

L'AUTONOMIA DE CATALUNYA:

per Joaquim Corominas i Josep Puig

32 (320/Volum 2/maig 1982)

ciència 16

L'energia és i ha de ser en els propers anys una de les qüestions clau per interpretar la crisi econòmica que es va iniciar el 1973. Hi ha algunes conclusions que han aconseguit una unanimitat gairebé completa: es tracta de trobar una alternativa global al subministrament energètic que exigeix el tipus de desenvolupament de la nostra societat. Hi ha, però, diferents tipus de solucions. En aquest article, Josep Puig i Joaquim Corominas ens ofereixen un estudi d'una alternativa autònoma per aprofitar els recursos energètics catalans que exclogui la dependència i es fonamenti en les fonts renovables.

Joaquim Corominas Viñas (Barcelona 1940) és doctor enginyer industrial i M.S.E.E. per la Universitat de Berkeley a Califòrnia. Ha compaginat el treball a la indústria amb l'ensenyament a la Universitat del 1964 al 1978. Actualment és professor adjunt a l'ETSET. -UPB. i al Departament de Geografia de la UAB.

José Puig i Boix (Vic 1947) és enginyer industrial i diplomad en enginyeria del medi ambient. Ha treballat a la indústria del 1971 al 1976 i actualment és professor al Departament de Geografia de la UAB. Membre fundador de la Comissió Tècnica d'Energia de L'Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya i actualment n'és vicepresident.

UNA ALTRA VIA PER A L'APROFITAMENT DELS RECURSOS ENERGÈTICS CATALANS

L'actual via d'aprofitament dels recursos energètics, fonamentada en l'ús generalitzat de fonts d'energia no renovables i defensada globalment, amb petites diferències, tant pels sectors socials representats al govern (central/autònom) com pels represen-

tants de les forces socials de l'oposició, no és pas l'única via possible existent avui (vegeu sinó les referències 1 a 5) com determinats sectors interessats ens volen fer creure.

Dins del marc de l'editorial del primer número de la revista (ciència) (on es deia "Per a superar la crisi energètica cal aprofundir i eixamplar els debats") es presenta aquesta aportació que no pretén ser altra cosa que una continuació del debat sobre l'energia.

El primer que cal deixar clar és que Catalunya no és un país pobre en recursos energètics. Tenim uns recursos renovables infrautilitzats o gens utilitzats i fem servir -més ben dit, malversem- uns recursos no renovables que s'esgotaran tard o d'hora.

En segon lloc cal afirmar rotundament que l'actual via no és una via que mení cap a l'autonomia energètica i a la no dependència de tercers sinó tot el contrari. L'única forma d'arribar a l'autosuficiència en matèria d'energia i a no haver de dependre de decisions forànies és l'aprofitament racional dels recursos no renovables i l'aprofitament integral dels renovables, adequant-los tots dos als seus usos finals.

Vegem doncs quins recursos tenim avui a Catalunya i de quins podríem disposar en un futur no llunyà si hi hagués la voluntat decidida d'endegar un programa seriós per al seu aprofitament. És un primer pas per començar a caminar cap a un altre model energètic tot passant per un

camí de transició.

Abans de continuar creiem oportú manifestar que avui, a Catalunya, només hi ha una intenció molt tímida de començar a fer alguna cosa en el camp dels recursos energètics renovables -sobretot sol, vent, biomassa. Vegeu sinó les poques iniciatives que hi ha, tant en el sector públic com en el privat, i la manca de suport que tenen. Entre les poques iniciatives hi ha la concessió d'un concurs convocat per la Generalitat referent als mapes solar i eòlic del Principat. Però hi manca un programa ben clar i decidit de recerca i de reintroducció d'aquelles fonts d'energia que la humanitat sempre havia emprat i que per interessos -econòmico-polítics- es van deixar d'utilitzar.

L'ENERGIA COM A RECURS I COM A MERCADERIA

L'energia s'ha utilitzat al llarg de la història per cobrir diverses funcions: l'alimentària, la de confort, la de transport de persones, matèries i d'informació, la d'obtenir materials, la constructiva i la destructiva, la de substitució de l'esforç muscular humà i mental. Les fonts que s'han anat utilitzant al llarg del temps han estat primer les renovables (solar, muscular, biomassa, eòlica, hidràulica, marina) per acabar dominant les fòssils

ENERGÈTICA

UNA OPCIO POSSIBLE

(ciència 16

maig 1982/Volum 2/321) 33

no renovables (carbó, petroli, gas natural, urani). La utilització de cada font ha implicat un diferent impacte de la natura: desforestació i erosió del sòl, inutilització de terres agrícoles per inundació i mineria, contaminació de l'aire, de l'aigua, de sòls i éssers vius, modificacions climàtiques locals i globals.

La disponibilitat de fonts abundants i barates d'energia ha estat una de les condicions del procés d'industrialització. Ha modificat fortament les relacions de producció i ha automatitzat processos productius —la qual cosa ha disminuït el control dels treballadors sobre aquells— alhora que ha augmentat les diferències de les relacions d'intercanvi entre països i entre els grups d'un mateix país. El control per assegurar uns subministraments abundants i barats de fonts d'energia ha estat sempre d'interès estratègic pels poders econòmics, polítics i militars. Les fonts d'energia han passat de ser un recurs per cobrir unes necessitats a ser una mercaderia i, com a tal, una font de beneficis, de poder, de desequilibris ecològics. Una història de l'energia podria aportar nous enfocaments a la interpretació de la història^{6, 7}. El canvi de l'energia-recurs a l'energia-mercaderia, que pot situar-se al voltant de la segona guerra mundial, ha produït conseqüències importants i nombroses. Així, en lloc de maximitzar l'aprofitament energètic de les diferents fonts d'energia s'ha tendit a fer màxim el seu consum explotant ràpidament els estocs energètics no renovables sense promoure la millor utilització de les fonts renovables tradicionals. Aquest fet ha significat posar-se en una economia de costos creixents (els estocs més barats són els primers a acabar-se), cremar unes matèries útils per a altres finalitats —excepte l'urani— i generar uns forts costos socials i ecològics.

El ràpid augment del consum d'energia s'ha intentat justificar amb una sèrie de mites, com els de l'estreta relació entre aquell i la millora del nivell de vida, i la creació de llocs de treball. Aquestes justificacions mai no han estat documentades amb dades serioses i avui ja no s'accepta

entre els entesos. En canvi, l'augment del consum energètic ha incrementat la dependència de certs sectors com l'agrari, i la dels països que no disposen de fonts d'energia fòssil. Una de les conseqüències d'aquesta major dependència ha estat una degradació de les relacions d'intercanvi amb altres sectors i països.

Els problemes energètics airejats massivament a partir de la provocada "crisi" de final de 1973 no són nous ni eren desconeguts per les empreses i organismes de poder, com pot deduir-se de diverses publicacions aparegudes abans de 1973^{8, 13} i pel fet que al mateix moment de l'aparició de la "crisi" ja l'OTAN se'n preocupava¹⁴.

Encara que el retorn a considerar l'energia com un recurs pot ser difícil pel poder de les empreses energètiques, l'augment inevitable dels preus de l'energia fòssil i la magnitud dels problemes no solucionats de l'energia nuclear poden provocar una major utilització dels recursos energètics renovables no subjectes a increments importants del seu cost amb el temps¹⁵. Considerar les fonts d'energia com un recurs voldria dir analitzar les necessitats energètiques en usos finals i no en energia primària; aprofitar les fonts renovables locals (de "renda") en lloc de les fòssils ("capital"); usar la font més adequada per a cada ús final evitant transformacions inútils que baixen el rendiment global; reutilitzar producte i materials amb un alt contingut energètic, i altres mesures que generarien llocs de treball encara que incrementessin menys el PIB. Si les fonts energètiques es consideren un "recurs", caldrà integrar la seva gestió dintre d'una més general de tots els recursos. L'enfocament WELMM (*Water, Energy, Land, Materials and Man power*) aplicat als recursos energètics¹⁶ ha estat un pas en aquest sentit.

