

# Ødelagt hørsel etter uheldig kombinasjon av MP3-spiller og TV.

*Arnt Inge Vistnes*

## **Et tragisk utgangspunkt**

I november 2005 fikk en 15 års gammel jente ødelagt hørselen på det ene øret etter at hun skubbet borti en TV som stod på samtidig som hun lyttet til en MP3-spiller på dette øret. Hva kunne grunnen være? Journalisten Klaus Holthe i TV2 fulgte opp saken og fikk i Trondheim undersøkt lydtrykket som en MP3-spiller kan gi, og hvilket lydtrykk selve øreproppene kunne gi når de ble koblet til en kraftigere forsterker. Disse eksperimentene viste at MP3-spillere neppe kunne gi så stort lydtrykk at det ville medføre døvhets under normal bruk. Men selve øreproppene var i stand til å gi et skadelig lydtrykk, forutsatt at de ble matet med et tilstrekkelig kraftig signal. Senere er det blitt klart at enkelte unge setter inn uoriginale ørepropper i MP3-spillere sine, og da kan lydtrykket bli farlig stort. Hvorvidt jenta som ble døv på det ene øret hadde uoriginale ørepropper eller ikke, er ukjent, men lite trolig.

Jeg ble kontaktet av TV2 som ønsket å få undersøkt hvorvidt feltene fra en TV kunne slå inn på en MP3-spiller. Vi gjorde slike målinger på Blindern den 7. februar og resultatene ble rapportert på TV2-nyhetene kvelden etter. Hensikten med denne artikkelen er å gi utfyllende opplysninger, fordi resultatet var overraskende.

Opprinnelig fikk jeg forståelsen av at hørselsskaden kom da jenta slo på TVen samtidig som hun lyttet til MP3-spillere sin. De innledende forsøkene konsentrerte seg derfor om magnetfeltimpulsen som skyldes degaussing av tradisjonelle TV-er av katodestråletypen, samt initieringen av et statisk elektrisk felt foran skjermen idet en TV skruses på. Det var resultatene av disse målingene som ble rapportert i TV2-nyhetene.

Et par uker senere fikk jeg et mer korrekt bilde av hendelsesforløpet. Jenta fortalte meg at hun hadde MP3-spillere i høyre lomme på buksa si. Høyre ørepropp satt i øret, og venstre ørepropp samt ledningen, hang løst ned mellom øret og lomma. Hun passerte tett inntil en TV som stod på da skaden skjedde. TVen var da på hennes høyre side, og ledningen kunne lett ha kommet bort i TV-skjermen. Hun husker bare et fryktelig brak i øret og deretter kraftig smerte samme sted. Hun husker *ikke* å ha fått elektrisk støt på noen del av kroppen, men brakket i øret kan ha tatt så stor oppmerksomhet at det ikke er utelukket at det *kan* ha forekommet gnistutladninger.

## **Våre første målinger**

I målingene for TV2 fikk vi hjelp av Svein Arne Nordby fra Norsonic, som koblet opp et audiometer til en ørepropp gjennom en slags "kunstig øre" (en sylindereformet kanal mellom ørepropp og en liten mikrofon). Vi la MP3-spillere på toppen av en TV og lot ledningen til ørepluggen henge løst foran skjermen, slik man godt kan tenke seg at ledningen henger når ungdom bruker slikt utstyr og slår på en TV. Da vi slo på TVen, vred ledningen på seg som en orm og klistret seg så inntil skjermen. Og da jeg tok i MP3-spillere, fikk jeg et ubehagelig elektrisk støt. Dette støtet slo også inn på MP3-spillere slik at vi registrerte kraftig støt på opp til 110 dB fra øreproppen, fordelt over et bredt frekvensbånd. Hvorvidt 110 dB i vår måleoppstilling ville gi samme lydtrykk i et menneskeøre, er vanskelig å si, men 110 dB tilsvarte omtrent det kraftigste signalet vi kunne få fra spillere når den spilte musikk under identisk måleoppsett.

