



Auto, auto ibride

Data:

26 ottobre 2016

In un'automobile possono formarsi campi elettromagnetici (CEM) a bassa frequenza relativamente intensi, generati principalmente da elementi d'acciaio magnetizzati inseriti negli pneumatici. Altri campi magnetici sono prodotti dall'accensione, dalla dinamo, dal climatizzatore ecc.



Le auto ibride sono dotate di un motore a combustione e di un motore elettrico. Il sistema di trazione trasforma in energia elettrica l'energia cinetica in eccesso prodotta in frenata o in fase di rilascio. Tale energia viene utilizzata dal motore elettrico a sostegno del motore a combustione per la trazione dell'automobile. Le correnti che attraversano il circuito elettrico dell'automobile generano campi magnetici.

Effetti sulla salute

Vi sono ancora incertezze in merito agli effetti sulla salute in caso di esposizione prolungata ai campi magnetici a bassa frequenza. Non sono invece da attendersi conseguenze a breve termine. In Svizzera, coloro che desiderano mantenere al minimo l'esposizione ai campi magnetici a scopo di prevenzione personale possono fare demagnetizzare gli pneumatici dell'automobile presso alcune officine specializzate.

I livelli dei campi magnetici, generati dalla trazione ibrida, misurati nell'abitacolo di due auto ibride sono di molto inferiori ai valori limite oltre ai quali sono noti gli effetti sulla salute.



1 Dati tecnici

Auto

Diversi componenti dell'automobile necessitano di energia elettrica. Questa è fornita dalla batteria quando il veicolo è fermo e dalla dinamo, che trasforma energia meccanica in corrente elettrica, quando è in moto. La corrente che circola nei cavi e negli elementi conduttori del veicolo genera un campo magnetico a bassa frequenza. Dato che il telaio viene utilizzato come un conduttore neutrale, la corrente elettrica circola anche attraverso quest'ultimo, generando a sua volta un campo magnetico a bassa frequenza.

Gli elementi d'acciaio nei pneumatici sono magnetizzati, probabilmente durante il processo di fabbricazione. Quando l'automobile è ferma, gli pneumatici generano un campo magnetico statico e quando è in moto un campo magnetico a bassa frequenza.

Nella tabella 1 sono elencate le sorgenti di campi elettromagnetici nell'automobile. Oltre alla frequenza di base indicata, sono generati campi magnetici anche in presenza di frequenze armoniche più elevate (multipli). Quale riferimento è indicato pure il valore limite raccomandato dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP). Tale valore dipende dalla frequenza del campo magnetico.

Tabella 1: diverse sorgenti di CEM all'interno dell'automobile e le loro frequenze di base [1].

Sorgente	Frequenza (Hz)	Valore limite ICNIRP (μ T)
Riscaldamento del sedile	0	40'000
Pneumatici (80 km/h)	10-12	500
Ventilatore	~15	334
Accensione	~35	143
Impianto per l'aria condizionata	~500	6,25
Pompa di benzina	~600	6,25
Dinamo	~1200	6,25

Auto ibride

Le auto ibride dispongono di un motore a combustione, responsabile della principale attività di trazione, e di un motore elettrico, che coadiuva il motore a combustione nella sua funzione.

A differenza di quelle convenzionali, le auto ibride trasformano l'energia inutilizzata durante la marcia in energia elettrica. L'energia non utilizzata è generata in frenata e in fase di rilascio, quando il motore gira con la marcia inserita senza accelerare.

In questi casi, l'auto in movimento aziona il motore elettrico, che da questo momento in poi funge da generatore. A seconda del tipo di percorso, il motore elettrico passa continuamente dalla modalità di funzionamento come motore a consumo energetico a quella di generatore a produzione energetica.

L'energia elettrica viene accumulata in una batteria. Date le notevoli dimensioni, questa viene spesso



inserita nel bagagliaio, a ridosso dei sedili posteriori.

Il motore elettrico e la batteria sono collegati con un cavo elettrico. Le correnti elettriche che passano nel motore, nel cavo e nella batteria durante la marcia generano campi magnetici. Dato che il cavo e la batteria sono situati vicino all'abitacolo, c'è la possibilità che una parte di questi campi penetri nell'abitacolo.