L'argumentació que la tecnologia per utilitzar les fonts renovables no està prou desenvolupada no és més que una excusa. La tecnologia solar, eòlica, hidràulica, i altres, ha estat utilitzada fa molts centenars^{10, 17, 18, 19} i és molt més senzilla que per exemple la nuclear. Si les fonts renova-

bles no s'han desenvolupat al màxim no ha estat per motius tecnològics, com podem llegir de tècnics en la matèria:

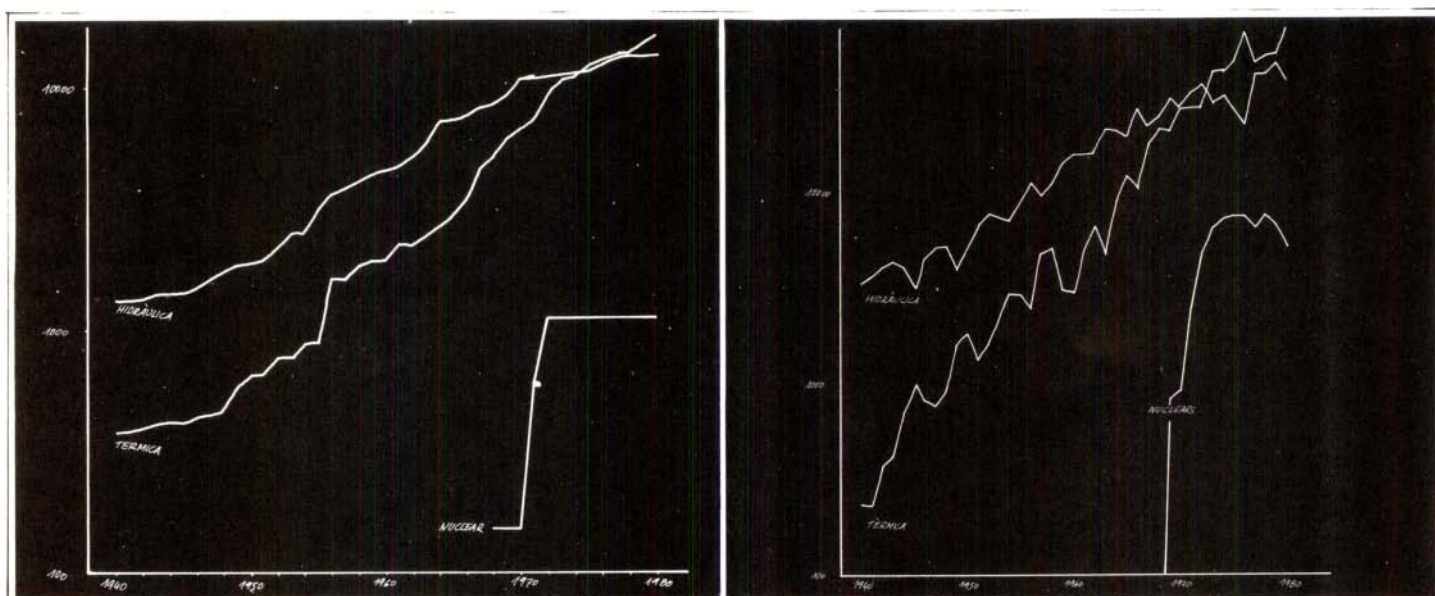
"El desenvolupament d'energia industrial a partir de la fissió de l'urani és enormement més complicat que la utilització de l'energia solar... Mentre l'energia solar és essencialment perpètua, els subministraments de materials fissionables són definitivament limitats. El monopoli essencial del sol com la nostra font primària d'energia roman inqüestionable" (8, pàg. 189).

"Es força possible que les centrals nuclears no tinguin oportunitat de provar que són econòmicament competitives. Per l'interès militar de l'energia nuclear i els necessaris controls governamentals que s'en deriven, pot molt ben ser que l'explotació de les centrals estigui lligada a la producció i al processat de combustible nuclear amb finalitats militars, amb el resultat que el cost de la part nuclear de la central no reflecteixi el seu cost veritable.

Encara que el cost de l'energia nuclear sembla no competitiu per ara, és cert que les centrals nuclears es construiran." (8, pàgs. 175-6).

El procés de substitució dels recursos energètics tradicionals renovables per no renovables va ser iniciat amb l'adveniment de l'anomenada Revolució Industrial i s'ha anat repetint en moments clau. En el cas de l'Estat Espanyol, en les figures 1 i 2 es pot observar la prioritat que s'ha anat donant a la producció d'electricitat d'origen tèrmic —i actualment a la nuclear— de manera que s'ha marginat una font renovable i autòctona com la hidràulica que a més és més econòmica, especialment a partir del 1973 en què el petroli s'encareix considerablement.

Amb la provocada "crisi del petroli" les societats industrialitzades, o en vies d'imitació del model industrialista que havien fonamentat el seu desenvolupament en la utilització de combustibles no renovables foranis, s'adonen de la seva fragilitat. Així neix un renovat interès per les energies renovables, dites també



alternatives, netes, dolces, que no són res més que les fonts que, tradicionalment, la humanitat havia emprat. Podem parlar, doncs, del retrobament de les energies velles, la utilització de les quals no té perquè implicar un "retorn a les caver-nes" —com pretenen molts dels seus crí- tics— sinó el contrari, pot ser la darrera oportunitat per a l'adveniment d'una so- cietat basada en la utilització generalit- zada de les energies disperses i la utilitza- ció respectuosa de l'ecosistema que possi- biliti l'establiment d'una democràcia real en tots els camps.

La crisi que vivim pot comportar un re- forçament dels poders centrals en les so- cietats actuals —des de la informàtica a l'energia, per citar-ne alguns— o pot afa- vorir la tendència cap a la descentralitza- ció i augmentar els poders locals que la societat postindustrial necessita i de- mana. La tecnologia, en el fons— i, per descomptat, l'emprada en l'aprofitament dels recursos energètics— no és neutra sinó que indueix en tota societat organit- zada en conjunt de conceptes, de models de relacions i de poders que configuren la nostra manera de viure.

RECURSOS ENERGÈTICS NO RENOVABLES

Com a recursos energètics no renovables es pot considerar, avui a Catalunya, el carbó, el petroli, l'urani i la geotèrmia. Així, mentre el carbó i el petroli són recursos energètics d'origen fòssil, l'urani és un recurs fissionable, essent tots ells clarament no renovables. La geotèrmia és un recurs energètic que podria ser par- cialment renovable segons l'ús que se'n fes.

Recursos carbonífers

Existeixen al Principat diferents tipus de jaciments de carbó²⁰:

a) Hulls i antracita: Se'n detecten petits jaciments a Pont de Suert, a la Seu d'Ur-

gell i a Sant Joan de les Abadesses. Sem- bla, però, que aquests jaciments tenen poca importància.

b) Lignits: Catalunya disposa de grans reserves de lignits negres, sobretot a les conques de Berga, Calaf i Ebre-Segre- Cinca. Altres conques de lignits són a la Poble de Segur, Tremp i Prats-Alp, en- cara que comparades amb les anteriors són de petita importància.

