



# EL MEDI AMBIENT A CATALUNYA

**I Jornades socialistes**



Josip Puig  
març 1983

# EL MEDI AMBIENT A CATALUNYA

(Primeres Jornades Socialistes)

- Comissió de Medi Ambient i Ecologia
- Secretaria de Política Sectorial
- Partit dels Socialistes de Catalunya (PSC-PSOE)

Saïfores, Baix Penedès, 28-29 de Març 1981

GRÀTIES  
Còpia de 00195-83

# INDEX

	<u>pag</u>		<u>pag</u>
0. SALUTACIÓ. <i>Joan Reventós</i>	1	3.00. Ponència de Ecologia urbana (Ecologia humana). <i>Salvador Rueda</i>	81
00. PRESENTACIÓ. <i>Pere Jover</i>	5	3.1. Efectes del Medi Ambient sobre la Salut. <i>Ferran Ribas</i>	84
000. INTRODUCCIÓ. <i>Ferran Ribas</i>	7	3.2. Acciones municipales de Sanidad ambiental. <i>Antonio Malé</i>	91
 		3.3. Estudio critico general sobre el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas. Decreto 2414/1961 de 30 de noviembre. Presidencia del Gobierno. <i>Enrique Espejo</i>	94
1. POLÍTICA TERRITORIAL I MEDI AMBIENT		3.4. Salud laboral. <i>Arcadi Vilert</i>	98
1.0. Ponència de Política Territorial. <i>Marià Martí</i>	13	3.5. Ecologia urbana. <i>Antoni Farré</i>	103
1.1. Política Territorial. <i>Josep Maria Carreras</i>	15	3.6. Gestió ambiental i residus sòlids. <i>Armand Gutiérrez</i>	106
1.2. Els grans trets d'una ordenació territorial al servei de l'home i la seva capacitat de relació social. <i>Antoni Farré</i>	17	3.7. Los residuos sólidos: algunas consideraciones para una gestión integral de los mismos. <i>Luis Manuel González</i>	110
1.3. El medi ambient en els plans d'ordenació territorial. <i>Marià Martí i Ferran Ribas</i>	20	3.8. Pla d'actuació de l'administració central i local en l'impacte ambiental produït pels residus sòlids i líquids. <i>Antoni Batlle</i>	113
1.4. La protección y conservación de los espacios naturales. <i>Jesús Vozmediano</i>	26	3.9. Aportació metodològica a la diagnosi ambiental per a un Pla de Sanejament integral a nivell de municipi o comarca. <i>Antoni Batlle</i>	121
1.5. Planificación ambiental y legislación urbanística. <i>Conxa Aguirre</i>	27		
1.6. Cap a un Consell d'experts en disciplines mediambientals al servei de les forces polítiques de Catalunya. <i>Salvador Filella</i>	28	4. L'AIGUA	
1.7. Situació actual de l'afer dels aiguamolls empordanesos i perspectives de futur. <i>Jordi Sargatal</i>	29	4.0. Ponència de l'Aigua (Gestió i contaminació de recursos hídrics). <i>Ferran Ribas</i>	125
1.8. Problemàtica medi-ambiental a Osona. <i>Comissió de Medi Ambient i Ecologia de la Federació XIII (Osona)</i>	30	4.1. Anàlisi d'una proposta de nova normativa legal sobre l'Aigua. <i>Jordi Prat</i>	130
1.9. El medi ambient i el camp de Tarragona. <i>Carles Salas</i>	33	4.2. Contaminación de Aguas superficiales. Control de vertidos. <i>Rafael Mantecón</i>	132
1.10. El Pla d'ordenació de la zona de gran indústria a Tarragona	34	4.3. Aspectes recents de la contaminació, tractament i control de les aigües. <i>Ferran Ribas</i>	138
		4.4. Contaminació industrial del Ter. <i>Joan Gaya</i>	151
2. ENERGIA I MEDI AMBIENT		4.5. Bases per una política d'aigües i de territori a la conca del riu Segre. <i>Francesc Barrachina</i>	153
2.0. Ponència d'Energia. <i>Ferran Relea</i>	39	4.6. La contaminació marina a Catalunya. Una proposta. <i>Antoni Cruzado</i>	156
2.1. Energias alternativas. <i>Juan S. Muñoz</i>	44	4.7. Calidad sanitaria de aguas costeras. <i>Rafael Muje-riego</i>	160
2.2. Programes de desenvolupament de l'energia eòlica a diferents països. Possible aplicació a Catalunya. <i>Josep Puig</i>	49	4.8. Els recursos naturals marins. <i>Carles Bas</i>	164
2.3. Pla de prospecció i avaluació dels recursos eòlics a Catalunya. <i>Conrad Mesequer</i>	55		
2.4. Estació de mesura de paràmetres eòlics i d'assaig d'aeromotors i aerogeneradors de petita i mitjana potència. <i>Josep Puig</i>	58	5. EDUCACIÓ AMBIENTAL I MOVIMENT ECOLOGISTA	
2.5. Projecte d'instal·lació d'una planta de generació d'energia elèctrica, aprofitant l'energia eòlica en l'Alt Empordà. Emplaçament possible. Tecnologia utilitzada. Estudi econòmic i impacte ecològic. <i>Conrad Mesequer</i>	61	5.0. Ponencia (a modo de) Educación ambiental y Movimiento ecologista (trece notas sobre Educación ambiental y Movimiento ecologista). <i>Joaquim Ruiz</i>	167
2.6. Centrales macroenergéticas eólicas hasta 1000 MW por conversión ciclónica. <i>José Valentin Zapata</i>	64	5.1. L'educació com a mitjà d'aplicació de l'estrategia mundial per a la conservació de la Natura. <i>Jaume Terradas</i>	169
2.7. L'agricultura "industrial" moderna en la cruïlla d'augmentar la seva productivitat o millorar la seva eficiència energètica. <i>Pere Camprubí</i>	70	5.2. Problemàtica ambiental i Educació. <i>Marina Mir</i>	171
2.8. L'esdevenidor de l'energia nuclear de fusió. <i>Antoni Lloret</i>	73	5.3. Ecologia en la escuela. <i>Falgàs Vilalta</i>	172
2.9. La contaminación y el riesgo del carbón termoeléctrico. La contaminación y el riesgo de la energía nuclear. <i>Comisión Técnica de la Federación Estatal de Industrias Energéticas de UGT</i>	76	5.4. Algunos comentarios sobre el tema "Educación ecologista" (invitación al debate). <i>Victoria Martínez</i>	173
		5.5. Els socialistes i el Moviment ecologista. <i>Andreu Velázquez</i>	174
3. SANITAT AMBIENTAL I ECOLOGIA URBANA		5.6. Movimiento asociativo y Movimiento ecologista. <i>Juanjo Martínez</i>	176
3.0. Ponència de Sanitat ambiental. <i>Felip Solé</i>	79	5.7. ¿Qué es la Federación de Amigos de la Tierra? <i>Victoria Martínez</i>	177

## PROGRAMES DE DESENVOLUPAMENT DE L'ENERGIA EÒLICA A DIFERENTS PAÏSOS. POSSIBLE APLICACIÓ A CATALUNYA

Josep Puig i Boix \*

### 1. INTRODUCCIÓ

La dècada dels anys setanta passarà possiblement a la posteritat com aquella que va contemplar el renaixement d'unes màquines que gairebé tothom creia arraconades a l'armari de la història. Aquestes màquines eren, ni més ni menys, les anomenades popularment "molins de vent".

Ha estat a partir de l'any 1973 quan les administracions estatals de diferents països (encapçalats sense cap dubte pels EE.UU.) s'han llençat pel camí que mena a l'aprofitament de la força dels vents, amb la finalitat de produir energia, sobretot elèctrica, i a gran escala.

Hom no va partir de zero, ja que durant la primera meitat del nostre segle hi van haver experiències molt interessants pel que fa referència a màquines eòliques grans: Balaclava (1931), Grandpa's Knob (1941), Gedser (1957), Orkney (1950), Nogent-le-Roi (1957), Saint-Reny-des-Landes (1959), Sttöten (1959), etc.

Paral·lelament, també ha experimentat un notable creixement el camp dels aeromotors i aerogeneradors de petita i mitjana potència, enllaçant amb els pocs realitzadors d'artefactes eòlics que restaven, dels molts que hi havien per allà els anys 20, i que van ésser majoritàriament arruinats pels programes d'electrificació duts a terme en molts països. Aerogeneradors com els Aerowatt, Elektro, Dunlite, etc. i aeromotors com els Dempster, Aermotor, etc., han assolit un gran prestigi per les seves prestacions.

### 2. EL PROGRAMA NORDAMERICÀ

El Programa de Recerca en Energia Eòlica va iniciar-se propiament a l'any 1973 com una part del Programa d'Energia Solar del RANN (Research Applied to National Needs).

El Govern Federal Nordamericà va impulsar l'esmentat Programa vers dues direccions: a) màquines eòliques grans, de més de 100 Kw de potència i b) màquines eòliques de petita i mitjana potència, de menys de 100 Kw.

L'objectiu que persegueix el Programa Federal és la integració dels sistemes aerogeneradors dins de l'actual sistema de producció i distribució d'energia elèctrica.

Les despeses que el Departament d'Energia ha volcat en el programa d'Energia Eòlica evolucionaren des d'1'8 milions de dòlars durant els anys 1973/1974 fins a 33'6 milions durant l'any 1978. Les despeses pel que fa als anys 1979, 1980 i 1981 estan detallades en el Quadre n.º 1.

#### 2.1. Els grans sistemes aerogeneradors

La direcció del Programa de Grans Aerogeneradors la porta la NASA per mitjà del Centre de Recerca Lewis, a Cleveland (Ohio).

Era al mes de novembre de l'any 1974 quan l'Administració Nacional d'Aeronàutica i de l'Espai —NASA— i la Fundació Nacional de la Ciència —NSF— anunciaren els contractes amb dues indústries per al disseny preliminar d'aerogeneradors.

La primera realització va ésser l'anomentament MOD-0, que va instal·lar-se a la zona de proves que el Centre de Recerca Lewis té a Plumbrook. D'ençà la seva posta en marxa, durant el

\* Dr. Enginyer Industrial. Departament de Geografia. Facultat de Filosofia i Lletres. Universitat Autònoma de Barcelona (independent)

mes de setembre del 1975, ha estat un veritable banc de proves de tots els components bàsics dels sistemes aerogeneradors, possibilitant l'assaig de la màquina en les més variades condicions de funcionament. Això ha permès el desenvolupament de les grans màquines actuals.

Entre les proves que hom va realitzar amb el MOD-0 podem citar: connexió de l'aerogenerador a la xarxa, funcionament en paral·lel amb generadors diesel, simulació del funcionament per abastir a petites comunitats, funcionament del captador de cara al vent (a despit de ser dissenyat per a funcionar d'esquena al vent), etc.

Als inicis de les proves, el MOD-0 va tenir alguns problemes de resonàncies.

Les principals característiques del MOD-0 són el Quadre n.º 2.

El següent pas va ésser la instal·lació de tres aerogeneradors de 200 kW, cadascun, coneguts per MOD-0A, a Clayton (Nou Mèxic), a l'illa Culebra (Puerto Rico) i a Block Island (Rhode I.), amb la finalitat de que les esmentades màquines poguessin ser manegades i mantingudes per petites companyies elèctriques locals, com una mesura d'estalvi de combustibles fòssils.

El primer aerogenerador va ésser instal·lat a Clayton durant els mesos de novembre-desembre del 1977, entrant en funcionament a mitjans del mes de març del 1978 per a executar un programa de proves de dos anys de durada. Fins al 25 de febrer de l'any 1980 havia estat 6.052 hores en funcionament i havia produït 548 MWh. El captador havia acumulat  $1'5 \times 10^7$  cicles.

L'aerogenerador de l'illa de Culebra va ésser instal·lat el mes de juny del 1978 i el de Block Island al maig del 1979.

Actualment ja s'ha instal·lat una quarta màquina d'aquesta sèrie —maig 1980— a Kuhuku Point (Oahu, illes Hawaii).

Les característiques principals de la sèrie MOD-OA són al Quadre 3.

