

# Vad är det vi mäter?

En del elöverkänsliga säger sig vara frekvenskänsliga och menar att de inte bara känner av elektromagnetiska fält, EMF, som finns i omgivningen. De känner även av frekvensen.

Vid tester av biologisk påverkan och EMF används ofta effektivvärdet (styrkan) som enda parameter. Beaktar man inte de frekvenser som är involverade kan det då vara svårt att hitta samband och då gå miste om värdefull insikt och dra fel slutsatser.

Denna sammanställning är gjord för att visa på samband mellan effektivvärde (det vanliga sättet att ange styrka) och frekvens. Vi brukar tala om sorter som t.ex.: Volt (V), watt/kvadratmeter (W/m<sup>2</sup>), mikrotesla (μT).

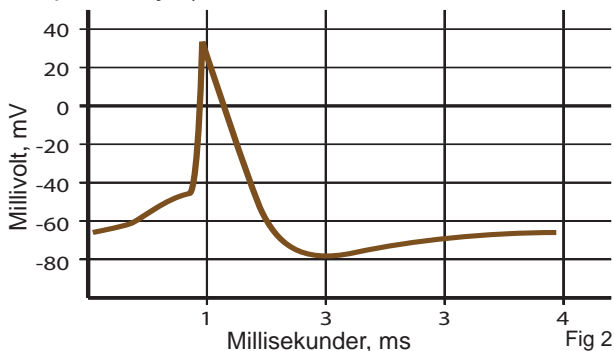
Men är värdena relevanta? Låt oss först se på kommunikationen mellan celler.

## Hur kommunicerar cellerna?

Mellan nervceller (neuron) finns det ett mellanrum på ca. 0,002 mm. Mellan cellmembranets in- och utsida finns en elektrisk spänningsskillnad på cirka 0,07 volt som beror på en potentialskillnad mellan kalium- och natriumjoner. Det är en högre koncentration av kaliumjoner på membranets insida och lägre på dess utsida och för natriumjoner är det tvärt om. I vilotillstånd vill jonerna utjämna skillnaden, men kan inte, då det är svårt för joner att tränga igenom membranet.

Ett cellmembrans tjocklek är ca. 10 nm (0,00000001 meter) och består i huvudsak av negativt laddade s.k. fosfolipider. Dessa tenderar att stöta bort varandra, men stabiliseras av positiva kalciumjoner som sitter mellan dem och fungerar som ett lim. Kalcium, har dubbel laddning, är bättre på detta än atomer med en enda laddning. Vid påverkan av elektromagnetiska fält kan kalciumjoner ersättas med kalium och det medför att membranet blir försvagat.

När en nervcell aktiveras uppstår en spänningsskillnad mellan cellmembranets in- och utsida, tvärs över det smala gapet, fig. 1 och orsakar en elektrisk reaktion på andra sidan. Spänningsförändringen beror på någon stimulering från t.ex. ett sinnesorgan, (beröring, temperatur, ljus), men även av elektricitet.



Det genereras en puls (fig. 2) som utlöser ett flöde av natriumjoner som transporteras in i cellen och kaliumjonerna vandrar ut (fig. 3). Pulsen överförs mellan nervcellerna via en synaps, som är belägen i slutet av det axon som utgår från nervcellen, fig. 4.

När en nervimpuls når synapsen frigörs ett signalämne som sprider sig till nästa cell och binder receptorer (mottagare) i cellväggen.

Därefter återförs natriumjoner in i cellen och kaliumjonerna vandrar tillbaka till sina utgångslägen. Spänningsförändringen återställs och de signalsubstanser som frigjorts, återbildas med hjälp av ett protein vars uppgift är att binda de signalämnena som frisätts.

