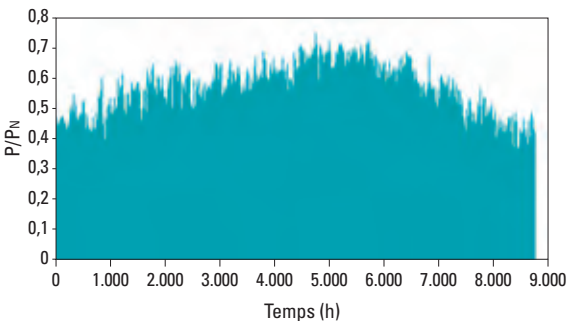
Termosolar: total 47 emplaçaments



La fotovoltaica amb seguiment azimutal també és dominant a la primavera-estiu, però amb més regularitat estacional que la termosolar:

**Potència elèctrica produïda al llarg de l'any per a la sèrie temporal obtinguda en fer la mitjana de tots els emplaçaments peninsulars de fotovoltaica azimutal, en valor relatiu a la potència nominal instal·lada.**

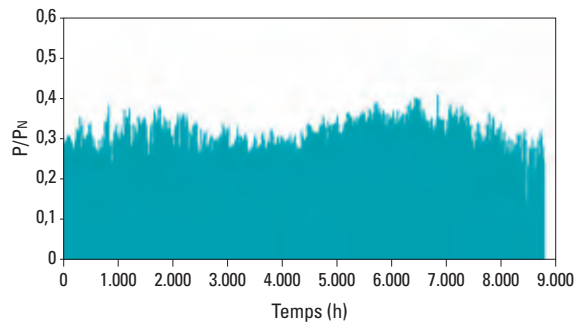
FV azimutal: total 47 emplaçaments



La fotovoltaica integrada a edificis és dominant a la tardor-primavera (s'ha pres la següent combinació d'orientacions per a la instal·lació dels mòduls fotovoltaics: per cada 4 mòduls a coberta, 2 al sud, 2 al sud-est, 2 al sud-oest, 1 a l'est i 1 a l'oest):

**Sèrie peninsular de potència fotovoltaica integrada obtinguda en agrupar totes les sèries fotovoltaïques provincials resultat de fer la mitjana de les diferents orientacions amb la relació indicada (4 coberta + 2S + 2SE + 2SW + 1E + 1W).**

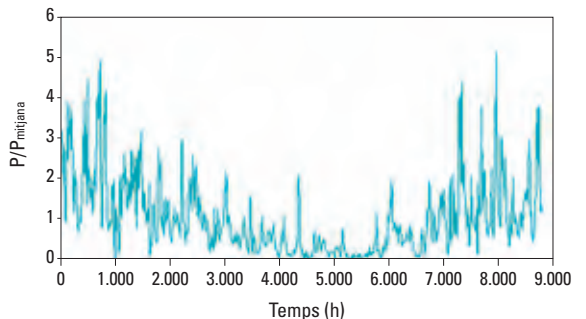
47 emplaçaments peninsulars. Potència total FV-edificació



La tecnologia de les onades presenta el següent perfil:

**Sèrie de potència horària adimensionalitzada amb la potència mitjana anual de la sèrie peninsular resultant de fer la mitjana dels 22 emplaçaments provincials.**

Onades. 22 emplaçaments

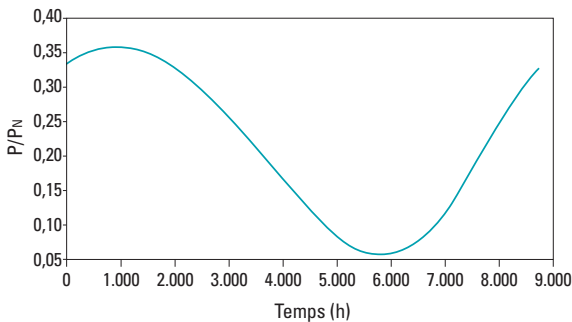


# 4.1

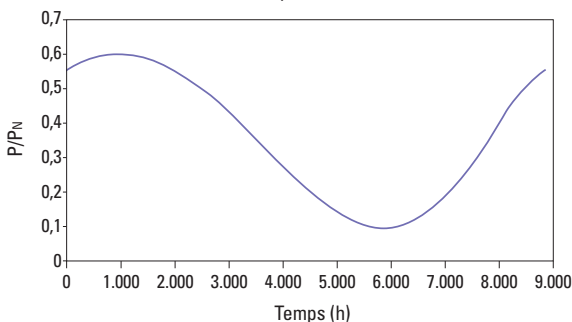
L'hydroelèctrica presenta una variabilitat considerablement inferior a les altres, per l'efecte d'acumulació i concentració de les conques hidrològiques i els embassaments. Per la seva capacitat d'acumulació, en un sistema renovable l'explotació de les centrals hidroelèctriques seria diferent a l'actual.

**Sèries horàries de potència hidroelèctrica en règim ordinari i en règim especial a nivell peninsular obtingudes en modular la generació potencial assumida per a l'any 2050 (IIT, 2005) amb el produïble mitjà històric l'any 2003. Aquestes sèries de potència hidroelèctrica no assumeixen cap regulació del sistema elèctric amb aquesta tecnologia.**

Hidroelèctrica RO amb modulació produïble històric



Hidroelèctrica RE amb modulació produïble històric



# 4.2

Pel que fa a les centrals de biomassa i geotèrmica, tenen capacitat de funcionar a potència constant durant tot l'any, i ofereixen a més la possibilitat d'ajustar la seva potència per regular el sistema, en funció de la producció de les centrals de generació variable, de manera que operades de manera adequada poden proporcionar capacitat de regulació i garantia de potència.

## 4.2. Exemples de mix de generació

Per analitzar l'acoblament temporal generació-demanda, hem desenvolupat el cas tècnicament més desfavorable amb l'objectiu de demostrar que fins i tot en aquest cas és possible cobrir la demanda energètica. És a dir, s'han buscat diferents combinacions de tecnologies renovables o mix tecnològics que responen a les necessitats d'una demanda energètica que, com succeeix en l'actualitat, no incorpora la gestió de la demanda<sup>1</sup>.

En general, qualsevol mix renovable es caracteritza per la dispersió espacial i la diversitat tecnològica. A més, cal tenir en compte que la majoria de les tecnologies renovables disposen d'una gran capacitat de regulació, és a dir, poden ajustar la seva producció a la demanda a cada moment, i fer-ho de manera més ràpida que les tecnologies convencionals, si es tracta de reduir la potència entregada per sota de la potència disponible (que depèn del sol, vent, etc.) a cada instant de temps.

<sup>[1]</sup> S'anomena gestió de la demanda el conjunt de mesures l'objectiu de les quals és modificar la manera en què es consumeix l'energia, ja sigui estalviant una determinada quantitat d'energia o desplaçant-ne el consum a un altre moment. Inclou mesures normatives, incentius, informació al consumidor, senyals de preu, etc.

## 4.2

Tanmateix, moltes de les tecnologies renovables no tenen capacitat de regulació de potència per sobre de la potència disponible a cada instant de temps, és a dir, si en un moment donat el vent en un aerogenerador permet entregar 500 kW, la màquina no pot donar més. Aquesta situació, en un sistema de generació en què no es faci un extens ús de la gestió de la demanda, obliga a disposar d'una "potència rodadora" (centrals que no estan generant però que estan en disponibilitat de generar a qualsevol moment en què es produeixi un dèficit de potència) superior a la dels sistemes de generació convencionals, la funció dels quals és mantenir la generació d'electricitat encara que el recurs disponible disminueixi.