La primera màquina de l'ordre del milió de wats va ésser el MOD-1 que està funcionant a Howard Knob, Boone (Carolina del Nord) des de l'estiu del 1979. Té un captador format per dues pales d'acer (a diferència de les pales d'alumini dels MOD-0 i MOD-0A), de diàmetre 61 metres. El MOD-1 subministra energia a una xarxa local que té 32.000 usuaris. El cost d'aquest aerogenerador va ésser uns sis milions de dòlars i el cost de l'energia que produeix és de 17 cèntims de dòlar el kWh (suposant la màquina ubicada en un lloc amb velocitats mitjanes del vent de 8 m/s., i suposant unes càrregues financeres del 18%).

A primers de març de l'any 1980 havia completat els sis mesos de funcionament i havia produït 35 MWh, havent arribat ja a màxima potència. Més tard, degut a oscil·lacions en les pales, que donaven lloc a vibracions en vidres de les finestres i vaixelles de cristall de les cases del voltant (fins a alguns kilòmetres), hom va restringir el funcionament.

Les principals característiques del MOD-1 són al Quadre n.º 4.

La segona generació de grans màquines és el MOD-2 que s'està acabant de construir actualment a Goodnoe Hills, Goldendale (estat de Washington), preveient-se la seva entrada en funcionament a començaments de l'any 1981. El MOD-2 és un aerogenerador de 2'5 MW, de potència, que comença a produir electricitat amb vents de 4'5 m/s. donant la seva màxima potència entre 9 i 16 m/s. Més endavant, un grup de tres màquines d'aquest tipus es connectaran a la xarxa a Goldenfale, éssent la primera experiència en la utilització de grans aerogeneradors agrupats. Un dels objectius d'aquest programa és la utilització conjunta de les energies eòlica i hidràulica. En conjunt, les tres màquines suposaran 7'5 MW de potència instal·lada, suficient per a 2.000-3.000 vivendes de tipus mig americà. Hom preveu que produeixin 25 milions de kWh a l'any. Fabricant-les en sèries grans, els seu cost podrà ésser de dos milions de dòlars (uns 800 dòlars el kW. instal·lat).

Les característiques del MOD-2 són al Quadre n.º 5.

Recentment, el Centre de Recerca Lewis ha anunciat l'inici del projecte per a la fabricació i instal·lació del MOD-5, un

aerogenerador de 4 MW. previst per a zones amb vents mitjans de 6 m/s. El MOD-5 tindrà un diàmetre de 107 m. amb pales de fibra de vidre i una torre metàl·lica de 76 m. d'alçada i cilíndrica.

Paral·lelament al Programa del Departament d'Energia (DOE), el Departament d'Interior ha finançat la construcció d'un aerogenerador de 4 MW. (diàmetre 78 m.) per a començar a funcionar a finals de l'any 1981 a Medicine Bow (Wyoming). Generarà la suficient energia per a cubrir les necessitats energètiques de 1.200 famílies. Serà la primera d'una sèrie de fins a 50 màquines a instal·lar en aquella zona, integrades a un complexe eòlic-hidràulic amb 49 centrals hidroelèctriques i 26.000 kilòmetres de línies de transport i distribució d'electricitat.

Aquesta màquina, semblant a una que està desenvolupant un consorci suec-americà de 3 MW. per al govern suec, coneguda per WTS-4, tindrà 2 pales de fibra de vidre. Hom preveu que costi 1'8 milions de dòlars i produeixi electricitat a un cost de 3 cèntims de dòlar el kWh.

Les característiques de les màquines WTS-3 i WTS-4 són al Quadre 6.

A més a més, ja hi ha empreses disposades a construir i a vendre el que hom anomena granges o xarxes d'aerogeneradors. Així, hi ha projectes per a ubicar dues granges d'aquestes a Massachusetts. La primera fase del projecte consisteix en instal·lar de 20 a 30 aerogeneradors de 300 kW. cadascun, per començar a agafar experiència.

Per altra banda, hom pensa instal·lar 20 màquines agrupades a Califòrnia. De moment ja hi ha la primera construïda. És de 3 MW. de potència amb vents de 18 m/s. Té un captador tripala de només 58 m. de diàmetre (molt més petit que el MOD-2 del DOE). Cal dir que aquest tipus de màquina s'instal·larà a una zona molt ventosa de Califòrnia. Hom li preveu una producció de  $6 \times 10^6$  kWh/any, suficient per a 800-1000 usuaris, o equivalent a 10.000 barrils de petroli a l'any.

La mateixa companyia elèctrica interessada en aquest projecte pensa també instal·lar la màquina d'eix vertical més gran mai construïda. Tindrà una potència de 500 kW. amb vents de 16 m/s. És un aerogenerador tipus Darrieus, bipala, de 37'5 m. d'alçada, amb un diàmetre de 25 m. És un metre i mig més alt que una màquina semblant ubicada al Canadà (illa Magdalena) de 230 kW. La producció d'electricitat serà de l'ordre d'un milio de kWh/any, o sia per a subministrar energia a uns 170 usuaris domèstics.

Les característiques d'aquestes dues màquines són al Quadre n.º 7.

## 2.2. Els petits sistemes aerogeneradors

La recerca i el desenvolupament de petits sistemes aerogeneradors i aeromotors és manegat per la Planta Rocky Flats, a Golden (Colorado), que dona suport tènic al Departament d'Energia (DOE).

L'objectiu principal de l'esmentada Planta és la introducció i la utilització de l'energia eòlica el més aviat possible. Això es pensa assolir simultàniament desenvolupant sistemes aerogeneradors petits però tecnològicament avançats, consignant els requeriments tècnics, econòmics i institucionals per al seu ús i estimulant la seva utilització comercial.

La Planta de Rocky Flats té capacitat per a provar 18 màquines a la vegada (en un futur tindrà cabuda per 30) i és un Centre que subministra dades sobre els sistemes aerogeneradors existents al mercat, ajuda al Programa pel desenvolupament de petits aerogeneradors i és un servei vers els petits fabricants i usuaris.

Aquest programa de proves fa possible l'obtenció d'informació per a l'establiment de criteris de cara a futurs programes d'incentius. Evidentment, al considerar petits sistemes aerogeneradors, una primera qüestió que cal plantejar-se és la relació entre l'energia produïda pels aerogeneradors i la fluctuació de la demanda. Això afecta al flux d'energia que s'introdueix a la xarxa i el que hom extreu de la xarxa. Per tant, l'economia d'un

sistema aerogenerador petit ve influenciada per la quantitat d'energia trasvassada en una o altra direcció, per l'estructura dels preus de compra i venda d'energia per l'estructura de la demanda, etc.

De moment, la Comissió Federal Reguladora de l'Energia ha establert una reglamentació que dona facilitats financeres a tots aquells usuaris que vulguin instal·lar sistemes eòlics de generació.

A més a més de la Planta de Rocky Flats, el Govern Federal nordamericà ha establert contractes amb diferents enginyeries, centres de recerca, indústries, etc., per a que desenvolupin prototipus d'aerogeneradors amb tecnologies avançades. Fins ara hom ha realitzat 13 contractes que inclouen màquines d'1, 4, 8, 15 i 49 kW. (Quadre n.º 8).

Entre aquestes màquines hom pot citar: Northwind (1 kW.), Windworks (8 Kw.), Grumman (15 kW.), etc.

Paral·lelament, i basant-se en la gran experiència adquirida en màquines Darrieus d'eix vertical pels Laboratoris Sandia, s'ha pogut desenvolupar un sistema eòlic de baix cost, que amb 100 kW. de potència nominal (amb dues pales de 17 m. de diàmetre) permet obtenir 125.000 kWh/any amb vents de 5 m/s i 350.000 kWh/any amb vents de 8 m/s. Hom preveu que l'electricitat generada tingui un cost de 4-6 cèntims de dòlar el kWh. Les característiques d'aquest aerogenerador són al Quadre n.º 9.

A més a més, hom ha institucionalitzat un Programa d'Avalluació per a petits sistemes aerogeneradors comercials. Aquest programa preveu la instal·lació de dues màquines a diferents estats de la Unió. Algunes de les instal·lades són: Pinson C2E2, Enertech 1.500, Whirlwind A-240 etc.

Cal dir que actualment hi ha als EE.UU., més de 30 fabricants de petits aerogeneradors aeromotors, un sol dels quals en fabrica 1.000 unitats al mes. Com a curiositat, el Sr. Malcellus L. Jacobs, realitzador de les famoses màquines Jacobs dels anys 30 —moltes de les quals han estat funcionant correctament més de 40 anys—, i que encara avui hi ha empreses dedicades a la seva recuperació i reutilització, està a punt de comercialitzar un estilitzat aerogenerador de 10 kW.

## 3. EL PROGRAMA DANÈS

A Dinamarca, tot i essent un país afavorit pel vent i que a més a més ja posseïa una gran experiència en la utilització d'aerogeneradors, no va ésser l'Administració qui va ressuscitat els vells molins, sinó que foren els mestres de les Escoles Tvind, quan van decidir la construcció d'un gran aerogenerador per al subministre de l'energia necessària per el funcionament de les Escoles. L'equip responsable del projecte va iniciar les seves tasques el 19 de maig de l'any 1975. La construcció va començar simbòlicament el 29 de maig quan s'ajuntaren unes 300 persones per a iniciar l'explanació del terreny on es construïria l'aerogenerador.

Totes les persones que van participar en la seva construcció tenien en comú el no haver fet mai cap aerogenerador gran. Amb molta empena i cercant la col·laboració de tècnics entesos en la matèria (danesos i no danesos), va lograr posar-lo en marxa durant el mes de març del 1978.

Les característiques de l'aerogenerador de Tvind són al Quadre n.º 10.

El cost de l'aerogenerador de Tvind va ésser de  $6'5 \times 10^6$  corones daneses (uns 84'5 milions de pessetes). Va ésser totalment finançat per l'equip docent de les escoles i no va rebre cap ajut oficial.

Actualment, l'esmentat aerogenerador encara no ha assolit la seva potència màxima. La raó que donen els responsables del seu funcionament és que, limitant avui el seu funcionament, hom allarga la vida del moli, i, per tant, hom augmenta la seva rendibilitat futura.

Com que no tenen cap interès en batre records, durant aquests anys que porta funcionant s'hi han fet tota mena de proves, servint fins i tot de banc d'assaig pel desenvolupament d'equips

de mesura dels paràmetres funcionals dels grans aerogeneradors.

Degut al bon ritme dels treballs de Tvind i a la forta pressió dels grups antinuclears i defensors de les energies renovables, el Ministeri de Comerç danès, conjuntament amb les empreses elèctriques, elaborà un Programa Eòlic que va ésser iniciat durant l'any 1977. Aquest programa és coordinat pel DEFU (Associació per a la investigació de les empreses daneses pel subministre d'energia elèctrica).

Consta fonamentalment de les tasques següents: a) mesures sobre l'aerogenerador de Gedser (construït a l'any 1956-1957, que té una potència de 200 kW. que va funcionar fins a l'any 1967 subministrant 2.242 MWh.); després d'estar 10 anys parat, va tornar a ésser posat en funcionament des del mes de novembre de l'any 1977 fins al mes d'abril de l'any següent, essent sotmès a un ampli programa de proves i de mesura dels seus paràmetres, dut a terme conjuntament pel Ministeri d'Energia danès i el Departament d'Energia Nordamericana. En el Quadre n.º 10 hom pot trobar les característiques de l'aerogenerador de Gedser. b) la construcció de dos aerogeneradors de 630 kW. cadascun a Nibe. c) la recerca de llocs escaients per a la instal·lació d'aerogeneradors experimentals i la investigació de les possibilitats de l'energia eòlica respecte del sistema danès de subministre elèctric.

Durant el mes de juny de l'any 1979, el prototipus Nibe-A va començar a girar i durant el mes d'agost de l'any 1980 va fer les primeres voltes el prototipus Nibe-B. Ambdós són de dimensions semblants, diferenciant-se amb el mètode de regulació. Les característiques de Nibe-A i Nibe-B són al Quadre n.º 11.

Paral·lelament, el Ministeri d'Energia danès va finançar un Projecte de petits aerogeneradors, que és dirigit pel Laboratori Nacional Riso. El Programa finalitzà a principis de l'any 1981 i el seu import ha estat de 5'5 x 10<sup>6</sup> corones (uns 71'5 milions de pessetes). La principal tasca de l'esmentat projecte va ésser l'establiment (construcció i posta en marxa) d'una Planta de Proves de Petits Aerogeneradors.

