

## Patologie animali associate all'esposizione a campi elettrici e magnetici a 50/60 Hz: descrizione di un caso

Paola DE NARDO (a), Maria Cristina ISAIA (b), Riccardo ORUSA (c)  
e Susanna CERRUTI SOLA (b)

(a) Laboratorio di Igiene Ambientale, Istituto Superiore di Sanità, Roma  
(b) Dipartimento Produzioni Animali, Facoltà di Medicina Veterinaria,

Università degli Studi, Torino

(c) Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta, Aosta

**Riassunto.** - Vengono descritte le manifestazioni cliniche e i casi di mortalità osservati in animali allevati in una struttura in prossimità di due linee ad alta tensione in provincia di Aosta. Preliminariamente all'esame in dettaglio del caso riportato vengono esaminate le conoscenze derivanti dalla letteratura scientifica internazionale. Obiettivo del presente contributo è considerare in che misura l'evidenza di patologie spontanee negli animali può costituire una fonte di informazione utilizzabile per la valutazione del rischio associato ai campi magnetici a 50 Hz.

*Parole chiave:* patologie animali, campi elettrici e magnetici a 50/60 Hz, esposizione.

**Summary (Animal diseases associated with 50/60 Hz electric and magnetic fields: case reports).** - Symptoms of diseases and mortality observed in animals bred near two high-voltage electric transmission lines in the district of Aosta are described. Preliminarily the international scientific literature on this subject is considered. The goal of the present paper is to determine the value of the animals with spontaneously occurring diseases as comparative model for risk assessment associated with 50 Hz magnetic fields.

*Key words:* animal diseases, 50/60 Hz electric and magnetic fields, exposure.

### Introduzione

Nell'ambito della valutazione dei possibili rischi a lungo termine associati all'esposizione a campi elettrici e magnetici a 50/60 Hz, l'esame dei dati forniti dagli animali riveste un duplice interesse, sperimentale ed epidemiologico.

Sul piano sperimentale, gli studi *in vivo* su animali da laboratorio forniscono un sistema integrato nel quale possono essere controllate le variabili sperimentali, possono essere esplorate specifiche ipotesi e si può precisamente stimare l'esposizione. Tale approccio sperimentale è risultato tuttavia inefficace nell'identificazione di alcuni agenti che si sono manifestati in seguito cancerogeni per l'uomo.

La materia è stata recentemente passata in rassegna dal gruppo di esperti del National Institute for Environmental Health Sciences (NIEHS) [1], che ha prodotto un rapporto dal quale risulta che l'evidenza di cancerogenicità da esposizione a campi elettrici e magnetici a 50/60 Hz appartenenti all'intervallo delle frequenze estremamente basse (ELF) è debole ed "inadeguata" per gli animali da laboratorio mentre nel complesso sostiene per l'uomo l'ipotesi della rilevanza eziologica di tali esposizioni, pur senza giungere alla possibilità di formulare una valutazione di nesso causale certo.

Sugli animali da laboratorio sono stati investigati anche gli effetti non cancerogeni dei campi elettrici e magnetici ed elettromagnetici su diversi sistemi e tessuti di alcune specie da laboratorio: sistema immunitario, nervoso, endocrino, riproduttivo, sangue e tessuto osseo. Viene in particolare evidenziata una alterazione dei livelli di melatonina nei roditori esposti ai campi elettrici e magnetici ed una forte interazione per quanto concerne gli effetti di tali campi sulla osteogenesi. Il gruppo di lavoro del NIEHS non può tuttavia concludere che tali campi possano influire sul tessuto nervoso e sui sistemi riparativi del tessuto connettivale dei vertebrati.

In generale i modelli sperimentali usati per studiare le interazioni con i campi elettromagnetici sono stati per lo più guidati da metodologie e *end-points* sviluppati per stimare gli effetti di farmaci, di sostanze chimiche e di radiazioni ionizzanti ed è auspicata l'utilizzazione di altri approcci oltre a quelli usati sinora.

