

LES ENERGIES RENOVABLES: L'ALTERNATIVA AL COL·LAPSE DELS RECURSOS FÒSSILS



LES ENERGIES RENOVABLES: L'ALTERNATIVA AL COL·LAPSE DELS RECURSOS FÒSSILS

Aquest material és el resultat del treball conjunt de:

[CMES](#) (Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible)

[CESIRE](#) (Centre de Recursos Pedagògics Específics de Suport a la Innovació i la Recerca Educativa). Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament.

Autoria: Jordi Pujol i Soler, Rosanna Fernàndez Ruiz, Jordi Regalés i Barta

Col·laboració: Carles Riba i Romeva i Ramon Sans i Rovira

Material elaborat amb finalitat exclusivament educativa basat en els llibres “**La transició energètica del segle XXI. El col·lapse és evitable**” de Ramon Sans i Rovira i Elisa Pulla Escobar, Editorial Octaedro, Barcelona 2014, i “**Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles**” de Carles Riba i Romeva, editorial Octaedro, Barcelona 2012



Reconeixement – No Comercial – Compartir Igual (by-nc-sa): No es permet un ús comercial de l'obra original ni de les possibles obres derivades, la distribució de les quals s'ha de fer amb una llicència igual a la que regula l'obra original.

ÍNDEX

FONAMENTACIÓ CIENTIFICOTECNOLÒGICA.....	7
PREÀMBUL	9
CAPÍTOL 1. L'ENERGIA ARA: COM LA PERCEBEM I COM LA TRACTEM	10
1.1 Limitacions del cos humà per desenvolupar treball físic	10
1.2 Energia utilitzada per un ciutadà	12
1.3 Malbaratem l'energia actualment? Tenim consciència del seu consum?	13
CAPÍTOL 2. LES RESERVES DELS COMBUSTIBLES NO RENOVABLES S'ESGOTEN	19
2.1. Consideracions generals.....	19
2.2. Consums d'energia en el món i la seva evolució des de la revolució industrial	19
2.2.1 Com mesurar les reserves de fòssils i d'urani i els seus consums	19
2.2.2 Reserves i consums actuals dels combustibles fòssils i d'urani	21
2.2.3 Noves descobertes de reserves de combustibles fòssils i urani	22
2.2.4 Previsió de l'exhauriment de les reserves.....	24
2.3. Algunes fal·làcies sobre l'exhauriment dels combustibles fòssils.....	27
2.4. La factura exterior dels recursos fòssils	29
2.5. Emissions de CO2 i canvi climàtic.....	30
CAPÍTOL 3. LA TRANSICIÓ A LES ENERGIES RENOVABLES. NOU MODEL ENERGÈTIC I SOCIAL... 33	33
3.1. Consideracions generals.....	33
3.2. La transició energètica	33
3.3. L'energia que rebem del Sol: unes referències.....	34
3.4. Tipus d'instal·lacions de renovables.....	36
3.5. Plantejament general del procés de transició energètica a energies renovables	38
3.6. Quanta energia cal a Catalunya, a partir de fonts d'energia renovable, per poder prescindir dels combustibles fòssils?	41
3.6.1. Comptabilitat energètica.....	41
3.6.2. Itineraris energètics.....	42
3.6.3. Quanta energia útil caldrà obtenir a Catalunya en l'escenari de la TE21?	43
3.6.4. Emmagatzematge i energia.....	45

3.7.	Superfícies necessàries i costos d'implantació d'aquestes instal·lacions de renovables en el territori	46
3.8.	Balanç econòmic global de la transició a energies renovables a Catalunya	49
3.9.	La transició a energies renovables en diversos països de la Unió Europea: algunes dades	53
3.10.	Com seria el nou paisatge energètic previsible després de la transició a renovables?	54
3.10.1.	Com serien els usos finals?	54
3.11.	Quin podria ser el nou escenari social?	57
3.11.1.	Aspectes energètics	57
3.11.2.	Usos, costums, concepció i dissenys en general	57
ACTIVITATS DIDÀCTIQUES		59
1.	L'ENERGIA ARA: COM LA PERCEBEM I COM LA TRACTEM. TENIM CONSCIÈNCIA DEL NIVELL DE CONSUM? L'USEM DE FORMA ADEQUADA?	61
	Activitat 1.1. El nostre consum energètic	61
	Activitat 1.2. Consum de proximitat o de llunyania?	68
2.	LES RESERVES DELS COMBUSTIBLES NO RENOVABLES S'ESGOTEN	71
	Activitat 2.1. Consums d'energia en el món a l'actualitat i la seva evolució des de la revolució industrial	71
	Activitat 2.2. Les fal·làcies	73
	Activitat 2.3. Produccions i consums mundials de combustibles fòssils	73
	Activitat 2.4. Relació entre renda, producció i consum de combustibles fòssils	74
	Activitat 2.5. Emissions de CO ₂	75
3.	LA TRANSICIÓ A LES ENERGIES RENOVABLES (TE21). NOU MODEL ENERGÈTIC I SOCIAL	77
	Activitat 3.1. L'energia que rebem del Sol	77
	Activitat 3.2. Tipus d'instal·lacions de renovables	77
	Activitat 3.3. Esquema del procés de transició energètica a energies renovables TE21	78
	Activitat 3.4. L'energia final útil que cal generar amb renovables	79
	Activitat 3.5. Quanta energia útil caldrà generar a Catalunya en l'escenari de la TE21?	81
	Activitat 3.6. Emmagatzematge de l'energia	81
	Activitat 3.7. Superfícies necessàries i costos d'implantació de les instal·lacions de renovables en el territori	82
	Activitat 3.8. Balanç econòmic de la transició a renovables	83

Activitat 3.9. La transició a les energies renovables en diversos països de la Unió Europea .	83
Activitat 3.10. Com seran els usos finals després de la transició energètica a renovables? ..	84
Activitat 3.11. Un nou escenari social	85

GUIA DIDÀCTICA 89

PRESENTACIÓ	91
1. OBJECTIUS	91
2. COM USAR AQUEST MATERIAL	92
3. ORIENTACIONS DIDÀCTIQUES	93
4. VINCLES CURRICULARS	94
4.1 Educació Secundària Obligatoria	94
4.1.1 Àmbit científicotecnològic	94
4.1.2 Àmbit Social	95
4.1.3 Àmbit Cultura i valors	97
4.2 Batxillerat	97
4.2.1 Ciències de la Terra i del medi ambient	97
4.2.2 Física	97
4.2.3 Tecnologia industrial	98
4.2.4 Treball de recerca	98
5. AVALUACIÓ	98
5.1 Rúbriques	98
ANNEX 1: Itineraris energètics més usuals	110
ANNEX 2	114
TAULES DE PRODUCCIÓ I DE CONSUM MUNDIAL DE PETROLI, GAS I CARBÓ (2012)	114
ANNEX 3	120
RENTA, PRODUCCIÓ I CONSUM DE COMBUSTIBLES FÒSSILS (2012)	120

FONAMENTACIÓ CIENTIFICOTECNOLÒGICA

PREÀMBUL

OBJECTIU D'AQUEST MATERIAL

Aquest material didàctic, destinat preferentment al professorat de secundària, vol ser una reflexió sobre el proper exhauriment dels combustibles no renovables (petroli, gas, carbó i urani), i les conseqüències de la seva combustió sobre el sistema climàtic de la terra. Conformen el 84% del total de les fonts d'energia consumida i constitueixen la base i el suport del model social actual. Es tracta d'un problema real que es planteja a les generacions actuals, i que tindrà una especial incidència sobre les generacions futures.

En aquest document es planteja una solució factible a aquesta situació, que consisteix en la transició global a l'ús de les energies renovables (fotovoltaica, termosolar, eòlica, hidràulica, etc.). Aquesta proposta pretén proporcionar dades suficients sobre els problemes existents i les solucions proposades, per tal que la seva lectura sigui, per si mateixa, una base que permeti la reflexió i la formació d'un criteri objectiu i independent.

Els objectius d'aquesta documentació són:

- Reflexionar sobre què representa l'energia que s'utilitza en la vida diària i preguntar-se si se'n fa un bon ús o es malbarata.
- Proposar mesures de racionalització d'estalvi energètic.
- Informar, amb xifres i dades, dels consums i les reserves mundials existents dels combustibles fòssils i d'urani.
- Conscienciar sobre el proper exhauriment dels combustibles no renovables, previsible en un termini d'uns 45 anys, i les conseqüències de la seva combustió sobre el sistema climàtic de la terra.
- Finalment, un aspecte bàsic: demostrar, amb xifres i dades contrastades, que hi ha alternativa real als combustibles fòssils i que aquesta és la transició global a energies renovables. En un termini de 35 anys o fins i tot menys, és factible i rendible econòmicament portar a terme aquest canvi, sense renunciar a uns nivells de benestar i confort bàsics, essencials i raonables.

Nota: Aquesta documentació inclou algunes dades tècniques, taules i gràfiques, convenientment explicades. *Si es vol fer una lectura més general i descriptiva o menys tècnica, es poden obviar aquells apartats o paràgrafs en cursiva i escrits en blau*

CAPÍTOL 1.

L'ENERGIA ARA: COM LA PERCEBEM I COM LA TRACTEM

Tenim consciència del nostre nivell de consum energètic? Usem l'energia de forma adequada? En aquest capítol s'intenten respondre aquestes preguntes a partir de l'anàlisi dels hàbits i models socials que comporten ús d'energia.

Com a referència

Anem a la benzinera i posem 1 litre de benzina al cotxe. Suposem que ens costa 1,50 € i que amb aquest litre recorrem 15 km i el dipòsit queda buit. Però encara ens falten uns altres 15 km per arribar al destí. Demanem a un grup de persones que ens empenyin els 15 km restants i els diem que els pagarem en total el mateix que hem pagat a la benzinera: 1,50 €. Seria lògic? Estem valorant suficientment el que representa l'ajut de l'energia externa en la nostra vida diària?

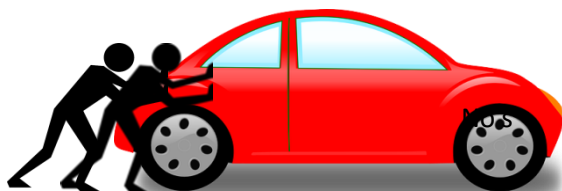


Fig. 1.1 Ho faries per 1,50 €? Font: <https://pixabay.com/en/car-automobile-vehicle-red-306442/>

1.1 Limitacions del cos humà per desenvolupar treball físic

L'ésser humà pot desenvolupar directament molt poc treball físic. Des de l'antiguitat ha aprofitat recursos energètics disponibles a la naturalesa (el vent, els corrents d'aigua...) i la tracció animal per a ajudar-lo en les seves tasques quotidianes.

El cos humà pot desenvolupar diàriament una potència mitjana equivalent a la d'una bombeta de 120 W. D'aquests 120 W, uns 80 W són per al funcionament del propi cos (cor, cervell, ronyons, manteniment de la temperatura corporal,...), i els aproximadament 40 W restants són per realitzar treball efectiu. Però, compte, amb aquests 40 W consumits només pot produir una potència efectiva mitjana, repartida en les 24 hores del dia, de 12 W (el rendiment és tan sols d'un 30%). Si el treball es du a terme de manera concentrada i no al llarg del dia, la potència produïda pot ser més elevada. Podríem dir que si es concentra en 6 hores (una quarta part del dia), la potència a desenvolupar s'estima 4 vegades superior, uns $12 \times 4 = 48$ W. Realment molt poc.

Per exemple, un ciclista amb la roda connectada a un alternador només seria capaç de fer brillar una bombeta d'uns 48 W pedalant contínuament durant 6 hores al dia. Com a referència, un cavall (animal) pot desenvolupar una potència efectiva de 736 W durant

unes 6 hores al dia. D'aquí ve la unitat de potència que es denomina Cavall de Vapor (CV).

Per aquesta raó, l'ésser humà sempre ha buscat fonts d'energia externes. Quan va descobrir com utilitzar els avantatges dels combustibles fòssils (carbó, petroli, gas...), d'una elevada densitat energètica, la seva relació amb la naturalesa va canviar profundament.



Fig. 1.2. Comparatiu de potències. Font: www.flickr.com

Però ara, després de 200 anys d'un ús creixent i exhaustiu, els combustibles fòssils s'estan exhaurint. Certament, durant els dos últims segles s'han fet uns avenços tecnològics increïbles, que han millorat substancialment la vida dels humans. No hi ha dubte que s'ha fet una aportació immensa al patrimoni de les generacions actuals i de les futures (medicina, comunicacions, transport...). Però, per contra, el tractament que s'està donant a l'energia i a les matèries primeres no té en compte les necessitats de les generacions futures ni les de les presents a curt termini.

Consideracions sobre la terminologia utilitzada

Com sabem, l'energia no es crea ni es destrueix sinó que es transforma. En conseqüència, no és estrictament correcte dir que "consumim energia". En tot cas "usem l'energia" (l'energia química del petroli, l'energia elèctrica, l'energia del sol, etc.). El que sí que consumim són combustibles fòssils, dels que anem reduint les reserves. Ara bé, en aquest text, per considerar-ho aclaridor, s'ha utilitzat a vegades el terme consum d'energia per mesurar la despesa energètica que comporta un ús o usos determinats; per exemple, el consum energètic d'una llar, el consum d'energia per transportar aliments o mercaderies, etc. Altrament, dir l'ús energètic d'una llar o l'ús d'energia per transportar aliments podria confondre's amb l'energia final aprofitada.

També s'ha utilitzat en alguna ocasió el terme "generar o produir energia elèctrica", per exemple amb un aerogenerador, en comptes de "transformar energia eòlica a energia elèctrica", en considerar que aquesta expressió estricta resultaria llarga i enfarfegada i, atès el context en que s'utilitza, el concepte físic no queda desvirtuat.

Consideracions sobre les unitats de mesura

En aquest text, per fer-lo més aclaridor, s'utilitzen els termes joule químic (J_q), joule tèrmic (J_t), joule elèctric (J_e) i joule mecànic (J_m), tot i aquesta terminologia no és normativa. Amb aquesta notació es vol indicar el tipus d'energia considerada.

1.2 Energia utilitzada per un ciutadà

L'esser humà, per mantenir el seu nivell de “confort” en les societats desenvolupades, utilitza una elevada quantitat d'energia externa de la qual, sense ser-ne conscient, en malbarata molta.

A tall d'exemple, un ciutadà europeu consumeix de mitjana l'energia primària externa equivalent a un aparell d'una potència de 5 000 W (d'energia primària) que funciona les 24 hores del dia durant els 365 dies de l'any.

Atès que la capacitat del cos humà per desenvolupar treball efectiu és de 40 W, els 5 000 W de que disposa aquest ciutadà es correspondrien a que tingués 125 servents humans ($5\,000/40 = 125$) al seu servei les 24 hores del dia, que li fan la vida còmoda, i molt més que còmoda, en la seva relació amb la naturalesa.

Cal recordar que, només en l'àmbit domèstic directe, si una casa té contractada una potència de 5 000 W, simbòlicament representa que disposa de 125 servents. Utilitzant aquesta mateixa analogia, un automòbil amb una potència de 100 000 W representa 2 500 servents. Un camió de 300 000 W en representa 7 500.

Si els diversos aparells o serveis indiquessin l'analogia en nombre de servents que representen, enlloc d'indicar únicament la potència, com passa ara, això ajudaria a prendre consciència del nivell de confort que disposem i, sobretot, quina relació hi ha entre la qualitat de vida i l'ús d'energia. És a dir, què significa i aporta l'energia en la vida quotidiana.

El petroli va provocar un canvi de paradigma socioeconòmic a les societats industrials del segle XIX similar al que va produir l'arribada massiva d'esclaus africans a Amèrica el segle XVIII.

Com es distribueix l'energia primària que consumim? A títol orientatiu i com a mitjana:

- 30% per a usos tèrmics (escalfament domèstic, serveis i processos industrials)
- 30% per mobilitat (terrestre, marítima, aviació, indústria, agricultura, etc.)
- 40% per electricitat (usos domèstics i industrials)

Caldria plantejar-se si un major consum energètic i de materials implica o no un major benestar, especialment si aquest consum supera un determinat nivell, com està esdevenint en l'actual “món desenvolupat”.

Com a referència, en les centrals termoelectriques convencionals, que transformen l'energia química dels derivats del petroli en energia elèctrica, el rendiment està a l'entorn del 33%. La resta d'energia, el 67%, és rebutjada i transferida al mar, als rius o a l'aire en forma de calor a una temperatura elevada i, per tant, encara d'una gran qualitat energètica que es podria aprofitar. Les centrals de cogeneració (generen electricitat i alhora vapor d'aigua a elevades temperatures que s'aprofita per a usos generalment tèrmics), amb un rendiment molt més elevat, són d'implantació excepcional.



Alguns exemples per reflexionar sobre el nostre consum energètic:

- 13

- Suposem un àpat complet compostat per tres plats: una amanida de primer, amb tomàquet, alvocat i arròs; peix de segon i mango de postres. Quina és la relació entre l'energia primària requerida per transportar els productes d'aquest àpat i la que ens aporten?

PRODUCTE	DISTÀNCIA TRANSPORT km	PES ÀPAT PER PERSONA kg	MITJÀ DE TRANSPORT	ENERGIA PRIMÀRIA UNITÀRIA PER TRANSPORT kJ/(kg.km)	ENERGIA CONSUMIDA EN EL TRANSPORT kJ	ENERGIA CONSUMIDA EN EL TRANSPORT kcal	ENERGIA APORTADA PELS ALIMENTS kcal	ENERGIA CONSUMIDA EN TRANSPORT RESPECTE ENERGIA APORTADA
Alvocat (Kenya)	6 000	0,10	Vaixell	0,6	360	86	173	
Tomàquet (Holanda)	1 500	0,08	Ferrocarril	1,0	120	29	20	
Arròs (Cambodja)	10 000	0,08	Vaixell	0,6	480	115	216	
Peix (Galícia)	1 000	0,20	Camió	4,6	920	221	320	
Mango (Mèxic)	9 500	0,10	Avió	29,5	28 025	6 726	49	
TOTAL					29 905	7 177	778	9 a 1

Taula 1.1. Relació entre l'energia primària requerida en el transport dels aliments i l'energia que aporten (donada la important dispersió en funció del mitjà de transport, s'han adoptat valors mitjans). **Elaboració:** Jordi Pujol Soler

- En l'automòbil convencional amb motor tèrmic, el rendiment és tan sols d'un 20%. Hi ha un 80 % d'energia, en forma de calor, que no s'aprofita. A més, suposant que la massa aproximada d'un cotxe és de 1 330 kg, quan només és ocupat per una sola persona, d'uns 70 kg de massa, la realitat és que es mouen 1 400 kg amb la finalitat de desplaçar aquest únic passatger de 70 kg, que representa un 5% de la massa total. Dit d'una altra manera: de cada 100 litres que posem de combustible, 80 es perden escalfant l'aire de l'entorn, 19 mouen el vehicle i només 1 mou l'ocupant.
- Pel que fa a la mobilitat aèria, prenem com a referència un avió model Airbus 380, que és dels que té més rendiment quant al consum de combustible (uns 0,03 litres per passatger i quilòmetre). La seva massa en buit és d'unes 250 t (tones). En un vol Barcelona-Buenos Aires, s'enlaira amb unes 180 t de combustible. Si considerem les 250 t de l'aparell, les 180 t de combustible i les 50 t (aproximadament) del passatge, resulta un total de 480 t. O sigui, per transportar les 50 tones útils se n'han de mobilitzar 480.
- Quan una persona sola puja en un ascensor des de la planta baixa d'un edifici a un tercer pis (aproximadament 9 m de desnivell), requereix l'energia equivalent a l'energia elèctrica d'una bombeta de 20 W encesa durant 15 minuts. Un individu atlètic que arriba a casa i puja en ascensor després d'haver fet 30 piscines, té consciència del consum energètic de l'ascensor? Probablement ni s'ho planteja! Tanmateix, segur que li xocaria deixar un llum encès en va durant 15 minuts.

El concepte de comoditat acceptat com a normal s'ha anat desplaçant notòriament cap a situacions que comporten un increment molt notable del consum energètic i de materials.

- Quan les llaunes de refresc eren totalment d'alumini, per produir-les es necessitaven 1,51 kWh d'energia (que és l'equivalent de l'energia química de la benzina necessària per desplaçar 2 250 m un cotxe carregat). L'energia necessària per reciclar aquesta llauna és 0,20 kWh, només el 13% de la inicial per produir-la.

El reciclatge de materials s'està percebent solament com una necessitat per reduir l'explotació dels recursos naturals. Cal considerar també la gran quantitat d'energia que es perd quan un material no es recicla.

L'actual model econòmic és molt intensiu en energia i materials però poc eficient des del punt de vista energètic. En general, el sistema impositiu actual grava més el treball humà que l'energia i els materials.

És imprescindible augmentar l'eficiència de les instal·lacions, adaptar els dissenys dels aparells i la maquinària al concepte d'economia circular (que vol dir pensar en el cicle total de vida o de vides del producte per poder ser reciclat en el cicle productiu o de consum), adoptar hàbits de consum més racionals (redefinir els conceptes de comoditat, confort i benestar) i, fonamentalment, substituir progressivament els combustibles fòssils per energies renovables, fet factible i definitivament avantatjós. Com diu Carles Riba Romeva, és “passar de viure d'un estoc finit i limitat (els combustibles fòssils: petroli, gas, carbó) a viure d'un flux (vent, radiació solar..) il·limitat i inexhaurible a escala humana.”

Un dels avantatges més importants de les energies renovables respecte de les fòssils és que amb les energies renovables les transformacions d'energia primària (vent, sol...) a energia útil són molt més directes, ja que no és imprescindible passar per la fase d'energia tèrmica. Amb els combustibles fòssils, la transformació d'energia química a energia útil es fa passant per energia tèrmica-mecànica-elèctrica (en les centrals termoelèctriques) o bé per termo-mecànica (en els motors tèrmics); processos basats en la crema inicial de combustibles fòssils amb rendiments considerablement baixos. Un cas paradigmàtic és el del cotxe. En anglès utilitzen el joc de paraules que sonen similar “*from well to wheel*” (de pou -de petroli exhaurible - a roda). Avui, més que mai, és necessari substituir-lo per “*del sol o del vent a la roda*”. Veiem uns exemples:

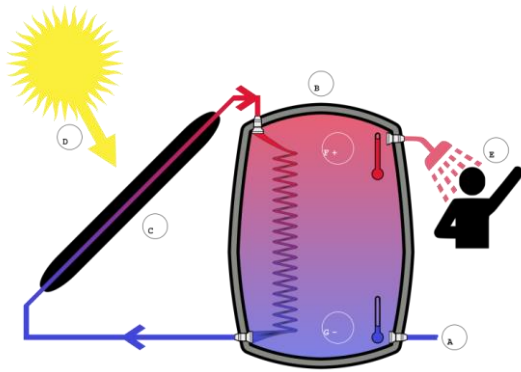


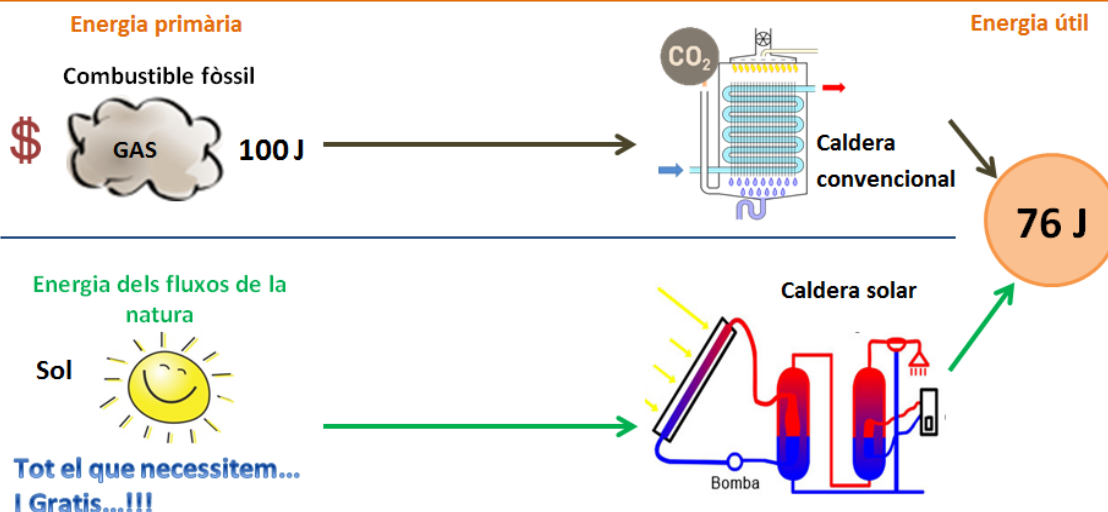
Fig. 1.5. Esquema de la generació d'aigua calenta amb una instal·lació d'energia solar tèrmica. **Font:** <https://goo.gl/OljPLo>

Uns exemples

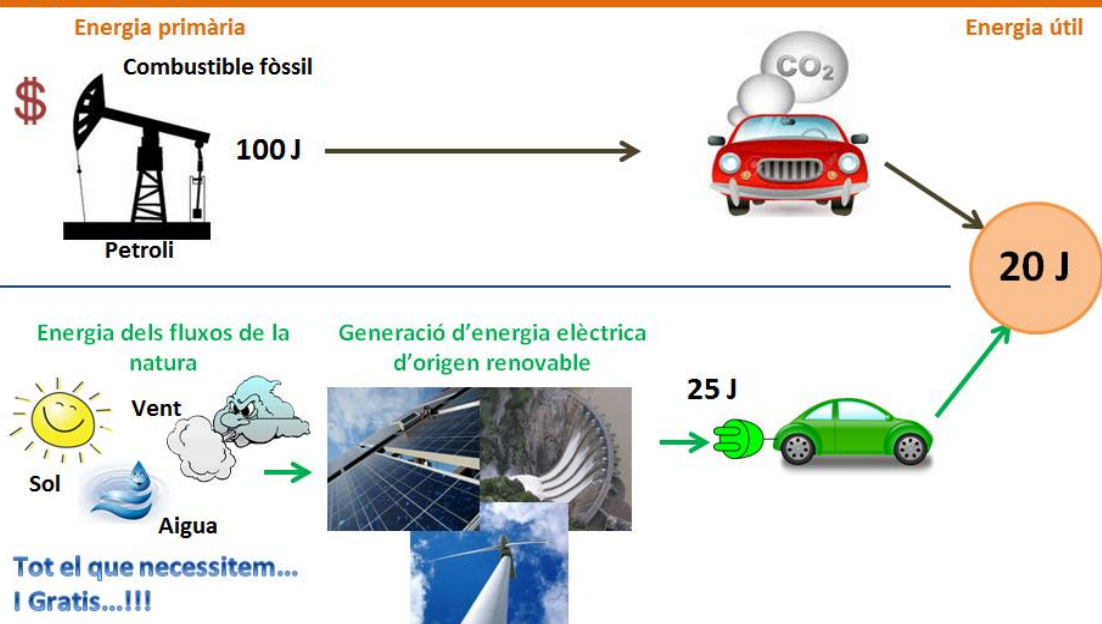
- Suposem que utilitzem l'energia química de la benzina per un motor tèrmic d'un cotxe. De la combustió de la benzina obtenim $100 J_t$ (joule tèrmic) que es transformen en $20 J_m$ (joule mecànic) a l'eix del vehicle i $80 J_t$ (joule tèrmic) que no s'aprofiten (rendiment 20%). En el cas d'un vehicle elèctric que fa el mateix treball que l'anterior i que obté l'energia directament a partir de fonts d'energia renovables, per disposar dels $20 J_m$ a l'eix, caldria produir, aproximadament, poc més de $25 J_e$ (joule elèctric), ja que la transformació d'energia elèctrica a mecànica té un gran rendiment. Un altre aspecte és comparar aquests $25 J_e$ elèctrics obtinguts a partir de fonts renovables amb l'energia primària d'aquestes (energia del vent, del sol...); veurem que la capacitat de producció és baixa, però aquest rendiment no és crític, ja que l'energia primària dels fluxos de la naturalesa és lliure, gratuïta, il·limitada i inexhaurible a escala humana. El que sí que serà cabdal és el rendiment de la transformació final (en aquest exemple, el motor elèctric), que haurà de considerar els sistemes d'emmagatzematge d'electricitat i les transmissions electromecàniques.
- Suposem que utilitzem $100 J_t$ d'energia química del petroli (energia primària) per produir electricitat en una central tèrmica convencional de vapor. Obtenim uns $33 J_e$ (rendiment 33%). Fent servir sistemes de transformació energètica de fonts d'energia renovable, com per exemple aerogeneradors, es requeririen generar directament a l'entorn de $37 J_e$ d'energia elèctrica.

En la figura següent es mostra la relació entre l'energia útil i la de partida, per a usos tèrmics, de motricitat i elèctrics, depenent de la font energètica utilitzada

USOS TÈRMICS



USOS MOTRICITAT



USOS ELÈCTRICS

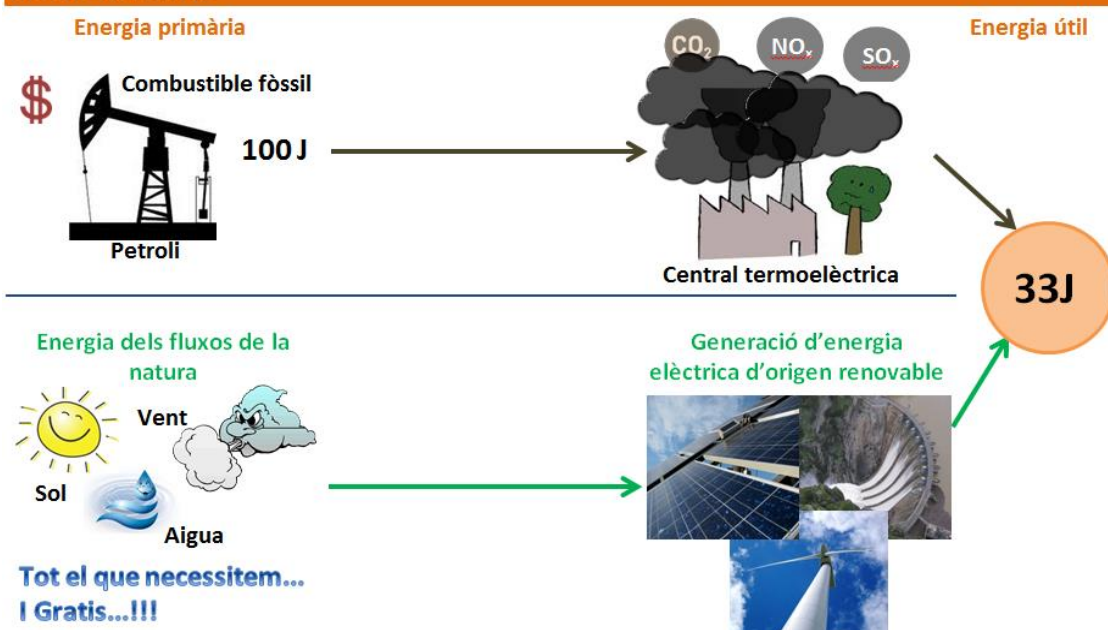


Fig.1.6. Relació entre l'energia útil i la primària, per a usos tèrmics, de motricitat i elèctrics, depenent de la font energètica utilitzada. Elaboració: Rosanna Fernández.

Els rendiments dels processos d'obtenció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia no renovable, així com el de molts dels aparells de consum, inclosos els motors tèrmics, són molt baixos; aquesta dada sovint es desconeix o s'accepta com a normal.

Alguns estudiosos del tema parlen d'un canvi d'Edat. La història de la humanitat, diuen, ha passat per "l'Edat de Pedra", per "l'Edat dels Metalls"... i ara estaríem al final de "l'Edat del Foc", perquè gairebé la totalitat dels processos energètics es basen i s'han basat en la combustió (cremar llenya, carbó vegetal, carbó mineral, petroli, gas, "cremar" urani ...), tant amb finalitats tèrmiques, com de mobilitat i elèctriques. Ara s'iniciaria "l'Edat del Sol" (energies termosolar, fotovoltaica, eòlica, hidroelèctrica, mareomotriu ...), d'utilització molt més directa i sense emissions de gasos d'efecte hivernacle que alteren el clima del planeta.

