



Strømforurening og strømstriber

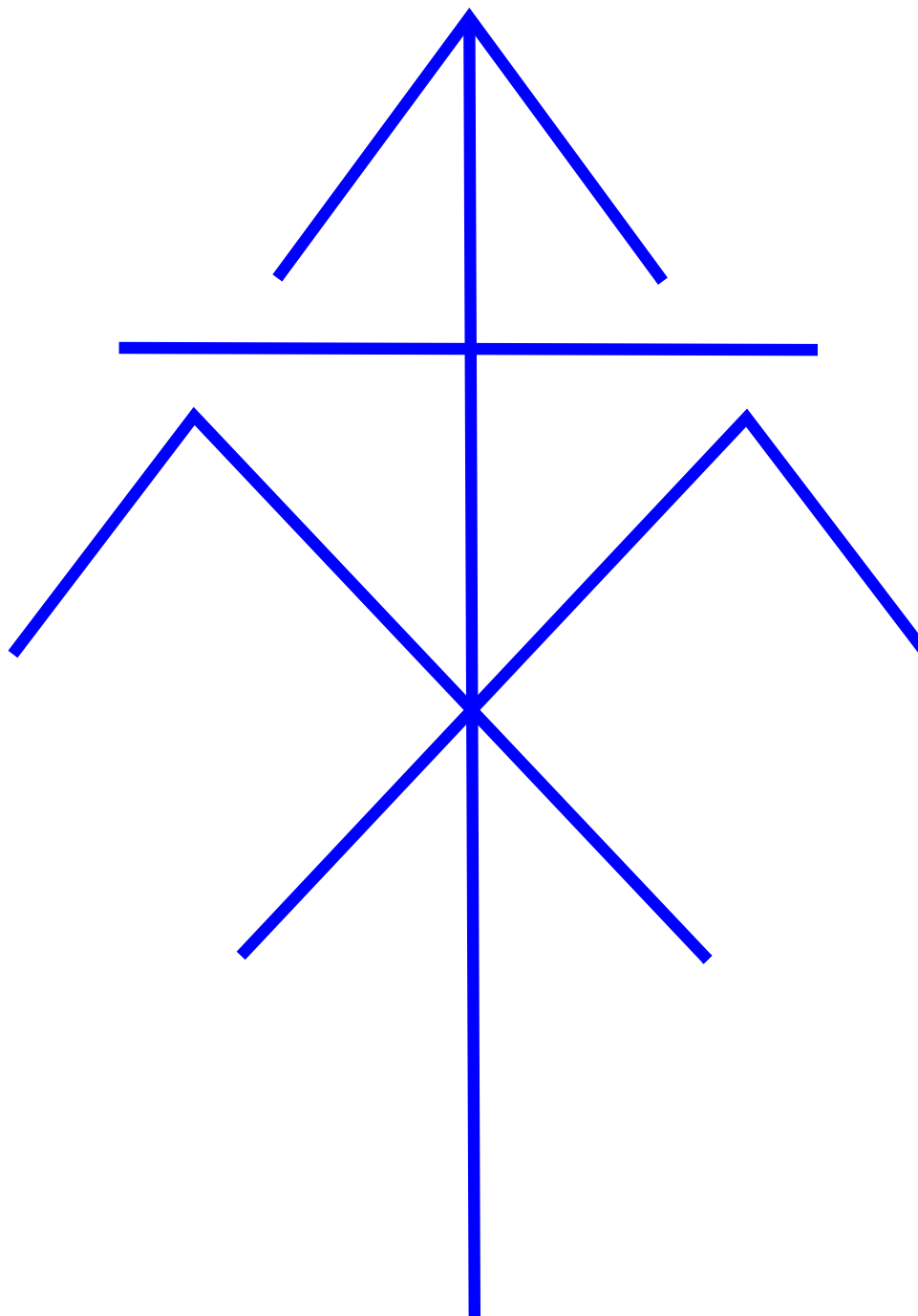
- Overlevelsesguide for strømramte landbrug -

2026

Kim Horsevad

Strømforurening og strømstriber

- Overlevelsesguide for strømramte landbrug -



Horsevad Research

www.horsevad.net - kim@horsevad.dk

Strømforurening og strømstriber – en overlevelsesguide for strømramte landbrug

Forfatter og copyrightholder: Kim Horsevad, www.horsevad.dk, kim@horsevad.dk

Udgivet af: Horsevad Research, www.horsevad.net

Udgivelsesår: 2026

2. udgave

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	5
Kapitel 1: Grundlæggende viden.....	7
Hvordan opstår strømforurening?.....	8
Jording og vores elektriske system.....	17
Dansk forskning.....	21
Vortexhypotesen.....	28
Field Sentry neutraliseringsenheder.....	34
Kobberpinde, penduler og kloge mænd/koner.....	35
Dine egne indledende undersøgelser.....	37
Endogen eller exogen?.....	40
Kapitel 2: Kortlægning af problemet.....	41
Indledende overblik.....	42
Kortlægning af strømstriber.....	44
Teknisk udmåling af strømstriber.....	46
Teknisk måling af vortexbalance.....	48
Vandpåvirkning.....	52
Kapitel 3: Nu gør vi noget ved problemet.....	54
Elsystemer, jording og potentialudligning.....	55
Hvorfor potentialudligning kan være skadeligt.....	63
Field Sentry løsningen.....	69
Hvordan man "tæmmer" en frekvensomformer.....	73
Kapitel 4: Teknik.....	80
Måleenheder.....	81
Historisk baggrund.....	88
Den elektromagnetiske bølge.....	90
Pulseringsforhold.....	92
Den elektriske installation.....	94
Beskidt strøm og vagabonderende strøm.....	97
Magnetfelter.....	100
Kapitel 5: Evidensoversigt.....	102
Evidensoversigt for skadevirkninger fra vagabonderende strøm.....	103
Evidens for skadevirkninger fra magnetfeltspåvirkning.....	105
Oversigt over biologiske påvirkningsmekanismer.....	107
Evidens for skadevirkninger fra elektromagnetiske felter.....	108
Kapitel 6: Nyhedsbrev og forskning.....	115
Nyhedsbrev.....	116
Forskning.....	116
Orienterende opmåling.....	116
Gratis rådgivning vedr. strømstriber.....	116

Indledning

Denne bog er en overlevelsesguide til de landmænd, hvis bedrift er ramt af strømgener.

I Vendsyssel kaldes det ofte ”strømstriber”. I Sønderjylland kalder de de ofte ”krybestrøm”. Andre steder siger man blot ”støjstrøm”, ”strømramt” eller ”strømgener”. Men det dækker over det samme problem, nemlig at der går noget vagabonderende strøm i undergrunden, som man ikke har nogen chance for at kontrollere, men som ødelægger både dyrevelfærd og rentabilitet på bedriften. I bogen her benyttes ordene ”strømstriber” og ”strømforurening”.

De allerfleste landmænd kender problemet med uønsket strøm i jorden. Enten fordi de selv har prøvet det, eller også fordi nogle af deres kolleger har. Den der underlige fornemmelse af at der er noget strøm udefra, som påvirker dyrene på gården. Mælkeydelsen falder uforklarligt, dyrene får en underlig drikkeadfærd, tilvæksten falder, og dyrene har det dårligt, svinene bider halerne af hinanden, får diarre, er aggressive over for alle og smågrisedødeligheden stiger helt vildt.

Det er en frygtet situation, for pludseligt er der noget, der påvirker bedriften på en måde, man ikke kan kontrollere. Man afprøver nyt foder, får forbedret ventilationen, optimerer vacciner sammen med dyrlægen, prøver alskens fodertilskud, betaler utallige elektrikere for at løse problemer. Og tingene bliver bare værre og værre. Mange bedrifter er gået konkurs pga strømproblemer.

Men meningen med denne bog er ikke at jamre og ynke. Tværtimod. De seneste års forskning har bragt os så langt, at generne fra strømforurening i dag kan reduceres så kraftigt, at de ikke længere påvirker hverken dyrevelfærd eller rentabiliteten.

I den forbindelse vil jeg gerne rette en kæmpe tak til SEGES og min kontaktperson hos SEGES, Kenneth Poulsen, for kæmpe støtte i forbindelse med alt det arbejde som går forud for denne bog. Hvis ikke det var for Kenneth Poulsens utrættelige indsats med at koordinere måleprojekter og med at søge forskningsmidler, så var det aldrig lykkedes at komme så langt med udforskningen af strømproblemer, som vi er i dag.

Bogen her bygger på 14 forskningsartikler, som enten udspringer af samarbejdet med SEGES eller er en direkte følge af dette samarbejde. Vi er ikke længere hjælpeløse over for strømproblemet. Det er derfor denne bog er skrevet. For at informere om muligheder og løsninger. For at hjælpe landbruget, som i nuværende situation er rigeligt presset både fra

økonomisk og politisk hold. I dag er der midler, metoder og redskaber til at vinde over problemet.

På trods af at bogen omhandler særdeles kompliceret forskning har det været meget vigtigt for mig at skrive denne bog i et så enkelt sprog som muligt. Det har været en personlig udfordring for mig, for jeg er vant til teknisk detaljeret terminologi.

Bogen er delt i seks kapitler.

Første kapitel giver en kort indføring i problemfeltet – og beskriver kort resultaterne fra den danske forskning.

Anden kapitel beskriver, hvorledes vi teknisk kan kortlægge og udmåle strømforurening

Tredje kapitel beskriver, hvordan vi gør noget ved problemet, både via vortexneutraliserende Field Sentry og via forbedret installationspraksis for gårdens el-installation.

Fjerde kapitel er mere opslagsagtigt og indeholder en kort indføring i alle de forskellige måleenheder, som bruges, når man diskuterer strømforurening.

Femte kapitel er en opsummering af international forskning. Oversigten er medtaget, for at du som landmand kan finde videnskabelig baggrund, hvis du skal overbevise andre om, at tekniske systemer kan påvirke biologi. Ofte hører man nemlig folk påstå, at der ingen videnskabelig evidens findes – og det er direkte forkert, for faktisk viser langt hovedparten af de videnskabelige studier, at der sker en omfattende påvirkning af biologiske systemer fra alle de elektriske, magnetiske og elektromagnetiske felter vi omgiver os med i dag.

Sjette kapitel indeholder kontaktadresser og links til nyhedsbrev.

Kapitel 1: Grundlæggende viden

I denne del kan du læse om:

- Hvad er vagabonderende strømme?
- Dansk forskning
- Vortexhypotesen
- Field Sentry neutraliseringsenheder
- Kobberpinde, penduler og kloge mænd/koner
- Dine egne indledende undersøgelser
- Endogen eller exogen?

Hvordan opstår strømforurening?

Ordliste og forklaring bagerst i bogen!

Hvis der er begreber eller forkortelser, som ikke giver mening, så kig bagerst i bogen. Der er både en ordliste og et afsnit med forklaring på, hvordan vores el-system er indrettet!

Hvordan opstår strømforurening?

Den korte forklaring er at elnettet er utæt. Der siver el ud overalt. Og det ikke kun fra gamle og slidte kabler - også spritnye kabler lækker strøm til omgivelserne, uanset om de er lagt i jorden eller hænger fra master.

For at forstå hvorfor og hvordan, så skal vi kende to begreber, nemlig "kapacitans" og "forskydningsstrøm".

Begge er så vigtige for at forstå problemet, at jeg gerne vil bruge et afsnit på at forklare hvert ord. Men uden matematik - og uden nørdede ord. Bare hæng på, så går vi igang!

Kapacitans

Kapacitans er det fysiske fænomen, at to elektriske ledere kan påvirke hinanden og gemme på elektrisk energi, uden at røre ved hinanden.

Hver gang du har to ting, der kan lede strøm, og der er luft eller et andet isolerende materiale imellem dem, så opstår der kapacitans.

Det er naturens egen evne til at danne et usynligt elektrisk felt, som kan holde på elektroner.

Forestil dig to elektrisk ledende ting (kabler eller andet), der hænger tæt på hinanden. Hvis du sender en elektrisk ladning ind på den ene genstand, vil de gerne væk fra hinanden, fordi ens ladninger frastøder hinanden. De negative elektroner på den første genstand begynder nu at "skubbe" til elektronerne på den anden genstand, selvom de ikke rører hinanden. Naturens kræfter virker nemlig igennem luften.