La Planta té actualment 7 plataformes de proves. Les proves dels aerogeneradors es realitzen sense suposar cap despesa pel fabricant, ja que les màquines es lloguen durant el temps necessari per a la realització dels assajos. Una volta acabades les proves es publicà un informe amb els resultats.

Per altre part, el Laboratori Riso ofereix tasques de consultori gratuïtes als projectistes de màquines eòliques. També ha convocat dos premis per a un concurs de disseny d'aerogeneradors d'11 m. de diàmetre.

Cal destacar que a mitjans de l'any 1979 el govern danès va aprovar una llei mitjançant la qual se subvencionen als usuaris de petits i mitjans sistemes aerogeneradors (amb un 30% de les despeses fins a un màxim de 100.000 corones, o sia unes 1.300.000 ptes.).

Al Quadre n.º 12 hi ha les característiques d'algunes màquines assajades al Laboratori Nacional Riso.

#### 4. PROGRAMES EÒLICS A ALTRES PAISOS

Si bé, des de fa alguns anys, molts països s'han llençat pel camí de l'aprofitament de la força del vent — Suècia, Suïssa, Holanda, Regne Unit, etc. — cal destacar el Programa Canadenc, que està basat únicament amb màquines d'eix vertical, tipus Darrieus.

Dos enginyers canadencs reinventaren, a l'any 1965, els rotors que ja el francès Darrieus havia proposat a l'any 1926. El Consell Nacional de Recerca Canadenc (NRC) va encomenar el disseny i construcció d'una màquina d'aquestes ja a l'any 1974.

No obstant, l'energia eòlica no va rebre oficialment suport fins a mitjans de l'any 1977, quan es constituïren les Branques de Conservació de l'Energia i d'Energies Renovables dins del Departament d'Energia, Mines i Recursos (EMR). La influència dels fons subministrats pel EMR va permetre una gran expansió del Programa Eòlic al Canadà.

El 18 de maig de l'any 1977 va ésser posada en marxa la primera màquina gran d'eix vertical: 37 m. d'alçada i 24 m. d'ampla, potència de 239 kW. (suficient per donar energia a 50

vivendes, excluint calefacció elèctrica). Ubicada a l'illa Magdalena, en el golf de St. Llorenç, està connectada a la xarxa local, servint fonamentalment per a l'estalvi de combustibles fòssils. Degut a un seguit de circumstàncies (el fre mecànic en reparació i avaria del fre aerodinàmic) el 6 de juliol del 1978 la màquina es va embalar fins a la seva destrucció. No obstant va tornar a ésser reconstruïda i, a finals del 1979, estava funcionant altre volta.

A despit del tamany d'aquesta màquina, els canadencs escolliren màquines d'unes dimensions més reduïdes (50 kW.) per a fer les seves recerques. Així, al juny del 1978 n'instal·laren una primera a Holyrood (Nou Foundland). Poc temps després se'n instal·là una segona a Saskatchewan. Cadascuna tenia un cost de 100.000 dòlars canadencs i eren finançades per les companyies elèctriques de la zona. Dues noves màquines de 50 kW. van ésser posades en funcionament durant l'any 1960: una a Christopher Point (illa de Vancouver) i una altre a Churchill (Manitoba). Les quatre màquines estan connectades directament a la xarxa elèctrica.

Actualment hi ha el projecte de construir durant l'any 1983, a Quebec, una d'aquestes màquines però d'una potència de 3'8 MW. (suficient per a 600-700 vivendes "tot elèctric" canadencs). Tindria 108 m. d'alçada i un cost previst de 18 milions de dòlars canadencs.

Paral·lelament, un Programa de màquines eòliques petites ha estat funcionant els darrers dos anys. També són de tipus Darrieus, dissenyades per a emprar-les en llocs aïllats, on poden transcórrer períodes d'un any sense que ningú hi vagi. Són màquines entre 700 Wats i 2'5 kW. i s'empran per a carregar bateries, per a alimentar antenes, repetidors, torres de comunicacions, etc.

També el Departament d'Energia, Mines i Recursos ha finançat una Estació de Proves a la costa atlàntica; l'Institut de l'Home i dels Recursos. Els objectius d'aquesta estació són: a) oferir contractes a la indústria per al disseny i desenvolupament de petits sistemes eòlics; b) donar informació als usuaris i a les seves organitzacions; c) servir de banc de proves per als constructors, subministrant experts i ajudant al disseny; d) potenciar programes de demostració de sistemes aerogeneradors; e) desenvolupar programes d'adquisició de dades i de prova de tecnologia i f) certificar aparells per a la concessió d'ajuts i altres incentius.

#### 5. LA SITUACIÓ ACTUAL A CATALUNYA

Als inicis del present segle, quan es va reintroduir l'aprofitament de la força del vent, van aparèixer un nombre considerable de fabricants de petits aeromotors a moltes comarques de Catalunya.

Fins aleshores, el vent només s'havia fet servir per a la navegació i per a la molta de grà a les zones de la costa mediterrània. No obstant, a començaments del segle XX, les línies arrossegades per animals són substituïdes pels aeromotors, que, tot accionant una bomba de pistó, possibiliten l'elevació de l'aigua necessària per a regar, abeurar, etc.

Adhuc als inicis de l'electrificació, moltes masies, allunyades de les xarxes elèctriques, assoliren la producció d'electricitat mitjançant aeromotors acoplats a dinamos. Molts eren d'autoconstrucció, fins i tot n'hi havien d'importació.

Amb l'arribada de les xarxes elèctriques a moltes comarques gairebé tots els fabricants d'aeromotors i d'aerogeneradors van arruïnar-se, exceptuant algun cas aïllat que amb molta bona fe va continuar fabricant-ne fins els nostres dies.

Amb l'encariment de les formes d'energia no renovable, molta gent s'ha tornat a interessar per aquestes màquines gairebé abandonades. Així hi ha qui n'ha recuperat i tornat a posar en marxa per al subministrament d'energia a zones aïllades. Altres opten per la pròpia construcció.

## 6. EL FUTUR DE L'ENERGIA EÒLICA A CASA NOSTRA

Quadre n.º 3

Exceptuant alguns cassos aïllats de centres docents (departaments universitaris), associacions professionals (subcomissió d'energia eòlica) o persones individuals, res s'està fent a Catalunya per sentar les bases per a un futur aprofitament de la força del vent.

Tenint en compte que el vent és una font d'energia renovable i que l'energia que podem extreure dels vents no està sotmesa ni a augments de preu, ni a futurs exhauriments, caldria emprendre, si de debò volem començar a caminar per la via de l'autonomia energètica, un seriós Programa d'Aprofitament de totes les Energies Renovables. Evidentment, una part d'aquest Programa hauria d'ésser dedicat a l'energia eòlica.

L'esmentat Programa hauria de comprendre dos aspectes bàsics:

—l'avaluació dels recursos eòlics a Catalunya (alguns treballs previs ja s'han fet).

—el desenvolupament de la tecnologia necessària per a fer possible la construcció d'aeromotors i aerogeneradors eficients, econòmics i de llarga vida.

Aprofitant l'experiència que ja molts països tenen, en el camp de la captació de la força del vent, és una absurditat que avui encara, a Catalunya, no s'hagin pres les mesures necessàries per a fer possible la introducció de l'aprofitament dels nostres vents, essent Catalunya com és energèticament deficitària, i podent l'energia eòlica contribuir al subministrament de quantitats no menyspreables d'energia a moltes comarques (tant sols per l'estalvi de combustibles fòssils que representa).

La tecnologia eòlica és, avui encara, a l'abast del nostre país. Romandrem indiferents fins que ens veiem obligats a comprar, endemés de petroli, carbó i urani, artefactes eòlics foranis per aprofitar la força dels vents?

Quadre n.º 1

	1979	1980	1981
Anàlisi i recerca	6'4	8'3	7'7
Característiques del vent	4'5	4'9	6'2
Desenvolupament tecnològic	9'0	10'6	15'5
Desenvolupament enginyeria	33'8	19'5	48'5
Desenvolupament mercat	4'5	2'0	7'0

Despeses operació	58'2	45'3	84'9
Construcció i equip.	1'4	18'1	2'1

Total..... 59'6      63'4      87'0

(Les xifres expressen milions de dòlars).

Quadre n.º 2

Nom: MOD-O.

Situació: PLUMBROOK, Cleveland (Ohio), Setembre 1975.

Rotor: N.º palas: 2, d'alumini. Velocitat (rpm): 40 rpm. Regulació: variació d'angle d'atac pala remera. Diàmetre: 38 m. Posició: Downwind.

Transmissió: potència nom.: 176 kw (236 HP). Relació: 45:1. Velocitat (rpm) 1800.

Generador: tipus: alternador sincron Trifàsic. Potència nom.: 100 kw. Velocitat (rpm): 1800. Tensió: 480 V. Freqüència: 60 Hz.

Torre suport: tipus: metàl·lic, estructura. Alçada: 30 m.

Característiques: Potència nom.: 100 kw. Velocitat connexió: 3,5 m/s. Veloc. nom.: 8 m/s. Vel. Frenat: 27 m/s.

Nom: MOD-OA

Situació: CLAYTON (New Mèxico), Març 1978.

Rotor: N.º pales: 2 d'alumini. Velocitat (rpm): 40 r.p.m. Regulació: Variació angle d'atac pala. Diàmetre: 38 m. Posició: Doconwind.

Transmissió: Potència nom.: 460 HP. Relació: 45:1. Velocitat (rpm): 1800.

Generador: tipus: alternador sincron Trifàsic. Potència nominal: 250 kVA. Velocitat (rpm): 1800. Tensió: 480 V. Freqüència: 60 Hz.

Torre suport: tipus: estructura metàl·lica. Alçada: 28 m.

Característiques: Potència nom.: 200 kW. Velocitat connexió: 4,2 m/s. Veloc. nom.: 10 m/s. Vel. Frenat: 18 m/s.

Producció: fins el 25/2/1980. 548 MWh.

Quadre n.º 4

Nom: MOD-1

Situació: Howard Knob, Boone (North Caroline). Estiu 1979.

Rotor: N.º pales: Bipala, d'acer. Velocitat (rpm): 32. Regulació: Variació angle d'atac. Diàmetre: 61 m. Posició: doconwin.

Transmissió: Potència nom.: 2209 HP. Relació: 51:1. Velocitat (rpm): 1800.

Generador: tipus: Alternador sincron, Trifàsic. Potència nom.: 2225 kVA. Velocitat (rpm): 1800. Tensió: 4160 V. Freqüència: 60 Hz.

Torre suport: tipus: Estructura metàl·lica. Alçada: 40 m.

Característiques: Potència nom.: 2000 kW. Velocitat connexió: 4,9 m/s. Veloc. nom.: 11,4 m/s. Vel. Frenat: 15,6 m/s.

Producció: Fins a primers de març de 1980, 35 MWh.

Quadre n.º 5

Nom: MOD-2

Situació: Goodnoe Hills, Goldendale (Washington), 1981.

Rotor: N.º pales: Bipala. Velocitat (rpm): 17,5. Regulació: Variació angle d'atac, d'una part de la pala. Diàmetre: 91,5 m. Posició:

Transmissió: Potència nom.: . Relació:

Velocitat (rpm):

Generador: tipus: Alternador sincron, Trifàsic. Potència nom.:

Velocitat (rpm): 1800. Tensió: . Freqüència: 60 Hz.

Torre suport: tipus: Tubular d'acer. Alçada:

Característiques: Potència nom.: 2500 kW. Velocitat connexió: 4,5 m/s. Veloc. nom.: 9 m/s. Vel. Frenat: 16 m/s.

Producció: Prevista 8,3 x 10<sup>6</sup> kWh/any.

Quadre n.º 6

Nom: WTS-3 i WTS-4

Situació: MAGLARP (Suècia), MEDICINE BOW (Wyoming).

Rotor: N.º pales: 2, fibra de vidre. Velocitat (rpm): 25-30. Regulació: Variació angle d'atac pala remera. Diàmetre: 78 m. Posició: doconwind.

Transmissió: Potència nom.: . Relació: 60:1. Velocitat (rpm): 1500-1800.