CAPÍTOL 2. LES RESERVES DELS COMBUSTIBLES NO RENOVABLES S'ESGOTEN

2.1. Consideracions generals

Aproximadament el 84% de l'energia consumida en el món l'any 2012 prové dels combustibles fòssils i de l'urani. En general, la població no és conscient que aquests combustibles s'exhauriran en un termini molt breu, que afectarà la nostra generació i les generacions futures. Un dels majors problemes associats és que aquests recursos, abans dels 45 anys en que previsiblement s'exhauriran, aniran escassejant paulatinament, amb repercussions econòmiques i socials que poden ser importants, al marge de les greus implicacions en el canvi climàtic.

Una de les bases de la crisi econòmica que estem vivint és la incompatibilitat entre el creixement econòmic continuat i la limitació dels recursos energètics fòssils i de materials. Històricament, moltes de les crisis s'han superat mitjançant el creixement econòmic. Actualment, no es preveu que el món desenvolupat pugui tornar a créixer. Aquí rau el problema.



Fig. 2.1 Crema d'excedents de gas residual **Font:** <https://goo.gl/27WJFK>



Fig. 2.2 Hort solar **Autor:** Thomas Kohler
Font: www.Flickr.com

El que s'exposarà en aquest capítol està basat en l'estudi dut a terme pel Dr. en Enginyeria Industrial **Carles Riba Romeva** i desenvolupat detalladament en el seu llibre *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles* [Riba-2011].

2.2. Consums d'energia en el món i la seva evolució des de la revolució industrial

2.2.1 Com mesurar les reserves de fòssils i d'urani i els seus consums

En les informacions oficials internacionals no s'estableix una relació entre les reserves de combustibles fòssils i el seu ritme de consum, de manera que es perd la perspectiva del seu exhauriment. A més, aquests organismes internacionals subministren les dades de les reserves de combustibles amb gran disparitat d'unitats (barril de petroli, tona equivalent

de petroli, metre cúbic i peu cúbic de gas, tones d'urani natural, tones de carbó de potències calorífiques diverses, etc). Això fa difícil relacionar consums i reserves. Per evitar aquesta dispersió, s'han unificat totes les mesures en unitats d'energia i potència, de forma que es puguin establir comparacions.

De les reserves de tots els combustibles fòssils s'ha calculat, la seva capacitat d'energia en TWa. En gran part d'aquest document, quan es parla de consums mitjans d'energia usem TWa/a (terawatt any/any) que, en tractar-se d'una energia (TWany) distribuïda en un temps (any), dóna com a resultat la unitat de potència mitjana TW. També s'usen el seus submúltiples GW, MW o kW. Quan parlem de reserves o de consum acumulat usem TWa (terawatt any, que és una unitat d'energia) i també GWa, MWh i kWh.

L'avantatge d'expressar els consums en potències mitjanes té l'avantatge que és immediat calcular el temps durant el qual se'n disposarà:

temps = energia/potència

Per tant, obtenir el seu període d'exhauriment és directe.

$$t(\text{anys}) = \frac{TWa}{TW}$$

Nota: 1TW = 10¹² W ; 1GW=10⁹ W

A la dificultat de gestió de les unitats s'hi afegeixen els errors de comptabilitat: els recursos energètics solen experimentar un llarg recorregut des de la seva forma en la naturalesa (o fonts d'energia primària, com són el petroli, el gas i el carbó a sota terra, la mena de l'urani, la radiació solar, el vent...) fins a les formes útils per als humans o energia final (energia mecànica, tèrmica o elèctrica). En aquestes transformacions energètiques per obtenir energia útil a partir de les fonts primàries, sempre hi ha una pèrdua d'energia, que vindrà determinada pel rendiment de la transformació.

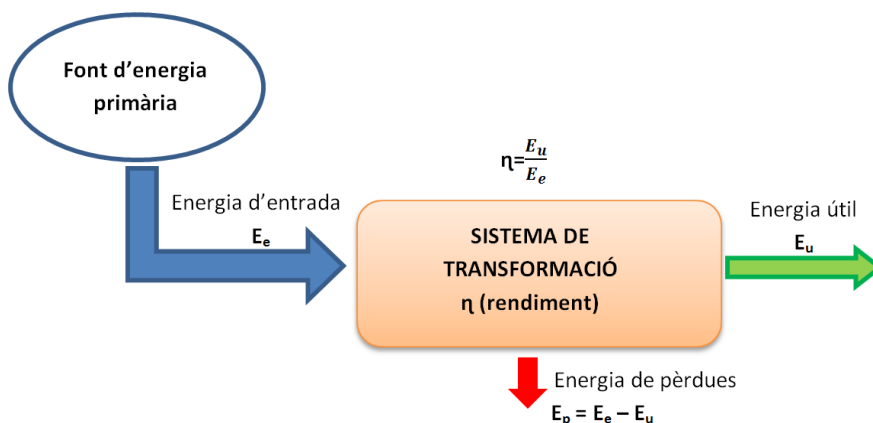


Fig.2.3 Relacions d'una transformació energètica. **Elaboració:** Rosanna Fernández.

Cal evitar les confusions en la comptabilitat energètica. Per exemple, no és correcte sumar l'energia primària (no transformada) amb l'energia final (ja directament útil), com no ho és sumar taronges i taronjada.

Com a mitjana, generar una unitat d'energia elèctrica útil requereix tres unitats d'energia tèrmica primària. Per fer més entenedores les relacions energètiques, en els paràgrafs següents s'ha adoptat l'equivalència de tots els recursos energètics a energia primària equivalent (tèrmica). Podeu analitzar-ho amb més detall a l'annex 1.

2.2.2 Reserves i consums actuals dels combustibles fòssils i d'urani

En els últims 200 anys hi ha hagut un creixement exponencial del consum de combustibles fòssils i d'urani. S'han consumit, aproximadament, el 50% de les reserves de petroli, el 33% de les de gas, el 25% de les de carbó i el 33% de les d'urani.

En els darrers 32 anys (des de 1980 a 2012), l'ús d'energia s'ha incrementat un 85,9% mentre que la població ha crescut un 52,2%.

Amb el model actual, si no es redueix el ritme de consum de recursos energètics no renovables, d'aquí uns 30-40 anys es preveu l'exhauriment del petroli, del gas i de l'urani i, en uns 45 anys, el del carbó.

La població humana actual de la terra supera els 7 000 milions, amb un creixement mitjà de 80 milions anuals, que representen 1 000 milions cada 12 anys.

Evolució de la població mundial:

- L'any 1830 la població era de 1 000 milions.
- L'any 1930, al cap de 100 anys, era de 2 000 milions.
- L'any 1960, al cap de 30 anys, de 3 000 milions.
- L'any 1974, al cap de 14 anys, de 4 000 milions.
- L'any 1987, al cap de 13 anys, de 5 000 milions.
- L'any 1999, al cap de 12 anys, de 6 000 milions.
- L'any 2012 se superen els 7 000 milions.

A més, la major part de les reserves de combustibles fòssils en el món són les de carbó, el més contaminant.

RESERVES DE RECURSOS ENERGÈTICS NO RENOVABLES L'ANY 2007 (TWa)				
Petroli	Gas natural	Carbó	Urani	No renovables
280	210	580	80	1 150
24,3%	18,3%	50,4%	7,0%	100,0%

Taula 2.1. Reserves de recursos energètics no renovables l'any 2007 (TWa). Font: Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles de Carles Riba Romeva. [Riba-2011].

2.2.3 Noves descobertes de reserves de combustibles fòssils i urani

Per mesurar la rendibilitat energètica d'una extracció o una reserva s'utilitza la **Taxa de Retorn Energètic (TRE)**, que és la relació entre l'energia obtinguda i la utilitzada en l'extracció. Per exemple $TRE = 20$ en un pou de petroli, vol dir que per cada unitat d'energia emprada en l'obtenció (perforació, extracció, transport, refinament, distribució, etc.), el petroli obtingut pot aportar-ne 20 unitats.

L'actual ritme de descobertes de noves reserves és molt inferior al ritme de consum. Per tal d'incrementar artificialment les reserves, s'han anat acceptant com a tals grans volums de petroli o gas amb TRE cada vegada menors.

Cada cop és més costós obtenir els combustibles fòssils. Al seu inici, la taxa de retorn energètic (TRE) del petroli era a l'entorn de 100. Actualment la «TRE» està a l'entorn de 5 o menys. Moltes explotacions actualment són rendibles econòmicament només per l'elevat preu de comercialització.



Fig. 2.4 Plataforma petroliera marina. **Autor:** Michael Wilson **Font:** <https://goo.gl/sljyXA>

Per exemple, a la zona de l'Orinoco (Veneçuela) s'han acceptat oficialment com a reserves un tipus de **petroli extra-pesant**, de difícil aprofitament, i això ha fet que aquest país s'ha situat artificialment al primer lloc del rànquing mundial de reserves de petroli. Al Canadà, s'han acceptat com a reserva les **sorres bituminoses**, una mena d'aglomerat asfàltic d'extracció difícil i molt poc rendible.

Una situació similar és la de reserves que han de ser extretes amb la tècnica del **fracking** (consistent en perforacions verticals i horitzontals per penetrar en roques mare poc

poroses i la posterior injecció a alta pressió d'aigua amb sorra i productes químics per fer aflorar el petroli o el gas). La TRE és baixíssima (a l'entorn de 5) i les extraccions s'han d'anar fent en milers de pous, amb l'agreujant que la producció de cada pou s'exhaureix en un temps molt curt (sol disminuir entre un 75% i un 90% en tres anys). És una tècnica altament contaminant i de gran afectació territorial, a la que no se li aprecia cap futur.

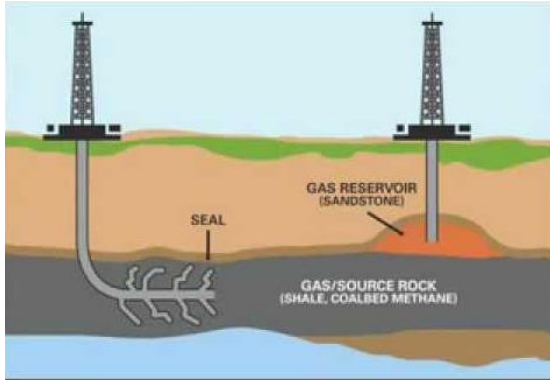


Fig. 2.5 Pou de fracking .Font: Youtube.com



Fig. 2.6 Camp d'explotació amb fracking Font: flickr.
Autor: Simon Fraser University

Les extraccions de petroli i gas amb la tècnica del *fracking* no tenen cap futur ni a curt ni a llarg termini. El rendiment és baixíssim, els pous s'exhaureixen ràpidament (aproximadament 3 anys), són altament contaminants i provoquen gran afectació territorial.

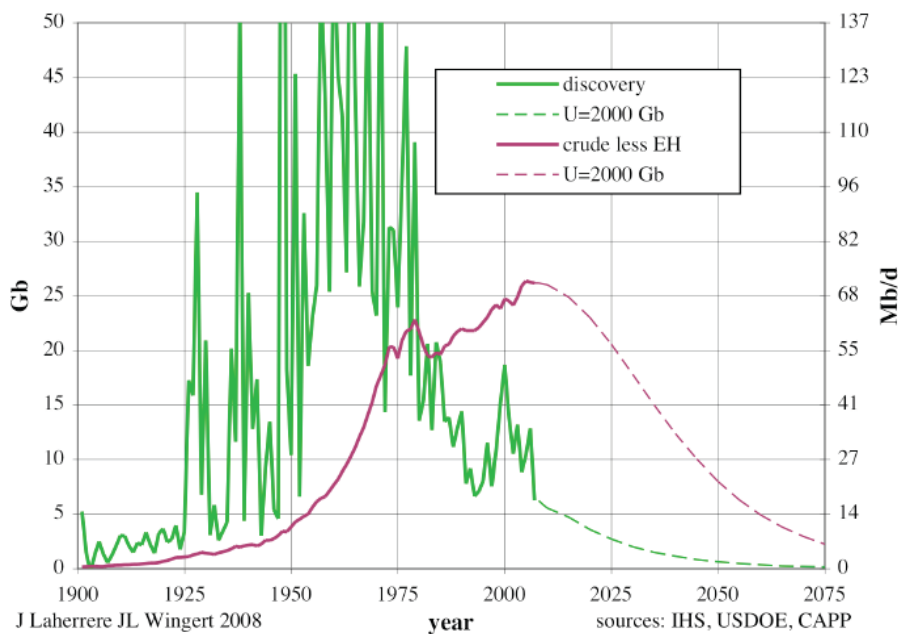


Fig. 2.7. Descobriments anuals de petroli en el món (en verd) i producció/consum (en lila) en Giga barrils/any i Mega barrils/dia. Previsions en línies discontinúes. Font: Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles de Carles Riba Romeva. [Riba-2011].

A partir de la figura anterior, es pot observar:

- Fins a l'any 1975 les descobertes de noves reserves de petroli eren molt superiors a la producció/consum; des d'aleshores fins a 1985 la descoberta de noves reserves comença a fluctuar a la baixa.
- A partir de 1985, la producció/consum supera clarament les noves descobertes, que van definitivament a la baixa; cap el 1980 s'observa un nou augment de les descobertes, coincidint amb la incorporació com a noves reserves les de petroli no convencionals (sorres bituminoses i petroli ultra-pesants) amb TRE (Taxa de Rendiment Energètic) i aprofitament molt baixos.

2.2.4 Previsió de l'exhauriment de les reserves

El benestar de la civilització basada en el consum dels combustibles fòssils és un fenomen relativament recent, que es va iniciar fa poc més de 200 anys.

Les fonts d'energia no renovables han prevalgut per sobre de les renovables perquè els combustibles fòssils permeten una utilització més fàcil i còmoda; tot i així, són poc respectuosos amb el medi i no es disposa de les reserves necessàries per a les futures generacions. La seva explotació ha suposat una gran concentració de poder i uns quantiosos beneficis per a determinades companyies.

CONSUMS MUNDIALS DE COMBUSTIBLES NO RENOVABLES (GW)							
Any	1800	1850	1910	1945	1973	2008	2012
CARBÓ	10	70	660	1 060	2 070	4 460	5 170
PETROLI			33	490	3 980	5 780	5 990
GAS			7	135	1 635	3 745	4 165
TOTAL	10	70	700	1 685	7 685	13 995	15 325

Taula 2.2. Font: EIA-gov. EUA, IEA-OCDE, CDIAC. **Elaboració:** *Factures energètiques dels combustibles fòssils. Dependències i desigualtats* de Carles Riba Romeva [Riba-2015].

El consum mundial de combustibles fòssils ha passat de 10 GW l'any 1800 a 15 325 GW l'any 2012, és a dir, ha experimentat un augment del 1 532,5% en 215 anys.

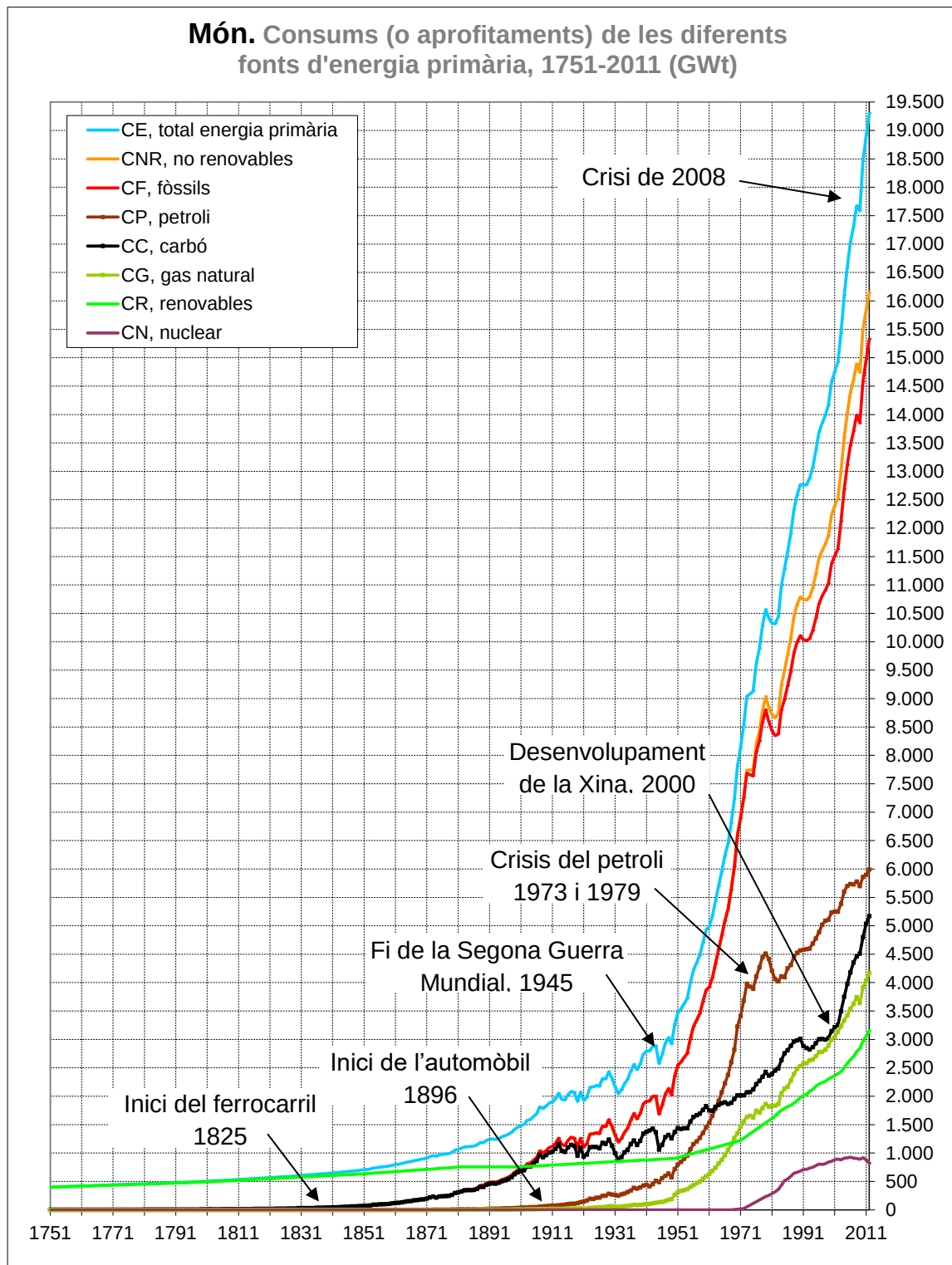


Fig. 2.8. Evolució dels consums (o aprofitaments) mundials de recursos energètics, (en GW) en el període 1751-2011.
Fonts: EIA-gov. EUA, IEA-OCDE, CDIAC. **Elaboració:** *Factures energètiques dels combustibles fòssils. Dependències i desigualtats* de Carles Riba Romeva [Riba-2015].

A la figura anterior es pot observar:

- Un augment exponencial de consum d'energia a partir de l'any 1945 (fi de la Segona Guerra Mundial) fins a l'actualitat.
- Fins l'any 1825, la font d'energia bàsica era fonamentalment la biomassa (llenya i carbó vegetal); les energies hidràulica i eòlica, de caràcter fonamentalment local, presenten un consum pràcticament pla.
- Entre els anys 1825 i 1896 s'incrementa el consum del carbó mineral (màquina de vapor) per donar servei al ferrocarril, els vaixells de vapor transatlàntics i les manufactures.
- A partir de l'any 1896 fins després de la Segona Guerra Mundial (1945), el consum de carbó experimenta un creixement lent, mentre que s'aprecia un clar creixement del de petroli.
- Entre els anys 1945 i 1973, amb l'expansió econòmica posterior la Segona Guerra Mundial, es produeix l'explosió del consum de petroli, de gas natural (en menor quantia) i de carbó.
- Del 1973 al 2000, continua l'augment del consum de combustibles fòssils, en especial de gas i de carbó. L'ús d'energies renovables inicia un lleuger creixement.
- A partir de l'any 2000, amb el desenvolupament econòmic i industrial de la Xina, s'observa un important augment del consum de carbó, alhora que continua l'increment de consum de fòssils. L'ús de fonts d'energies renovables continua creixent suaument.
- L'energia nuclear representa una petita part dels usos energètics de la humanitat i, a més, en els darrers anys ha començat el seu declivi.

RESERVES FÒSSILS JA CONSUMIDES (RC) I LES RESTANTS (RR) EN TWta (Tera Watt tèrmic any)												
	ANY 2007		ANY 2017		ANY 2027		ANY 2047		ANY 2052		ANY 2060	
	RC	RR	RC	RR	RC	RR	RC	RR	RC	RR	RC	RR
TOTAL	530	1 150	700	980	890	790	1 320	360	1 480	200	1 680	0
PETROLI	210	280	275	215	350	140	490	0	490	0	490	0
GAS NATURAL	90	210	130	170	180	120	290	10	300	0	300	0
CARBÓ	200	580	255	525	310	470	445	335	580	200	780	0
URANI	30	80	40	70	50	60	95	15	50	0	110	0

Taula 2.3 Font:. Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepitibles de Carles Riba Romeva. [Riba-2011].

Elaboració: Jordi Pujol Soler

A la taula anterior, es pot observar:

- L'estimació de l'evolució temporal de les reserves de combustibles fòssils i d'urani mundials, des de l'any 2007 fins al 2060. Es fa distinció entre les reserves que ja s'han consumit i les reserves que encara estan disponibles. També s'indiquen les reserves de cada combustible.
- La dada més significativa a subratllar és la dels moments d'exhauriment dels diversos combustibles, en cas de continuar amb el ritme de consum actual:
 - **L'any 2047, previsiblement, s'haurà exhaurit el petroli i a punt de fer-ho el gas natural i l'urani.**
 - **L'any 2052, previsiblement, s'haurà exhaurit el petroli, el gas natural i l'urani.** El carbó ha de cobrir la demanda mundial de recursos no renovables.
 - **L'any 2060, previsiblement, s'hauran exhaurit tots els recursos energètics no renovables.**

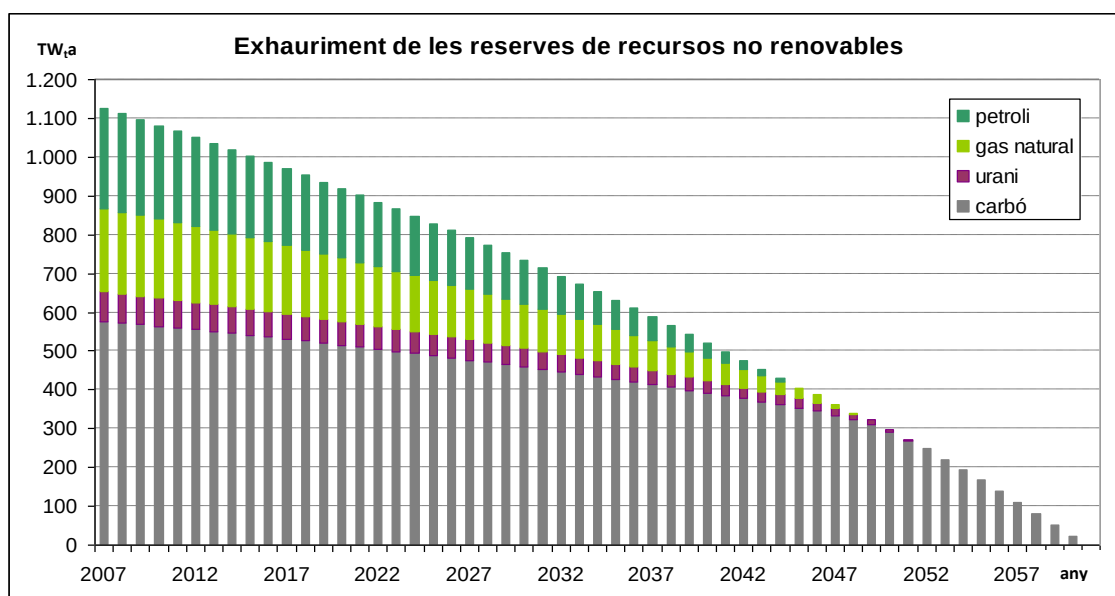


Fig. 2.9. Procés temporal d'exhauriment dels diversos combustibles fòssils i l'urani. En TWh/a.

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles* de Carles Riba Romeva. [Riba-2011].

2.3. Algunes fal·làcies sobre l'exhauriment dels combustibles fòssils

Circulen diverses informacions sobre l'estat de la qüestió energètica i de possibles solucions que fomenten la confusió. Algunes d'aquestes, sobre les que cal reflexionar i qüestionar el seu rigor, són:

- ***“El canvi climàtic és una invenció. L'evolució del clima és natural i no té res a veure amb la crema de combustibles fòssils”.*** Estudis actuals, com els presentats a l'última cimera del canvi climàtic (COP21¹), no deixen lloc a dubte pel que fa a la correlació entre

¹ <http://goo.gl/cKcdzS>

la crema de combustibles fòssils, la concentració de gasos d'efecte hivernacle i les variacions climàtiques.

- ***“Les reserves de combustibles fòssils duraran molt més del que diuen alguns alarmistes. Amb el fracking el potencial és infinit”.*** Les xifres objectives sobre les reserves existents ho desmenteixen. En el cas del *fracking*, la seva baixa Taxa de Retorn Energètic (TRE) i el curt període d'exploració dels pous són una evidència.
- ***“La tecnologia, com sempre, sabrà trobar solucions en el supòsit que es plantegés el problema de l'exhaustió dels combustibles fòssils”.*** Les solucions plantejades per la tecnologia van en la direcció de les energies renovables, però la seva implantació requereix un procés que, si no es prenen mesures a temps, pot ser incompatible amb l'escassetat sobtada dels combustibles fòssils.
- ***“L'energia nuclear i en especial la de fusió és la solució energètica definitiva i està pràcticament a l'abast”.*** Per a l'energia nuclear de fissió (les centrals nuclears actuals, el funcionament de les quals es basa en l'obtenció d'energia mitjançant la fissió de nuclis atòmics) les reserves d'urani són molt escasses i el tema dels residus radioactius no està resolt. Pel que fa a la tecnologia de la fusió nuclear (en la que l'obtenció d'energia es basa en la fusió de nuclis atòmics, de manera anàloga a com té lloc en el Sol) està a nivell d'investigació i molt lluny de ser disponible a nivell operatiu (es requereix controlar processos a milions de °C). Té cap sentit pretendre imitar un sol a la terra quan la seva energia la podem captar de forma senzilla?
- ***“Els biocombustibles són la gran reserva energètica”.*** El rendiment dels biocombustibles per a mobilitat i per a generació elèctrica és extremadament baix. D'altra banda, el sòl que s'hauria de destinar al seu conreu és imprescindible per a conreus alimentaris.
- ***“Les energies renovables són molt limitades, cares i comporten l'ocupació d'immenses superfícies que representen una gran part del territori”.*** Més endavant es demostrarà numèricament que no és cert.
- ***“La CCS (Carbon Capture Storage) del CO₂, que és l'emmagatzematge del CO₂ en pous o dipòsits subterranis, pot solucionar el problema del canvi climàtic”.*** Aquesta tecnologia no està desenvolupada i comporta riscos per a les generacions futures. La solució real pel problema del CO₂ és no generar-ne.

2.4. La factura exterior dels recursos fòssils

Entre molt pocs països disposen del 50% de les reserves mundials de combustibles fòssils:

- Petroli: Aràbia Saudita, Canadà, Iran i Iraq.
- Gas natural: Rússia, Iran, Qatar i Aràbia Saudita.
- Carbó: EUA, Rússia, Xina i Austràlia.
- Urani: Austràlia, Kazakhstan, Rússia i Sud-àfrica.

Per altra banda, diversos països desenvolupats, amb economies potents basades fonamentalment en l'ús de combustibles fòssils i d'urani, no disposen pràcticament de reserves pròpies o ja les han exhaurides. Ens referim a Alemanya, Regne Unit, Japó, Itàlia, Espanya, França i Corea del Sud; tot i que aquests països en conjunt sumen el 7,1% de la població del món i el 26,4% de la renda mundial, els seus territoris tan sols acullen el 0,52% de les reserves².

Valdria la pena reflexionar sobre quin futur els espera als països importadors si mantenen una economia basada en els combustibles fòssils i l'urani, tenint en compte que el seu preu i la dificultat d'extracció anirà en augment a mesura que es vagin reduint les reserves.

En el món hi ha quatre regions que són creditors (les exportacions menys les importacions multiplicades pel preu internacional, dona un saldo positiu): Orient Mitjà, Euràsia, Àfrica i Amèrica del Sud i Central. En canvi, tres regions són deutores: Amèrica del Nord, Europa i Àsia i Oceania.

Europa és el continent amb el grau d'autosuficiència (producció respecte consum) de combustibles fòssils més crític: la producció pròpia de combustibles fòssils cobreix menys de la meitat del seu consum (40,4%). En el cas de Catalunya, aquesta proporció és extrema, de les més baixes, ja que la producció és tan sols el 0,5% del seu consum.

² Dades 2012. Veure taules annex 2 del document d'activitats didàctiques.

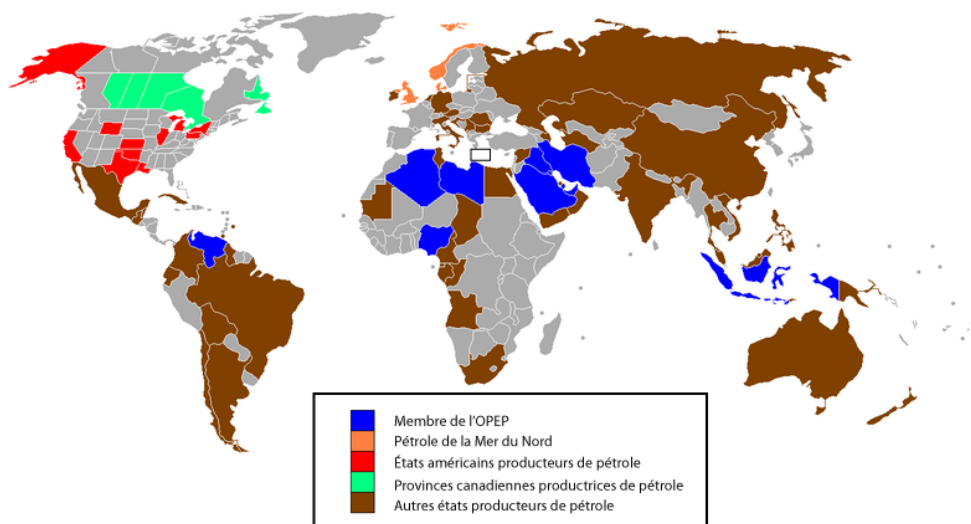


Fig. 2.10. Països exportadors de petroli. Font: <https://goo.gl/3ne3OR>

La humanitat entra en una etapa on comencen a escassejar els combustibles fòssils i l'urani a escala mundial. Com es demostrarà en el següent capítol, la forma de trencar aquesta tendència (subministrament cada cop més crític i depauperació creixent) per part dels països importadors és dur a terme la transició cap un sistema basat en l'energia provinent de fonts d'energia renovables, no centralitzat sinó distribuït, i amb participació de la ciutadania.

Estem transitant el zenit mundial (sostre de producció, o *peak oil*) del petroli a causa dels límits naturals del recurs. S'acaba el petroli barat (malgrat les baixades temporals de preus per motius geopolítics)

2.5. Emissions de CO₂ i canvi climàtic

Gran part de la comunitat científica coincideix en que els gasos resultants de les combustions, especialment el CO₂, han donat lloc a un perceptible i progressiu escalfament global de la Terra (efecte hivernacle). Anteriorment, tan sols preocupava l'esgotament dels recursos energètics; avui en dia, el canvi climàtic és tant o més crític.

Durant milers d'anys, el CO₂ a l'atmosfera es va mantenir estable (proporció de 275 ppm – parts per milió). A partir de la revolució industrial, per l'acció antròpica, és a dir humana, es va iniciar un creixement continuat del CO₂ a l'atmosfera, fins arribar a l'entorn de 400 ppm el 2013, la concentració més alta dels últims 800 000 anys.

Cremant 1 litre de petroli

(0,87Kg)



Generem 2,72 Kg de CO₂

PER CADA KG QUE CREMEM GENEREM MÉS DE 3 KG DE CO₂
PER CANVI D'ATOMS DE H₂ PER ATOMS DE O₂

Fig. 2.11 Font: La darrera oportunitat. La transició energètica del segle XXI de Ramon Sans Rovira [Sans-2015].