Fordi elektronerne skubbes væk fra den anden genstand, bliver den positivt ladet. Nu har du en negativ side og en positiv side. De to sider tiltrækker hinanden. Der opstår et elektrisk felt i luften imellem dem. Dette felt fungerer ligesom et spændt, usynligt elastikbånd, der holder på energien.

Mængden af energi, som dette felt kan holde på, før elektronerne "springer i luften" (som en gnist), er det, vi måler som kapacitans.

To eksempler fra hverdagen

Tordenvej: En sky og selve jordoverfladen er to elektriske ledere med luft imellem. Når skyen bevæger sig, opbygges der en kæmpe elektrisk ladning. Naturens kapacitans gør, at der opstår et enormt elektrisk felt mellem skyen og jorden. Når kapacitansen ikke kan holde på mere energi, knækker "elastikken", og energien udlades som et lyn.

Din touch-skærm: Din fingerspids leder strøm, og det gør glasset på telefonen også (via et usynligt metallag). Luften og glasset imellem dem skaber en lille naturlig kapacitans. Når du fører fingeren hen til skærmen, ændrer du styrken på det elektriske felt det specifikke sted. Telefonen måler denne ændring i kapacitans og ved præcis, hvor du trykker.

Opsummering

Kapacitans er et geometrisk fænomen. Det bestemmes udelukkende af, hvor store genstandene er, hvilken form de har, hvor tæt de er på hinanden, og hvilket materiale der er imellem dem. Et kabel, som leder en elektrisk strøm, vil derfor altid, uanset hvor godt kablet er isoleret, lække strøm til elektrisk ledende dele/strukturer i omgivelserne.

Forskydningsstrømme

Hvor kapacitans handler om at gemme energi i det elektriske felt, handler en forskydningsstrøm om, hvad der sker med magnetfeltet, når det elektriske felt ændrer sig.

I fysiktimerne lærer man normalt, at elektrisk strøm er elektroner, der bevæger sig igennem en ledning. Men en forskydningsstrøm er en strøm uden elektroner. Det er det fænomen, at et elektrisk felt, der ændrer sig, skaber et magnetfelt i tomrummet - præcis ligesom en rigtig elektrisk strøm ville gøre.

Naturen opfører sig altså, som om der løber en strøm igennem luften eller vakuum, selvom der ikke flytter sig en eneste elektron.

Lad os bruge eksemplet fra kapacitansen med de to elektrisk ledende dele, hvor der er luft imellem. Hvis vi begynder at presse flere elektroner ind på den ene plade, bliver det usynlige elektriske felt i luften mellem pladerne stærkere og stærkere. Mens det elektriske felt vokser (eller svinder ind), sker der noget sjovt i luften imellem pladerne. Det skiftende elektriske felt skaber nemlig et magnetfelt rundt om sig.

H.C. Ørsted opdagede, at strøm i en ledning skaber et magnetfelt. Men her mellem pladerne er der ingen ledning og ingen elektroner – kun det skiftende elektriske felt. Alligevel opstår magnetfeltet!

Fordi effekten (magnetfeltet) er fuldstændig den samme, som hvis der løb en rigtig strøm af elektroner, kaldte fysikeren James Clerk Maxwell det for en forskydningsstrøm. Det "forskydes" igennem rummet.

Hverdags-eksempler

Uden forskydningsstrømme ville vores moderne verden slet ikke fungere. Fænomenet er nemlig selve fundamentet for, at vi kan sende signaler trådløst: Når du tænder for din telefons Wi-Fi, ændrer det elektriske felt i antennen sig ekstremt hurtigt frem og tilbage. Dette skaber en forskydningsstrøm i luften uden for antennen. Forskydningsstrømmen laver et magnetfelt, som laver et nyt elektrisk felt, som laver en ny forskydningsstrøm... Dette "smitter" af på rummet hele vejen hen til din router. Forskydningsstrømmen er altså i virkeligheden det, der gør, at elektromagnetiske bølger (som lys, radiobølger og Wi-Fi) kan rejse igennem luften og det tomme verdensrum.

Opsummering

En normal strøm er elektroner i bevægelse. En forskydningsstrøm er et elektrisk felt i ændring. Begge dele skaber et magnetfelt, og derfor betragter fysikken dem begge som strøm.

Netop kombinationen af kapacitans og forskydningsstrøm er årsagen til at elnettet er utæt som en hullet si.

Hvis du gerne vil dykke dybere ned i teknikken omkring det her - og nørde løs i matematikken og alle de nørdede ord, så kan du finde en af mine forskningsartikler her, som gennemgår alle beregningerne:

[HTTPS://HORSEVAD.NET/PUBLICATIONS/HORSEVAD---2025---ENVIRONMENTAL_CURRENT_POLLUTION.PDF](https://horsevad.net/publications/horsevad---2025---environmental_current_pollution.pdf)

Hvor meget strømforurening er der?

Alle moderne vindmøller, solcelleparker, batteriparker, ladestandere, etc er baseret på en teknologi hvor strømmen dannes og styres i meget korte pulser. Enhver teknologitype baseret på en sådan frekvensomformning vil altid skabe strømforurening, uanset hvor godt og omhyggeligt apparatet er konstrueret og installeret.



Illustration 3: Første måling viser strømforurening fra et af fire jordingskabler i en 900KW vindmølle. Bemærk dog at ståltårnet er boltet til et jordforbundet fundament med ca 50 bolte. Den samlede afledning til jord er omkring 100 ampere. Næste måling (på 9,38 Ampere) viser lækstrøm fra en transformator. Måling lavet i samarbejde med Vagn Larsen, Feltfri.dk

Det giver ikke mening at nævne hverken fabrikant eller model for ovenstående vindmølle. Målet er ikke en heksejagt, for de overholder formentlig alle de retningslinjer og standarder, de er juridisk forpligtede til. Her er simpelthen tale om et problem, som ikke er opdaget i tilstrækkelig grad, til at det overhovedet er på dagsordenen i forhold til elektriske standarder og normer.

Vindmøller og solceller

I en vindmølle er der en inverter. Det er et stykke moderne elektronik som laver den strøm vindmøllen producerer om til en strøm som kan sendes ud i elnettet. Det gør den ved at skære strømmen over i bittesmå bidder. Men som du husker fra foregående afsnit, så er forskydningsstrømmen afhængig af ændringen i det elektriske felt. Dvs at hvis vi ændrer det elektriske felt enormt hurtigt, så opstår der også en stor forskydningsstrøm.

Derfor vil der fra alle decentrale elproducerende enheder - som vindmøller, solceller, batteriparker - udsendes store mængder strømforurening til jorden.

Hvis vi regner det igennem, så vil standard vindmøller sende mellem 20 og 100 ampere kontinuerligt i jorden. Jeg har dog målt enkelte eksempler på over 200 ampere kontinuerlig strømforurening fra en enkelt vindmølle. Vi har over 4000 vindmøller i Danmark.

Solcelleparker giver strømforurening i samme størrelsesorden. For store parker kan tallet endda være større.

Kabler i jorden

Der vil altid være elektrisk ledende strukturer i jorden. Derfor vil et strømførende kabel i jorden altid have en kapacitans mod jorden, hvilket igen betyder at der vil dannes strømforurening, fordi du har et varierende elektrisk felt i kablet.

For et 20km langt 200kV kabel i god stand vil det give en strømforurening på 180A per fase. Kabler med højere spænding vil give større mængde strømforurening, kabler med mindre spænding vil give mindre strømforurening.

Elbils-ladere, batteriparker og lignende

Ved elbilsladere, batteriparker og alle lignende installationer er den grundlæggende teknik den samme. Der er en inverter, som hakker strømmen i bittesmå stykker, så den kan passes til det sted den skal hen, uanset om det er en batteripark som sender strøm til nettet eller en lader, som sender strøm til en el-bil. For alle disse strukturer gælder de samme fænomener, desto større mængde energi der håndteres, og desto hurtigere enheden hakker strømmen op i bidder, desto flere ampere strømforurening sendes der i jorden.

Frekvensomformere

Der sidder efterhånden frekvensomformere på alle el-motorer. Ideen er at spare energi, hvis motoren kan nøjes med at køre langsommere end den ville ved fuld kraft.

Det opnås ved igen at hakke strømmen over i små bidder, og så kun fodre motoren med præcis den mængde strøm den har brug for.

Ideen er god nok, men fysikken gælder stadig. Desto hurtigere du hakker strømmen over, desto større forskydningsstrøm.

Hvis du sætter en helt moderne SIC/Mosfet frekvensomformer på en lille 1hk elmotor, så vil den hakke strømmen over i så mange små bidder at forskydningsstrømmene vil kunne komme i nærheden af 1000 ampere for hver bid strøm. Disse forskydningsstrømme er varer kun milliontedele af sekunder, og er derfor ikke akut farlige for mennesker, men ved kronisk eksponering er der veletablerede skadesmekanismer for både mennesker og dyr.

Gensidig induktans fra luftledninger

Der er altid en diskussion om hvorvidt højspændingsledninger skal graves ned eller hænge fra master. Nogle foretrækker det ene, andre foretrækker det andet.

Fra et rent fysisk perspektiv er det sådan set ligegyldigt. Begge muligheder giver nogenlunde identiske mængder af strømforurening, men mekanismerne er forskellige.

For nedgravede kabler er det kapacitans til den omgivende jord, som er hovedmekanismen.

For mastehængte kabler er det gensidig induktans mellem faser og jordledning, som er den afgørende mekanisme. For gennemsnitlige højspændingsmaster i Danmark, så drives der 5-40 ampere kontinuerligt i jord fra hver eneste mast.



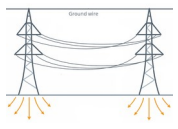

	<p style="text-align: center;">Vindmøller</p> <p style="text-align: center;"><i>Der drives 5 - 100 A AC i jorden for hver eneste vindmølle. Strømforurening op til 200 A for en enkelt mølle er dokumenteret. Vi har 4000+ vindmøller i DK.</i></p>
	<p style="text-align: center;">Kapacitiv lækage</p> <p style="text-align: center;"><i>For et 20km 200kV kabel i god stand, svarer dette til 180 A AC pr fase.</i></p>
	<p style="text-align: center;">Gensidig induktans fra luftledninger</p> <p style="text-align: center;"><i>Der drives 5 - 40 A AC i jorden for hver eneste højspændingsmast. Langt højere værdier måles i ekstremtilfælde.</i></p>
	<p style="text-align: center;">Invertere og frekvensomformere</p> <p style="text-align: center;">Invertere, frekvensomformere og EV-ladere forårsager systemisk strømforurening.</p> <p style="text-align: center;">De meget hurtige stigetider driver forskydningsstrømme af betydelige størrelsesordener, op til 1000A per kant for en 1hk motor.</p>

Illustration 1: Oversigt over kilder til systemisk strømforurening

Kabelfejl

Vi er desværre ikke så heldige at alle vores elkabler er i god stand. Og for en bekymrende stor del af elnettet er der ikke overvågning på, så fejl opdages ikke. I stedet ses strømforureningen som øget forbrug, hvorfor der blot pumpes endnu mere strøm gennem det fejlbehæftede kabel.



Illustration 2: Fejl på 10KV kabel, som blev opdaget tilfældigt ved nedgravning af lyslederkabler. Kablet har været udsat for en eller anden udefrakommende påvirkning (sandsynligvis lynnedslag), hvorefter kabelkappen ikke længere har kunnet opretholde sin isolationsevne. Det gråsorte på billedet er granitsten, som er smeltet ned over kablet, hvilket indikerer en ganske betydelig varmeudvikling. Bemærk venligst, at kablet var i drift, indtil fejlsituationen blev opdaget ved en tilfældighed (opgravning i forbindelse med anden kabelinstallation).

Ovenstående er ikke en sjældenhed – der er mange kabler i samme stand, som stadig er i drift. I vores nuværende elektriske distributionsinfrastruktur findes der ingen overvågning over strømtabet i fejlbehæftede kabler.

Fejlsituationen behøver ikke være så voldsom som det brændte kabel ovenfor for at give betydelige skadevirkninger for mennesker. Faktisk skal der nogle gange ikke ret meget til, før det går fuldstændigt galt.