Generador: tipus: . Potència nom.: . Velocitat (rpm): . Tensió: . Freqüència:

Torre suport: tipus: Tubular d'acer. Alçada: 80 m.

Característiques: Potència nom.: 3MW-4MW. Velocitat connexió:

Veloc. nom.: . Vel. Frenat:

Producció:

Quadre n.º 7 A

Nom: BENDIX-WIND POWER

Situació: San Bernardine-Sta. Jacinta (California).

Rotor: N.º pales: 3. Velocitat (rpm): . Regulació:

Diàmetre: 58 m. Posició:

Transmissió: Potència nom.: . Relació: . Velocitat

(rpm):

Generador: tipus: . Potència nominal: . Velocitat

(rpm): . Tensió: . Freqüència:

Torre suport: tipus: . Alçada:

Característiques: Potència nom.: 3 MW. Velocitat connexió:

Veloc. nom.: 18 m/s. Vel. Frenat:

Producció: Prevista 6 x 10<sup>6</sup> kWh/any.

Quadre n.º 7 B

Nom: ALCOA-500.  
 Situació: San Bernardino-Sta. Jacinta (California).  
 Rotor: N.º pales: 2, eix vertical (Darrieus). Velocitat (rpm):  
 Regulació: Diàmetre: 25 m x 37,5 m d'alçada. Posició:  
 Transmissió: Potència nom.: Relació: Velocitat (rpm):  
 Generador: tipus: Potència nom.: Velocitat (rpm): Tensió: Freqüència:  
 Torre suport: tipus: Alçada:  
 Característiques: Potència nom.: 500 kW. Velocitat conexió:  
 Veloc. nom.: 16 m/s. Vel. Frenat:  
 Producció: Prevista,  $1 \times 10^6$  kWh/any.

QUADRE N.º 8

	Potència a 9 m/s (AW)	Potència màxima (AW) a m/s	Tipus Rotor	Diàmetre	Energia anual produïda (kwh) a V: 5,3 m/s	Transmissió	Generador	Tensió	Coef. Potència cp a 9 m/s	Camp. d'operació m/s
Enertech	2,1	4,5 a 15,0	Bipala eix hori	5 m.	8.400	Mult. calor	Alternador	24 v. rect.	0,37	3,6/74
North-wind	2,2	2,2 a 9	Tripala eix hori	5 m.	6.873	--	Alternador	24 v. rect.	0,41	3,6/47
Asi-pinson	1,0	10 a 9	Tripala eix vert	4,6 x 2,4 m.	1.700	Mult. calor	Alternador	24 v. rect.	0,40	2,2/17,4
Ginoworks	8,5	10 a 10	Tripala eix hori	10 m.	30.000	--	Alternador	240 vac.	0,42	4-20
UTRC	9,0	12,0 a 13,4	Bipala eix hori	9,45 m.	25.000	Mult. calor	Alternador	120-240 v.	0,41	3,4-23
Grumman	11,0	18,5 a 13,4	Tripala eix hori	10,1 m.	32.000	Mult. calor	Alternador	480 vac.	0,38	3,1/6,6
Kaman	40,0	40,0 a 9	Bipala eix hori	19,5 m.	121.000	Mult. calor	Alternador	480 vac.	0,37	4,5-27
McDonell	40,1	40,1 a 9	Tripala eix vert	17,7x12,8 m.	126.000	Mult. calor	Alternador	480 vac.	0,50	
Enertech	15,0	18,0 a 10,9	Tripala eix hori	13,4 m.	51.900	Mult. calor	Alternador	120 vac.	9,33	3,6-17,9
UTRC	18,0	22,5 a 11,8	Bipala eix horiz	14,6 m.	53.500	Mult. calor	Alternador	230 vac.	0,38	4-20
SCI	5,7	6,0 a 22	Tripala eix hori	9,5 m.	21.030	Mult. calor	Alternador	240 vac.	0,45	3,5-22,3
Tumac	6,2	7,5 a 11,4	Tripala eix vert	6,5x9,8 m.	13.168	--	Alternador velocitat variable Frec. CJ	240 vac.	0,38	8,0-40,0
North-wind	4,0	4,0 a 20	Bipala	10 m.	21.600	--	Alternador	240 vac.	0,40	3,5-20,0

Quadre n.º 9

Nom: VAWT.  
 Situació:  
 Rotor: N.º pales: 2, eix vertical (Darrieus). Velocitat (rpm): 51, 5.  
 Regulació: Diàmetre: 17 m x 21,15 m, d'alçada. Posició:  
 Transmissió: Potència nom.: Relació: Velocitat (rpm):  
 Generador: tipus: Alternador Trifàssic. Potència nom.: 112 kW.  
 Velocitat (rpm): Tensió: Freqüència: 60 Hz.  
 Torre suport: tipus: Alçada:  
 Característiques: Potència nom.: 100 kW. Velocitat conexió: 5,8 m/s.  
 Veloc. nom.: 13,8 m/s. Vel. Frenat: 26,8 m/s.  
 Producció: 125.000 kWh/any (5 m/s).  
 350.000 kWh/anys (8 m/s).

Quadre n.º 10 A

Nom: TVINDKRAFT.  
 Situació: Ulfborg, oest Jutlandia. Dinamarca, març 1978.  
 Rotor: N.º pales: 3, de fibra i resines. Velocitat (rpm): 42. Regulació: variació angle d'atac pala remera. Diàmetre: 54 m. Posició: Doconwind.  
 Transmissió: Potència nom.: Relació: Velocitat (rpm):  
 Generador: tipus: Alternador sincron. Potència nom.: 2000 kW.  
 Velocitat (rpm): Tensió: 3000 V. Freqüència: Variable.  
 Torre suport: tipus: Cilíndrica de formigó. Alçada: 53 m.  
 Característiques: Potència nom.: 1725 kW. Velocitat conexió: 5 m/s.  
 Veloc. nom.: 14 m/s. Vel. Frenat: 20-25 m/s.  
 Producció: Actualment  $2 \times 10^6$  kWh/any.  
 Quan funcioni plenament:  $3,6 \times 10^6$  kWh/any.



Quadre n.º 10/B

Nom: GEDSER  
 Situació: Gedser, illa de Falster, Dinamarca, 1956-57.  
 Rotor: N.º pales: 3. Velocitat (rpm): 30 rpm. Regulació: Variació angle d'atac, només la punta de la pala. Diàmetre: 24 m. Posició: upwind.  
 Transmissió: Potència nom.: . Relació: 25:1. Velocitat (rpm):  
 Generador: tipus: Alternador assincron de 8 pols. Potència nom.: 200 kW. Velocitat (rpm): . Tensió: . Freqüència:  
 Torre suport: tipus: Cilíndrica de formigó. Alçada: 25 m.  
 Característiques: Potència nom.: 200 kW. Velocitat conexió: 5-6 m/s.  
 Veloc. nom.: 16 m/s. Vel. Frenat: 20-25 m/s.  
 Producció: 1956-1967: 2242 MWh.  
 màxima: 367 MWh durant l'any 1964.

Quadre n.º 11 A

Nom: NIBE - A  
 Situació: Nibe, Nord Jutlandia, Dinamarca, juny 1979.  
 Rotor: N.º pales: 3. Velocitat (rpm): 34 rpm. Regulació: Variació angle d'atac 2/3 de la pala. Diàmetre: 40 m. Posició: upwind.  
 Transmissió: Potència nom.: . Relació: 44:1. Velocitat (rpm):  
 Generador: tipus: Alternador assincron de 4 pols. Potència nom.: 630 kW. Velocitat (rpm): . Tensió: . Freqüència:  
 Torre suport: tipus: Cònica de formigó. Alçada: 45 m.  
 Característiques: Potència nom.: 630 kW. Velocitat conexió: 5-6 m/s.  
 Veloc. nom.: 13 m/s. Vel. Frenat: 25 m/s.  
 Producció:  $1,5 \times 10^6$  kWh/any.

Quadre n.º 11 B

Nom: NIBE-B  
 Situació: Nibe, Nord Jutlandia, Dinamarca.  
 Rotor: N.º pales: 3. Velocitat (rpm): 34 rpm. Regulació: Variació angle d'atac pala remera. Diàmetre: 40 m. Posició: upwind.  
 Transmissió: Potència nom.: . Relació: 44:1. Velocitat (rpm):  
 Generador: tipus: Alternador assincron de 4 pols. Potència nom.: 630 kW. Velocitat (rpm): . Tensió: . Freqüència:  
 Torre suport: tipus: Cònica de formigó. Alçada: 45 m.  
 Característiques: Potència nom.: 630 kW. Velocitat conexió: 5-6 m/s.  
 Veloc. nom.: 13 m/s. Vel. Frenat: 25 m/s.  
 Producció:  $1,5 \times 10^6$  kWh/any.

QUADRE N.º 12

	Diàmetre	Tipus Rotor	Velocitat rotació (rpm)	Alçada Torre (m)	Generador	Conexió Xarxa
Dept. Meca. Fluids Univ. Tec. Dinam.	4 m.	Darrius 2-3 pales	--	7	DC.	--
WMR	10-14 m.	Tripala eix hori	77-50	12-18	assincron 22,55 Kw.	SI
GGRO-Recill	9 m.	Tripala eix vert	52	12	assincron 15 Kw.	SI
55 A-15	8,4 m.	Tripala eix hori	116	12-18	assincron 15 Kw.	SI
Autoggro	7 m.	Bipala pla rotació	--	--	--	--
Smo domestor Forening	10 m.	Tripala eix hori	75	12	assincron 22 Kw.	SI
Innoventic	13 m.	Bipala eix	120-60	5,8	assincron 30/5 Kw.	SI
SJ 10 Kw. R	5,7 m.	16 Pales eix mor	24-50	12-14	assincron 10 Kw.	SI
SA 11 K.	10 m.	Tripala eix hori	70	13	assincron 11/15 Kw.	SI
Eriwi 12/30	13,6-15,6 m.	Tripala eix hori	60	18	assincron 22/30 Kw.	SI
Sombjorb	10-14 m.	Tripala eix hori	50-75	18-23	assincron 12/55 Kw.	SI
HVR 10-115	10-15 m.	Tripala eix hori	54-84	18-24	assincron 22/55 Kw.	SI
MD-1-2	5-11 m.	Tripala eix hori	136-60	10-13	assincron 5,5/22 Kw.	SI

# PLÀ DE PROSPECCIÓ I AVALUACIÓ DELS RECURSOS EÒLICS A CATALUNYA

Conrad Meseguer i Sebastià \*

## 1. INTRODUCCIÓ ENERGÈTICA

És conegut per tothom l'origen de l'actual crisi energètica, així com la imperiosa necessitat de fomentar l'estalvi i l'aprofitament de l'energia en qualsevol de les seves variades formes.

Tots els estaments socials del món (Administracions Públiques, Empreses privades, Institucions científiques, etc.) donen suport a l'estudi i la investigació de les diferents fonts d'energia, ja siguin "clàssiques", ja siguin "noves".

Dins d'aquestes últimes es troben les dites renovables (solar, eòlica, biomassa, etc.). Centrant-nos en l'energia eòlica, sabem que va ésser una de les primeres energies emprades per la humanitat, i fou fins l'aparició de la màquina de vapor l'element bàsic del transport marítim.

Segons estudis fets per A. Parker, l'energia màxima aprofitable durant un any a tot el món era de l'ordre de  $7 \cdot 10^{12}$  kwh; autors més pessimistes donaven xifres de l'ordre de  $3 \cdot 10^{11}$  kwh. La major part d'aquesta energia es troba entre els quatre i catorze kilòmetres d'alçada, tot i en això, als baixos nivells té la suficient importància com per a no desaprovechar-la.

Per tot això, es manifesta la necessitat de fer unes accions determinades per a aconseguir aquesta fi.

## 2. JUSTIFICACIÓ D'UN PLÀ DE RECERCA

La necessitat d'aquestes accions dins d'un Plà general és evident car cal considerar que:

- S'ajuda a l'equilibri de la balança energètica de Catalunya.
- S'eviten els problemes de la contaminació ambiental.
- S'exploten els recursos del nostre país, fins ara gairebé desaprovechats.

- El cost del kwh (o MJ) produït, un cop es superi la fase d'experimentació, sols estarà afectat per les càrregues del capital invertit i per les de manteniment.