Unes quantes xifres per fer-nos una idea més clara de l'autèntica barbaritat de CO₂ que generem constantment:

1. Cada dia es consumeixen al món 85 milions de barrils de petroli, 13,5 milers de milions de litres, 2 litres per persona i dia.
2. Les emissions de CO₂ derivades del nostre consum de petroli diari assoleixen un valor de 36,7 milions de tones diàries, 5,2 kg per persona i dia.
3. A aquestes caldria afegir les moltes tones generades pel consum de carbó i gas natural, la qual cosa suposaria duplicar amb escreix les quantitats anteriors.

Fig. 2.12. Font: *La darrera oportunitat. La transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans Rovira [Sans-2015].

Evolució de les emissions de CO₂ en les regions del món

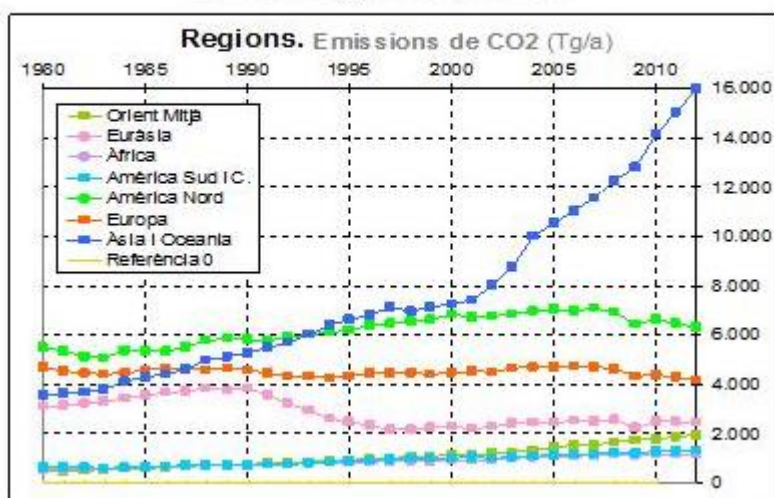


Fig. 2.13. Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles* de Carles Riba Romeva. [Riba-2011].

En els últims 10 anys (2002 – 2012) Àsia i Oceania han duplicat les emissions de CO₂ a l'atmosfera (de 8 000 a 16 000 Tg/any)

Tot indica que el punt crític de concentració de CO₂ a l'atmosfera és aquell amb un valor comprès entre 450 i 550 ppm, per sobre del qual el sistema climàtic de la terra pot desestabilitzar-se i provocar un increment mitjà de temperatura estimat superior a 2°C, fet que tindria efectes devastadors sobre les societats humanes. Cal tenir present que la temperatura mitjana de la terra és d'uns 14°C. Com a referència, quan la temperatura del cos humà s'incrementa de 37°C a 39°C, el trastorn de l'organisme és molt important.



Fig. 2.14. Contaminació atmosfèrica per crema de combustibles fòssils. Font: <https://goo.gl/APQ2hk>



Fig. 2.15. Desglaç de la gelera de Perito Moreno (Argentina). Font: <https://goo.gl/9Npqjs>

Però, si la temperatura mitjana de la terra augmenta 2°C, vol dir que a qualsevol lloc les temperatures s'incrementaran 2°C? No, de cap manera. Les variacions locals de temperatura poden ser de 4, 8, 15 o més °C i les variacions dels vents, pluges, corrents marins o el nivell del mar poden ser molt considerables, amb la modificació dels models climàtics, tant quantitativament com qualitativament. Per què?

Doncs perquè els fluxos atmosfèrics són un sistema caòtic, ja que petites alteracions d'una variable en una zona (temperatura, pressió, humitat...) poden ocasionar variacions importants generals de gran abast. És el fenomen conegut com efecte papallona.

Un exemple del comportament com a sistema caòtic de l'atmosfera terrestre és el fenomen meteorològic de **el Niño**: a l'oceà Pacífic, cada 4 ò 5 anys, la simple irrupció ocasional d'aigües superficials càlides produeix un canvi en els corrents marins prop de la costa del Perú. Només això, que es pot considerar d'un àmbit local, genera canvis importants en la circulació atmosfèrica global, amb la variació del règim de vents, pluges molt intenses en zones continentals seques i canvis meteorològics d'abast certament general.

La concentració de CO₂ en l'atmosfera té una gran inèrcia, ja que una vegada assolit un determinat valor, encara que disminueixin dràsticament les emissions, passa molt de temps (un centenar d'anys) fins que la vegetació i els oceans el poden anar absorbint i, entre tant, el planeta continua escalfant-se.

Hi ha estudis³ que afirmen que, per poder limitar l'increment de la temperatura del planeta a 2°C, només s'haurien d'explotar 2/3 de les reserves mundials de petroli, el 50% de les de gas i el 18% de les de carbó. L'estudi, també identifica la ubicació geogràfica de les reserves existents que han de romandre sense explotar.

Per finalitzar, proposem una senzilla reflexió sobre si el terme emprat de canvi climàtic és correcte: un canvi, per si mateix, pot ser bo o dolent, segons es miri. En aquest cas, tenint en compte les projeccions climàtiques futures, el “canvi” és objectivament dolent atesos els efectes devastadors que pot tenir sobre el nostre planeta i la nostra societat. Així doncs, no seria més clar parlar de “Catàstrofe Climàtica”, sense eufemismes?

És ineludible la transició global a les energies renovables? Què en penseu?

³ McGlade, C., & Ekins, P. (2015)

CAPÍTOL 3. LA TRANSICIÓ A LES ENERGIES RENOVABLES. NOU MODEL ENERGÈTIC I SOCIAL

3.1. Consideracions generals

Actualment la solució estratègica davant del proper exhauriment de les fonts d'energia no renovables (petroli, carbó, gas i urani) i del seu impacte sobre el canvi climàtic, són les fonts d'energia renovable (eòlica, fotovoltaica, termosolar, hidràulica, geotèrmica, etc.). Tot i que es disposa d'una tecnologia desenvolupada, avalada i contrastada, encara està per arribar una reacció decidida de suport total, tant a nivell social com a nivell polític.

Alguns dels arguments per ajornar la transició del consum de fòssils cap a l'ús d'energies renovables són que la superfície necessària per a la seva instal·lació seria immensa (es diu que caldria cobrir pràcticament la superfície del territori amb plaques, aerogeneradors...), o que els costos serien inabastables. Esbrinem si això és cert?

Quan es fan els càlculs corresponents, es pot comprovar que aquest argument no s'ajusta a la realitat: tant la quantificació de les superfícies necessàries com la dels costos associats a la implantació de sistemes de transformació de fonts d'energia renovables, amb la tecnologia actual, permeten demostrar que és possible la substitució pràcticament total de les fonts d'energia no renovables per les renovables (tant per a usos tèrmics, com de transport i elèctrics).

El problema és que alguns estudis sobre aquesta substitució parteixen d'una dada no real: suposen que l'energia que caldria obtenir a partir de fonts d'energia renovables és la mateixa que la que actualment prové de l'energia primària dels combustibles fòssils. Aquesta comparativa és un error, ja que quantitativament estem comparant taronja amb taronjada (un producte amb un dels seus derivats). No és així, ja que del total d'energia consumida amb fòssils se n'aprofita com a útil una part molt petita, que és la que, aproximadament, cal obtenir directament amb renovables. Aquest és un dels punts essencials que cal tenir molt clar.

3.2. La transició energètica

El model de transició a energies renovables que s'exposarà en aquest capítol es basa en l'estudi efectuat per l'enginyer industrial **Ramon Sans Rovira**, desenvolupat en el seu llibre *La transició energètica del segle XXI (TE21). El Col·lapse és evitable* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

Remarcar que aquest estudi, tot i que parteix necessàriament d'estimacions i es projecta al llarg d'un temps prolongat, en el que es preveuen importants canvis favorables que el faran encara més sòlid, té un resultat tan impactant i remarcable que cal explicar-lo com a punt de partida i de referència bàsica.

Tot seguit es detalla i justifica amb xifres la viabilitat de la transició de l'ús d'energia no renovable (fòssils i urani) a un 100% d'ús d'energia provinent de fonts d'energies renovables per a tots els usos (tèrmics, de mobilitat i elèctrics). Com exemple, s'exposa la possible aplicació d'aquest model a Catalunya, seguint una metodologia que es pot extrapol·lar a qualsevol país, amb resultats similars. Ramon Sans desenvolupa el model de Transició Energètica TE21 a Catalunya segons els següents apartats:

1. Quantificació de l'energia necessària a Catalunya a partir de l'ús de fonts d'energia renovables, sense renunciar a uns nivells de benestar i confort bàsics, essencials i raonables.
2. Càlcul de les superfícies que ocuparien les instal·lacions de renovables en el territori i la inversió econòmica necessària, partint d'una de les possibles distribucions dels diversos sistemes de generació.
3. Balanç econòmic, comparant el model energètic actual, basat en l'obtenció d'energia útil a partir de fonts d'energia no renovables, amb un nou model energètic, basat en el 100% d'ús de fonts d'energia renovables (fent la transició energètica, que a partir d'ara es denominarà TE21).

Amb la tecnologia actual, que està avançant molt ràpidament, és factible i econòmicament rendible la substitució pràcticament total de l'ús de les fonts d'energia no renovable per les renovables en un termini breu, d'uns 35 anys o menys.

3.3. L'energia que rebem del Sol: unes referències

Els sistemes naturals (la radiació solar, el vent, els corrents d'aigua, la biomassa, etc.) aporten diàriament una quantitat d'energia molt superior a la que requereix la humanitat. Però, en canvi, estem consumint uns recursos energètics que han requerit milions d'anys per formar-se i que no podrem renovar.

Una estimació dels potencials de la irradiació solar sobre la terra ferma del planeta i dels fluxos derivats (vent, generació de biomassa..), dona els valors de la taula 3.1. Aquests valors són de l'ordre dels que dona Ramon Sans en el seu llibre [Sans-Pulla-2014].

Consum total d'energia mundial any 2015 (bàsicament amb no renovables)	19 TWa/a
↓	
Estimació consum d'energia mundial any 2050 (bàsicament amb no renovables)	28 TWa/a
ENERGIA DEL SOL QUE INCIDEIX SOBRE LA TERRA FERMA DEL PLANETA	23.000 TWa/a
De tota aquesta energia solar que rebem, 23.000 TWa/a, QUANTA ENERGIA ELÈCTRICA I TÈRMICA APROFITABLE ES PODRIA GENERAR EN EL PLANETA AMB INSTAL·LACIONS RENOVABLES?	
S'ha suposat que les instal·lacions es diposarien en una superfície equivalent a la superfície urbanitzada de tota la terra, que en 2050 s'estimava en 9×10^8 ha (6% de la terra ferma)	
Producció elèctrica amb instal·lacions fotovoltaïques, solars tèrmoelèctriques...	108 TWa/a
Producció tèrmica amb instal·lacions termosolars	10 TWa/a
Producció elèctrica amb energia eòlica.	19 TWa/a
Producció tèrmica amb biomassa.	10 TWa/a
AMB RENOVABLES, TOTAL ENERGIA ELÈCTRICA I TÈRMICA APROFITABLE EN EL PLANETA	147 TWa/a
Producció amb geotèrmia (no vinculada a la radiació solar) i hidràulica i marina (no vinculades a la radiació solar sobre la litosfera)	15 TWa/a
TOTAL INCLOENT-HI GEOTÈRMIA, HIDRÀULICA I MARINA	162 TWa/a
AMB RENOVABLES ES PODRIEN GENERAR ANUALMENT 162 TWa/a QUE REPRESENTA 5,7 VEGADES EL CONSUM ENERGÈTIC TOTAL PREVIST DE L'ANY 2050 (28 TWa/a)	
COM A RECORDATORI DE LA NECESSITAT INELUDIBLE DE LES RENOVABLES:	
RESERVES DE COMBUSTIBLES FÒSSILS L'ANY 2015	1.150 TWa
CONSUM MUNDIAL ACUMULAT DE COMBUSTIBLES FÒSSILS ESTIMAT ENTRE 2015 I 2050	900 TWa

Taula 3.1. Energia elèctrica i tèrmica renovable a partir de l'energia del sol que incideix sobre la terra ferma del planeta. Basada en dades d'*El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla. [Sans-Pulla-2014]. **Elaboració:** Jordi Pujol Soler.

A partir de la taula anterior, es pot observar:

- L'energia solar que arriba al planeta Terra és d'uns 174 000 TWa/a. D'aquests, uns 23 000 TWa/a incideixen sobre terra ferma (continents) després d'haver travessat l'atmosfera. L'energia tèrmica i elèctrica total que se'n podria obtenir, amb el rendiment que permet la tecnologia actual, seria d'uns 162 TWa/a. Aquesta energia útil, provinent de fonts d'energia renovable, supera en 5,7 vegades els 28 TWa que s'estima que es precisaran l'any 2050. Però, compte, perquè aquests 28 TWa són, en un percentatge alt, de combustibles fòssils, amb un aprofitament final aproximat de 4 a 1. O sigui que l'energia final útil serà de $28/4 = 7$ TWa. Atès que, a partir de fonts d'energia renovables, l'energia elèctrica i tèrmica obtinguda és pràcticament l'útil, caldria generar tan sols els 7 TWa. Si aquest valor es corregeix amb el factor 2 per pèrdues per emmagatzematge, resultaria que cal generar amb renovables $7 \times 2 = 14$ TWa. Per tant, els 162 TWa/a que es podrien produir amb renovables superarien en $162/14 = 11,5$ vegades l'energia necessària el 2050.*

- Les reserves de les fonts d'energia fòssil que hi ha a la terra són aproximadament de **1 150 TWa**, quantitat que es preveu consumir entre 2015 i 2050. Per tant, sense TE21, les dades actuals indiquen que les reserves energètiques provinents de fonts d'energia fòssils i d'urani s'exauriran en, aproximadament, 35 anys.



Fig. 3.1. Possible aprofitament de la radiació solar incident a la terra ferma. **Elaboració:** Rosanna Fernández i Jordi Regalés

3.4. Tipus d' instal·lacions de renovables

Les principals són:

- **Per produir calor:**

Plaques solars tèrmiques de baixa temperatura: panells tèrmics plans o tubulars que aprofiten la radiació del sol de manera directa per produir aigua calenta sanitària o calefacció, normalment domèstica. **Estufes i calderes de biomassa i captadors solars tèrmics parabòlics.**



Fig. 3.2. Instal·lació de panells tèrmics tubulars de baixa temperatura. **Font:** <https://goo.gl/7go4WW>



Fig. 3.3. Caldera de biomassa (pellets). **Font:** www.pixabay.com



Fig. 3.4 Central solar tèrmica de captadors parabòlica; Odeillo, França

Font: <https://goo.gl/z3O3Qz>

- **Per produir electricitat:**

Solar tèrmica de captadors de cilindres parabòlics, d'heliòstat i torre, i de paraboloides: sistemes de concentració de la radiació solar que produeixen vapor o escalfen oli a alta temperatura per produir vapor que acciona una turbina. Usos: generació d'electricitat o per a aplicacions en processos industrials. **Solar fotovoltaica.** Funciona a base de panells que produeixen electricitat quan són excitats per la llum solar. Poden ser fixes o bé orientables a través de 1 o 2 eixos.



Fig. 3.5 Torre solar. Central Heliotèrmica.

Font: <https://goo.gl/yscXfR>



Fig. 3.6 Instal·lació de panells fotovoltaics. Font: <https://goo.gl/5zr3Pa>

Eòlica. Turbines que, accionades per l'acció del vent, fan girar un generador que produeix energia elèctrica.



Fig. 3.7. Parc eòlic i detall de turbina eòlica. Font: <https://goo.gl/GtPKjC> i <https://goo.gl/6L8Vxk>

Hidràulica. Embassaments amb salts d'aigua on es transforma l'energia potencial de l'aigua en energia cinètica que incideix en una turbina connectada a un generador elèctric.



Fig. 3.8. Instal·lacions hidràuliques. Font: <https://goo.gl/KWIR2v> i <https://goo.gl/mXkMOs>



Fig. 3.9. Instal·lacions de renovables per produir electricitat. Font: **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

3.5. Plantejament general del procés de transició energètica a energies renovables (TE21)

En les dues figures següents, totes les xifres d'energia (GW_t) corresponen a energia tèrmica primària (petroli, gas, urani...) i no a l'energia final per a ús, que és molt inferior, degut al rendiment. La corba verda de renovables no és l'energia elèctrica o tèrmica generada amb aquests sistemes, sinó que és l'equivalent a l'energia tèrmica que produiria els mateixos valors finals (per exemple 1 GW_e elèctric amb renovables s'ha considerat com a equivalent a 3 GW_t tèrmics amb fòssils).

Important: Cal recordar, com s'ha exposat en el capítol 2, que quan es parla de consums mitjans d'energia usem TWa/a (terawatt any/any) que, en tractar-se d'una energia (TWany) distribuïda en un temps (any), dóna com a resultat la unitat de potència mitjana TW. També s'usen el seus submúltiples GW, MW o KW. Quan parlem de reserves o de consum acumulat usem TWa (terawatt any, que és una unitat d'energia) i també GWa, MWh i kWh. En el Cap. 2 s'ha explicat l'avantatge d'utilitzar unitats de potència mitjana (GW) per referir-se al consum d'energia.

Amb el model actual (sense TE21)

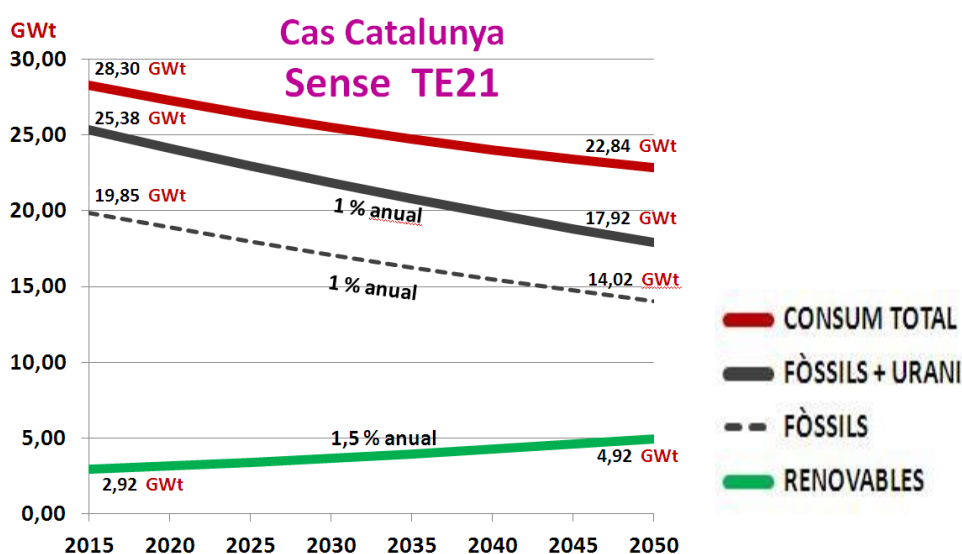


Fig. 3.10. Plantejament general del model actual amb combustibles fòssils (Sense TE21). Unitats: GW_t (giga watt tèrmic). **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla. [Sans-Pulla-2014].

- S'ha suposat que hi hauria un descens del consum de combustibles fòssils i urani a un ritme mitjà d'un 1% anual (descens que ja ha començat), atesa la major eficiència en la generació d'energia elèctrica i dels aparells de consum i també per adaptació i racionalització dels usos (a Catalunya, aquest descens comportaria passar de 28,30 GWt l'any 2015 a 22,84 GWt el 2050).
- Es preveu que hi hauria un augment de l'aprofitament d'energia procedent de fonts d'energia renovables de l'1,5% anual.

Amb el model de transició 100% a renovables (amb TE21)

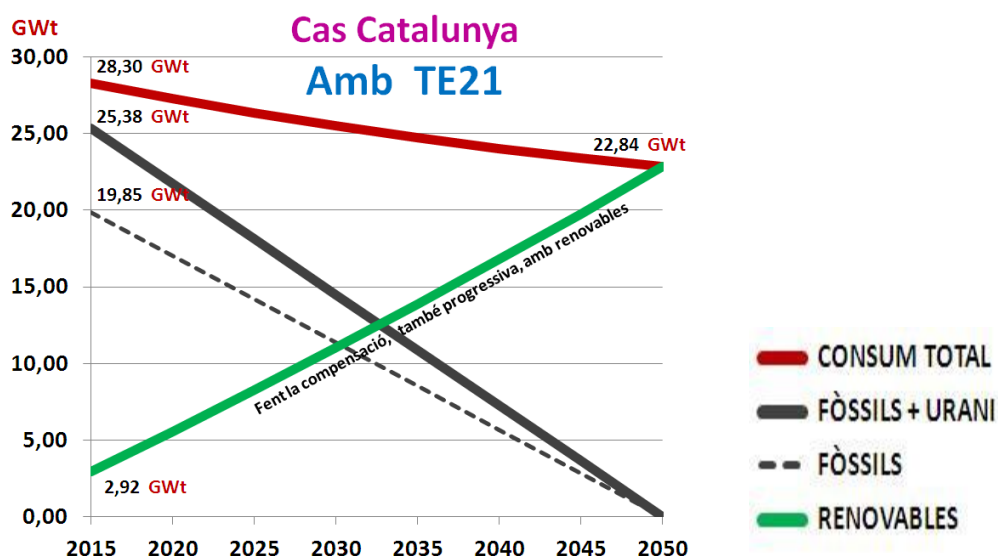


Fig. 3.11. Plantejament general del model de la Transició Energètica a Renovables (amb TE21). Unitats: GW_t (giga watt tèrmic). **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla. [Sans-Pulla-2014].

- Ramon Sans considera un procés de transició progressiu i total en un termini de 35 anys, fins a l'any 2050, atès que la inversió que comportaria és raonable i realitzable.
- Se suposa que hi haurà el mateix descens de les necessitats totals d'energia equivalent procedent de combustibles fòssils que en el model sense TE21: també d'un 1% anual.
- L'ús de l'energia provinent de fonts renovables augmentaria progressivament fins a substituir el consum de fonts d'energia no renovables l'any 2050. Així, doncs, l'any 2050 les fonts renovables produirien la mateixa energia útil que amb les no renovables, o sigui l'energia útil corresponent a 22,84 GWt, que es veurà més endavant que és de només 7,34 GW, majoritàriament via electricitat.
- En conseqüència, el consum de combustibles fòssils i d'urani descendirien a l'entorn de zero i les renovables assolirien el valor útil corresponent al total de l'energia fòssil i urani. Hi ha l'excepció dels transports marítim i aeri i la maquinària agrícola que momentàniament i en espera de solució continuarien amb no renovables.

3.6. Quanta energia cal a Catalunya, a partir de fonts d'energia renovable, per poder prescindir dels combustibles fòssils?

3.6.1. Comptabilitat energètica

En les transformacions energètiques, el que realment ens importa és la quantitat d'energia útil (ja sigui motriu, tèrmica o elèctrica) que s'obté, també anomenada, en ocasions, demanda energètica.

Dues qüestions bàsiques de partida:

- L'energia obtinguda a partir de fonts d'energies renovables no consumeix recursos, ja que fa servir fluxos d'energia (sol, vent...) inexhauribles a escala humana; per contra, l'energia obtinguda a partir de fonts d'energia fòssil i d'urani comporta el consum d'unes reserves finites i limitades, summament crítiques.
- Com ja s'ha comentat al capítol 1, en el cas de les fonts d'energia no renovable, en la seva transformació se n'aprofita com a útil una part reduïda. Ara bé, quan es vol obtenir la mateixa quantitat d'energia útil però a partir dels fluxos de la naturalesa, de forma simplificada es pot comptabilitzar pràcticament com a útil l'electricitat o la calor generades.
Resumint, això implica que no faci falta transformar tanta energia per produir la mateixa energia final.

En el cas de les fonts d'energia no renovable destinada a usos elèctrics i de mobilitat, de mitjana, de cada quatre unitats d'energia d'entrada en els sistemes de transformació se n'aprofita únicament una. És a dir, es malbarata a l'entorn del 75% de l'energia obtinguda a partir de fonts d'energia no renovable, ja sigui en el procés de conversió termo-mecànica-elèctrica (centrals tèrmiques i centrals nuclears) o bé en la conversió termo-mecànica (motors de combustió); ambdós processos estan basats en la crema inicial de combustibles fòssils.

Quan es vol obtenir la mateixa quantitat d'energia útil que aporten els combustibles fòssils però a partir dels fluxos de la naturalesa (sol, vent, etc.), es pot comptabilitzar pràcticament de forma directa l'electricitat o la calor generades amb un rendiment d'utilització que es pot estimar entre el 80% i el 90%. Si bé és cert que aquests processos de transformació també tenen el seu rendiment associat respecte a la font primària, aquest no és un factor crític ja que el recurs primari existeix i és molt abundant, independentment de si el fem servir com si no.

3.6.2. Itineraris energètics

Els itineraris energètics són els camins i transformacions que experimenta l'energia de les fonts primàries fins esdevenir energia útil.

Seguidament es comenten els rendiments d'alguns processos de generació d'energia elèctrica, motriu i tèrmica, és a dir, la relació percentual que hi ha entre l'energia inicial d'entrada i l'obtinguda o utilitzada, que és la que realment interessa.

(en l'annex 1 Podeu consultar la Taula completa d'Itineraris Energètics més usuals elaborada per Ramon Sans)

Aquests rendiments o marges d'aprofitament són raonables?

Alguns exemples:

- Per produir electricitat en les centrals convencionals, a partir de petroli o gas, el rendiment és aproximadament del **33%**. En les centrals nuclears és una mica inferior i en les de gas de cicle combinat arriba a un **45%**.
- En el cotxe, suposant com a combustible la benzina resultant del procés de destil·lació del petroli, el rendiment és d'un **20%**. Si, enlloc de benzina, s'utilitza algun tipus de biocombustible líquid, obtinguts de l'agricultura (biodièsel, bioetanol, etc), el rendiment pot baixar fins a l'**11%**. Atenent el seu baixíssim rendiment, la conveniència tant des del punt de vista energètic com social d'aquests biocombustibles queda en entredit.
- El rendiment de les calderes que funcionen amb petroli, gas natural o biomassa és aproximadament del **75%** o superior.

En el cas de les fonts d'energia renovable (eòlica, fotovoltaica, termosolar, etc.) a partir de les que es produeix electricitat o calor, els valors del rendiment de les instal·lacions de transformació associades varien considerablement (des del 15% de les plaques fotovoltaïques al 80% de les instal·lacions hidràuliques de generació elèctrica), però en tractar-se de fluxos de la naturalesa inexhauribles a escala humana, el rendiment no representa un factor crític.

3.6.3. Quanta energia útil caldrà obtenir a Catalunya en l'escenari de la TE21?

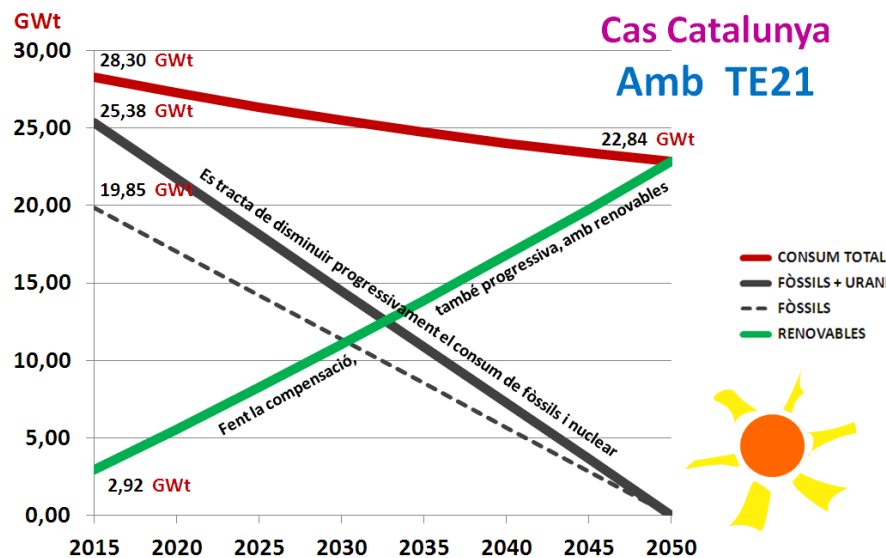


Fig. 3.12. Esquema de la TE21 a Catalunya. **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla. [Sans-Pulla-2014].

ENERGIA ÚTIL A PRODUIR AMB RENOVABLES AMB LA TE21	
Total consum energies fòssils i urani a Catalunya el 2050 sense TE21	22,84 GWt
Energia que amb la TE21 encara continuaria amb fòssils (vaixells, avions, agricultura)	2,84 GWt
DIFERÈNCIA	20,00 GWt
Energia útil estimada que produeixen aquests 20 GWt, procedents majoritàriament de la combustió de fòssils, que és a l'entorn de la que caldrà produir amb renovables	7,34 GWt

Taula 3.2. Dades de *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

De la figura i la taula anterior es pot observar:

- La producció total d'energia a Catalunya l'any 2015 amb fonts no renovables és de 28,30 GW_t (giga watt tèrmics) i la previsió per a 2050 amb fonts no renovables seria de 22,84 GW_t.
- 2,84 GW_t d'aquests 22,84 GW_t, correspondrien a ús motriu per a vaixells, avions i agricultura. Se suposa que momentàniament, mentre no acabi de perfeccionar-se la tecnologia de l'hidrogen i el metà, continuarien funcionant amb combustibles fòssils. Per tant, queden 22,84 – 2,84 = 20,00 GW_t (giga watt tèrmics), l'energia útil dels quals (que es dedueix que seran 7,34 GW) l'any 2050 s'haurien de produir amb energies renovables.

La taula següent resumeix la proposta que fa Ramon Sans en el seu llibre, sobre l'energia necessària amb fonts renovables per obtenir la mateixa energia útil que amb el consum de combustibles fòssils i urani.

ENERGIA NECESSÀRIA A CATALUNYA

Llegenda:

GW_t (giga Watt tèrmic); Gw_e (giga Watt elèctric)

	CONSUM ENERGIA SENSE TE21
	Any 2050
	GW _t
CONSUM TÈRMIC en Indústria, Vivendes, Serveis	4,80
CONSUM MOBILITAT Terrestre	4,20
CONSUM ELÈCTRIC en Indústria, Vivendes, Serveis	11,00
TOTAL	20,00

ENERGIA NECESSÀRIA AMB TE21 (sense vaixells, avions ni maquinària agrícola)			
Any 2050			
GW _e bomba calor o resistència (3GW _t = 1GW _e) (Relació 3 a 1)	GW _t solar tèrmica i biomassa (Relació 1 a 1)	GW _e motor elèctric vehícles (5GW _t = 1GW _e) (Relació 5 a 1)	GW _e fotovoltaica eòlica, solar termoelectrifica (3GW _t = 1GW _e) (Relació 3 a 1)
0,99	1,84		
		0,84	
			3,67
0,99	1,84	0,84	3,67

ENERGIA TOTAL NECESSÀRIA AMB TE21

ENERGIA ELÈCTRICA AMB RENOVABLES	
Ús tèrmic	0,99 Gwe
Mobilitat terrestre	0,84 Gwe
Consum Elèctric	3,67 Gwe
TOTAL ENERGIA ELÈCTRICA AMB RENOVABLES	5,50 GW_e
TOTAL SOLAR TÈRMICA I BIOMASSA	1,84 GW_t
TOTAL ELÈCTRICA + SOLAR TÈRMICA I BIOMASSA	7,34 GW

Taula 3.3. Font: *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

- En la Taula anterior es dedueix aquesta energia útil (7,34 GW) produïda pels 20 GW_t amb combustibles fòssils i urani. Així, doncs, s'ha desglossat per als diversos usos (tèrmic, mobilitat i elèctric) i també per destinacions (indústria, habitatge i serveis) la relació entre l'energia no renovable emprada i l'útil obtinguda, que seria la que aproximadament s'hauria de generar amb renovables. Es justifica, docs, que amb renovables, **5,50 GW_e elèctrics més 1,84 GW_t tèrmics, que en total són 7,34 GW, produeixen la mateixa energia útil que els 20,00 GW_t fòssils totals.**
- Per arribar a aquestes xifres s'han aplicat els rendiments corresponents als diversos consums i tecnologies (calderes de gas, centrals termoelectriques de fuel o gas, escalfament amb bomba de calor o resistència elèctrica, vehicles amb motors tèrmics, etc.).
- Aquests 5,50 GW_e d'energia elèctrica tant es destinarien a mobilitat (vehicle elèctric), com a usos tèrmics (bomba de calor, resistència elèctrica, producció d'hidrogen per a forns industrials...) i també a usos elèctrics de maquinària i aparells diversos.
- Els 1,84 GW_t seran per a ús tèrmic directe; mitjançant la crema de biomassa o la transformació energètica en centrals termosolars de baixa temperatura

(fonamentalment amb plaques solars tèrmiques instal·lades a les teulades dels edificis i cremant llenya).