La producció anual de carbó a Catalunya és²¹:

Taula 1.

any	producció	
	10 ³ Tm	10 ³ tec
1965	667'4	344'2
1966	670'9	343'0
1967	674'0	345'4
1968	625'8	319'6
1969	612'4	312'2
1970	588'6	294'3
1971	746'6	373'0
1972	695'4	347'7
1973	569'8	284'9
1974	552'8	276'4
1975	568'8	284'4
1976	435'8	217'9
1977	460'4	230'2
1978	461'4	230'7
1979	602'6	301'3
1980	524'6	262'3

Altres estimacions (com la realitzada pel Centre d'Estudis de l'Energia) de les re- serves de carbó a casa nostra són encara més optimistes. Les estimacions realitza- des per la Junta d'Energia Nuclear de la conca de Calaf (on el carbó es presenta juntament amb l'urani) doblen les previ- sions del Plan Nacional de la Minería. Essent la producció anyal de carbó a Cat- alunya de l'ordre dels 300.000 tec. (més de 250.000 corresponen a Berga), es po- dria augmentar el ritme d'extracció i les reserves durarien més de 100 anys. No

obstant això, totes les estimacions citades es consideren molt poc precises, de ma- nera que cal un pla de recerca que submi- nistri dades més segures referents a totes i cadascuna de les conques avui conegu- des, per possibilitar un aprofitament racio- nal d'aquest recurs energètic que, si bé no és renovable, és autòcton. No cal dir que aquest aprofitament s'hauria de fer amb les tecnologies avui ja existents que respecten l'entorn i no posen en perill aquells que hi treballen.

Recursos petrolers

Si bé a Catalunya hi han faltat recursos petrolers propis, sembla que la tendència està canviant.

La gran quantitat de sondatges que s'han realitzat i es realitzen només s'han traduït en extraccions de cru als camps d'Am- posta (va començar a produir l'any 1973), Tarraco i Casablanca (1977) i Dorada (1978).

Les produccions corresponents van ser de^{22 i 23}:

Per fer una comparació cal tenir en compte que l'any 1979 el consum de petroli a Catalunya va ser l'equivalent a 9'68 Mtec

Com que la producció petrolera era l'equivalent a 1'54 Mtec, la cobertura era només d'un 15%.

Actualment es valoren les reserves de cru a Catalunya en una xifra compresa entre 30 i 45 Mtec.

Recursos uranífers

Segons²⁴ els recursos raonablement asse- gurats a l'Estat Espanyol són 9.800 Tm d'urani, a un preu menor de 80 dòlars/ Kg (30 dòlars/l'liura). Els recursos esti- mats addicionals són 8.500 Tm.

D'aquestes xifres, coincidents amb les publicades per la Junta d'Energia Nu- clear²⁵, a Catalunya, i en concret a la zona que anomenen Vic-Olot, correspo- nen unes 1.000 Tm (recursos raonable- ment assegurats) i unes 4.000 Tm (recurs- os estimats addicionals) d'urani.

La llei dels minerals d'urani existents a la Península oscil·la entre el 0'07 i el 0'15

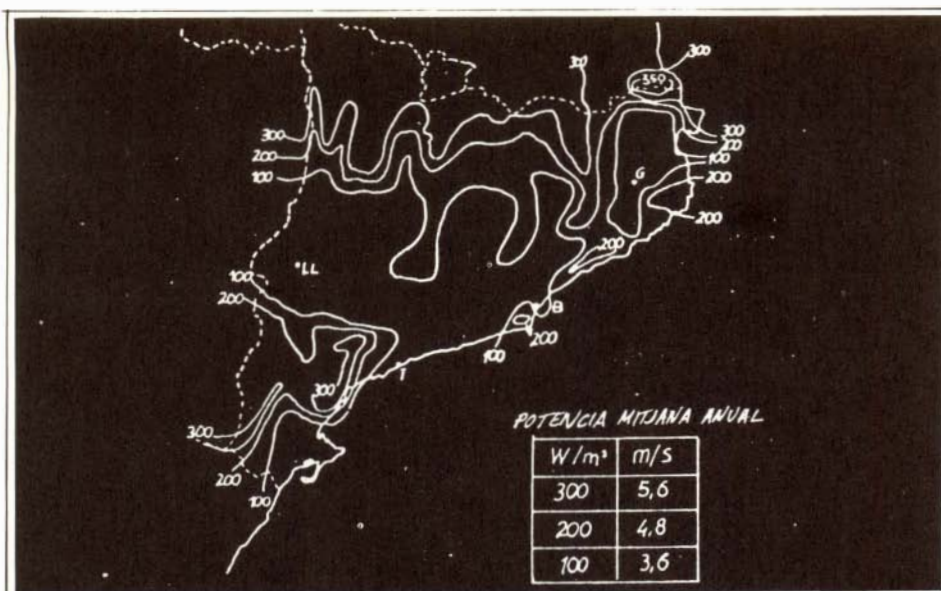


Figura 1
Potència instal·lada (10^6 kw).

Figura 2
Producció anyal elèctrica (10^6 kwh)

Figura 3
Potència mitjana anual

Segons el Plan Nacional de la Minería les reserves de carbó a Catalunya són:

Taula 2

CONCA	TIPUS DE CARBÓ	PODER CALORÍFIC SUPERIOR, KCAL/KG	x 10^6 Tm		Mtec	
			MIN.	MÀX.	MIN.	MÀX.
Berga	lignit	6000/6500	100	140	89	125
Calaf	lignit	4000/4500	20	40	12	24
Ebre	lignit	4000/4500	40	60	24	36

Taula 3

ANY	AMPOSTA	TARRACO	CASA-BLANCA	DORADA	TOTAL, Tm	TOTAL
1973	653.721	—	—	—	653.721	0,9
1974	1.892.271	—	—	—	1.892.271	2,7
1975	1.961.743	—	—	—	1.961.743	2,8
1976	1.705.148	—	—	—	1.705.148	2,4
1977	686.861	119.629	109.117	—	915.607	1,3
1978	382.670	267.463	104.638	163.876	918.647	1,3
1979	273.931	370.638	10.629	428.590	1.083.788	1,5
1980	291.692	302.242	672.363	267.206	1.533.503	2,2

per cent de contingut en U_3O_8 , òxid de triurani²⁶. Això representa que per a la recuperació de les quantitats d'urani citades, que corresponen a 850 Tm i 3.400 Tm de U_3O_8 , l'extracció de més de sis milions de tones de mineral (suposant un contingut de U_3O_8 del 0'07%). Aquestes quantitats només serien suficients per alimentar un o dos reactors nuclears d'aigua lleugera (LWR) durant uns vint anys (suposant reactors de 1.000 MW de potència elèctrica). L'extracció d'aquestes quantitats de mineral d'urani significa remoure molts milions de tones de terres, ja que en general les extraccions es realitzen a l'aire lliure. Segons²⁷, l'any 1978, als EUA, el 55% de les mines d'urani eren a l'aire lliure, el 42% subterrànies i la resta empraven la lixiviació *in situ*, que si bé no comporta moviments de terres, representa un gran risc de contaminació química i radioactiva dels aqüífers. La recuperació del U_3O_8 a partir del mineral d'urani representa la generació de