For nogle år siden var der i nærheden af Sindal en sag, hvor en ældre pensionist havde lavet en kabelsamling forkert i forbindelse med noget havebelysning. Lækstrømmen var formentlig omkring 10mA og dermed ikke stor nok til at trigge HPFI-relæet; men alligevel var skadevirkningerne for de omkringboende ganske betydelige. I de omkringliggende huse skete der pludseligt flere dødsfald, ligesom næsten alle huse i nærheden havde mindst én beboer, som meget hurtigt blev ramt af kræft i en eller anden form.

Returstrømme

En anden kilde til strømforurening er returstrømme. Returstrøm er når strømmen har været brugt i et apparat, men skal tilbage til stjernepunktet i transformatoren for at fuldende kredsløbet.

Hvis du laver det her forsøg, så pas på du ikke slår dig selv ihjel, men hvis du tager en pære og kobler den ene pol i fatningen i jord, og den anden pol til en fase på værkets side af HPFI-relæet i din gruppetavle, så vil pæren lyse. Jorden er simpelthen indsat som en del af det elektriske kredsløb, så returstrømmen løber fint gennem jorden.

Nogle steder bruger man det princip for at spare penge. Så kan man nemlig enten helt undvære eller neddimensionere nul-ledninger.

Der er ældre amerikansk forskning på dokumenterer at ca 2/3 af al returstrømmen vandrer gennem jord i stedet for gennem kabler.

Samlet strømforurening

Ved magnetometermålinger kan man beregne mængden af strømforurening i jorden.

Nedenstående viser målinger foretaget to steder, et sted tæt på elektrisk infrastruktur, og et andet fjernt fra elnettet.

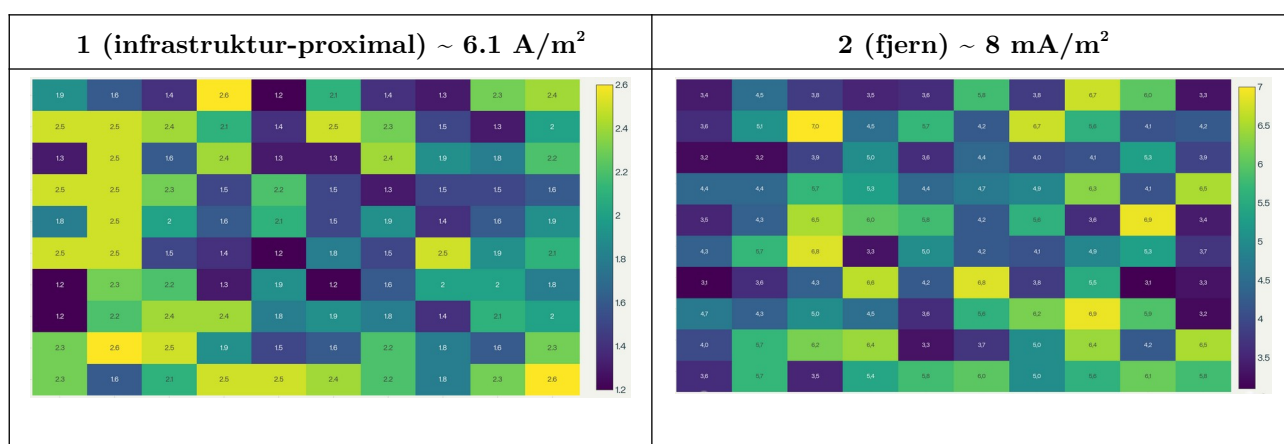


Illustration 3: Magnetometermålinger optaget med henblik på at beregne det samlede niveau af strømforurening. Hvis vi tager udgangspunkt i best case, så er den samlede strømforurening til jord fra Danmarks elsystem 3 millioner ampere, hvert eneste sekund. Det er en energimængde stor nok til at drive en større provinsby.

Bemærk, at de beregnede 3 millioner ampere samlet kontinuerlig strømforurening er beregnet ud fra "best case" målingerne. Det betyder, at strømtætheden for den del af landets befolkning, som bor tættere på elektrisk infrastruktur vil være markant højere.

Virksomheder

Selv ganske små mængder af strømforurening i jorden kan have meget betydelige virkninger.

Vi kan sætte strømforureningen i relation til forskningen på området, hvor selv ganske små – og umærkelige – strømme kan være skadelige, hvis de løber gennem kroppen.

Strømme ned til 50 uA kan statistisk korreleres med negative helbredsvirkninger for husdyr i landbrug.

Strømme helt ned til 18 uA kan tilsvarende korreleres til øget cancerincidens for mennesker.

Forkortelsen uA betyder ”mikro ampere”. Der er altså tale om, at kontaktstrømme ned til 18 milliontedele ampere giver forøget risiko for kræft.

Den vindmølle, vi har vist målinger fra ovenstående, leder omkring 100 ampere til jord.

Baseret på magnetometermålinger er samfundes samlede udledning af strømforurening formentlig i nærheden af 3 millioner ampere hvert eneste sekund.

Vores ”grønne” infrastruktur kan derfor nemt vise sig at være behæftet med ganske væsentlige helbredsmæssige og bedriftsøkonomiske implikationer.

Jording og vores elektriske system

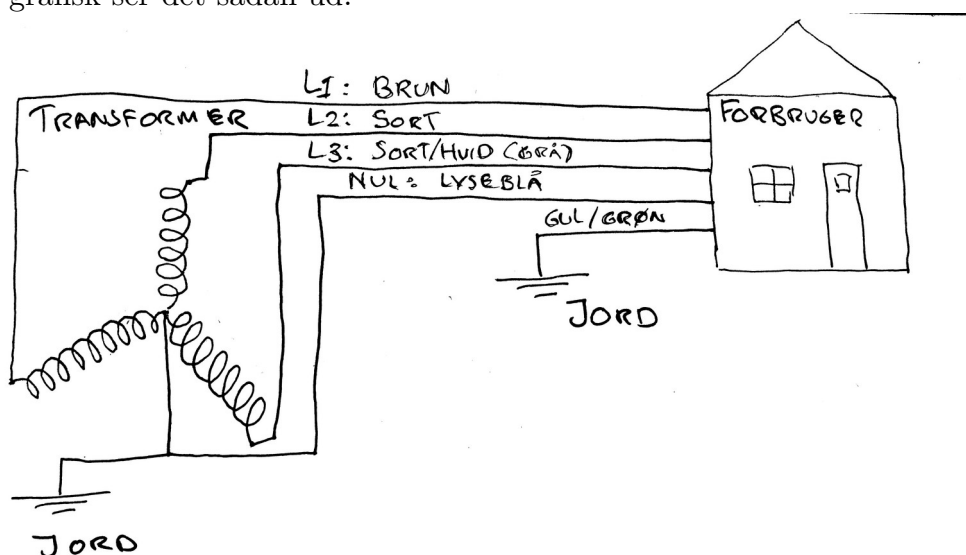
Jording og det elektriske distributionssystem

Idet jorden er indsat som en del af det elektriske distributionssystem, vil strømmen søge de veje, som giver lavest modstand. Derfor vil man opdage, at store strømme kan søge gennem jorden i stedet for gennem ledningsnettet.

For at forstå ideen om strømfurening skal vi først kigge på, hvorfor mennesker har fået den underlige ide at forbinde elektricitetsnettet til jorden. Det er ikke en teknisk nødvendighed – og fra et landbrugs-mæssigt synspunkt havde et flydende system formentlig været meget bedre. Men jordingen giver nogle meget væsentlige fordele i forhold til at kunne danne effektiv beskyttelse mod akut elektrisk stød. Med nuværende teknologi ville man kunne lave tilsvarende beskyttelse i et flydende system, men da man startede udviklingen af det elektriske distributionssystem for mere end hundrede år siden, havde man ikke sådanne muligheder.

Stjernepunktet i transformeren er forbundet til jord, hvor overgangsmodstanden mod jord er mindre end 2 Ohm. Det betyder, at man har lagt nulpunktet i vores elektriske distributionssystem fast, nemlig ved jordpotentialen. Hvis nulpunktet ikke var lagt fast på jordpotentialen, ville man teoretisk set kunne få betydeligt større elektrisk stød ved en isolationsfejl end ved nuværende indretning.

Præsenteret grafisk ser det sådan ud:



I transformeren omformes højspændingen til 240V og 400V. Strømmen sendes via tre faser ud til forbrugeren. Stjernepunktet i transformeren er jordforbundet og er samtidigt forbundet til nullen, som er den lyseblå ledning.

Jordforbindelsen i en standardinstallationen skal have en overgangsmodstand til jord, som er mindre end 1666 Ohm, idet HPFI-relæet derved kan nå at slå fra, inden man har modtaget 30mA elektrisk strøm, (som regnes for potentielt dødeligt).

Der er derved betydelige og tungtvejende årsager til, at det elektriske distributionssystem er jordforbundet, idet det giver nogle meget væsentlige sikkerhedsmæssige fordele i forhold til at undgå elektrisk stød. Problemet er bare, at akkurat de samme forhold, som giver afgørende fordele for at beskytte mod akut elektrisk stød, har givet tekniske forudsætninger for, at uhyre store mængder af vores elektriske strøm havner i jorden i stedet for i kablerne.

Jorden som elektrisk leder

Jorden er en meget god elektrisk leder. Især visse vandførende lag og mineralforekomster i jorden er exceptionelt godt ledende. Mine målinger indikerer værdier for okkerlag til at være $\sim 4.3 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ og værdier for kulstoflag til at være $\sim 2.7 \times 10^{-3} \Omega \cdot m$.

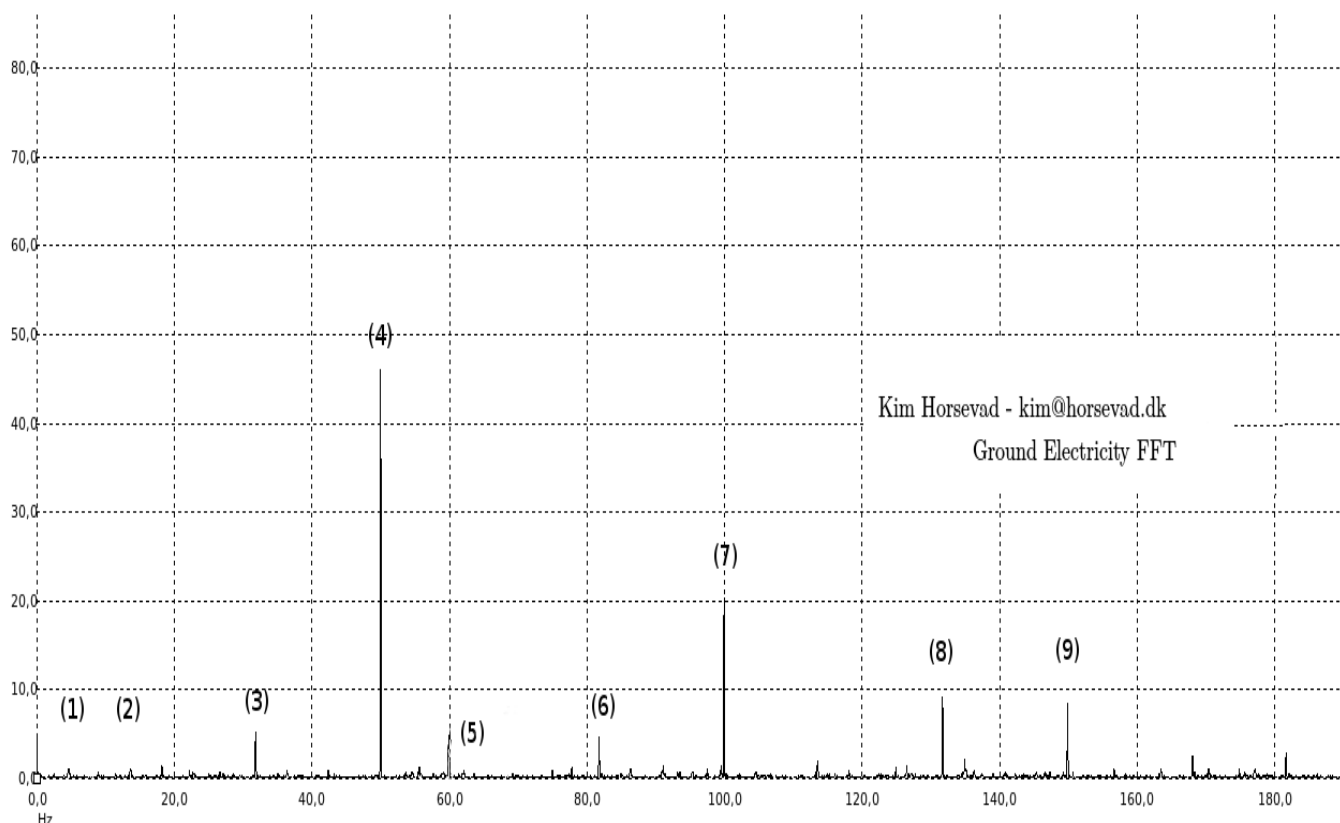
Hvis tallene ikke lige siger dig noget, så er det forståeligt. Men sagt uden tal betyder det, at modstanden for elektrisk strøm i nogle tilfælde kan være mindre gennem jorden end gennem ledningerne. Der er data fra USA engang i 90'erne, som indikerer, at mellem 65% og 75% af al returstrømmen går gennem jorden i stedet for gennem kabler.