3.6.4. Emmagatzematge i energia

L'obtenció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovable és variable i intermitent (depèn del sol, del vent...). Cal emmagatzemar-ne una part per poder satisfer en tot moment les demandes racionals de potència, quan no hi ha la producció.

La solució a aquest problema és a base d'instal·lar generadors que tinguin un excedent de potència i de producció i poder emmagatzemar l'energia elèctrica sobrant, fent ús de tecnologies actualment en funcionament.

Quines tecnologies?.

- **Bateries**, però tenen una capacitat molt limitada.
- **Hidrogen H_2** , obtingut mitjançant el procés d'electròlisi: *l'electricitat excedent pot descompondre la molècula d'aigua (H_2O) en hidrogen (H_2) i oxigen (O_2). Aquest hidrogen es pot emmagatzemar. Posteriorment, quan l' hidrogen reacciona amb l'oxigen per produir aigua desprèn gran quantitat de calor que pot utilitzar-se per fer funcionar un motor tèrmic, com els de benzina convencionals; també, utilitzat en piles de combustible, pot reaccionar amb l'oxigen i produir electricitat per fer funcionar un motor elèctric.*
- **Derivats de l'hidrogen**. *L'emmagatzematge de l' hidrogen pot ser delicat. Una solució alternativa és fer reaccionar l' hidrogen (H_2) amb diòxid de carboni (CO_2) - que és sobrant a l'atmosfera – i produir metà (CH_4), més fàcil d'utilitzar. Una possible aplicació d'aquest metà generat amb hidrogen és com a combustible en les centrals de cicle combinat de gas ja existents, per cobrir puntes de demanda energètica.*
- **Altres sistemes d'emmagatzematge**. *Centrals hidroelèctriques reversibles, sals foses...*

En tots els processos d'emmagatzematge (bateries, generació d'hidrogen o metà, centrals hidroelèctriques reversibles...) en què no s'utilitza de forma directa l'electricitat generada, hi ha una pèrdua d'energia. Com a marge de seguretat, en Ramon Sans en l'estudi esmentat suposa que l'energia elèctrica que caldrà obtenir serà el doble de l'anteriorment calculada.

És a dir: $2 \times 5,50 \text{ GW}_e \approx \mathbf{11,00 \text{ GW}_e}$

Evidentment, un major grau d'implantació del nou sistema energètic, de xarxes elèctriques intel·ligents, mallades i de major àmbit territorial, i també un major equilibri en la demanda/producció energètica, fan que la variabilitat i la intermitència en l'obtenció d'energia útil a partir de fonts d'energia renovables quedi més compensada i les necessitats d'emmagatzematge siguin menors.

3.7. Superfícies necessàries i costos d'implantació d'aquestes instal·lacions de renovables en el territori

Continuant amb el model de Ramon Sans, es considera per a Catalunya una de les moltes possibles implantacions generals d'energies renovables per produir els 11 GW_e d'electricitat, previstos per a cobrir la demanda de la mobilitat terrestre, d'usos tèrmics i d'usos elèctrics directes en aparells i maquinària, tant en àmbits domèstics, com de serveis i industrials.

Els paràmetres mitjans de les principals instal·lacions renovables actuals per produir electricitat que s'han considerat són els següents (cal tenir present que els rendiments d'aquestes instal·lacions estan augmentant notablement de forma continuada):

Cas Catalunya		SOLUCIONS RENOVABLES		
		VALORS PROMIG D'INSTAL·LACIONS ACTUALS		
(1) % Productiu de la Pot. Nominal		Factor ús (%) (1)	Ha/MWeP (2)	M€/MWeP (2)
(2) Present Potència Productiva				
(2) Potència promig 8760h/any				
SOLAR T		42,1	5,5	7,50
SOLAR PV (2 eixos)		20,0	6,0	7,00
SOLAR PV (fixa)		15,0	4,0	5,00
EÒLICA		24,0	10,0	3,50
HIDRÀULICA		58,8	10,0	3,65
		PAÍS	CATALUNYA	
		SUPERFÍCIE	3,2	MHa
		HABITANTS	7,5	Mhab

Taula 3.4 Font: *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

Comentaris sobre aquesta taula:

- **Potència Nominal** és la màxima potència elèctrica que pot generar un determinat tipus d'instal·lació.
- **Factor d'ús** és el percentatge d'hores que aquesta instal·lació estarà en producció respecte el nombre total d'hores de l'any (8 760 hores) per qualsevol causa com ara falta de sol, vent o aigua, per fallada o manteniment o pels requeriments de l'ús a través de la xarxa. Aquest factor d'ús és un valor mitjà, ja que depèn de la ubicació de la instal·lació.
- **Potència Productiva** és el producte de la potència nominal pel factor d'ús. És, doncs, la potència equivalent d'una instal·lació que estigués funcionant contínuament durant les 8 760 hores de l'any i produís la mateixa energia que la instal·lació amb la Potència

Nominal funcionant durant el número d'hores corresponent al Factor d'ús. Se sol mesurar en MW_eP (megawatts elèctrics productius)

- **ha/ MW_eP :** Són les hectàrees ocupades per cada MegaWatt Productiu d'una instal·lació. És el valor mig calculat a partir de diverses instal·lacions actualment en servei.
- **M€/MW_eP:** Són milions d'euros de cost d'implantació de la instal·lació, sense considerar el cost de compra de terrenys ni la xarxa elèctrica.

Es poden establir diferents distribucions percentuals entre les diverses tecnologies renovables de generació elèctrica. La que segueix, proposada per Ramon Sans en el seu llibre, és una de les moltes possibles, però es pot comprovar que amb altres distribucions de tecnologies renovables les proporcions de superfícies requerides són similars.

DISTRIBUCIÓ PER TIPOLOGIES D'INSTAL·LACIONS: SUPERFÍCIES I COSTOS						
	Potència Productiva de cada tipologia	Distribució Potència Productiva de cada tipologia sobre el Total	Superfície Total requerida	% Superfície s/ Total territori	Superfície per càpita	Cost Implantació
	GW_e	%	ha	%	m ² /hab.	G€
SOLAR TERMOELÈCTRICA	2,20	20	0	0,00	0	17
SOLAR FOTOVOLTAICA (1 eix)	2,75	25	16.380	0,51	22	19
SOLAR FOTOVOLTAICA fixa	2,20	20	0	0,00	0	11
EÒLICA	2,42	22	20.880	0,65	28	8
HIDRÀULICA	1,43	13	1.700	0,05	2	1
TOTAL	11,00	100	38.960	1,22	52	55
Cost emmagatzematge i Xarxa						11
(1 G€ són mil milions d'euros)						
Cost terrenys						1
Varis i imprevistos						3
TOTAL COST						70
DADES DE CATALUNYA						
Milions d'hectàrees:	3,2					
Milions habitants:	7,5					

Taula 3.5 Font: El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

Comentaris sobre la Taula anterior:

- **El 100% de la Potència Productiva necessària és de 11,00 GW_eP , segons s'ha deduït anteriorment.**
- **En la Taula s'indiquen el percentatge de potència productiva respecte el total que aportarà cadascuna de les tipologies.**
- **Per a cada tipologia s'indica la superfície de territori requerida i el seu cost d'instal·lació.** Aquestes superfícies i costos s'han adoptat partint de valors mitjans reals d'instal·lacions en explotació en el moment en que va ser escrit el llibre de Sans-Pulla [Sans-Pulla-2014]. Valors que van evolucionant favorablement pel propi progrés de la tecnologia.

- *S'ha considerat que la fotovoltaica fixa està situada en teulades d'edificis existents i no incrementa la superfície de territori a ocupar i que les solars termoelèctriques estan imbricades en espais compartits amb altres instal·lacions com les eòliques. Per aquest motiu no s'ha imputat cap superfície a ocupar.*
- *Per al cost final s'hi ha afegit el de les instal·lacions d'emmagatzematge, el d'adaptació de la xarxa elèctrica i la compra u ocupació de terrenys.*

Resum: A Catalunya, amb aquesta distribució percentual de les diverses tipologies d'instal·lacions, resulta que:

- La **superfície total a ocupar** amb instal·lacions renovables per generar els 11 GWe (per a subministrament global de mobilitat, tèrmic i ús elèctric) és de **38 960 ha (1,22% de tot el territori)**.

En la taula següent es donen unes dades comparatives per tenir una referència del que representa la superfície a ocupar. Us sorprèn?

COMPARATIVA DE SUPERFÍCIES A CATALUNYA	Superfície	% tot el territori
Superfície total de Catalunya	3 211 400 ha	
A ocupar amb instal·lacions de renovables a Catalunya [sans-pulla-2014]	38 960 ha	1,22%
Superfície urbanitzada a Catalunya entre 1993 i 2005 (12 anys) (Font: CREAM)	32 414 ha	1,01%
Conreus abandonats a Catalunya entre 1993 i 2015 [Centelles-2016]	134 000 ha	4,17%
Superfície total urbanitzada (font: IDESCAT)	211 000 ha	6,57%

Taula 3.6. Font: Ramon Sans. Josep Cenelles. CREAM IDESCAT.

El cost total de les instal·lacions:

- *Com es pot veure en la taula, el cost de la implantació directa de les instal·lacions de fonts d'energia renovable Sans-Pulla [Sans-Pulla-2014]. en el seu llibre l'estimen en 55 G€ (milers de milions d'euros).*
- *El cost de les instal·lacions d'emmagatzematge i de l'adaptació de les xarxes per a fer-les cooperatives entre els diversos punts de generació s'estimen en 11 G€.*
- *El cost de les expropiacions de terrenys s'ha estimat en 1 G€ i s'ha suposat uns imprevistos de 3 G€.*
- *El cost total de les instal·lacions s'avalua en 70 G€ = 70 000 000 000 d'euros (35% del PIB). Si la inversió es fa en 35 anys, representen 70 000 000 000/35 = 2 000 000 000 €/any. La repercussió per habitant de Catalunya i any seria: 2 000 000 000/7 500 000 = 267 €/any i habitant per efectuar la transició pràcticament total a energies renovables*

3.8. Balanç econòmic global de la transició a energies renovables a Catalunya

L'avaluació dels costos associats al consum de combustibles fòssils dona valors molt elevats per als països que importen la majoria dels combustibles fòssils que consumeixen. Són especialment elevats els costos associats a la importació de petroli, com és el cas de Catalunya.

Ramon Sans ha fet l'estudi partint de la base d'una pujada progressiva del costos dels combustibles fòssils, cosa totalment lògica atès el proper exhauriment de les reserves i també les limitacions en l'explotació degudes al canvi climàtic. Tot i això, des de 2008 s'han produït diverses fluctuacions dels preus amunt i avall de gran abast, probablement degut a la inestabilitat en què entra el sistema i a interessos geopolítics.

El què sí que és ben clar és que si es continua com ara (*business as usual*), el cost econòmic acumulat que han de pagar els països importadors (especialment Europa i diversos països asiàtics) per als combustibles fòssils (fonamentalment petroli i gas natural) és de tal magnitud que, pràcticament en totes les hipòtesis, surt econòmicament molt avantatjós encarar la transició energètica amb la màxima urgència.

Al 2012, la factura exterior anual de Catalunya per la compra de combustibles fòssils als països productors (a preus internacionals) va ser de 8 000 milions d'€ .

LA TRANSICIÓ ENERGÈTICA DEL SEGLE XXI

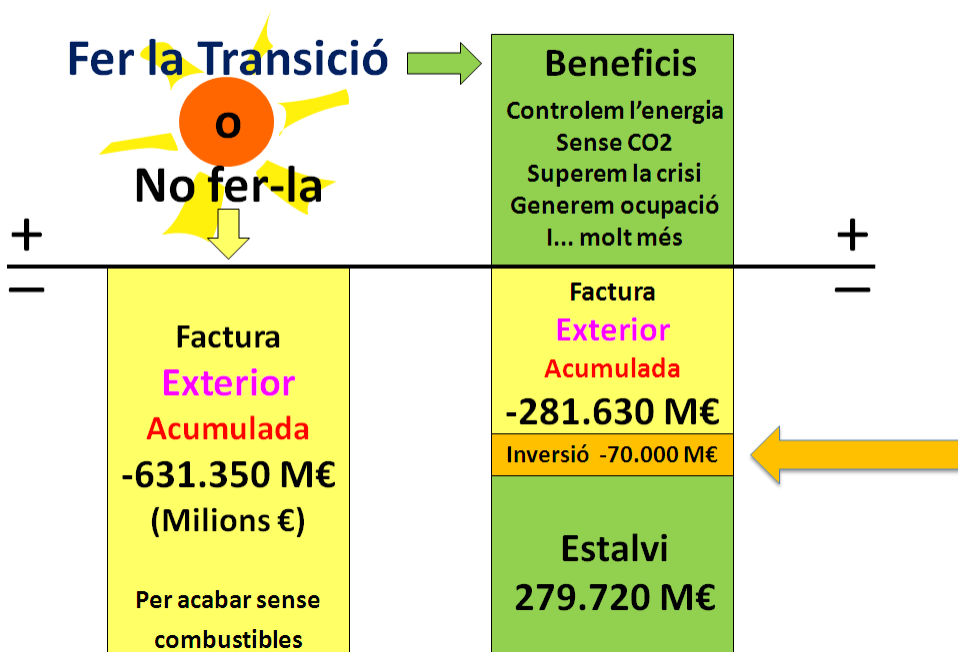


Fig. 3.13. Comparatiu econòmic a Catalunya entre fer la Transició Energètica a Renovables (TE21) o no fer-la .
Font: *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla.[Sans-Pulla-2014].

Què diu aquest esquema?

- Que en les hipòtesis exposades, si no fem res, en aquests 35 anys haurem de gastar 631 350 milions d'euros en la compra de combustibles fòssils a l'exterior. En canvi, si es realitza la transició energètica a renovables (amb TE21), el valor d'aquesta factura exterior acumulada de fòssils de Catalunya disminuiria fins a 281 630 milions d'€, amb un estalvi final acumulat de 349 720 milions d'€. Tot això sense comptar amb el cost de l'urani, del que no en tenim dades .
- D'aquest estalvi de 349 720 milions d'€ cal descomptar els 70 000 milions d'€ que caldrà invertir en noves instal·lacions de renovables, de manera que tindrem un estalvi final de 279 720 milions d'euros.

D'on surten aquests valors?

- Els 631.350 M€ de la compra de combustibles a l'exterior, cas de no fer la Transició energètica a renovables, surten del càlcul realitzat en base a la següent gràfica:

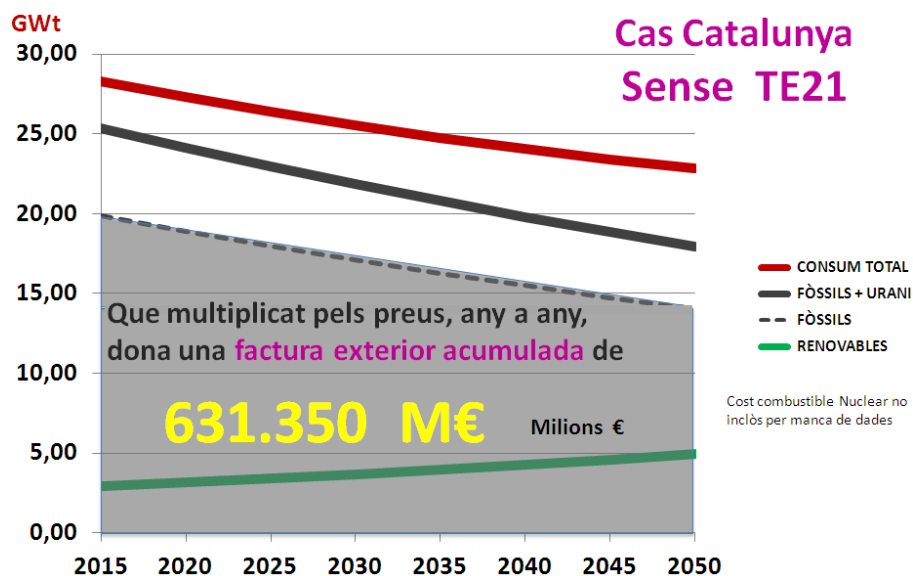
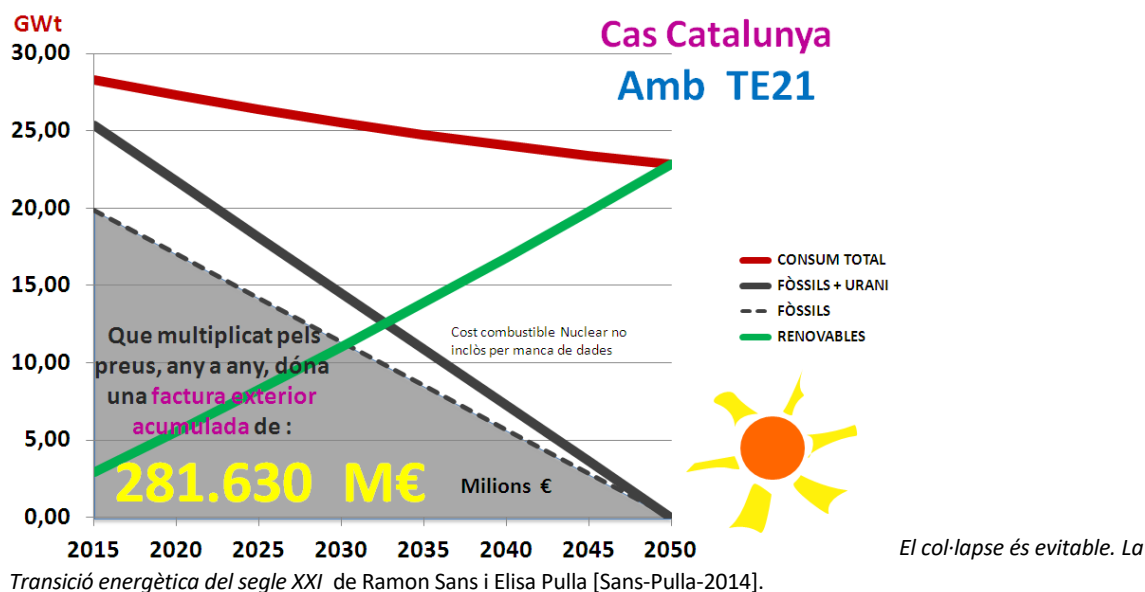


Fig. 3.14. Cost de compra de combustibles fòssils a l'exterior sense la TE21 a Catalunya. **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

- La superfície acolorida en gris correspon al cost d'importació dels combustibles fòssils (com a matèria primera; no inclou la transformació i la comercialització) durant el període de 35 anys comprès entre 2015 i 2050 (631 350 M€), suposant que no es fes la transició, és a dir sense la TE21, i acceptant la hipòtesi que els preus d'aquests combustibles augmentaran un 5% anual, fluctuacions cícliques a part.
- Els 281 630 M€ de la compra de combustibles a l'exterior, en el cas de fer la Transició energètica a renovables, resulten del càlcul realitzat en base a la gràfica següent:



- La superfície acolorida en gris correspon a la despesa per la importació de fòssils durant el període de 35 anys comprès entre 2015 i 2050 (281 630 M€.), suposant que es fes la Transició a Renovables, TE21. En aquest cas també s'accepta la hipòtesi que els preus d'aquests combustibles augmentaran un 5% anual.
- L'estalvi per compra de combustibles fòssils durant els 35 anys amb la TE21 seria de: $631\,350 - 281\,630 = 349\,720$ M€.
- L'estalvi total durant el període de 35 anys, si descomptem els 70 000 M€ d'inversió per la implantació de les instal·lacions (cal dir que sense TE21 també caldria fer certes inversions durant aquests 35 anys), seria de $349\,720 - 70\,000 = 279\,720$ M€, com s'indica a la figura corresponent.
- Aquest estalvi, anualment representaria: $279\,720 \text{ M€} / 35 \text{ anys} = 7\,992$ M€/any.
- Per habitant, l'estalvi final seria de: $7\,992\,000.000 \text{ €} / 7\,500\,000 \text{ hab} = 1\,065$ €/habitant i any.

Conclusions

* La inversió necessària en instal·lacions de renovables a Catalunya per a la substitució dels combustibles fòssils, durant el període de 35 anys comprès entre el 2015 i el 2050, és de 267 € per habitant i any.

* En el model de Sans-Pulla l'estalvi final net per compra de combustibles fòssils a l'exterior, computant també les inversions necessàries en instal·lacions de renovables, seria de 1 065 € per habitant i any.

A més de l'estalvi econòmic, la transició a renovables comportaria la creació de llocs de treball, el control del subministrament energètic des del propi país, la reducció de l'impacte en el medi ambient i la solució a la disponibilitat d'energia per les generacions actual i futura.

Un aspecte fonamental a tenir en compte: si no es du a terme la transició a renovables, al cap d'aquests 35 anys ens trobarem, a més, sense combustibles fòssils.

Les dades que s'han analitzat fins ara són les corresponents a la factura exterior per la compra directa de combustibles fòssils als països productors (a preus internacionals, amb la hipòtesi que els preus d'aquests combustibles augmenten un 5% anual, fluctuacions cícliques a part.). A banda d'aquesta factura exterior, els ciutadans de Catalunya també paguen les despeses associades al transport dels combustibles fòssils, la seva refinaria, la seva distribució, els marges comercials, els impostos, etc. A causa d'aquestes altres despeses, a grans trets es pot estimar que la ciutadania catalana paga unes 2,5 vegades el valor de compra. Per tant, si durant els propers 35 anys a es du a terme la TE21 l'estalvi final serà aproximadament d'uns **700 000 M€**, un valor molt superior als 279 720 M€ comptabilitzats anteriorment.

Posteriorment, Ramon Sans ha explorat escenaris diferents dels de les hipòtesis exposades, en el que ha denominat *transició a la carta*, adoptant diferents evolucions de preus dels combustibles fòssils, temps de transició i disminució de consums. Demostra que, fora de casos extrems, sempre és molt més favorable realitzar la transició TE21 que no realitzar-la.

Reflexió: a la vista d'aquestes dades, quin us sembla que és el camí a seguir?

Darrerament s'han publicat dos llibres interessants sobre la transició a energies renovables a Catalunya: *Cap al 100% renovable?. Reflexions sobre la Transició Energètica a Catalunya i la seva governança* de Josep Centelles Portella [Centelles-2016] i *Catalunya. Aproximació a un model energètic sostenible* de Eduard Furró Estany [Furró-2016]. A grans trets, ambdós estudis són coherents amb el d'en Ramon Sans Rovira [Sans-Pulla, 2014].

3.9. La transició a energies renovables en diversos països de la Unió Europea: algunes dades

Sans-Pulla [Sans-Pulla-2014], extrapolen aquest estudi per a Catalunya a altres països europeus, com es mostra a les taules següents:

FACTURA EXTERIOR (FEF), COST, INVERSIÓ I ESTALVI					
	FEF	Sense TE21 (a)	Amb TE21 (a)	Inversió (c)	Estalvi (a-b-c)
Catalunya	8 G€	631 G€	281 G€	70 Ge	280 G€
Europa 28	350 G€	32 510 G€	8 577 G€	7 400 G€	16 532 G€
Alemanya	90 G€	6 862 G€	2 756 G€	1 757 G€	2 349 G€
Espanya	50 G€	4 017 G€	1 780 G€	474 G€	1 763 G€
França	67 G€	5 058 G€	2 231 G€	1 148 G€	1 678 G€
Itàlia	56 G€	4 580 G€	1 909 G€	715 G€	1 953 G€
Regne Unit	30 G€	3 294 G€	-161 G€	783 G€	2 672 G€

Taula 3.7. Taula comparativa de Factura exterior anual per compra de fòssil (FEF). De costos acumulats durant 35 anys per compra de fòssils, sense fer la TE21 i fent la TE21. D'inversió necessària en instal·lacions. D'estalvi final per a diversos països de la UE. **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

POTÈNCIES, SUPERFÍCIES I % TERRITORI			
	Potència productiva	Superfície total necessària	% Territori ocupat
Catalunya	11 GW _{eP}	38 960 ha	1,22%
Europa 28	1 070 GW _{eP}	6 061 600 ha	1,38%
Alemanya	194 GW _{eP}	1 292 700 ha	3,62%
Espanya	80 GW _{eP}	309 700 ha	0,62%
França	150 GW _{eP}	775 400 ha	1,42%
Itàlia	116 GW _{eP}	522 500 ha	1,74%
Regne Unit	109 GW _{eP}	831 300 ha	3,39%

Taula 3.8. Taula comparativa de potència productiva (com si actués permanentment), de superfície necessària i de % de territori ocupat en instal·lacions per a diversos països de la UE. **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

En aquestes dues taules es posa de manifest que, tot i que la transició energètica TE21 és possible en els cinc països analitzats, no tots ells ofereixen les mateixes condicions.

El país més favorable, que requereix menys inversió i menys ocupació de sòl, és Espanya i, en canvi, el que té les condicions menys favorables és Alemanya. El Regne Unit, que encara és el país que produeix més combustibles fòssils dels cinc, requereix una inversió

relativament moderada però una superfície força gran. França es troba en una situació intermèdia.

3.10. Com seria el nou paisatge energètic previsible després de la transició a renovables?

Es preveu que l'electricitat seria l'element clau en el nou paisatge energètic. La major part d'usos serien elèctrics, excepte, a grans trets, l'escalfor produïda pels captadors solars tèrmics o en les calderes de biomassa (llenya). En el transport terrestre la gran majoria dels motors de cotxes, camions i trens serien elèctrics, alimentats per bateria, catenària o pila de combustible d'hidrogen. Una part important de la climatització es duria a terme mitjançant bombes de calor accionades elèctricament. Evidentment, tots els aparells i màquines serien accionats amb un motor elèctric o escalfats amb una resistència elèctrica. Però, compte, la producció d'electricitat amb energia fotovoltaica, termoelèctrica o eòlica és intermitent i variable i caldrà sobreproducció i sistemes d'emmagatzematge.

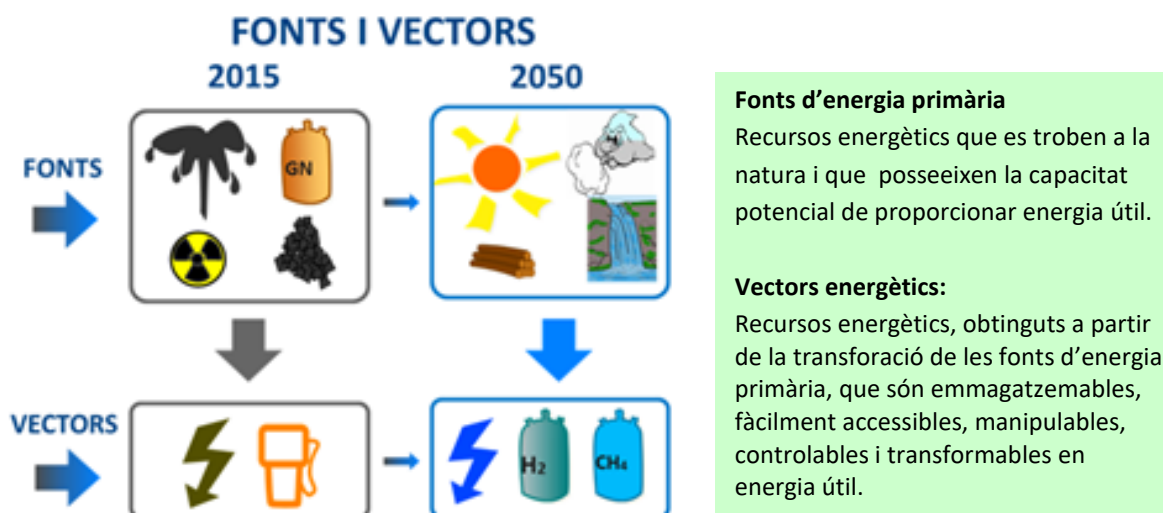


Fig. 3.16. Canvi de fonts i de vectors energètics en la transició energètica del segle XXI (TE21).). **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

L'electricitat seria la base en el nou paisatge energètic renovable, amb vectors energètics com l'hidrogen o el metà.

3.10.1. Com serien els usos finals?

Usos en mobilitat

En recorreguts curts, tot fa pensar que els automòbils, els petits vehicles comercials, les motocicletes i les bicicletes assistides seran elèctrics, alimentats per bateries; en recorreguts més llargs, comença a haver acord que els automòbils, els autocars i els

camions serien elèctrics alimentats per piles de combustible amb base d'hidrogen (més eficients que els motors d'explosió) o amb motors tèrmics a base d'ampolles de metà.

El ferrocarril haurà de tornar a prendre protagonisme, tant en transport de passatgers com en el de mercaderies, ja que és un dels mitjans de transport amb més rendiment. Probablement seran elèctrics alimentats directament per una catenària o per piles d'hidrogen (si en voleu saber més, recomanem consultar el llibre *“Ferrocarril, el medio de transporte del siglo XXI”*, de Santiago Montero Homs [Montero, S.,2013]).

Es preveu que es redueixi l'ús dels transports aeri i marítim; en el cas del transport aeri, la principal raó és la dificultat de substitució del querosè, procedent del petroli; pel que fa al transport marítim, entre altres raons, perquè l'exhauriment dels combustibles fòssils eliminaria pel cap baix 1/3 del transport marítim de mercaderies. Les alternatives a l'ús de combustibles fòssils en aquests transports encara estan per determinar i probablement esdevindran l'última frontera on es produeixin els canvis de la transició energètica. En la navegació, ja comencen a aparèixer nous tipus de vela per aprofitar el vent. En tot cas, l'hidrogen podria ser una solució en els dos tipus de transport.

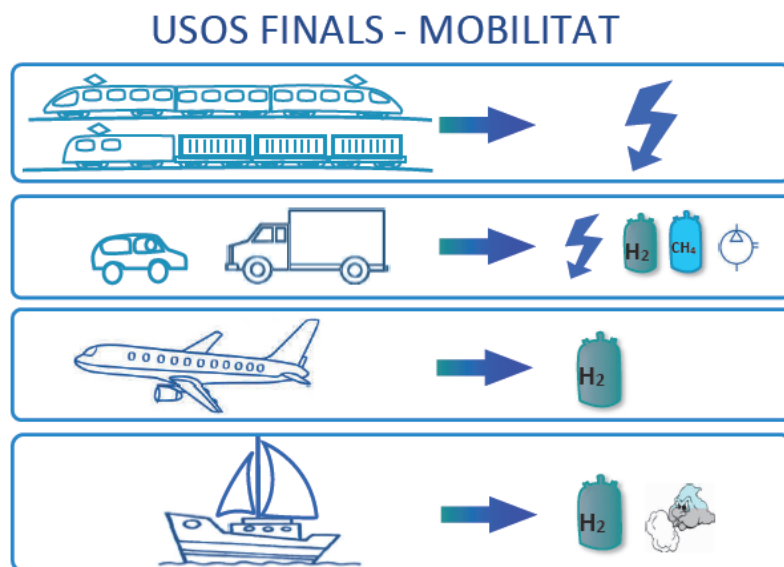


Fig. 3.17. Vectors energètics en la mobilitat del futur en la perspectiva de la transició energètica del segle XXI (TE21).

Font: *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla. [Sans-Pulla-2014].

Usos tèrmics

Les principals solucions per generar calor serien les plaques solars tèrmiques, els sistemes de concentració solar, la biomassa i les bombes de calor, sense descartar altres fonts, com l'energia geotèrmica en aquelles àrees on les condicions geològiques siguin favorables.

Per a les indústries o altres aplicacions que requereixen temperatures especialment elevades, serien importants els sistemes de concentració solar, l'hidrogen o el metà (o altres gasos) obtinguts de residus o restes de cultius o a través de l'hidrogen.