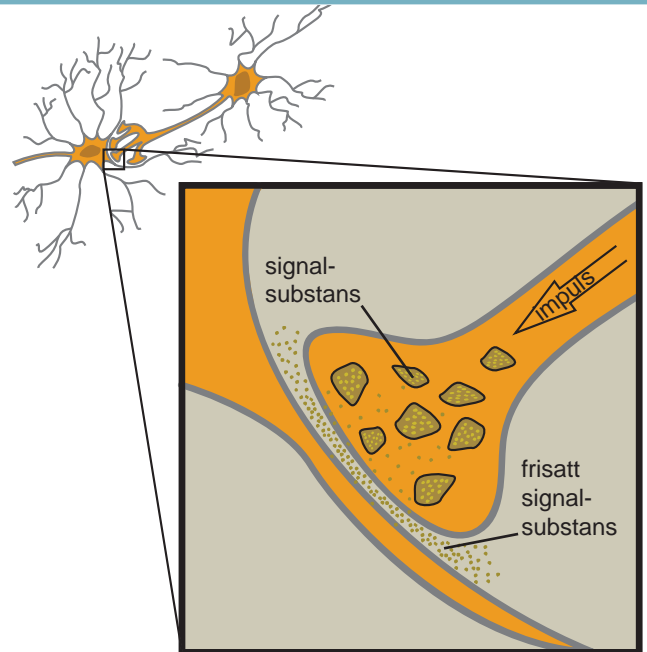


Fig. 1

Kemiska förändringar i cellens inre sker genom ett inflöde av kalcium och bestämmer cellens långsiktiga anpassning för de retningar som den tar emot och gör det möjligt för cellen att lagra information och påskynda överföringen, så att cellens svar går fortare och reaktionstiden förkortas.

Det finns kontaktpunkter (synapser) som hämmar pulsen, så att retningen inte sprider sig okontrollerat.

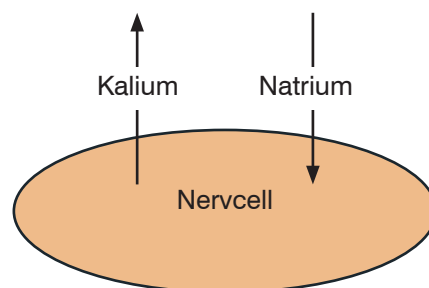


Fig. 3

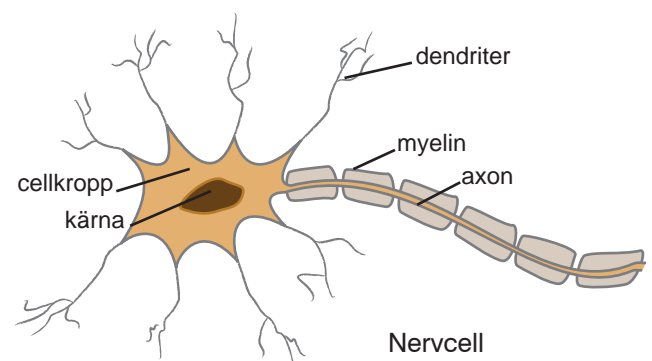


Fig. 4

## Kalcium reglerar aktivitet

Kalcium har effekt på cellens ämnesomsättning och normalt är koncentrationen låg. Vid låga koncentrationer kan det stimulera tillväxt och reparation (vilket kan förklara de uppenbara kortsiktiga positiva effekter av vissa elektromagnetiska fält). I högre koncentrationer kan den utlösa stressreaktioner och hämma tillväxten.

Mellan nervceller (vid synapserna) överförs information via kemiska signalsubstanser och kalcium är nödvändigt för att frigöra dessa signalsubstanser.

Kalcium utlöser normalt s.k. cytosol från en neuron, innan signalsubstansen kan frigöras.

Om cellens membran läcker, träder överflödigt kalcium in, vilket ökar cellens koncentration av kalcium och påskyndar överföringen, så cellens svar går fortare och förkortar reaktionstiden.

## Frisättning av signalsubstanser

De av människan skapade elektromagnetiska fälten är konstgjorda/onaturliga och människan är inte skapt att förnimma dem. Fälten *kan utlösa en förhöjd frisättning av signalsubstanser*, vilket kan leda till hyperaktivitet och nedsatt koncentrationsförmåga. Det kan förklara den ökande förekomsten av ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder).