molts milions de tones d'estèrils líquids i sòlids (els estèrils contenen el 99% del volum del mineral). Aquests estèrils contenen el 85% de la radioactivitat original del mineral, ja que pràcticament tot el radi-226 i el tori-230, que tenen períodes de semidesintegració de 1.620 i 80.000 anys, resten als estèrils. Els estèrils són una font permanent de radioactivitat a través de les partícules que, per efecte de l'erosió del vent i de les aigües, són transportades cap a l'atmosfera i cap a les aigües superficials i subterrànies. Com que el radi és el progenitor del gas radó, els estèrils són una font permanent de radó: "els apilonaments d'estèrils continuen alliberant radó durant uns 100.000 anys... i arriben a ser la principal contribució, referent a l'exposició radioactiva, de tot el cicle del combustible nuclear"²⁸. Tots aquests factors tenen prou importància i cal tenir-los presents abans d'endegar unes possibles explotacions del re-

curs energètic urani a Catalunya, perquè, tal com diu l'informe preparat pel Dr. W.H. Jordan, durant molts anys *assistant director* del laboratori d'Oak Ridge, "el radó continua escapant-se dels apilonaments d'estèrils durant un temps molt llarg, i la dosi total sobre la població podria ser molt gran. Les morts en futures generacions, per càncer i mutacions genètiques, a causa del radó alliberat per extreure i concentrar l'urani necessari per fer funcionar un reactor durant un any, poden xifrar-se en centenars"²⁹, el més assenyat seria *deixar l'urani sota terra*, tal com aconsellen els informes de la Comissió Tècnica de la C.A.M.O.N. (Coordinadora d'Ajuntaments per una Moratòria Nuclear) i de l'Institut d'Estudis Catalans^{30 i 31}.

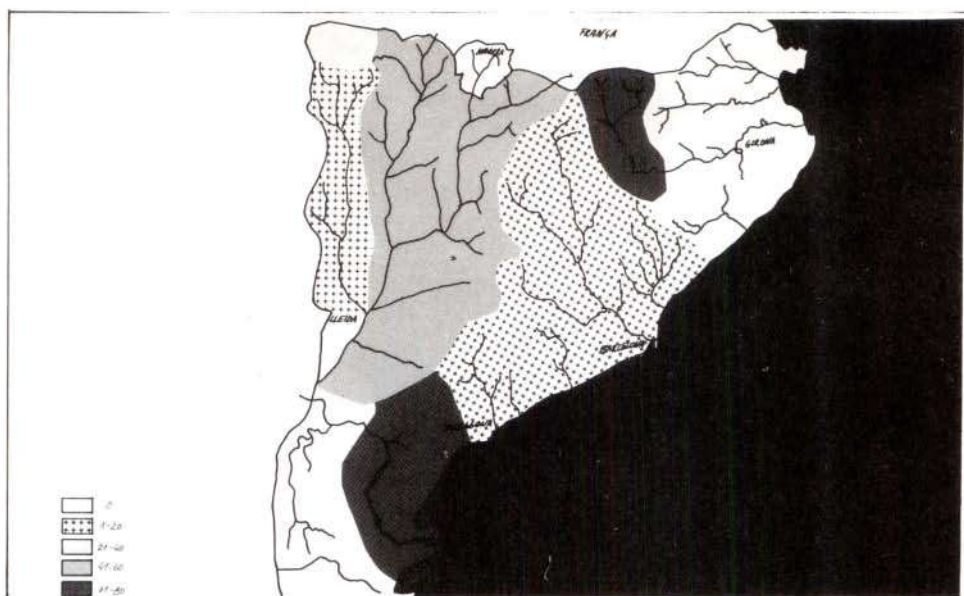
Recursos geotèrmics

En el mapa europeu de fluxos calorífics s'observen dos màxims: un situat a Islàndia i un altre que té per centre el Mediterrani oriental. Dins d'aquest darrer, s'hi engloben les zones geotèrmiques italianes i Catalunya. Segons³², Catalunya és la zona més interessant, geotèrmicament parlant, de tot l'Estat Espanyol. (Taula 4). De fet, però, s'ignora totalment la potencialitat geotèrmica del Principat, tot i que es coneixen zones interessants i que una empresa energètica estatal amb seu a Catalunya fa alguns anys que hi treballa.

Essent l'energia geotèrmica³² un recurs energètic plenament experimentat (hi ha centrals en funcionament fins a 600 MW i la potència instal·lada era de 7.850 MW l'any 1980) i plenament competitiu amb qualsevol altra font d'energia (el cost del kW instal·lat és més petit que el de qualsevol central convencional) no potenciar energèticament un ambiciós pla de recerca i d'utilització d'aquest recurs és més que un greu error.

L'estimació que aquí es fa està basada en el supòsit que a Catalunya es poguessin aprofitar 22 pous de les mateixes característiques dels dos coneguts a Sant Cugat del Vallès (de 153×10^6 kcal/dia i de 82×10^6 kcal/dia) i que un jaciment fos

Figura 4
Potencial hidroelèctric [No utilitzat/Utilitzable (%)]
a les conques de la zona catalana



Taula 4

MANIFESTACIÓ GEOTÈRMICA	TEMPERATURA DEL MAGATZEM (° C)	QUALITAT DELS FLUIDS	POSSIBLES APLICACIONS
Vall d'Aran: Lés, Arties, Tredòs, Espot, Boí	90-100	excel·lent	calefacció, aigua calenta, san., piscines climat.
L'Urgellet-Baridà-La Cerdanya: Rec, St. Vicenç, Senillers	80-90	excel·lent	calefacció, aigua calenta, san., hivernacles
Ribes de Freser:	35	—	poc interessant
Olot-Garrotxa: El Molí	—	—	pot ser un jaciment d'alta entalpia
Alt Empordà: La Mercè, St. Climent	70-90	—	—
La Selva: Caldes de Malavella, Sta. Coloma de Farners	90-120	agressiu excel·lent	calefacció, aigua calenta, san., hivernacles, processos indust.
Vallès-Penedès: Caldes de Montbui, La Garriga, St. Cugat, Olesa	100-130	lleugers. agres. excel·lent lleuger. incrust.	calefacció, indústria, agricultura

d'alta entalpia, capaç per alimentar una planta modular de producció d'electricitat de 10 MWe, que segons la Pacific Power (empresa elèctrica americana que té endegat un ambiciós programa d'aprofitament dels recursos renovables) es poden encomenar, construir i posar en funcionament en el termini d'un any. En total s'ha considerat una aportació geotèrmica de 0'3 Mtec.

RECURSOS ENERGÈTICS RENOVABLES

S'ha dit que un dels inconvenients de les fonts d'energia renovables és que són disperses. Creiem que això no és un inconvenient sinó un avantatge, ja que possibilita la seva captació i utilització en forma local, i no implica grans concentracions energètiques, econòmiques ni humanes. Altres avantatges d'aquests re-

ursos són: que no estan sotmeses a uns costos creixents (el combustible és gratuït i no s'acaba mai, sols implica un cost d'instal·lació, i per tant el cost d'utilització mínim), no contaminen, encara que poden tenir un cert impacte ecològic segons com s'utilitzin.