USOS FINALS - TÈRMICS

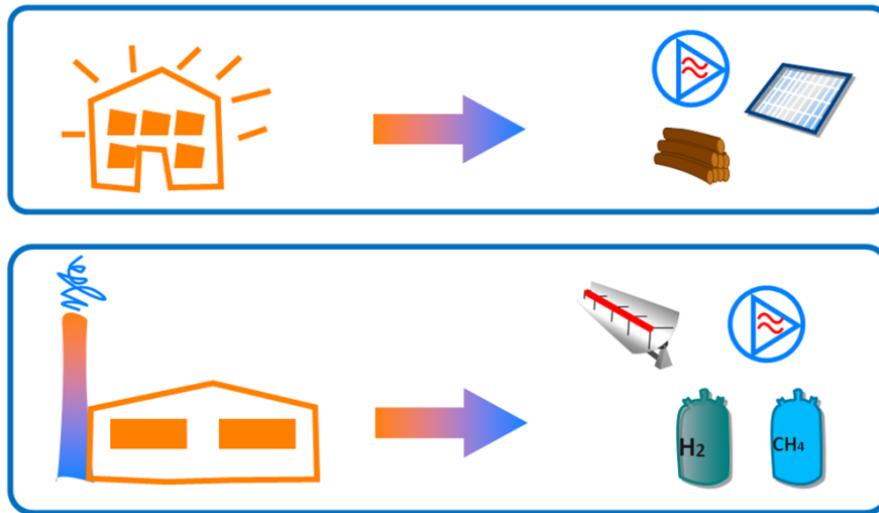


Fig. 3.18. Fonts renovables i vectors energètics per generar energia tèrmica (de baixa i alta temperatura) en la transició energètica del segle XXI (TE21). Símbol : Bomba de calor

Font: *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla. [Sans-Pulla-2014].

Usos elèctrics

Com hem comentat abans, l'electricitat seria la gran protagonista del nou paisatge energètic en el nou marc de la transició energètica. La major part de les fonts renovables generen directament electricitat sense haver de produir calor.

L'electricitat directa continuaria alimentant les nombroses aplicacions que ja té avui dia (il·luminació, comunicació i informàtica, motorització d'instal·lacions fixes, entre d'altres).

USOS FINALS - ELÈCTRICS

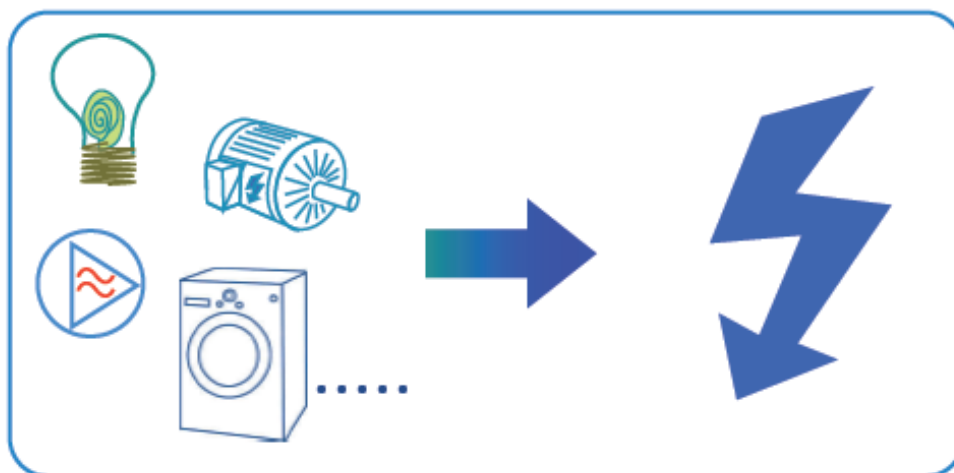


Fig. 3.19. **Font:** *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

3.11. Quin podria ser el nou escenari social?

Descrivim a continuació alguns aspectes de com podria ser el nou escenari social després de la transició energètica. Encara que aquestes fites semblin difícils d'assolir, no hi ha dubte que es poden aconseguir si es pren consciència del repte de futur que es planteja i la responsabilitat cap a les generacions futures.

3.11.1. Aspectes energètics

- El nou model energètic es basaria, en gran mesura, en l'electricitat produïda a partir de fonts d'energia renovables. Els hàbits de consum estarien adaptats als moments d'obtenció de l'electricitat (variables i intermitents) i a la capacitat d'emmagatzematge, la tecnologia de la qual avança molt notablement. Per tant, s'introduiria un canvi de model de consum respecte l'actual, que afavoreix el consum a tothora i amb qualsevol intensitat, amb l'única limitació de la capacitat de pagament dels usuaris.
- L'energia elèctrica es produiria repartida a tot el territori mitjançant xarxes col·laboratives, equilibrant territorialment consums i producció. Es fomentaria l'autoconsum instantani.
- El planejament urbanístic i la gestió del territori haurien de contemplar la ubicació de les diverses tipologies d'instal·lacions de transformació de fonts d'energia renovable.
- Les tarifes elèctriques serien transparents i dissenyades amb la voluntat de fomentar l'estalvi energètic, l'equilibri dels consums i les produccions individuals i locals.
- Les xarxes elèctriques de connexió entre els punts o centres de generació serien de gestió pública.

3.11.2. Usos, costums, concepció i dissenys en general

- El consum, en general, seria de proximitat. L'etiquetatge dels productes explicitaria de manera clara la seva procedència. El consumidor seria conscient de totes les implicacions energètiques del seu consum i podria actuar en conseqüència; simplement no actuaria passivament.
- El consum innecessari, excessiu i compulsiu minvaria. Es redefiniria el concepte de benestar i confort atenent a criteris d'eficiència i sostenibilitat. S'acceptaria que, un cop satisfetes les necessitats bàsiques, un menor consum no comporta indefectiblement menor benestar, que són altres els factors que determinen la veritable qualitat de vida i que els conceptes «reduir» i «benestar» no són contradictoris.

- Atès que reciclar permet estalviar energia en les noves produccions i alhora permet minimitzar l'extracció minera de minerals esgotables, s'assumirien totalment el reciclatge i el suprarreciclatge. Predominaria l'economia circular (del bressol al bressol); des del disseny inicial es pensaria en tota la vida o vides del producte, que va del venedor al comprador i torna al cicle productiu.

I el més important:

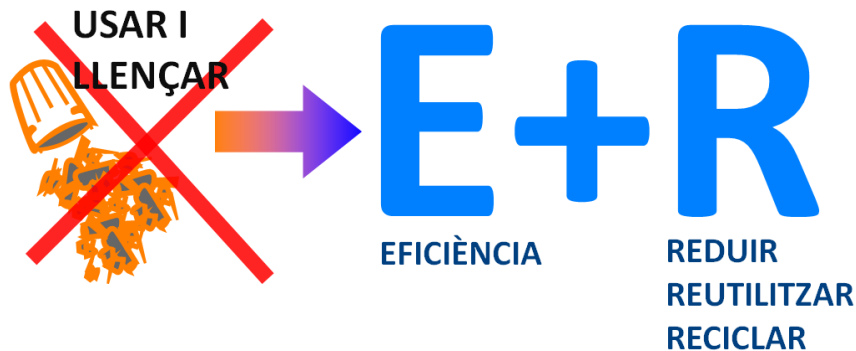


Fig. 3.20. Font: Ramon Sans i Elisa Pulla.

- Disminuiria el consum de productes i equipaments d'un sol ús. L'obsolescència programada desapareixeria. En el disseny dels processos industrials i de serveis hi hauria una clara presència de la perspectiva energètica.
- El transport de persones i mercaderies es reduiria i s'adaptaria a nous conceptes, com els consum de proximitat i la mobilitat col·lectiva.
- Els bens començarien a ser entesos com a serveis, de manera que la propietat passaria a tenir un altre paper. L'ús i la propietat compartida anirien guanyant terreny.
- Les relacions socials i comunitàries es basarien en un sistema col·laboratiu i no competitiu. Hi hauria consciència de la cosa pública i la idea del bé comú hi seria molt present.
- L'arquitectura hauria de ser energèticament sostenible, mitjançant uns dissenys que tinguessin en compte tota la vida de l'edifici (des de la construcció fins a la utilització i el manteniment). S'assolirien menors costos totals i major confort.
- L'agricultura i la ramaderia serien energèticament eficients i de proximitat.

ACTIVITATS DIDÀCTIQUES

1. L'ENERGIA ARA: COM LA PERCEBEM I COM LA TRACTEM. TENIM CONSCIÈNCIA DEL NIVELL DE CONSUM? L'USEM DE FORMA ADEQUADA?

Activitat 1.1. El nostre consum energètic

Pots consultar els apartats 1.1, 1.2, 1.3 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

Veiem d'allò més normal poder gaudir d'aigua calenta a la nostra llar, o bé la possibilitat d'il·luminar-la a qualsevol hora del dia gràcies a la il·luminació artificial. La tecnologia i la transformació de l'energia han proporcionat a l'ésser humà gran quantitat de comoditats i de serveis que percebem com naturals però que no ho són. I tampoc són de franc!

T'has plantejat mai quin és el teu consum energètic diari? I a què equival aquesta energia? T'has plantejat mai reduir el teu consum energètic?

La finalitat d'aquesta activitat és mirar-se de prop diversos aparells de consum i ser conscients del seu consum energètic, per després fer-ne una valoració i **aplicar mesures d'estalvi energètic o de millora de la seva eficiència.**

Alguns aspectes d'aquesta activitat poden ser una mica feixucs, però segur que ens seran útils per conèixer de prop quin paper té l'energia en la nostra vida diària.

En aquesta activitat estudiaràs, d'entrada, el consum energètic de quatre aparells que solen ser quotidians: Aparells d'il·luminació, la nevera, l'ascensor i el cotxe.

Consideracions sobre la terminologia utilitzada

Com sabem, l'energia no es crea ni es destrueix sinó que es transforma. En conseqüència, no és estrictament correcte dir que “consumim energia”. En tot cas “usem l'energia” (l'energia química del petroli, l'energia elèctrica, l'energia del sol, etc.). El que sí que consumim són combustibles fòssils, dels que anem reduint les reserves. Ara bé, en aquest text, per considerar-ho aclaridor, s'ha utilitzat a vegades el terme consum d'energia per mesurar la despesa energètica que comporta un ús o usos determinats; per exemple, el consum energètic d'una llar, el consum d'energia per transportar aliments o mercaderies, etc. Altrament, dir l'ús energètic d'una llar o l'ús d'energia per transportar aliments podria confondre's amb l'energia final aprofitada.

També s'ha utilitzat en alguna ocasió el terme “generar o produir energia elèctrica”, per exemple amb un aerogenerador, en comptes de “transformar energia eòlica a energia elèctrica”, en considerar que aquesta expressió estricta resultaria llarga i enfardegada i, atès el context en que s'utilitza, el concepte físic no queda desvirtuat.

Consideracions sobre les unitats de mesura

En aquest text, per fer-lo més aclaridor, s'utilitzen els termes joule químic (Jq), joule tèrmic (Jt), joule elèctric (Je) i joule mecànic (Jm), tot i que no són normatius. Amb aquesta notació es vol indicar el tipus d'energia considerada.



Fig.1 L·luminària



Fig.2 Aparcament de vehicles

1.1.1. Càlcul del consum energètic

a. Instal·lació d'il·luminació

Consums amb la tipologia actual dels elements d'il·luminació

Et proposem que estudiis el consum d'energia elèctrica diària de la instal·lació d'il·luminació de casa teva.

Normalment, a les llars hi ha diferents tipus de làmpades. Cada tipus de làmpada té unes característiques de funcionament i de consum diferents.

Omple les taules amb les dades de consum elèctric en il·luminació de cada estança de casa teva. Per fer-ho, hauràs d'esbrinar el tipus de làmpada en cada cas, quina potència consumeix i estimar aproximadament el temps què estan enceses. Si hi ha làmpades que estan enceses temps diferents, tingues-ho en compte.



Important! No manipulis les làmpades. Demana la informació a les persones adultes de casa teva i, si és necessari, que siguin elles qui les manipulin.

Per prendre les dades et proposem el model de taula següent:

CUINA					
Tipus de làmpada	Nombre de làmpades	Potència unitària (W)	Potència del grup (W)	Temps funcionament diari mitjà (h)	Energia elèctrica consumida (kWh)
Tub Fluorescent	1	36	36	4	0,14
Halògena	3	50	150	1	0,15
Fluorescent compacta	2	15	30	4	0,12
LED	2	10	20	2	0,04
TOTAL	0,45				

Taula 1.1

SALA D'ESTAR					
Tipus de làmpada	Nombre de làmpades	Potència unitària (W)	Potència del grup (W)	Temps funcionament diari mitjà (h)	Energia elèctrica consumida (kWh)
Halògena	3	50	150	1	0,15
Fluorescent compacta	2	15	30	4	0,12
LED	2	10	20	2	0,04
TOTAL	0,31				

Taula 1.2

Un cop hakis fet el càlcul per a totes les estances de la casa, fes un resum seguint el model següent:

CONSUM AMB LA TIPOLOGIA INICIAL DELS ELEMENTS D'IL·LUMINACIÓ			
Cambra	Energia elèctrica consumida (kWh)	Nº de dies a l'any	Energia elèctrica anual consumida (kWh)
Cuina			
Sala d'estar			
Lavabo			
Dormitori 1			
Dormitori 2			
Dormitori 2			
Altres			
TOTAL			

Taula 1.3

Proposta per reduir el consum elèctric

1. Fes una proposta de canvi de tipus de làmpades per reduir el consum. Per simplificar pots suposar que canvies totes les làmpades per làmpades de baix consum o de tecnologia LED.

Incandescent	LED	Baix consum
		
100 W	15W	21 W
60 W	10W	12 W
40 W	8W	9W

Taula 1.4. Equivalència aproximada de potències per a una intensitat d'il·luminació similar⁴

2. Elabora una nova taula per les estances amb les noves làmpades i calcula el nou consum d'energia elèctrica per les mateixes hores d'us.
 - Comenta els canvis que hi ha hagut en la tecnologia de làmpades, en aspectes estètics, funcionals, d'estalvi, etc.

COMPARATIU DE CONSUMS AMB LA NOVA TIPOLOGIA D'ELEMENTS D'IL·LUMINACIÓ			
CAMBRA	Energia elèctrica anual consumida amb la tipologia inicial (kWh)	Energia elèctrica anual consumida amb la nova tipologia (kWh)	Estalvi d'energia elèctrica anual (kWh)
Cuina			
Sala estar			
Lavabo			
Dormitori 1			
Dormitori 2			
Dormitori 2			
Altres			
TOTAL			

Taula 1.5

b. La nevera

Abans de fer els càlculs relacionats amb la nevera, cal tenir en compte que la nevera és un electrodomèstic que està endollat a la xarxa elèctrica les 24 h del dia, però no està consumint energia elèctrica tot el temps. Les neveres (i els congeladors) són aparells que mantenen la

⁴ Les dades d'equivalència entre potències de les diferents tecnologies varien molt en funció de les fonts consultades.

temperatura del seu interior gràcies al funcionament amb intermitència d'un compressor, que és precisament l'aparell del sistema de refrigeració que consumeix energia elèctrica.

Per fer l'estudi del consum energètic elèctric de la nevera, prèviament necessites conèixer el temps que el compressor està funcionant. La millor manera de conèixer aquest valor és mesurant-lo "in situ" durant 2 h (és a dir, escoltar l'activitat de la nevera durant aquest temps i anotar els intervals durant els quals funciona el compressor). Si no t'és possible realitzar aquesta mesura prèvia, pots fer una estimació suposant que el compressor es posa en marxa quatre vegades cada hora durant intervals de 5 minuts.

Una forma més exacta de mesurar el consum és emprar un comptador digital d'energia endollat entre la base de l'endoll i la clavilla de la nevera.

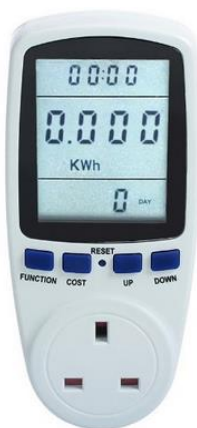


Fig. 3. Mesurador digital de consums elèctrics

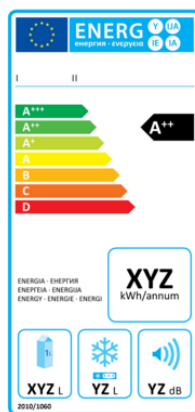


Fig. 4. Etiqueta energètica

3. Un cop coneixes el temps de funcionament de la teva nevera, respon les preguntes següents:
 1. De quina potència és la nevera? Trobaràs aquesta informació a la placa d'informació tècnica de l'aparell (sol estar en una etiqueta a la part posterior) o al manual d'instruccions.
 2. Quina és la qualificació energètica de l'aparell?
 3. Quin temps total diari està en marxa el compressor?
 4. Calcula l'energia elèctrica total consumida en un any per la/les nevera/es de casa teva.
 5. En les segones residències sovint es deixa el frigorífic funcionant contínuament, amb la casa desocupada. Calcula, segons aquest consum anual, el número d'hores que podria estar encesa una bombeta de baix consum de 20 W i el número de "servents" treballant a que equivalen. A la vista dels resultats, és raonable aquest hàbit?
4. Amb les dades resultants de les teves respostes, crea i omple la taula de consum elèctric de la nevera (o neveres) de casa teva.

c. L'ascensor

Atès que és complex calcular el consum d'un ascensor, estimarem que l'energia elèctrica consumida per pujar i per baixar l'alçada d'un pis de 3 m d'alçada amb ascensor a una persona de pes mitjà és al voltant de 1,7 Wh/persona i pis. Naturalment aquest valor depèn de les característiques de l'ascensor i de la càrrega transportada.

- Fes una estimació dels desplaçaments diaris en ascensor, de pujada o de baixada, que feu a la teva família. Per cada desplaçament, tingues en compte el número de pisos que implica el

desplaçament. Si hi va més d'una persona, com a aproximació pots considerar que el consum energètic és proporcional.

- Calcula l'energia elèctrica total diària que requereix a la teva família per desplaçar-vos amb l'ascensor i compara-la amb el número d'hores que podria estar encesa una bombeta de baix consum de 15 W i el nombre i el temps de "servents" treballant a que equivaldria.
5. Amb les dades resultants, crea i omple la taula de consum d'energia elèctrica diària degut a la utilització de l'ascensor.

d. El transport

Una de les activitats humanes que utilitza molta energia en l'actualitat és el transport terrestre, ja sigui públic (autobús, metro, tren,...) o particular (cotxe, moto,...).

Pel que fa al cotxe, és una de les màquines d'ús més estès a la nostra societat. Com bé saps, la majoria dels cotxes que circulen avui ho fan amb motors tèrmics, que requereixen combustibles provinents de la destil·lació del petroli (benzina o gasoil) tot i que al mercat es poden trobar models que són únicament elèctrics.

En l'**automòbil i l'autobús convencionals amb motor tèrmic**, que transforma energia química en energia mecànica, el **rendiment és a l'entorn d'un 20%**. El 80 % d'energia restant es perd en forma de calor.

La potència calorífica de la benzina és d'aproximadament 32.200 kJ/litre (quilo joule tèrmic per litre) i la del gasoil 35.900 kJ/litre. Per simplificar, en els exercicis que segueixen adoptarem una potència calorífica mitjana única de **34.000 kJ/litre per als combustibles dels motors tèrmics**.

Pel que fa a les emissions de CO₂ adoptarem el valor de 0,0733g CO₂ /kJ_t (g de CO₂ per cada kJ_t obtingut en la combustió), que correspondrà a 0,0733x34.000=**2.492,0g CO₂ emesos per cada litre de combustible cremat**.

Partint de les dades anteriors, de la taula 1.6, es dedueix la despesa d'energia química de combustible i les emissions de CO₂ per km recorregut i per passatger per a un cotxe particular en zona urbana i en interurbana. S'ha suposat un consum de 10,0 l/100 km en zona urbana i de 6,5 l/100 km en desplaçaments interurbans, amb el vehicle ocupat per 1 sola persona.

Quant a l'autobús urbà i interurbà, les dades de la taula corresponen a un valor mitjà, a partir de consums globals de combustible de les flotes, comptabilitzant distàncies i número de passatgers per a tots els dies de la setmana i totes les franges horàries. El consum per passatger varia fonamentalment en funció de l'ocupació de l'autobús i, per tant, molt influït per altres factors com si és dia laborable o festiu i la franja horària, on el factor d'ocupació varia moltíssim.

	Consum combustible (l/100 km)	Potència calorífica/litre (kJt/l)	Energia química emprada (kJt/km.passatger)	Emissió CO ₂ (g CO ₂ /litre)	Emissió CO ₂ (g CO ₂ /km.passatger)
Cotxe particular urbà (1 passatger)	10	34.000	3.400	2.492	249

Cotxe particular interurbà (1 passatger)	6,5	34.000	2.210	2.492	162
Autobús urbà			1.780		125
Autobús interurbà			644		45

Taula 1.6

Es pot observar que en l'autobús urbà el consum per passatger és elevat degut a una ocupació mitjana baixa (pes propi del vehicle) i també per un rendiment baix del motor degut a un règim de funcionament molt variable. En l'autobús interurbà l'ocupació i el rendiment s'han suposat superiors. Cal destacar que l'autobús urbà és un mitjà de transport públic amb altres beneficis per a la ciutadania, com fer possible la connexió entre zones en les quals no és possible un mode de transport alternatiu, o beneficis associats a la descongestió i la millora de la qualitat de l'aire derivada de la disminució d'altres modes de transport privats.

En aquesta activitat, seguint el model de les taules 1.7 i 1.8, has de suposar que realitzes un trajecte (una part en zona urbana i altra en interurbana) i comparar les despeses energètiques i emissions de CO₂ segons si es fa en cotxe particular o en autobús. Pots establir, al teu criteri, el consum de combustible cada 100 km del cotxe particular, ocupat per un sol passatger, segons la informació que disposis de vehicles coneguts.

	Recorregut (km)	Consum combustible (l/100 km)	Consum combustible total (l)	Potència calorífica/litre (kJ/l)	Energia química emprada (kJt)	Pèrdua energia (kJt)	Emissió CO ₂ (g CO ₂ /litre)	Emissió total CO ₂ (g CO ₂)
					[A]x[B]	[A]x[B]x0,80	[C]	[A]x[C]
Cotxe particular urbà (1 passatger)				34.000			2.492	
Cotxe particular interurbà (1 passatger)				34.000			2.492	

Taula 1.7

	Recorregut (km)	Energia química unitària emprada (kJt/km.passatger)	Energia química total emprada (kJt)	Pèrdua energia (kJt)	Emissió CO ₂ (g CO ₂ /km.passatger)	Emissió total CO ₂ (g CO ₂)
	[A]	[B]	[A]x[B]	[A]x[B]x0,80	[C]	[A]x[C]
Autobús urbà		1.780			125	
Autobús interurbà		644			45	

Taula 1.8

Ara es parla molt de les emissions de CO₂ de cada marca i model de cotxe. Sabent que la combustió d'1 litre de benzina produeix aproximadament 2.492 g de CO₂, calcula el consum de benzina per cada 100 km d'un cotxe que la publicitat diu que emet 120 g/km. I el d'un cotxe que n'emet 160? El fet que un cotxe consumeixi un litre cada 100 km més que un altre model, quants grams de CO₂ per kilòmetre emet més que l'altra?

1. Quines conclusions treus dels resultats obtinguts?
2. Quins avantatges i quins inconvenients opines que té el fet de moure's amb transport públic?
3. Consideres que hi ha consciència del cost energètic que representa que un autobús, amb la freqüència de pas prefixada, circuli gairebé buit? i del grau de benestar que aporta?
4. En l'actualitat, existeixen altres tipus d'autobusos amb tecnologies més eficients i respectuoses amb el medi ambient? Esbrina-ho!

4. Explica breument el funcionament, els avantatges i els inconvenients d'una de les tecnologies que has trobat en l'apartat anterior.

1.1.2. Conclusions

Com perceps el teu consum energètic ? Pots reduir-lo?

1. Reflexiona sobre els resultats obtinguts en aquesta activitat. Escriu una llista de deu possibles accions relacionades amb l'estalvi energètic que creus que podries realitzar; prioritza de la més fàcil a la més difícil de dur a terme.
2. Formeu grups de cinc. Compartiu, compareu i debateu les vostres conclusions. Com a resultat del debat en grup, redacteu una nova llista amb les deu conclusions del vostre grup, també prioritzades de la més fàcil a la més difícil.
3. Reflexioneu: quins efectes tindria que el preu del kWh augmentés a mesura que el nivell de consum creix?
4. Seguint el que us indiqui el/la vostre/a professor/a, exposeu amb claredat les conclusions del vostre a la resta de companys i companyes de classe. Mentre els altres grups ho exposen, estigues atent i anota allò que t'agradaria comentar sobre les seves aportacions.
5. En finalitzar el torn de paraula de cada grup, exposeu les vostres observacions i comenteu-les.
6. Debateu sobre el ritme de consum energètic actual al nostre planeta: què en penseu? És equitatiu a tots els països? Què creieu que es podria fer per millorar la situació? Coneixeu alternatives energètiques que podrien substituir a les actuals fonts d'energia no renovables?

Activitat 1.2. Consum de proximitat o de llunyania?

Pots consultar l'apartat 1.3 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

1. Llegeix atentament l'article sobre els productes “km 0”. Escriu un guió amb les deu idees principals exposades i una llista de cinc avantatges i cinc inconvenients de la comercialització dels productes de proximitat front la comercialització internacional de productes alimentaris.



L'èstima per allò que és local ens permet contribuir personalment a fomentar un model diferent. Convertint-nos en "localívors" pel que fa al menjar i adquirint roba, objectes, mobiliari i productes bàsics de la nostra terra no només afavorim l'economia local, sinó que reduïm el nostre impacte climàtic. La recerca d'etiquetes i d'informació sobre l'origen dels aliments a les botigues no és senzilla, però podem fer-ne un hàbit. D'altra banda, diversos productors locals i ecològics comencen a comercialitzar els seus productes sense intermediaris a través d'Internet, i les cooperatives de productes ecològics ens faciliten l'accés a la producció local. Els artesans locals i petites marques ens ofereixen productes únics i de qualitat que no han travessat mig món i

Per cada quilòmetre que viatgen els nostres béns, en el millor dels casos s'han emès uns 0,08 grams de CO₂ per cada quilò ⁽²⁾ transportat. Reduir el quilometratge de les compres de cada dia és clau en un món en què cada ciutadà és una peça imprescindible dels engranatges del sistema de consum, un sistema que es mourà cap allà on tirin els consumidors.

[2] Càlcul estimat a partir de dades a: www.gencat.cat/diue/doc/doc_46954259_1.pdf.

- Locavores
- Iniciativa "Del tros al plat"
- Distintius d'origen i qualitat agroalimentària: www20.gencat.cat/portal/site/DAR
- Artesania de Catalunya: www.artesia-catalunya.com

2. Cerca els aliments d'un àpat amb productes que hagin hagut de ser transportats des de distàncies considerables. Pots utilitzar el model de la taula següent que conté un exemple d'àpat complet, format per una amanida d'alvocat, tomàquet i arròs (primer plat), peix (segon plat) i mango (postres). Els valors unitaris del consum d'energia primària per a transportar 1 kg d'un producte alimentari la distància d'1 km són molt variables (depenen molt del tipus de camió, vaixell o avió i de les distàncies). En aquesta taula s'han adoptat per als kJ/kg·km uns valors mitjans, que s'han de considerar com una dada de referència. Observa i comenta les diferències d'energia unitària segons els mitjans de transport utilitzats (camió, vaixell, ferrocarril i avió).

PRODUCTE	DISTÀNCIA TRANSPORT km	PES ÂPAT PERSONA kg	MITJÀ DE TRANSPORT	ENERGIA PRIMÀRIA UNITÀRIA PER TRANSPORT kJ/(kg.km)	ENERGIA CONSUMIDA EN EL TRANSPORT kJ	ENERGIA CONSUMIDA EN EL TRANSPORT kcal	ENERGIA APORTADA PELS ALIMENTS kcal	ENERGIA CONSUMIDA EN TRANSPORT RESPECTE ENERGIA APORTADA
Alvocat (Kenya)	6.000	0,10	Vaixell	0,6	360	86	173	
Tomàquet (Holanda)	1.500	0,08	Ferrocarril	1,0	120	29	20	
Arròs (Cambodja)	10.000	0,08	Vaixell	0,6	480	115	216	
Peix (Galícia)	1.000	0,20	Camió	4,6	920	221	320	
Mango (Mèxic)	9.500	0,10	Avió	29,5	28.025	6.726	49	
TOTAL					29.905	7.177	778	9 a 1

Taula 1.9

3. Organitza ara un àpat amb productes de proximitat. Cerca als voltants de la zona on vius botigues on es venguin cinc productes alimentaris de proximitat (km 0). Omple la taula següent amb la informació d'aquests nous productes:

PRODUCTE	DISTÀNCIA TRANSPORT km	PES ÂPAT PERSONA kg	MITJÀ DE TRANSPORT	ENERGIA PRIMÀRIA UNITÀRIA PER TRANSPORT kJ/(kg.km)	ENERGIA CONSUMIDA EN EL TRANSPORT kJ	ENERGIA CONSUMIDA EN EL TRANSPORT kcal	ENERGIA APORTADA PELS ALIMENTS kcal	ENERGIA CONSUMIDA EN TRANSPORT RESPECTE ENERGIA APORTADA
TOTAL								

Taula 1.10

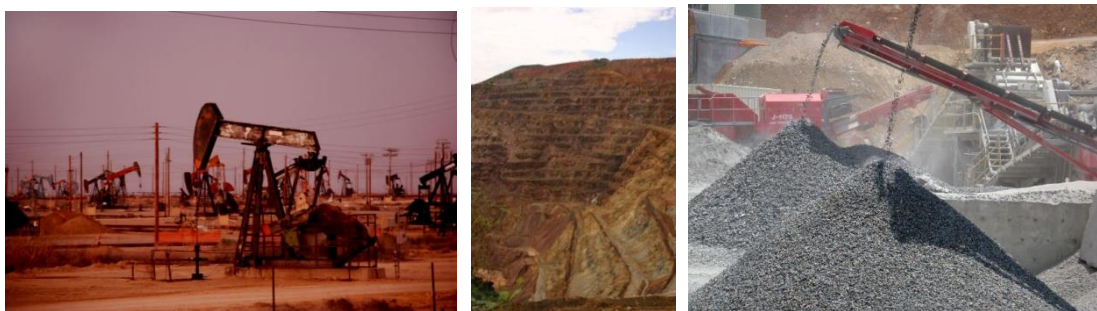
4. Compara els resultats dels càlculs fets amb els productes “habituals” amb els obtinguts dels productes de proximitat. Redacta un informe amb les teves conclusions.

2. LES RESERVES DELS COMBUSTIBLES NO RENOVABLES S'ESGOTEN

Activitat 2.1. Consums d'energia en el món a l'actualitat i la seva evolució des de la revolució industrial

Pots consultar els apartats 2.1 i 2.2 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

Les reserves energètiques de les fonts d'energia fòssil més explotades actualment per l'ésser humà s'estan exhaurint. Des de fa ja més de tres dècades, aquest problema, d'abast mundial, ha esdevingut objecte d'estudi. Actualment és molt comú sentir parlar de les reserves energètiques que queden, el temps que trigaran a exhaurir-se, les noves tècniques d'extracció...



a)

b)

c)

Fig.5 Activitats extractives. a) Petroli b) Urani c) Carbó

En aquesta activitat et proposem que investiguis i treguis les teves conclusions sobre l'actual ritme de consum de combustibles fòssils en el nostre planeta, les reserves existents i les conseqüències que se'n deriven.

Qüestions:

1. Estem en un canvi d'Edat? S'ha passat per “l'Edat de Pedra”, “Edat dels Metalls”... i ara s'està al final de l'Edat del Foc en que la combustió ha estat la base de gairebé tots els processos (cremar llenya, cremar carbó vegetal, cremar carbó mineral, cremar petroli, cremar gas...)? Ara s'inicia l'Edat del Sol (Energia termosolar, fotovoltàica, eòlica, hidroelèctrica, de les ones ...)? Reflexiona-hi i posa exemples que puguin donar suport a l'afirmació: “en l'estadi actual la gran majoria de processos energètics es basen en la combustió”. Detalla-ho per a àmbits tèrmics, de mobilitat i per a generació d'electricitat.
2. Actualment són homogènies les unitats utilitzades per a la mesura de les reserves dels combustibles fòssils? Amb les dades aportades pels mitjans oficials, consideres que és fàcil relacionar les reserves que resten de combustibles fòssils amb el consum que se n'està fent, de forma que es pugui conèixer el termini fins al seu exhauriment? Exposa les diverses unitats emprades actualment, que fan que les dades siguin confuses.
3. Quin avantatge té la utilització d'unitats de potència (GW) per expressar el consum energètic anual?
4. Comenta l'evolució de la població mundial des del 1 800 fins a l'actualitat

5. Com ha crescut el consum mundial d'energia en els darrers 30 anys? Quin percentatge correspon a les renovables?
6. Comenta l'evolució dels consums dels diversos combustibles fòssils entre l'any 1800 i l'actualitat
7. En quins països hi ha hagut l'increment més gran de consum de carbó en els darrers anys?
8. Quins percentatges de les reserves de petroli, gas i carbó s'han consumit en els últims 200 anys?
9. Quines són les reserves actuals de combustibles fòssils i Urani? Quines són les més abundants?
10. El consum d'energia nuclear, quin percentatge representa actualment respecte el consum total d'energia? Les reserves d'Urani, quin percentatge representen respecte el total de reserves de fonts d'energia no renovable existents actualment? Aquestes reserves, poden substituir el consum dels altres combustibles fòssils?



