



Transició energètica

Què és urgent?

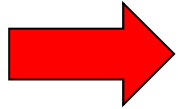
Què és important?

Francesc Reventós i Puigjaner

Contingut

1. Introducció
2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
4. Acords de sobrietat
5. El problema energètic del Sud Global
6. Aspectes geopolítics
7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

Contingut



1. Introducció
2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
4. Acords de sobrietat
5. El problema energètic del Sud Global
6. Aspectes geopolítics
7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals



Francesc Reventós Puigjaner

Professor de la
Universitat Politècnica
de Catalunya

Els objectius ecològics són dos



Molt sovint ens trobem amb qui confon descarbonització amb aconseguir la sostenibilitat! Descarbonitzar és alliberar l'atmosfera d'anhidrid carbònic o CO₂, i aconseguir la sostenibilitat és aconseguir la compatibilitat del ritme de vida de la humanitat amb el planeta i els seus ecosistemes.

opi
cor
ser
un:
me
tel:
I
pe
ma
est
ade
del
res
cor
un:
dic
me
acc
la l
ene
pet
hai
de
dei
obj
P
dos
-l'
del
sos
ca-
un-
tan
rèr
len
rèr
gèr
urg
l'es
és,
ma
NT-

Introducció

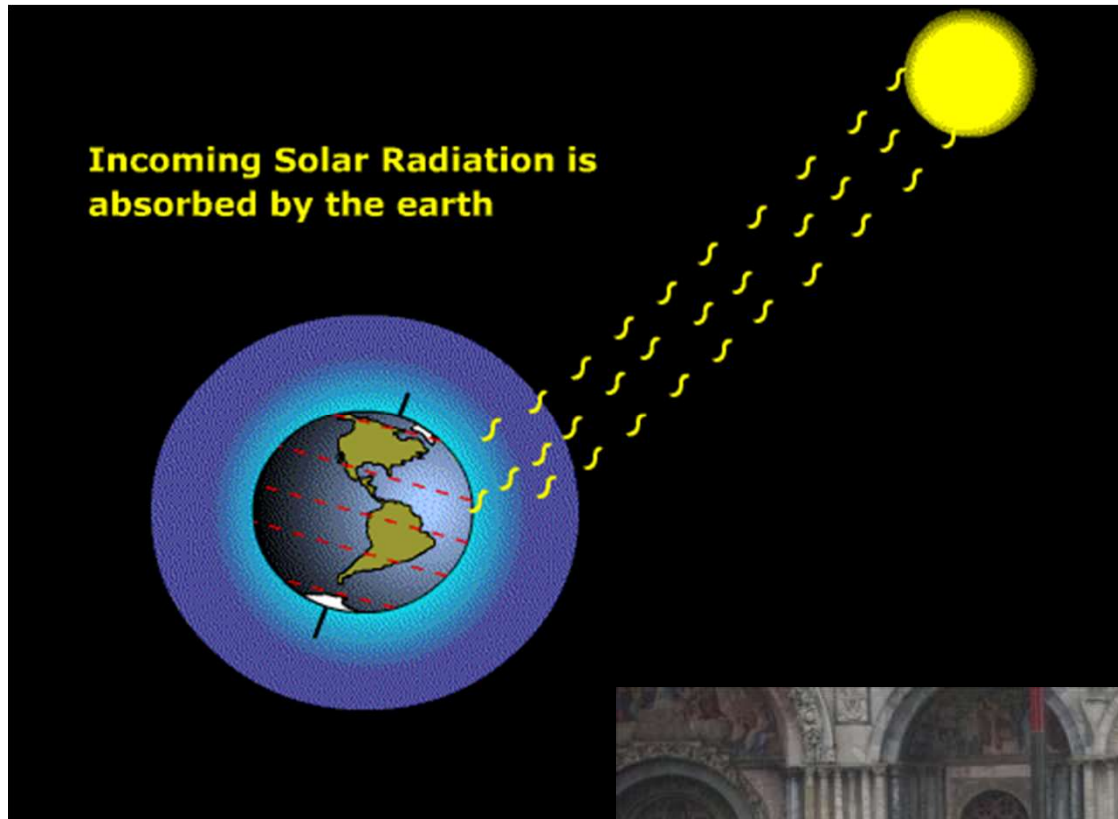
Molt sovint ens trobem qui **confon** descarbonització amb assolir la sostenibilitat!

Descarbonitzar és alliberar l'atmosfera d'anhidrid carbònic o CO₂

Assolir la sostenibilitat és aconseguir la compatibilitat del ritme de vida de la humanitat amb el planeta i els seus ecosistemes

Són dos conceptes pròxims i, segons com, molt pròxims! En parlarem amb detall i intentarem distingir-los. La distinció serà crucial!

Introducció



L'escalfament global del planeta és un problema punyent i així ens ho asseguren els **estudiosos en climatologia**. Una sèrie de gasos produïts sobretot per l'activitat humana s'estan acumulant a l'atmosfera i **difículten el funcionament natural** del planeta.

Hem d'evitar el CO₂, produït per les combustions fòssils.

Si no aturem aquest escalfament de manera ràpida, som a les portes d'un **canvi climàtic** que pot ser irreversible i catastròfic.



Hem de descarbonitzar

Introducció

Som habitants d'un **planeta finit**.

La terra és un sistema **obert** des del punt de vista energètic i **tancat** pel que fa als materials.

A més a més, a la terra hi trobem una cosa a què anomenem **vida** i que sembla bastant únic. La vida o els ecosistemes són quelcom molt peculiar.

En efecte, el planeta **rep** energia del sol i **emet** energia degradada cap a l'univers.

Els materials que trobem a la terra es van consumint i mai no són reposats. El carbó, el petroli, el gas o l'urani, però també el ferro, l'alumini, el liti o el gal·li que trobem al planeta poden ser utilitzats amb cautela i per un temps limitat.