Sul piano epidemiologico in risposta alle pressanti preoccupazioni degli allevatori soprattutto di bovini, negli ultimi 20 anni sono stati effettuati alcuni studi epidemiologici volti a verificare i possibili effetti avversi dovuti al voltaggio indesiderato (*stray voltage*) all'interno di allevamenti intensivi tecnologicamente avanzati e a campi elettrici e magnetici presenti in misura diversa in prossimità di linee di trasmissione di corrente

ad alto voltaggio continua o alternata che costituiscono il tema di questo articolo; per una recente rassegna di questi studi si rinvia ad Anderson [2].

Ai risultati ottenuti da questi studi epidemiologici condotti sul campo si può riconoscere unicamente un valore indicativo sebbene non trascurabile. Va ricordato che la caratteristica comune a tutti i migliori studi americani e svedesi che hanno esaminato il potenziale impatto delle linee a corrente continua o alternata su popolazioni animali è quella di aver utilizzato essenzialmente informazioni fornite dagli allevatori o provenienti da banche dati ed aver valutato dei parametri che spesso offrono una alta sensibilità ma una debole specificità come la produzione di latte o gli indicatori di fertilità. Questo deriva dal fatto che il quesito posto dagli allevatori è in prima istanza un quesito di ordine economico più che sanitario, l'interesse è rivolto essenzialmente a vagliare se l'esposizione possa alterare le produzioni degli animali più che causare effetti sanitari avversi negli stessi. Gli studi che utilizzano una raccolta dati dei parametri produttivi e riproduttivi sono più economici e di più facile esecuzione degli studi volti ad indagare in modo più specifico le alterazioni di comportamento, lo stress, lo stato immunitario, il quadro endocrino e/o le patologie a questi connesse che necessitano di protocolli di indagine più sofisticati ed articolati. Un tentativo in tal senso si ravvede nel recente studio di Zeni *et al.* [3] volto a utilizzare l'alta sensibilità genotossica dei linfociti bovini rispetto a quelli umani, per valutare, attraverso il test dei micronuclei, i possibili effetti genotossici in soggetti esposti.

### Descrizione del caso

Le ricerche sulla valutazione degli effetti dei campi elettrici e magnetici a frequenze estremamente basse (ELF) su allevamenti di animali da cortile come polli, conigli o porcellini d'India (cavie peruviane) non sono note e non esiste pertanto una letteratura di riferimento.

#### *Storia*

Dal dicembre 1998 i proprietari di un piccolo allevamento ad uso familiare di polli, conigli e cavie evidenziano alterazioni nel comportamento, nella crescita e nelle capacità riproduttive fra alcuni animali di loro proprietà.

Gli animali presenti nell'area oggetto del caso, in quel periodo erano approssimativamente:

- 27 galline ovaiole (incroci *Rhode island*) di età compresa tra gli 8-24 mesi;
- 60 polli da carne (incroci *Plymouth rock*) presi ad 1 giorno d'età ad ottobre 1998;
- 20 conigli (1 maschio e 3 femmine con 16 nati nel periodo di gennaio).
- 2 cani meticcii rispettivamente di circa 9 anni e 1 anno di età.

L'allevamento ad uso familiare si trova presso un'abitazione sita in località Priod, comune di Hone, provincia di Aosta. Si tratta di una costruzione ubicata sul versante della montagna, realizzata in gran parte in pietra locale con due locali al piano terra adibiti a stalla dove trovano ricovero i polli all'ingrasso, i conigli e le cavie. Più in alto c'è un pollaio costruito sempre in pietra dove sono allevate le galline ovaiole. La casa ed il pollaio si vengono a trovare, da novembre 1998, all'interno di un angolo formato dai tralicci di due linee ad alta tensione, una appartenente all'elettrodotto Covalou-Montestrutto (132 kV) e l'altra, preesistente alla costruzione dell'abitazione, appartenente all'elettrodotto Valpelina-Leni (220 kV).