2 Misurazioni dell'esposizione

Auto

Nell'ambito di uno studio [1] sono stati misurati i campi magnetici a bassa frequenza (5-2000 Hz) su tutti i quattro sedili in sette automobili ferme con motore e aria condizionata accesi. Il valore dell'esposizione di tutto il corpo è risultato dalla somma ponderata delle misurazioni nella zona delle caviglie, delle ginocchia, del bacino, del petto e del capo. Dato che le misurazioni sono state effettuate a veicolo fermo, non sono compresi i campi magnetici generati dagli pneumatici.

Tabella 2: campi magnetici (5-2000 Hz) ai quali è esposto il corpo [1].

Champo magnetico (μT)	Auto 1	Auto 2	Auto 3	Auto 4	Auto 5	Auto 6	Auto 7
Sedile anteriore sinistro	0,11	0,12	0,15	0,22	0,14	2,6	3,2
Sedile anteriore destro	0,15	0,13	0,33	0,37	0,11	1,1	0,78
Sedile posteriore sinistro	0,04	0,06	0,03	0,03	0,06	2,4	4,0
Sedile posteriore destro	0,1	0,11	0,04	0,04	0,03	1,3	1,5

Nei veicoli in cui la batteria è posizionata anteriormente (auto 1-5), i campi magnetici misurati sono d'intensità molto bassa. Nelle automobili 6 e 7, invece, la batteria è situata nel portabagagli o sotto il sedile posteriore, per cui la corrente elettrica prodotta dalla dinamo deve essere condotta dalla parte anteriore alla parte posteriore del veicolo. Ciò genera un campo magnetico relativamente forte, soprattutto nella parte sinistra del veicolo. Sotto il sedile posteriore sinistro, nella zona dei piedi, è stato misurato un valore massimo di 14 μT .

È difficile paragonare tali valori con i valori limite raccomandati dalla ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) [2] poiché il campo magnetico misurato è composto da singoli campi aventi frequenze e valori limite diversi (tabella 1).

Pneumatici

L'UFSP ha commissionato uno studio per determinare i campi magnetici generati dagli pneumatici. Dato che i CEM a bassa frequenza vengono generati dalla rotazione degli pneumatici magnetizzati, sono state effettuate misurazioni in automobili che viaggiavano a una velocità di 80 km/h. In 12 automobili differenti sono stati misurati CEM situati tra i 5 e i 2000 Hz. (tabella 3) [3].

Tabella 3: Valori di punta nello spettro elettromagnetico in diverse posizioni in 12 automobili in corsa alla velocità di 80 km/h [3].

Champo magnetico (μT)	Zona del bacino del conduttore	Zona del capo del conduttore	Zona del piede del passeggero	Sedile posteriore
Valore medio	0,29	0,21	3,22	3,28
Div. standard	0,18	0,10	2,53	2,55
Valore massimo	0,73	0,45	8,89	9,51
Valore minimo	0,12	0,10	0,76	0,65

Sono stati misurati valori elevati presso i piedi del sedile del passeggero anteriore e sul sedile posteriore. Nei due terzi delle automobili sono stati misurati valori superiori a $2 \mu\text{T}$, in un quarto di esse valori superiori a $6 \mu\text{T}$.

La frequenza di base dei campi magnetici corrisponde a 10 -12 Hz con una velocità di 80 km/h. Tuttavia, nella figura 1 si può osservare che vengono misurate anche frequenze armoniche più elevate.