Hem d'assolir un funcionament estable i durador del planeta o el que podríem entendre com el seu **estat estacionari** desitjable amb un **consum de materials quasi nul** i una producció **d'energia 100% renovable**.

Introducció

És molt **URGENT** evitar el canvi climàtic

Aproximadament 30 anys!!!

1er objectiu ecològic

És molt **IMPORTANT** recuperar
l'equilibri i arribar amb garanties a un demà cent
per cent renovable

2on objectiu ecològic

Introducció

Si tinguéssim la capacitat de dur a terme una transició energètica que implementés el **tot**-renovable a **tot** el món en **30 anys** hauríem resolt els dos problemes.

La situació de partida **està molt desbordada...** Els combustibles fòssils proporcionen avui el **80% de l'energia mundial**. Hi ha països, empreses i ciutadans que són **negacionistes**.

Si de veritat volem en 30 anys reduir, i fins i tot eliminar, l'ús d'aquests combustibles, hem d'utilitzar amb seny **totes aquelles fonts d'energia descarbonitzada (bàsicament renovables i nuclears)** que permetin la substitució de la producció per combustions fòssils. **El 1er objectiu ecològic, la descarbonització és molt urgent!**

Introducció

Creació d'infraestructura energètica renovable:

Transició complexa.

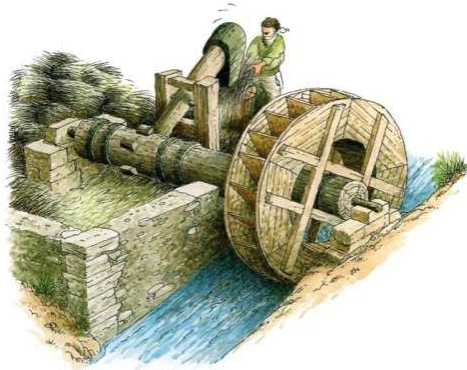
Gran potencial d'aquestes energies i particularment de l'energia solar.

Mútua adaptació entre la societat i la manera **com sabem produir energia renovable**.

És una dificultat que requereix **temps i retroalimentació**.

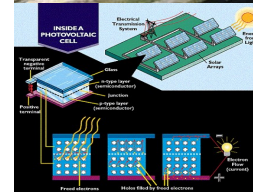
L'assoliment de la sostenibilitat és molt important (2on objectiu ecològic)

Introducció

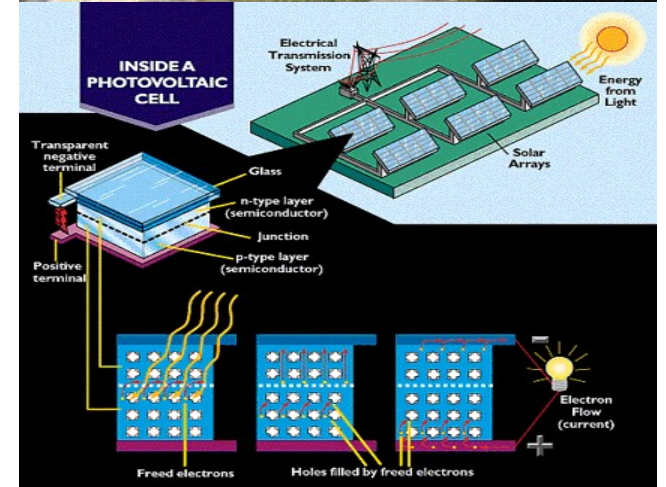
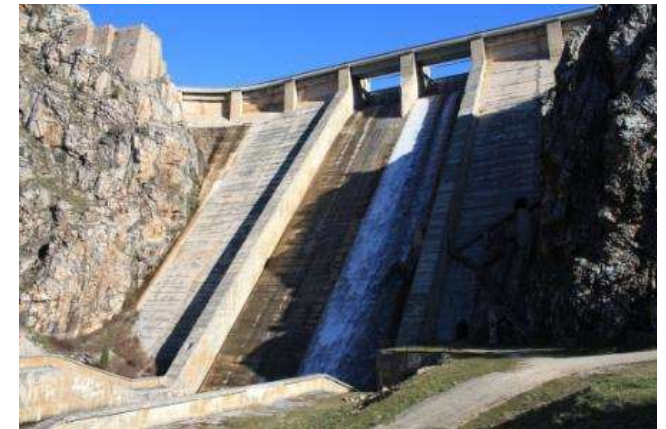