Hi ha diverses eines per aconseguir aquesta potència rodadora en els mix 100% renovables: augmentar la potència instal·lada, utilitzar la capacitat d'emmagatzematge i regulació de tecnologies com l'hidroelèctrica d'embassament (incloent-hi bombament), biomassa, geotèrmica i termosolar o, millor encara, la hibridació amb biomassa (gasificada) de les centrals termosolars, és a dir, centrals que puguin utilitzar indistintament l'energia del sol i la biomassa com a combustible<sup>2</sup>.

De la infinitat de combinacions de tecnologies renovables per cobrir la demanda elèctrica que es poden realitzar, aquí anem a mostrar alguns exemples il·lustratius buscant diferents objectius: diversitat tecnològica, menor cost de generació i combinació amb gestió de la demanda. També mostrem un altre mix que, a més de cobrir tota la demanda elèctrica, aconsegueix la cobertura de tota la demanda energètica.

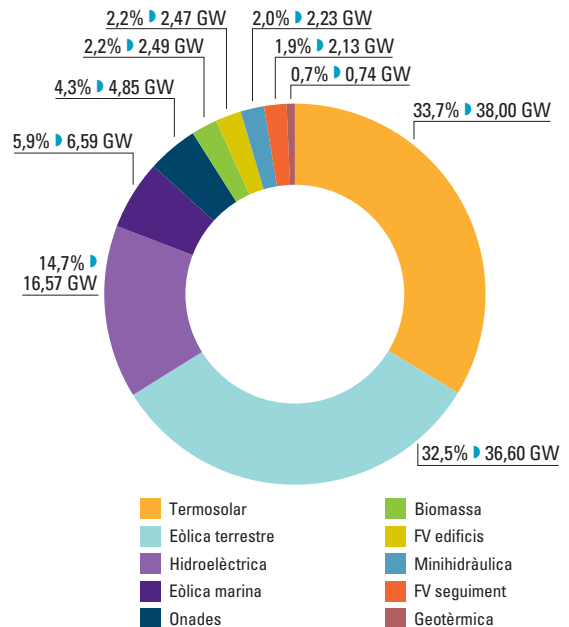
### Mix 100% renovable

#### Objectiu: diversitat de tecnologies

En primer lloc, mostrem un exemple de mix capaç de satisfer completament la demanda d'electricitat el 2050 amb energies renovables (SF = 100%), la característica principal del qual és la seva diversitat tecnològica, és a dir, utilitza un ampli ventall de tecnologies basades en fonts renovables, i aconsegueix la cobertura completa de la demanda gràcies a una petita capacitat d'emmagatzematge.

El mix d'aquest exemple tindria una potència instal·lada de 112.680 MW, amb el següent repartiment de tecnologies:

#### Potència instal·lada per tecnologies.



[2] Hem adoptat un criteri de dimensionament dels mix renovables consistent a exigir-los que disposin d'una potència rodadora de com a mínim un 15% d'excés respecte a la potència deficitària màxima, i amb energia disponible amb capacitat de regulació en almenys un 25% d'excés respecte al dèficit energètic anual.

## 4.2

La taula següent ens resumeix les principals característiques d'aquest mix.

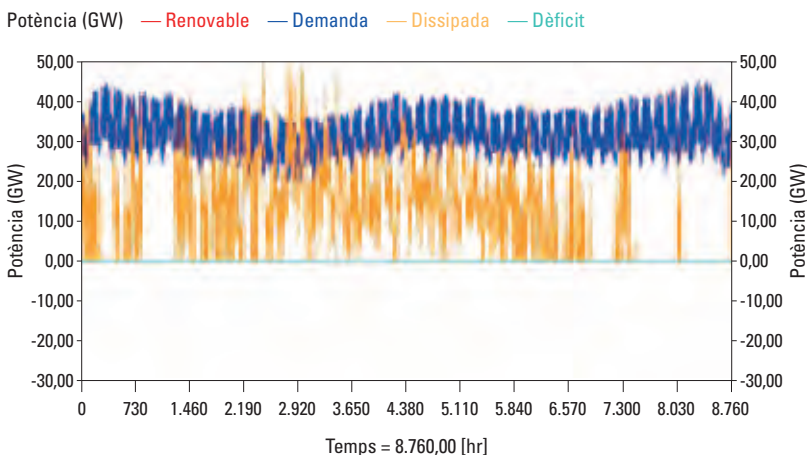
#### Característiques principals del mix.

Potència instal·lada	112,68	GWp
Energia disponible	396,48	TWh/a
Múltiple solar (SM)	2,5	
Capacitat d'acumulació	1,5	TWh
Cobertura demanda (SF)	100	%
Dèficit d'energia en relació amb la demanda anual	0	%
Energia a dissipar en relació amb la demanda anual	34,4	%
Generació disponible en relació amb la demanda anual	141,6	%
Energia aportada per la biomassa	3,9	TWh/a
Potència deficitària màxima	0	GW
Potència dissipada màxima	60,9	GW
Cost electricitat anual (LEC) sense inversió hidràulica	4,51	c€/kWh
Hibridació solar-biomassa	No	
Funcionament minihidràulica	Base	
Fracció utilitzada del sostre de potència eòlica terrestre	4	%
Fracció utilitzada del sostre de potència termosolar	1,387	%
Ocupació de territori	2,47	%

Al gràfic següent veiem com al llarg de l'any existeix producció disponible per atendre la demanda

en tot moment, així com els moments en què es dissiparia l'energia sobrant.

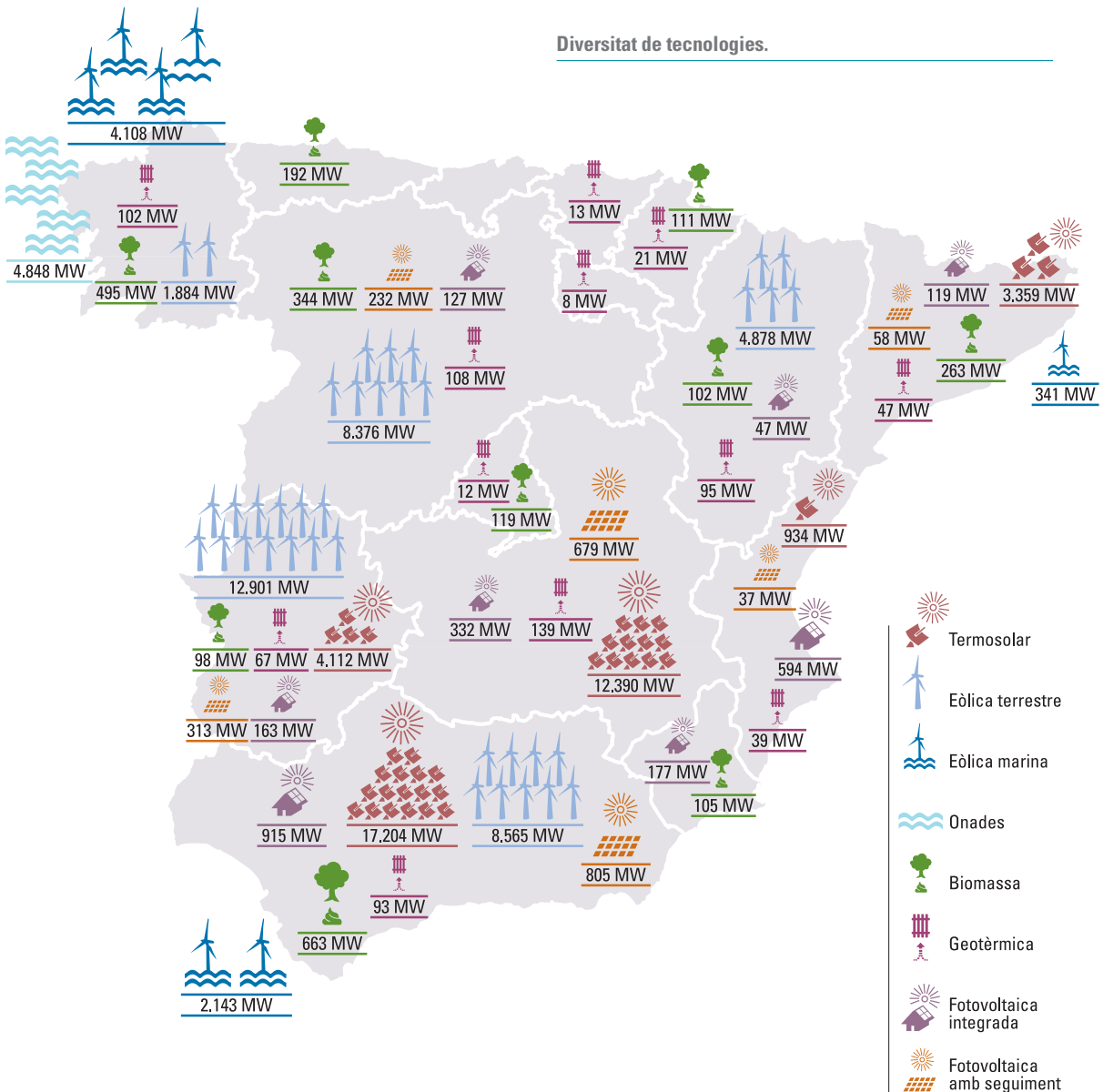
#### Evolució horària anual de la potència disponible, la demanda, la dissipació i el dèficit per a un mix amb SM = 2,5 amb una capacitat d'emmagatzematge d'1,5 TWh. SF = 100%.