De amerikanske tal er forældede, og det amerikanske system er lavet lidt anderledes end vores. Mine målinger indikerer, at vi i nogle områder af Danmark er oppe i nærheden af, at 90% af returstrømmen går gennem jorden i stedet for ledningerne.



Magnetfeltmåling direkte på et okkerlag i en strømstribe. Fysikken fortæller os, at der altid vil være et magnetfelt, hvor der løber en strøm, så hvis vi måler magnetfeltet, kan vi samtidigt måle, om der løber en strøm. Her måles 135uT, hvilket indikerer en ganske betydelig strømtransport.

Men vi behøver ikke nøjes med de simple målinger, som viser, om der går en strøm. Vi kan bruge en matematisk mekanisme, som hedder FFT (Fast Fourier Transform), som måler tingene meget præcist. Hvis vi måler på, hvad der rent faktisk ligger af strømfurening i jorden, vil de fleste få sig en overraskelse.



Her ses den elektriske støj i jorden mellem 0Hz og 150Hz, optaget via lang integrationstid mellem to jordspyd med god jordkontakt. Jordspyddene var sat på en åben mark ca 500m fra nærmeste elektriske kabel/installation (1): Primær Schumann Resonans på 7,82 Hz. (2): 16,7 Hz. 1/3 af lysnetsfrekvensen i Europa. Bruges også til jernbaner i Tyskland. (3): Ukendt. (4): 50 Hz lysnetsfrekvens i Europa (5) : 60 Hz lysnetfrekvens i USA. (6): 82Hz – Russisk ubådssender (ZEVs) (7): 100 Hz – Anden harmoniske af lysnetfrekvensen. (8): Ukendt. (9): 150Hz – Tredje harmoniske af lysnetfrekvensen. Bemærk intensitetsforskellen mellem naturlige og menneskeskabte signaler.

Vi kan således se, at problemet med strøm i jorden er et globalt fænomen. Her i landet kan vi endda måle jordstrømme, som stammer fra det amerikanske el-distributionssystem. Jeg har fået data fra canadiske forskere, som viser det modsatte fænomen, nemlig at de kan måle jordstrømme fra det europæiske el-net i deres målinger.

Dansk forskning

(Der findes kildehenvisninger til de nævnte artikler i slutningen af afsnittet)

Jeg vil gerne indlede med en stor tak

Forskningen her havde aldrig kunnet gennemføres uden støtte fra SEGES. Jeg vil især gerne takke min kontaktperson hos SEGES, Kenneth Poulsen, for hans utrættelige arbejde med at skaffe forskningsmidler og hans kæmpe arbejde med at organisere møder, konferencer og alt muligt andet logistik i forbindelse med udforskningen.

Startede med forvirring...

Udforskningen startede allerede i 2013. Og på det tidspunkt var vi ret hjælpeløse. En gårdejer og hans kone kunne måle og registrere nogle felter og striber ved hjælp af kobberpinde (som ved opmåling af jordstråler og vandårer), men ingen tekniske instrumenter kunne vise, at der var noget galt. Det var dog tydeligt på dyrene, at der var væsentlige problemer, som skulle løses.

Samlet eksponering vigtig

Den første internationalt publicerede forskningsartikel (A) jeg lavede i forbindelse med udforskningen var i 2019, hvor jeg lavede en beregning på, hvorledes man matematisk kan beregne, hvor stor en ”dosis” elektromagnetisk stråling/forstyrrelse et individ har modtaget. Beregningen er udført på grundlag af mikrobølger, men er i princippet valid over hele frekvensspektrummet.

Strømstriber påvirker vandet

Det var også i 2019, det lykkedes at lave den første teknisk/objektive analyse af ”sygt vand”.

Flere strømramte gårdejere havde klaget over at vandet blev ”sygt”, når det var i nærheden af en strømstribe. Hos malkekvæg faldt mælkeydelsen drastisk, for køerne ville ikke drikke vandet – og når de endelig drak lidt, så havde de en unormal drikkeadfærd, hvor det mest af alt lignede, når en kat drikker ved at slupre med tungen.

Der blev bragt en palletank ”sygt vand” ind til Landbohøjskolen, hvor en dyrlæge kunne konstatere, at deres dyr heller ikke ville drikke af vandet.

Gårdejerne kunne måle via kobberpinde, om vandet var sygt eller ej, men ingen tekniske undersøgelser kunne dokumentere noget. Der blev lavet alle mulige tekniske undersøgelser

af vandet, dets kemiske bestanddele, rester af pesticider og alle andre tænkelige målinger. Ingen af disse målinger viste noget som helst.

Jeg fik den ide at undersøge vandet via elektrokemisk spektroskopi og kunne derved (efter jeg selv havde udviklet og bygget udstyret til at foretage målingen) for første gang via rent tekniske/objektive målinger dokumentere, at der rent faktisk skete ændringer i vandet, når det blev udsat for en strømstribe. Opdagelsen blev genstand for endnu en videnskabelig artikel (B)

Begyndende tekniske målinger

Næste trin var i 2020, hvor det lykkedes at udvikle forskellige tekniske målemetoder til at dokumentere, at der rent faktisk gik strøm nogle steder, hvor det ikke var meningen, at der skulle være strøm! På et tidspunkt blev der målt 10V i en vandledning. Vi kunne stadig ikke teknisk påvise strømstriberne; men påvirkning af vandet kunne dokumenteres via målemetoden beskrevet ovenfor.

Alle resultaterne fra de indledende tekniske undersøgelser blev publiceret i (C).

Elektroteknisk udforskning

I 2021 (D) lykkedes det for første gang at påvise en strømstribe med udelukkende tekniske målinger. Det var et stort skridt og samtidigt en væsentlig bekræftelse for alle de gårdejere, som havde fastholdt, at de kunne måle en reel fysisk virkelighed med kobberpindene.

Via meget detaljerede magnetfeltnmålinger lykkedes det at dokumentere, hvorledes strømstriberne ændrer magnetfeltet.

På den måde kunne det endegyldigt dokumenteres, at der rent faktisk er tale om en strømtransport i undergrunden.

I forbindelse med den elektrotekniske udforskning lavede vi også den første succesfulde afværgeforanstaltning mod strømstriber. Der blev nedgravet dobbelt plasticlag i 6 meters dybde hele vejen uden om bygningsmassen hos en svineavler. Det blev et kæmpe projekt; men vi kunne efterfølgende måle at 99,999% af strømmen i strømstriberne blev blokeret.

Sygt vand

I 2022 fokuseredes forskningsindsatsen mod at forstå hvilke processer, som gjorde vandet ”sygt”. En svensk professor foreslog mig at forsøge at bruge simple pH-målinger (i stedet for de teknisk meget komplicerede og tidskrævende målinger af elektrokemisk spektroskopi, som jeg havde lavet tidligere). Det viste sig, at han havde fuldstændig ret. Simple pH-målinger kan bruges til at dokumentere, hvorledes vandet ændrer struktur, når det udsættes for en strømstribe. Resultaterne er så betydningsfulde, at jeg lavede både en indledende artikel (E) og en opfølgende gentagelse (F).

Vortexhypotesen

Udmåling af pH-ændringer for vandet gav baggrund for at indlede rent beregningsmæssige analyser af hvilke elektrotekniske påvirkninger, som kunne forårsage en sådan ændring. Samtidigt blev det muligt at skaffe endnu mere fintfølede udstyr, således at der kunne måles på faseforskelle mellem de forskellige elektriske strømme i undergrunden.

Alle disse ting gav basis for at danne en hypotese for, hvorledes disse strømstriber virker og påvirker biologiske organismer. Jeg kalder det for ”Vortexhypotesen”, og den beskrives i detaljer i næste kapitel.

På baggrund af vortexhypotesen kunne de første enheder til teknisk neutralisering af negative effekter fra strømstriber udvikles. Det blev testet forskellige steder i landet, og i samarbejde med en plantespecialist lavedes en række specialiserede eksperimenter (G), hvor vi med stor statistisk sikkerhed kunne påvise både strømstribernes virkninger på planter og effektiviteten af de tekniske neutraliseringsmidler.

Forbedrede målemetoder

På baggrund af vortexhypotesen udvikledes tekniske måleapparater til at påvise og dokumentere forekomsten af strømstriber.

Vi har i dag rent tekniske målemidler, som kan påvise alle de fænomener, som folk førhen kun kunne ”måle” med kobberpinde og penduler.

Ideen er ikke at måle på selve niveauet af elektriske, magnetiske eller elektromagnetiske felter, men i stedet måle integralet (\approx summen) af faseforskydningen mellem det stående og det reflekterede felt for en given bølgelængde. Det lyder formentlig indviklet – og det er det faktisk også... Men det giver en præcision på få cm i positionsfastlæggelsen af en strømstribe!

Med et andet instrument, som er baseret på at analysere, hvordan vandmolekylerne i luften påvirker en laserstråle, er det ligeledes muligt at måle vortexfeltets balance og dets rotationsretning. Resultaterne blev offentliggjort i marts 2023 (H).

Strømstriber og stress

I løbet af sommeren og det tidlige efterår i 2023 blev der lavet omfattende undersøgelser med det formål at dokumentere, hvorledes strømstriber giver grise stress.

Dyrlæge Tage Rødbro, som jeg udførte forskningen i samarbejde med, kom med ideen til, hvordan man kan måle dyrenes stress-niveau ved at tælle antallet af skrig.

Det tog mange forsøg at lave et forskningsmæssigt sikkert målemæssigt setup; men det lykkedes. Forskningsartiklen (I) blev godkendt i peer-review efteråret 2023.

Nyeste analytiske resultater

Meget af ovenstående forskning har været det man kalder "heuristisk" baseret. Dvs at tingene bliver forklaret i ord og ikke i matematiske modeller. De matematiske modeller har hele tiden været målet, men det kræver rigtig mange undersøgelser og data før man kan begynde at udarbejde sådanne velegende matematiske modeller.

Den første af de mere dybtgående analytiske resultater blev udgivet i maj 2025. (J) Her etableredes en matematisk model for hvorledes man ved hjælp af specielle magnetfeltsundersøgelser både kan udmåle den præcise dybde af en strømstribe - og samtidigt måle præcist hvor meget strømforurening der rent faktisk løber i en sådan strømstribe. Metoden blev anvendt i forbindelse med en sag fra Sønderjylland, hvor en kvægstald blev udsat for ca 150 amperes kontinuerlig strømforurening fra en nærliggende transformerstation.

På baggrund af den nyetablerede mulighed for at lave præcise udmålinger af mængden af strømforurening i undergrunden lykkedes det i oktober 2025 (K) at lave en samlet matematisk model for hele samfundets udledning af strømforurening. Denne artikel, og den udviklede beregningsmetode, er den første af sin art overhovedet.

Mod slutningen af 2025 fik jeg en anden artikel publiceret (L). Det er en matematisk modellering af de geometriske topologier strømforureningen danner, og giver det matematiske grundlag for det jeg kalder "vortexhypotesen". Denne uddybes i et senere afsnit.

I 2026 forsætter jeg den analytiske udforskning. Første artikel i 2026 (M) blev udgivet i april, og omhandler en matematisk model for hvorledes strømforurening fra frekvensomformere kan påvirke kvægs mælkeydelse, immunforsvar og sygelighed.

Det er hensigten at fortsætte med en tilsvarende modellering af skadesvirkninger hos svin.