L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) di Aosta il 26 gennaio 1999 effettua le misure di campo magnetico ed elettrico in alcuni punti all'esterno ed all'interno della casa, per stimare i livelli di esposizione della famiglia che vi risiede. Tali misure, che non corrispondono quindi necessariamente ai siti frequentati dagli animali, sono comprese fra 0,39 µT nell'area in prossimità del barbecue (più lontana dalla casa) e 0,58 µT della camera da letto sita approssimativamente sopra la stalla. Sul balcone della camera da letto (punto più vicino ai conduttori in cui si rilevano i valori massimi) il livello dell'induzione magnetica è di 0,9 µT. Sulla base della segnalazione iniziale dei proprietari e considerando che i livelli di induzione magnetica rilevati, pur essendo inferiori ai livelli di riferimento raccomandati per la popolazione dagli organismi internazionali di radioprotezione per la prevenzione degli effetti acuti, corrispondenti a 100 µT (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 1998) [4] sono degli stessi ordini di grandezza di quelli che la ricerca epidemiologica ha messo in relazione con l'insorgenza di possibili effetti a lungo termine [1], la Regione Valle d'Aosta in data 27/5/1999 ha inoltrato una richiesta di parere all'Istituto Superiore di Sanità. A seguito di tale richiesta è stata avviata un'indagine *ad hoc* nell'ambito della linea di ricerca "Patologie spontanee degli animali domestici: un modello in epidemiologia ambientale veterinaria", svolta in collaborazione dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte Liguria e Valle d'Aosta, Dipartimento di Aosta, dal Dipartimento Produzioni Animali della Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Torino e dall'Istituto Superiore di Sanità. I dati raccolti in questa ricerca possono essere riassunti come segue.

#### *Rilievi clinici*

I proprietari riferiscono di aver notato una mancata crescita dei polli all'ingrasso e dei conigli pur rimanendo invariata la qualità e quantità del cibo assunto. Questo dato non ha interrotto tuttavia l'utilizzazione per uso

alimentare dei soggetti abbattuti fino a quando alcuni polli (5-6) e conigli (3-4) sono venuti a morte spontaneamente. All'esame autoptico, eseguito dai proprietari, come è abitudine per chi alleva animali da cortile per uso proprio, il cuore di questi soggetti appariva più grande del solito ed i testicoli apparivano estremamente sviluppati od al contrario ipotrofici, mentre nei conigli il fegato, in particolare, appariva più grande e di colorito più scuro. Il rinvenire questi quadri ha insospettito i proprietari, che avevano sottovalutato in precedenza il fatto che i polli e i conigli non crescessero come nel passato o che manifestassero un comportamento insolito, tanto da iniziare a riferire le "anomalie" riscontrate alle strutture di competenza. I polli apparivano disorientati all'uscita dal ricovero ed alcuni presentavano torsione transitoria del collo. I conigli stabulati nella stessa stalla al piano terra dell'abitazione sembravano storditi quando posti a terra, ed avevano la tendenza a raggrupparsi nell'angolo est-sud della stalla invece che fuggire e nascondersi come l'esperienza aveva in precedenza fatto notare.

Tali manifestazioni non vengono riscontrate nelle ovaiole che sono stabulate in un altro ricovero che ha la stessa esposizione ma è sito più in alto e risulta più distante dalla casa.

Contemporaneamente a queste manifestazioni i proprietari stessi cominciano ad accusare dei disturbi e decidono di conseguenza di lasciare la casa (febbraio '99), in attesa di definire se l'attivazione della nuova linea a 132 kV possa costituire la causa dei loro disturbi. Gli animali rimangono presso l'abitazione e vengono accuditi due volte al giorno, non si inseriscono per il momento nuovi animali ed i soggetti che vengono a morte sono inviati all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale ed all'Università di Torino per gli accertamenti diagnostici.

Ad aprile '99 vengono inserite tre cavie, una femmina, un maschio ed una femmina gravida da cui nascerà un solo soggetto con una malformazione a carico dell'apparato urogenitale. Imputando l'infertilità ai soggetti presenti vengono introdotti un nuovo maschio e due femmine. In autunno c'è qualche parto ma tutti i cuccioli muoiono dopo 3-4 ore dalla nascita tranne uno, ancora in vita, che appare più piccolo del normale. Ad agosto vengono acquistati 10 polli di un mese di età ed immessi nella stalla per verificare se la moria si ripete. Nove soggetti muoiono presentando, oltre ai quadri clinici precedentemente segnalati, delle tumefazioni a carico delle articolazioni del tarso e nella zona del petto a livello sternale. Nel cortile della casa vivono anche due cani uno di circa nove anni di età e l'altro di un anno. Avendo notato che il cane giovane presentava un sensorio depresso, scarso appetito e segni di congiuntivite i proprietari decidono di portarlo nella nuova abitazione, e riferiscono che lontano dalla casa il cane riprende la sua normale vitalità ma che i sintomi si

ripresentano dopo circa 3-4 ore di permanenza nella casa che i proprietari continuano a frequentare per accudire gli animali o svolgere attività agricole.