## 4.2

El mapa ens mostra el repartiment geogràfic per CC.AA. de la potència instal·lada. Per això, s'han seleccionat les províncies amb menys costos de

generació per a les respectives tecnologies. Les hidràuliques no s'assenyalen perquè utilitzen els emplaçaments ja existents.



# 4.2

## Mix 100% renovable

### Objectiu: optimització econòmica

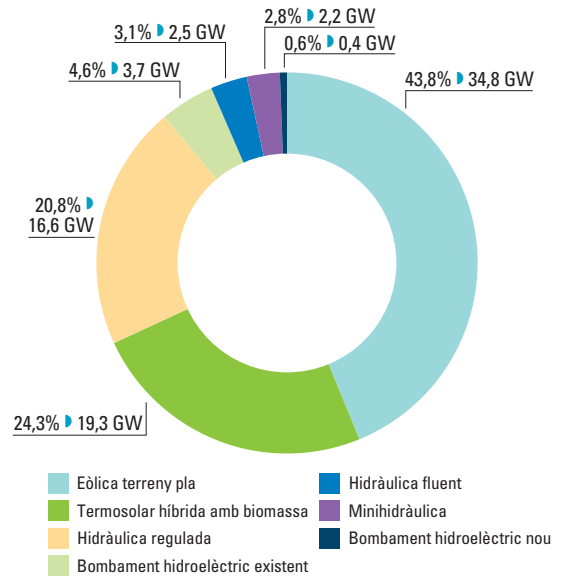
En aquest cas mostrem un mix en què s'ha buscat l'òptim econòmic, és a dir, el mínim cost de l'electricitat produïda, mantenint la condició de satisfer completament la demanda d'electricitat el 2050 amb energies renovables (SF = 100%), sense considerar cap tipus de gestió de la demanda.

Per determinar el despatx òptim, és a dir, com es reparteix la generació entre les diferents centrals instal·lades per tal de minimitzar els costos d'operació, s'han introduït aspectes com tenir en compte la capacitat d'emmagatzematge dels embassaments hidroelèctrics i l'optimització de la seva gestió, incorporar la hibridació termosolar i l'optimització de la seva gestió, incorporar el bombament hidroelèctric (amb la seva capacitat d'acumulació i de regulació de potència) i optimitzar el funcionament de cada tecnologia al llarg de l'any segons els seus costos variables i disponibilitat.

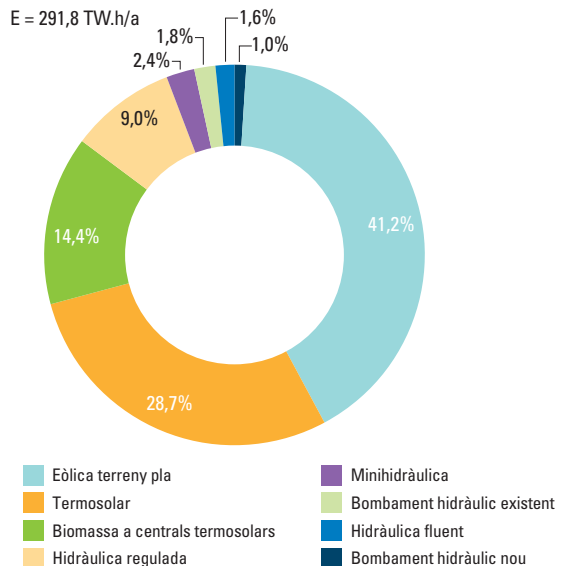
Per a l'anàlisi de mínim cost s'han optimitzat a més la inversió i els costos en cicle de vida, amb la utilització d'un model especial que, calculant unes 500.000 equacions, resol simultàniament el problema de quines centrals construir i quines operar a cada instant de temps al llarg de l'any.

El mix d'aquest exemple tindria una potència instal·lada de 79.600 MW, amb el següent repartiment de tecnologies:

### Potència instal·lada per tecnologies.



### Configuració i generació elèctrica d'un mix optimitzat en cicle de vida incorporant la hibridació termosolar per assolir una cobertura total de la demanda (SF = 100%). SM = 2,20; LEC = 2,47 c€/kWh.



## 4.2

La producció d'electricitat a les centrals termosolars, totes elles híbrides amb biomassa, apareix desglossada entre la que es realitzaria amb energia solar i la que, a les mateixes centrals, es realitzaria amb biomassa.

La taula següent ens resumeix les principals característiques d'aquest mix.