Samtidigt er det planen, at lave yderligere undersøgelser af hvorledes vand og vandstruktur påvirkes af strømforureningen.

Kildehenvisninger til ovenstående

Alle nedenstående forskningartikler kan frit downloades fra:

<http://horsevad.net/publications.html>

(A)

Horsevad, Kim. 2019. "Preliminary Feasibility Analysis of Proposed Constituents for Expanded Dosimetry for Nonionizing Electromagnetic Radiation", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 8 Issue 3, March 2019, pp. 739-749.

(B)

Horsevad, Kim. 2019. "Pilot Study Indicating Possible Effects on Water Impedance Characteristics from Stray Current", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 8 Issue 5, May 2019, pp. 1154-1157

(C)

Horsevad, Kim. 2020. "Analysis of Stray Current, its Aetiology, Propagation, Relevant Measurement Protocols and Mitigative Efforts at a Pig Farm in Northern Denmark", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 9 Issue 1, January 2020, pp. 1234-1244.

(D)

Horsevad, Kim. 2021. "Electrotechnical Characterization of a Stray Current Propagating Magnetotelluric Anomaly", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 10 Issue 1, January 2021, pp. 315-322.

(E)

Horsevad, Kim. 2022. "Exploration of Water pH Shift When Influenced by Short Exposure to Magnetotelluric Anomaly", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 11 Issue 1, January 2022, pp. 246-249.

(F)

Horsevad, Kim. 2022. "Short Exposure to a Magnetotelluric Anomaly Changes Water pH by Unknown Mechanism", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 11 Issue 8, August 2022, pp. 282-284.

(G)

Horsevad, Kim & Pedersen, Juelie S. Renkilde. 2023. "Hypotheses for Mechanism of Influence and Technical Mitigation of Negative Bioreactivity from Stray Current Propagated along Magnetotelluric Anomalies", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 12 Issue 2, February 2023, pp. 572-576.

(H)

Horsevad, Kim. 2023. "Metrology, Aetiology and Mitigation of a Vortex Field Emitting Magnetotelluric Anomaly", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 12 Issue 3, March 2023, pp. 537-543.

(I)

Horsevad, Kim. & Rødbro, Tage. 2023. "Increased Levels of Stress in Domestic Pigs Exposed to Magnetotelluric Anomalies caused by Stray Current", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 12 Issue 11, November 2023, pp. 460-467.

(J)

Horsevad, Kim. 2025. "Development of Differential Magnetic Field Methodology for Estimating Quantity of Stray Current Carried Through Conductive Earth", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 14 Issue 5, May 2025, pp. 793-798..

(K)

Horsevad, Kim. 2025. "Environmental Current Pollution and Possible Interaction Mechanisms for Biological Effects", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 14 Issue 10, October 2025, pp. 410-421.

(L)

Horsevad, Kim. 2025. "Helical Field Topologies and Environmental Current Pollution: Revisiting the Vortex Hypothesis through Classical Electrodynamics", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 14 Issue 11, November 2025, pp. 617-626.

(M)

Horsevad, Kim. 2026. "Displacement Current from VFD Common-Mode Voltage and Biological Influence on Dairy Cattle", International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 15 Issue 4, April 2026, pp. 775-791.

Vortexhypotesen

Vortexhypotesen

Strømforurening er een ting. Det kan alle påvise - det er blot at sætte et multimeter mellem to jordspyd - så kan man måle hvor meget spænding der rent faktisk ligger i jorden.

Men ingen af gængse elektrotekniske måleapparater kan registrere strømstriberne, altså hvor strømmen går i jorden, hvorfor mange landmænd (som har kunnet måle felterne med kobberpinde) ofte har mødt uforholdsmæssigt meget modstand fra personer med elektroteknisk uddannelsesbaggrund.

Der opstår en særlig slags elektromagnetiske felter i og omkring moderne elektriske anlæg — for eksempel vindmøller, frekvensomformere, malkemaskiner og anden kraftelektronik. Disse felter er ikke almindelige, "ligefremme" felter; de roterer, ligesom en skrue eller en vandvirvel. Jeg kalder dem vortexfelter, men det fysisk korrekte begreb ville være "Elektromagnetiske felter med helikal topologi og roterende Umov-Poynting vektor".

Denne rotation er faktisk ikke er noget mystisk eller uforklaret fænomen. Tværtimod kan den forklares fuldstændigt med de allerede kendte og veletablerede fysiske love for elektricitet og magnetisme — de såkaldte Maxwells ligninger, som har været grundlaget for al elektroteknologi i mere end 150 år.

Et normalt elektrisk felt kan man forestille sig som en pilebue, der trykker frem og tilbage i én retning — som en bølge på vand, der slår ind mod stranden. Men et vortexfelt drejer rundt, lidt som en skruetrækker der vrider sig fremad. Det har altså en "skruetrækkende" retning — og den kan enten gå med uret eller mod uret.

Denne "drejningsretning" kaldes feltets kiralitet eller hændighed — ligesom at en hånd kan være en højre- eller en venstrehånd.

Det afgørende er, at et sådant vortexfelt opstår, hver gang der er en forskydning i tid mellem det elektriske og det magnetiske felt. Denne tidsforskydning er netop det, der sker indeni frekvensomformere, invertere, visse transformatorer og andre moderne elektriske styresystemer — fordi disse apparater producerer strøm og spænding, der ikke er fuldstændig synkroniserede med hinanden.

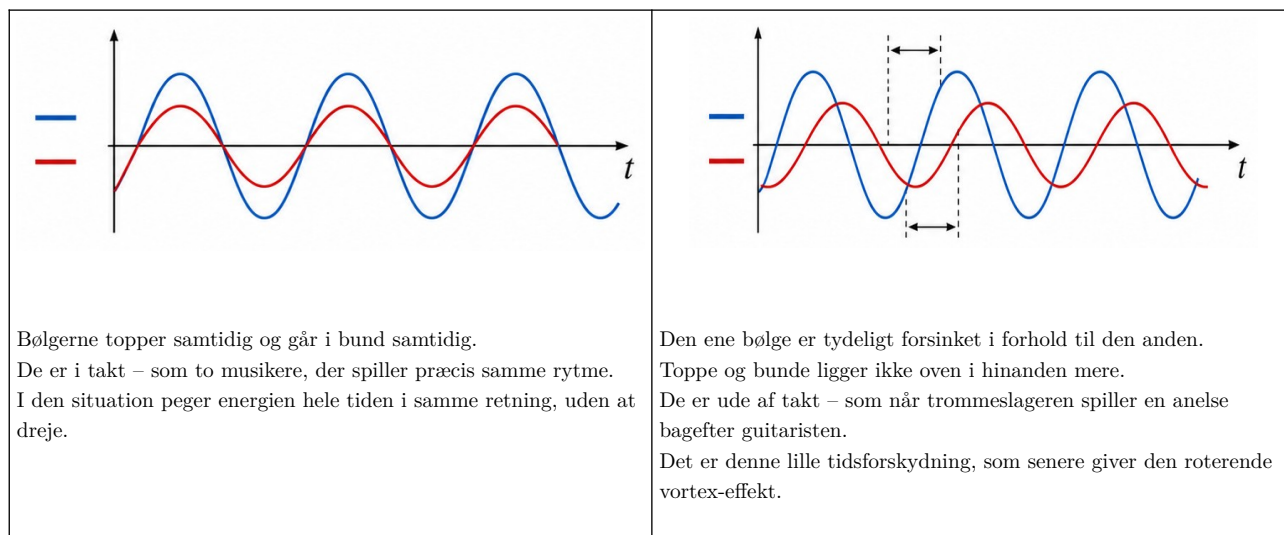
Sådan dannes vortexfeltet

Når strøm og magnetfelt ikke "følger hinanden" samtidigt, begynder energien at løbe i en spiral i stedet for lige ud.

Første trin – når felterne er i takt eller ude af takt

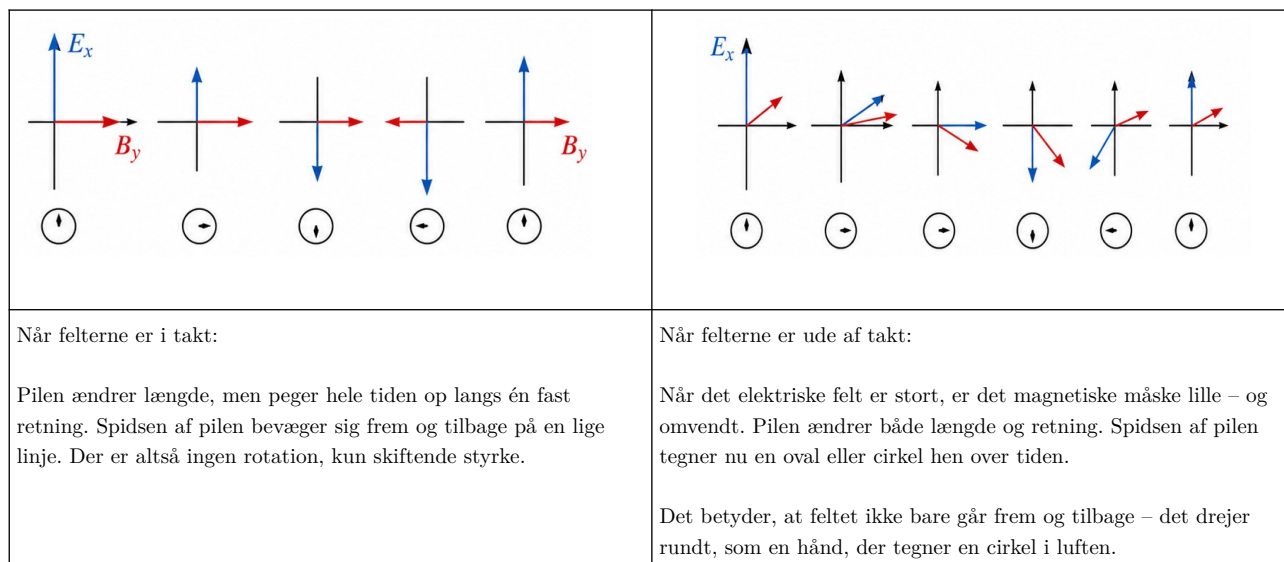
Den ene farve er det elektriske felt (kan du tænke som “spændingen”).

Den anden farve er det magnetiske felt (kan du tænke som “strømmen”).



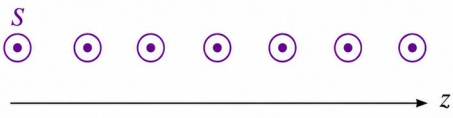
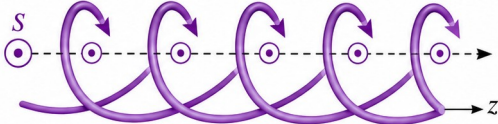
Andet trin, tingene begynder at rotere

Nedenstående illustration viser det samme som ovenstående, men nu med pile i stedet for bølger. Den vandrette akse er det elektriske felt og den lodrette akse er det magnetiske felt.



Tredje trin - energien skruer og vortexfeltet dannes

Her ser du hvad der sker med energiflowet (U_{mov}-Poynting-vektoren). Tænk på denne vektor som en pile-række, der viser, hvilken vej energien løber i rummet.

	
<p>Når felterne er i takt:</p> <p>Pilene peger alle ligeud, i samme retning.</p> <p>Der er ingen rotation – energien løber som en lige stråle, lidt som en laser eller en vandstråle.</p>	<p>Når felterne er ude af takt:</p> <p>Pilene peger ikke bare fremad; deres retning drejer med tiden.</p> <p>Hvis man forbinder pilenes spidser i tid, får man en spiralform, som en korkprop, der skrues ud, eller en spiraltrappe - altså et vortex-lignende felt.</p>

Kort sagt

Når elektrisk felt og magnetisk felt svinger synkront, er energien “pæn og lige”. Når der kommer en lille tidsforskydning mellem dem, begynder kombinationen af de to at dreje.

Det gør, at energi ikke bare går lige frem, men i stedet bevæger sig som en drejende skruetrækker – en hvirvel eller vortex. Retningen af spiralen (med uret eller mod uret) bestemmes af, om det elektriske felt kommer “før” eller “efter” det magnetiske.

Det svarer til, om forsinkelsen gør, at pilen “løber rundt” den ene eller den anden vej.