Ralf Roletschek
German Wikipedia

Passat renovable



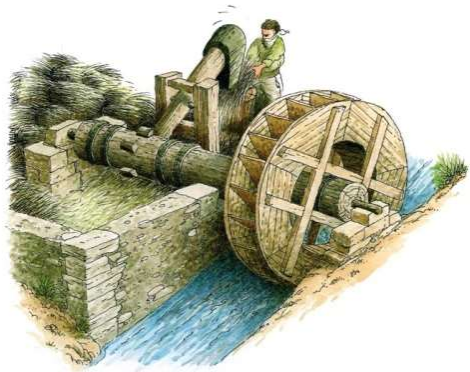
Present divers



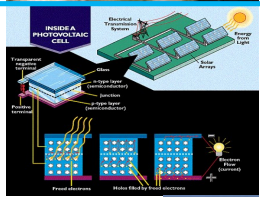
Futur renovable

Producció regulable

Introducció



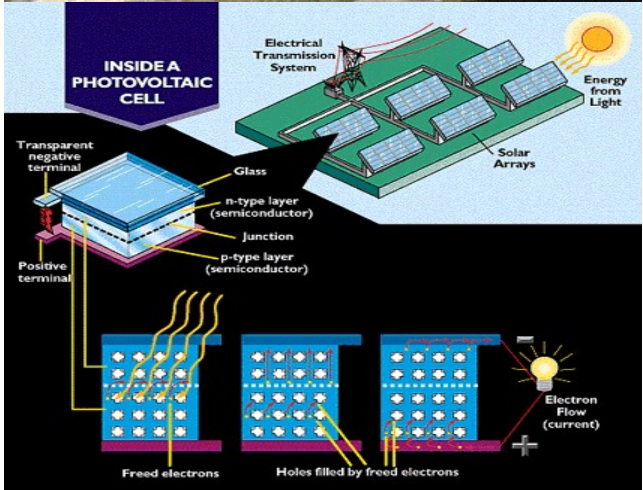
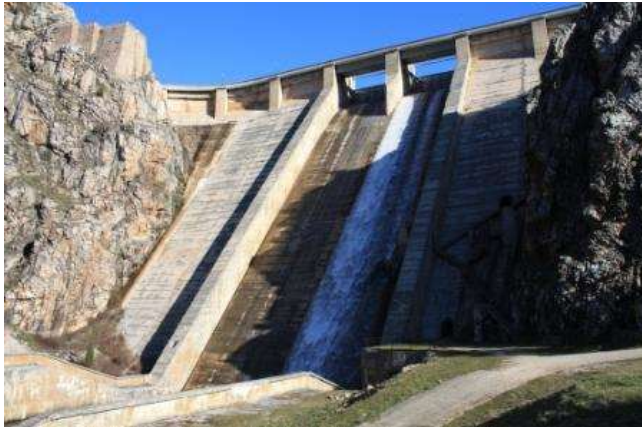
Passat renewable



Producció renewable

Producció descarbonitzada

Present divers

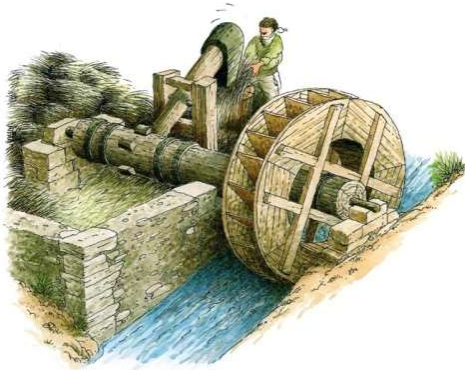


Futur renewable

**PRIMER
DESCARBONITZAR**

Producció
regulable

Introducció



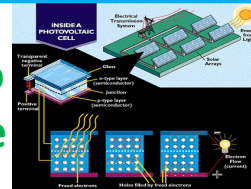
Ralf Roletschek
German Wikipedia

Passat renewable

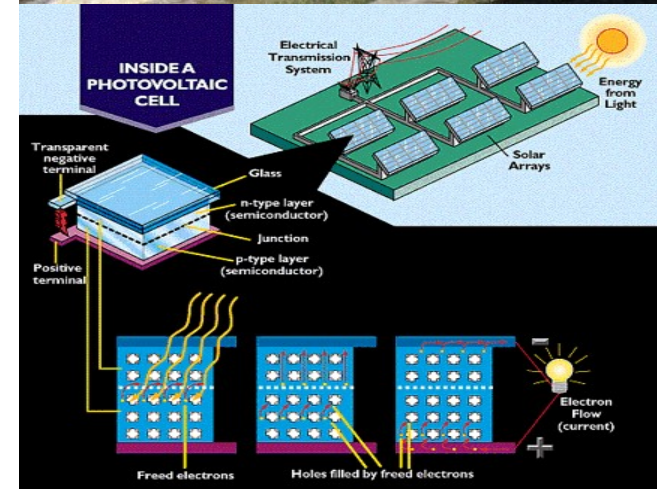
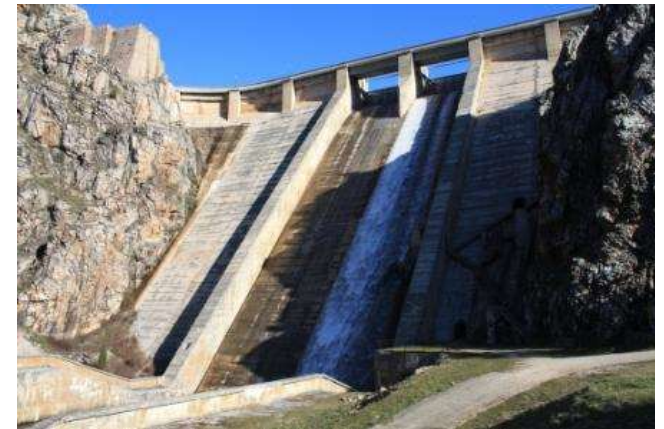