#### Característiques principals del mix.

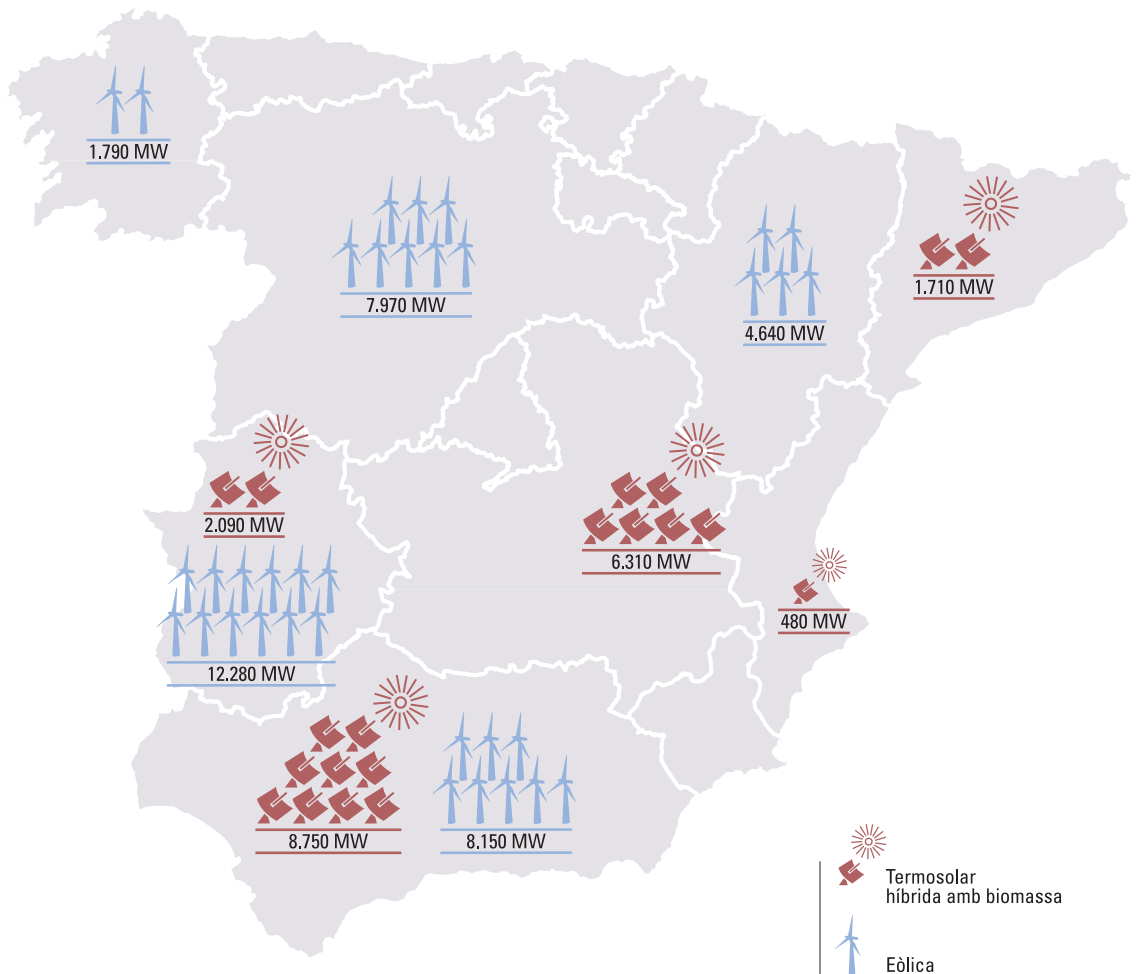
Potència instal·lada	99	GWp
Energia disponible	291,8	TWh/a
Múltiple solar (SM)	2,2	
Cobertura demanda (SF)	100	%
Cost electricitat anual (LEC) sense inversió hidràulica	2,47	c€/kWh
Cost màxim electricitat	9.883	c€/kWh
Duració cost màxim d'electricitat	1	Hora
Hibridació solar-biomassa	Si	
Funcionament minihidràulica	Base	
Fracció utilitzada del sostre de potència eòlica terrestre	3,8	%
Fracció utilitzada del sostre de potència termosolar	0,7	%
Fracció utilitzada del sostre de potència d'hibridació termosolar-biomassa	39,2	%
Ocupació de territori	2,4	%

# 4.2

El mapa ens mostra el repartiment geogràfic per CC.AA. de la potència instal·lada. Per això, s'han seleccionat les províncies amb menys costos de

generació per a les respectives tecnologies. Les hidràuliques no s'assenyalen perquè utilitzen els emplaçaments ja existents.

### Optimització econòmica.



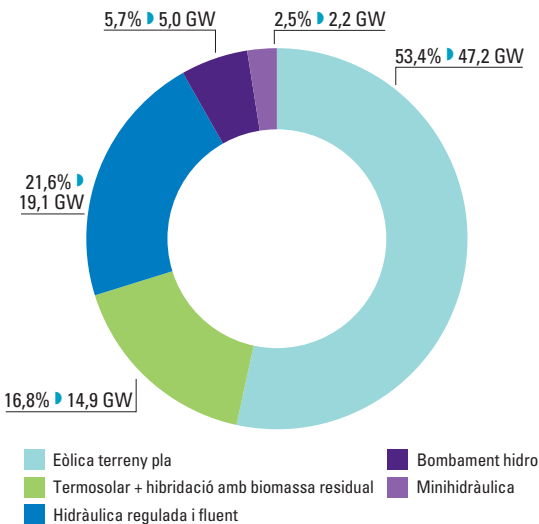


## 4.2

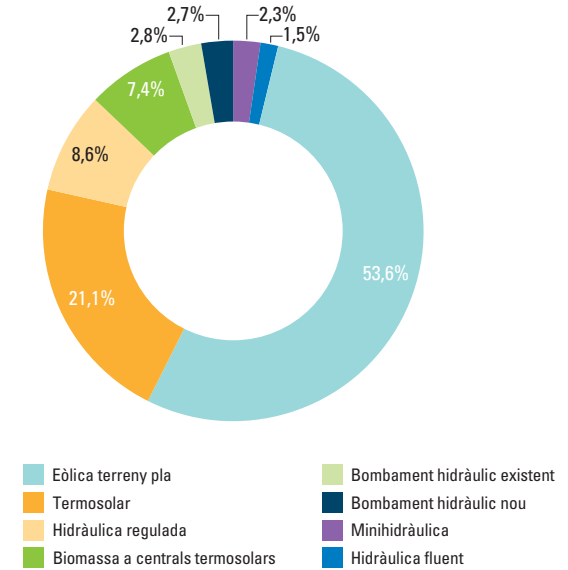
**Mix 100% renovable****Objectiu: aprofitar la gestió de la demanda**

En aquest exemple busquem reduir encara més el cost de l'electricitat, per assolir el mínim cost possible, veient l'efecte de gestionar puntes amb gestió de la demanda sense renunciar a utilitzar únicament energies renovables. Per això s'ha assumit un cost de l'energia no subministrada (CENS) de 500 c€/kWh, de manera que en aquelles hores en què el cost de generació d'electricitat superés aquest valor (per les inversions addicionals requerides), es recorre a la gestió de la demanda per evitar que aquests consums es produeixin en aquest instant (desplaçant-los a instants de temps amb excés de capacitat de generació).

Als següents gràfics veiem les principals característiques d'aquest mix, el repartiment per tecnologies de la potència instal·lada (88.400 MW) i de l'energia produïda, el repartiment a l'any de la potència no subministrada (substituïda per gestió de la demanda) i el cost de l'electricitat al llarg de l'any.

**Potència instal·lada per tecnologies.**
**Configuració i generació elèctrica d'un mix optimitzat per a CENS = 500 c€/kWh. SM = 2,29; SF = 99,993%; LEC = 2,42 c€/kWh.**

E = 303,9 TW.h/a



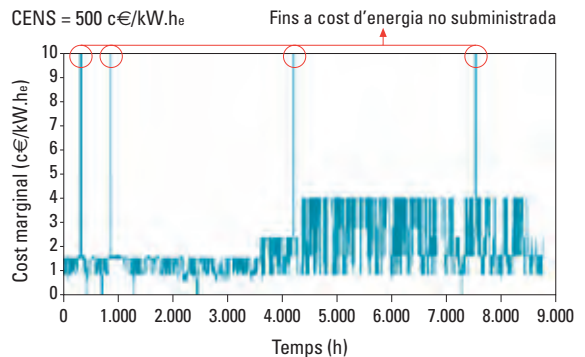
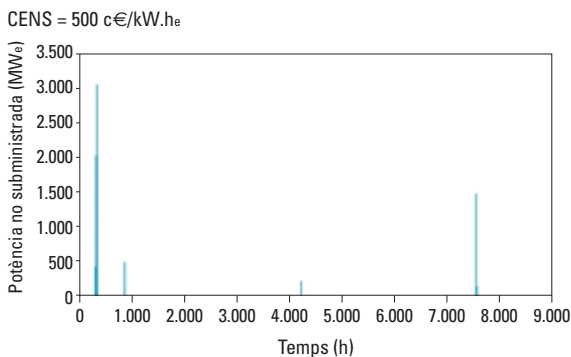
## 4.2

## Característiques principals del mix.

Potència instal·lada	88,4	GWp
Energia disponible	303,9	TWh/a
Múltiple solar (SM)	2,29	
Cobertura demanda (SF)	99,993	%
Cost electricitat anual (LEC) sense inversió hidràulica	2,42	c€/kWh
Cost màxim electricitat (CENS)	500	c€/kWh
Hores a l'any en què la producció d'electricitat és menor que la demanda	7	Hores
Hibridació solar-biomassa	Si	
Funcionament minihidràulica	Segons costos	
Fracció utilitzada del sostre de potència eòlica terrestre total peninsular	5,2	%
Fracció utilitzada del sostre de potència termosolar total peninsular	0,5	%
Tipus de biomassa utilitzada	Residual	
Fracció utilitzada del sostre de generació amb biomassa residual peninsular	44	%
Fracció utilitzada del sostre de generació amb biomassa total peninsular	21,1	%
Ocupació de territori	3	%

**Evolució horària anual de la potència no subministrada per a un mix optimitzat per a CENS = 500 c€/kWh.**  
SM = 2,29; SF = 99,993%; LEC = 2,42 c€/kWh.

