

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO, IONI AEREI ED APEC-300 (Analizzatore di Parametri elettrocutanei)

di *Massimo Scalia, Francesca Pulcini e Massimo Sperini*

INDICE

1. *Il concetto di salute e malattia*
2. *La reazione di stress*
3. *Ambiente, Essere Umano e Stressori*
4. *Inquinamento elettromagnetico e misure*
5. *Ioni Aerei e misure*
6. *L'Analizzatore di Parametri ElettroCutanei APEC-300*
7. *Cute e stressori ambientali*
8. *Misure con l'Analizzatore di Parametri ElettroCutanei APEC-300*

Note

1. Il concetto di salute e malattia

In una serie di testi [1] il gruppo di ricerca sul bioelettromagnetismo, coordinato dal prof. Scalia ha definito alcuni concetti di base tra cui lo stato di salute e malattia, fattori patogeni, stress e stressore, risposta di stress.

La salute è lo stato osservabile, oggettivamente e/o sentito soggettivamente di benessere psicofisico dell'individuo, che si può realizzare solo in presenza di determinate condizioni sociali. Inoltre, lo stato di salute e quello di malattia di una persona sono espressioni diverse di una diversificata capacità di autoregolarsi dei sistemi biologici dell'organismo. La malattia non rappresenta quindi solamente l'effetto di una lesione, ma la conseguenza di un disturbo della regolazione. Infine, lo **stato di salute**, visto come capacità di autoregolazione dell'individuo, dipende principalmente dai seguenti **due fattori**:

- quelli associati all'**ereditarietà**, cioè già stabiliti fin dalla nascita;
- quelli ambientali, ovvero prodotti dall'**interazione con l'ambiente**.

In questo contesto i **fattori patogenetici endogeni** in medicina sono rappresentati dagli elementi di ordine genetico e da quelli costituitisi in un'epoca precedente all'esordio della malattia conclamata; diversamente, i **fattori esogeni** sono tutte le **condizioni ambientali** in qualche modo significative per l'insorgere della malattia. Relativamente a questi ultimi c'è da osservare che le sollecitazioni patogene significative non devono necessariamente essere abnormi. Ogni anno, ad esempio, sopraggiunge la stagione dei pollini, ma solamente una piccola parte della popolazione, attualmente in crescita, si ammala o presenta una recidiva di rinite allergica. Solo in quei soggetti il polline rappresenta un fattore patogenetico dotato di grande forza d'urto sull'organismo, anche se è necessario considerare che a tale forza può concorrere una preesistente instabilità (congenita oppure acquisita) dei sistemi di regolazione biologici, e quindi l'incapacità di fornire adeguate risposte adattive di fronte a stimoli anche deboli. Questo esempio descrive un effetto sulla salute dell'uomo connesso a **stimoli ambientali deboli** (*Extremely Low Fields*). Occorre tenere presente che ci si trova in quell'area, purtroppo non ancora sufficientemente riconosciuta, attenta all'efficacia patogenetica delle sollecitazioni deboli, dei piccoli segnali. Qualora si presti attenzione all'azione patogenetica delle sollecitazioni deboli è pressoché automatico prestare attenzione **all'efficacia delle possibilità terapeutiche connesse all'impiego di sollecitazioni deboli**, come quelle omeopatiche, dell'agopuntura, delle erbe medicinali, dei rimedi popolari, ed altro ancora.

2. La reazione di stress

La sindrome di adattamento o reazione di stress, o semplicemente **stress**, si configura come **una risposta** generale dell'organismo, **non specifica**, a **qualunque demand**, cioè richiesta o in senso figurato esigenza, proveniente dall'ambiente esterno. Le novità importanti implicite in questa definizione sono: **non specificità e qualunque**: sollecitazioni di diverso tipo e richieste ambientali usuali, se accentuate o percepite come soggettivamente pressanti o pericolose, inducono la stessa risposta di stress. Coerentemente con questa definizione, il

termine stress è divenuto familiare sia nell'ambiente scientifico che nel linguaggio comune.

La reazione di stress si evidenzia attraverso cambiamenti, solo in parte noti, a livello fisiologico (neuroendocrino, cardiovascolare, immunitario, polmonare, digestivo, muscolo scheletrico, dermatologico) e comportamentale (condotta, a livello cognitivo, emotivo, interazionale, di attività), fra di loro correlati. I principali cambiamenti organici sono quelli neurologici, endocrini ed immunitari; anche se la reazione di stress si manifesta in forme molto differenti da un individuo ad un altro.