Producció
renewable

Producció
descarbonitzada



Present divers



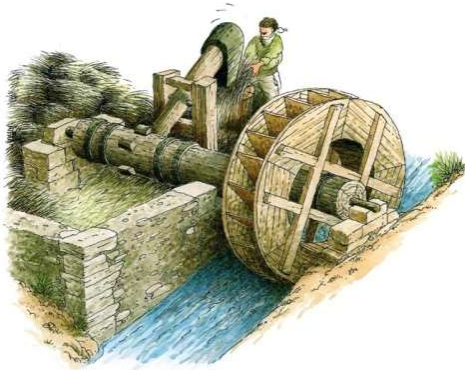
Futur renewable



**DESPRÉS
CULMINAR EL
TOT-RENOVABLE**

Producció
regulable

Introducció

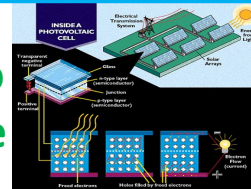


Passat renovable

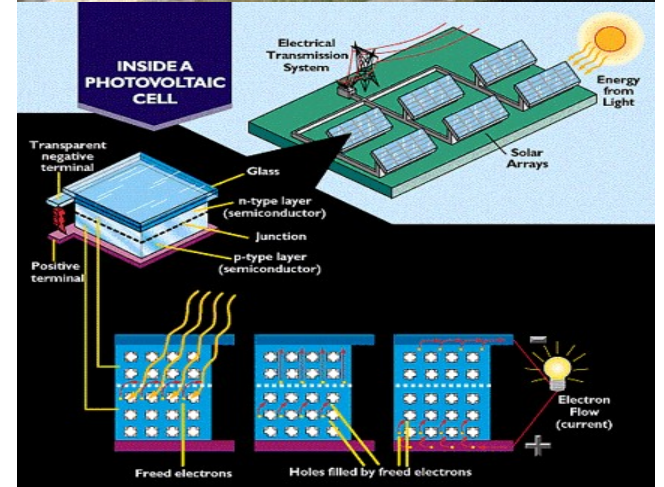
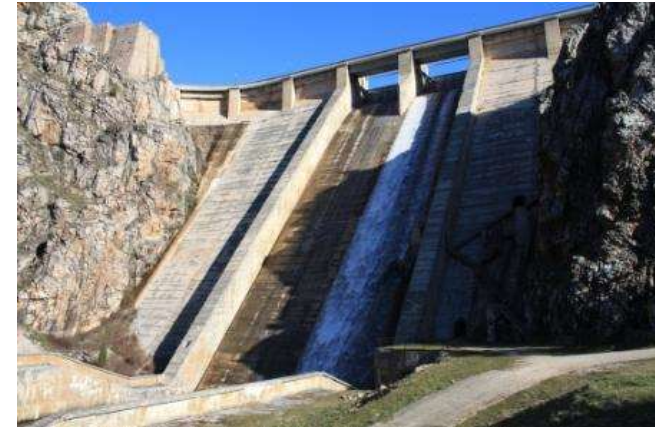


Producció
renovable

Producció
descarbonitzada



Present divers



Futur renovable

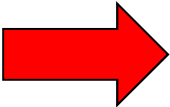
Introducció

La proposta és una estratègia-marc que vol:

- Superar la feblesa de **l'opció que sembla vigent (Paris 2015)**
- Aprofitant i ressaltant però els seus aspectes **positius**
- Concentrant esforços i mitjans en assolir els **dos objectius**
Primer descarbonitzar i després culminar el tot renovable
- Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
- Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient.
- Acords de sobrietat.
- Suport al progrés energètic del Sud Global

Enquadrar el problema / Donar alguns detalls sobre l'estratègia

Contingut

1. Introducció
-  2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
4. Acords de sobrietat
5. El problema energètic del Sud Global
6. Aspectes geopolítics
7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

Reconducció de la utilització de combustibles fòssils

Consisteix en:

- Aturada pràcticament de totes les combustions fòssils
- **Pacte** amb els productors de combustible fòssil
- Substitució per una **producció descarbonitzada robusta**

Els combustibles fòssils avui s'utilitzen per a:

- produir electricitat (**Alemanya produeix quasi el 50% amb carbó**)
- la mobilitat (**25milions de vehicles privats fent 12000km/any**)
- usos tèrmics (**els usos tèrmics industrials són equivalents als elèctrics als països industrialitzats**)

L'electricitat a la llar representa menys del 20% del problema!!

Reconducció de la utilització de combustibles fòssils

Parlem dels productors de fòssil

Hi ha països molt diversos considerats productors:

- Potències mundials (com ara Rússia i Estats-Units)
- Països desenvolupats (com ara Alemanya, Noruega o Països Baixos)
- Països amb precarietats estructurals rellevants (com ara Mèxic, Veneçuela o Algèria)
- Països essencialment productors (com ara els del Golf Pèrsic)

L'opció vigent (París 2015) es limita a **demanar** als consumidors que deixin de consumir.

La proposta vol combinar diplomàcia amb fortalesa industrial

Reconducció de la utilització de combustibles fòssils

Fortalesa per a què?

És molt difícil convèncer a algú que abandoni el seu negoci si el seu producte té **unes prestacions i un preu temptadors** per a tothom incloent la teva gent i el Sud Global.

Pro-descarbonització vs. fòssil-dependent.

Si el **grup pro-descarbonització** pot oferir al país en dubte centrals que produeixin energia descarbonitzada i atractiva en preu i prestacions, **competint amb l'oferta del grup fòssil-dependent**, la negociació serà més senzilla.

La postura socio-conscient o planetària serà **més forta quan més robusta** i sobrada sigui la capacitat de producció descarbonitzada.

Reconducció de la utilització de combustibles fòssils

Com ha de ser aquesta fortalesa?

Estem parlant d'una energia com a **trumfo**.

Ha de ser **diversa** : renovables per a sempre, i renovables i nuclears per a la transició...

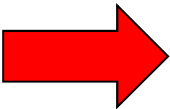
Ha de cobrir les fases **d'enginyeria i fabricació** ben segur, i també la fase de **producció**...

Continuar promocionant les **renovables**....

En l'àmbit nuclear conservar les companyies d'enginyeria i fàbriques de components i combustible i, de moment **no fer cap pas enrere** pel que fa a les centrals...