Com a inconvenients es pot dir que són fonts discontinües, i aleshores cal fer-ne un cert emmagatzematge. L'emmagatzematge d'energia avui ja és un fet, perquè com que no es pot modular el funcionament de les centrals nuclears, s'emmagatzema en forma d'aigua l'excés d'energia produït i no emprat en hores de poc consum. També cal dir que les fonts renovables tenen una densitat d'energia no molt gran. Un altre inconvenient (o avantatge) és que l'usuari assumeix una part del manteniment per raó del seu ús, mentre que emprant fonts no renovables centralitzades, aquestes funcions es deleguen a les empreses energètiques, això sí, a un preu cada vegada més gran (vegeu els continuats augments del preu del kWh)

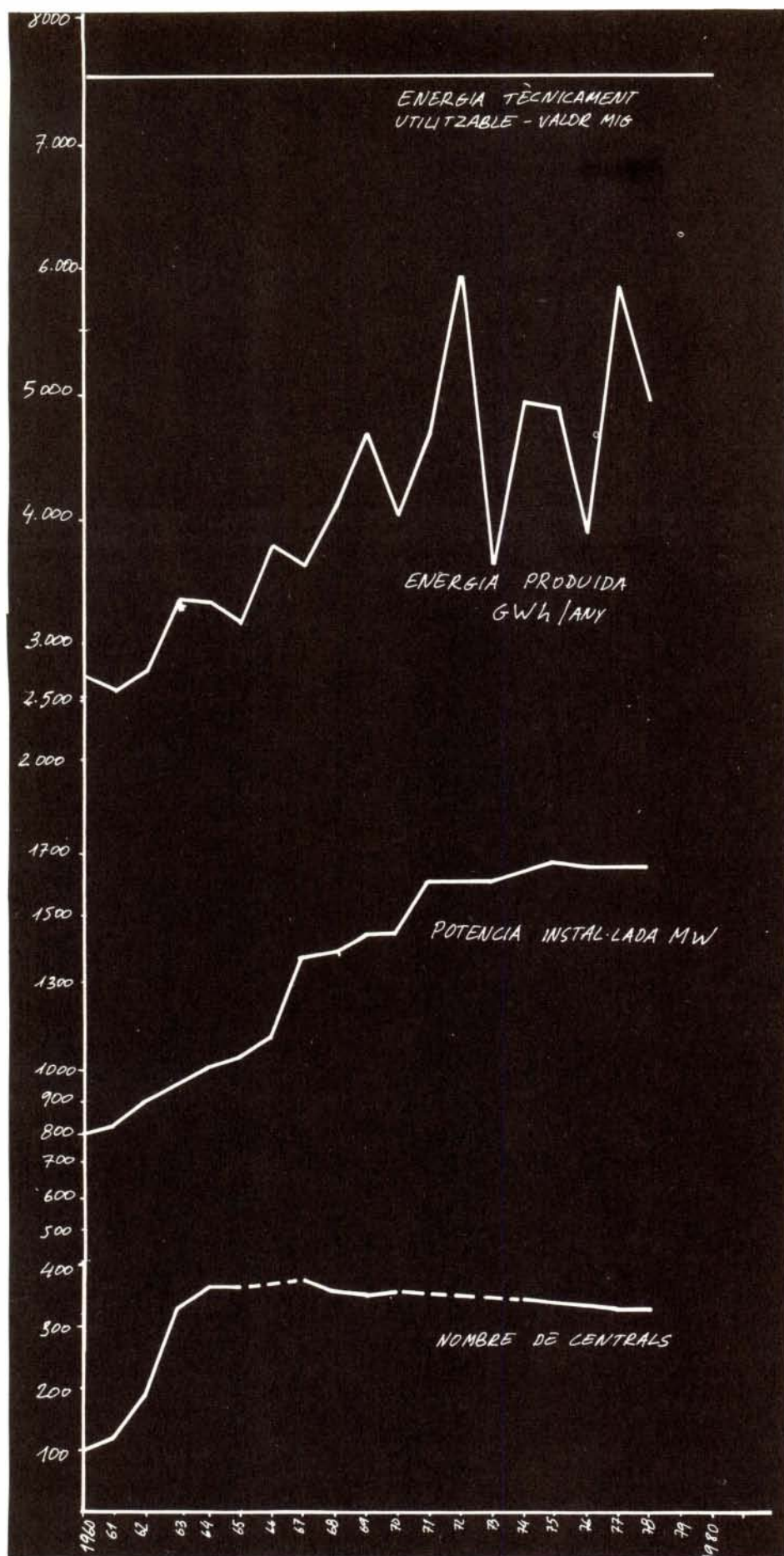
Solar

A Catalunya rebem del Sol una mitjana de 3.440 kcal per m² i dia, o un equivalent energètic de 5.749 milions de tec per any³³, que en termes relatius significa 958 tec/habitant o 179.000 TEC/km². El consum total d'energia primària l'any 1979 (incloent-hi la hidràulica i la nuclear) va ser de 16'5 milions de tec, és a dir 2'75 tec/habitant, o 515 tec/km². L'energia rebuda del Sol és 347 vegades la consumida a Catalunya.

En termes energètics podríem obtenir la mateixa energia que la utilitzada actualment dedicant un 0'6% de la superfície de Catalunya per captar l'energia solar amb un rendiment mitjà del 20%. Si aquest fos del 10%, la superfície necessària seria un 1'2%. Hem suposat un rendiment del 50% en la transformació de l'energia primària consumida actualment a energia útil.

El fet de poder cobrir les necessitats energètiques actuals de Catalunya dedicant de l'ordre d'un 1% de la superfície a captar l'energia solar utilitzant tecnologies prou experimentades com l'arquitectura passiva, captadors plans i concèntrics, fotopiles o conversió fotovoltaica, no vol dir que sigui ni el més econòmic ni el més convenient. Creiem perfectament possible obtenir 3'4 Mtec/any, que, considerant un rendiment del 20%, significaria dedicar el 3 per mil de la superfície de Catalunya, o sigui 100 km². Aquesta superfície equival al 12% de la destinada al conreu de blat en secà, o el 6% de l'ordi de secà, o el 40% de la superfície forestal cremada en un any.

Les principals possibilitats actuals d'aprofitament de l'energia solar directa són les aplicacions tèrmiques de baixa i mitjana temperatura, i les fotopiles per aplicacions aïllades elèctriques com bombes de reg, pobles i cases sense subministrament elèctric, estacions meteorològiques i de comunicacions. Quan d'aquí a pocs anys el preu de les fotopiles —de silici o d'altres materials— hagi baixat considerablement podran multiplicar-se les aplicacions per obtenir electricitat directament del Sol.



Energia eòlica

La força del vent és coneguda ja d'antic. Es pot llegir a³⁴: "una de les curiositats de Tarragona són els molins de vent que van ser muntats pels antics, funcionen quan fa vent i es paren quan el vent deixa de bufar".

Segons Caro Baroja³⁵ els molins de vent van ser introduïts, a la Península, en alguns períodes de l'Edat Mitjana.

L'energia sòlica ha estat aprofitada per la humanitat en diferents èpoques³⁶. A Catalunya, fins fa unes dècades, era una font d'energia important en el món rural. Els recursos eòlics de Catalunya no han estat mai estudiats de forma rigorosa. A despit de la manca de dades és evident que, al nostre país, hi ha zones afavorides pels vents. Només cal fer una incursió dins del món de la cultura popular per

Figura 5
Evolució de l'energia hidroelèctrica a Catalunya

maig 1982/Volum 2/325 37

comprovar-ho^{37 i 38}.

Sols existeix una estimació (Fig. 3) a partir de les dades meteorològiques³⁹, vàlida com a primera aproximació a la futura tasca de valoració dels recursos eòlics catalans (avui la Generalitat ja ha fet el primer pas per realitzar aquesta tasca). Com a zones eòlicament favorables es pot citar: l'Alt i el Baix Empordà, el Maresme, el Montseny, el Garraf, el Baix Camp, la Ribera d'Ebre, el Montsià i el Baix Ebre. Amb tota seguretat hi ha altres zones favorables si fem cas de les concentracions de màquines eòliques (aeromotors per bombejar aigua) que queden de les instal·lades a Catalunya durant el primer terç del nostre segle⁴⁰.