In generale, i fattori patogenetici esogeni possono essere considerati come **agenti stressanti**. In quest'ottica, l'agente stressante, o **stressore**, può essere immaginato come uno stimolo oppure una successione di stimoli che innesca la **reazione di stress**.

Uno stressore anche di lieve entità, se prolungato nel tempo, è in grado di indebolire la capacità di resistenza, o di modificare o rompere l'equilibrio omeostatico. Tra i fattori stressanti si annoverano i traumi fisici, le condizioni estreme di temperatura, i rumori, i fenomeni naturali e artificiali atmosferici di natura elettrica e magnetica, gli agenti infettivi, l'affaticamento emotivo. L'azione prolungata di uno di questi fattori può attivare processi patogeni che, attraverso la modificazione di alcuni parametri psicofisiologici e biologici, portano all'indebolimento del sistema immunitario e nervoso. Le conseguenze possono essere una maggiore vulnerabilità dell'organismo alle malattie, in particolare quelle gastroenteriche e cardiovascolari; inoltre possono predisporre all'insorgenza del cancro.

In estrema sintesi, alla base della malattia vi è la perturbazione dell'equilibrio preesistente nell'organismo normale e la risposta dell'organismo alla causa perturbatrice, la quale può essere un fattore esogeno fisico, chimico e biologico.

3. Ambiente, Essere Umano e Stressori

L'ambiente, in tutte le sue componenti, esercita un'azione importantissima sulla salute del singolo individuo, potendo agire, come **agente stressante o stressore** nel modello descrittivo dell'interazione tra uomo e ambiente.

Con riferimento alla Fig. 1, si vede che il *sistema uomo* vive immerso in un ambiente che per comodità di rappresentazione è stato suddiviso in **fattori di origine terrestre, extraterrestre, tecnologica e socioculturale**. Le frecce che convergono tutte sul "sistema" essere umano indicano che tutti questi fattori possono influenzare la salute fisica e mentale di uomini, donne e bambini.

I fattori naturali di origine extraterrestre, in altre parole l'insieme delle radiazioni elettromagnetiche e corpuscolari (raggi cosmici, luce solare, radioemissione del sole e delle galassie) e i campi gravitazionali, connessi ai corpi celesti, che provengono dallo spazio. Un certo numero di fattori, quali la luce solare, la radiazione infrarossa e ultravioletta si possono percepire; si pensi alla sensazione di calore che procura una giornata soleggiata, con relativa abbronzatura. Altri no, come, ad esempio, la radiazione elettromagnetica cosmica,

la quale consiste in una successione di impulsi ad alta frequenza, dovuta principalmente all'attività del sole e delle galassie che piove sulla Terra.