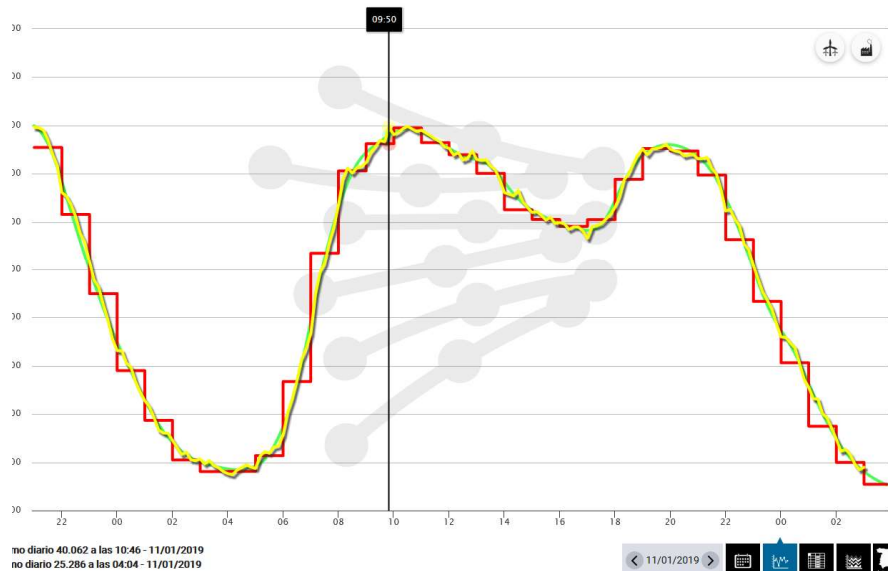
Estar al cas de **l'evolució de negacionistes** i pro-descarbonització

Contingut

1. Introducció
2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
-  3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
4. Acords de sobrietat
5. El problema energètic del Sud Global
6. Aspectes geopolítics
7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient

2on objectiu ecològic



Solar fotovoltaica	1323	3,3 (%)
Solar térmica	30	0,07 (%)
Térmica renovable	446	1,11 (%)
Nuclear	7102	17,72 (%)



Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient

“Quan parlo de dificultats d'una implementació, és perquè realment vull la portar-la a terme”

Fer enginyeria ha estat sempre analitzar vulnerabilitats i resoldre-les si és possible ja a nivell de disseny.

La potència que ens arriba del sol és sobradament més gran que la que avui consumim!!!

Crear infraestructura energètica renovable significa passar d'una estructura de sistema elèctric **centralitzat** a un altre en plena evolució, **parcial o totalment descentralitzat**, amb la seva **incertesa...**

Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient

Comentaris sobre la baixa densitat energètica de l'opció solar

Per a captar 1Mwh_{elèctric}/any a la latitud de Barcelona, cal de l'ordre **5.275m²**

Un tot-elèctric per càpita necessita **80m²** (entre 50 i 170 m²)

Població	Densitat població (habitants/km ²)	Superfície per càpita (m ² /habitant)
L'Hospitalet de Llobregat	21365	47
Barcelonès	15633	64
Catalunya	239	4181
Espanya	94	10683

L'energia solar haurà de ser captada no solament en **totes les teulades d'edificis del país**, sinó també en **camps solars**.

Les xifres mostren però, i aquest punt és important, que les dificultats en qüestió **no són insalvables**.

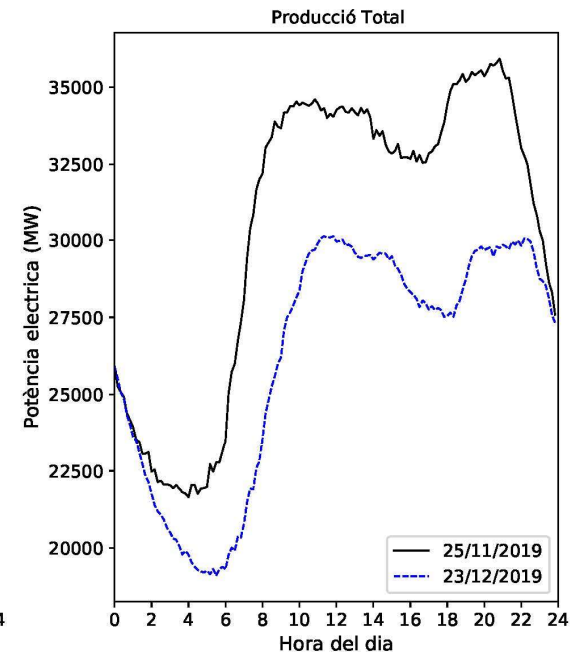
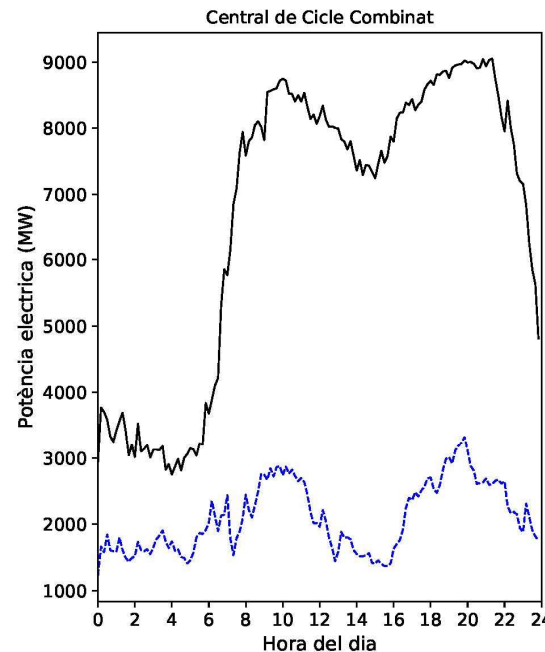
Les **comunitats energètiques** i el manteniment d'una certa **producció centralitzada** seran de gran ajuda, optimitzant l'auto-consum amb la venda d'excedents.

Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient

Comentaris sobre la intermitència de la captació renovable

Fer front a la intermitència vol un esforç de:

- enginyeria (magnitud, transició, regulacions...)
- Implementació (bateries, centrals reversibles...)
- Recerca (bateries elèctriques, hidrogen...)