Kanske är det inte så konstigt att malignt melanom ökar eftersom huden är det organ som registrerar elektromagnetiska fält vars frekvenser ligger utanför ljusets t.ex. ultraviolett (UV) och värmestrålning (IR). Mikrovågornas frekvenser är lägre än de från värmestrålning, men hudceller har ingen "kunskap" om hur de ska reagera på "konstgjorda" frekvenser.

Den 16 november 2009 rapporterades att antalet fall av malignt melanom i Uppsala-Örebro sjukvårdsregion ökat med 51% under senaste 10 åren.

### Kemifakta

Det är främst dessa atomer som är intressanta vid signalöverföring mellan celler.

Periodiska systemet

Kring atomkärnan kretsar elektroner i olika skal (K, L, M, N, O osv). I yttersta skalet (valensskalet) finns aldrig fler än åtta elektroner (valenselektroner) och ger atomen dess valensvärde. Det är dessa elektroner som deltar i kemiska reaktioner. I valensskalet parar elektronerna ihop sig två och två och strävar efter att bilda fyra elektronpar. Atomter som innehåller icke parade elektroner kallas radikaler (fria radikaler).

**Kalium (K)** har valensvärde 1, är ett grundämne och är vanligt förekommande i naturen. Kalium ingår i den mest reaktiva gruppen lätta, mjuka metaller, som lätt reagerar med omgivningen och avger gärna sin enda valenselektron.

Det är ett viktigt spårämne för djur och växter, där det verkar på cellnivå och i fråga om nervöverföring.

**Kalcium (Ca)** har valensvärde 2. Den största delen finns upplagrat i benvävnaden och tänderna, en mindre del finns upplöst i kroppsvätskorna eller är bundet till proteiner. Kalcium medverkar till att leda impulser i nervsystemet, reglerar musklernas och därigenom också hjärtats kontraktion samt medverkar vid blodkoaguleringen.

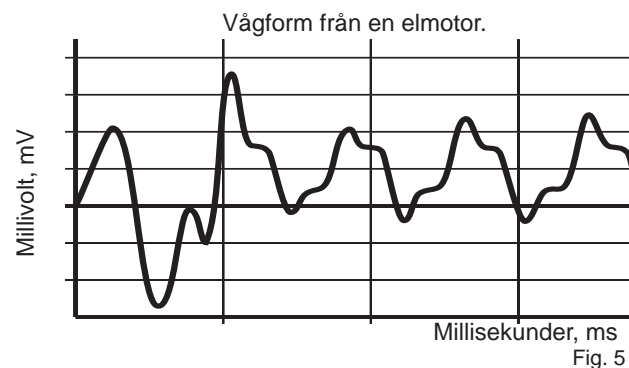
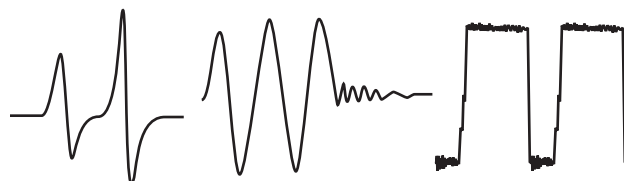
### Referenser

<http://www.neuroportalen.com/svenska/sjukdomar/om-centrala-nervsystemet.php>

<http://www.mastansanity.org/health/research/292-dr-andrew-goldsworthy-witness-statementapril-2010.pdf>

## Inte sinus

Vågorna hos EMF från elektrisk/elektronisk apparatur är i regel inte sinusformade. De kan se helt annorlunda ut, här är några exempel.



## Falska signaler samverkar

Elektromagnetiska fält kan generera pulser som liknar kroppens egna biologiska signaler.

Cellerna kan uppfatta dem som kroppens egna signaler, men de kommer utifrån och kan ge felaktig och kanske skadlig information.

## Modulation

Det jag hitintills talat om är frekvenser i allmänhet, men det kan vara modulationen (pulserna) som ger största påverkan. Vad är modulation/bärfrekvens? Här en kort jämförelse:

En järnväg, där rälsen motsvarar bärfrekvensen och modulationen är själva tågen. Tågen kan komma olika tätt med olika långa vagnar etc.