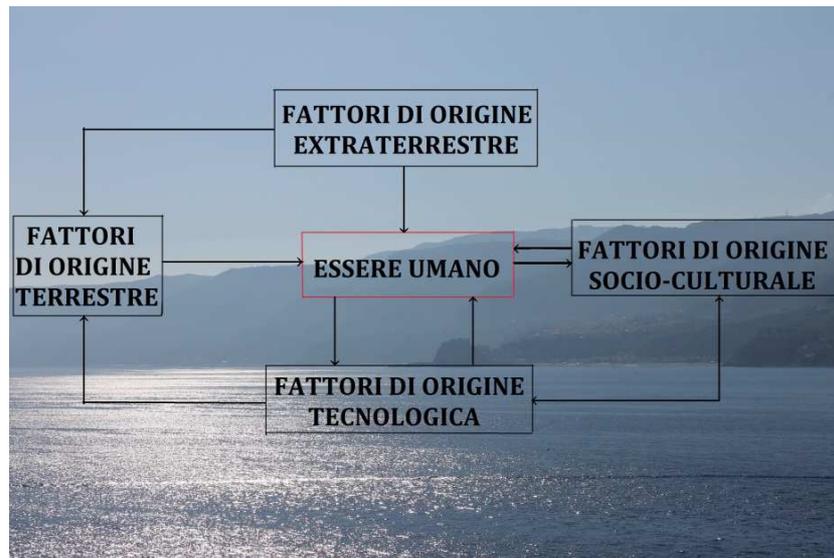


Fig.1: Schema a blocchi dell'interazione tra esseri umani ed ambiente fisico e sociale. In una visione di insieme del modello illustrato, l'essere umano agisce sui fattori socioculturali, ma a sua volta ne è influenzato. Anche i fattori di origine tecnologica sono legati con un doppio rapporto agli esseri umani e alla loro cultura. Infine, gli esseri umani subiscono anche l'influenza degli elementi di origine extraterrestre, che esplicano a loro volta un'azione sui fattori di origine terrestre, i quali sono in rapporto diretto con i fattori tecnologici prodotti dall'uomo

I fattori naturali di origine terrestre comprendono le influenze meteorologiche (umidità, pressione e temperatura dell'atmosfera) e quelle climatologiche, l'andamento periodico del campo elettrico e magnetico della terra, la radioattività naturale, le emissioni di vapori e gas di origine biologica o geologica, la concentrazione naturale di ioni in aria. Tra i fattori di origine *terrestre*, ad esempio, ci sono le variazioni del clima che si percepiscono durante l'anno, il caldo dell'estate e il freddo dell'inverno, l'umidità che fa sudare se è accompagnata da temperature elevate o procura dolori alle articolazioni se invece la temperatura è bassa; infine la pressione dell'aria che cambia quando si avvicina il tempo perturbato. Ci sono poi altri elementi di origine terrestre *naturali*, che, in generale, non si è in grado di percepire, ma che hanno accompagnato l'evoluzione: il campo elettrico atmosferico e il campo geomagnetico naturali, i quali sono statici, hanno, cioè, variazioni nel tempo lentissime; il campo elettromagnetico alle basse ed alte frequenze associato a fenomeni naturali come i temporali; la radioattività naturale; e, infine, i *piccoli ioni aerei*, che sono le molecole presenti nell'aria che respiriamo, alcuni carichi negativamente e altri positivamente.

Pur se non si è in grado di percepire tutto l'ambiente fisico naturale, come accade per molti dei fattori appena sopra elencati, questo è capace di interferire con i

sistemi di regolazione corporei, quella che abbiamo chiamato *omeostasi*. In che modo? Alcuni individui, quelli che hanno la capacità di regolazione più labile, meno efficiente, quando c'è una variazione notevole dei fattori naturali avvertono sensazioni di malessere.

I fattori di origine tecnologica sono connessi con l'attività umana, ad esempio i vari tipi di emissioni chimiche di sostanze organiche ed inorganiche (macro e micro inquinanti generati da impianti industriali o dal traffico veicolare, inquinanti emessi nelle attività agroalimentari, scarti o residui di processi produttivi o di consumo, ecc.), inquinamento biologico (microrganismi), radioattività artificiale, rumore, concentrazioni di *grandi ioni* in ambienti domestici e di lavoro e le sorgenti artificiali di natura elettromagnetica.

In pratica, gli *inquinanti chimici*, possono costituire un rilevante rischio sanitario o quando sono ingeriti con i cibi o quando vengono inalati con l'aria, nella quale operano la sostituzione dei piccoli ioni aerei con quelli grandi, non salutari per l'organismo. Alla stessa stregua, i *campi elettromagnetici artificiali* e le *radiazioni ionizzanti legate* ad attività diagnostiche, industriali o ad impianti o trasporti di materiale nucleare.

Non bisogna dimenticare che *le intensità dei campi elettromagnetici artificiali* (trasmissioni radio e televisive, radar, telefonia cellulare, elettrodomesti che trasportano la tensione di rete, elettrodomesti, ecc.) variano *da migliaia fino a centinaia di migliaia di volte quelle dei campi naturali*.

In sintesi, i fattori di origine tecnologica comprendono tutti gli interventi umani intesi a migliorare con la tecnologia le condizioni di vita. Tali fattori hanno avuto negli ultimi due secoli un impatto in generale negativo, con un'espansione che negli ultimi decenni ha assunto un ritmo "esponenziale". È proprio attraverso questi fattori che l'uomo ha alterato pericolosamente l'equilibrio ambiente-natura e le alterazioni derivanti sono in continuo aumento, provocando "interrogativi sulla loro reversibilità" [2].