- S'evitarà la dependència tecnològica, ja que es poden projectar plantes amb tecnologia totalment catalana.

- Els rendiments dels aeromotors són alts, fins un 70%, i les hores de funcionament a l'any arriben fins a 3.500, o més, als llocs de fort vent. Front altres tipus d'energia renovable, l'energia eòlica és superior per a la producció d'electricitat o força mecànica.

En fase d'estudi a Espanya (central de Tarifa de 110 kw) i en experimentació i explotació a Dinamarca, Estats Units, França, etc., les perspectives de l'aprofitament del vent són alentadores; prova d'això són els aerogeneradors de Nibe (Dinamarca), d'una potència nominal de  $2 \times 630$  kw i connectats a la xarxa elèctrica al 1979 i 1980, o el de Boone (USA), d'una potència de 2.500 kw i ficat en marxa al 1979.

Per a un correcte desenvolupament de l'aprofitament d'aquesta energia i de qualsevol altra, és necessari, abans de l'explotació: la investigació i el coneixement de la seva distribució territorial.

Per tant, cal fer, com a primer pas, l'estudi del potencial eòlic català per a:

- Conèixer perfectament un dels recursos catalans vers la planificació energètica nacional.

- Començar la investigació ara, quan els països capdavanters encara no estan massa avançats respecte a Catalunya, per tal d'evitar els normals desfassaments tecnològics que afecten des de sempre al país.

\* Enginyer Industrial. Departament de Geografia. Facultat de Filosofia i Lletres. Universitat Autònoma de Barcelona (independent)

D'altra part, és necessari que la zona d'estudi no sigui una gran regió, punt que aconsegueix Catalunya, ja que hi ha uns factors que així ho determinen:

- Els microclimes i l'orografia del terreny influeixen en gran manera al vent.

- S'eviten els sempre problemàtics i de vegades poc precisos trasvalsaments d'informació eòlica entre centres meteorològics de diferents zones. (A nivell espanyol caldria passar quasi tota la informació per Madrid).

- Es poden trobar, per a fer l'estudi, persones que coneixen la topografia catalana, cosa difícil si es fa l'estudi des d'una altra regió d'Espanya, és a dir, que coneixen els detalls no inclosos als mapes i que són de gran utilitat per a l'estudi precís del potencial eòlic.

Com a conclusió, i tal com han fet els altres països avançats en la matèria, s'ha de procedir a l'anàlisi de les dades de vent actuals i a l'establiment d'una red de medició eòlica abans de l'estudi, construcció i experimentació de plantes eòliques de producció d'energia a gran escala.

## 3. PLANS A D'ALTRES PAÏSOS.

A continuació s'exposen els plans de prospecció i avaluació dels recursos eòlics de diferents països; per raons de brevetat es citen tan sols alguns punts característics.

### 3.1. França.

A l'octubre de 1946 es posà en marxa el primer aparell de mesura de l'energia màxima aprofitable del vent (rendiment de l'aeromotor del 100%); era un anemòmetre integrador o energímetre, fabricat per la Compagnie des Compteurs de Montrouge i registrava els kwh per metre quadrat; 350 aparells com aquest foren instal·lats a tota França per l'Electricité de France.

L'alçada mitja dels aparells era de 40 metres sobre el nivell del terra, anant des dels 8 metres fins els 350 metres (Torre Eiffel).

El lloc més ventós de tot el país fou Fort Real, situat al Surest de la frontera franco-catalana; registrà l'aparell de mesura una energia anyal de 7.460 kwh/m<sup>2</sup>.

Altres llocs força ventosos foren les costes atlàntiques i cantàbriques.

El mesurar l'energia màxima aprofitable del vent presentà grans avantatges, així com seriosos problemes:

- El cantó positiu fou el coneixement de l'energia real que pot obtenir un aeromotor ideal, factor que registrant el vent no és tan fàcil de determinar.

- El cantó negatiu fou el desconeixement dels valors màxims del vent.

### 3.2. Estats Units.

Les prospeccions eòliques foren fetes primerament per organismes meteorològics (National Weather Service), ja que la red de mesura meteorològica tenia emplaçaments molt favorables.

En canvi, l'estudi del potencial eòlic l'han efectuat diferents entitats.

A l'any 1934, Smith-Putnam avaluà el potencial de la zona Nor-est i provà uns mètodes de mesura realment novedosos, tals com els assatjos, les deformacions de la vegetació als llocs ventosos, etc.

Posteriorment, diferents entitats avaluaren el potencial de tot el país.

A l'actualitat és el Departament of Energy (DOE) qui centralitza totes aquestes accions.

### 3.3. Dinamarca.

El Ministeri de Comerç creà un centre d'investigació energètica, RISO, que, en col·laboració de les Universitats i Entitats privades, canalitzà i investigà totes les tasques fetes des de

principis de segle al camp de l'energia eòlica.

Els punts bàsics del programa oficial, començat l'any 1977, foren els següents:

—Mesures a l'aerogenerador de Gedser de 200 kW i de 20 anys d'antigüitat. El funcionament era ara perfecte.

—Construcció d'aerogeneradors experimentals. Dos a Nibe, de la mateixa potència però de característiques tecnològiques diferents.

—Mesures meteorològiques amb col.laboració amb d'altres entitats i departaments no destinats a la investigació eòlica, per tal de definir el mapa eòlic danès.

Els registres es fan amb anemòmetres; les alçades varien entre els 12 i els 60 metres.

### 3.4. Espanya

Al 1954 es crea la Comisión Nacional de Energías Especiales (CNEE), formant part del Patronato Juan de la Cierva de Investigación Científica y Técnica.

Establí una red de medició dels paràmetres del vent a tota Espanya, en total foren 55 estacions, equipades amb anemòmetre 43, amb energímetre tan sols 7 i amb els dos aparells abans esmentats 5 estacions.

El lloc més ventós del país, segons els registres efectuats, era el situat a Tarifa (Cadis) amb una velocitat mitja anyal de 11,0 m/s, i el de més potència aprofitable fou el Cerro del Cabrito (Cadis) amb 1.419 W/m<sup>2</sup>

Altres zones favorables foren la costa gallega, la de Girona i la vall de l'Ebre.

El problema més gros, segons afirmà Blanco Pedraza, director de la CNER fou el trobar observadors per a les estacions de mesura degut a la gran distància que les separava dels centres habitats.

Junt amb les 105 estacions de mesura del Servicio Meteorológico Nacional, s'avaluà el potencial eòlic espanyol.

Posteriorment, el Centro de Estudios de la Energia ha reprès la tasca de la CNEE, encara que amb no tant d'interès, i ha posat en fase d'estudi la construcció d'un aerogenerador de mitjana potència.

## 4. RECERCA EÒLICA A CATALUNYA

Es pot dir que a nivell de Catalunya la recerca per a l'aprofitament del vent ha estat pràcticament nula.

Les dades de que es disposen procedeixen del desaparegut Servei Meteorològic de Catalunya (SNC), que desenvolupà una tasca de coneixement dels vents de Catalunya científicament molt elevada; del Servicio Meteorológico Nacional; i de la Comisión Nacional de Energías Especiales.

D'aquesta darrera entitat es disposa de les dades de 5 estacions de mesura:

- Montjuïc
- Cap de Begur
- Cap de Creus
- Port Bou
- Mas Sec

Els aparells de mesura que disposaren foren: 3 anemòmetres i 2 energímetres.

Del SMC així com del SMN es disposen les dades de 24 estacions de mesura meteorològiques.

Partint d'aquestes dades, s'han evaluat els recursos eòlics mitjançant la definició del mapa de potències màximes aprofitables (Làmina 1), i la producció i rendibilitat de la instal.lació d'aerogeneradors de gran potència a 24 emplaçaments de Catalunya.

És ben clar que a aquests emplaçaments no hi ha cap dada real del vent i per tant haurien de ser els primers llocs de mesura.

## 5. PLÀ DE RECERCA GENERAL

El coneixement del potencial eòlic i la prospecció són els

primers punts d'un necessari Pla General de Recerca per a Catalunya i que hauria de tenir els següents punts base:

—Anàlisi de les dades eòliques existents per tal de conèixer aproximadament els recursos eòlics.

—Definició d'emplaçaments favorables a la posterior instal.lació d'un aeromotor, i establiment d'una xarxa de mesura a aquests llocs.

—Estudi, construcció i experimentació de centrals eòliques de mitjana potència.

—Creació d'un centre de assaig de petits aerogeneradors per tal de potenciar el mercat.

—Estudi dels problemes lligats a les centrals eòliques de gran potència.

—Construcció de centrals de gran potència per a la producció d'energia.

## 6 AVALUACIÓ DELS RECURSOS EÒLICS

### 6.1. Objectius

Els objectius de l'avaluació han d'esser els següents:

—Coneixement profund dels recursos, amb els mitjans disponibles actualment, ampliant el mapa d'isotaques, el de les potències màximes aprofitables i les perspectives actuals de potència aprofitable.

—Coneixement de les zones i punts geogràfics amb potencial eòlic alt.

—Estudi de l'estructura del vent, tant en alçada com en direcció (longituds d'ona, períodes, etc.) pel posterior desenvolupament tecnològic a aquesta regió.

—Definició d'una metodologia de treball aplicable a qualsevol altra regió.

### 6.2. Metodologia

Per a la distribució eòlica territorial s'afagaran com a fonts d'informació totes les existents:

—Servicio Meteorológico Nacional del Valle del Ebro, amb seu a Barcelona.

—Empreses Públiques de l'INI.

—Empreses Privades.

—Delegacions del Ministeri d'Agricultura.

—Particulars.

Totes les dades es tractaran amb ordinador, optimitzant el mètode de càlcul.

La representació gràfica es farà amb ordinador, definit-se molt més precisament el mètode.

Els emplaçaments s'eligiran segons criteris ja establerts; per a cada tipus d'aeromotor s'obtiniran unes disponibilitats energètiques que seran les de la comarca.

Per a l'estructura del vent es partirà de les dades ja conegudes. Amb els anemogrames actuals i els esforços que poden aguantar les pales es definiran els paràmetres d'interès de l'estructura del vent.

Amb les dades actuals es tindran zones sense informació en quant a espai i en quant a període de registre, que faran disminuir la fiabilitat dels mapes, però, éssent la distribució geogràfica de velocitats no linial i variable anyalment, l'error comès entrarà dins de les variables periòdiques del vent.

## 7. PLÀ DE PROSPECCIÓ

### 7.1. Objectiu

El problema actual de la manca de dades per a cobrir totes les comarques crea la necessitat d'establir un plà que tingui els següents objectius:

—Definició dels paràmetres a registrar.

—Estudi i càlcul de registradors autònoms (Els actuals anemòmetres no són operatius i presenten un fort problema de personal).

—Determinar les partides pressupostàries i el personal necessari.

—Definir el termini de funcionament del pla per a aconseguir els objectius de l'avaluació dels recursos eòlics, i les pautes a seguir durant aquest en cas de divergències entre les estimacions teòriques i les reals que es registren.

## 7.2. Metodologia

La premissa bàsica a emprar en cadascuna de les fases serà la següent:

—Tots els processos de càlcul s'optimitzaran per a una estandarització i posterior aplicació a d'altres regions.

## 7.3. Emplaçaments

Amb el preestudi del potencial eòlic es coneixen les zones favorables. S'analitzaran més emplaçaments dels 24 ja esmentats, fent per cadascun d'ells una fase teòrica i una pràctica de sortida al camp.

## 7.4. Instrumentació

Els paràmetres a registrar seran funció del tipus d'aeromotor a emprar.

S'analitzaran els registradors comercials actuals i, en base a un d'ells o be dissenyant-ne un de nou, es projectarà un registrador autònom que permeti el processament de les dades amb ordinador, ja que la quantitat de mesures (cada hora) així ho requereix.

Pel càlcul del vent en alçada es procedirà com abans.