Fig.6 L'escalfament global i els efectes del canvi climàtic

11. El ritme actual de consum de combustibles fòssils és coherent amb el de les descobertes de noves reserves? Argumenta la teva resposta.
12. Què opines de com s'han mesurat les reserves de combustibles fòssils? S'ha estat fent amb criteris raonables?
13. Estem transitant o s'ha superat el zenit o *peak oil* del petroli?
14. Comenta l'evolució dels preus dels combustibles fòssils a l'actualitat.
15. Explica què és la TRE (Taxa de retorn energètic)?
14. Què és el *fracking*? Quin és el seu rendiment respecte altres processos d'extracció? Esbrina-ho i redacta un petit informe.
15. Quina ha estat l'evolució de la TRE dels combustibles fòssils en els darrers 100 anys? Què n'opines?
16. Quina és la TRE en el *fracking*, les sorres bituminoses, els petrolis ultrapesants i les extraccions a grans profunditats marines (denominats recursos "no convencionals")? Quina és la teva opinió respecte els resultats que has obtingut? Raona la teva resposta

17. Per què creus que són rendibles econòmicament aquests tipus d'extraccions amb la TRE tan baixa?
18. Per quin motiu les energies no renovables (concentrades) han prevalgut fins aquest moment per sobre de les renovables (difuses)?
19. En quines etapes dels tres últims segles relacionaries les fonts d'energia difusa i les fonts d'energia concentrades? Elabora un eix cronològic on es visualitzi aquesta idea.
20. Comenta l'eix cronològic que has elaborat. Quin creus que va ser el moment històric que provocà l'inici de l'ús preferent de les fonts d'energia fòssil respecte les que no ho són? Explica què va passar.
21. Quan es pot considerar que arrenca l'ús intensiu de combustibles fòssils? Amb quin combustible i amb quina aplicació?
22. A partir de la Segona Guerra Mundial, de quins combustibles fòssils s'incrementa exponencialment el consum i en quines aplicacions?
23. Comenta el gràfic de les descobertes anuals de petroli en el món i de la seva producció i consum.
24. Observa els diagrames d'exhauriment de les energies no renovables i comenta'ls.

Activitat 2.2. Les fal·làcies

Pots consultar l'apartat 2.3 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

1. Creus que el model energètic actual afronta decididament l'exhauriment dels combustibles fòssils? Els mitjans de comunicació informen habitualment d'aquest tema? Creus que la informació que es dona en els mitjans és suficient i objectiva?
2. De les fal·làcies enumerades en el text, quines són les que creus que estan més esteses i tenen més influència en la manera en que s'utilitza l'energia i en la percepció de la situació energètica mundial? Comenta cadascuna de les fal·làcies.

Activitat 2.3. Produccions i consums mundials de combustibles fòssils

Pots consultar l'apartat 2.4 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

Analitza la informació de les taules de l'Annex 2 “Producció i Consum mundial de petroli, gas i carbó (2012)” elaborades per Carles Riba Romeva [Riba-2015].



Fig.7 La crisi energètica afecta tots els països

Respon les preguntes següents:

1. Quines regions del món són les que tenen majors produccions de cadascun dels combustibles fòssils. Compara-les.
2. Quines són les que tenen majors consums?
3. Quines són les que tenen més desequilibri entre producció i consum, ja sigui en positiu o en negatiu (factura exterior positiva o negativa).
4. Entre Estats Units, Espanya i Alemanya, quins país és el que té major producció de cadascun dels combustibles fòssils. Compara-les. Quin és el que té un consum superior? Quin és el que té més desequilibri entre producció i consum, ja sigui en positiu o en negatiu (factura exterior positiva o negativa).
5. Es pot afirmar que entre uns pocs països del món produeixen més del 50% del combustibles fòssils? Justifica-ho.
6. És cert que diversos països desenvolupats, amb economies molt potents amb gran dependència dels combustibles fòssils, pràcticament no en produeixen? Quins són aquests països? Quina solució proposaries per reduir o, fins i tot, eradicar aquesta dependència energètica?

Activitat 2.4. Relació entre renda, producció i consum de combustibles fòssils

Pots consultar l'apartat 2.4 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

Observa la taula de l'annex 3 “Renda, producció i consum de combustibles fòssils (2012)”, elaborada per Carles Riba Romeva [Riba-2015], que relaciona renda, producció i consum de combustibles fòssils.

De l'observació d'aquesta taula, treu-ne conclusions i respon les preguntes següents:

1. Quin és el percentatge mundial de la població d'Àsia?
2. Et sembla que hi ha molta diferència entre les rendes per càpita de les diferents regions del món? Dóna xifres comparatives entre la més alta i la més baixa.
3. Observa el consum mitjà mundial d'energia primària per càpita. Quin percentatge correspon a no renovables?
4. Els consums d'energia per càpita, són molt desiguals en les diferents regions del món? Compara el consum d'Amèrica del Nord (Canadà, Mèxic i els EUA) amb el d'Europa, amb un nivell de vida similar. Com es s'explica la diferència?



Fig.8 L'accés a l'energia i el consum és molt desigual entre països rics i pobres.

5. Les regions d'Euràsia i d'Orient Mitjà, riques en hidrocarburs, tenen un consum per càpita alt respecte de la mitjana mundial de fòssils?
6. Àsia i Oceania, Amèrica del Sud i Central i Àfrica, quin percentatge de consums de combustibles fòssils i d'energia primària tenen respecte a la mitjana mundial?
7. Pel que fa al grau d'autosuficiència energètica de fòssils (percentatge de la producció sobre el consum, %PF/CF), quines regions del món n'importen i quines n'exporten (deutores o creditors)?
8. Quines estan en una situació més crítica?
9. La situació d'Europa, a nivell d'autosuficiència en fòssils, és bona? I la de Catalunya? Compara les factures exteriors per compra de fòssils de diverses regions; quines contenen amb els valors extrems d'aquestes factures?
10. Quina proporció representen els 8G€ de la factura exterior de Catalunya respecte del seu PIB? Creus que Catalunya es troba en la situació de "país amb dependència energètica"? Cal potenciar-hi la implantació de les energies renovables?

Activitat 2.5. Emissions de CO₂

Pots consultar l'apartat 2.5 del document de referència "Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils"

A partir de la lectura del text esmentat, respon les qüestions següents:

1. Quina era la concentració (en ppm) de CO₂ en l'atmosfera abans de la Revolució Industrial? A quin nivell s'ha arribat el 2013? I amb quin increment anual?
2. A partir de quin nivell de CO₂ a l'atmosfera el sistema pot començar a desestabilitzar-se? (Indica les teves fonts d'informació).
3. Descriu i justifica els efectes que creus que pot tenir el canvi climàtic sobre la Terra (inundacions, afectacions a l'agricultura pel règim de pluges...).
4. Investiga quina és la temperatura actual mitjana de la Terra.

5. Si la temperatura mitjana s'incrementa 2°C, vol dir que en qualsevol punt del planeta l'increment serà de 2°C? Raona la teva resposta.
6. Segons l'estudi de Mc Glade, per poder limitar l'increment de temperatura a 2°C quina proporció de les reserves de combustibles fòssils es podrien explotar?
7. La concentració de CO₂ en l'atmosfera, té molta inèrcia? Per què?
8. Creus que l'expressió "Canvi climàtic" és prou expressiva del problema que existeix?.
9. Quines emissions diàries de CO₂ es produeixen pel consum de petroli en el món?.
10. Proposa una situació d'ús i calcula les emissions de CO₂. Et proposem alguns exemples:
 - Transport d'aliments diversos.
 - Viatge en avió.
 - Viatge en cotxe.
 - Fabricació d'una ampolla de vidre.

3. LA TRANSICIÓ A LES ENERGIES RENOVABLES (TE21). NOU MODEL ENERGÈTIC I SOCIAL

Activitat 3.1. L'energia que rebem del Sol

Pots consultar els apartats 3.1, 3.2 i 3.3 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

A partir de la lectura del text esmentat, respon les qüestions següents:

1. Quanta energia solar incideix anualment sobre la terra ferma del planeta?
2. Quanta energia tèrmica i elèctrica renovable es podria generar i aprofitar anualment amb energies renovables, suposant un rendiment normal i raonable, del total d'energia que prové del Sol i que incideix sobre la terra ferma? Quina relació hi ha entre la que arriba del Sol en terra ferma i la que es podria aprofitar?
3. Aquesta energia que es podria generar, quantes vegades supera a la que s'estima que es precisarà l'any 2050?
4. Quines reserves d'energies fòssils s'ha estimat que hi ha en la Terra.
5. Si partim del consum mundial d'energia l'any 2015, quants anys podem mantenir l'actual model de consum energètic, basat en les energies d'origen fòssil?

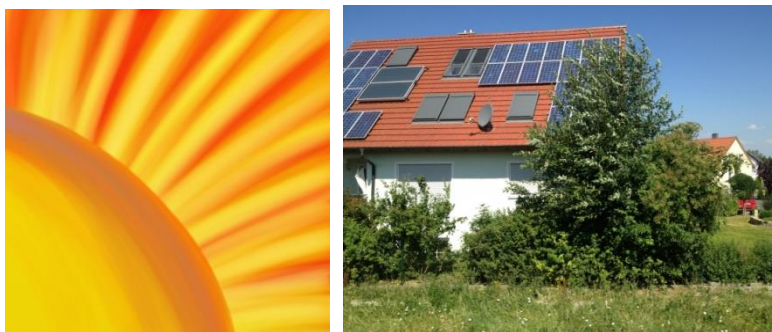


Fig.9 El Sol és la font d'energia més important del planeta

Activitat 3.2. Tipus d'instal·lacions de renovables

Pots consultar l'apartat 3.4 del document de referència “Les energies renovables. L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

A partir de la lectura del text esmentat, respon les qüestions següents:

1. Indica els tipus d'instal·lacions de renovables per a produir escalfor i fes-ne una breu descripció. En quins principis es basa el funcionament de cadascuna?
2. Indica els tipus d'instal·lacions de renovables per a produir electricitat i fes-ne una breu descripció. En quins principis es basa el funcionament de cadascuna?
3. Exposar els aspectes positius i negatius, així com l'impacte, dels diferents tipus d'instal·lacions de renovables, en zones amb diferent grau d'urbanització (ciutats, pobles, camp,...). Fes tres propostes de diferents implantacions, amb els condicionants que se t'acudeixin. Per exemple, pots considerar les possibilitats d'implantació en les zones de servitud

de carreteres (les zones de servitud són els espais lliures al costat de les carreteres, amb una longitud a Catalunya de 12 000 km) o implantacions compartides en camps de conreu, en el mar, etc. Per a cada proposta, comenta els pros i contres, el manteniment que requereixen, i altres aspectes que et semblin rellevants.



Fig.10 Aprofitament de l'energia solar: plaques fotovoltaiques i plaques tèrmiques

4. Com creus que haurien de gestionar-se les instal·lacions de renovables per tal que siguin acceptades socialment?
5. En relació amb les instal·lacions de renovables, què podries dir sobre estètica, funcionalitat i paisatge? Se t'acut alguna idea per millorar la relació d'aquests tres factors?

Activitat 3.3. Esquema del procés de transició energètica a energies renovables TE21

Pots consultar l'apartat 3.5 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

A partir de la lectura del text esmentat, respon les qüestions següents:

En el model sense TE21, és a dir, continuant amb el consum d'energies fòssils:

1. Quin descens en el consum de combustibles fòssils s'ha previst entre els anys 2015 i 2050? Per quin motiu hi hauria aquest descens?
2. Quin ascens en l'aprofitament d'energies renovables s'ha previst en aquest mateix període?

En el model amb TE21, és a dir amb la transició a energies renovables:

3. Per quin motiu s'ha previst efectuar la transició progressiva i total a energies renovables en 35 anys?
4. Quin descens en les necessitats totals d'energia s'ha previst entre els anys 2015 i 2050?
5. A partir del 2050 tot el subministrament energètic està previst amb renovables?. Hi ha algun subministrament que continua amb fòssils? Per quin motiu?

Activitat 3.4. L'energia final útil que cal generar amb renovables

Pots consultar els apartats 3.6.1 i 3.6.2 del document de referència “Les energies renovables. L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

Per obtenir la mateixa quantitat d'energia útil que amb fonts no renovables però a partir dels fluxos de la naturalesa, es pot comptabilitzar pràcticament com a útil l'electricitat o la calor generades.

A partir de la lectura dels textos esmentats, respon les qüestions següents:

1. Exposar la diferència entre energia final útil i l'energia tèrmica emprada amb els combustibles fòssils. En les renovables, l'energia que es genera és més propera a l'energia útil que amb els fòssils?
2. Descriu la diferència qualitativa, en termes de disponibilitat, entre l'energia primària provinent de les fonts d'energia fòssils i l'urani i la provinent dels fluxos biosfèrics del nostre planeta.
3. Suposa que EP1 és l'energia de pèrdues d'una central tèrmica de carbó i EP2 és l'energia de pèrdues d'una central de transformació fotovoltaica. Des d'un punt de vista qualitatiu, quina és més perjudicial pel medi ambient? I per l'economia mundial? Argumenta la teva resposta.

Observa el quadre de l'Annex 1: Itineraris energètics més usuals.

Selecciona dos dels processos de transformació energètica que es detallen a l'annex 1 i fes-ne una descripció. A títol d'exemple, descriurem el procés de com a partir de petroli s'arriba a produir energia elèctrica a través de la generació de vapor:

- Partim de 100 MJ d'energia química de petroli.
- Primer es destil·la el petroli per obtenir gasoil (en aquesta fase el rendiment és del 86%; per tant, el gasoil obtingut té una energia secundària de $100 \times 0,86 = 86$ MJ).
- A continuació, el gasoil es crema en una caldera i, a través d'un intercanviador de calor, s'obté vapor d'aigua a alta temperatura (en aquesta fase el rendiment és del 90%; l'energia d'aquest vapor serà de $86 \times 0,90 = 77,4$ MJ).
- Aquest vapor es fa incidir en una turbina i, a causa de la seva expansió, la farà girar (en aquesta fase el rendiment és del 48%; per tant, l'energia transmesa a l'eix de la turbina per fer-la girar serà: $77,4 \times 0,48 = 37,15$ MJ).
- La turbina està acoblada a l'eix d'un generador elèctric que, gràcies al gir, finalment produirà l'electricitat desitjada (en aquesta fase, el rendiment és del 90%; en conseqüència l'energia elèctrica generada serà: $37,15 \times 0,90 = 33,44$ MJ).
- Observem doncs com, a partir de 100 MJ d'energia química del petroli, s'han obtingut 33,44 MJ d'energia elèctrica, amb un rendiment global, doncs, del 33,4%.

4. Analitza els processos que es detallen a continuació segons els seus itineraris energètics:
 - a. Si partim de 100 MJ d'energia química provinent del petroli,
 - i. Quin procés té el rendiment més elevat, el corresponent a ús tèrmic, a ús motriu o bé a ús elèctric?
 - ii. Quin procés té el rendiment més baix?

- iii. Què opines dels valors d'aquests rendiments?
 - iv. L'energia perduda com s'ha dissipat? On ha anat a parar?
 - b. Si partim de 100 MJ d'energia química provinent del carbó,
 - i. Quin procés té el rendiment més elevat, el corresponent a ús tèrmic o a ús elèctric?
 - ii. Quin procés té el rendiment més baix?
 - iii. Què opines dels valors d'aquests rendiments
 - iv. L'energia perduda com s'ha dissipat? On ha anat a parar? Com són els rendiments comparats amb el del procés anterior?
 - c. Si partim de 100 MJ d'energia química provinent del gas natural,
 - i. Quin procés té el rendiment més elevat, el corresponent a ús tèrmic o a ús elèctric?
 - ii. Quin procés té el rendiment més baix?
 - iii. Què opines dels valors d'aquests rendiments
 - iv. L'energia perduda com s'ha dissipat? On ha anat a parar? Com són els rendiments comparats amb els dels processos anteriors?
 - d. Si partim de 100 MJ d'energia química provinent de la biomassa,
 - i. Quin procés té el rendiment més elevat, el corresponent a ús tèrmic, a ús motriu o bé a ús elèctric?
 - ii. Quin procés té el rendiment més baix?
 - iii. Què opines dels valors d'aquests rendiments
 - iv. L'energia perduda com s'ha dissipat? On ha anat a parar? Com són els rendiments comparats amb els dels processos anteriors?
 - v. Per a usos motrius, creus que els biocombustibles tenen un rendiment raonable? Creus que és sostenible destinar camps de conreu de productes alimentaris a la producció de biodièsel?
 - vi. Creus que tenen sentit les centrals de biomassa per produir electricitat?
5. Observa els rendiments dels processos de transformació energètics de fonts d'energia renovable:
- a. Creus que, en termes mediambientals i econòmics, implica el mateix un procés de transformació energètic d'una font d'energia no renovable tingui un rendiment baix a que el tingui un procés de transformació a partir d'una font d'energia renovable? Raona la teva resposta.
 - b. Pensa en aquestes dues accions: Consumir i usar. Suposa que P1 és un procés de transformació energètica d'energia d'origen no renovable i que P2 és un procés de transformació energètica d'energia d'origen renovable. Quin procés associaries a cadascuna d'aquestes accions? Raona la teva resposta.
6. A partir de 100 J tèrmics d'energia química del petroli, quanta energia útil es podria obtenir en un motor d'un cotxe? Expressa esquemàticament quantes unitats d'energia química del petroli necessitem cremar per cada unitat d'energia mecànica útil d'un cotxe. Quina és la relació? (relació 1 a...)

7. A partir de 100 J tèrmics d'energia química del petroli, quanta energia útil es podria obtenir per escalfar aigua amb una caldera? Expressa esquemàticament quantes unitats d'energia química del petroli necessitem cremar en una caldera per cada unitat d'energia tèrmica útil en l'aigua calenta. Quina és la relació? (relació 1 a...)
8. A partir de 100 J tèrmics d'energia química del petroli, quanta energia útil es podria obtenir per produir electricitat en una central tèrmica convencional de vapor? Expressa esquemàticament quantes unitats d'energia química del petroli necessitem cremar en una central tèrmica convencional per cada unitat d'energia elèctrica útil. Quina és la relació? (relació 1 a...)
9. Indica, en una taula-resum, les relacions energia útil/energia química del petroli a cremar que has calculat en els quatre apartats anteriors. Comenta els resultats obtinguts.

Activitat 3.5. Quanta energia útil caldrà generar a Catalunya en l'escenari de la TE21?

Pots consultar l'apartat 3.6.3 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

1. Comenta les corbes de consum energètic de Catalunya des de l'any 2015 al 2050, suposant que se segueix el model de la Transició a Energies Renovables TE21.
2. Comenta la Taula 3.2 (Energia útil a produir amb renovables amb la TE21):
 - a. Quin és el consum total previst per l'any 2050 amb la TE21?
 - b. Quina part continuarà amb combustibles fòssils i per què?
 - c. Quina energia útil produeix l'energia fòssil restant que caldrà produir amb renovables?
3. Comenta la Taula 3.3 (Energia necessària amb la TE21) i respon les preguntes següents:
 - a. Quina part serà produïda via electricitat? Indica-ho per a cadascun dels consums tèrmics, mobilitat terrestre i elèctrics.
 - b. Quina part serà d'ús tèrmic directe (amb biomassa o termosolar de baixa temperatura) i, per tant, no serà via electricitat?
 - c. Quin és el total d'energia elèctrica a produir amb renovables?

Activitat 3.6. Emmagatzematge de l'energia

Pots consultar l'apartat 3.6.4 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

A partir de la lectura del text esmentat, respon les qüestions següents:

1. Un cop feta la transició energètica a renovables, quin paper tindrà l'electricitat? Serà un paper primordial?, en tal cas, creus que molt més que en la situació actual?
2. Explica per què cal emmagatzemar l'energia obtinguda a partir de fonts renovables.
3. Per quin motiu s'ha adoptat una necessitat final conjunta de 11 GWe en comptes del 5,50 GWe que resulten del càlcul?

4. Esquemàticament, indica els diversos sistemes per emmagatzemar l'energia elèctrica obtinguda a partir de fonts d'energia renovable.
5. Pel que fa a l'hidrogen, és una font d'energia o bé un vector energètic? La reacció de l'hidrogen amb CO₂ per produir metà et sembla que pot ser una bona solució? Enumera instal·lacions que actualment utilitzin el metà com a combustible.
6. Comenta els següents tipus d'instal·lacions per a emmagatzematge d'energia. En coneixes algun altre?
 - Centrals hidràuliques reversibles.
 - Sals foses.
 - Hidrogen.
 - Metà.
 - Bateries.

Activitat 3.7. Superfícies necessàries i costos d'implantació de les instal·lacions de renovables en el territori

Pots consultar l'apartat 3.7 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

Observa detingudament la Taula 3.5 del document de referència esmentat, en la que es contempla un dels molts possibles “mix” d'instal·lacions d'energies renovables per a producció d'electricitat; observa també la Taula 3.6 del mateix document i comenta:

1. Quin percentatge de la potència productiva aporten cadascuna de les tecnologies en aquesta implantació (“mixt”)? Quina és la potència productiva final?
2. Quina és la superfície requerida per cada tecnologia considerada? Quin percentatge del territori de Catalunya representa?
3. Com afecta a la comptabilitat de la superfície total requerida el fet de considerar que les fotovoltaiques fixes estan en les teulades i les solars tèrmiques comparteixen espai amb les eòliques?
4. Quins són els costos d'implantació de cadascuna de les instal·lacions? Quin és el cost total?
5. Quin és el cost estimat de la remodelació de la xarxa i dels sistemes d'emmagatzematge i expropiació de terrenys?
6. Si la inversió total es fa en 35 anys, quin és el cost anual?
7. Quin és el cost anual per habitant de Catalunya per fer la transició total a renovables? Compara'l amb el cost anual que està assumint cada ciutadà de Catalunya per la compra de combustibles fòssils a l'exterior.
8. Compara la superfície requerida per a les instal·lacions de renovables amb:
 - La superfície total urbanitzada a Catalunya

- La superfície urbanitzada del 1993 al 2012
- La superfície de conreus abandonats entre 1993 i 2012



Fig.11 Transformació de fonts d'energia renovable en energia elèctrica

Activitat 3.8. Balanç econòmic de la transició a renovables

Pots consultar l'apartat 3.8 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

1. En el procés de Transició a Renovables a Catalunya (TE21, del 2015 al 2050):
 - a Quina seria la despesa per compra de combustibles fòssils a l'exterior durant aquests 35 anys (del 2015 al 2050), si es continués amb el model actual, sense TE21?
 - b Quina seria la despesa per compra de fòssils a l'exterior en aquests 35 anys, amb la Transició a Renovables TE21?
 - c Quin seria l'estalvi de compra de fòssils durant els 35 anys amb la TE21?
 - d Una vegada deduït el cost de la inversió que cal fer en renovables, quin és l'estalvi final?
 - e Quin seria aquest estalvi final per habitant i any, suposant que la transició es faci en 35 anys?
 - f Compensa efectuar aquesta inversió? Justifica la teva resposta.
2. Consideres que és factible i rendible econòmicament, amb la tecnologia actual, substituir la pràctica totalitat del consum dels combustibles fòssils (petroli, gas, carbó) i d'urani per l'ús de les energies renovables (eòlica, fotovoltaica, termosolar, etc.) en totes les aplicacions energètiques actuals (transport, electricitat, tèrmiques, etc.)?
3. Redacta un informe d'aproximadament un full explicant els teu anàlisi i les teves conclusions pel que fa a la Transició a Energies Renovables TE21. Contempla tots els aspectes (creació de llocs de treball, control del subministrament energètic, etc.)

Activitat 3.9. La transició a les energies renovables en diversos països de la Unió Europea

Pots consultar l'apartat 3.9 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

Observa detingudament les Taules 3.7 i 3.8 del document de referència; es comparen, per la Unió Europea, la Factura exterior anual per compra de fòssil (FEF), els costos acumulats durant 35 anys per compra de fòssils, sense fer la TE21 i fent la TE21, la inversió necessària en

instal·lacions, l'estalvi final, així com la potència productiva, la superfície necessària i el percentatge respecte la superfície total que requereixen les noves instal·lacions.

Comenta:

1. Quin és el país que requereix més inversió? Quin és el país que requereix menys inversió?
2. Calcula la inversió per habitant i any. Què opines dels resultats? Comenta'ls.
3. Quin és el país que aconseguirà més estalvi? I el que menys? Calcula l'estalvi per habitant i any. Comenta els resultats.
4. Quin és el país amb el major percentatge d'ocupació de sòl per a renovables? I el que requereix menor proporció? Fes-ne una interpretació.

Activitat 3.10. Com seran els usos finals després de la transició energètica a renovables?

Pots consultar l'apartat 3.10 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

A partir de la lectura del text esmentat, respon les qüestions següents:

Usos en mobilitat:

1. Com imagines que serà el transport terrestre (turismes, camions, autocars, ferrocarril,...) en el nou escenari energètic després de la TE21?
2. En petites distàncies, quin paper creus que tindrà cada tipus de modalitat i amb quin tipus d'energia funcionarà?
3. En llargues distàncies, quin paper creus que tindrà cada modalitat i amb quin tipus d'energia funcionarà?
4. El transport marítim quin paper tindrà? Amb quin tipus d'energia funcionarà? Quines diferències hi haurà respecte la situació actual?
5. El transport aeri quin paper tindrà? Amb quin tipus d'energia funcionarà? Quines diferències hi haurà respecte la situació actual?



Fig.12 Transport públic ferroviari alimentat amb energia elèctrica

Usos tèrmics:

6. Comenta les diferents tecnologies (solar tèrmica, bombes de calor, biomassa...) per generar calor a baixa temperatura en usos domèstics.
7. Comenta les diferents tecnologies per generar calor a alta temperatura en usos industrials.

Usos elèctrics:

8. Comenta alguna diferència respecte la situació actual en l'ús de l'electricitat i la del nou model energètic, després de la TE21. S'utilitzarà més o menys que en l'actualitat?

Activitat 3.11. Un nou escenari social

Pots consultar l'apartat 3.11 del document de referència “Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils”

Tenint en compte que l'obtenció d'energia útil a partir dels fluxos d'energia de la biosfera **és variable i intermitent** i que **cal adaptar els hàbits de consum als moments de possibilitat de transformació/obtenció de l'energia i a les capacitats de magatzematge**, imagina't un futur hipotètic, no gaire llunyà, en el qual l'esser humà ha estat capaç de cobrir totes les seves necessitats energètiques fent ús, únicament, de fonts d'energia renovable. En aquesta activitat et proposem que donis forma a aquest nou escenari.

1. Com creus que hauran canviat els nostres hàbits quotidians de consum energètic? Explica-ho indicant, com a mínim, quatre exemples referits al teu ús de l'energia. Per exemple: en quins moments del dia es faran servir els electrodomèstics de la llar (rentadora, dutxa...)? Com serien els vehicles d'ús particular? I els vehicles utilitzats per recórrer grans distàncies com, per exemple, l'avió, el tren, el vaixell...? Quin ús en fariem? Comenta el sistema multimodal.

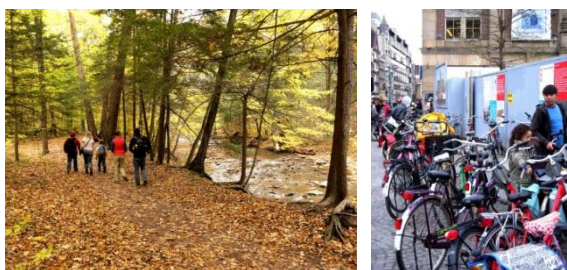


Fig. 13 L'activitat humana ha de reduir l'impacte sobre el planeta

2. Com creus que afectaria el nou model energètic al consum de productes de proximitat? Quina conseqüència tindria respecte les economies locals? (raona la teva resposta). Quins aspectes de la globalització econòmica es veurien més afectats? Hi ha algun hàbit actual que creus que desapareixeria o hauria de canviar radicalment? Explica quin o quins, tot raonant la teva resposta.

3. Explica i comenta amb les teves pròpies paraules, tot posant exemples, els següents conceptes (si et cal, cerca informació i documenta't. Recorda que és important obtenir informació de diferents fonts per poder contrastar-la):

- Arquitectura energèticament sostenible.
- Transport de persones i mercaderies amb vehicle moguts per electricitat.
- Nous conceptes de mobilitat.
- L'obsolescència programada ha desaparegut.
- Agricultura i ramaderia energèticament eficients i de proximitat.
- Descentralització de la producció energètica.
- Generació energètica repartida en el territori, amb xarxes col·laboratives, equilibrant territorialment consums i producció.
- Foment de l'autoconsum instantani i del balanç net.
- El planejament urbanístic i la gestió del territori contemplem la ubicació d'instal·lacions renovables
- Relacions socials i comunitàries (bé comú) basades en sistema col·laboratiu i no competitiu.
- Consciència ciutadana sobre el què significa l'ajut de l'energia exògena en la vida diària i la necessitat del seu ús eficient.

4. En grups de quatre, reflexioneu sobre els canvis socials que implicaria la transició a les energies renovables. Documenteu-vos sobre les possibilitats de dur-los a terme i sobre els canvis que implicarien respecte el model d'explotació i consum actuals. Redacteu un document on consti:

- Què signifiquen aquests canvis.
- Arguments a favor i arguments en contra.
- Una reflexió sobre quines altres possibilitats proposaríeu, suposant que a nivell mundial s'han exhaurit completament els combustibles fòssils i no s'ha dut a terme cap pla de transició energètica vers les energies renovables.

Traieu conclusions pròpies!

Prepareu una petita presentació de les vostres conclusions.

Exposeu i debateu!

Seguint les indicacions del/ de la vostre/a professor/a , exposeu la vostra presentació a la resta d'equips de treball de la classe.

Un cop tots els grups hagin exposat el resultat de la seva investigació, debateu els resultats obtinguts. Recorda que en un debat s'han d'exposar les idees de forma clara i concisa. És molt important que respectis el torn de paraula i l'opinió de cadascun dels membres del debat.

Conclusió

Imagina que tens l'oportunitat d'exposar les teves idees i opinió sobre la necessitat de la transició energètica cap a l'ús de les energies renovables a les persones que actualment són les responsables i encarregades de gestionar el model energètic. Tenint en compte tot el que has après fins ara, escriu-los una carta formal exposant les teves conclusions i demandes.



Fig.14 Mantenir el planeta és un deure de tots

GUIA DIDÀCTICA

PRESENTACIÓ

Aquest material didàctic, ***Les energies renovables: l'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils***, destinat preferentment al professorat de secundària, vol ser una reflexió sobre el proper exhauriment dels combustibles no renovables (petroli, gas, carbó i urani), i les conseqüències de la seva combustió sobre el sistema climàtic de la Terra. Conformen el 84% del total de les fonts d'energia i constitueixen la base i el suport del model social actual. Es tracta d'un problema real que es planteja a les generacions actuals, i que tindrà una especial incidència sobre les generacions futures.

Es presenta una solució factible a aquesta situació, que consisteix en la transició global a les energies renovables (fotovoltaica, termosolar, eòlica, hidràulica, etc.). Aquesta proposta pretén proporcionar dades suficients sobre els problemes existents i les solucions proposades, per tal que la seva lectura sigui, per si mateixa, una base que permeti la reflexió i la formació d'un criteri objectiu i independent.

El material està format per un document de fonamentació científicotecnològica i un d'activitats vinculades al diversos capítols del primer. S'han elaborat a partir de dues publicacions de referència:

Carles Riba Romeva. *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles*

Ramon Sans i Elisa Pulla. *El col·lapse és evitable. La transició energètica del segle XXI (TE21)*

El material ha estat elaborat en col·laboració del Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible (CMES) i el Centre de Recursos pedagògics Específics per a la Recerca i la Innovació Educativa (CESIRE) del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya.