Infine, l'interazione degli esseri viventi con la litosfera, l'idrosfera e l'atmosfera costituisce la **biosfera**, che rappresenta, quindi, l'ambiente (naturale ed artificiale) in cui si è evoluto e si trova a vivere il sistema uomo insieme a tutti gli altri viventi vegetali ed animali.

L'uomo vive anche immerso in un **ambiente socioculturale**, i cui fattori sono a loro volta in continua interazione con l'ambiente fisico. I *fattori di origine socioculturale* indicati nella Fig. 1 iniziano a delinearsi fin dalla nascita. Si cresce in un nucleo familiare unito o disgregato da separazioni e nuove figure; si riceve un'educazione autoritaria, autorevole o permissiva; le condizioni economiche sono di benessere o disagio. L'ambiente scolastico, le amicizie e i primi amori: il delinearsi di un "sistema di convinzioni" che organizza la personalità. Infine, i rapporti interpersonali e nel mondo del lavoro, i quali sono sicuramente dipendenti anche dai fattori di origine tecnologica.

Nel seguito, il termine **stressore** sarà inteso come agente stressante o stimolo fisico e/o emozionale associato ai fattori di origine terrestre, extraterrestre, tecnologica e socioculturale. In questo contesto gli stressori possono essere suddivisi in:

Ambientali. Inquinamento acustico, chimico ed elettromagnetico; rischi e catastrofi ecologiche; ambienti poco igienici o insalubri.

Lavorativi. Lavoro inadeguato; lavoro monotono; conflitti nell'ambiente lavorativo; insufficiente valutazione; retribuzione; sovraccarico di lavoro.

Economici. Mutamenti economici rapidi; differenze economiche; periodi di crisi economica.

Culturali. Mutamenti culturali rapidi; pressione delle mode; crisi radicale dei valori.

Sociali. Cambiamenti ripetuti nei rapporti interpersonali; tensioni sociopolitiche; tensioni tra gruppi e/o classi socioeconomiche; dilagare della criminalità; aumento sistematico del controllo sociale; rivoluzioni; guerre.

4. *Inquinamento elettromagnetico e misure*

Dal dopoguerra ai giorni nostri la diffusione dell'elettrificazione, l'aumento dei consumi energetici e l'enorme sviluppo delle telecomunicazioni hanno comportato la realizzazione di innovazioni tecnologiche, si pensi alla radio e al telefono cellulare, le quali immettono nell'ambiente circostante **radiazioni elettromagnetiche artificiali**, prodotte cioè dalle attività dell'uomo. Tutto questo ha determinato una profonda alterazione dell'habitat elettromagnetico naturale; e, attualmente, alcune categorie di lavoratori e la popolazione in generale sono esposti a radiazioni elettromagnetiche ed a campi artificiali, i quali possiedono un livello di intensità media di alcuni ordini di grandezza maggiore dei campi naturali. In *queste situazioni*, si parla di **inquinamento elettromagnetico** o di **elettrosmog** dell'ambiente (Fig.2,3). Attualmente, in Italia, convivono più "generazioni" di sistemi mobili: 2G (GSM e DCS-1800, frequenze 900 MHz e 1,8 GHz); 3G (UMTS, frequenza 2,0 GHz); 4G (LTE *Advanced*, frequenze 800 MHz, 1,8 GHz e circa 2,6 GHz).

Alcuni tipi di deboli campi elettromagnetici, quali i campi magnetici a 50-60 Hz e quelli digitali di alta frequenza della telefonia digitale, sono fattori patogenetici esogeni, da considerare come stressori ambientali, capaci, in quanto tali, di innescare la reazione di stress.

Nel 2002, l'*International Agency for Research on Cancer* (IARC), ha classificato come **possibili cancerogeni**, gruppo B2, *i campi magnetici* degli elettrodotti. Nel 2013 lo IARC, presentando una sua monografia, ha valutato che vi fossero evidenze sufficienti per classificare nel gruppo B2, cioè come **possibili cancerogeni**, anche *i campi elettromagnetici alle frequenze radio*; evidenze "*limited*" tra gli utenti della telefonia mobile in rapporto all'insorgenza di gliomi (tumori maligni del cervello umano) e di neuromi acustici. Il gruppo di lavoro dello IARC ricordava tra l'altro che, sull'arco degli ultimi dieci anni, dal 2004, era stato registrato un incremento del 40% del rischio di glioma nella categoria di utenti che usa di più il telefono cellulare (30 minuti al giorno per un periodo di 10 anni).