Vi gjorde måling av effektiv likespenning på overflaten av TV-skjermen ved hjelp av et jordet, avansert måleinstrument for statisk elektrisk felt, en såkalt "feltmølle". Registreringen var utenfor måleområdet for instrumentet, som gikk til 20.000 V. Ut fra avstanden vi måtte holde instrumentet i for å komme innenfor måleområdet, kunne vi slutte at tilsynelatende spenning på TV-fronten var mellom 20.000 og 30.000 V.

Vi gjentok forsøket flere ganger, og forsøkte å fjerne ladning fra TV-skjerm, MP3-spillere og ledning fra gang til gang, ved å dra en jordet elektrisk ledende plastpose langs overflaten. Hver gang fikk vi støt ved å

ta på MP3-spilleren etter at TVen var slått på. Støyen i øreproppen var betydelig, mens gnistutladningene ikke førte til tilsvarende kraftig lyd utenfor øreproppen. Det skjedde ingen gnistutladning mellom ørepropp og omgivelsene i disse eksperimentene, bare mellom MP3-spilleren og omgivelsene. Vi fikk iblant flere tett etterfølgende pulser over en periode på ett sekund eller mer, slik at den totale energien i de hørbare området ble større enn ved enkeltpulser.

Vi kan ikke bevise at effektene vi observerte kunne føre til døvhets, til det er vår kunnskap om hørselskader for dårlig. Men vi viste at det statiske elektriske feltet som skyldes ladningsopphopning på TV-skjermen kunne føre til elektriske støt som slo inn på MP3-spilleren på en slik måte at det ble generert kraftige støypulser i øreproppene. Hvorvidt vi kunne ha kommet opp i enda kraftigere støy enn 110 dB ved andre, lignende forsøksbetingelser, er uvisst, men ikke usannsynlig. Forøvrig kan det nevnes at magnetfeltimpulsene når man slår på TVen ikke syntes å kunne gi tilsvarende kraftig effekt.

Vi kan spekulere på om de elektriske gnistene i jentas tilfelle gikk gjennom øreproppen til øret, og at den elektriske strømpulsen i øret kan ha gitt hørselskaden, men jeg tror ikke på en slik forklaring. Et elektrisk støt gir smerter og kan gi skader når det går en kraftig strømtetthet gjennom hud eller vev. Strømmen vil imidlertid fordele seg ganske fort innenfor huden slik at strømtettheten ikke representerer noe problem. Og det er tross alt flere millimetre fra øreproppen inn til det indre øret hvor skaden synes å ha skjedd.

### **Målinger ved et mer relevant system**

Etter TV2-opptaket er det gjort flere forsøk for å forstå effekten bedre, men jeg vil her bare gjengi resultatene hvor vi modellerte det hendelsesforløpet som jenta selv fortalte om. MP3-spilleren ble erstattet med en 10x10 cm aluminiumsplate, og ledningen med ørepropper ble erstattet med en 0,8 m lang plastisolert høyfleksibel ledningstump koblet til plata. Ledning og plate ble midlertidig jordet, og eventuelle overflate-ladninger på plastisolasjonen ble forsøkt fjernet. Plata ble så plassert på en isolerende plastboks på toppen av en TV som stod på, og feltmølla plassert i riktig avstand over plata for å få korrekte målinger. Ledningen ble i denne innledende fasen holdt horisontalt og vekk fra skjermen. Ledningen ble sluppet og falt ned, og gjorde ofte noen byks før den klistret seg inntil skjermen. I løpet av ett til to sekunder steg spenningen på metallplata til over 10.000 V. Spenningen falt så i løpet av 5-10 s til mellom 1000 og 6000 V. Spenningsverdiene varierte litt fra forsøk til forsøk, men lå stort sett i dette området. For en ledning med bedre isolasjon, holdt spenningen seg enda høyere og i lengre tid.

Når så en jordledning ble ført bort mot metallplata, sto det gnister mellom dem når avstanden kom ned til noen få millimeter. Ledningen spratt da ofte sideslengst for så å klistre seg til skjermen på et annet sted. Like etter slo det en ny gnist mellom jordledning og metallplaten i enden av ledningen, og på ny spratt ledningen til et nytt område av skjermen. Slik kom det en rekke gnister etter hverandre med noen tiendedels sekunder mellom hver. Det var nok denne effekten som lå bak pulstoget av støy vi registrerte på audiometeret i våre første forsøk. Ledningen med en bedre isolasjon spratt langt mindre enn den med mer vanlig isolasjon.