Vortexfelter i samfundet og i landbruget

I et moderne landbrug eller i en industrivirksomhed bruges der mange frekvensomformere. Disse apparater "hakker" strømmen op i mange hurtige impulser for at kunne regulere motorenes hastighed. Denne metode er effektiv, men den har en bivirkning: den skaber elektromagnetiske felter med netop de egenskaber, der giver anledning til vortexfelter.

Det samme gælder for vindmøller, solceller, ladestandere, batteriparker - og praktisk taget al moderne elektronik som omdanner vekselstrøm til den form, som elnettet kræver. Det gælder dermed også for malkemaskiner, ventilationsanlæg og andre elinstallationer med lignende opbygning.

En meget vigtig pointe er, at vortexfelter er sværere at holde ude end normale elektromagnetiske felter. Normalt kan man afskærme et rum mod elektriske felter ved at omgive det med metal - det er princippet bag et "Faraday-bur". Men vortexfelter med lavfrekvent indhold kan trænge igennem selv tykke metalvægge.

Årsagen er, at lavfrekvente magnetiske felter penetrerer metal meget dybere end højfrekvente. Vortexfelter fra frekvensomformere og lignende udstyr indeholder netop mange lavfrekvente komponenter (selvom den elektriske frekvens tilsyneladende er højere), og disse lavfrekvente bestanddele siver igennem metallet.

Derudover kan sådanne roterende felter "snige sig igennem" smalle sprækker, samlinger og åbninger i metalindkapslinger meget mere effektivt end et almindeligt, retningsbestemt felt. Det skyldes, at det roterende felt altid vil have en feltkomponent, der er vinkelret på en given åbning — uanset i hvilken retning åbningen vender.

Det betyder praktisk set, at almindelig afskærmning og jordforbindelse ikke giver den forventede beskyttelse mod vortexfelter — og at der kan kræves nye metoder til at vurdere og begrænse eksponeringen.

Vortexfeltet kan lyde som noget mystisk - og selvfølgelig vil nogle finde det eksotisk at man kan måle et elektrisk felt med simple kobberpinde. Men med nuværende viden kan vi rent faktisk udregne drejningsmomentet som det vortex-roterende elektromagnetiske felt udøver på kobberpindene. Og vi kan beregne feltets egenskaber fuldstændigt ved hjælp af klassisk Maxwellsk' elektrodynamik. Der er ikke mere mystik og troldhekseri tilbage, fænomenet kan fuldt ud forklares ud fra allerede etableret viden, vortexfelter opstår naturligt og forudsigeligt i alle miljøer, hvor der er moderne kraftelektronik. Kilden til disse felter er ganske enkelt den tidsforskydning mellem elektrisk spænding og magnetisk felt, som er uundgåelig i frekvensomformere, vindmølleomformere og lignende udstyr.

Vortexfelter opfanges ikke af normale elmåleinstrumenter. Et standard forventer et lineært felt, og registrerer ikke feltets rotation. Det er derfor så mange forskere gennem tiderne ikke er lykkedes med at registrere disse felter - og derfor tingene har fået karakter af overtro.

Afhængig af frekvens, geometri, kiralitet ("håndethed") og styrke kan vortexfelter således påvirke biologiske systemer på forskellig måde. Vortexfelter har nok meget større helbredsmæssig betydning for dyr og mennesker end mange egentligt forestiller sig. Vi har lavet forsøg med både planter og dyr, og kan i alle tilfælde se en meget betydelig og statistisk meget sikker sammenhæng mellem vortexfelter og negativ biologisk påvirkning.

Eftersom disse felter kan trænge igennem afskærmning mere effektivt end forventet, og fordi de potentielt kan påvirke levende organismer på flere hidtil ukendte forskellige måder,

er der god grund til at tage dem alvorligt som en ny form for elektromagnetisk miljøbelastning.

Måleinstrumenter

Jeg har udviklet flere forskellige måleinstrumenter til at påvise disse felter.

Hvirvel-gradientmåleren er bygget med to sensorer, der er anbragt vinkelret på hinanden. Et normalt elektrisk måleinstrument opfanger kun det direkte, "ligefremme" elektriske potentiale, som en trådantenne. Men hvirvel-gradientmåleren opfanger i stedet den roterende del af feltet — den del, som et normalt instrument slet ikke registrerer. Instrumentet viser på en skærm en ellipse, hvis form og retning afslører, om feltet drejer med eller mod uret, og hvor kraftig drejningen er.

Laserdiffraktionsinstrumentet benytter en laserstråle. I et vortexfelt oplever den svagt ledende luft en lille "skubbende kraft" i en bestemt retning, som opstår på grund af feltets rotation. Dette bevirker, at laserstrålen brydes lidt anderledes, end den ellers ville. Ved at sammenligne lysfordelingen fra to laserstråler kan man detektere ekstremt svage hvirvlende feltstrukturer.

Hvordan kan sådanne felter påvirke levende organismer?

Der er i hvert fald fire centrale påvirkningsmekanismer, hvor vortexfelter kan påvirke biologiske systemer.

1. Mikrostrømme langs celleoverflader

Alle levende celler er omgivet af en slags elektrisk ladet grænselag, som styrer transport af salte og næringsstoffer ind og ud af cellen. Når et hvirvlende felt er til stede, opstår der en lille, men vedvarende kraft i dette grænselag — en slags meget svag "mikrovind" langs celleoverfladen. Retningen af denne mikrovind afhænger af, om feltet drejer med eller mod uret.

En svag "medvindsmikrostrøm" kan forbedre transporten af ioner og næringsstoffer ind til cellen, mens en "modvindsmikrostrøm" kan hæmme den. Over tid kan dette påvirke cellens generelle trivsel og funktion.

2. Kemiske reaktioner i levende væv

Mange af de kemiske processer, der foregår i levende organismer, er kiralt følsomme — det vil sige, at de kemi-molekyler, der er involveret, har en bestemt "hændighed" (ligesom en nøgle passer til en bestemt lås). Magnetokiralt anisotropi er et velkendt fænomen, der

beskriver, at en kombination af et magnetisk felt og et retningsbestemt elektromagnetisk felt kan ændre hastighed og retning af sådanne kiralt følsomme kemiske reaktioner.

Vortexfelter leverer netop en kombination af magnetiske og elektriske komponenter med en bestemt "skruetrækkende" retning. Dette kan i princippet kan ændre reaktionshastigheder i celler — enten fremme eller hæmme visse kemiske processer, afhængigt af feltets drejningsretning.

3. Elektroner og energiproduktion i celler

I alle levende celler sker der en konstant transport af elektroner gennem særlige proteinkæder — en proces, der er afgørende for at producere cellernes energi (i form af ATP). Det viser sig, at elektroner i visse biologiske molekyler — for eksempel proteiner og DNA — foretrækker at bevæge sig i én bestemt "snurrende retning" (dette fænomen kaldes CISS, kiraltetsinduceret spinselektion).

Et vortexfelt bærer ligeledes en slags "rotationsretning" med sig, og dette kan påvirke, hvor let eller svært det er for elektronerne at passere gennem de biologiske molekyler. Et felt, der drejer i "den rigtige retning", kan i teorien lette elektronernes vej og forbedre cellernes energiproduktion, mens et felt med den modsatte drejning kan gøre det sværere. Over tid kan dette bevirke øget cellulær stress — og måske forklare de observerede symptomer hos dyr og planter i de berørte zoner.

4. Mekanisk vridning af biologiske strukturer

Mange strukturer i levende organismer — for eksempel proteintråde, DNA-spiraler, cellemembrankomponenter og plantecellevæggens cellulosefibrer — er i sig selv spiralformede eller kirale. Et vortexfelt kan overføre en meget lille, men veldefineret mekanisk drejningskraft til sådanne strukturer.

Selvom kraften er mikroskopisk lille, kan effekten på sigt forstærkes, fordi der er enorme mængder af disse strukturer i biologisk væv. En svag, vedvarende drejningskraft i "den rigtige retning" kan måske bidrage til at justere og stabilisere visse biologiske strukturer, mens den modsatte retning kan destabilisere dem.

Hvis du gerne vil dykke dybere ned i detaljerne om vortexfelthypotesen - og nørde løs i matematikken og alle de nørdede ord, så kan du finde en af mine forskningsartikler her, som gennemgår alle beregningerne:

[HTTPS://HORSEVAD.NET/PUBLICATIONS/HORSEVAD---2025---HELICAL_FIELD_TOPOLOGIES_AND_ENVIRONMENTAL_CURRENT_POLLUTION.PDF](https://horsevad.net/publications/horsevad---2025---helical_field_topologies_and_environmental_current_pollution.pdf)

Field Sentry neutraliseringsenheder

Teknisk neutralisering af vortexfelter

Ligesom i de norske eventyr, hvor man får magt over trolden, så snart man kender dens navn, så kan vi også få ”magt” over vortexfeltet, idet vi nu ved, hvad det består af.

Ideen er at neutralisere faseforskydningen, således at vortexfeltet kollapses.

Det lyder måske indviklet; men jeg kan roligt garantere, at det er langt mere indviklet at udtænke og konstruere!

Heldigvis er prototypeudviklingen overstået. Der findes i dag et færdigt produkt, som (efter forudgående opmåling) installeres, hvorved vortexfelterne kollapses og strømstriberne forsvinder. Jeg kalder opfindelsen for ”Field Sentry”, som oversat betyder noget i retning af ”vagtpost for uønskede felter”.

Effektiviteten af Field Sentry systemet er påvist både på vand og på planter og på dyr.

Den tekniske baggrund for Field Sentry løsningen gennemgås i kapitel 3.

Kobberpinde, penduler og kloge mænd/koner

Teknisk opmåling versus biolokation

Når jeg skal lave teknisk opmåling af strømstriber bruger jeg forskellige instrumenter baseret på differentialmagnetometre, differential laserdiffraktion eller differentialmålinger af faseforskellen mellem det stående og det tilbagekastede elektriske felt.

Mange ”strømramte” har dog evnen til at registrere sådanne områder intuitivt eller eksempelvis via de bøjede kobberpinde, man traditionelt har brugt til at finde vandårer og ”jordstråler” med.

Både ”jordstrålerne” og ”vandårerne” er reelle fysiske fænomener, som kan måles ganske objektivt med rent tekniske midler. Hvis nogen påstår andet, er det blot, fordi de har været for ensporede eller uinspirerede til at udvikle instrumenter med tilstrækkelig følsomhed. Jeg vil derfor gerne pointere, at hvis du har evnen til at bruge penduler, kobberpindene eller ”intuition” til at lokalisere områder med strømstriber eller ”dårlig energi”, så stol på pindene og dine evner. Der ligger en ganske reel fysisk virkelighed bag - også selv om Wikipedia angiver det som ”pseudovidenskab”.

Det, du måler med kobberpindene, er ikke selve strømmen, spændingen, det elektriske eller det magnetiske felt. Kroppen vil dog sandsynligvis kunne registrere disse, (idet radikalpar i cryptochrommolekylet har en teoretisk sensitivitet, som er i omegnen af en million gange lavere end den termiske støjgrænse), men der er ikke noget rotationsmoment i disse almindelige felter.

Kobberpindene måler et felt med et rotationsmoment, altså en roterende Umov-Poynting-vektor - som beskrevet i foregående afsnit. Vi kan matematisk modellere det rotationsmoment, som skabes i vortexfeltet, og beregne hvordan det overføres til både kobberpinde og penduler. Der er intet mystisk tilbage - i dag har vi hele matematikken.

Hvis man ophænger kobberstængerne i en lang/tynd tråd i en lufttom glasklokke over en strømstribe, så bevæger de sig via ovenstående rotationsmoment. Kraften fra en gennemsnitlig strømstribe modsvarer ca 10^{-8} newton.

Når kobberpindene holdes i hånden, er der dog mere friktion i systemet, og derfor skal der også ske en interaktion fra brugeren, før kobberpindene viser noget. Dermed bliver kobberpindenes visning en kombination af subjektive og objektive forhold. Målinger med kobberpindene er således ikke egnede til forskningsformål, men kan være særdeles

velegnede for en landmand, som forsøger at beskytte sine dyr mod negative følger fra strømstriber.