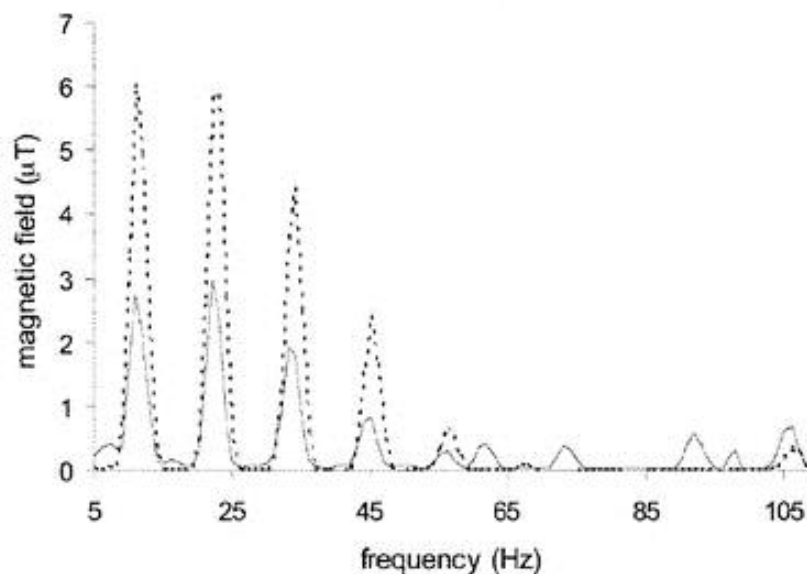


Figura 1: tipico spettro elettromagnetico generato in un'automobile in corsa a 80 km/h (campo magnetico dipendente della frequenza). Linea tratteggiata: zona dei piedi del passeggero anteriore; linea intera: sedile posteriore. Fonte: [3]



Da una somma ponderata delle percentuali dello spettro elettromagnetico tra 5 e 100 Hz emerge che nelle misurazioni effettuate nelle 12 automobili, il campo magnetico corrispondeva circa al 4 % in media e, per quanto riguarda il valore massimo, al 6 % del valore limite della ICNIRP (tabella 4).

Tableau 4 : Somme pondérée du spectre électromagnétique dans l'habitacle de douze voitures en mouvement selon la CIPRNI. La limite recommandée par la commission correspond à 100%.

Source: [3]

Percentuale del valore limite IC-NIRP	Zona dei piedi del passeggero	Sedile posteriore
Valore medio	4,6 %	4,0%
Massimo	14,3 %	6,9 %
Minimo	1,0 %	0,4 %

Nell'ambito del medesimo studio sono stati misurati su un apparecchio di equilibratura i campi magnetici di 32 pneumatici con diversi cerchi. La frequenza dei CEM dipende dal numero di rotazioni dell'apparecchio di equilibratura. I CEM compresi tra i 5 e i 2000 Hz sono stati misurati alla distanza di 2 cm dalla ruota (tabella 5). I CEM degli pneumatici analizzati presentano una dispersione compresa tra 0,8 e 97 μ T.

Tabella 5: valori di punta dello spettro elettromagnetico di pneumatici d'automobile misurati su un apparecchio di equilibratura a una distanza di 2 cm dalla superficie del pneumatico [3].

Champ magnétique (μ T)	Total (n=32)	Pneus neufs (n=13)	Pneus usagés (n=19)	Jantes en alu (n=25)	Jantes en chrome (n=7)
Valore medio	25,2	22,4	29,2	21,5	38,1
Divergenza standard	22,3	7,8	34,0	18,8	29,9
Valore massimo	97,0	33,9	97,0	97,0	71,9
Valore minimo	0,8	10,1	0,8	0,8	6,4

Demagnetizzazione di pneumatici d'automobile

Nell'ambito dello studio commissionato dall'UFSP è stato pure sviluppato un metodo per demagnetizzare gli pneumatici d'automobile [4], nel corso del quale si genera, mediante un rocchetto, un campo magnetico di 50 Hz nelle immediate vicinanze della ruota che gira su un apparecchio di equilibratura. In seguito, allontanando lentamente il rocchetto dalla ruota si riduce il campo magnetico e in tal modo si demagnetizza il pneumatico. Grazie a questo metodo è stato possibile ridurre drasticamente e durvolmente i campi magnetici degli pneumatici [3] (tabella 6). Dopo cinque mesi d'utilizzo i campi magnetici erano ancora fortemente ridotti.



Tabella 6: valori di punta dello spettro elettromagnetico di quattro pneumatici d'automobile misurati su un apparecchio di equilibratura a una distanza di 2 cm dalla superficie del pneumatico. Misurazioni di controllo dopo 1 e 5 mesi d'utilizzo degli pneumatici. Fonte:[3]

	Campo magnetico (μT)
Prima della demagnetizzazione	11,7 \pm 3,1
Dopo la demagnetizzazione	1,5 \pm 1,6
Controllo dopo 1 mese	1,1 \pm 0,9
Controllo dopo cinque mesi	1,4 \pm 1,5

Auto ibride

Su incarico dell'UFSP, la scuola universitaria professionale di Bienne ha misurato i campi magnetici negli abitacoli di due automobili ibride. Le misurazioni sono state eseguite nel quadro di tragitti effettuati a Bienne e in laboratorio, simulando determinate situazioni di viaggio. Gli apparecchi di misurazione sono stati collocati sul sedile del copilota, a livello dei piedi dalla parte del pilota e nella parte posteriore, su un seggiolino per bambini. I pneumatici dell'auto sono stati demagnetizzati per impedire un'alterazione del risultato.