### **En mulig fysisk forklaring**

Hvordan kan disse observasjonene forklares fysisk? Jeg tror det er enkelt å forklare at man får et betydelig potensiale på metallplaten. Metall i ledningen og metallplaten utgjør et isolert system som i utgangspunktet er elektrisk nøytralt. Når ledningen faller ned foran TV-skjermen og skjermen har en betydelig ladningstetthet av positive ladninger, vil disse trekke på negative ladninger i ledning-plate-systemet. Vi får da en opphopning av negative ladninger i ledningen som ligger inntil skjermen, og det blir underskudd av negative ladninger på metallplaten. Ledning pluss TV-skjerm danner da en kondensator som er koblet til metallplaten som i sin tur danner en åpen kondensator mot jord. Vi får da en form for spenningsdeling mellom den positive overflaten av TV-skjermen gjennom ledning-plate-systemet videre til jord. Ledning-platesystemet kan da f.eks. havne omtrent midt mellom de to potensialene, og det er nettopp det vi måler. Over tid vil isolasjonen rundt ledningen lekke noen ladninger slik at effekten avtar og ledning-plate-systemet havner noe nærmere null enn halvparten av den tilsynelatende spenningen på TV-skjermen.



*Figur 1: Forsøksoppsett for å vise hvordan en ledning foran en TV-skjerm kan føre til betydelig spenning på en metallplate (eller en MP3-spiller) i andre enden av ledningen. For nærmere forklaring, se teksten.*

Denne forklaringen var vanskelig å anvende for å forklare hvorfor ledningen hopper langs skjermen når man får gnistutladningene mellom jord og metallplata. Nøyere observasjoner synes å gi en god forklaring også for dette fenomenet, basert på hovedmodellen angitt ovenfor. Dersom ledning-plate-systemet havner på omlag 10 000 V, vil det være et elektrisk felt over isolasjonen rundt ledningen på om lag  $10^7$  V/m som er helt på grensen av hva isolasjonen tåler. Når platen jordes, vil det elektriske feltet over isolasjonen bli omlag dobbelt så stor, og da slår det elektriske gnister gjennom isolasjonen. Negative ladninger legger seg på overflaten av TV-skjermen, og nøytraliserer i effekt de positive ladningene. Det blir da en redusert tiltrekning av ledningen til skjermen der ledningen var da gnisten slo gjennom. Men i nærliggende områder av TV-skjermen er den positive ladningstettheten fortsatt stor. Den negative ledningen dras så så vidt lengst til en ny posisjon, og vi får en ny forsterket polarisering av ledning-plate-systemet, og på ny mulighet for at en gnist vil stå mellom jordledningen og metallplaten, som igjen gir dielektrisk gjennomslag av plastisolasjonen, ny nøytralisering og ny forflytning av ledningen.

Denne forklaringen baserer seg på observasjon av gnister mellom ledning og TV-skjerm omtrent samtidig som det går gnist mellom jordledning og metallplate. Videre blir den effektive spenningen på TV-skjermen redusert i til dels mange minutter etter at gnistene har gått, noe som igjen indikerer at vi har fått en form for nøytralisering av ladninger på overflaten.

Vi mener med dette å ha pekt på et hendelsesforløp som på en reproducerbar måte kan gi gnistutladninger mellom en MP3-spiller og et legeme som ligger omtrent på jordpotensiale (eller i det minste et potensiale flere tusen volt lavere enn TV-skjermoverflaten). Vi har sett at slike gnister slår inn i MP3-forsterkeren og gir kraftige støypulser, og at en rekke etterfølgende gnister kan gi mer energi til støyen totalt.