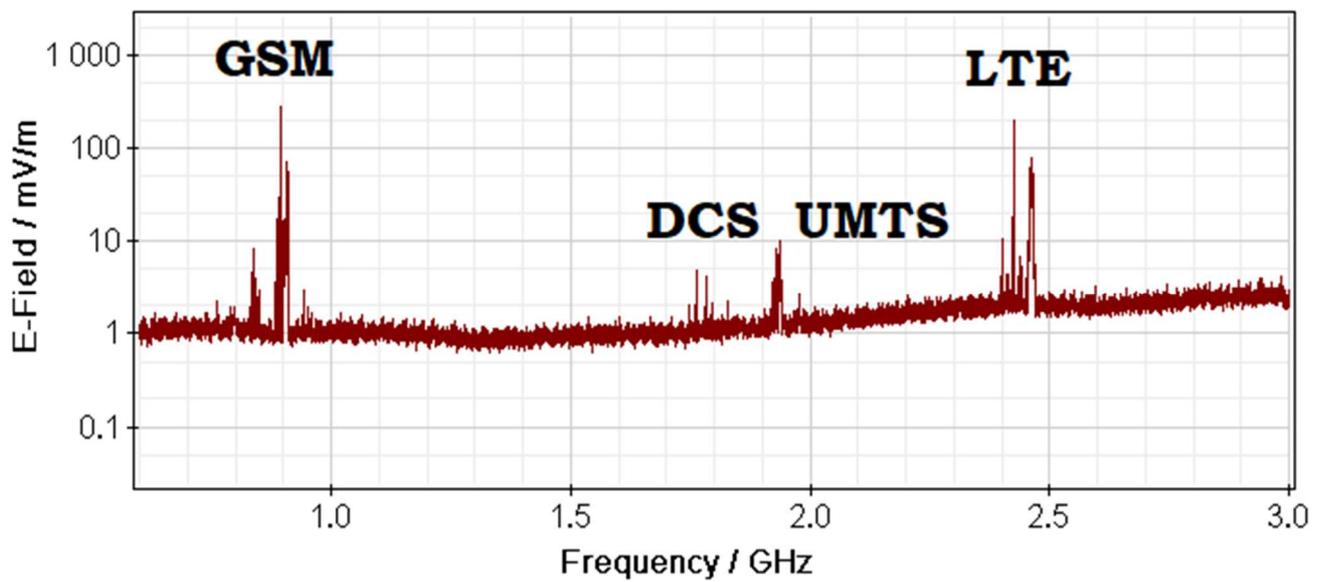


Fig.2: Spettro del campo elettromagnetico (CEM) nella regione in cui operano i sistemi di telefonia cellulare (600 MHz – 3 GHz).



Fig.3: Le misure sono state effettuate con l'Analizzatore di spettro SRM – 3600 NARDA (frequenza di misura 27 MHz – 3 GHz)

5. Ioni Aerei e misure

La presenza di una carica elettrica spaziale nell'atmosfera è strettamente legata alla meteorologia, alla climatologia e alla bioclimatologia. Le cariche elettriche dell'aria rivestono un ruolo importante nella genesi del clima e nella evoluzione del tempo atmosferico. Esiste inoltre una diretta correlazione tra la conducibilità elettrica della bassa atmosfera e la ionizzazione dell'aria, che agisce a sua volta influenzando la formazione e il mantenimento dei microclimi salutarissimi nei quali l'uomo vive. Infine, la presenza nell'aria di inquinanti causa la trasformazione degli ioni naturali, con conseguente abbassamento della conducibilità dell'aria. La ionizzazione è perciò importante come parametro di rilevazione ecologica in rapporto alla presenza di inquinanti atmosferici; da qui la fondamentale importanza di poter effettuare misure precise della concentrazione di ioni positivi e negativi in ambienti confinati e in aria aperta, e della loro mobilità.