Exemple. La funció de regular potència la realitzen:

- els cicles de gas, amb ajuda de les hidroelèctriques (Espanya)
- les nuclears (França)
- les hidroelèctriques (Quebec)
- no pot ser realitzada per cap font intermitent

Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient

Comentaris sobre la coincidència amb l'aturada fòssil i l'actual revolució tecnològica

L'aturada ve marcada per les necessitats de **reduir emissions**. Segons avanci la descentralització i l'aturada progressiva dels cicles combinats de gas s'ha de preveure quines potències hidroelèctrica i nuclear haurien de contribuir **en una base regulable per a la xarxa elèctrica** espanyola que assegurés la funcionalitat amb seguretat, estabilitat i cobriment de pics de potència...

La humanitat està en portes d'una revolució tecnològica basada en: la **digitalització**, la **robotització** i la **comunicació**. Pot ser un gran trasbals. Poden canviar les bases de la **relació laboral**. El manteniment de l'ocupació pot esdevenir rellevant i donar lloc a **conflictes significatius**.

Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient

Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient haurà de tenir presents requisits com ara:

Adaptar-se a l'estil de vida del futur de la humanitat

Harmonitzar-se amb la **revolució tecnològica** que estem encetant

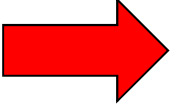
Comptar amb una instal·lació generadors d'energia renovable a un **ritme raonablement alt**

Aconseguir que aquestes implementacions siguin a prop i sota un cert **control de l'usuari**

Comptar amb un **emmagatzematge** que els doni la versatilitat necessària

Mutu procés d'adaptació

Contingut

1. Introducció
2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
-  4. Acords de sobrietat
5. El problema energètic del Sud Global
6. Aspectes geopolítics
7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

Acords de sobrietat

Francesc Reventós i Puigjaner



Tecnologia, creixement i equitat

La població mundial va creixent. En els darrers 50 anys s'ha doblat. Estem davant d'un problema complex i la humanitat té el repte de tractar-lo d'una manera cívica. Sociologia i economia constitueixen el nucli de coneixement necessari per enfocar la situació, però la tecnologia hi ha de ser. Els grans creixements demogràfics han anat lligats a revolucions tecnològiques.

Sempre ha semblat que era bo compartir. A la llarga la humanitat, si arribem a créixer tant demogràficament, haurà d'assolir una mentalitat col·lectiva de compartir.

Què cal fer avui? Tres grans problemes s'articulen amb la resposta. El primer és el tercer món i el seu endarreriment, el segon és l'estat de l'atmosfera i el tercer rau en l'estímul social i la seva forta dependència de

Per què parlem ara de l'estímul social? Durant algun període de la història el creixement demogràfic i tecnològic ens va portar a escenaris en què produir més de pressa donava lloc a riquesa i a una distribució justa i eficaç. Popularment era difícil captar la circumstancialitat del fet i la premissa va ser elevada al rang de principi ètic. El temps ha obert els ulls a molta gent però d'altres encara pensen que tot s'autocorregirà. La competitivitat, que produeix qualitat de productes i serveis, dona també lloc a abusos i altres condicions negatives.

De vegades es diu que la lluita per la mentalitat de compartir només és una meta dels anomenats crítics amb el model occidental. S'oblida sovint molts d'altres que simplement veiem clar que el creixement delirant no porta a enlloc. També hi ha tecnòlegs al

portador de tecnologia capaç d'encetar una trajectòria pròpia. D'aquesta manera podrà, a la llarga, probablement molt a la llarga, caminar juntament amb el primer món en direcció a un "decreixement" raonable. Sigui com sigui, avui, a l'hora de remuntar, haurem de mantenir o augmentar la força productiva actual.

Si volem alliberar l'atmosfera de CO₂ deixem-nos ajudar. La tecnologia ens recor-

Qualsevol estratègia per tirar endavant el sistema d'estímul social ha d'aportar seny sociològic i seny tecnològic

ment el sistema d'estímul consolidat, l'atmosfera millorarà però acabarem tan planificats que la força productiva no es mantindrà, i el tercer món no remuntarà. Si, per contra, li donem total vigència, l'atmosfera no millorarà i fins que el tercer món no sigui "negoci", ningú no li farà cas i tampoc remuntarà. Si, a més a més, per raons de l'atmosfera hem ofegat una indústria que es proposava remuntar el tercer món, no cal dir res més. Qualsevol estratègia ha de ser cautelosa aportant-hi seny sociològic i seny tecnològic.

Arran de l'esdeveniment de Fukushima m'han demanat que parlés del tema nuclear. Crec que he ajudat a entendre les raons de l'accident i de la tecnologia. A vegades intento aportar alguna cosa més que conceptes tecnològics i mostrar les con-

Preveure la **mitigació dels efectes del productivisme** sobre el consum d'energia

El concepte d'**estat estacionari** del planeta...

El desenvolupament sostenible...

El creixement demogràfic...

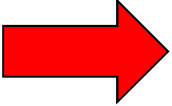
L'economia ecològica...