Inom oss finns många olika typer av signaler/frekvenser som styr och organiserar vår kropp. I hjärnan finns frekvenser i området 0,3-300Hz i storleksordning 25-150  $\mu$ V, mätt med EEG (Elektroencefalografi), i fig.6 visas en kurva (nederst) jämfört med digitala pulser.

Modulationen/pulsfrekvensen kan skapa falska signaler och troligen kan kroppen uppfatta dessa som kroppsegna om deras pulsfrekvens sammanfaller med människokroppens.

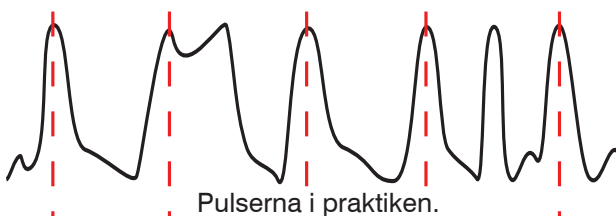


Fig. 6

## Ett fönster

Det finns gränser för vad våra celler uppfattar som kroppsegna signaler.

En nedre frekvens där signalerna är för långsamma och en övre då signalerna är för snabba. Antagligen finns det även gränser då signalerna är för svaga resp. för starka.

Ritas detta upp i ett diagram så erhålls ett område, ett "fönster", med signaler som är intressanta och kan påverka cellen biologiskt.

Detta "fönster" är antagligen inte fyrkantigt utan oregelbundet se fig. 7 där färgintensiteten symboliserar cellens känslighet. Detta "fönster" ser troligen olika ut för olika typer av celler och känsligheten kan variera människor emellan.

I människans kropp finns det tusentals olika receptorceller som reagerar på olika faktorer, för att varna oss för faror, reglera hormonbalansen m.m.

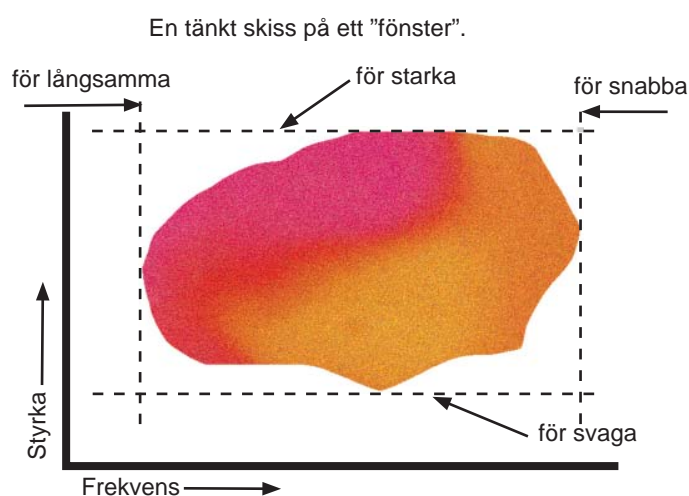


Fig. 7

## Elöverkänslighet

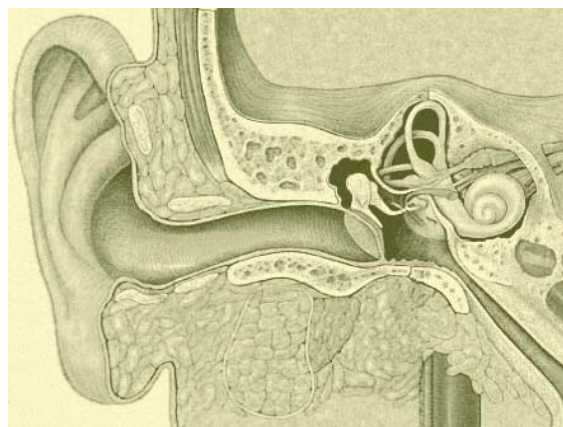
Vi har ett brett utbud av sensoriska celler som fungerar på likartat sätt. När dessa celler utsätts för elektromagnetiska fält, genereras falska signaler, orsakat av membranläckage. Beroende på cellens känslighet kan detta ge upphov till olika reaktioner, exempelvis värmekänsla, stickningar, smärta, tinnitus, yrsel, illamående m.m.