La **concentrazione di ioni positivi e negativi** nell'aria, cioè il numero di molecole elettricamente cariche (ossigeno, azoto, vapore acqueo, ecc.) presenti nell'unità di volume, ha importanti effetti biologici sull'uomo. Vale la pena sottolineare come negli ultimi anni sono state compiute da vari autori di diverse nazioni numerose ricerche sperimentali, suscettibili di questa interpretazione: quando l'aria è "priva" di ioni oppure il rapporto tra la concentrazione di ioni negativi e positivi presenti nell'aria è sbilanciato a favore di questi ultimi, viene favorita l'insorgenza di malesseri: disturbi di vario tipo a carico del sistema endocrino, neuromorale, del sistema nervoso e, di conseguenza, del comportamento. Per contro, un'adeguata concentrazione di ioni negativi aerei sembra favorire stati di benessere, euforia e sensazione psicofisica di adeguatezza.

La concentrazione di coppie di piccoli ioni, in particolare di quelli negativi, non dovrebbe scendere mai al di sotto di 100-150 N/cm³ (N = numero di coppie), diversamente, con il tempo, possono insorgere disturbi a carico del sistema respiratorio, di quello immunitario e difficoltà di concentrazione mentale. Nei posti di lavoro in situazioni di scarsa ionizzazione, come quella dovuta all'uso di condizionatori d'aria sprovvisti di ionizzatore, si assiste ad un aumento dell'aggressività nei confronti dei colleghi e dei superiori da parte del lavoratore.

Le misure dei parametri elettrici atmosferici presenti in ambienti ad aria confinata e/o in un determinato territorio si effettuano con strumenti particolari chiamati *Ionmeter*. L'analizzatore di ioni AIM-101 [3] (Fig.4), grazie ai sofisticati circuiti elettronici ed alle soluzioni meccaniche impiegate, permette di misurare con precisione le seguenti grandezze:

1. la concentrazione dei piccoli ioni positivi e negativi (n^+ , n^-);
2. la conducibilità dell'aria dovuta ai piccoli ioni;
3. lo spettro di mobilità;
4. la dimensione degli ioni;
5. la conducibilità dell'aria dovuta agli ioni piccoli e intermedi;
6. la densità di carica spaziale netta;
7. il campo elettrico atmosferico locale ad 1 m di altezza dal suolo.



Fig. 4: Ionmeter AIM-101 per la rilevazione della conducibilità dell'aria

L'analizzatore di ioni AIM-101 permette la lettura contemporanea ed in tempo reale della concentrazione degli ioni positivi e negativi con un campo di misura che si estende da 10 a 10^6 ioni/cm³. In altri termini, si è in grado di rivelare correnti elettriche dell'ordine dei 10 FA (Fenton Ampere = 10^{-15} A), che certificano l'elevatissimo potere risolutivo dello strumento AIM-101, oggi non attingibile in ambito civile, ma solo da dispositivi appositamente calibrati per ricerche militari.

Nella Fig. 5 si può vedere la concentrazione di ioni presente all'aperto nel comune di Genazzano, una località in cui la qualità dell'aria è discreta e non si rileva la presenza di inquinamento elettromagnetico. In celeste la concentrazione di ioni aerei negativi e in rosso di quelli positivi; in giallo, il potere risolutivo dello strumento.

Diversamente, nella Fig. 6. che indica la concentrazione di ioni positivi e negativi in un locale ad aria confinata (una biblioteca), si osserva una netta prevalenza del