**Evolució horària anual del cost marginal de l'electricitat per a un mix optimitzat per a CENS = 500 c€/kWh.**  
SM = 2,29; SF = 99,993%; LEC = 2,42 c€/kWh.



## 4.2

Aquest exemple és molt conservador, i només deixa sense generar el 0,007% del total de l'electricitat demanada a l'instant requerit (desplaçament del consum), però en realitat seria econòmicament més favorable actuar sobre la demanda en lloc de produir l'electricitat en tots aquells casos en què, sent tècnicament possible, sigui més barat gestionar la demanda d'electricitat (estalviant-la o desplaçant aquesta demanda a altres instants en què sobra capacitat de generació) que produir-la. Serien els casos en què el cost del kWh gestionat sigui menor que el del kWh produït (és a dir, per a valors molt menors del CENS).

En aquest cas, amb CENS = 500, es mostra un cas particular, però ja des de CENS = 8 c€/kWh<sub>e</sub> s'asseixeixen SF de pràcticament el 100%, és a dir, el sistema de generació segueix afrontant la gran majoria de la demanda, fins i tot permetent entrar mesures de gestió de la demanda des de nivells de cost baixos.

**Mix 100% renovable****Objectiu: cobrir tota la demanda d'energia (no només elèctrica)**

Per últim, anem a mostrar un exemple de com seria possible satisfer amb renovables no només tota la demanda d'electricitat, sinó totes les demandes energètiques de l'Espanya peninsular el 2050.

Recordem que per a tot l'estudi assumim una demanda d'energia final total el 2050 de 1.525 TWh/any, de la qual 280 TWh/any seria la demanda en forma d'electricitat. Per tant, si a més de la demanda elèctrica s'haguessin d'atendre amb electricitat la resta de demandes energètiques, la demanda elèctrica addicional seria de  $1.525 - 280 = 1.245$  TWh/any. Per avaluar l'energia elèctrica que caldria produir per atendre totes aquestes demandes finals, suposem que aquestes altres demandes estarien repartides en un 60% en forma de demanda de calor/fred per als sectors edificació, indústria i altres i un 40% per al sector transport (aquest sector, al seu torn, repartit en un 75% amb vehicles elèctrics i un 25% amb hidrogen), i suposem els següents rendiments: un 90% per a la conversió d'electricitat en calor útil, un 70% per als vehicles elèctrics i un 25% per als vehicles d'hidrogen. Per tant, per atendre la demanda d'energia final de 1.245 TWh/any, caldria subministrar 1.862 TWh/any. Això implica una demanda elèctrica addicional de 1.862 TWh/any per al 2050, a afegir als 280 TWh/any de la demanda elèctrica original, resultant una demanda elèctrica total de 2.142 TWh/any.

A continuació, veiem per a aquest exemple com es repartirien per tecnologies els 851 GW de potència instal·lada, els 2.390 GWh d'electricitat que es generarien (per cobrir els 2.142 TWh de demanda), el desenvolupament potencial respecte al total disponible i el 14,9% del territori que s'ocuparia.

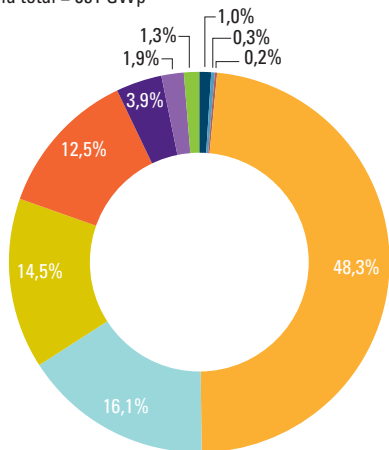
# 4.2

## Composició, capacitat de generació i ocupació del territori d'un mix amb 851 GW<sub>p</sub> de potència nominal instal·lada.

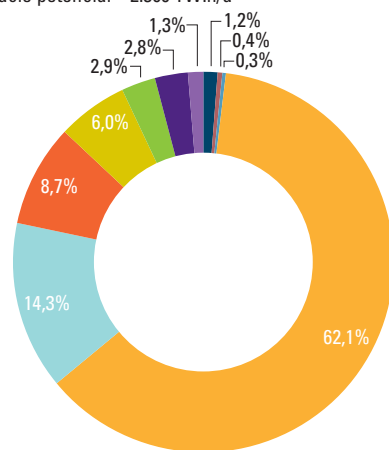
	Potència (GW <sub>p</sub> )	Generació (TW.h/any)	Desenvolupament potencial (%)	Ocupació de territori (%)
Hidroelèctrica (P >10 MW)	16,6	30,7	100	-
Minihidràulica (P < 10 MW)	2,2	6,9	100	-
Eòlica terrestre	137,3	342,8	15	8,50
Eòlica marina	33,0	66,8	20	-
Fotovoltaica integrada	123,6	142,3	25	-
Fotovoltaica azimuthal	106,3	207,3	15	1,32
<b>Biomassa total</b>	<b>11,0</b>	<b>69,1</b>	<b>-</b>	<b>3,05</b>
Biomassa residual i biogas	8,25	50,9	100	-
Cultius energètics	1,61	10,6	30	1,90
Cultius forestals de rotació ràpida	1,16	7,6	20	1,15
Muntanya baixa	0,0	0,0	0	0,00
Solar termoelèctrica	410,8	1.484,6	15	1,99
Onades	8,4	29,6	10	-
Geotèrmica roca seca	1,49	9,8	50	0,00
<b>TOTAL renovables</b>	<b>850,7</b>	<b>2.389,7</b>	<b>-</b>	<b>14,9</b>

## Repartiment percentual de potències i capacitat de generació de les diferents tecnologies considerades en un mix amb 851 GW<sub>p</sub> de potència nominal instal·lada.

Potència total = 851 GW<sub>p</sub>



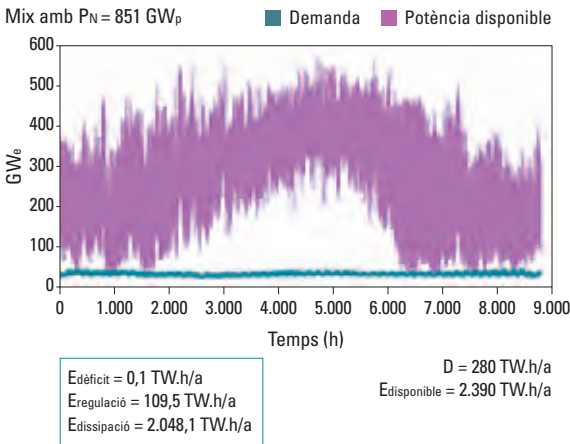
Generació potencial = 2.390 TW.h/a



## 4.2

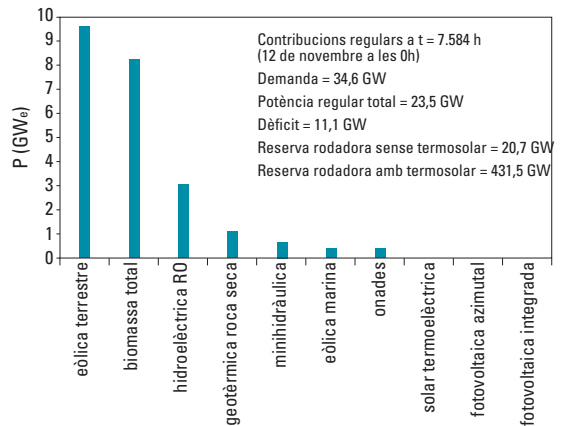
També veiem com varia al llarg de l'any la generació d'electricitat en comparació amb la demanda elèctrica original.