Le auto ibride generano una miscela di campi magnetici il cui spettro di frequenze va da 5 a 500 hertz (figura 2). L'intensità dei campi magnetici varia continuamente durante il viaggio e dipende fortemente dalle modalità di guida e di frenata (figura 3), rimanendo simile nelle due automobili. I campi magnetici creati durante la guida attorno al seggiolino per bambini variano tra lo 0,1 e i 3 microtesla, il che corrisponde all'1 - 4 per cento delle valori limite dipendente della frequenza. I campi magnetici generati attorno al sedile del copilota e a livello dei piedi del pilota sono dell'ordine di grandezza di quelli misurati attorno al seggiolino per bambini.

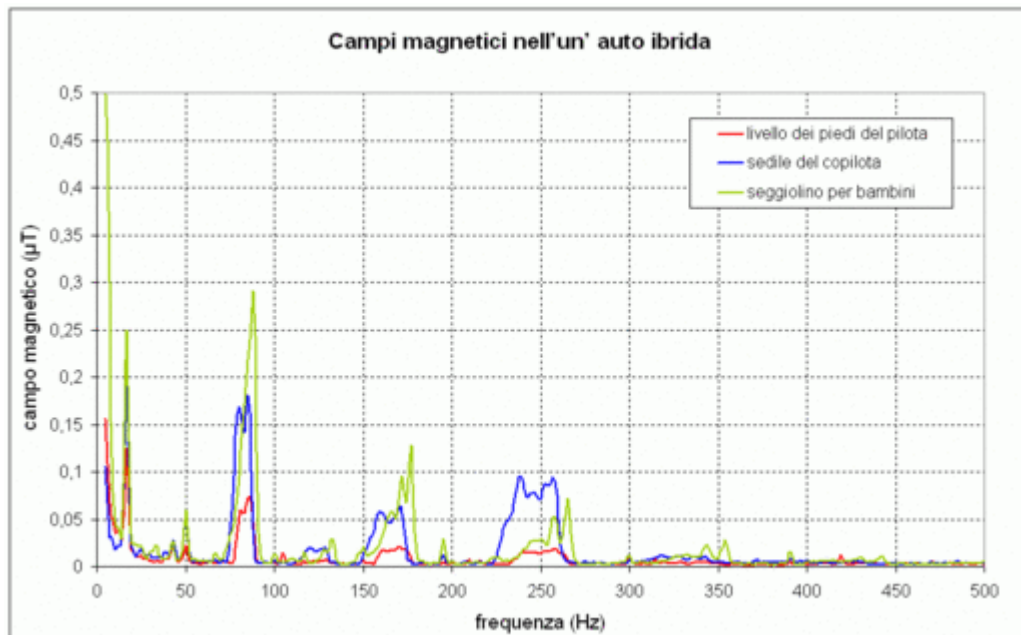


Figura 2: Frequenze dei campi magnetici a bassa frequenza nell'abitacolo di un'auto ibrida in funzione del valore limite. Misurazione durante la guida in città. Punti di misurazione: settore dei piedi del pilota, sedile del copilota, schienale di un seggiolino per bambini fissato sul sedile posteriore.