Fra le altre evidenze riferite i proprietari segnalano la sparizione dei topi che infestavano in gran numero la cantina ed il magazzino del mangime e la forte riduzione degli uccelli, soprattutto merli e gazze, presenti in abbondanza negli anni passati.

#### Rilievi anatomo-istopatologici

Gli esami autoptici effettuati presso l'Università di Torino sugli animali nell'arco di un anno (aprile 1999-aprile 2000) sono stati in totale 25, e hanno rilevato quadri polimorfi a carico di vari organi. Non è stato possibile utilizzare tutti i primi campioni, che erano rappresentati da organi fissati in formalina (fegato, cuore, milza), preparati dal proprietario, in quanto buona parte di essi era in cattivo stato di fissazione. I campioni successivi erano invece rappresentati da animali (polli, conigli, cavie), morti spontaneamente. I soggetti esaminati non si presentavano molto omogenei, pur provenendo dallo stesso allevamento; taluni erano in condizioni molto scadenti al limite della cachessia, altri invece si presentavano in buono stato di nutrizione. L'età variava da 30 giorni a 6-7 mesi per i polli mentre la cavia poteva avere circa 30 giorni.

A livello oculare non si apprezzavano lesioni particolari, né tanto meno si evidenziavano gonfiore o segni di lacrimazione lamentati dal proprietario. Nell'anamnesi riportata dal proprietario venivano segnalati anche fenomeni di gonfiore alle articolazioni tarsali, tale gonfiore è stato riscontrato solo in un soggetto di quelli esaminati, l'esame batteriologico dell'essudato non ha evidenziato alcun agente eziologico. Un soggetto presentava una tumefazione a livello sternale, che ha rivelato una degenerazione del muscolo pettorale profondo, associata a fibrosi linfo-istiocitaria. In un altro soggetto si evidenziavano invece lesioni cutanee a livello degli arti posteriori, che all'esame istologico si rivelavano noduli costituiti da essudato a componente eterofilica, circondati da una reazione fibrosa periferica. L'esame autoptico ha messo in luce quadri polimorfi, non ascrivibili ad una eziologia specifica. Dato da sottolineare però era la presenza nella quasi totalità dei polli esaminati, di epatomegalia di entità variabile, accompagnata da splenomegalia. Alcuni animali presentavano inoltre massicce infestazioni parassitarie, responsabili di grave enterite. I parassiti in causa, Nematodi (*Ascaridia galli* ed *Heterakis gallinæ*), Cestodi (*Railletina* spp.) e Protozoi (*Eimeria* spp.), avevano determinato infestazioni di entità variabile; alcuni animali presentavano infestazioni miste, mentre altri erano colpiti da un solo tipo di parassita. Anche in un coniglio si è riscontrata un'infestazione parassitaria da *Cysticercus pisiformis*.

A carico dell'apparato respiratorio sono stati riscontrati fenomeni di aerosacculite fibrinosa accompagnata in un soggetto da endocardite ulcero-poliposa, in altri due da pericardite fibrinosa e, in un terzo da tracheite catarral-emorragica con congestione polmonare.

Due cavie presentavano entrambe idropericardio, in una di esse questo era associato a idrotorace e congestione meningea, mentre nell'altra si aveva ipertrofia concentrica del cuore sinistro.