### Evolució de la capacitat de generació horària anual juntament amb la de la demanda peninsular, per a un mix amb 851 GW<sub>p</sub> de potència nominal instal·lada.



Veiem que, enfront d'una demanda elèctrica original anual de 280 TWh, estarien disponibles un total de 2.390 TWh. Els petits dèficits de potència al llarg de l'any sumen 0,1 TWh, que poden ser atesos perfectament amb gestió de la demanda, mitjançant sistemes d'emmagatzematge energètic o amb els 110 TWh disponibles a centrals que poden regular-ne la producció. Una vegada atesa tota la demanda elèctrica original, a aquest mix li sobren 2.048 TWh per poder atendre sense problemes els 1.862 TWh de demanda elèctrica addicional. Fins i tot a l'instant més crític de l'any hi hauria prou reserves per atendre la demanda, com veiem al gràfic:

### Contribució de les diferents tecnologies d'un mix amb 851 GW<sub>p</sub> a la cobertura de la demanda en t = 7.584 h (12 de novembre a les 0h), l'instant de màxim dèficit de potència.



Aquest exemple, tanmateix, no ha estat optimitzat com els anteriors que hem vist, de manera que no significa que faci falta necessàriament tota aquesta potència renovable per atendre la demanda total, sinó que demostra una de les maneres possibles de fer-ho. Tampoc vol dir que la millor manera d'atendre la demanda total sigui produint electricitat en tots els casos, sinó que amb la producció d'electricitat 100% renovable es podria fer.

## 4.3

### 4.3. Cobertura de la demanda: conclusions

Com hem vist, es poden realitzar múltiples combinacions de sistemes de generació renovables per cobrir completament al llarg de l'any la demanda d'electricitat i, fins i tot, la d'energia total, tenint en compte que:

- Una important característica del mix de generació renovable és la diversitat tecnològica, gràcies a la qual el recurs energètic disponible es fa molt regular en el temps. Si bé existeix prou potencial renovable per configurar fàcilment un mix que cobreixi la demanda, fins i tot als instants crítics (puntes de calefacció), utilitzant unes poques tecnologies, **dotar d'una major diversitat tecnològica al mix de generació permet reduir la potència total a instal·lar i augmentar la seguretat de subministrament.** Aquests objectius també es poden assolir utilitzant la capacitat de regulació de tecnologies com l'hidroelèctrica, biomassa i geotèrmica.
- A més, caldria fer tot el possible per **impulsar l'arrencada de la tecnologia termosolar, pels seus avantatges únics:** elevat potencial, disponibilitat de potència per a puntes de demanda (en hibridació amb biomassa), capacitat d'acumulació energètica diària, generació d'activitat econòmica al nostre país, lideratge industrial espanyol, utilitat a regions clau del món i contribució al desenvolupament sostenible.
- Tenint en compte que un mix que cobreixi el 100% de la demanda elèctrica i garanteixi la seguretat de subministrament amb energies renovables comporta la necessitat de dissipar una gran quantitat d'energia, seria **convenient integrar el sistema energètic total per cobrir tota o part de la resta de demandes energètiques, mitjançant l'electricitat excedent del sistema elèctric renovable.**

## CANVIS DE PARADIGMA NECESSARIS PER PLANTEJAR-SE UN SISTEMA RENOVABLE

L'informe planteja diferents "canvis de paradigma" necessaris per poder trencar algunes barreres que impedeixen avui ni tan sols pensar en un sistema completament renovable:

### ■ Les tecnologies renovables com a element principal del sistema elèctric.

- Per tal que les tecnologies renovables passin de ser un apèndix del sistema elèctric a ser considerades elements principals, hauran de passar d'operar-se en "mode de màxima potència" (sempre que la central estigui disponible ha d'injectar a la xarxa l'electricitat que produeix) a fer-ho en "mode de regulació" (les centrals han de funcionar segons la demanda elèctrica ho requereixi).

### ■ El paper a exercir per l'electricitat i la gestió de la demanda.

- Per evitar dissipar una gran quantitat de la capacitat de generació renovable, es podria aprofitar aquesta energia per a altres demandes energètiques, com les demandes de calor de baixa temperatura o els vehicles. Això proporcionaria una gran "capacitat d'acumulació distribuïda" (calor acumulada a edificis, dipòsits d'aigua calenta i calefacció, bateries de vehicles, etc.), molt útil per a una gestió de la demanda. D'aquesta manera, es podria accelerar la conversió cap a la sostenibilitat dels sectors edificació i transport, juntament amb l'ús d'altres opcions renovables no elèctriques.

- La gestió de la demanda hauria de buscar desplaçar el consum cap a les hores centrals del dia (al revés que ara), que és quan hi ha més producció a les centrals solars.

- Un sistema renovable integrat permetria cobrir amb renovables, a més de la demanda d'electricitat, una gran part (fins i tot el 100%) de la demanda energètica dels sectors edificació i transport, de manera més econòmica que fent les dues coses per separat (utilitzar unes tecnologies renovables només per generar electricitat i altres tecnologies renovables només per a les demandes no elèctriques). Això podria obrir una porta per aconseguir reconduir aquests altres sectors cap a la sostenibilitat en el curt termini de temps disponible, si bé aquesta no seria l'única manera de fer-ho i, per descomptat, en el procés de transició caldria recórrer a altres opcions renovables no elèctriques per cobrir la demanda d'aquests sectors.

## QUANTES CENTRALS RENOVABLES CALDRIEN I COM HAURIEN D'UTILITZAR-SE, AMB EL MÍNIM COST?

Una vegada hem vist que és possible satisfer completament la demanda mitjançant energies renovables, i que existeixen múltiples combinacions per aconseguir-ho, a continuació presentem els principals resultats i conclusions de cadascuna de les etapes de l'estudi dirigides a respondre les qüestions de quanta potència renovable caldria instal·lar i quina seria la forma d'operar el parc generador, per aconseguir cobrir la demanda amb renovables al mínim cost. En primer lloc, presentem conclusions relacionades amb la potència necessària a instal·lar: anàlisi del múltiple solar i anàlisi de la capacitat d'acumulació. Per últim, presentem conclusions relacionades, a més de amb la combinació de tecnologies a instal·lar, amb la forma d'operar el parc generador per obtenir el mínim cost: anàlisi de xarxa i anàlisi del cost de l'energia no subministrada.