## 7.5. Costos

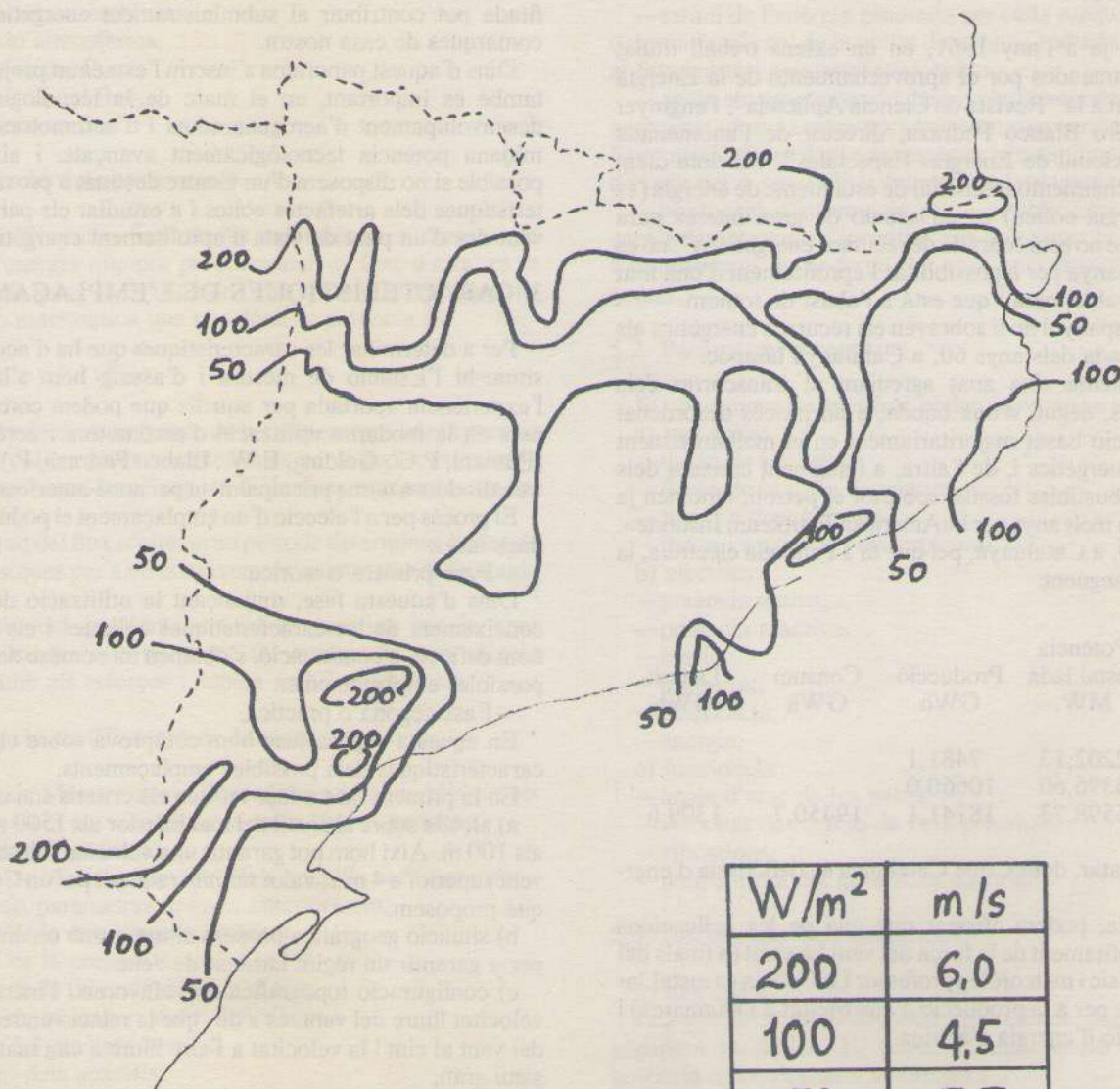
Es calcularan els costos totals i parcials del pla durant el període de funcionament, desglossant-los en les principals parts (despeses d'equip, de personal, de manteniment, etc.) i el finançament.

Es definirà el personal a emprar i les seves característiques, havent de satisfer les necessitats de processament, anàlisi i estudi, de les dades o les observacions als emplaçaments, etc.

## 7.6. Termini de realització del pla

Es calcularà segons els estudis fets a altres països.

LÀMINA 1  
Potència anual màxima aprofitable



Les xifres indiquen potència en W/m<sup>2</sup>

## ESTACIÓ DE MESURA DE PARÀMETRES EÒLICS I D'ASSAIG D'AEROMOTORS I AEROGENERADORS DE PETITA I MITJANA POTÈNCIA

Josep Puig i Boix \*

### 1. OBJECTIU DEL PROJECTE

Aquest projecte es proposa la recerca d'un emplaçament adient per a instal·lar una Estació de Mesura de Paràmetres Eòlics i d'Assaig d'artefactes que aprofitin la força del vent de petita i mitjana potència.

L'objectiu de l'esmentada Estació és, d'una banda, conèixer el fenomen vent des del punt de vista de l'aprofitament energètic i, d'altra banda, disposar de la infraestructura necessària per a possibilitar l'endegament de Programes per a l'Aprofitament de la Força del Vent a Catalunya.

### 2. JUSTIFICACIÓ

Malgrat que ja a l'any 1961, en un extens treball titulat "Problemas planteados por el aprovechamiento de la Energía Eólica" publicat a la "Revista de Ciencia Aplicada", l'enginyer aeronàutic Pedro Blanco Pedraza, director de l'anomenada "Comisión Nacional de Energías Especiales", conclou dient que "el aprovechamiento industrial de esta fuente de energía (es referia a l'energia eòlica) es un asunto de gran interés para nuestro país, que no está sobrado de recursos energéticos", no es va fer res a Espanya per a possibilitar l'aprofitament d'una font d'energia renovable, neta i que està a l'abast de tothom.

Si a l'Estat espanyol no li sobraven els recursos energètics als inicis de la dècada dels anys 60, a Catalunya tampoc.

Aquest problema s'ha anat agreujant al transcórrer dels darrers 20 anys, degut, d'una banda, a un procés desordenat d'industrialització basat majoritàriament en el malbaratament dels recursos energètics i, de l'altra, a l'augment creixent dels preus dels combustibles fòssils, sobretot el petroli, fenomen ja previst des de fa molt anys per l'«American Petroleum Institute».

A l'any 1979, a Catalunya, pel que fa a l'energia elèctrica, la situació era la següent:

	Potència Instal·lada MW.	Producció GWh	Consum GWh	Dèficit GWh
Hidràulica	2202,13	7481,1		
Tèrmica	3396,60	10660,0		
Total	5598,73	18141,1	19450,7	1309,6

Podem constatar, doncs, que Catalunya és deficitària d'energia elèctrica.

D'altra banda, podem afirmar que una de les aplicacions lligades a l'aprofitament de la força del vent ha estat (a finals del segle passat el físic i meteoròleg professor La Cour ja va instal·lar plantes eòliques per a la producció d'electricitat a Dinamarca) i serà la generació d'energia elèctrica.

\* Dr. Enginyer Industrial. Departament de Geografia. Facultat de Filosofia i Lletres. Universitat Autònoma de Barcelona. (independent)

A l'actualitat, la majoria de països considerats avançats (EEUU, Dinamarca, Anglaterra, Holanda, Suècia...), estan desenvolupant ambiciosos programes per a l'aprofitament de l'Energia Eòlica.

Per posar sols un exemple, els EEUU han passat de dedicar-li uns dos milions de dòlars l'any 1973/74, a dedicar-n'hi gairebé 90 l'any 1981, pel que fa a l'energia eòlica. Això sense tenir en compte que durant el mes d'agost del 1980 el Congrés nord-americà va aprovar unes despeses de 900 milions de dòlars per a endegar un programa de demostració d'aerogeneradors, el qual preveu tenir-ne instal·lats 800 MW l'any 1988.

Això s'emmarca dins d'un gran programa que preveu (l'any 2000), amb una demanda d'energia de 95-100 Quads, obtenir-ne un 20% de procedent de la captació de les diverses manifestacions de l'energia solar. El 10% d'aquest 20% hom preveu que sigui d'origen eòlic, i representa aproximadament uns 2 Quads, és a dir, uns  $500 \times 10^9$  KWh/any. Ho pensen assolir amb la instal·lació de 20.000 grans aerogeneradors i una xifra molt més elevada de petits i de mitjans.

Em sembla que a Catalunya hi ha motius suficients per a endegar, abans que sigui massa tard, un Programa d'Aprofitament de la Força del Vent, ja que, com diu el refrany popular:

llevant, xaloc i migjorn,  
llebeig, ponent i mestral,  
tramuntana i gregal:

vet aquí els vuit vents del món.

A Catalunya de vent no ens manca, i és totalment absurd que, si no hi sobren els recursos energètics, continuem menyspreant olímpicament aquesta font d'energia, que convenientment aprofitada pot contribuir al subministrament energètic de moltes comarques de casa nostra.

Dins d'aquest panorama s'inscriu l'esmentat projecte, perquè també és important, en el marc de la tecnologia eòlica, el desenvolupament d'aerogeneradors i d'aeromotors de petita i mitjana potència tecnològicament avançats, i això no serà possible si no disposem d'un Centre destinat a provar les característiques dels artefactes eòlics i a estudiar els paràmetres del vent des d'un punt de vista d'aprofitament energètic.

### 3. CARACTERÍSTIQUES DE L'EMPLAÇAMENT

Per a determinar les característiques que ha d'acomplir per a situar-hi l'Estació de mesura i d'assaig hom s'ha basat en l'experiència aportada per aquells que podem considerar pioners en la moderna utilització d'aeromotors i aerogeneradors (Putnam, P.C., Golding, E.W., Blanco Pedraza, P.) i en recents treballs duts a terme principalment per nord-americans i danesos.

El procés per a l'elecció d'un emplaçament el podem dividir en dues fases:

— Fase primera o teòrica.

Dins d'aquesta fase, mitjançant la utilització de mapes, el coneixement de les característiques eòliques i els criteris que hom defineix a continuació, s'obtenen un nombre determinat de possibles emplaçaments.

— Fase segona o pràctica.

En aquesta segona fase hom comprova sobre el terreny les característiques dels possibles emplaçaments.

En la primera fase o fase teòrica els criteris són els següents:

a) alçada sobre el nivell del mar inferior als 1500 m. i superior als 100 m. Així hom pot garantir una velocitat mitjana anyal del vent superior a 4 m/s, valor mínim requerit per un Centre com el que proposem.

b) situació geogràfica propera al mar, amb un entorn aclarit, per a garantir un règim laminar de vent.

c) configuració topogràfica que afavoreixi l'increment de la velocitat lliure del vent, és a dir, que la relació entre la velocitat del vent al cim i la velocitat a l'aire lliure a una mateixa alçada sigui gran,

d) tenir una velocitat mitjana anyal del vent elevada i unes velocitats extremes per a poder cobrir tota la gama de velocitats de funcionament dels aeromotors i aerogeneradors de petita i

mitjana potència.

e) estar a prop de la xarxa de transport i distribució d'energia elèctrica.

f) tenir bons accessos i estar a prop de les vies de comunicació,

g) disponibilitat de mesures meteorològiques (referents als paràmetres del vent) al possible emplaçament de l'Estació de Mesura i d'Assaig.

Per a la segona fase o fase pràctica, i una vegada definits uns possibles emplaçaments, els criteris seran els següents:

a) comprovació sobre el terreny dels criteris segon i tercer de la primera fase, observant si el pendent és uniforme i lliure d'obstacles en les direccions dels vents dominants,

b) inspecció de l'entorn de cada possible emplaçament mitjançant una observació acurada de les deformacions dels arbres i la vegetació en general ocasionades pel vent.

## 4. ESTACIÓ DE MESURA DE PARÀMETRES EÒLICS

### 4.1. Objectiu

L'objectiu de l'Estació de Mesura serà mesurar aquells paràmetres que defineixen el flux de l'aire, mitjançant una metodologia i uns elements fàcilment repetibles en altres estacions de mesura.

### 4.2. Paràmetres a mesurar

Els paràmetres bàsics que defineixen un flux d'aire són els següents:

- la temperatura ambient,
- la pressió atmosfèrica,
- la direcció del flux,
- la magnitud del flux,
- el gradient vertical.

### 4.3. Justificació dels paràmetres

Donat que l'objectiu final de les mediacions és conèixer la potència i l'energia que pot proporcionar un flux d'aire, es fa imprescindible saber la densitat de l'aire en condicions normals.

La relació matemàtica que ens dona la potència és:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Com que la densitat és funció de la temperatura i de la pressió atmosfèrica, cal conèixer-les totes dues per a poder calcular la potència. També cal conèixer les direccions predominants del vent.