Sostenibilitat i anti-consumisme: **sobrietat**

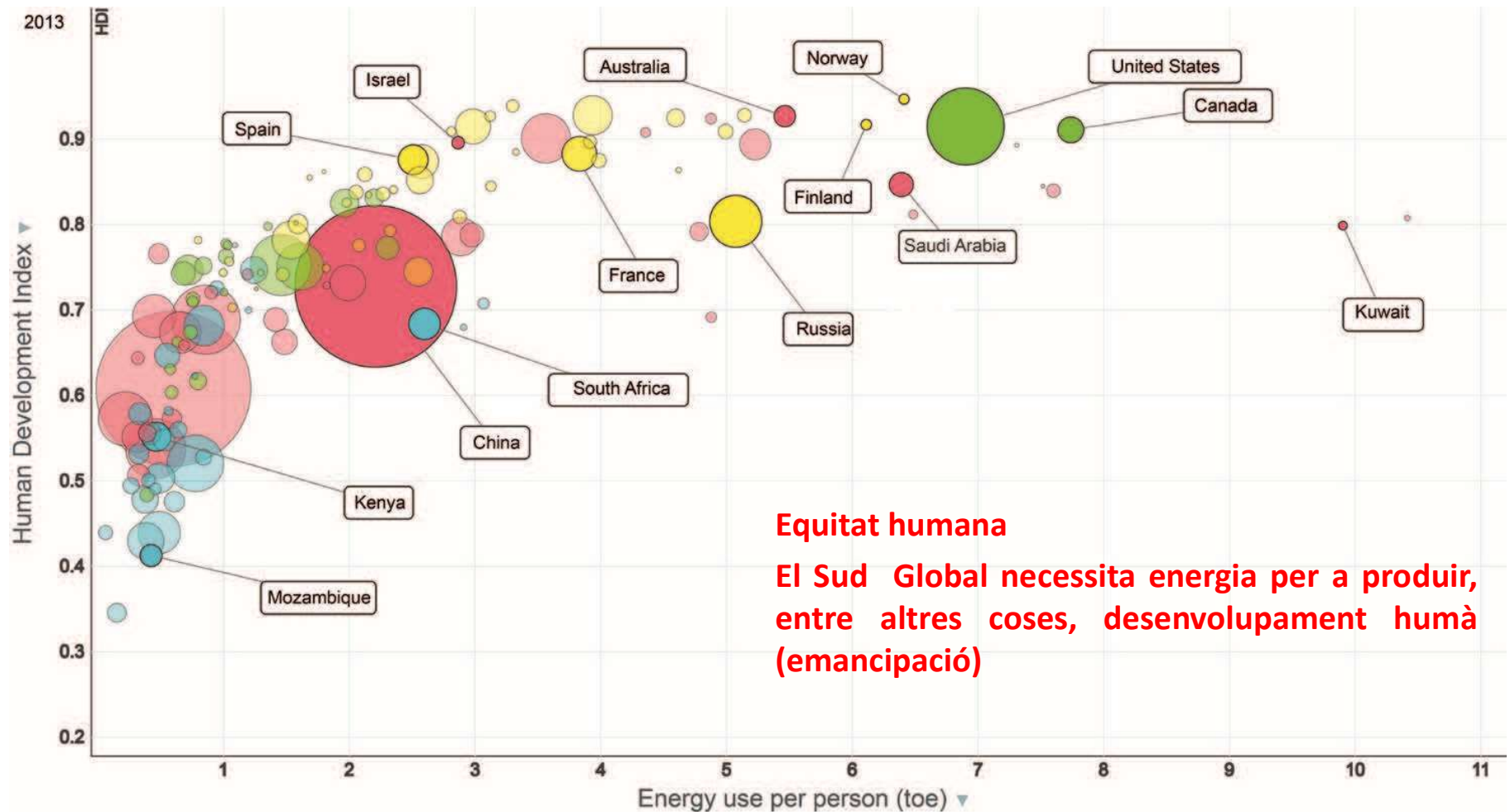
Lideratge... Previsions energètiques....

Els **ODS** i el **consum responsable**...

Contingut

1. Introducció
2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
4. Acords de sobrietat
-  5. El problema energètic del Sud Global
6. Aspectes geopolítics
7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

El problema energètic del Sud Global



Índex de Desenvolupament Humà (IDH) en funció del consum energètic per càpita. Els cercles són proporcionals a la població del país que representen.

El problema energètic del Sud Global

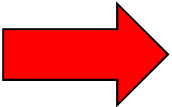
El **Sud Global necessita** energia en una conjuntura en la què **el planeta ens demana estalvi i moderació**.

Dotar-se d'una producció energètica **robusta**

Acords de **tutela o assessoria energètica** com concertacions pactades

Nacions Unides... Integrada en **futures revisions dels ODS** (Objectius de Desenvolupament Sostenible)

Contingut

1. Introducció
2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
4. Acords de sobrietat
5. El problema energètic del Sud Global
-  6. Aspectes geopolítics
7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

Aspectes geopolítics

Hi ha accions de la transició energètica poden ser **tractades localment** sense que la geopolítica les afecti

Alguna realització important pot ser totalment invalidada per la irrupció de bloquejos **tractables només des de la geopolítica**.

Els temes més rellevants són els relatius a:

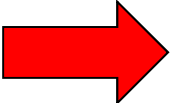
- l'aturada fòssil i la robustesa de la producció energètica substitutòria
- Les prioritats del progrés del Sud Global
- **La gestió de l'escassetat** d'alguns materials necessaris (Gal·li, Germani, Indi, Tel·luri, Liti, Neodimi, Disprosi ...)

Aspectes geopolítics

Altres reflexions geopolítiques

- Rússia i Estats-Units són potències mundials / Les seves **hegemonies** respectives tenen molt present l'explotació de recursos **fòssils** mundials
- Estats-Units: **el “My country first”. Indústria i President**
- Rússia: gran capacitat exportadora de **gas!**
- Xina ha dut a terme un **canvi espectacular** en els darrers 30 anys! Avui té grans contrastos!
- Europa té, com a punts forts el seu **desenvolupament social** i també la seva **tecnologia**
- **Què farà l'Índia?**

Contingut

1. Introducció
2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
4. Acords de sobrietat
5. El problema energètic del Sud Global
6. Aspectes geopolítics
-  7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

Rol de les centrals nuclears a la proposta

La **transició energètica robusta** no es defineix com a postura pronuclear, el seu objectiu és sobretot **d'equitat i sostenibilitat**.