1. OBJECTIUS

Els objectius d'aquests materials són:

- Reflexionar sobre què representa l'energia que s'utilitza en la vida diària i preguntar-se si se'n fa un bon ús o es malbarata.
- Promoure actituds favorables a l'estalvi energètic.
- Analitzar els consums i les reserves mundials de combustibles fòssils i d'urani.
- Conscienciar sobre l'exhauriment dels combustibles no renovables en un futur proper.

- Conscienciar sobre les conseqüències la combustió dels combustibles fòssils sobre el sistema climàtic de la Terra.
- Mostrar, amb dades contrastades, que les energies renovables són una alternativa real al model energètic actual basat en els combustibles fòssils i l'energia nuclear.
- Mostrar la sobirania energètica com una forma de reduir la dependència energètica.
- Mostrar les solucions tecnològiques que fan possible la transició energètica a les renovables.

2. COM USAR AQUEST MATERIAL

L'aprofitament del material *Les energies renovables: L'alternativa al col·lapse dels recursos fòssils*, té sentit després d'haver treballat a l'aula els conceptes físics i tecnològics relatius a l'energia, que es contemplin entre els continguts curriculars de l'àmbit científicotecnològic a l'ESO, i de manera específica a l'assignatura de Tecnologia industrial de batxillerat. Tot i així els continguts i algunes activitats poden ser adaptades a diferents situacions i àmbits educatius per fer-los assequibles a l'alumnat.

Els materials consten de dos documents, un de referència i un de proposta d'activitats didàctiques.

El document de referència està destinat a les dades i l'anàlisi d'aquestes per tal de mostrar, en tres capítols, la relació que hi ha entre l'energia i la vida diària, com ha evolucionat l'ús de les energies fòssils en els darrers dos-cents anys i com han afectat a l'estat de les reserves i han impactat en el planeta. Finalment presenta com ha de plantejar-se la transició energètica a les energies renovables. Aquest document està destinat a fonamentar i argumentar aquests coneixements de cara al professorat i, només en els casos que es consideri didàcticament adequat, posar-lo a l'abast de l'alumnat.

El document d'activitats acompanya el document de referència, capítol a capítol. Ofereix un ventall d'activitats per treballar els conceptes i les idees exposades a cada un dels capítols. El document està en format editable per tal que el professorat pugui adaptar-lo convenientment a la seva aplicació concreta a l'aula.

Les activitats, en alguns casos, requereixen una elaboració important per part de l'alumnat, per la qual cosa recomanem que el professorat valori si s'ha de plantejar tota l'activitat sencera o bé ha de cercar estratègies per reduir el temps de dedicació, ja sigui eliminant alguna part, modificant el redactat o dividint la feina entre diferents grups de l'aula.

Si es vol aprofundir més, per exemple en treballs de recerca, es pot acudir als llibres de referència d'en Carles Riba i en Ramon Sans, i d'altres esmentats a la bibliografia.

3. ORIENTACIONS DIDÀCTIQUES

L'enfocament didàctic dels continguts d'aquests materials han de tenir diferents vessants per tal que esdevinguin un recolzament bàsic en l'adquisició de competències. Algunes idees clau:

- Per tal d'apropar l'alumnat al tema d'estudi, abans de la utilització dels materials seria necessari que hagi treballat prèviament els conceptes d'energia, potència, treball...(molt important el coneixement de les unitats d'aquestes magnituds i les seves relacions numèriques).
- Cal incorporar el treball indagatiu per part de l'alumnat. És important no donar respostes a l'alumne si, prèviament, no ha fet la tasca de preguntar-se i investigar el perquè de les coses. Cal donar temps que l'alumnat es plantegi les preguntes que se li fan i maduri les seves idees.
- És important aproximar l'alumne a l'ús que fa de l'energia en la seva vida diària (ell i el seu entorn), i provocar que es pregunti si en fa un ús racional, les implicacions socials d'aquest ús... I vagi plantejant-se alternatives i accions destinades a un ús més racional.
- Actualment, els temes que tracten aquests materials (transició energètica, canvi climàtic...) està molt viu. És aconsellable que el professorat es mantingui alerta i al dia de les novetats al respecte per usar-los de manera dinàmica a l'aula.
- És important provocar el debat i la reflexió col·lectiva a l'aula.
- El professorat haurà d'adaptar les activitats proposades al nivell educatiu i als objectius didàctics del seu grup d'alumnes en concret.
- Esbrinar i fer evidents a l'aula les creences i els coneixements erronis de l'alumnat respecte l'ús de l'energia, el canvi climàtics, les suposades solucions a curt mig termini.
- Per fer significatius els continguts del canvi climàtic als alumnes:
 - Pot ser molt enriquidor indagar si l'alumnat percep l'evidència del canvi climàtic (per exemple, les persones d'una certa edat, se'n recorden de quan hi havia neus perpètues al Pirineus o també la clara diferència entre les quatre estacions de l'any, fet que actualment, en la nostra latitud, està desapareixent).
 - Vincular el canvi climàtic amb l'ús de combustibles fòssils.
- Interessant generar activitats on l'alumnat entrevisti/parli/intercanviï informació amb persones (d'una certa edat) que feien un ús diferent a l'actual dels recursos energètics.
- Donar valor a les activitats que impliquin la participació activa de l'alumnat (prendre dades,...).

4. VINCLES CURRICULARS

4.1 Educació Secundària Obligatòria

Decret 187/2015 DOGC núm. 6945 –28.8.2015

4.1.1 Àmbit científicotecnològic

Competències de la matèria

Competència 5. Resoldre problemes de la vida quotidiana aplicant el raonament científic.	CC2. Model d'energia. CCD13 Fonts d'informació digital: selecció i valoració (simuladors, aplicacions autocorrectives).
Competència 6. Reconèixer i aplicar els processos implicats en l'elaboració i validació del coneixement científic.	CC16. Teories i fets experimentals. Controvèrsies científiques. Ciència i pseudociència. CCD13. Fonts d'informació digital: selecció i valoració (cercadors web).
Competència 7. Utilitzar objectes tecnològics de la vida quotidiana amb el coneixement bàsic del seu funcionament, manteniment i accions a fer per minimitzar els riscos en la manipulació i en l'impacte mediambiental.	CC17. Objectes tecnològics de la vida quotidiana. CC19. Manteniment tecnològic. Seguretat, eficiència i sostenibilitat. CC20. Objectes tecnològics de base mecànica, elèctrica, electrònica i pneumàtica. CCD27. Sostenibilitat: consum d'energia, despesa d'impressió, mesures d'estalvi, substitució de dispositius, etc.
Competència 8. Analitzar sistemes tecnològics d'abast industrial, avaluar-ne els avantatges personals i socials, així com l'impacte en la salubritat i el medi ambient.	CC17. Objectes tecnològics de la vida quotidiana. CC19. Manteniment tecnològic. Seguretat, eficiència i sostenibilitat.

Competència 11. Adoptar mesures amb criteris científics que evitin o minimitzin els impactes mediambientals derivats de la intervenció humana.	CC17. Objectes tecnològics de la vida quotidiana. CC19. Manteniment tecnològic. Seguretat, eficiència i sostenibilitat. CC27. Impactes mediambientals de l'activitat humana. Recursos naturals: renovables i no renovables. CCD27. Sostenibilitat: consum d'energia, despesa d'impressió, mesures d'estalvi, substitució de dispositius, etc.
--	---

Assignatures implicades

Ciències de la naturalesa.

Biologia i Geologia

Física i química

Tecnologia

4.1.2 Àmbit Social

Competències de la matèria

Competència 1. Analitzar els canvis i les continuïtats dels fets o fenòmens històrics per comprendre'n la causalitat històrica.	CC3. Cronologia i temps històric. Situació en el temps i en l'espai dels fets històrics rellevants. Periodització convencional. Formes de comptar el temps d'altres cultures. CC6. Vincles entre el passat, el present i el futur. L'empatia històrica. CC8. Caracterització de les societats del passat. Elements de canvi i continuïtat entre etapes històriques. Arrels històriques de la contemporaneïtat. CC9. El passat i el present de Catalunya en el context d'Espanya i d'Europa.
---	---

Competència 3. Interpretar que el present és producte del passat, per comprendre que el futur és fruit de les decisions i accions actuals.	CC6. Vincles entre el passat, el present i el futur. L'empatia històrica. CC8. Caracterització de les societats del passat. Elements de canvi i continuïtat entre etapes històriques. Arrels històriques de la contemporaneïtat. CC9. El passat i el present de Catalunya en el context d'Espanya i d'Europa.
Competència 5. Explicar les interrelacions entre els elements de l'espai geogràfic, per gestionar les activitats humanes en el territori amb criteris de sostenibilitat.	CC17. Fonts per al coneixement del medi físic i les societats que l'habiten. Cerca, anàlisi i contrast d'informacions estadístiques, gràfics i mapes, amb suport digital i analògic. CC19. Interacció entre els grups humans i el medi. Activitats econòmiques i el seu impacte mediambiental. Matèries primeres i fonts d'energia. CC24. Globalització i intercanvi desigual. Mecanismes de cooperació internacional. CC25. Desenvolupament humà sostenible. Ús responsable, racional, solidari i democràtic dels recursos. Consum responsable.
Competència 7. Analitzar diferents models d'organització política, econòmica i territorial, i les desigualtats que generen, per valorar com afecten la vida de les persones i fer propostes d'actuació.	CC19. Interacció entre els grups humans i el medi. Activitats econòmiques i el seu impacte mediambiental. Matèries primeres i fonts d'energia. CC22. Caracterització dels grans àmbits geopolítics i econòmics. Models econòmics. CC23. Organització política i territorial: àmbits local, nacional i internacional.
Competència 11. Formar-se un criteri propi sobre problemes socials rellevants per desenvolupar un pensament crític.	CC2. Estratègies comunicatives en situacions d'interacció oral, exposició, comunicació de resultats i debats.
Competència 12. Participar activament i de manera compromesa en projectes per exercir drets, deures i responsabilitats propis d'una societat democràtica.	CC26. Funcionament del sistema democràtic. Canals de participació ciutadana. Responsabilitat i compromís cívics. Els reptes de la democràcia actual.

Assignatures implicades

Ciències socials: geografia i història

4.1.3 Àmbit Cultura i valors

Competències de la matèria

Competència 3. Qüestionar-se i usar l'argumentació per superar prejudicis i consolidar el pensament propi.	CC12.El dubte i la formulació de les bones preguntes com a inici de la reflexió. CC13. El bon argument. CC15. L'origen i la construcció dels prejudicis en el nostre context.
Competència 9. Analitzar críticament l'entorn (natural, científicotecnològic, social, polític, cultural) des de la perspectiva ètica, individualment i de manera col·lectiva.	CC37. Ciència i tecnologia com a àmbit de debat ètic (bioètica...). CC39. El medi natural i les seves implicacions (ètica del consum, medi ambient).

Assignatures implicades

Cultura i valors ètics

4.2 Batxillerat

4.2.1 Ciències de la Terra i del medi ambient

Competències de la matèria

- Competència en indagació i experimentació
- Competència en la comprensió i capacitat d'actuar sobre el món

Continguts curriculars

- El sistema Terra i el medi ambient
- Les capes fluides de la Terra
- Riscos, recursos i impactes de la geosfera. Interfases entre sistemes
- Gestió ambiental i desenvolupament sostenible

4.2.2 Física

Competències de la matèria

- La competència en la comprensió i capacitat d'actuar sobre el món físic

Continguts curriculars

- L'energia

4.2.3 Tecnologia industrial

Competències de la matèria

- Competència tecnològica
- Sistemes energètics

Continguts curriculars

- Màquines tèrmiques i elèctriques

4.2.4 Treball de recerca

El treball de recerca és un moment idoni per a que l'alumnat aprofundeixi en els temes tractats en els materials. Especialment en el plantejament d'investigacions sobre el que representa l'energia en la vida diària i preguntar-se si se'n fa un bon ús o es malbarata. Proposar mesures d'estalvi energètic i aprofundir, especialment, en la transició a les energies renovables.

5. AVALUACIÓ

5.1 Rúbriques

Rúbrica d'avaluació (capítol 1)	Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3
Ús i malbaratament de l'energia	1 Defineix amb correcció els conceptes energia, treball i potència i identifica la seva relació amb el temps. 2 Identifica les unitats bàsiques de les magnituds energia, treball i potència. 3 Distingeix la capacitat de treball de l'ésser humà en relació a la d'altres animals i/o màquines. 4 Associa el poder calorífic de les fonts d'energia fòssil amb la seu potencial per produir energia. 5 Identifica accions quotidianes que impliquen malbaratament d'energia. 6 Aporta la seva opinió amb interès i respecte durant les intervencions en els debats plantejats a l'aula sobre el tema i	1 Explica amb el vocabulari adequat i posant exemples els conceptes d'energia, treball i potència i els relaciona amb el temps. 2 Utilitza sense dificultats diferents unitats (bàsiques i compostes) de les magnituds energia, treball i potència. 3 Compara la capacitat de treball de l'ésser humà en relació a la d'altres animals i/o màquines. 4 Resol problemes de càlcul d'energia a partir de l'ús de fonts d'energia amb diferent poder calorífic. 5 Analitza diferents accions quotidianes inferint en aquelles que impliquen malbaratament d'energia. 6 Participa activament, amb interès i respecte, en els debats plantejats a l'aula sobre el tema.	1 Explica relacionant amb vocabulari adequat els conceptes d'energia, treball i potència, tot posant exemples basats en la seva experiència pròpia. 2 Integra diferents unitats de les magnituds energia, treball i potència en els seus càlculs i les modifica sense dificultat. 3 Analitza diferents situacions on l'ésser humà utilitza la capacitat de treball d'altres animals i/o màquines per realitzar certes tasques. 4 Analitza l'ús de diferents fonts d'energia per a l'obtenció d'una quantitat determinada d'energia útil, tot comparant els resultats obtinguts des de diferents perspectives. 5 Proposa millores d'eficiència energètica de forma argumentada, diferenciant entre accions quotidianes (amb despesa energètica associada) prescindibles i imprescindibles. 6 Participa activament, amb interès i respecte en les interaccions orals, fent aportacions significatives al debat.

Consum energètic a la llar	1 Calcula el consum energètic de diferents aparells domèstics a partir de dades inicials directes i fent ús correcte de les magnituds i les seves unitats bàsiques. 2 Tabula els resultats dels càlculs i la informació obtinguda seguint una classificació predeterminada. 3 Reconeix la diferència entre energia consumida (expressada en Wh) i potència mitjana (expressada en W). 4 Calcula l'estalvi de consum d'energia a la llar segons l'ús de diferents tecnologies i elements tecnològics. 5 Reconeix accions quotidianes, pròpies i/o familiars, que impliquen malbaratament energètic. 6 Estima possibles canvis en les seves activitats quotidianes per reduir el seu consum energètic.	1 Calcula el consum energètic de diferents aparells domèstics a partir de dades inicials directes i indirectes i fent ús correcte de les magnituds i les seves unitats (bàsiques i compostes). 2 Tabula els resultats dels càlculs i la informació obtinguda seguint una classificació predeterminada però introduint-hi canvis segons les seves necessitats. 3 Sap explicar la diferència entre energia consumida (expressada en Wh) i potència mitjana (expressada en W). 4 Interpreta els resultats d'estalvi de consum d'energia a la llar arrel de l'ús de diferents tecnologies i elements tecnològics. 5 És capaç d'identificar i classificar (segons la seva transcendència) les accions quotidianes, pròpies i/o familiars, que impliquen malbaratament energètic. 6 Proposa, de forma argumentada, canvis en les seves activitats quotidianes per reduir el seu consum energètic.	1 Calcula el consum energètic de diferents aparells domèstics dels quals, inicialment, no coneix les dades de consum (cerca la informació prèviament) i fent ús correcte de les magnituds i les seves unitats (bàsiques i compostes). 2 Crea les seves pròpies taules per classificar les dades i les resultats dels seus càlculs. 3 Identifica sense dificultat la diferència entre energia consumida (expressada en Wh) i potència mitjana (expressada en W) argumentant la raó de l'habitual confusió d'aquests dos termes segons la unitat emprada. 4 Fonamenta els resultats d'estalvi de consum d'energia a la llar segons l'ús de diferents tecnologies i elements tecnològics emprats amb les seves característiques tècniques. 5 Valora a partir de la classificació (segons la seva transcendència) les accions quotidianes, pròpies i/o familiars, que impliquen malbaratament energètic. 6 Proposa, segons l'estalvi energètic que suposen, diferents categories d'accions de canvi i/o millora que es poden introduir en les seves accions quotidianes i en l'ús de diferents aparells i instal·lacions d'energia de l'habitatge.
----------------------------	---	--	---

Consum energètic i emissions de CO₂ del transport de les persones	1 Relaciona el consum de combustibles fòssils amb l'emissió de CO₂ a l'atmosfera. 2 Relaciona la densitat d'ocupació dels vehicles amb l'eficiència del transport. 3 Relaciona l'eficiència del transport dels vehicles convencionals amb les seves emissions de CO₂ a l'atmosfera. 4 Descriu tecnologies en ús en el transport públic més eficients i respectuoses amb el medi ambient en comparació amb les convencionals. 5 Identifica els avantatges i els inconvenients de l'ús del transport públic. 6 Identifica accions (individuals i col·lectives) que poden dur-se a terme per reduir el consum energètic relacionat amb el transport de les persones. 7 Exposar amb claredat i de forma estructurada les seves conclusions sobre el consum energètic relacionat amb el transport de les persones i la seva relació amb les emissions de CO₂.	1 Explica amb exemples el consum de combustibles fòssils amb l'emissió de CO₂ a l'atmosfera. 2 Explica amb exemple la relació entre la densitat d'ocupació dels vehicles amb l'eficiència del transport. 3 Explica amb exemple la relació entre l'eficiència del transport i les seves dels vehicles convencionals emissions de CO₂ a l'atmosfera. 8 Explica, posant exemples, tecnologies en ús en el transport públic més eficients i respectuoses amb el medi ambient en comparació amb les convencionals. 4 Explica amb exemples els avantatges i els inconvenients de l'ús del transport públic. 5 Especifica accions (individuals i col·lectives) que poden dur-se a terme per reduir el consum energètic relacionat amb el transport de les persones. 6 Explica, amb il·lustracions i claredat, de forma estructurada i amb llenguatge tècnic, les seves conclusions sobre el consum energètic relacionat amb el transport de les persones i la seva relació amb les emissions de CO₂.	1 Avalua a partir de l'anàlisi el consum de combustibles fòssils amb l'emissió de CO₂ a l'atmosfera. 2 Avalua a partir de l'anàlisi la relació entre la densitat d'ocupació dels vehicles amb l'eficiència del transport. 3 Avalua a partir de l'anàlisi la relació entre l'eficiència del transport dels vehicles convencionals i les seves emissions de CO₂ a l'atmosfera. 4 Analitza el funcionament justificant l'ús de tecnologies en el transport públic més eficients i respectuoses amb el medi ambient en comparació amb les convencionals. 5 Analitza el funcionament justificant els avantatges i els inconvenients de l'ús del transport públic. 6 Escull fonamentadament accions (individuals i col·lectives) que poden dur-se a terme per reduir el consum energètic relacionat amb el transport de les persones. 7 Proposa possibles millores a partir de l'anàlisi, justificant de forma estructurada i amb llenguatge tècnic, del consum energètic relacionat amb el transport de les persones i la seva relació amb les emissions de CO₂.
---	---	--	--

Consum energètic i emissions de CO ₂ del transport dels aliments	1 Relaciona el consum de combustibles fòssils amb l'emissió de CO₂ a la atmosfera. 2 Relaciona les emissions de CO₂ a l'atmosfera amb la distància de transport dels aliments. 3 Estima el balanç entre l'energia aportada pels aliments i la consumida en el seu transport. 4 Reconeix la relació dels resultats amb l'eficiència energètica dels diferents mitjans de transport. 5 Exposar, fent ús d'un llenguatge clar i de forma estructurada, els resultats dels seus càlculs i les seves conclusions.	1 Explica amb exemples el consum de combustibles fòssils amb l'emissió de CO₂ a l'atmosfera. 2 Explica amb exemples les emissions de CO₂ a l'atmosfera amb la distància de transport dels aliments. 3 Explica amb exemples el balanç entre l'energia aportada pels aliments i la consumida en el seu transport. 4 Relaciona els resultats amb l'eficiència energètica dels diferents mitjans de transport. 5 Explica, amb il·lustracions i claredat, de forma estructurada i amb llenguatge tècnic, fent ús d'un llenguatge clar i de forma estructurada, els resultats dels seus càlculs i les seves conclusions.	1 Avalua a partir de l'anàlisi el consum de combustibles fòssils amb l'emissió de CO₂ a l'atmosfera. 2 Avalua a partir de l'anàlisi les emissions de CO₂ a l'atmosfera amb la distància de transport dels aliments. 3 Analitza el balanç entre l'energia aportada pels aliments i la consumida en el seu transport. 4 Contrasta els resultats amb l'eficiència energètica i els diferents mitjans de transport. 5 Proposa possibles millores a partir de l'anàlisi dels resultats dels seus càlculs i les seves conclusions, tot justificant-les amb claredat, de forma estructurada i amb llenguatge tècnic, fent ús d'un llenguatge clar i de forma estructurada.
---	--	--	---

Rúbrica d'avaluació (capítol 2)	Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3
Proper exhauriment dels combustibles fòssils	1 Relacionar l'augment de població amb l'increment d'ús dels combustibles fòssils. 2 Relacionar l'increment de combustibles fòssils amb fets històrics específics, com la revolució industrial o les guerres del s.XX. 3 Relacionar la capacitat calorífica dels combustibles fòssils amb el seu ús intensiu. 4 Ubicar l'inici de l'ús intensiu del petroli tot relacionant aquest fet amb la seva causa. 5 Relacionar el ritme de consum dels combustibles fòssils amb les reserves actuals.	1 Explicar, posant exemples, la relació entre l'augment de la població mundial i l'augment del consum de combustibles fòssils a partir del 1800. 2 Explicar, posant exemples, la relació entre l'increment de combustibles fòssils amb fets històrics específics, com la revolució industrial o les guerres del s.XX. 3 Explicar, posant exemples, quina és la relació entre l'ús intensiu dels combustibles fòssils i l'urani i la seva capacitat calorífica. 4 Explicar, tot justificant, l'inici de l'ús intensiu del petroli. 5 Explicar, posant exemples, el ritme de consum dels combustibles fòssils amb les reserves actuals.	1 Inferir analitzant la relació entre l'augment de la població mundial i l'augment del consum de combustibles fòssils a partir del 1800. 2 Inferir analitzant la relació entre l'increment de combustibles fòssils amb fets històrics específics, com la revolució industrial o les guerres del s.XX. 3 Inferir analitzant quina és la relació entre l'ús intensiu dels combustibles fòssils i l'urani i la seva capacitat calorífica. 4 Analitzar l'inici de l'ús intensiu del petroli. 5 Pronostica, a partir de l'anàlisi, el futur a mitjà termini del ritme de consum dels combustibles fòssils amb les reserves actuals.
Implicacions socials de l'exhauriment dels combustibles fòssils	1 Relacionar l'exhauriment dels combustibles fòssils amb la reducció de la seva TRE. 2 Reconèixer la informació incorrecta darrera	1 Explicar, posant exemples l'exhauriment dels combustibles fòssils amb la reducció de la seva TRE.	1 Inferir analitzant l'exhauriment dels combustibles fòssils amb la reducció de la seva TRE.

	d'algunes de les fal·làcies més repetides sobre l'exhauriment dels combustibles fòssils.	2 Interpretar la informació incorrecta darrera d'algunes de les fal·làcies més repetides sobre l'exhauriment dels combustibles fòssils.	2 Criticar la informació incorrecta darrera d'algunes de les fal·làcies més repetides sobre l'exhauriment dels combustibles fòssils.
La relació de les emissions de CO ₂ amb el canvi climàtic	1 Relacionar les emissions de CO ₂ amb el canvi climàtic. 2 Associar l'augment d'acumulació de CO ₂ a l'atmosfera amb alguna conseqüència futura.	1 Explicar, posant exemples, la relació de les emissions de CO ₂ amb el canvi climàtic. 2 Descriure les conseqüències futures a l'atmosfera degudes a l'augment d'acumulació de CO ₂ .	1 Analitzar la relació de les emissions de CO ₂ amb el canvi climàtic. 2 Estimar les conseqüències futures a l'atmosfera degudes a l'augment d'acumulació de CO ₂ .
La factura dels combustibles fòssils	1 Distingir entre països productors/exportadors de combustibles fòssils i consumidors/importadors de combustibles fòssils. 2 Identificar què és la "dependència energètica". 3 Relacionar la renda per càpita dels països amb el ritme de consum energètic dels seus ciutadans i ciutadanes. 4 Inferir algunes conseqüències de la reducció de la TRE en l'economia mundial.	1 Definir què són els països productors/exportadors de combustibles fòssils i consumidors/importadors de combustibles fòssils i posar exemples. 2 Explicar què és la "dependència energètica". 3 Contrastar la renda per càpita dels països amb el ritme de consum energètic dels seus ciutadans i ciutadanes. 4 Inferir, posant exemples, les conseqüències de la reducció de la TRE en l'economia mundial.	1 Justificar, posant exemples, perquè hi ha països productors/exportadors de combustibles fòssils i consumidors/importadors de combustibles fòssils i quines són les conseqüències socioeconòmiques en cada cas. 2 Predir la "dependència energètica" a curt termini de diferents països del món. 3 Argumentar les raons que impliquen els diferents ritmes de consum energètic dels ciutadans i ciutadanes, en funció de la renda per càpita de dels seus països. 4 Pronosticar argumentadament algunes conseqüències de la reducció de la TRE en l'economia mundial.

Rúbrica d'avaluació (capítol 3)	Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3
Energia que rebem del Sol	1 Distingir entre l'energia solar incident a la terra i l'energia aprofitable. 2 Comparar l'energia aprofitable provinent del Sol amb el total de la que s'estima necessària per al 2050.	1 Calcular, l'energia aprofitable a partir de paràmetres donats. 2 Relacionar la quantitat d'energia aprofitable provinent del Sol amb el total de la que s'estima necessària per al 2050.	1 Calcular, tot justificant els càlculs, l'energia aprofitable a partir de paràmetres donats. 2 Criticar la quantitat d'energia aprofitable provinent del Sol amb el total de la que s'estima necessària per al 2050.
Tipus d'instal·lacions de transformació d'energia provinent de fonts d'energia renovable	1 Enumerar els sistemes d'aprofitament d'energies renovables. 2 Citar alguns impactes socials associats a les instal·lacions d'aprofitament d'energies renovables	1 Analitzar els avantatges i els inconvenients dels sistemes d'aprofitament d'energies renovables 2 Analitzar, posant exemples, alguns impactes socials associats a les instal·lacions d'aprofitament d'energies renovables.	1 Emetre judicis sobre els aspectes positius i negatius dels sistemes d'aprofitament d'energies renovables. 2 Estimar els impactes socials, proposant solucions, de les instal·lacions d'aprofitament d'energies renovables.

La transició energètica TE21	1 Identificar els diferents fluxos d'un sistema de transformació energètica. 2 Seleccionar l'itinerari energètic associat a un procés de transformació i un rendiment determinats. 3 Quantificar, a partir de taules i gràfics, l'energia útil que caldrà produir a Catalunya en la transició a renovables. 4 Reconèixer la variabilitat dels fluxos energètics de les renovables amb la necessitat d'emmagatzematge. 5 Enumerar els diferents tipus d'emmagatzematge d'energia. 6 Comparar, en la transició energètica a renovables, la superfície total necessària a ocupar respecte la superfície d'un territori. 7 Enumerar els factors que intervenen en la factibilitat econòmica de la transició a renovables.	1 Calcular el rendiment d'un sistema de transformació energètica. 2 Descriure l'itinerari energètic associat a un procés de transformació i un rendiment determinats. 3 Quantificar, a partir de diferents fonts d'informació, l'energia útil, que caldrà produir a Catalunya en la transició a renovables, desglossada en tèrmica i elèctrica. 4 Explicar la variabilitat dels fluxos energètics de les renovables amb la necessitat d'emmagatzematge. 5 Explicar amb exemples els diferents tipus d'emmagatzematge d'energia. 6 Calcular, en la transició energètica a renovables, la superfície total necessària a ocupar respecte la superfície d'un territori. 7 Argumentar els factors que intervenen en la factibilitat	1 Associar els fluxos i el rendiment d'un sistema de transformació energètica amb una instal·lació real. 2 Analitzar l'itinerari energètic associat a un procés de transformació i un rendiment determinats. 3 Argumentar, a partir de diferents fonts d'informació, l'energia útil, que caldrà produir a Catalunya en la transició a renovables, desglossada en tèrmica i elèctrica. 4 Extreure conclusions de la necessitat d'emmagatzematge de les renovables 5 Valorar els diferents tipus d'emmagatzematge d'energia. 6 Avaluar a partir del càlcul, en la transició energètica a renovables, la superfície total necessària a ocupar respecte la superfície d'un territori.
-------------------------------------	---	--	--

	8 Descriu els usos en mobilitat, tèrmics i elèctrics arrel de la transició a renovables	econòmica de la transició a renovables. 8 Analitza els usos en mobilitat, tèrmics i elèctrics arrel de la transició a renovables.	7 Avaluar els factors que intervenen en la factibilitat econòmica de la transició a renovables. 8 Avalua els usos en mobilitat, tèrmics i elèctrics arrel de la transició a renovables.
--	---	--	---

Balanç econòmic de la TE21	1 Identificar la viabilitat econòmica que suposa la transició a renovables	1 Justificar la viabilitat econòmica que suposa la transició a renovables.	1 Valorar els beneficis econòmics que suposa la transició a renovables.
Nou escenari social	1 Identificar que la transició a les energies renovables comporta canvis socials.	1 Posar exemples dels possibles canvis socials que comportarà la transició a les energies renovables.	1 Valorar els possibles canvis socials que comportarà la transició a les energies renovables.

Bibliografia

Riba Romeva, C. [Riba-2011], *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles*. Editorial Octaedro, Barcelona 2012.

<http://www.octaedro.com/OCTart.asp?libro=80502&id=es&txt=Recursos%20energ%C3%A9tics%20i%20crisi>.

Primera edició: Edicions UPC, Barcelona 2011. Hi ha una versió de descàrrega lliure a www.cdei.upc.edu.

Riba Romeva, C. [Riba-2015], *Factures energètiques dels combustibles fòssils. Dependències i desigualtats*. Editorial Octaedro, Barcelona 2015.

<http://octaedro.com/OCTart.asp?libro=80503&id=es&txt=Factures%20energ%C3%A9tiques%20dels%20combustibles%20f%C3%B2ssils%20title=Portada%20de%20A0Factures%20energ%C3%A9tiques%20dels%20combustibles%20f%C3%B2ssils>

Sans Rovira, R., Pulla Escobar, E. [Sans-Pulla-2014], *La transició energètica del segle XXI (TE21). El col·lapse és evitable*. Editorial Octaedro, Barcelona 2014.

<http://www.octaedro.cat/octart.asp?libro=80141&txt=El%20col.lapse%20%E9s%20evitable>

Sans Rovira, R. [Sans-2015], *La darrera oportunitat. La transició energètica del segle XXI*. Editorial Octaedro, Barcelona 2015.

<http://elibros.octaedro.com/OCTart.asp?libro=80151&id=en&txt=La%20darrera%20oportunitat>.

Bibliografia complementària

Centelles Portella, J [Centelles-2016]. *Cap al 100% renovable?. Reflexions sobre la Transició Energètica a Catalunya i la seva governança*. Editorial Octaedro, Barcelona 2016.

<http://www.octaedro.com/OCTart.asp?libro=80153&id=en&txt=Cap%20al%20100%20renovable%20title=Cover%20of%20A0Cap%20al%20100%20renovable>.

Furró Estany, E [Furró-2016] *Catalunya. Aproximació a un model energètic sostenible*. Editorial Octaedro, Barcelona 2016.

<http://www.octaedro.cat/OCTart.asp?libro=80152&id=ca&txt=Catalunya,%20aproximaci%C3%B3%20a%20un%20model%20energ%C3%A8tic%20sostenible>.

Montero Homs, S. [Montero, S.,2013], *Ferrocarril, el medio de transporte del siglo XXI*. Editorial Dobleerre, Barcelona 2013.