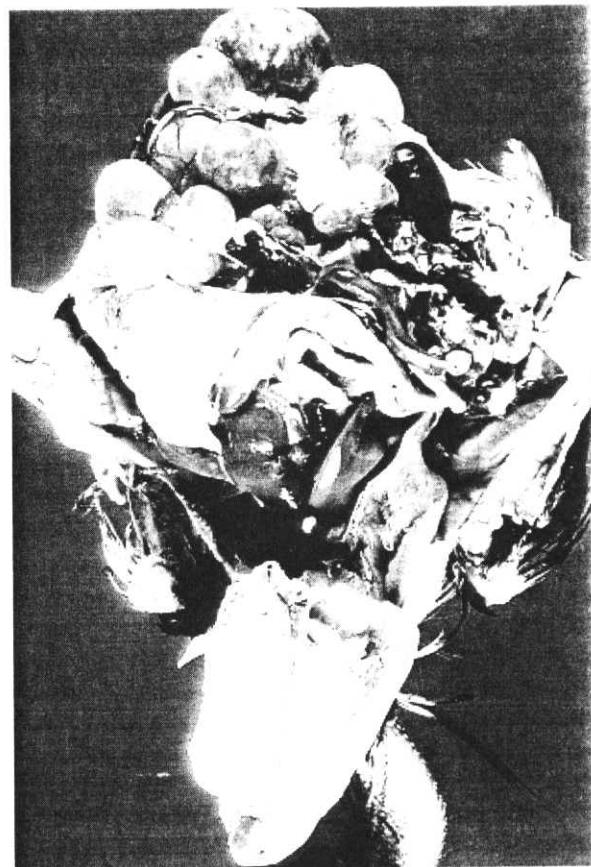
In due polli, un maschio e una femmina, era evidente una marcata ipertrofia a carico dell'apparato riproduttore (Fig. 1 e 2). Nel maschio i testicoli erano enormemente aumentati di volume, mentre nella femmina si aveva degenerazione con ipertrofia dei follicoli ovarici, taluni con contenuto emorragico, altri ripieni di liquido citrino. Altre due femmine avevano un adenocarcinoma ovarico e liquido ascitico in cavità celomatica. Una cavia presentava invece un quadro di ermafroditismo completo.

Anche a livello istologico i quadri rilevati avevano un aspetto polimorfo, non imputabile ad un unico agente causale. In un soggetto adulto era presente un'epatopatia cronica con fenomeni fibrotici e a livello splenico una deplezione linfoide. In altri campioni si osservava steatosi epatica mentre in altri ancora era più marcata l'iperplasia associata anche a epatite a focolai. In un altro animale si rilevava iperplasia associata però a flogosi perivasale e focolai necrotici a livello splenico. Nel soggetto con endocardite ulcero-poliposa, la milza mostrava fenomeni necrotico-infartuali.

Tre campioni (cuore, arti posteriori e muscolo pettorale) di polli sono stati esaminati dall'Istituto Zooprofilattico di Torino. Dall'esame istologico, effettuato sul cuore, sulla cute degli arti e sul tessuto muscolare, si evidenzia rispettivamente: una miocardite a componente istiocitaria associata a degenerazione del miocardio; noduli costituiti da essudato a componente eterofilica con reazione fibrosa periferica; degenerazione del muscolo pettorale profondo associata a flogosi linfo-istiocitaria.



**Fig. 1.** - Anomalo aumento di volume dei testicoli in un pollo maschio.



**Fig. 2.** - Ovaio cistico e molto aumentato di volume in una gallina.

### Considerazioni conclusive

Alla luce di quanto esposto si possono formulare alcune considerazioni conclusive.

Sebbene il quadro nel suo polimorfismo non offra elementi atti a stabilire un nesso causale con l'esposizione a fonti di campo magnetico di valori corrispondenti a quelli misurati in prossimità dell'abitazione oggetto di questo contributo alcuni elementi risultano degni di nota.

In assenza di criteri e test diagnostici appropriati in questo campo di indagine i quadri evidenziati hanno un valore speculativo per formulare ipotesi di indagini future.

I livelli del campo magnetico ed elettrico mostrano quei valori che sono di poco superiori a quelli presenti in una tipica abitazione di una città industrializzata e confrontabili a quelli per i quali sono stati segnalati nell'uomo possibili effetti avversi, e sono quindi oggetto d'interesse della comunità scientifica.

L'insieme dei quadri manifestati quali: infertilità nelle cavie, la remissione della sintomatologia nel cane all'allontanamento dall'abitazione, la presenza di cuori

ipertrofici e infartuati ha un carattere di interesse anche se non può essere supportato da precisi riferimenti a sintomatologie e quadri anatomo-istopatologici sovrapponibili in letteratura.

Degno di nota appare anche l'allontanamento degli uccelli e dei topi anche se al momento tale rilievo può avere solo un valore descrittivo.