Les nuclears útils i, en alguns països, indispensables per a 2 finalitats:

- **Descarbonitzar a temps:** directament i indirectament (trumfo per dissuadir)
- També són útils durant el procés de **descentralització** de la xarxa elèctrica. Avui, a Espanya, treballen en base, si convingués podrien treballar com ja ho fan a França, seguint càrrega.

Fukushima: lliçons 9 anys després

Els escenaris màxims específics suggerits per Fukushima tindrien avui una sortida airosa



Vista de la central nuclear de Daini, a la prefectura de Fukushima, on es va produir el sisme



[FRANCESC REVENTÓS I PUIGJANER](#) Professor de la UPC a l'àrea de Seguretat Nuclear i Tecnologia Energètica

L'11 de març del 2011, la regió de Fukushima va patir un terratrèmol i un tsunami importants. El tsunami concretament va consistir en una onada notablement més prominent que la més gran que s'havia registrat mai a l'emplaçament. Com a conseqüència, les seves centrals nuclears van perdre la capacitat de refredar alguns dels

Rol de les centrals nuclears a la proposta

Hi ha evidències científiques de què les nuclears són raonablement segures. Malgrat tot són **impopulars**, hi ha qui les creu insegures. S'ha de tenir present.

La proposta reconeix que les centrals nuclears comporten un risc, però accepta la **gestió que se'n fa actualment a Occident**.

Rol de les centrals nuclears a la proposta

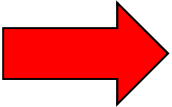
Explícitament la proposta diu que l'energia nuclear **no és per sempre...**

Nuclears i renovables són els eixos principals d'una estratègia que necessita **diversitat.**

Hem de posar les nuclears **al servei d'un demà 100% renovable.**

Les nuclears no són el futur però formen part del camí que hi porta.

Contingut

1. Introducció
2. Reconducció de la utilització de combustibles fòssils
3. Creació d'infraestructura energètica renovable i eficient
4. Acords de sobrietat
5. El problema energètic del Sud Global
6. Aspectes geopolítics
7. Rol de les centrals nuclears a la proposta
-  8. Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

La **robustesa energètica** ens ajuda a resoldre **incerteses** en temes molt diversos: paràmetres, situacions, preus de materials, l'impacte del comportament humà, el creixement demogràfic, la implementació de reformes...

Necessitat d'una aproximació **multidisciplinària i científica** que treballi **sense pressions partidistes o interessos comercials** conscients que aquestes existeixen i mereixen una atenció en el moment adequat.

Estic demanant als científics que **no acceptin línies vermelles**.

Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

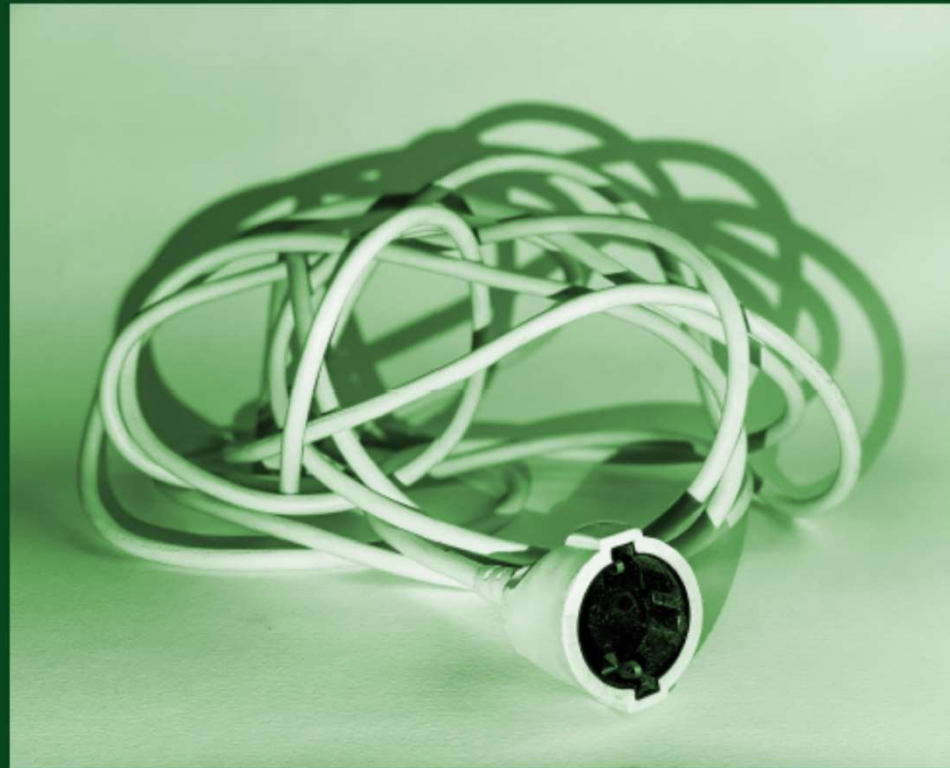
La proposta **no és un full de ruta** detallat. És una **estratègia marc** que vol impulsar un coneixement de conjunt que faci viable la interacció entre els experts involucrats. Exposa l'essència dels **esquemes dialèctics** que crec que han d'entrar en joc en el debat energètic

Podria concretar-se mitjançant 2 esmenes a la declaració París 2015 i algunes consideracions addicionals relatives a la **geopolítica i el Sud Global** que tenen una **transcendència crucial** en la transició energètica.

La proposta és una crida als científics de les disciplines involucrades a treballar plegats.

Robustesa, diàleg científic i reflexions finals

Aquest llibre tracta amb més detall el conjunt de les idees exposades avui



Transició energètica Què és urgent? Què és important?

Francesc Reventós Puigjaner



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



iniciativa
digital politècnica
Publicacions Acadèmiques de la UPC



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament de Física
Divisió d'Enginyeria Nuclear

MOLTES GRÀCIES

FRANCESC REVENTÓS i PUIGJANER