La magnitud del flux d'aire en un període determinat és una de les dades bàsiques per a un coneixement quantitatiu de l'energia eòlica.

L'avaluació del gradient vertical es justifica per la gran variació en mòdul que té. Aquesta variació té una relació quadràtica amb els esforços i cúbica amb les potències.

### 4.4. Descripció de l'Estació de Mesura

L'Estació de Mesura estarà formada per uns aparells situats de forma escaient per a facilitar la tasca que es proposa.

a) Aparalles de mesura.

L'Estació de Mesura disposarà dels aparells necessaris per a la mesura dels paràmetres definits anteriorment:

- mesura de la temperatura ambient,
- mesura de la pressió atmosfèrica,
- mesura de la direcció del flux d'aire,
- mesura de la magnitud del flux d'aire,
- mesura del gradient vertical.

b) Situació dels aparells.

Per a la instal·lació dels aparells de mesura hom disposarà d'un torre fixa i d'una altra mòbil. La localització de la torre fixa es definirà d'acord amb la topografia de l'emplaçament.

## 4.5. Mètodes de mesura

Hom pot diferenciar els tipus de mesures i els períodes de mesura.

a) Tipus de mesures.

Les mesures del flux d'aire es podran realitzar de dues maneres:

—mesures automàtiques, a partir dels registradors i transmeses cap al Centre de Seguiment. Hom les efectuarà durant tot el període de mesura.

—mesures "in situ" de duració limitada mitjançant la intervenció d'operadors.

b) Períodes de mesura.

Els paràmetres eòlics es mesuraran en períodes de temps fixats escaientment. En període de mesura normal hom promitjarà cada 10 minuts, i en períodes de mesura intensiva el promig serà en períodes de temps més curts.

## 5. ESTACIÓ D'ASSAIG D'AEROMOTORS I AEROGENERADORS

### 5.1. Objectius

Els objectius de l'Estació d'Assaig seran els següents:

—subministrament de dades referents als sistemes eòlics comercials, mitjançant la verificació, en condicions reals, dels marges de funcionament especificats pels constructors,

—coneixement exacte del funcionament de les màquines assajades com un servei als petits fabricants de sistemes eòlics,

—estudi de l'energia generada per cada màquina per a poder determinar el cost de la unitat d'energia produïda, com un servei al futur usuari dels artefactes eòlics,

—ajuda als programes de desenvolupament de petits i mitjans aerogeneradors i aeromotors que hom pugui endegar, mitjançant l'adquisició de les dades necessàries i l'establiment de criteris de disseny per a possibilitar futurs desenvolupaments.

—producció d'informació per a establir criteris i nivells de cara a futurs plans d'incentius per a facilitar la introducció de l'aprofitament de la força del vent en l'estructura energètica actual.

### 5.2. Paràmetres a mesurar

Els paràmetres a mesurar poden agrupar-se en tres tipus:

a) mecànics:

- flexió de les pales,
- flexió de la torre de suport,
- parell a l'eix principal,
- flexió i torsió de l'eix principal.

b) elèctrics:

- potència activa,
- potència reactiva,
- tensió,
- intensitat,
- freqüència,
- energia.

c) funcionals:

- angle d'atac de les pales,
- velocitat de rotació de l'eix principal,
- vibracions,
- temperatura del generador elèctric.

### 5.3. Justificació dels paràmetres

a) mecànics:

Les mesures de flexió són necessàries per a garantir la seguretat mecànica. El parell es mesura per a conèixer la potència mecànica dels aeromotors.

b) elèctrics:

Per a conèixer la potència elèctrica de l'aerogenerador i l'energia obtenible en un període de temps donat. També per a

fixar els paràmetres de la placa de característiques.

c) funcionals:

Per al coneixement del funcionament real de l'aparell.

#### 5.4. Descripció de l'Estació d'Assaig

L'Estació d'Assaig treballarà paral·lelament i alhora amb l'Estació de Mesura ja descrita.

a) Aparells de mesura.

Hom disposarà dels transductors necessaris per a poder realitzar les mesures citades.

b) Situació dels aparells de mesura.

Per a la col·locació dels aparells de mesura caldrà disposar d'un nombre determinat de plataformes de prova, per a fixar-hi els aerogeneradors que calgui provar. Les esmentades plataformes tindran les connexions corresponents per a què els senyals mesurats pels sensors puguin arribar al Centre de Seguiment.

Tenint en compte que alguns transductors seran col·locats a les parts mòbils dels artefactes eòlics, caldrà disposar d'un sistema per a transmetre els senyals captats al Centre de Seguiment a través de la part fixa de la màquina eòlica.

#### 5.5. Mètode d'assaig

a) Tipus d'assaig.

Les mesures dels paràmetres de l'artefacte eòlic es podran realitzar de dues maneres:

—mesures automàtiques a partir dels sensors, transmeses cap al Centre de Seguiment on seran processades i emmagatzamades. Hom les realitzarà durant tot el període de mesura.

—mesures "in situ" de duració limitada mitjançant la intervenció dels operadors.

b) Períodes de mesura.

Per a l'assaig continuat d'aeromotors i aerogeneradors serà necessari un període de temps no inferior a un any. Per a l'assaig de característiques d'artefactes comercials el període de temps mínim serà de 3 a 6 mesos; sempre que s'hagin pogut realitzar un nombre mínim de mesures de les velocitats d'arrancada, connexió, nominal i de frenada.

### 6. CENTRE DE SEGUIMENT

La funció del Centre de Seguiment serà de fer de receptor de les dades transmeses des de les Estacions de Mesura i d'Assaig, processant-les convenientment i emmagatzemant-les.

Aquest Centre disposarà d'un miniordenador amb capacitat per a operar i emmagatzemar les dades procedents dels aparells de mesura, així com els resultats dels processos realitzats. Disposarà dels suficients canals d'entrada/sortida per als registradors i sensors que tinguin tant l'Estació de Mesura com la d'Assaig.

# PROJECTE D'INSTAL·LACIÓ D'UNA PLANTA DE GENERACIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA, APROFITANT L'ENERGIA EÒLICA EN L'ALT EMPORDÀ. EMPLAÇAMENT POSSIBLE. TECNOLOGIA UTILITZADA. ESTUDI ECONÒMIC I IMPACTE ECOLÒGIC

Conrad Meseguer i Sebastià \*

## 1. OBJECTIU

El projecte tracta de la metodologia i criteris per a definir un emplaçament a l'Alt Empordà; de les característiques bàsiques de l'aerogenerador, és a dir l'avant projecte; del pressupost orientatiu de la instal·lació, prenent com a referència d'altres instal·lacions estrangeres; i de l'impacte ecològic que pot produir la ubicació d'una central eòlica a la comarca.

## 2. CARACTERISTIQUES TOPOGRÀFIQUES DE LA COMARCA

La comarca de l'Alt Empordà és quasi bé una plana, trencada al Nord pels Pirineus amb una sèrie de pics com el Puig Neulós (1263 m.), el Pic de Salines (1336 m.), etc. al Norest per la Serra de Roses amb el Puig Pani (613 m.), el Puig de Roda (670 m.) i al Sud el Massís de Montgrí amb el Pic de Santa Caterina (309 m.).

Els Pirineus protegeixen un xic a la plana de l'Empordà dels forts vents de Tramuntana; en canvi, afavoreixen la fortalesa d'aquest vent a la Serra de Roses. A la làmina 1 es pot veure el mapa de la comarca i els voltants.

Es considera com zona d'estudi la compresa entre la Punta Falcó i la línia definida pel pic de Bassegoda i el pic de Son Ric.

## 3. DADES EÒLIQUES EXISTENTS

A la comarca de l'Empordà s'han fet alguns registres de vent. És actualment la comarca catalana que de més dades de vent disposa, degut a la importància d'aquest factor dins del seu territori.

Les dades eòliques existents procedeixen de quatre llocs perfectament diferenciats:

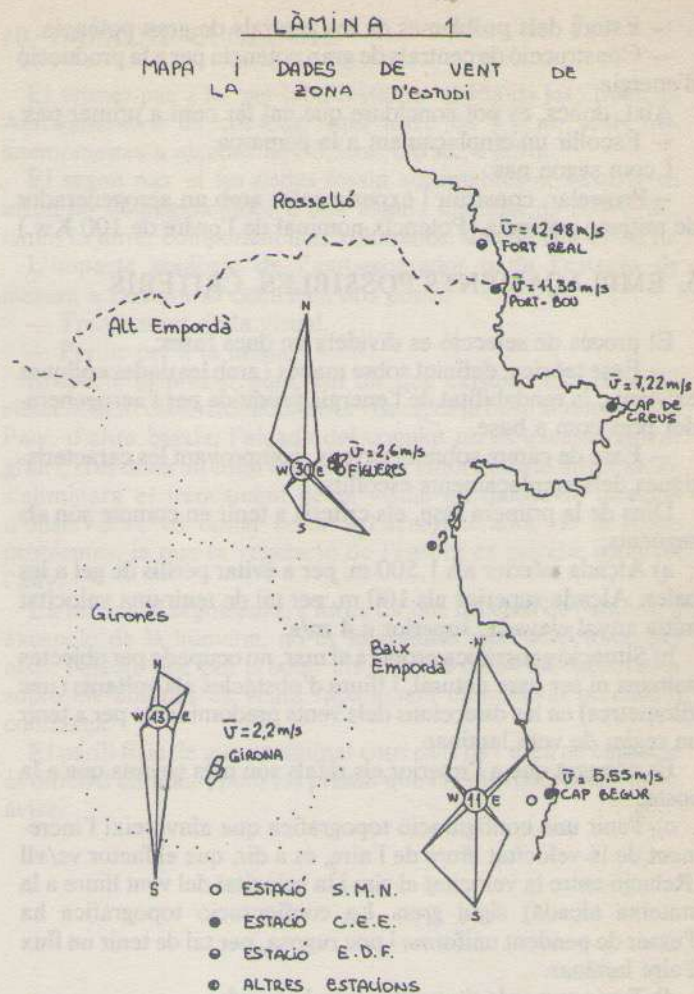
- Servei Meteorològic Nacional (S.M.N.).
- Comissió d'Energies Especials (C.E.E.).
- Electricitat de França (E.D.F.).
- Altres Entitats.

Les primeres s'obtenen de les estacions meteorològiques, a totes llums inadients, ja que la finalitat de les estacions és mesurar els paràmetres que defineixen el clima i no el vent.

Es disposen de dades eòliques de Figueres, molt baixes, degut possiblement a la mala situació de l'anemòmetre. Per motius del projecte, es consideren també les dades de Girona i de Cap Begur. A la làmina 1 es reflecteixen numèricament la velocitat mitja anual i la Rosa dels vents de cada estació. La Comissió d'Energies Especials mesurà a Cap Begur durant cinc anys, a Cap de Creus durant nou anys, a Port Bou durant tres anys, i a Mas Sec durant tres anys i mig. Les dades són a la làmina 1, a excepció de Mas Sec, que registrarà una velocitat de 6,25 m/s.

Electricitat de França començà al 1946 un pla de mesures eòliques a tot el país. Al Rosselló instal·là cinc aparells de registre. Un d'ells situat a Fort Real, sigué el que donà els més alts valors de tota França. En aquests moments sols es disposa de la dada de Fort Real.

\* Enginyer Industrial. Departament de Geografia. Facultat de Filosofia i Lletres. Universitat Autònoma de Barcelona (independent)



Existeixen altres entitats que registren dades de vent a la comarca sense facilitar-les al Servei Meteorològic Nacional. Caldrà cercar aquestes dades, ja que el Ministeri d'Agricultura, per exemple, ho fa a Sant Pere Pescador.

Per a determinar la velocitat mitja anual a llocs on actualment no es disposa caldrà fer els següents processos:

— Estimar teòricament la velocitat del vent, mitjançant el gradient vertical i el coeficient d'increment de la velocitat amb la pendent, ponderada per la Rosa de vents.

— Si els càlculs teòrics són adients, emplaçar un anemòmetre per a registrar durant un període llarg la velocitat i direcció.

## 4. PLA GENERAL DE RECERCA I DESENVOLUPAMENT

El projecte per a l'instal·lació de la planta eòlica a l'Empordà, cal enmarcar-lo dins d'un pla general de recerca per tal de justificar l'emplaçament i l'aerogenerador.