Men hva så med den uheldige jenta? Jeg tror at det har skjedd gnistutladninger gjennom bukselommen inn mot låret selv om hun ikke la merke til det. Vi kan også spekulere på om effekten kan ha vært ytterligere forsterket ved vanlig gnidningselektrisitet mens jenta gikk forbi TVen. Hun kan lett ha kommet opp i flere tusen volt fra vanlig gnidningselektrisitet mellom seg og f.eks. et gulvteppe. Dersom hun da ble ladet opp negativt, vil spenningsforskjellen mellom spiller og låret kunne ha kommet opp i langt over 10.000 volt. Men selv uten en slik oppladning, vil prosessen vi har skissert kunne forklare at det genereres kraftige støypulser i øreproppen hun hadde i øret. Vi kan imidlertid ikke fastslå ut fra våre eksperimenter om disse støypulsene var så kraftige at de førte til hørselskaden.

## **Flere kan bli skadet**

Fenomenet vi beskriver kan lett tenkes å skje for flere systemer i vår ørepropprike hverdag. Det synes å kunne inntreffe for de fleste typer lignende lydtkilder, så som handsfri mobiltelefoner, walkman, små radioer osv. Det er derfor fare for at det kan bli flere som får hørselskader av denne effekten. Effekten er da også rapportert inn av flere, men foreløpig er det vel bare i ett tilfelle at støyen har ført til permanent nedsatt hørsel. Fenomenet blir fulgt opp videre både av MP3-produsenter og her i landet av Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap. Det gjelder om mulig å finne en måte å håndtere problemet på slik at ikke flere skal få ødelagt hørselen.

Det er et tankekors at effekten vi beskriver bare vil kunne forekomme på tradisjonelle TVer av katodestråletypen. Det kraftige statiske elektriske feltet på fronten kunne lett ha vært fjernet dersom fabrikantene (og forbrukerne) hadde gått inn for det. På dataskjermer ble dette feltet fjernet allerede for omtrent femten år siden da "lavstråleskjermer" ble vanlig, og uten at det førte til merkbar økning i pris. Grunnen til at man ikke har fjernet denne ladningsoppbyggingen i TVer er at man vanligvis betrakter TVen fra flere meters avstand, men sitter nær en dataskjerm. Hadde teknologien for å fjerne ladninger på skjermoverflaten vært anvendt på TVene, ville antakelig ikke denne ulykken med MP3-spilleren ha forekommet. De nye flatskjerm-TVene har ikke noe kraftig elektrisk felt fra skjermoverflaten, og vil derfor ikke kunne gi kraftige støypulser så langt vi forstår fenomenet i dag.

### **Tips til egne forsøk**

For lesere som ønsker å teste ut dette fenomenet på egen hånd vil jeg nevne at overflaten til en TVskjerm er av glass med høy isolasjonsevne. Ladninger på overflaten vil da kunne bli liggende i mange minutter uten å flytte seg nevneverdig. Dersom en ønsker å få reproduerbare forsøk av samme type som er skissert ovenfor, må man sørge for at ladningstettheten på skjermen er mest mulig reproducerbar fra ett eksperiment til et annet. Jeg har oppnådd dette ved å føre en jordet, elektrisk ledende plastpose gjentatte ganger over hele skjermen mens TVen er helt avskrudd. Når TVen da slås på, blir ladningstettheten positiv og går opp til nokså nær samme verdi gang etter gang, i alle fall så lenge luftfuktigheten i rommet er uendret. Man må også fjerne ladninger fra overflaten av isolasjonen rundt ledningen fra gang til gang, og jorde metallet midlertidig i plate og ledning for at også den delen av systemet skal ha en reproduert tilstand.

En må selvfølgelig IKKE lytte til brakket i ørepropper direkte dersom man anvender en MP3-spiller eller tilsvarende i forsøksoppsett tilsvarende det vi har skissert i denne artikkelen. Man skulle ikke tro at det er mye energi i gnister i så enkle og små system som det her er snakk om, men forsterkeren i MP3-spilleren sørger for at signalet som kommer til øreproppen likevel blir betydelig. Vær forsiktig!

### **Takk**

Jeg takker på ny Karl Måseide for nyttig hjelp til å stramme inn min fyldige skrivestil.