### Necessitat de potència instal·lada (anàlisi del múltiple solar)

Podem ajustar la potència que calgui instal·lar per cobrir completament la demanda amb renovables, tenint en compte que:

- La **dispersió geogràfica i diversitat tecnològica** al sistema peninsular permeten aconseguir majors cobertures amb renovables (SF) i menors costos (LEC<sup>3</sup>) per a cada nivell de potència instal·lada (SM) en relació a allò que s'aconsegueix en un sistema autònom unifamiliar, de manera que el que al sistema peninsular s'aconsegueix amb un parc generador de  $SM = 2$ , requereix en un sistema autònom utilitzar  $SM > 30$ .
- Segons augmenta la potència renovable instal·lada, la part de la demanda no coberta per les renovables resulta més crítica en termes de potència que d'energia, és a dir, el problema no està en disposar de prou energia sinó en poder-la subministrar justament en els moments en què la demanda sigui elevada. La solució més adequada seria cobrir aquests dèficits amb una bona gestió de la demanda o, quan se n'estigui mancat, utilitzar centrals que poden regular-ne la producció, com les instal·lacions termosolars amb biomassa o les centrals hidroelèctriques i geotèrmiques, o amb una petita capacitat d'emmagatzematge.
- En un sistema amb un elevat percentatge renovable, **l'ús més apropiat de la biomassa seria en hibridació de centrals termosolars.**
- A partir de  $SM = 2,5$ , la potència que no s'utilitzarà al llarg de l'any és de l'ordre de la potència elèctrica demanada, fet que obligaria a desaprofitar una gran quantitat d'energia. Això suposa que, a partir d'aquests valors de SM, el cost de l'electricitat subministrada resulta major que el que resultaria si, amb un mateix mix de generació, s'aprofités l'electricitat excedent, i aquesta diferència creix segons augmenta el SM. Per tant, els mix amb SM per sobre de 2,5 serien més apropiats en el marc de sistemes energètics integrats, en què el gran excedent de capacitat de generació respecte a la demanda elèctrica es pugui dedicar a atendre altres demandes energètiques.

[3] LEC: cost normalitzat de l'electricitat (vegeu document "Renovables 100%: comparativa de costos").



- Pot entendre's el cost de regular amb un parc generador donat per ajustar-se a la demanda com la diferència entre el cost de l'electricitat en aquest mix i el mínim que es tindria si s'aprofités tota l'electricitat produïda. Per exemple, aquesta diferència de costos és de tan sols 0,53 c€/kWh en un mix amb SM = 2, però ascendeix a 29,13 c€/kWh en un mix amb SM = 15.

## Anàlisi de la capacitat d'acumulació

Es necessita molt poca capacitat d'acumulació d'energia, o fins i tot cap, per gestionar adequadament el sistema, tenint en compte que:

- Perquè la capacitat d'emmagatzematge permeti cobrir totalment la demanda, el rendiment total del sistema de generació ha de permetre que hi hagi més energia excedentària disponible (dissipació) que la que es necessita (dèficit) en total anual. **Com més equilibrades al llarg de l'any estiguin la dissipació i el dèficit, menys acumulació es necessitarà.**
- **A partir de SM = 2,5, resulta més rendible per cobrir la demanda utilitzar la capacitat d'emmagatzematge que seguir augmentant la potència instal·lada.** Però serà encara més econòmic aprofitar la potència disponible a les centrals termosolars en hibridació amb biomassa, i més econòmic encara gestionar les escasses puntes de dèficit amb gestió de la demanda.
- Per cobrir el 100% de la demanda amb mix de SM superior a 2,5, **les baixes capacitats d'emmagatzematge requerides estan disponibles amb una gestió adequada dels recursos hidroelèctrics i de bombament ja existents.**

- **El valor econòmic òptim de la capacitat d'acumulació (0,15 TWh) correspon a unes quatre hores d'autonomia** enfront de la demanda elèctrica mitjana.

## Anàlisi del sistema de generació elèctrica

L'anàlisi de la combinació òptima de tecnologies de generació a instal·lar i de quines d'elles convé utilitzar a cada moment per atendre la demanda, permet optimitzar el cost de la generació d'electricitat en un sistema completament renovable, tenint en compte que:

- Els mix obtinguts en **incorporar el cost en cicle de vida** (com a resultat de l'optimització del problema acoblat de quines centrals instal·lar i quines operar) tenen una **diversitat tecnològica considerable, i no estan dominats per cap tecnologia.**
- El **bombament hidroelèctric** s'utilitza amb factors de capacitat molt majors que els actualment utilitzats, si bé no requereix grans potències instal·lades.
- Una planificació adequada del desenvolupament del mix de generació renovable pot apuntar en una direcció ben diferent de la qual ens duria la situació actual del mercat. L'absència d'aquesta planificació ens conduirà a la realització d'inversions no òptimes i, per tant, a un major cost de l'electricitat en cicle de vida, en quedar aquest cost condicionat per les inversions realitzades. Per tant, **per assolir un mix 100% renovable econòmicament òptim cal una adequada planificació**, ja que en cas contrari es desenvoluparan al màxim les renovables més econòmiques en el moment actual i no s'aconseguirà desplaçar les energies brutes completament.

- Els mix optimitzats fan un **ús extens de la hibridació amb biomassa de les centrals termosolars**, que passen a tenir disponibilitat contínua de generació, exercint el mateix paper que tindria una central termoelèctrica convencional.
- El **cost marginal de l'electricitat**, per a mix optimitzats amb hibridació solar-biomassa, es manté fixat durant pràcticament tot l'any **per sota de 2,4 c€/kWh<sub>e</sub>**. Només existeix de l'ordre d'una hora a l'any en què el cost marginal es dispara a valors molt més elevats.
- A l'hora de tractar amb mix de generació amb una gran contribució de tecnologies renovables, s'han constatat les limitacions existents a les eines convencionals per a les anàlisis de xarxa. **Es requereix un desenvolupament tecnocientífic important per adaptar les eines d'anàlisi a la nova situació**, fet que hauria de tractar-se de manera absolutament prioritària.
- **La capacitat de gestionar correctament un mix de generació 100% renovable, fins i tot amb la xarxa de transport actual, no sembla representar una barrera tecnològica significativa.** Qualitativament, els resultats obtinguts relatius a la gestió de la capacitat de generació, al potencial disponible i al seu homogeni repartiment peninsular, fan pensar que es podria operar el sistema 100% renovable, encara que això requerirà probablement adaptacions importants tant de la xarxa como de la forma d'operar-la en l'actualitat. La xarxa de transport elèctric és un mitjà i no una finalitat, i s'ha d'adaptar als requeriments d'un sistema de generació renovable.

## Anàlisi del cost de l'energia no subministrada (CENS)

Podem optimitzar encara més el cost de generació d'electricitat en un sistema renovable gràcies a la gestió de la demanda, tenint en compte que:

- Des d'un punt de vista econòmic, **la solució més apropiada seria la combinació d'un mix renovable optimitzat per a un valor raonable del cost de l'electricitat no subministrada (CENS), més una apropiada gestió de la demanda<sup>4</sup>.**
- Per no sobredimensionar irreversiblement una tecnologia, cal tenir en compte que **l'estructura del mix de generació òptim varia significativament segons el CENS.**
- **Augmentar el valor del CENS no té per què augmentar la potència instal·lada i l'ocupació de territori**, ja que per a mix amb valors elevats de fracció solar, la tecnologia termosolar substitueix l'edifica, reduint la necessitat de potència instal·lada.
- **No cal una gran potència de bombament hidroelèctric per cobrir els desacobraments entre capacitat de generació i demanda** (n'hi hauria prou amb un màxim de 2,69 GW de bombament, amb CENS = 8 c€/kWh<sub>e</sub>, respecte als 15 GW que es podrien instal·lar amb la capacitat d'embassament existent).
- L'optimització resultant dels càlculs realitzats és relativa, ja que es basa en projeccions de costos i tecnologies, i en un termini tan llarg la realitat

[4] Per exemple, un mix optimitzat per a CENS = 5 c€/kWh<sub>e</sub> té un LEC = 2,24 c€/kWh<sub>e</sub> (i en absència de gestió de la demanda proporcionaria SF = 92%), mentre el mix optimitzat per a cobertura completa de la demanda (SF = 100%) té un LEC = 2,48 c€/kWh<sub>e</sub> (encara que hi ha una hora a l'any en què assoleix un cost marginal màxim de 9.883 c€/kWh<sub>e</sub>).

podria ser diferent. A més, els resultats concrets pel que fa a la determinació dels mix “òptims” serien diferents segons el grau d'utilització de la gestió de la demanda. L'important és que s'ha demostrat que **es poden desenvolupar eines per analitzar i optimitzar els mix de generació elèctrica peninsular basats en renovables i amb costos associats molt favorables** (per sota de 2,5 c€/kWh<sub>e</sub>).