Es pot fer una valoració del que representaria la utilització d'aquesta font d'energia a partir de⁴¹ i a partir de⁴².

Considerant vàlides les dades citades a⁴¹ podem dir que amb unes 150 màquines eòliques (3 per comarca aproximadament), de potències compreses entre 0,5 i 1 MW, es podrien produir uns 225 GWh/any amb una potència instal·lada de 100 MW. Això equivaldria a uns 0,08 Mtec.

En aquesta estimació no s'ha tingut en compte la utilització d'aerogeneradors per uruaris particulars o petites comunitats (màquines amb potències compreses entre 5 i 25 kW). Tan sols si utilitzessin aquesta forma de producció d'energia un 6% de les famílies catalanes (l'any 1978 el 19,6% dels habitants de Catalunya vivien en municipis de menys de 10.000 habitants), equivaldria a més de 0,5 Mtec.

Ara bé, si partim de l'estimació realitzada a tot l'Estat Espanyol a⁴² i l'apliquem, amb els mateixos criteris, a les zones catalanes més ventoses, s'arriba a una potència instal·lada de 1.600 MW. Considerant que aquestes màquines només produïssin energia durant un 28% del temps, es pot concloure que l'aportació energètica de l'energia eòlica podria ser de l'ordre d'un milió de tones equivalents de carbó (1,3 Mtec).

Hidroelèctrica^{43, 44}

Els recursos hidroelèctrics de Catalunya actualment explotats representen un 12% del total de l'Estat Espanyol, i un 13% de l'energia consumida a Catalunya. En canvi, els recursos hidroelèctrics tècnicament explotables, però encara no explotats, són a Catalunya un 38% del total explotables. Així, l'aportació hidroelèctrica seria el 22% del total de l'energia consumida si s'aprofitessin tots els recursos hidroelèctrics de Catalunya. La Fig. 4 indica la distribució geogràfica per conques del potencial hidroelèctric explotable però no utilitzat, respecte al total utilitzable. La taula 5 presenta un resum numèric.

La potència instal·lada i l'energia produïda a tot l'Estat ha anat creixent. Les figures 1 i 2 mostren l'aportació de cada font al llarg dels anys. Podem veure que a partir de l'any 1970 la potència hidroelèctrica instal·lada augmenta molt poc. Només creix entre el 1975 i el 1978, i a partir del 1979 fins i tot arriba a baixar. Justament després de la "crisi" del petroli la potència tèrmica supera la hidroelèctrica.

A Catalunya, el nombre de centrals hidroelèctriques creix ràpidament durant la primera meitat dels seixanta i comença a baixar a poc a poc a partir del 1967 (Fig. 5). La potència instal·lada —més important que el nombre de centrals— fa un salt entre el 1965 i el 1967 i s'estabilitza a partir del 1975. Així les centrals petites van ser les primeres a construir-se i també a tancar-se. Cal destacar que a partir de la "crisi" del petroli la potència hidroelèctrica instal·lada no només no creix sinó que baixa lleugerament, encara que només utilitza el 68% dels recursos tècnicament explotables de Catalunya. Hi ha diversos embassaments sense central elèctrica en els quals podria afegir-s'hi fàcilment i econòmicament. A tot l'Estat hi ha 366 embassaments sense central. D'aquests, 259 la tenen projectada i podrien generar de 20.000 a 40.000 Gwh l'any, i això representaria un estalvi de 50 a 100 Mtec l'any. Segons¹⁷, a tot l'Estat es pot doblar la pro-

Taula 5

**POTENCIAL HIDROELÈCTRIC A CATALUNYA:
ENERGIA EN GWh PER ANY**

	CONQUES EBRE (CATALUNYA)	PIRINEU ORIENTAL	TOTAL CATALUNYA
Brut	12.308	3.405	15.713
Tècnicament utilitzable ¹	6.842	720	7.562
Explotats actualment	4.108	614	4.722
Explotació possible	2.734	106	2.840
Possible/Utilitzable %	40	15	38

¹ inclou el 50% de la part fronterera amb Aragó

Taula 6

RESUM DEL POTENCIAL HIDROELÈCTRIC A CATALUNYA

EMBASSAMENT	CENTRAL	Hm ³	MW	HR/ANY	GWh/ANY
en servei	existent	1.045	1.115	4.235	4.722
en servei	projectada	174	342	2.500 ¹	865
en servei	no prevista	194	—	—	388 ²
	<i>Subtotal en servei</i>	1.413			
en servei	projectada	1.714	3.238	1.500 ¹	4.857
en servei	no prevista	731	—	—	1.461 ²
	<i>Subtotal en estudi</i>	2.445			
	Totals	3.858	4.695		12.293

¹ estimació pròpia

² considerant 2 GWh/any.Hm³, en les centrals existents 5 GWh/any.Hm³

ducció hidroelèctrica. Les dades per a Catalunya són les de la Taula 6.

La capacitat actual d'embassament d'aigua a Catalunya és de 1.413 Hm³ dels quals 1.045 (el 74%) tenen central hidroelèctrica amb una potència instal·lada de 1.115 MW. Dels 368 Hm³ sense central, 174 Hm³ la tenen projectada o en estudi, i, si es realitzés augmentaria la potència instal·lada en 342 MW, el 30'7% de l'existent d'origen hidràulic. Dels 2.445 Hm³ en construcció, projecte i estudi, 1.714 Hm³ tenen en projecte o estudi la incorporació de centrals amb un

total de 3.238 MW de potència. Els 731 Hm³ restants s'han previst sense central i serveixen només per a regulació dels rius, regadiu i subministrament d'aigua a poblacions.

A efectes de càlcul hem suposat el potencial tècnicament utilitzable de la Taula 5, equivalent a 3 Mtec.

Biomassa^{48, 49}

Entenem per biomassa la matèria d'origen biològic i, en el nostre context, capaç de transformar-se en energia. Cal remarcar que la millor aplicació del "recurs" biomassa no és sempre la transformació a

energia, ja que pot servir en molts casos per a finalitats més nobles, com constructives, agrícoles o industrials. També cal insistir a evitar una sobreexplotació dels sòls i dels boscos per obtenir-ne el màxim d'energia renovable ja que, si es fa, aviat aquesta deixaria de ser renovable entre altres mals.

Considerem aquí només la part de biomassa que racionalment podem donar com a recurs energètic per no tenir millor aplicació com altra forma de recurs. Buscant una optimització del seu valor total com a recurs, poden escollir-se processos que en lloc de cremar la biomassa, en facin digestió anaeròbia i la converteixin en gas i adobs orgànics. La Taula 7, indica, quant a la biomassa produïda a Catalunya en un any, la nostra estimació del valor energètic útil i l'adob obtenible per combustió i per digestió. Aquestes xifres són de l'ordre del 50% de les estimades.¹⁰

L'energia tèrmica disponible evidentment és superior en el primer cas, però en el segon s'obtenen uns 2'4 milions de tones d'adob orgànic. A efectes de comptabilitat, considerem el valor energètic de la biomassa de Catalunya en 1'7 Mtec.

Un altre avantatge de la digestió anaeròbia, sobretot dels fems produïts per l'estabulació intensiva, és que ens lliure de la contaminació de les aigües superficials, on en general, s'aboquen els fems.

Els residus sòlids

Els anomenats "residus sòlids urbans" són les menyspreades escombraries que, avui, tants maldecaps ocasionen. Amb l'espectacular increment de la població urbana i els augments dels nivells de consum s'han produït quantitats creixents d'escombraries, no solament creixents sinó de composició variable al llarg del temps.