Segons estudis efectuats per R. Bonnefille a l'any 1974, la potència màxima aprofitable a tot el món és de l'ordre de 2,93. 104 GW.

Per a satisfer tot el consum mundial, caldria un aerogenerador per cada dos o tres habitants.

Tot i semblant que a gran escala té poca importància, en certes regions com la del projecte pot ésser molt rendable dins d'un futur molt pròxim.

Per tal d'aprofitar-la, les directrius d'un possible pla haurien de prendre com a bases les següents:

— Anàlisi de les dades existents per tal de conèixer el potencial eòlic.

— Definició de possibles emplaçaments d'aerogeneradors.

— Establiment d'una xarxa de medició eòlica als llocs adients.

— Estudi, construcció i experimentació de centrals eòliques de mitjana potència.

— Creació d'un centre d'assaig de petits aerogeneradors per tal de potenciar el mercat.



- Estudi dels problemes de les centrals de gran potència.
- Construcció de centrals de gran potència per a la producció d'energia.

Així, doncs, es pot concloure que cal fer com a primer pas:

- Escollir un emplaçament a la comarca.

I com segon pas:

- Projectar, construir i experimentar amb un aerogenerador de mitjana potència (Potència nominal de l'ordre de 100 Kw.)

## 5. EMPLAÇAMENTS POSSIBLES. CRITERIS

El procés de selecció es divideix en dues fases:

— Fase teòrica; definint sobre mapes i amb les dades eòliques existents, la rendibilitat de l'energia produïda per l'aerogenerador pres com a base.

— Fase de camp; sobre el terreny, comprovant les característiques dels emplaçaments escollits.

Dins de la primera fase, els criteris a tenir en compte són els següents:

a) Alçada inferior als 1.500 m. per a evitar perills de gel a les pales. Alçada superior als 100 m. per tal de tenir una velocitat mitja anual elevada, superior a 4 m/s.

b) Situació geogràfica propera al mar, no ocupada per objectes humans ni ser parc natural, i lliure d'obstacles als voltants (uns kilòmetres) en les direccions dels vents predominants per a tenir un regim de vent laminar.

Es conegut que a l'interior els ràfals són més sovints que a la costa.

c) Tenir una configuració topogràfica que afavoreixi l'increment de la velocitat lliure de l'aire, és a dir, que el factor  $v_c/v_l$  (Relació entre la velocitat al cim i la velocitat del vent lliure a la mateixa alçada) sigui gran. La configuració topogràfica ha d'ésser de pendent uniforme i poc rugosa, per tal de tenir un flux d'aire laminar.

d) Tenir una velocitat mitja anual elevada.

e) Tenir prop una línia de transport d'energia elèctrica.

f) Tenir bons accessos i estar proper a les línies de comunicació.

g) Cost mínim del kWh produït.

h) Per a ser una central eòlica experimental cal definir el següent criteri addicional, que pot enunciar-se com:

El criteri bàsic de selecció serà el b) i el c) abans que el g).

El motiu d'aquest criteri és el següent: No es coneixen els efectes del vent de l'Empordà a un aerogenerador de mitjana potència i s'han d'evitar els règims de vent turbulents per tal de no tenir fracassos com el de Smith-Putnam al 1945.

A la segona fase els criteris són els següents:

a) Inspecció sobre el terreny dels criteris b) i c) anteriors.

b) Inspecció de l'entorn ecològic de l'emplaçament, observant la deformació dels arbres i matolls. Aquest fenomen defineix clarament si el lloc és adient per a l'aprofitament eòlic.

Cal dir que l'emplaçament escollit després de la segona fase no coincideix, per regla general, amb cap dels previstos a la primera fase.

A la làmina 2 estan assenyalats els possibles emplaçaments de la comarca.

## 6. POTÈNCIA I CARACTERISTIQUES DE L'AEROGENERADOR

Els criteris bàsics d'elecció han de ser:

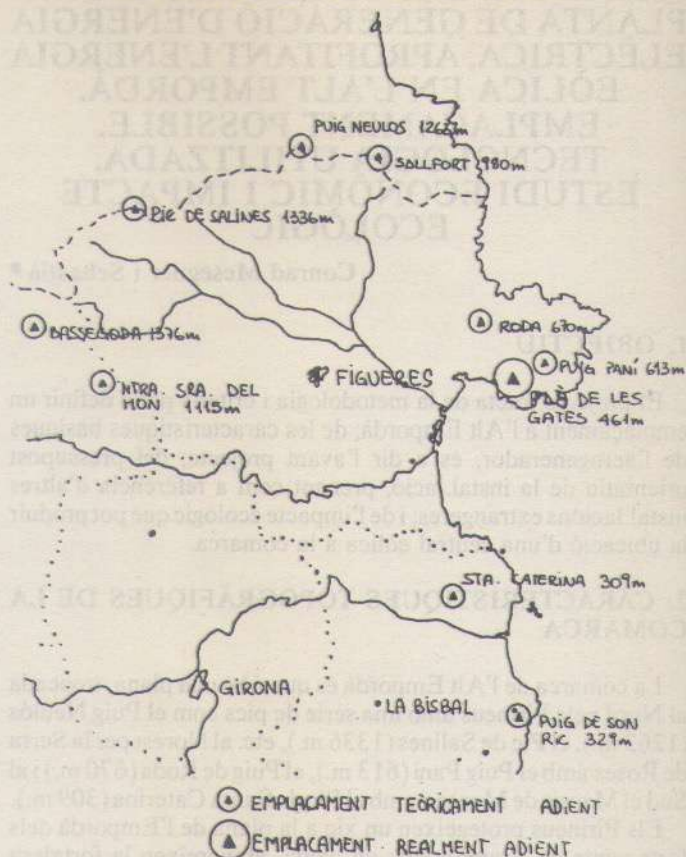
a) Potència reduïda per tal d'evitar problemes de vibracions, grans esforços a les pales, connexió a la xarxa elèctrica, etc. Prenent com a referència els països avançats en el tema (Dinamarca, USA, França, etc.) la potència dels primers aparells experimentals no ha de sobrepassar els 100 kW.

b) Tecnologia provada en altres països. A l'estar tan atrassats respecte als punters, cal escollir com solució més rendible la "imitació" de la seva tecnologia fins tenir la nostra, i sense arribar al mal costum de compra de patents estrangeres.

c) Elecció de paràmetres de l'aerogenerador que donin una

## LÀMINA 2

EMPLAÇAMENTS DE LA ZONA D'ESTUDI



producció de mínim cost.

## 7. ELECCIÓ D'UN EMPLAÇAMENT

Dins de la primera fase i prenent com a referència l'aerogenerador NEYPRIC de 132 kW., instal·lat Saint Remy-des-Landes (França), s'estudià l'any 1978, seguint els criteris esmentats abans, per a tota Catalunya diferents emplaçaments.

De la comarca i voltants, s'estudiaren els pics de Bassegoda, Neulós, Roda i Pani.

El més adient de Catalunya fou Puig Pani; amb una velocitat mitja anual estimada de 5,7 m/s. (És baixa degut al mètode de càlcul conservador), la producció anual es xifra en 0,271 GWh i el cost del kWh produït en 14,48 pts.

Cal dir que al mateix lloc un aerogenerador de les mateixes característiques que el de Tvind (Dinamarca), la potència del qual és de 638 kW, la producció anual fóra de 1,305 GWh i el cost del kWh produït de 4,47 pts.

Dins de la segona fase i a l'estar ocupat per l'Exèrcit Puig Pani, es trobà un emplaçament no previst, anomenat Pla de les Gates. Amb un aerogenerador com el de Neypric i una velocitat estimada de 5,6 m/s., la producció és de 0,267 GWh a l'any i el cost del kWh de 13,91 pts.

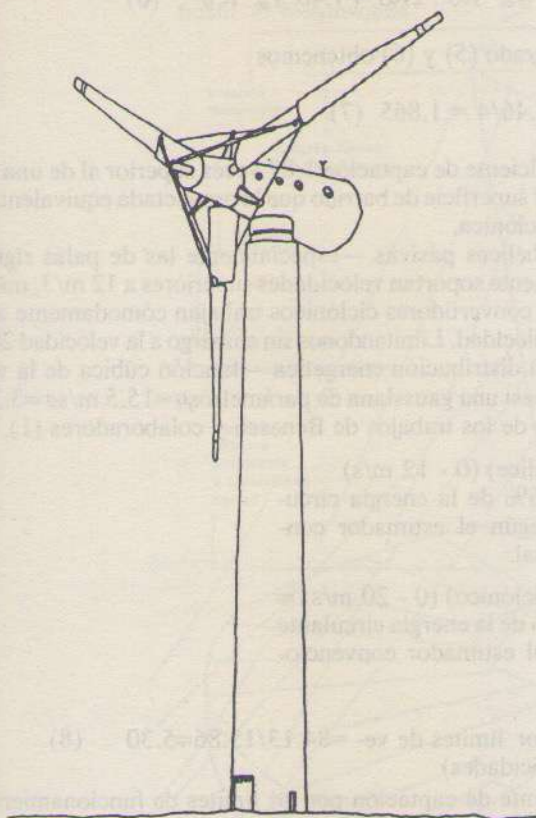
Suposant que la velocitat mitja anual és de 10 m/s., valor molt acceptable, ja que als voltants hi ha llocs amb velocitats més elevades, llavors la producció anual és de 0,356 GWh i el preu del kWh produït de 6,72 pts.

## 8. ELECCIÓ DE L'AEROGENERADOR

Prenent com referència la tecnologia més econòmica i de més bons resultats tècnics com és la danesa, l'aerogenerador definit al projecte efectuat a l'any 1978, té les següents característiques: (làmina 3)

- Potència nominal: 104 kW.

LÀMINA 3  
AEROGENERADOR DE NIBE



### 10. IMPACTE ECOLÒGIC

El primer pas a fer per tal d'instal·lar al Plà de les Gates un Aerogenerador és col·locar una torre de 35 m. amb tres anemòmetres a alçades de 33,5 m., 20 m., i 6,5m.

El segon pas, si les dades fossin acceptables consistiria en instal·lar l'aerogenerador d'una alçada màxima de 33,70 m., tenint la torre, component més voluminós, una alçada de 20 m.

L'impacte ecològic de l'aerogenerador o de l'estació de mesura a l'entorn se centra en dos punts:

- Trencament de la visual.
- Perills per a la fauna.

Respecte al primer punt, cal dir que existeix a la zona un element molt distorsionador de la visual, és la base aèrea de Puig Pani; d'altra banda, l'alçada del conjunt no és excessivament gran i, si es dona un color que integri a l'entorn tota la instal·lació, s'eliminarà el trencament de la visual en qualsevol direcció d'observació. El donar color a l'aerogenerador no té molts problemes, ja que la vegetació de l'entorn és gairebé igual tot l'any.

En relació al segon punt, s'ha de dir que la fauna de l'entorn, a excepció de la humana, no és migratòria sinó autòctona; per això, l'efecte que pot produir els primers dies l'aerogenerador sobre els animals es veurà ràpidament eliminat al prendre-li confiança.

El perill físic de que un animal entri dins de l'àrea de captació és difícil d'eliminar, però cal pensar que l'instint dels ocells ja els avisa.

- Velocitat nominal: 10,4 m/s.
- Captador: Aeromotor tripala. A definir el sistema de regulació entre els dos sistemes emprats a Nibe. No es consideren adients els captadors bipales pels problemes que els dona als americans.
- Diàmetre: 27,39 m.
- Perfil aerodinàmic: Sèrie Naca 23000, amb variació de corda i pas.
- Generador elèctric: Trifàsic asincron.
- Revolucions nominals: 6,28 rad/s.
- Torre: Alçada 20 m., tubular de formigó armat.

### 9. PRESSUPOST

Prenent com a referència els aerogeneradors construïts darreterament al món, el pressupost de l'aerogenerador de 104 kW s'estima en trenta-cinc milions de pessetes.

Aerogenerador	País	Pote. Nominal (kW)	Cost referència (pts/kW inst.)
Nibe	DK	630	144.000
Ouessans	F	100	233.000
MOD-O	USA	100	425.000
Tvind	DK	1725	45.000

Sense incloure la mà d'obra dels estudiants.