- **La hibridació amb biomassa de les centrals termosolars proporciona una gran seguretat de subministrament i redueix el cost del sistema de generació.** Tanmateix, atesa l'escassetat relativa de la biomassa al nostre país, cal anar en compte de no utilitzar-la amb més intensitat de la recomanable.
- Tot i que els mix “òptims” no requereixen més que unes poques tecnologies, **és recomanable utilitzar una major diversitat tecnològica, encara que això comporti majors costos**, per repartir millor espacialment la capacitat de generació i resoldre millor hipotètiques congestions de transport. Per exemple, convindria disposar de prou potència prop de les zones de gran demanda.
- **La gestió de la demanda seria l'eina més econòmica i apropiada per cobrir els escassos pics de potència que queden al llarg de l'any.** Tanmateix, com el que importa és la relació entre la demanda i la capacitat de generació a cada moment, els esquemes de gestió de la demanda podrien ser molt diferents als utilitzats fins ara, ja que en un mix renovable podria ser més adequat desplaçar la demanda a les hores centrals del dia, malgrat ser quan es produeix la punta de demanda absoluta, ja que la capacitat de generació solar podria fer que aquestes hores fossin “vall” (en termes relatius).

## CONCLUSIÓ FINAL

Després d'analitzar en detall els sistemes de generació elèctrica peninsulars basats en renovables, des d'un punt de vista d'acoblament temporal generació-demanda, costos i optimització de la inversió i de l'ús, es conclou que:

- **És viable plantejar-se un sistema de generació basat al 100% en energies renovables**, tant per cobertura de la demanda elèctrica com de la demanda d'energia total.
- **Els costos totals de l'electricitat generada són perfectament assumibles i molt favorables** respecte a un escenari tendencial.
- **Existeixen prou eines per garantir una cobertura de la demanda** al llarg de tota la vida útil del sistema de generació.

## PROPOSTES DE GREENPEACE

Per evitar un canvi climàtic perillós, cal una revolució energètica que canviï la manera en què generem i utilitzem l'energia. Aquest informe demostra que Espanya pot assolir un horitzó 100% renovable per a la seva generació d'electricitat i, fins i tot, és possible plantejar-se un objectiu tan ambiciós per atendre totes les necessitats energètiques. "Renovables 100%" és econòmicament i tècnicament viable, i proporciona l'única opció seriosa de canviar el model energètic per un que permeti a la humanitat sobreviure al canvi climàtic sense provocar o augmentar altres greus problemes ambientals i socials. Espanya pot i ha d'assumir el lideratge d'aquesta revolució energètica. El que fa falta és voluntat política per fer-ho. El mínim que s'ha d'exigir a un Estat responsable és que analitzi amb serietat i detall l'opció renovable 100% i la incorpori als seus objectius de planificació energètica. Per això, Greenpeace demana al Govern espanyol:

- Establir **objectius d'obligatori acompliment de planificació energètica** de mitjà i llarg termini, concretament els següents:
  - Eficiència energètica: reducció de la demanda d'energia primària en un 20% el 2020 respecte a l'actual.
  - Contribució de les renovables a l'energia primària: un 30% el 2020, un 80% el 2050.
  - **Contribució de les renovables a la generació d'electricitat:** un 50% el 2020, un **100% el 2050**.
  - Contribució de les renovables a la climatització d'edificis: un 80% el 2050.
- Adoptar **objectius de reducció d'emissions de CO<sub>2</sub>** amb els quals contribuir a una reducció de les emissions a la UE respecte al 1990 del 30% el 2020 i del 80% el 2050.
- Reforçar el sistema de primes, mitjançant una **Llei d'energies renovables**, per assegurar l'acompliment dels objectius i un retorn definit i estable a les inversions, que han de ser més atractives que les inversions en energia bruta.
- **Acabar amb les distorsions de mercat** que perjudiquen les energies renovables. Posar fi a totes les subvencions, directes i indirectes, als combustibles fòssils i a l'energia nuclear, i internalitzar-ne tots els costos externs socials i ambientals, assegurant que el preu de l'energia final reflecteixi tots els costos segons la font d'energia utilitzada. Contaminar ha de sortir car.
- **Reformar el mercat elèctric**, eliminant les barres a les renovables, mitjançant:
  - Processos administratius i d'autorització simplificats, coordinats i uniformes a tot el territori per als projectes renovables.
  - Accés prioritari a la xarxa garantit per als generadors renovables, eliminant tota discriminació en les tarifes d'accés.
  - Repartiment dels costos de modificació i extensió de la xarxa entre tots els consumidors.
  - Separació completa d'activitats entre empreses generadores i distribuïdores, no permetent-ne la pertinença a un mateix grup empresarial.

- Dret de tots els consumidors a escollir l'origen de l'energia que consumeixen, establint un sistema oficial d'etiquetatge elèctric i garantia de l'origen de tota l'electricitat, que assegurí que totes les empreses comercialitzadores d'electricitat quedin obligades a informar a les factures, amb un format uniforme, sobre les fonts d'energia utilitzades i el seu impacte ambiental.
- Adaptar el **disseny de les xarxes** elèctriques i de gasoductes, així com les eines i normatives per a la seva gestió, per facilitar la posada en pràctica d'un sistema 100% renovable.
- Utilitzar la **gestió de la demanda** per aconseguir un sistema 100% renovable al mínim cost possible.
- Acabar amb el malbaratament d'energia, imposant **nivells obligatoris d'eficiència** per al consum energètic de tots els electrodomèstics, edificis i vehicles.
- **Continuar la investigació** iniciada per Greenpeace per analitzar la viabilitat tècnica d'un sistema elèctric 100% renovable, dotant dels recursos econòmics necessaris per desenvolupar les eines que permetin realitzar les anàlisis.

# PROJECTE REVOLUCIÓ ENERGÈTICA

Greenpeace va encarregar a un equip de l'Institut d'Investigació Tecnològica de la Universitat Pontificia Comillas, encapçalat pel Dr. Xavier García Casals, un estudi tècnic que tenia per objectiu esbrinar si les renovables són suficients per cobrir la demanda energètica de la societat. Aquesta qüestió és clau per saber si necessitem desenvolupar altres fonts d'energia que cobreixin les suposades limitacions de les renovables o, per contra, verificar que és possible evitar un canvi climàtic perillós mitjançant la substitució completa dels combustibles fòssils per energies renovables.

El novembre de 2005 es van presentar els resultats de la primera part del projecte sota el títol "Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de les energies renovables a l'Espanya peninsular", on es conclouia que la capacitat de generació d'electricitat amb fonts renovables equival a més de 56 vegades la demanda d'electricitat de l'Espanya peninsular projectada el 2050, i a més de 10 vegades la demanda d'energia final total. Quedava així demostrat que amb renovables es pot disposar d'energia en quantitat més que suficient, però faltava demostrar si seria econòmicament i tècnicament viable fer funcionar tot el sistema elèctric només amb renovables per satisfer la demanda projectada.

El 2007, l'informe "Renovables 100%. Un sistema elèctric renovable per a l'Espanya peninsular i la seva viabilitat econòmica" ofereix els resultats de la segona fase de l'estudi, on es quantifica i avalua tècnicament la viabilitat d'un escenari basat en energies renovables per al sistema de generació elèctrica peninsular. **Les anàlisis demostren la viabilitat tècnica i econòmica d'un sistema basat al 100% en renovables.**





**GREENPEACE**