Avui s'imposa considerar les escombraries com una font de matèries primeres i com una font d'energia.

Si bé fa alguns anys les escombraries estaven compostes totalment per deixalles

Taula 7

ORIGEN DE LA BIOMASSA	COMBUSTIÓ MTEC	DIGESTIÓ MTEC	COMPOST (106 ton)
Forestal	0'56	0'13	1
Agrícola	0'89	0'2	0'5
Fems	—	0'1	0'9
Urbana (matèria orgànica)	0'25	—	—
Total	1'70	0'43	2'4

Estimació del valor energètic i l'adob obtenible de la biomassa produïda a Catalunya en un any.

orgàniques, avui tenen fraccions no menyspreables els metalls (fèrrics i no fèrrics), el paper-cartró, els vidres, els plàstics, etc.

La composició mitjana de les escombraries a l'Estat espanyol l'any 1977 era (encara que hi ha diferències considerables entre zones rurals i urbanes):

metalls	4 %
paper-cartró	18 %
vidre	3 %
plàstic	4 %
matèria orgànica	50 %
altres	21 %

La producció per províncies d'escombraries a Catalunya era, l'any 1976:

	Tm/dia	Tm/any
Barcelona	3.800	1.387.000
Girona	197	71.905
Lleida	123	44.895
Tarragona	236	86.140
Total	4.356	1.589.940

Aquest milió i mig llarg d'escombraries produïdes cada any comporta:

	Pes (Tm)
metalls	63.597'6
paper-cartró	286.189'2
vidre	47.698'2
plàstic	63.597'6
matèria orgànica	794.970'0
altres	333.887'4

Si es recuperessin les gairebé tres-centes mil tones de paper-cartró estalviarien la tala de més de 4 milions d'arbres (un 3 % del total volumètric de fusta existent a Catalunya).

A més a més de ser les escombraries una font de matèries primeres són una font d'energia, no pel fet de cremar-les sinó pel fet que els consums energètics per a l'obtenció de metalls i paper a partir de materials de recuperació (reciclatge) són molt més petits que per obtenir-los de primera mà, a partir dels minerals/arbres corresponents (Taula 8).

Segons¹¹ l'estalvi d'energia l'any 1975 per causa del reciclatge de materials (partint de dades reals i d'estimacions raonables) s'ha avaluat en 0'17 Mtec. En matèries primeres significa 33.400 Tm de mineral de ferro, 6.495 Tm de bauxita, unes 30.000 Tm de pasta de paper.

Però si es recicllessin tots els metalls, papers, vidre i plàstic continguts en les escombraries de l'any 1976, equivaldria a un estalvi d'energia de 0,5 Mtec.

També, segons¹¹, l'estalvi d'energia l'any 2000 podria estar comprès entre 0'86 i 2'57 Mtec partint de les hipòtesis de creixement i reutilització realitzades. Per als nostres càlculs hem considerat 1'5 Mtec.

Estalvi

Tothom accepta que l'estalvi és una font d'energia important. Considerar-lo com a "recurs" o font energètica, o bé calcular



el consum necessari com el real menys l'estalvi és qüestió d'aritmètica. Seguint pràctiques usuals, l'hem considerat com a recurs a la Taula 9. El valor del 20% del consum és el valor considerat per l'OCDE, i el límit superior acceptat pel Centre d'Estudis de l'Energia, estimacions que considerem baixes (en les Jornades sobre Fonts d'Energia Noves i Renovables -desembre 1981- es va xifrar l'estalvi possible en un 30%) si es consideren com a "potencials" i en un sistema de producció i consum més descentralitzat que l'actual.

CONCLUSIONS

Aquest treball ha analitzat els recursos energètics potencials d'avui a Catalunya, els quals, utilitzant tècniques prou conegudes, arriben a cobrir el consum de 1979 (Taula 9) d'una manera millor que com ho fan les fonts actuals perquè:

1- el 79% es cobreix amb energies renovables,

2- hi ha una diversitat de subministraments, sense dominar-ne cap, la qual cosa estableix el subministrament en circumstàncies anormals de secada i altres,

3- permet una important autonomia política en matèria energètica dintre del marc institucional actual.

El fet que la política energètica de i a Catalunya no es faci avui segons les directrius i possibilitats apuntades en aquest treball no és per la manca ni de recursos energètics propis, ni de tecnologia, ni de capacitat legal. Malgrat els criteris centralistes amb què es va legislar l'Estatut, aquest permet una forta autonomia sobre les fonts renovables locals. En canvi en deixa poca per a la hidroelèctrica, molt poca per als hidrocarburs, i nul·la per a la nuclear.

La realitat política i financera, però, està limitant tremendament les possibilitats autonòmiques en matèria energètica. La innovació en el camp d'energies renovables es deixa principalment a mans d'em-

Taula 8

MATERIAL	CONSUM ESPECÍFIC D'ENERGIA (TEC/Tm)		ESTALVIS D'ENERGIA %
	A PARTIR DE MATÈRIA PRIMERA VERGE	A PARTIR DE RECICLATGE	
Acer	0'91	0'23	75
Alumini	6,79	0,20	97
Paper	2,43	0,74-1,29	47-69
Vidre	0,43	0,40	8
Plàstic PVC	2,24	0,71	70

Font: elaborat per.¹¹

Taula 9

PRODUCCIÓ I CONSUM REALITAT 1979			
FONTS NO RENOVABLES:	POSSIBLES	PRODUCCIÓ	CONSUM
Carbó	0'3	0'32	0'38
Petroli	2'2	1'55	9'69
Gas natural	0	0	2'03
Urani	0	1'13	0'85
Geotèrmica	0'3	0	0
Total no renovables	2'8	3'00	12'95
RENOVABLES:			
Hidràulica	3'0	2'7	3'6
Solar	3'4	0	0
Eòlica	1	0	0
Biomassa	1'7	0	0
Residus sòlids	1'5	0	0
Total renovables	10'6	2'7	3'6
Total N.R. + R.	13'4	5'7	16'55
% Renov./N.R. + R	79	47	22
Estalvi possible	3'3	-	-
Total N.R. + R. + Estalvi	16'7	5	16'55
% Cobertura (prod./cons.)	100	34'5	

ENERGIA PRIMÀRIA A CATALUNYA (MTEC/ANY)

preses i organismes estatals centrals. La majoria de les empreses energètiques a Catalunya pertanyen a l'INI o a capital forà, la qual cosa les deixa sense gaires possibilitats de decisió.

Les estimacions presentades han pretès ser conservadores i tenen un valor de referència. Caldrà revisar-les amb els resultats dels mapes solar i eòlic que s'estan elaborant, i amb les crítiques i suggeriments.

ments dels experts.

No ha estat objectiu d'aquest treball l'estudi de la millor tecnologia per a subministrar la demanda energètica —la qual cosa requereix un coneixement de la demanda millor que l'existent. Tampoc no ha intentat analitzar els aspectes econòmics —inversions i costos— ni dibuixar la transició de l'estructura existent a la necessària per a aconseguir l'autonomia energètica apuntada.

FACTORS DE CONVERSIÓ EMPRATS

1 tec: tona equivalent de carbó de 7.000 kcal/kg.