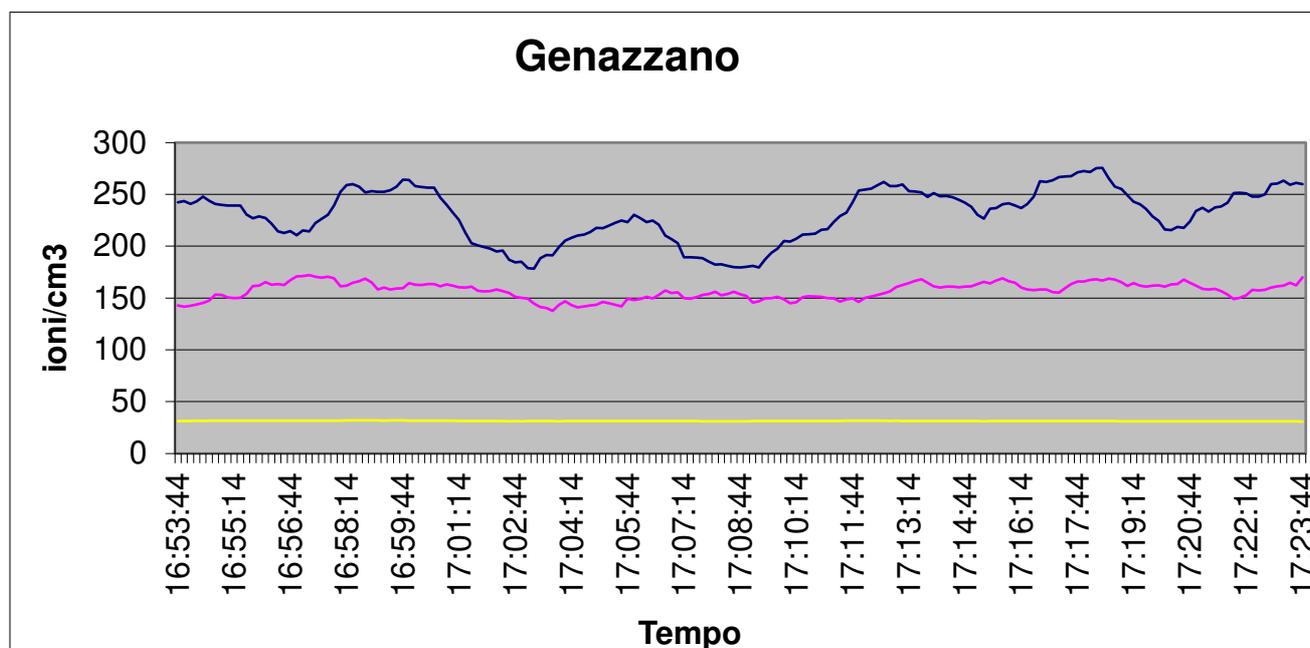


Fig.5: Concentrazione degli ioni aerei negativi e positivi nel territorio di Genazzano

la presenza di ioni positivi, verosimilmente dovuta alla mancanza di ricambio d'aria.