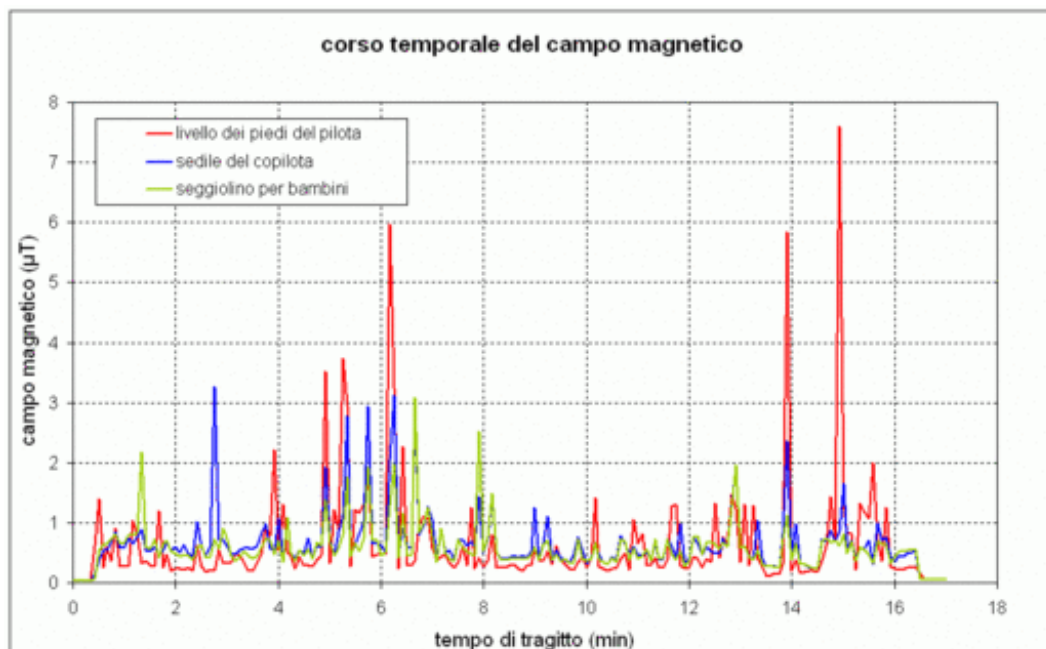


Figura 3: Campi magnetici a bassa frequenza nell'abitacolo di un'auto ibrida durante la guida in città. Punti di misurazione: settore dei piedi del pilota, sedile del copilota, schienale di un seggiolino per bambini fissato sul sedile posteriore.



3 Conseguenze sulla salute

Finora non sono stati condotti studi specifici relativi alle conseguenze sulla salute dei campi magnetici generati nelle auto ibride. I campi magnetici a bassa frequenza possono penetrare nel corpo e generarvi correnti elettriche. Se le correnti sono troppo intense, a determinate condizioni, è possibile che possano irritare per breve tempo il sistema nervoso centrale. Nelle sue raccomandazioni relative ai valori limite, l'ICNIRP ammette soltanto campi magnetici che non generano correnti elettriche superiori a un cinquantesimo della soglia di stimolazione del sistema nervoso centrale. I campi magnetici nell'abitacolo delle auto e delle auto ibride sono molto più ridotti rispetto a tali raccomandazioni. Non sono pertanto da attendersi effetti a breve termine sulla salute.

Nel 2002, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato come possibilmente cancerogeni (gruppo 2B) i campi magnetici statici e a bassa frequenza [5] sulla base di studi epidemiologici indicanti che l'esposizione a lungo termine e continua a campi magnetici a bassa frequenza di 1 μT o persino inferiori ($<0,4 \mu\text{T}$) potrebbe aumentare il rischio di ammalarsi di Alzheimer [6, 7] o di leucemia infantile [8, 9].

Non è tuttavia possibile stimare in che misura i campi magnetici a bassa frequenza, generati nelle auto e nelle auto ibride in un lasso di tempo piuttosto breve, contribuiscano a tali esposizioni prolungate.

4 Disciplinamento giuridico

Non esiste un disciplinamento dei campi elettromagnetici nelle auto. I valori limite indicati dall'ICNIRP [2] possono essere presi a riferimento per analogia. Tutti i campi magnetici misurati sono inferiori a questi valori limite.



5 Bibliografia

1. Vedholm K, Hamnerius Y. Personal Exposure Resulting from Low Level Low Frequency Electromagnetic Fields in Automobiles. 1996. Department of Electromagnetics, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.
2. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998;494-521.
3. Stankowski S et al. Low frequency magnetic fields induced by car tire magnetization. Health Phys 2006;90:148-53.
4. Kessi A et al. Entmagnetisierung von Fahrzeugreifen. 2004. HTI Bericht.
5. International agency for research on cancer (IARC). Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. IARC Press Lyon, 2002.
6. Huss et al. Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population. American Journal of Epidemiology. 169(2):167-75. 2009
7. Kheifets et al. Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. Occupational and Environmental Medicine. 66(2):72-80. 2009
8. Kheifets et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. British Journal of Cancer. 103(7):1128-35. 2010
9. Ahlbom IC et al.; ICNIRP. Review of the epidemiologic literature on EMF and Health. Environ Health Perspect. 2001 Dec;109 Suppl 6:911-33.

Messaggio per lo specialista

Ufficio federale della sanità pubblica UFSP
emf@bag.admin.ch