1 tec = 0,7 tep

1 Mtec = 10^6 tec

1 TWh = 10^3 GWh = 10^6 MWh = 10^9 kWh

Equivalència entre tec i kWh:

en termes energètics 1 tec = 7×10^6 kcal = 8.140 kWh

l'equivalent d'1 kWh elèctric en energia primària tèrmica té en compte el rendiment mitjà de transformació. Hi ha diferents estimacions. Per als càlculs desenvolupats en aquest treball s'ha pres l'equivalència del ministeri d'Indústria i Energia d'1 MWh = 0,4 tec.¹²

(Joaquim Corominas i Josep Puig)

Referències bibliogràfiques

1. Groupe de Bellevue: *Projet ALTER, Etude d'un avenir énergétique pour la France axé sur le potentiel renouvelable*. 1978.
2. Oko Institut: *Energy supply without nuclear power and oil for the Federal Republic of Germany*. Hannover.
3. Johansson T.B., Steen P.: *Solar Sweden*. 1977. Stockholm The Secretariat for Future Studies.
4. Todd R.W., Alty C.J.N. (editors): *An Alternative Energy Strategy for the United Kingdom*. National Centre for Alternative Technology, Machynlleth, Wales. 1977.
5. Kendall H.W., Nadis S.J. (edit), Union of Concerned Scientists, 1980. *Energy Strategies: Toward a Solar Future*. Ballinger Publishing Co., Cambridge, Ma.
6. "Scientific American", 1975.
7. Kennet Major J., Minchinton W., Smith N.A.F., 1980.
8. Ayres E., Scarlott C.A., 1952.
9. Putnam P.C., 1953.
10. UNESCO, 1956.
11. Winger J.C., et Alt., 1972.
12. Lewis R.S., (edit), 1972.
13. Hammond A.L., 1973.
14. Kovach E.G., (edit), 1973.
15. 3.000 millones para energías renovables. Acuerdo entre UNESA y el INI para la investigación y desarrollo de energías renovables.
16. Noticia dels periòdics ("La Vanguardia", "Diario de Barcelona"), desembre 1981-gener 1982.
17. Revue de l'énergie, n.º 316, juny-juliol 1979, Paris.
18. Daniels F., 1977.
19. *Uso directo de la energía solar* (original editat l'any 1964).
20. Blume, Barcelona.
21. Peyturaux R., 1968.
22. *L'énergie solaire*. PUF, Paris.
23. Zarem A.M., (edit), 1963.
24. *Introduction to the utilization of solar energy*. McGraw-Hill. Nova York.
25. Portis Valls M., 1981.
26. *Perspectivas de la contribución del carbón al abastecimiento energético de Catalunya*.
27. Jornades de Política Industrial i Energètica, Barcelona.
28. *Estadística de Producción de carbones*; Ministerio Industria y Energía.
29. APLESA, 1980.
30. *Anuario español del petróleo*.
31. "Revista Petróleo". Club español del petróleo, 1980-1981, Madrid.
32. Uranium: resources, production and demand. A joint report by the OECD Nuclear Energy Agency and the IAEA, 1979.
33. *Pasado, presente y futuro de la energía nuclear*. "Energía Nuclear", n.º 57, setembre-octubre 1979.
34. San Segundo T., Rodrigo F., 1979.
35. *La seguridad nuclear en la extracción y transformación de minerales uraníferos*.
36. "Energía Nuclear", n.º 117, gener-febrer.
37. Segons la Society of Mining Engineers, citat en "The front end of the nuclear fuel cycle: uranium mining and milling".
38. Black Hills Alliance-Women of All Red Nations.
39. Gallinsky V., 1978.
40. *NRC Regulation of the Uranium Milling Industry: problems and prospects*. Pacific Southwest Minerals and Energy Conference.
41. 29. dirigit a J.R. Yore, cap del "Atomic Safety and Licensing Board Panel" el 21 de setembre de l'any 1977.
42. Comissió Tècnica de la CAMON, 1979.
43. Informe CAMON-1 (Una versió resumida ha estat publicada per Edicions 62 sota el títol: *Catalunya sota el perill de l'urani*, 1981).
44. Casassas E., de Bolós O., Folch R., Riba O., Ribas-Piera M., 1979.
45. *Dictamen de l'Institut d'Estudis Catalans sobre les reserves uraníferes de Catalunya*.
46. (ciència), n.º 1. Jul-Ag. 1980: Publicacions del Comitè Antiurani de Vic. 1980.
47. Albert Beltran J.F., 1981.
48. *Recursos potenciales de energía geotérmica en Catalunya*.
49. Jornades de Política Industrial i Energètica, Barcelona.
50. Mitja A., Batalla E., 1981.
51. *Valores medios mensuales de radiación solar incidente sobre superficies inclinadas. Tablas de radiación en Catalunya*.
52. *Estudios i propostes tècniques per al desenvolupament de la política tecnològica i energètica del Govern de la Generalitat*, Barcelona.
53. Levi-Provençal E., 1938.
54. *La península ibérica au moyen-âge*. Leyden.
55. Caro Baroja J., 1952.
56. *Disertación sobre molinos de viento*.
57. Revista de dialectología y tradiciones populares.
58. Puig J., 1980.
59. *Los orígenes y la moderna experiencia de la energía eólica*.
60. Energías Libres II, Ed. Ecotopia, Barcelona.
61. Griera A., 1914.
62. *El nom dels vents en català*.
63. Butlletí de dialectologia catalana, Barcelona.
64. Sanchis Guarner M., 1952.
65. *Els vents segons la cultura popular*. Barcino, Barcelona.
66. Meseguer C., 1978.
67. *Emplazamiento y anteproyecto de una central eólica de mediana potencia*.
68. Projecte de fi de carrera a l'ETSEI-UPB, Barcelona.
69. Puig J.,



Estudi i recerca històrica sobre les tecnologies emprades en l'aprofitament de la força del vent a Catalunya. Aportació a la història de la tecnologia.

Ajut de treball d'Omnium Cultural, Barcelona.

41. Meseguer C., Oliva A., Puig J.,

L'energia eòlica i el seu futur a Catalunya.

Jornades Catalanes d'Enginyeria, Barcelona 1979.

42. Cardona J.L., 1981.

Energía eólica y aeroturbinas, posibilidades de utilización en España.

Publicaciones del Programa Solar del INI,

43. MOPU, Dirección General de Obras Hidráulicas.

Estadística sobre producción de energía Hidroeléctrica y embalses en y años anteriores.

44. Chica C., 1981.

Sistematica per a millorar l'aprofitament dels rius a Catalunya mitjançant petites centrals hidroelèctriques.

Estudis i propostes tècniques..., Barcelona.

45. UNESA., 1979.

Memoria estadística eléctrica.

47. Gil Sordo V., cap del departament Econòmic d'UNESA.

Declaracions reproduïdes a "La Vanguardia" el 15/1/1981.

48. Roqué J.M., 1981.

Dades sobre producció de biogas a partir de residus forestals i ramaders.

Estudis i propostes tècniques..., Barcelona.

49. Carceller J., Salla J.M., 1981.

Importancia de l'aprofitament dels residus orgànics en l'ambient rural de Catalunya per a la producció de biogas.

Estudis i propostes tècniques..., Barcelona.

50. Suqué A., 1981.

La bioenergía a Catalunya i les seves aplicacions tecnològiques.

Ciència, n.º 7, gener.

51. Nicolas Rabadan J., 1981.

Estudio de los residuos sólidos en Catalunya: Aborro de energía y Materias Primas.

Estudis i propostes tècniques..., Barcelona.

52. Comisaría de la Energía y Recursos Minerales, Ministerio de Ind. y Energ., 1980.

Evolución Geográfica del Consumo de Energía en España, 1960-1975.

Madrid,

Enigmes

**PASSATEMPS
JOCS
DEMANEU CATÀLEG**

Apartat 35003
BARCELONA