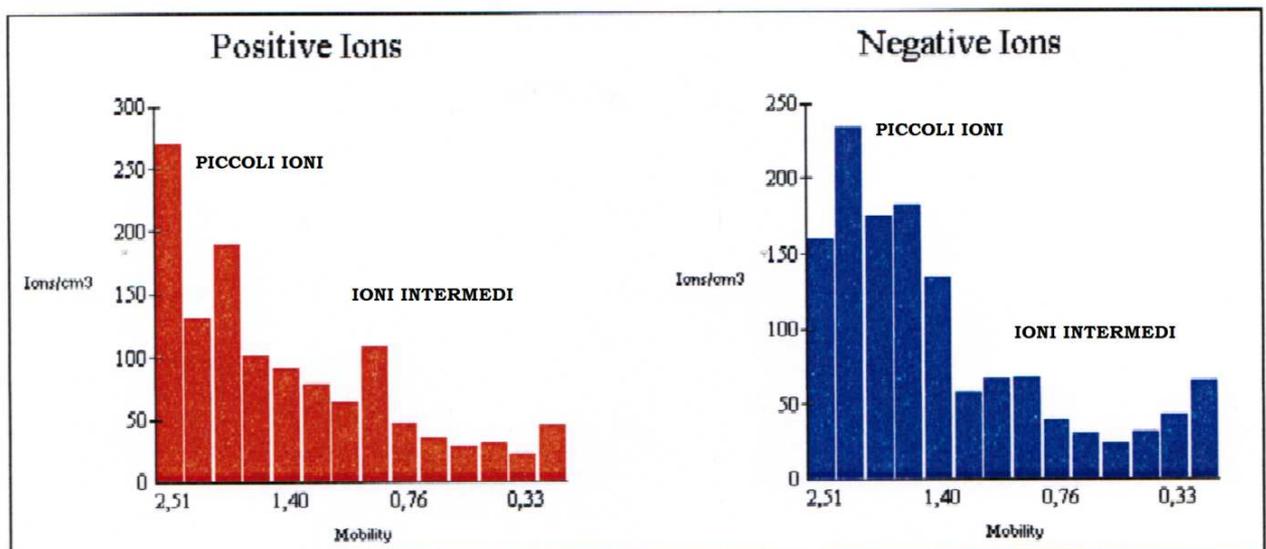
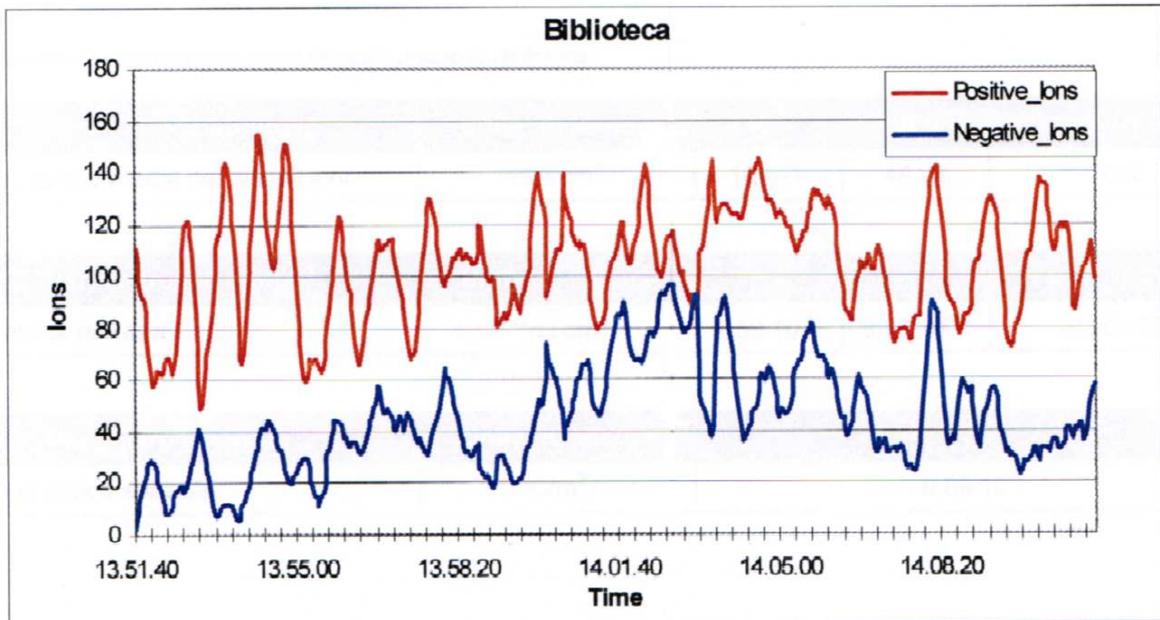


Fig.6: Concentrazione e spettro ionico nella biblioteca della scuola G. Leopardi di Roma (1998)

Per i dati di Fig. 5 e 6 si è potuta ottenere una così esatta rappresentazione in quanto l'interfaccia tra AIM-101 e il computer era fornito dal sistema operativo Windows 95. Oggi, col passaggio al digitale e al nuovo sistema operativo Windows 2012, si sono avuti sì diversi vantaggi, ma si è persa proprio quella possibilità. In definitiva, per avere risultati significativi e leggibili come quelli delle figure sopra riportate, bisogna procedere alla realizzazione di un nuovo software in grado di interfacciare il computer con lo *Ionmeter* e procedere a una sua calibratura e taratura

Note

[1] M. Scalia, M. C. Mazzi, G. Sacco, F. Pulcini, F. Guidi, M. Sperini e F. Marinelli: *Il fascino discreto dell'elettromagnetismo. Tutto quello che dovrete sapere sull'inquinamento elettromagnetico: scienza, salute e ambiente*; Edizioni Andromeda, 2012. M. Scalia, F. Pulcini, M. Sperini: *Elementi di teoria: lo stato di salute*, Edizioni Andromeda, 2015. M. Scalia, F. Pulcini, M. Sperini: *Campi elettromagnetici e sistemi viventi*, Edizioni Andromeda, 2015. Francesca Pulcini: *Stress da inquinamento ambientale. Lavoro e Salute*, Edizioni Andromeda, 2016.

[2] Massimo Scalia: *Energia e cambiamenti climatici. La difficile strada che ha portato all'accordo di Parigi*, Edizioni Andromeda, 2016.

[3] Si tratta di uno strumento di misura progettato dal prof. Massimo Scalia e dal fisico dott. Massimo Sperini.