Påverkas t.ex. innerörats sensoriska hårceller, kan membranläckage skapa en falsk känsla av ljud (tinnitus).

Påverkas balanssystemets celler kan membranläckage ge upphov till yrsel, åksjuka och illamående.

Även ögat reagerar på elektromagnetiska fält. Som svar på ljus kan stavarna och tapparna på näthinnan öka spänningen mellan cellens in- och utsida. Membranläckage på ögats sensoriska celler kan därför försämra synen.

Hjärtmuskeln reagerar som svar på en våg av elektrisk aktivitet som passerar genom den, vilket vi ser i ett EKG. Detta genereras av ett utbyte av joner över cellmembranen. När dessa membran läcker som ett resultat av elektromagnetisk exponering, blir den elektriska vågen försvagad och oordnad, som kan resultera i hjärtrytmstörningar.



# Styrka och frekvens

Mätning med effektivvärde ger en uppfattning om styrkan, men man får ingen uppfattning av frekvensen och tvärt om, frekvensen säger inget om styrkan. Vid biologisk påverkan är det troligen hur snabbt ett fält förändras som också är av betydelse, inte enbart fältets effektivvärde eller frekvens.

Att endast mäta styrka eller frekvens gör att det kan då bli svårt att se samband mellan EMF och biologisk påverkan.

Troligen är det både styrka och frekvens som tillsammans är av betydelse. Det är det vi kommer till nu.

## Sinuskurva

Tänk dig ett fält som varierar som en sinuskurva, fig. 8. Kurvans höjd anger fältets styrka (amplituden). Ju högre kurvan är, desto starkare är fältet och det horisontella avståndet mellan topparna anger frekvensen, ju längre avstånd desto lägre är frekvensen.

Kurvorna i fig. 8 och fig. 9 har samma höjd, dvs. effektivvärde (styrkan), men de har olika frekvens.

Kurvan fig.9 har en högre frekvens än den i fig. 8.

Effektivvärdet är ca. 70% lägre än kurvans högsta punkt (toppvärdet), se fig. 8. Vid mätningar är det normalt effektivvärdet som används och det är ett mått på styrkan men säger inget om frekvensen.

## Hur snabbt?

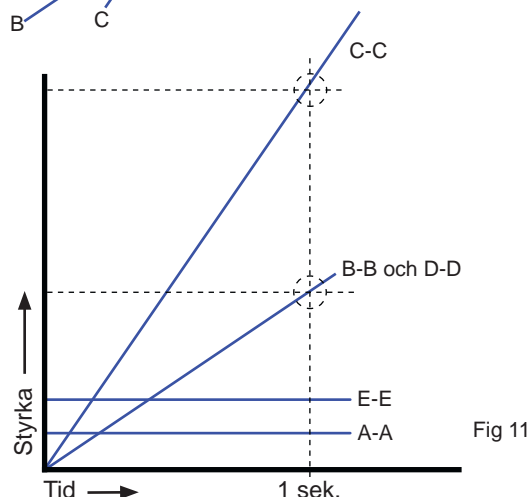
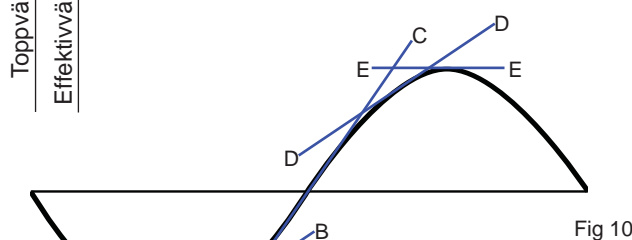
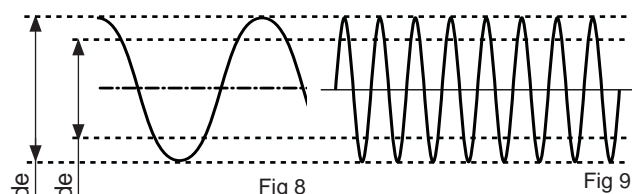
Vill man veta hur snabbt ett fält förändras är både styrka och frekvens betydelsefulla faktorer.