<http://www.dobleerre.com/coleccion/tecnica-ciencia/47-ferrocarril-el-medio-de-transporte-del-siglo-xxi>

ANNEXOS

ANNEX 1: Itineraris energètics més usals

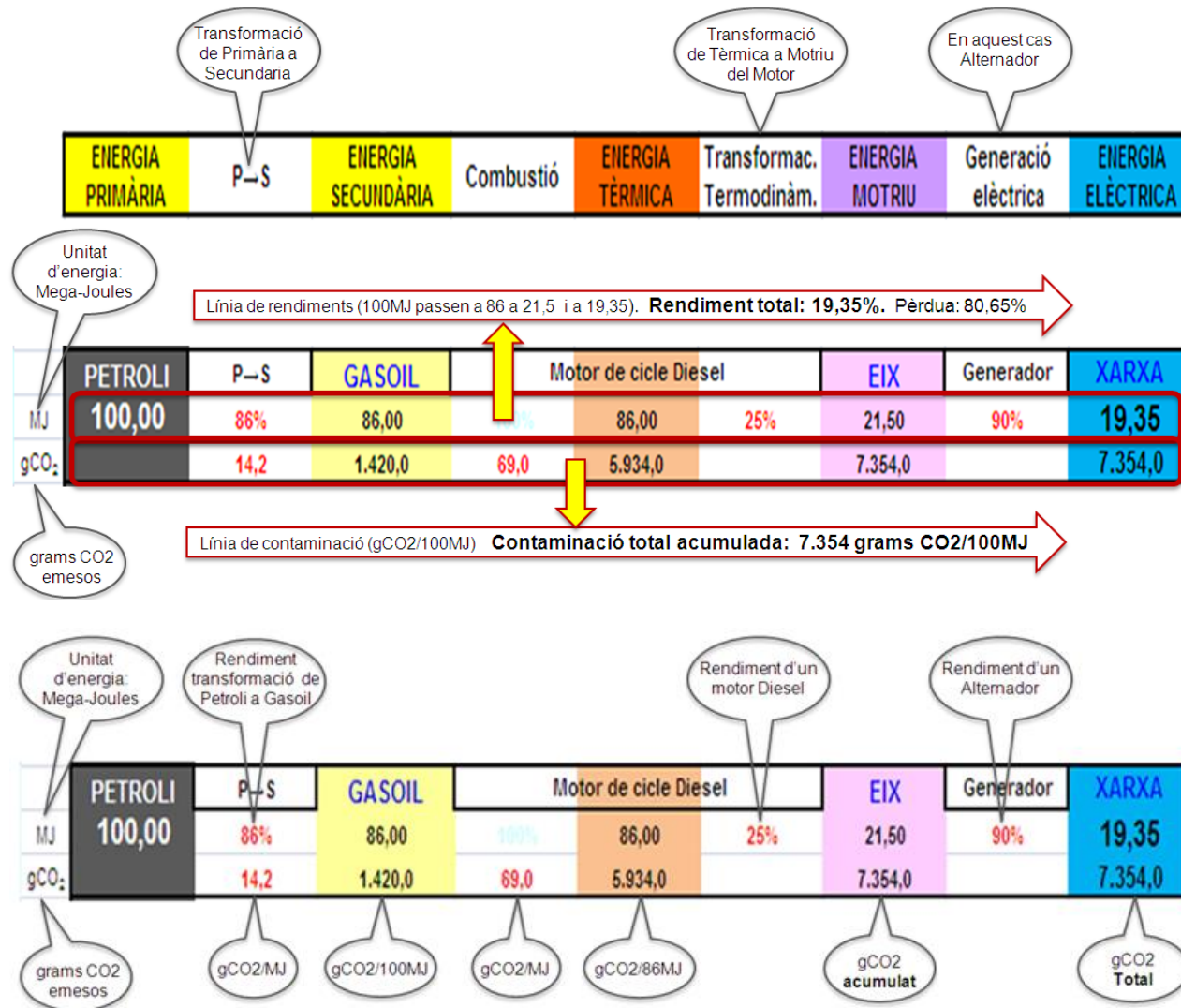
Font: *El col·lapse és evitable. La Transició energètica del segle XXI* de Ramon Sans i Elisa Pulla [Sans-Pulla-2014].

		ENERGIA PRIMÀRIA	P→S	ENERGIA SECUNDÀRIA	Combustió	ENERGIA TÈRMICA	Transformac. Termodinàm.	ENERGIA MOTRIU	Generació elèctrica	ENERGIA ELÈCTRICA
Combustible	Energia MJ	PETROLI 100,00	P→S 86%	GASOIL 86,00	Caldera 90%	CALOR 77,40			100%	0,00
	Contaminació gCO ₂		14,2	1.420,0	69,0	7.354,0				
Combustible	Energia MJ	PETROLI 100,00	P→S 87%	GASOLINA 87,00	Motor de cicle Otto 100%		87,00	22%	EIX 19,14	100% 19,14
	Contaminació gCO ₂		12,5	1.250,0	67,0		5.829,0		7.079,0	
Combustible	Energia MJ	PETROLI 100,00	P→S 86%	GASOIL 86,00	Motor de cicle Diesel 100%		86,00	25%	EIX 21,50	100% 21,50
	Contaminació gCO ₂		14,2	1.420,0	69,0		5.934,0		7.354,0	
Combustible	Energia MJ	PETROLI 100,00	P→S 87%	GASOLINA 87,00	Motor de cicle Otto 100%		87,00	22%	EIX 19,14	Generador 90% XARXA 17,23
	Contaminació gCO ₂		12,5	1.250,0	67,0		5.829,0		7.079,0	7.079,0
Combustible	Energia MJ	PETROLI 100,00	P→S 86%	GASOIL 86,00	Motor de cicle Diesel 100%		86,00	25%	EIX 21,50	Generador 90% XARXA 19,35
	Contaminació gCO ₂		14,2	1.420,0	69,0		5.934,0		7.354,0	7.354,0
Combustible	Energia MJ	PETROLI 100,00	P→S 86%	GASOIL 86,00	Caldera 90%	VAPOR 77,40	Turbina 48%	EIX 37,15	Generador 90%	XARXA 33,44
	Contaminació gCO ₂		14,2	1.420,0	69,0	5.934,0		7.354,0		7.354,0
Combustible	Energia MJ	CARBÓ-fòssil 100,00	P→S 80%	CARBÓ-comb 80,00	Caldera 80%	CALOR 64,00				
	Contaminació gCO ₂		23,0	2.300,0	120,0	11.900,0				
Combustible	Energia MJ	CARBÓ-fòssil 100,00	P→S 80%	CARBÓ-comb 80,00	Caldera 80%	VAPOR 64,00	Turbina 48%	EIX 30,72	Generador 90%	XARXA 27,65
	Contaminació gCO ₂		23,0	2.300,0	120,0	9.600,0		11.900,0		11.900,0

		ENERGIA PRIMÀRIA	P→S	ENERGIA SECUNDÀRIA	Combustió	ENERGIA TÈRMICA	Transformac. Termodinàm.	ENERGIA MOTRIU	Generació elèctrica	ENERGIA ELÈCTRICA
Combustible	Energia MJ	GN-fòssil	P→S	GN-comp	Caldera	CALOR				
Contaminació	gCO ₂	100,00	84%	84,00	90%	75,60			100%	0,00
			15,0	1.500,0	50,2	5.716,8				
Combustible	Energia MJ	GN-fòssil	P→S	GN-comp	Caldera	VAPOR	Turbina	EIX	Generador	XARXA
Contaminació	gCO ₂	100,00	84%	84,00	90%	75,60	48%	36,29	90%	32,66
			15,0	1.500,0	50,2	4.216,8		5.716,8		5.716,8
Combustible	Energia MJ	GN-fòssil	P→S	GN-comp		Cicle combinat		EIX	Generador	XARXA
Contaminació	gCO ₂	100,00	84%	84,00	100%	84,00	60%	50,40	90%	45,36
			15,0	1.500,0	50,2	4.216,8		5.716,8		5.716,8
Combustible	Energia MJ	URANI Nat.	P→S	URANI 235	Reactor	VAPOR	Turbina	EIX	Generador	XARXA
Contaminació	gCO ₂	100,00	60%	60,00	90%	54,00	48%	25,92	90%	23,33
			25,0	2.500,0	0,0	0,0		2.500,0		2.500,0
Combustible	Energia MJ	BIOMASSA	P→S	BIOM UTIL	Caldera	CALOR				
Contaminació	gCO ₂	100,00	88%	88,00	90%	79,20				
		-70,0	8,0	800,0	55,0	-1.360,0				
Combustible	Energia MJ	BIOMASSA	P→S	BIODIESEL		Motor de cicle Diesel		EIX		
Contaminació	gCO ₂	100,00	45%	45,00	100%	45,00	25%	11,25	100%	11,25
		-70,0	8,0	800,0	69,0	3.105,0		-3.095,0		
Combustible	Energia MJ	BIOMASSA	P→S	BIOM UTIL		Cicle combinat		EIX	Generador	XARXA
Contaminació	gCO ₂	100,00	88%	88,00	100%	88,00	50%	44,00	90%	39,60
		-70,0	8,0	800,0	55,0	4.840,0		-1.360,0		-1.360,0
Combustible	Energia MJ	BIOMASSA	P→S	BIOM UTIL	Caldera	VAPOR	Turbina	EIX	Generador	XARXA
Contaminació	gCO ₂	100,00	88%	88,00	80%	70,40	48%	33,79	90%	30,41
		-70,0	8,0	800,0	55,0	4.840,0		-1.360,0		-1.360,0

		ENERGIA PRIMÀRIA	P→S	ENERGIA SECUNDÀRIA	Combustió	ENERGIA TÈRMICA	Transformac. Termodinàm.	ENERGIA MOTRIU	Generació elèctrica	ENERGIA ELÈCTRICA
Font	Energia	HIDRÀULICA					Turbina	EIX	Generador	XARXA
Contaminació	MJ	100,00	100%	10000%	100%	100,00	90%	90,00	90%	81,00
	gCO ₂		0,0					0,0		0,0
Font	Energia	EÒLICA					Molí de vent	EIX	Generador	XARXA
Contaminació	MJ	100,00	100%	10000%	100%	100,00	59%	59,00	90%	53,10
	gCO ₂		0,0					0,0		0,0
Font	Energia	SOLAR			Panells Tèrmics	CALOR				
Contaminació	MJ	100,00	100%	10000%	80%	80,00			100%	0,00
	gCO ₂		0,0		0,0	0,0				
Font	Energia	SOLAR			Panells Tèrmics	VAPOR	Turbina	EIX	Generador	XARXA
Contaminació	MJ	100,00	100%	10000%	80%	80,00	48%	38,40	90%	34,56
	gCO ₂		0,0		0,0	0,0		0,0		0,0
Font	Energia	SOLAR						Panells Fotovoltaics		XARXA
Contaminació	MJ	100,00	100%	10000%	100%	100,00			15%	15,00
	gCO ₂		0,0							0,0
Font	Energia	GEOTÈRMIA			Bomba calor	CALOR				
Contaminació	MJ	100,00	100%	10000%	60%	60,00				
	gCO ₂		0,0		0,0	0,0				
Font	Energia	GEOTÈRMIA			Bomba calor	VAPOR	Turbina	EIX	Generador	XARXA
Contaminació	MJ	100,00	100%	10000%	60%	60,00	48%	28,80	90%	25,92
	gCO ₂		0,0		0,0	0,0		0,0		0,0
Font	Energia	MARINA					Turbina	EIX	Generador	XARXA
Contaminació	MJ	100,00	100%	10000%	100%	100,00	90%	90,00	90%	81,00
	gCO ₂		0,0					0,0		0,0

Llegenda



ANNEX 2

TAULES DE PRODUCCIÓ I DE CONSUM MUNDIAL DE PETROLI, GAS I CARBÓ (2012)

PETROLI

Petroli. Producció i consum en regions i països							
Producció (GW _t)				Consum (GW _t)			
		2012	% món			2012	% món
	Món	5.851	100,0		Món	6.007	100,0
	Índex 1982=100	144,5			Índex 1982=100	127,8	
	Amèrica Nord	1.022	17,47		Amèrica Nord	1.448	24,10
	Amèrica S. i C.	515	8,80		Amèrica S. i C.	454	7,56
	Europa	238	4,06		Europa	989	16,47
	Europa Nord	213	3,64		Europa Nord	490	8,15
	Europa Sud	12	0,21		Europa Sud	397	6,61
	Europa Est	12	0,21		Europa Est	106	1,77
	Euràsia	946	16,17		Euràsia	298	4,96
	Orient Mitjà	1.871	31,98		Orient Mitjà	523	8,71
	Àfrica	686	11,73		Àfrica	230	3,82
	Àsia i Oceania	573	9,79		Àsia i Oceania	2.019	33,61
1	Aràbia Saudita	794	13,57	1	EUA	1.156	19,24
2	Rússia	735	12,56	2	Xina	712	11,85
3	EUA	566	9,68	3	Japó	319	5,31
4	Xina	296	5,07	4	Índia	238	3,96
5	Canadà	252	4,30	5	Rússia	213	3,54
6	Iran	251	4,30	6	Brasil	189	3,15
7	E. Àrabs Units	220	3,76	7	Aràbia Saudita	184	3,06
8	Iraq	213	3,63	8	Alemanya	162	2,69
9	Mèxic	204	3,49	9	Corea del Sud	155	2,59
10	Kuwait	198	3,39	10	Canadà	153	2,54
11	Veneçuela	181	3,10	11	Mèxic	139	2,31
12	Nigèria	181	3,09	12	França	120	1,99
13	Brasil	153	2,62	13	Iran	117	1,95
14	Angola	132	2,26	14	Regne Unit	103	1,71
15	Noruega	125	2,14	15	Singapur	97	1,62
16	Algèria	125	2,14	16	Indonèsia	93	1,55
17	Kazakhstan	113	1,93	17	Espanya	90	1,51
18	Líbia	103	1,75	18	Itàlia	90	1,50
19	Qatar	101	1,73	19	Taiwan	74	1,24
20	Colòmbia	70	1,19	20	Tailàndia	72	1,19
21	Azerbaidjan	67	1,15	21	Austràlia	70	1,16
22	Oman	66	1,13	22	Països Baixos	68	1,13
23	Regne Unit	65	1,11	23	Egipte	54	0,90
24	Indonèsia	63	1,08	24	Iraq	53	0,88
25	Índia	60	1,03	25	Turquia	49	0,82
26	Egipte	50	0,86	26	Veneçuela	49	0,81
27	Argentina	46	0,79	27	Argentina	48	0,79
28	Malàisia	40	0,69	28	Bèlgica	45	0,75
29	Equador	37	0,63	29	E. Àrabs Units	44	0,74
30	Austràlia	32	0,54	30	Àfrica del Sud	42	0,70

Petroli. Producció i consum en regions i països (Continuació)					
Producció (GW _t)			Consum (GW _t)		
		2012 % món		2012 % món	
	Món	5.851 100,0		Món	6.007 100,0
	índex 1982=100	144,5		índex 1982=100	127,8
31	Tailàndia	27 0,45	31	Malàisia	39 0,65
32	Vietnam	26 0,44	32	Polònia	36 0,60
33	Guinea Equat.	21 0,36	33	Kuwait	31 0,52
34	Congo (Brazz.)	20 0,35	34	Pakistan	31 0,51
35	Gabon	17 0,30	35	Hong Kong	28 0,46
36	Turkmenistan	17 0,29	36	Vietnam	26 0,43
37	Dinamarca	14 0,24	37	Xile	24 0,39
38	Síria	13 0,22	38	Síria	23 0,38
39	Iemen	11 0,18	39	Algèria	22 0,37
40	Perú	10 0,16	40	Grècia	22 0,37
41	Brunei	10 0,16	41	Filipines	22 0,36
42	Txad	8 0,14	42	Israel	21 0,34
43	Trinidad i Tob.	8 0,13	43	Suècia	20 0,34
44	Itàlia	8 0,13	44	Ucraïna	20 0,33
45	Sudan	7 0,13	45	Colòmbia	20 0,33
46	Uzbekistan	7 0,11	46	Àustria	18 0,30
47	Romania	6 0,11	47	Suïssa	18 0,30

Elaboració: Carles Riba Romeva [Riba-2015].

GAS NATURAL

Gas natural. Producció i consum en regions i països					
Producció (GW _t)			Consum (GW _t)		
		2012 % món		2012 % món	
	Món	4.201 100,0		Món	4.245 100,0
	índex 1982=100	226,3		índex 1982=100	234,8
	Amèrica Nord	1.048 24,96		Amèrica Nord	1.049 24,71
	Amèrica S. i C.	209 4,97		Amèrica S. i C.	194 4,57
	Europa	323 7,68		Europa	642 15,12
	Europa Nord	287 6,83		Europa Nord	300 7,06
	Europa Sud	11 0,27		Europa Sud	267 6,29
	Europa Est	25 0,58		Europa Est	75 1,77
	Euràsia	1.047 24,93		Euràsia	871 20,52
	Orient Mitjà	677 16,11		Orient Mitjà	532 12,54
	Àfrica	269 6,41		Àfrica	142 3,34
	Àsia i Oceania	628 14,94		Àsia i Oceania	815 19,20
1	Rússia	831 19,78	1	EUA	842 19,82
2	EUA	813 19,36	2	Rússia	641 15,09
3	Iran	202 4,80	3	Iran	204 4,80
4	Qatar	198 4,71	4	Xina	181 4,26
5	Canadà	170 4,06	5	Japó	159 3,76
6	Xina	137 3,27	6	Aràbia Saudita	127 2,99
7	Noruega	131 3,12	7	Canadà	110 2,59
8	Aràbia Saudita	117 2,77	8	E Àrabs Units	101 2,39
9	Algèria	110 2,61	9	Mèxic	97 2,29
10	Indonèsia	101 2,40	10	Regne Unit	97 2,29
11	Països Baixos	87 2,06	11	Itàlia	92 2,17
12	Turkmenistan	80 1,89	12	Alemanya	90 2,12

Gas natural. Producció i consum en regions i països (Continuació)							
Producció (GW _t)				Consum (GW _t)			
		2012	% món			2012	% món
	Món	4201	100,0		Món	4245	100,0
	Índex 1982=100	226,3			Índex 1982=100	234,8	
13	Austràlia	78	1,86	13	Índia	86	2,01
14	Egipte	78	1,86	14	Ucraïna	74	1,73
15	Malàisia	77	1,84	15	Egipte	67	1,58
16	Uzbekistan	75	1,79	16	Corea del Sud	64	1,51
17	E. Àrabs Units	65	1,55	17	França	63	1,49
18	Mèxic	65	1,54	18	Uzbekistan	61	1,45
19	Índia	63	1,50	19	Argentina	58	1,36
20	Trinidad i Tob.	51	1,20	20	Tailàndia	57	1,34
21	Regne Unit	46	1,10	21	Turquia	57	1,33
22	Argentina	46	1,09	22	Països Baixos	51	1,20
23	Tailàndia	46	1,09	23	Indonèsia	50	1,18
24	Pakistan	41	0,97	24	Austràlia	50	1,17
25	Nigèria	37	0,89	25	Algèria	42	1,00
26	Veneçuela	37	0,88	26	Espanya	42	0,99
27	Oman	33	0,78	27	Pakistan	41	0,96
28	Bangladesh	26	0,61	28	Veneçuela	41	0,96
29	Azerbaidjan	24	0,57	29	Malàisia	38	0,90
30	Ucraïna	24	0,57	30	Brasil	33	0,78
31	Bolívia	20	0,48	31	Trinidad i Tob.	29	0,69
32	Brasil	20	0,47	32	Bielorrússia	26	0,62
33	Perú	19	0,46	33	Qatar	26	0,60
34	Líbia	19	0,46	34	Bangladesh	26	0,60
35	Kuwait	17	0,40	35	Turkmenistan	24	0,57
36	Brunei	16	0,37	36	Oman	23	0,55
37	Iemen	15	0,37	37	Taiwan	23	0,54
38	Bahrain	15	0,37	38	Bèlgica	21	0,49
39	Kazakhstan	15	0,35	39	Polònia	19	0,45
40	Myanmar	14	0,34	40	Kuwait	18	0,42
41	Colòmbia	13	0,31	41	Azebardjan	16	0,39
42	Romania	12	0,29	42	Bahrain	15	0,36
43	Alemanya	12	0,28	43	Kazakhsatn	15	0,36
44	Vietnam	10	0,24	44	Romania	14	0,33
45	Síria	10	0,24	45	Hongria	13	0,31
46	Itàlia	10	0,23	46	Àustria	12	0,28
47	Guinea Equat.	10	0,23	47	Rep. Txeca	11	0,26

Elaboració: Carles Riba Romeva [Riba-2015]

CARBÓ

Carbó. Producció i consum en regions i països							
Producció (GW _t)				Consum (GW _t)			
		2012	% món			2012	% món
	Món	5.586	100,0		Món	5.287	100,0
	Índex 1982=100	218,2			Índex 1982=100	221,3	
	Amèrica Nord	791	14,16		Amèrica Nord	675	12,77
	Amèrica S. i C.	86	1,54		Amèrica S. i C.	39	0,73
	Europa	254	4,55		Europa	426	8,05
	Europa Nord	77	1,37		Europa Nord	169	3,20
	Europa Sud	37	0,67		Europa Sud	105	1,99
	Europa Est	140	2,51		Europa Est	151	2,86
	Euràsia	371	6,64		Euràsia	274	5,18
	Orient Mitjà	1	0,02		Orient Mitjà	13	0,25
	Àfrica	204	3,65		Àfrica	144	2,72
	Àsia i Oceania	3880	69,45		Àsia i Oceania	3717	70,30
1	Xina	2729	48,85	1	Xina	2714	51,35
2	EUA	731	13,09	2	EUA	631	11,94
3	Índia	367	6,56	3	Índia	436	8,26
4	Indonèsia	350	6,26	4	Rússia	163	3,08
5	Austràlia	319	5,71	5	Japó	148	2,80
6	Rússia	244	4,37	6	Àfrica del Sud	133	2,52
7	Àfrica del Sud	200	3,58	7	Corea del Sud	119	2,24
8	Colòmbia	81	1,46	8	Alemanya	98	1,86
9	Kazakhstan	74	1,33	9	Polònia	76	1,43
10	Polònia	73	1,31	10	Taiwan	61	1,15
11	Alemanya	61	1,09	11	Indonèsia	60	1,13
12	Canadà	52	0,93	12	Austràlia	58	1,10
13	Ucraïna	45	0,81	13	Kazakhstan	53	1,00
14	Vietnam	35	0,63	14	Ucraïna	49	0,94
15	Mongòlia	26	0,46	15	Turquia	45	0,86
16	Corea del Nord	25	0,45	16	Regne Unit	39	0,73
17	Turquia	24	0,44	17	Canadà	30	0,56
18	Tep. Txeca	21	0,37	18	Tailàndia	24	0,45
19	Regne Unit	15	0,27	19	Corea del Nord	23	0,43
20	Sèrbia	14	0,26	20	Malàisia	20	0,37
21	Grècia	9,5	0,17	21	Itàlia	20	0,37
22	Bulgària	9,3	0,17	22	Brasil	18	0,35
23	Romania	9,2	0,16	23	Vietnam	18	0,34
24	Tailàndia	8,8	0,16	24	Tep. Txeca	17	0,31
25	Mèxic	8,0	0,14	25	Sèrbia	15	0,29
26	Filipines	7,3	0,13	26	Espanya	15	0,28
27	Bòsnia i H.	6,1	0,11	27	Mèxic	14	0,26
28	Estònia	5,4	0,10	28	França	13	0,24
29	Nova Zelanda	4,6	0,08	29	Filipines	12	0,22
30	Espanya	3,3	0,06	30	Bulgària	12	0,22
31	Hongria	2,7	0,05	31	Israel	11	0,21
32	Zimbabwe	2,6	0,05	32	Romania	11	0,20
33	Malàisia	2,5	0,04	33	Hong Kong	11	0,20
34	Brasil	2,3	0,04	34	Grècia	10	0,19
35	Pakistan	1,8	0,03	35	Països Baixos	10	0,19
36	Eslovènia	1,7	0,03	36	Xile	8,3	0,16
37	Macedònia	1,4	0,02	37	Bòsnia i H.	6,8	0,13
38	Uzbekistan	1,3	0,02	38	Colòmbia	5,5	0,10
39	Veneçuela	1,3	0,02	39	Estònia	5,4	0,10
40	Corea del Sud	1,2	0,02	40	Eslovènia	4,8	0,09

Carbó. Producció i consum en regions i països (Continuació)					
Producció (GW _t)			Consum (GW _t)		
		2012 % món		2012 % món	
	Món	5.586 100,0		Món	5.287 100,0
	Índex 1982=100	218,2		Índex 1.982=100	221,3
41	Myanmar	1,2 0,02	41	Finlàndia	4,7 0,09
42	Iran	0,9 0,02	42	Àustria	4,6 0,09
43	Eslovènia	0,9 0,02	43	Marroc	4,4 0,08
44	Bangladesh	0,8 0,01	44	Dinamarca	4,1 0,08
45	Xile	0,7 0,01	45	Hongria	4,0 0,07
46	Noruega	0,7 0,01	46	Pakistan	3,4 0,06
47	Montenegro	0,6 0,01	47	Bèlgica	3,0 0,06

Elaboració: Carles Riba Romeva [Riba-2015]

COMBUSTIBLES FÒSSILS EN CONJUNT

Fòssils en conjunt. Producció i consum en regions i països					
Producció (GW _t)			Consum (GW _t)		
		2012 % món		2012 % món	
	Món	15.638 100,0		Món	15.539 100,0
	Índex 1982=100	182,6		Índex 1982=100	183,1
	Amèrica Nord	2.861 17,95		Amèrica Nord	3.172 20,41
	Amèrica S i C.	310 5,26		Amèrica S. i C.	687 4,42
	Europa	314 5,44		Europa	2057 13,24
	Europa Nord	576 4,02		Europa Nord	959 6,17
	Europa Sud	61 0,34		Europa Sud	769 4,95
	Europa Est	177 1,09		Europa Est	333 2,14
	Euràsia	2.365 14,56		Euràsia	1.443 9,29
	Orient Mitjà	2.549 16,71		Orient Mitjà	1.069 6,88
	Àfrica	1.160 7,62		Àfrica	515 3,32
	Àsia i Oceania	5.080 32,45		Àsia i Oceania	6.551 42,16
1	Xina	3.163 20,22	1	Xina	3.607 23,21
2	EUA	2.110 13,50	2	EUA	2.629 16,92
3	Rússia	1.810 11,57	3	Rússia	1.016 6,54
4	Saudi Arabia	911 5,82	4	Índia	760 4,89
5	Indonèsia	514 3,28	5	Japó	626 4,03
6	Índia	490 3,13	6	Alemanya	350 2,25
7	Canadà	474 3,03	7	Corea del Sud	338 2,18
8	Iran	454 2,90	8	Iran	323 2,08
9	Austràlia	430 2,75	9	Saudi Arabia	311 2,00
10	Qatar	299 1,91	10	Canadà	293 1,88
11	E. Àrabs Units	286 1,83	11	Mèxic	250 1,61
12	Mèxic	277 1,77	12	Brasil	241 1,55
13	Noruega	257 1,64	13	Regne Unit	239 1,54
14	Algèria	235 1,50	14	Indonèsia	204 1,31
15	Veneçuela	219 1,40	15	Itàlia	202 1,30
16	Nigèria	218 1,40	16	França	195 1,26
17	Kuwait	215 1,38	17	Àfrica del Sud	181 1,16
18	Iraq	214 1,37	18	Austràlia	178 1,14
19	Kazakhstan	202 1,29	19	Taiwan	158 1,02
20	Àfrica del Sud	202 1,29	20	Tailàndia	153 0,98
21	Brasil	175 1,12	21	Turquia	151 0,97
22	Colòmbia	164 1,05	22	Espanya	147 0,95

Fòssils en conjunt. Producció i consum en regions i països (Continuació)					
Producció (GW _t)			Consum (GW _t)		
		2012 % món		2012 % món	
	Món	15.638 100,0		15.539 100,0	
	Índex 1982=100	182,6		Índex 1.982=100	183,1
23	Angola	133 0,85	23	E. Àrabs Units	146 0,94
24	Egipte	129 0,82	24	Ucraïna	143 0,92
25	Regne Unit	127 0,81	25	Polònia	131 0,84
26	Líbia	122 0,78	26	Països Baixos	129 0,83
27	Malàisia	120 0,77	27	Egipte	122 0,79
28	Oman	99 0,63	28	Singapur	108 0,69
29	Turkmenistan	95 0,61	29	Argentina	107 0,69
30	Argentina	92 0,59	30	Malàisia	97 0,62
31	Azerbaidjan	91 0,58	31	Veneçuela	89 0,57
32	Països Baixos	89 0,57	32	Kazakhstan	82 0,53
33	Uzbekistan	83 0,53	33	Pakistan	75 0,48
34	Tailàndia	81 0,52	34	Uzbekistan	70 0,45
35	Polònia	80 0,51	35	Bèlgica	69 0,44
36	Alemanya	77 0,49	36	Algèria	65 0,42
37	Ucraïna	74 0,47	37	Iraq	54 0,35
38	Vietnam	71 0,45	38	Vietnam	54 0,34
39	Trinidad i Tob.	58 0,37	39	Kuwait	49 0,32
40	Pakistan	47 0,30	40	Hong Kong	42 0,27
41	Equador	37 0,24	41	Tep. Txeca	41 0,27
42	Guinea Eq.	31 0,20	42	Bielorrússia	40 0,26
43	Perú	29 0,19	43	Romania	40 0,25
44	Turquia	29 0,18	44	Xile	39 0,25
45	Romania	27 0,18	45	Grècia	38 0,24
46	Bangladesh	27 0,17	46	Filipines	37 0,24
47	Mongòlia	26 0,17	47	Qatar	36 0,23

Elaboració: Carles Riba Romeva [Riba-2015]

ANNEX 3

RENDA, PRODUCCIÓ I CONSUM DE COMBUSTIBLES FÒSSILS (2012)

Energia i factures exteriors de fòssils de França i les regions del Món						
	Població	Producte interior brut per càpita	Consum d'energia per càpita	Consum de fòssils per càpita	Relació producció / consum de fòssils ¹	Factura exterior de fòssils ²
	Milions d'habitants	Euros per habitant i any	Watts per habitant	Watts per habitant	%	Milions d'euros per any
Món	7.017	7.961	2.735	2.169	100,0	+1.692.000
Orient Mitjà	221	9.352	4.854	4.815	244,2	+650.000
Àfrica	1.073	1.472	891	494	220,4	+234.000
Euràsia ³	289	7.419	5.329	4.677	169,3	+334.000
Amèrica del Sud ⁴	483	7.408	2.313	1.444	119,5	+41.000
Amèrica del Nord ⁵	464	31.397	8.423	6.782	93,3	-148.000
Àsia i Oceania ⁶	3.877	4.506	1.987	1.634	75,2	-674.000
Europa ⁷	611	23.690	4.741	3.433	40,4	-413.000
Europa del Nord ⁸	218	35.766	6.282	4.567	60,7	-13.1000
Europa de l'Est ⁹	116	8.790	3.626	2.817	55,8	-52.200
Europa del Sud ¹⁰	278	20.423	3.977	2.798	7,9	-230.200
Espanya	47	22.348	4.445	3.285	2,9	50.500
Catalunya	7,5	27.237	5.110	3.494	0,5	-8.000

¹ Si aquesta relació és 100, vol dir que aquest àmbit territorial produeix els fòssils que consumeix; si és major que 100, en produeix més que consumeix i exporta l'excedent de 100; si és menor que 100, produeix menys que consumeix i importa la diferència fins a 100

² Ingressos (xifres positives), o despeses (xifres negatives), per la venda o compra dels recursos fòssils primaris; són transaccions econòmiques que enriqueixen o empobreixen un país o regió; els ciutadans paguen molt més ja que cal incloure les transformacions (destil·lació del petroli cru, tractament del gas que s'extreu, etc.), els transports, la distribució i els impostos.

³ Antiga URSS; ⁴ Inclou Mèxic; ⁵ Inclou l'Amèrica Central i el Carib; ⁶ Resta d'Àsia (Est, Sud i Sud-Est) i Oceania;

⁷ Inclou Turquia; ⁸ Països escandinaus, Illes Britàniques, Benelux, Alemanya, Àustria, Suïssa; ⁹ Polònia, Txèquia, Eslovàquia, Hongria, Romania, Bulgària, Albània i països de l'antiga Iugoslàvia; ¹⁰ Portugal, Espanya, França, Itàlia, Grècia, Turquia i illes mediterrànies.

Fonts: Energia i població: Energy Information Administration (govern d'EUA); PIB: Fons Monetari Internacional (FMI); Preus internacionals dels fòssils: FMI i Banc Mundial. **Elaboració:** Carles Riba Romeva [Riba-2012]