Forskellige ”kloge mænd og koner” har igennem tiderne udviklet mange forskellige metoder og ideer til at bekæmpe vortexfelter fra strømstriber (og jordstråler, som er relaterede). Der er folk, der har brugt magneter, lange kobberledninger, kombinationer af kobber og magneter, batterier, krystaller, ”jord-akupunktur” med jernspyd og mange andre forskellige mere eller mindre udviklede løsninger for at forsøge at blokere strømstriber. Ofte er jeg faktisk imponeret over de løsninger, som folk kan udvikle ud fra ren og skær intuition – uden overhovedet at have adgang til tekniske målemidler.

Jeg har haft lejlighed til at foretage dybtgående tekniske analyser af virkningsgraden af mange af disse ”traditionelle” løsninger. Og så vidt jeg kan overskue, så har alle ideerne rod i en fysisk virkelighed. Og hvis intensiteten af strømstriberne var mindre, var der mange af disse ideer, der ville virke så godt, at det ikke havde været nødvendigt at udvikle Field Sentry konceptet.

Hvis en gård kun er ramt af én strømstribe, er det let at gøre noget ved problemet med alle mulige løsninger. Kaj Østergaards ide var at føre strømriben uden om bygningerne ved hjælp af kobberledning, som blev forbundet til jordspyd sat midt i striben både inden og efter bygningerne. Så længe, der kun er en enkelt strømstribe i området, giver det rigtig god mening, og der er formentlig masser af landmænd, som er blevet godt hjulpet på den måde.

I dag er problemet anderledes. Vores el-net er baseret på små decentrale løsninger (vindmøller, solceller, kraft-varmeværker, etc), som tilkobles efter behov. Dvs., at forekomsten af fejlstrøm ikke er konstant. Det betyder samtidigt, at strømstriberne ikke konstant ligger på samme sted og ikke konstant har samme styrke.

Derfor vil mange traditionelle løsninger komme til kort i dag, enten fordi striben flytter sig, eller fordi intensiteten af strømriben er så høj, at magneten, jordspyddet, kobberledningen (etc) mættes og ikke længere kan opretholde blokeringen.

Det er på den baggrund Field Sentry konceptet er udviklet. Her er styrken fuldstændigt skalerbar – der kan ikke forekomme en strømstribe så stærk, at vi ikke kan neutralisere den.

Dine egne indledende undersøgelser

Hvordan finder man ud af om man er strømramt?

Hvis ens bedrift er strømramt, har man nok på én eller anden måde allerede en ide om problemet.

Men desværre er det ikke alle, som er opmærksomme på, at vi rent faktisk kan gøre noget ved problemet i dag, så der bliver – ofte fuldstændigt nytteløst – kostet store summer på at forbedre ventilation, undersøge alle mulige foderkombinationer og fodertilskud, lavet store projekter med potentialudligning og forskellige andre løsninger.

Alt dette kan være meget gode investeringer i forbedret dyrevelfærd og deraf følgende forbedret rentabilitet, men investeringerne ændrer ikke problemet, hvis strømgenerne er forårsaget af udefrakommende strømstriber. Her skal man have strømriben neutraliseret, før alle de andre produktionsoptimerende tiltag giver resultat.

Der er nogle få nemme målinger, udført med almindelig dagligdags instrumenter, som kan give et ganske godt fingerpeg om, i hvor høj grad ens bedrift er udsat for strømgener.

1: Spænding mellem vand og jord

Du skal bruge et ganske almindeligt multimeter. Det må gerne være en billig-model fra Harald-Nyborg – de er rigeligt gode til det her formål.

Indstil multimeteret på ”V” (spændingsmåling i Volt) og Jævnspænding. Symbolet kan se lidt forskellig ud.

Sæt den sorte testklemme fast på noget, som er forbundet til installationsjord. Du kan eksempelvis stikke sorte testklemme direkte i jordbenet i en stikkontakt.

Sæt den røde testklemme fast på en vandhane, mens du lader vandet løbe ganske langsomt.

Noter resultatet og polariteten.

Hvis displayet viser under 10mV, er bedriften med meget stor sandsynlighed ikke strømramt. Hvis displayet viser over 100mV, er bedriften med meget stor sandsynlighed strømramt.

Hvis displayet ligger derimellem, kan vi ikke sige noget sikkert uden yderligere undersøgelser.

Hvis polariteten viser (-) foran måleværdien, betyder det, at der går en elektronvandring fra jord og ind mod din vandinstallation. Det er en sikker indikation på strømstriber, næsten ligegyldigt hvor høj selve måleværdien er.

Du kan lave den samme måling med AC, altså vekselspænding. Hvis du finder værdier over 10mV, er det en ret sikker indikation på, at du har noget i din egen installation, som forårsager lækstrømme.

2: Spænding mellem staldinventar og drikkekop/drikkebrug

Du skal igen bruge et multimeter. Og som i foregående måling, så er det helt fint med en billig-model fra Harald-Nyborg.

Indstil multimeteret på V og Jævnspænding.

Sæt den sorte testklemme fast på staldinventar, gerne noget med jordforbindelse (tremmer i tremmegulv, nedstøbte rør i båseindhegning, etc)

Sæt den røde testklemme fast på drikkebrug eller drikkekop. Hvis det er en drikkekop, skal vandet løbe langsomt, mens målingen foretages.

Alle værdier over 10mV indikerer problemer. Hvis polariteten er (-) betyder det, at der går en elektronvandring fra jorden ind mod din vandinstallation. Det er en meget sikker indikator på strømgener.

Igen kan du lave den samme måling med AC, altså vekselspænding. Hvis du finder værdier over 10mV, er det en ret sikker indikation på, at du har noget i din egen installation, som forårsager lækstrømme.

3: Magnetfeltsstøj i staldinventar

I de to sidste målinger skal vi finde ud af, om der er magnetfeltsstøj i undergrunden. Det kan måles med specielle apparater (differentialmagnetometre); men sådanne er dyre og indviklede at bruge. Hvis du bare skal lave dine egne orienterende målinger, kan det gøres langt nemmere!

Du skal bruge en batteridrevet AM/FM-radio. Det må igen gerne være en billigmodel! Faktisk er det bedst, hvis det er en helt simpel model med så få støjreducerende kredsløb som muligt!

Indstil radioen på AM og find en frekvens, hvor den ikke modtager nogen station, således at du bare hører en ensartet støj.

Bring så radioen langsomt hen mod jordforbundet og elektrisk ledende staldinventar (eksempelvis båseindhegninger af galvaniseret rør). Hvis lyden af støjen ændrer sig (eksempelvis bliver højere eller får en anden frekvens) er det en rimelig sikker indikation på, at der er magnetfeltstøj (og dermed strømstriber).

4: Magnetfeltstøj i undergrunden.

Til denne måling skal du bruge den samme radio som før. Og herudover skal du bruge en hegnspæl af jern.

Sæt hegnspælen godt fast i jorden. Ikke i perlegruset lige op af bygningerne, men nogle meter derfra, så den har godt fast i god ledende (og gerne våd) jord.

Indstil radioen på AM, så den ikke modtager en station, men du kun hører ensartet støj. Bring derefter radioen langsomt hen mod hegnspælen. Ændrer lyden sig?

Hvis intensiteten af støjen og/eller tonen på støjen ændrer sig, så er det en rimelig sikker indikation på, at der er udefrakommende strømgener.

Du kan gentage undersøgelsen, hvor du sætter hegnspælen i jorden for hver 5. eller 10. meter hele vejen rundt om bygningerne. Der hvor støjen ændrer sig mest, er den retning, strømstriberne kommer fra.

Hvad gør man så?

Hvis de indledende enkle undersøgelser viser, at der kan være tale om strømgener – og man i forvejen oplever uforklarlige ting i stalden – så kan det være en rigtig god lejlighed til at få fat i ekstern konsulenthjælp til at løse problemet. Jeg kommer rundt i hele landet, og jeg laver gerne en orienterende opmåling uden omkostninger for dig.

Endogen eller exogen?

Før vi går videre, er der to ord, jeg gerne vil bede læseren lære. De er nemlig så vigtige for at forstå, hvordan vi beskytter os mod de skadelige virkninger fra strømstriberne.

Ordene er ”Endogen”, som betyder noget i retning af ”dannet indeni” og ”exogen”, som betyder noget i retning af ”dannet udenfor”.

Hvis problemerne er endogene, så betyder det, at problemerne stammer fra gårdens egen installation. Og det er en god ting; for så er problemerne i installationer, som man selv har rådighedsret over og dermed har mulighed for at gøre noget ved.

Hvis problemerne derimod er exogene, betyder det, at problemerne opstår i en installation, som man ikke selv har rådighed over. Dermed kan man ikke afhjælpe problemet elektroteknisk, men er nødt til at opløse vortexfeltet fra de dannede strømstriber.

Hvis det er exogene strømstriber, som generer dig, så kan du ikke løse det ved at forbedre gårdens egne systemer. Uanset hvor mange penge du kaster efter forbedrede ventilationssystemer, potentialudligning, fodertilskud, vacciner og foderafprøvninger. Vortexfeltet fra strømstriberne skal afbrydes, før alle disse ting giver mening.

Hvis der derimod er tale om endogene strømgener, altså noget som er relateret til gårdens egne systemer, så giver det ikke mening at kaste penge efter systemer til at fjerne vortexfelter. Her skal du have fat i en dygtig elektriker, så de elektrotekniske problemer kan blive løst elektroteknisk.

Det er dog sjældent, at de to ting er så sort/hvidt opstillet. I de allerfleste tilfælde vil der være et overlap, således at der BÅDE skal neutraliseres udefrakommende strømstriber OG laves elektrotekniske forbedringer af egen installation.

Den gode nyhed er, at vi rent faktisk har ganske pæne muligheder for at gøre noget! I dag er vi et helt andet sted end blot for få år siden, hvor man nærmest var hjælpeløse overfor strømgener fra strømstriber, vagabonderende strøm eller dirty electricity. I dag ved vi, hvordan man gør installationen robust, således at den giver mindst mulige genevirkninger, og vi har de tekniske muligheder for at fjerne vortexfelter fra strømstriber fra fremmede kilder.

Kapitel 2: Kortlægning af problemet

I denne del kan du læse om:

- Indledende overblik
- Kortlægning af strømstriber
- Teknisk udmåling af strømstriber
- Teknisk måling af vortexbalance
- Vandpåvirkning

Indledende overblik

Noget af det første, jeg undersøger, når jeg igangsætter målinger hos en kunde, er spændingspotentialer og strømtransport mellem installationsjord, neutraljord og vandinstallationen.

Hvis alt er godt, er der hverken spænding eller strømtransport mellem disse punkter. Er alt godt, skal alle målingerne således vise 0. Det er desværre bare sjældent, at de gør det – næsten alle gårde er i dag ramt i af strømfurening i et eller andet omgang.

Installationsjord og vand				
DCV	318mV	DCA	4uA	
Elektronvandringsretning for DC		FRA vand TIL installationsjord		
ACV	18mV	ACA	9uA	
Elektronvandringsretning for AC		FRA vand TIL installationsjord		
Resistans		>20MΩ		
Note: Potentialudligning for vandinstallation bør checkes				

Neutral Jord og Installationsjord				
DCV	-13mV	DCA	-34uA	
Elektronvandringsretning for DC		FRA neutral jord TIL installationsjord		
ACV	93mV	ACA	17uA	
Elektronvandringsretning for AC		FRA installationsjord TIL neutral jord		
Resistans		4,2KΩ		

Neutral Jord og Vand				
DCV	-427mV	DCA	-3uA	
Elektronvandringsretning for DC		FRA neutral jord TIL vand		
ACV	41mV	ACA	8uA	
Elektronvandringsretning for AC		FRA vand TIL neutral jord		
Resistans		7MΩ		
Note: Jordingsinstallation eller potentialudligning for vandinstallation bør checkes				

Ovenfor ses et udsnit fra en af mine målerapporter. Læg mærke til, at der både er spænding og strøm mellem vand, installationsjord og neutraljord. For DC går elektronvandringsretningen fra neutraljord til vand og videre til installationsjord eller direkte fra neutraljord til installationsjord. Dvs., at vi allerede her kan påvise, at der kommer strøm udefra, som går ind i installationen. For AC er det modsat. Her går elektronvandringsretningen fra

vand og installationsjord til neutraljord. Det betyder, at gårdens egne systemer selv forårsager lækstrømme.