Betrakta fig. 10 där linjer lagts in för att visa en kurvas (fältets) förändring i tid.

Vid kurvans botten ligger linjen A-A. Den ligger horisontellt. Därefter börjar kurvan stiga, linjen B-B pekar lite uppåt och när kurvan passerar nollinjen stiger den som snabbast, linje C-C, då lutar linjen mest. När kurvan närmar sig toppen så lutar linjen allt mindre, linje D-D, för att så småningom ligga helt horisontellt igen men nu vid kurvans topp, linje E-E och förloppet upprepas, men nu åt motsatt håll.

Lägger man in linjerna i ett diagram (fig. 11) med axlarna tid och styrka och läser av styrkan efter t.ex. en sekund så är styrkan olika för de olika linjerna. Linje C visar den största förändringen i tid.

Detta kallas för *tidsderivata* och är ett mått på hur snabbt ett fält förändras.



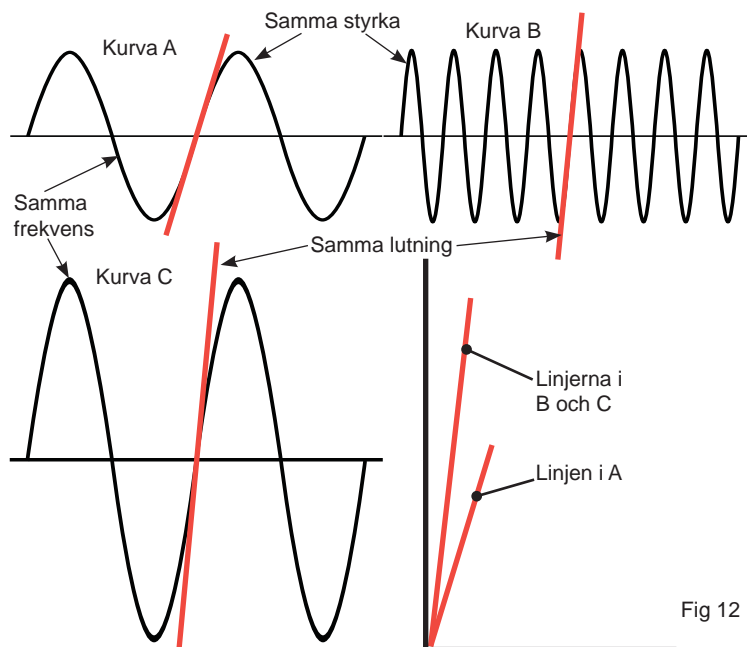
## Tre exempel

Studera de tre kurvorna A, B och C i fig 12.

Kurvorna A och B har samma effektivvärde (styrka), men B har en högre frekvens.

Kurvorna A och C har samma frekvens men olika styrka. Kurva C är starkare (större amplitud).

I detta exempel lutar linjen i kurva B lika mycket som den i C, som framgår i diagrammet. De har därmed samma tidsderivata, trots att B är svagare än C, men B har högre frekvens.



Hur snabbt ett fält förändras beror på dess styrka och frekvens.

## Gränsvärden saknas

Det gränsvärde som hänvisas till i samband med mobiltelefoni, är en *rekommendation* och baseras på ett medelvärde under 6 minuter och nivån beror på frekvensen, se fig. 13 och tabell nedan.

Vid frekvenser över 2 GHz är värdet 61 V/m (10 W/m<sup>2</sup>). Tar man med frekvensen så kommer ett fält vid 2 GHz och nivån 61 V/m kommer fältet att stiga med hela 10 000 000 000 V/s (volt/sekund).

Rekommendationen avser endast *uppvärmning* av vävnad eller inducerad ström. Den beaktar ej långtidseffekter och annan biologisk påverkan.