Un'ultima osservazione critica riguarda il ruolo dei proprietari dell'allevamento nell'evidenziazione dell'episodio qui descritto. Ad una prima lettura potrebbe infatti sembrare che il proprietario abbia esternato in modo eccessivo le proprie convinzioni sulla relazione causa-effetto fra esposizione a campi magnetici ed insorgenza di patologie animali, riferendo ai ricercatori le proprie osservazioni con parzialità. Questa eventualità può tuttavia venire ragionevolmente esclusa sulla base di tre principali considerazioni. In primo luogo è opinione condivisa che negli studi di epidemiologia ambientale (umana ma anche veterinaria) il ricercatore debba acquisire gli input che gli arrivano dalla comunità interessata, salvo poi valutarli con indipendenza [5]. Inoltre si riconosce in modo crescente che possono giungere al ricercatore utili spunti sia dalle esperienze che la popolazione gli trasferisce, sia da nuove informazioni portate alla luce dai non addetti ai lavori [6]. Infine, con riferimento alla problematica specifica degli effetti neurocomportamentali dei campi a 50-60 Hz, una recente indagine svolta in Nuova Zelanda ha mostrato che le opinioni preesistenti di soggetti in studio non contribuiscono significativamente alla loro percezione di eventuali disturbi soggettivi [7]. L'esigenza di disporre di informazioni più precise giustifica quanto mai la raccomandazione di realizzare uno studio volto a verificare la riproducibilità degli eventi osservati e riferiti secondo un protocollo *ad hoc* da definire che comprenda anche la valutazione di altre cause eziologiche note. Si auspica inoltre di identificare nella zona una serie di altri siti caratterizzati dalla presenza di fonti di campi magnetici a basse frequenze, che abbiano insediamenti di animali, per procedere ad una valutazione più consistente di eventuali effetti avversi. Un'analisi approfondita del territorio limitrofo, particolare per la presenza di magnetite (ossido di ferro naturalmente magnetico), permetterebbe inoltre di valutare un'even-

tuale modifica del campo magnetico statico ed approfondire le conoscenze sui possibili effetti sugli organismi animali in seguito all'esposizione combinata a campi a 50 Hz e campi statici.

#### *Ringraziamen*

Si ringraziano per il prezioso contributo alla stesura del lavoro e alla discussione dei temi trattati Pietro Comba, Direttore del Reparto di Epidemiologia Ambientale dell'Istituto Superiore di Sanità, Giovanni Agnesod Responsabile dell'ARPA di Aosta, Alessandro Polichetti del Laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità e Fabrizio Maria Gobba dell'Università di Modena.

*Ricevuto il 10 luglio 2000.*

*Accettato il 31 ottobre 2000.*

#### BIBLIOGRAFIA

1. NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL HEALTH SCIENCES. 1998. *Report on health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields*. National Institute of Health, Bethesda. (NIH Publication, 98-3981).
2. ANDERSON, L.E. 2000. EMF responses in farm animals. In: *Proceedings of an international seminar on effects of electromagnetic fields on the living environment*. Ismaning, Germany, October 4-5 1999. R. Matthes, J.H. Bernhardt & M.H. Repacholi (Eds). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Germany. (ICNIRP 10/2000). p. 51-56.
3. ZENI, O., BISCEGLIA, B., LIOI, M.B., BARBIERI, R., SANTORO, A. & SCARFI, M.R. 2000. Evaluation of biological effects induced in cattle living near electromagnetic sources. In: *Abstract book of 22. annual meeting of bioelectromagnetics society*. Monaco di Baviera, 11-16 giugno 2000. p. 287-288.
4. INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). 1998. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields. *Health Physics* **74**(4): 494-520.
5. SOSKOLNE, C.L. & LIGHT, A. 1996. Towards ethics guidelines for environmental epidemiologists. *Sci. Total Environ.* **184**: 137-147.
6. TURNEY, J. 1996. Public understanding of science. *Lancet* **347**: 1087-1090.
7. BEALE, I.L., PEARCE, N.E., CONROY, D.M., HENNING, M.A. & MURRELL, K.A. 1997. Psychological effects of chronic exposure to 50 Hz magnetic fields in human living near extra-high-voltage transmission lines. *Bioelectromagnetics* **18**: 584-594.