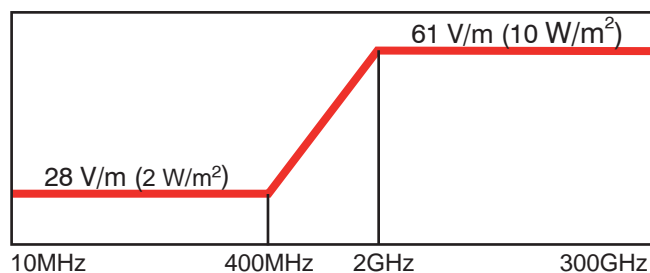


Fig 13

Frekvensområde	Ekvivalent strålningstäthet (W/m <sup>2</sup> )	Elektrisk fältstyrka (V/m)	Magnetisk fältstyrka (A/m)	Magnetisk flödestäthet (μT)
10 MHz - 400 MHz*	2	28	0,073	0,092
400 MHz - 2 GHz	$f/(2 \times 10^8)$	$\frac{1,375 \times f^{1/2}}{1000}$	$\frac{0,0037 \times f^{1/2}}{1000}$	$\frac{0,0046 \times f^{1/2}}{1000}$
2 GHz - 300 GHz	10	61	0,16	0,20

\* I området 10 MHz - 110 MHz, gäller dessutom 45 mA som referensvärde för inducerad ström i varje extremitet.  
Källa: Strålsäkerhetsmyndighetens Referensvärden SSMFS 2008:18

### Beräkningar

Gränsvärdets effektivvärde är 61 V/m och det ger ett toppvärde på  $61 \times \sqrt{2} = 86$  V/m. Detta insatt i formeln nedan ger resultatet att fältet stiger med 10 000 000 000 ( $=1 \times 10^{10}$ ) V/s

Formel:  $d_U/d_t \max = U_{\text{topp}} \times 2 \times \pi \times f$   
 $d_U/d_t \max = 86 \times 2 \times \pi \times 2000\,000\,000$

## 2000 gånger starkare

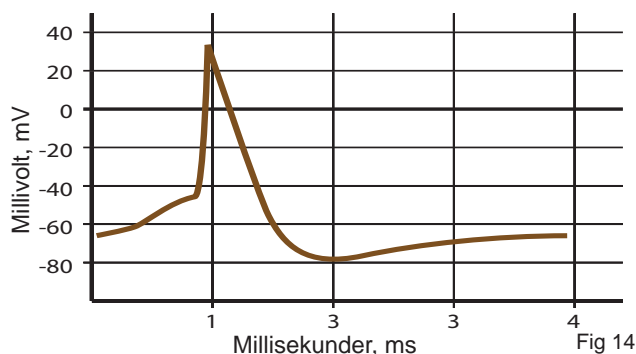


Fig 14

Kurvan i fig. 14 visar en normal nervimpuls. Den stiger med 5027 V/s. "Gränsvärdet" 10 000 000 000 V/s är ca. 2000 gånger starkare än den normala nervimpulsen.

### Beräkningar

Pulsen stiger från ca. -50 till +30 mV dvs. 0,080 V på 0,1 ms (0,0001s) och 0,1 ms motsvarar frekvensen 10 000 Hz.

Formel:  $d_U/d_t \max = U_{\text{topp}} \times 2 \times \pi \times f$   
 $d_U/d_t \max = 0,8 \times 2 \times \pi \times 10\,000 = 5\,027$  V/s.

Formel:  $d_U/d_t \max / (f \times 2 \times \pi) = U_{\text{topp}}$   
 $5\,027 / (2 \times 100\,000\,000 \times 2 \times \pi) = 0,00004$  V/s,  
 som är ett toppvärde och dess effektivvärde blir:  $0,00004 / \sqrt{2} = 0,00002$  V



En sladdlös telefon sänder med frekvensen 2,1 GHz då räcker det med 0,00002 V för att generera en lika stark puls som nervimpulsen. Denna nivå kan uppnås flera meter från basenheten (laddaren).

## Slutsats

Elektromagnetiska fält kan ge biologisk påverkan. Det kan bli svårt att påvisa hälsoeffekter och dra fel slutsatser om de enbart är baseras på fältets styrka. Det kan vara fältens snabba förändringar (t.ex. transienter) eller modulation som har störst påverkan. Faktorer som kan samverka (interferera) med kroppens egna signaler. Styrkan (effektivvärdet) är bara en faktor som inte säger allt.

Jan Boljang, september 2013