En sådan situation skal løses ad to veje. Vortexfelterne fra de udefrakommende strømstriber skal neutraliseres med Field Sentry, mens lækstrømmene fra gårdens egne systemer skal afhjælpes elektroteknisk og via forbedret installation. (Mere om det i de næste kapitler).

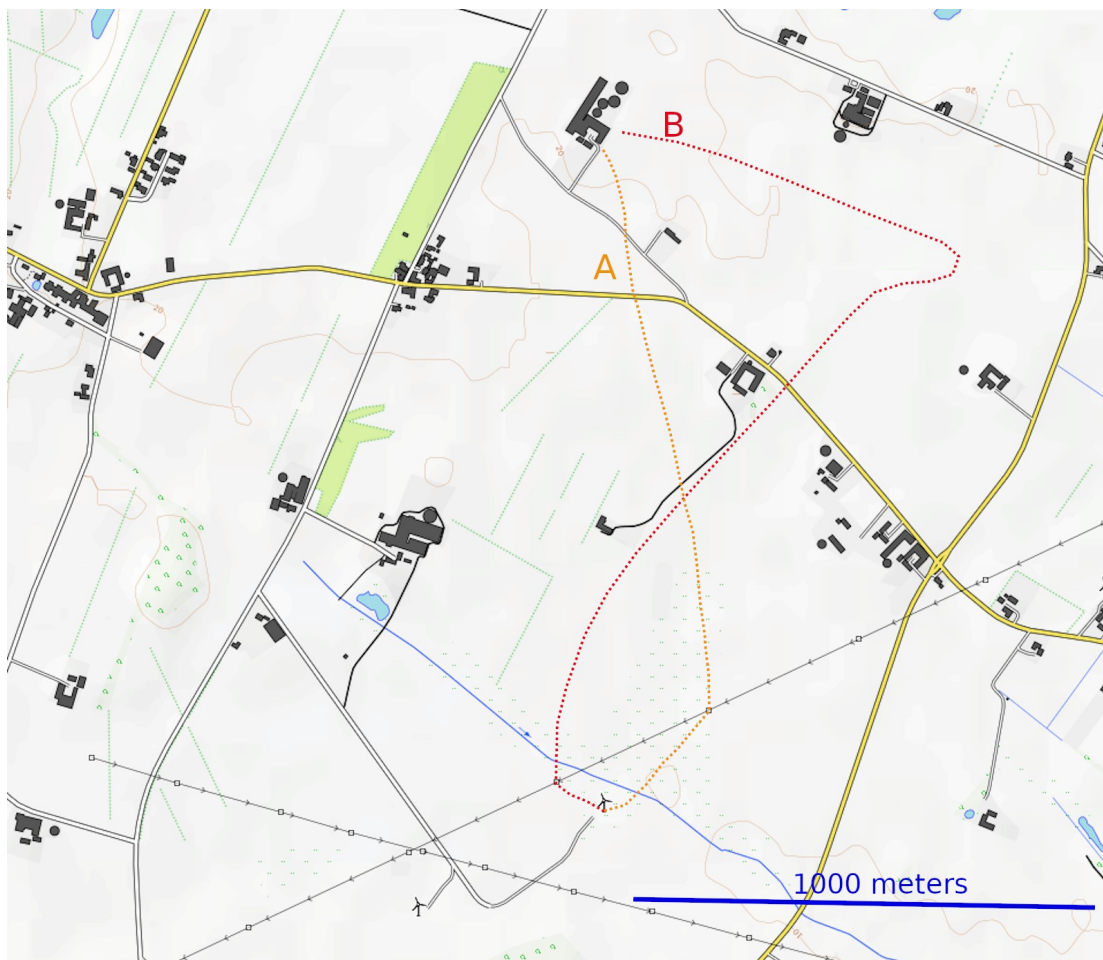
Du kan se, at ovennævnte opmåling er en mere avanceret version af den indledende DIY-opmåling beskrevet i foregående afsnit. Så man kan selv lave ret mange af disse målinger. Detaljerede opmålinger som disse, især med henblik på måling af AC elektrovandringsretning, kræver dog specialudstyr.

Kortlægning af strømstriber

Strømstribens vej gennem landskabet

Det næste punkt i opmålingerne er at kortlægge, hvor strømstriberne går.

Nogle gange giver det mening at følge strømstriberne gennem landskabet og direkte til kilden.

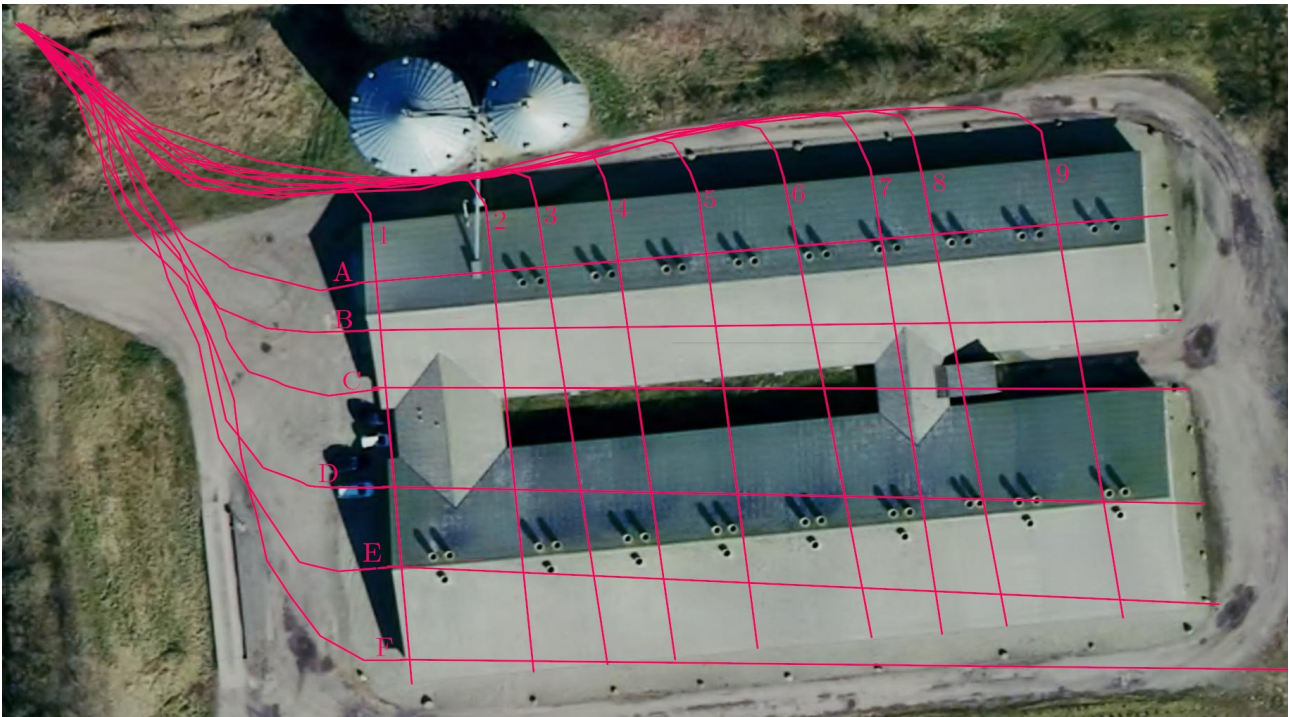


Både stribe "A" og stribe "B" har deres oprindelse ved en vindmølle. Striberne rammer derefter elmaster, hvorved striberne afbøjes. Stribe "A" fortsætter derefter mere eller mindre direkte mod gården, hvorimod stribe "B" afbøjes af en okkerforekomst ca 15 meter under jordoverfladen, hvorefter den drejer skarpt på marken vest for gården.

Begge striber blev neutraliseret med Field Sentry.

Når striberne rammer gården, kan de nogle gange splittes ud til mange mindre striber afhængigt af, hvilke ledende strukturer, der findes i undergrunden, og hvilke mønstre de ledende dele i bygningskonstruktionen udgør. Metal, især jordforbundet metal, virker

tiltrækkende på strømstriber. Der er ikke noget ”magisk” eller ”mystisk” i det – ligesom mennesker gerne vil vælge den hurtigste rute mellem to punkter, så vil strømmen gerne vælge den rute, som frembyder den mindste elektriske modstand.



Her kan man se, hvorledes den ”tiltrækkende” effekt af metal virker.

Strømstriberne dannes i en transformer nordvest for bygningerne. Bemærk, at der er næsten fuldstændig overensstemmelse mellem strømstriberne uden for bygningen og placeringen af stålspær og andre tungere metaldele i bygningskonstruktionen.

Det er vigtigt at lave denne kortlægning, for problemerne er oftest lokaliseret til specifikke afsnit af bygningen.

Alle ovenstående striber blev neutraliseret ved installation af Field Sentry uden for transformeren.

Ligesom mennesker har deres unikke fingeraftryk, har strømstriberne også deres unikke sammensætning af forskellige frekvenser. Dette kan udnyttes til at påvise, at en given strømstribe har sin oprindelse på et specifikt punkt.

Målegrøj til at udmåle frekvenskompositionen i et vortexfelt er uhyre vanskeligt at konstruere. Så vidt jeg ved, er jeg den eneste i Danmark, som har den slags udstyr.

Teknisk udmåling af strømstriber

Tekniske karakteristika for strømstriberne

Når de forskellige strømstriber er kortlagte, er det næste punkt at lave detaljerede udmålinger af strømstribernes tekniske karakteristika.

Disse målinger er vigtige for at skabe uigendrivelig teknisk dokumentation for problemets omfang. Den tekniske dokumentation er meget vigtig af to forskellige årsager:

1: De tekniske målinger – især af styrkeforhold og spektral komposition – er nødvendige, for at jeg kan beregne en Field Sentry løsning til at neutralisere strømstriberne

2: De tekniske målinger giver landmanden mulighed for at dokumentere overfor bank, dyrlæge, tilsynsmyndigheder etc, at der er noget udefrakommende, som påvirker rentabiliteten og dyrevelfærden på gården.

Karakteristika for øst/vest-gående magnetotelluriske anomalier									
Måleparameter	Magnetotellurisk anomali								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DC magnetfelt ved overflade, uT	39,3	41,1	42,2	44,9	48,4	47,8	48,0	48,6	47,7
Vertikal DC magnetfeltsvariation, uT/m	1,8	1,5	0,9	0,1	1,5	0,5	0,2	0,4	0,9
Horisontal magnetfeltsvariation, uT/m, Ø	0,8	0,9	1	0,2	2,4	0,7	0,9	0,9	2
Horisontal magnetfeltsvariation, uT/m, V	3	1,1	0,8	0,1	2,1	0,5	0,5	0,2	0,1
AC Magnetfelt, nT	250	190	220	130	170	490	480	400	600
Elektrisk felt ¹ , V/m	14	13	9	12	12	16	11	29	14
Radiofrekvent støj ² , mV/m	250	90	56	45	180	36	45	32	80
Dybde for strømtransporterende lag, m	5	4	6	8	3	4	9	4	5
Strømtransport, A	15	5	11	13	9	3	5	4	6
Vortexintensitet, Teknisk måling ⁴	98	62	91	97	86	29	59	33	74

1: Det elektriske felt er målt med reference til jord.
 2: Radiofrekvent støj er målt som PEAK AVG over 1 minut.
 4: Teknisk intensitetsmåling baseret på påvirkning af vandmolekyler og aflæst ved ændring af diffraktionsindeks via differentillasersmåling. Numeriske værdier indexeret efter arbitrær skala, hvor 100 repræsenterer den kraftigste afvigelse jeg endnu har målt.

DC-magnetfeltsvariationen beskriver variationen i undergrundens struktur, som muliggør strømtransport langs den magnetotelluriske anomali.

AC-magnetfeltsvariationen beskriver den reelle mængde strøm, som transporteres langs de elektrisk ledende strukturer i pågældende magnetotelluriske anomali. Ideelt burde den værdi være 0.

Det elektriske felt beskriver, hvor stort et spændingspotentiale som findes pr længdeenhed direkte over pågældende magnetotelluriske anomali. De naturlige felter er fratrukket. Ideelt burde målingen være 0.

Radiofrekvent støj beskriver støjen fra trådløs radiokommunikation. I forhold til naturlig baggrundsstråling i disse frekvensområder burde værdien ideelt være 0.

Intensitetsmålingerne beskriver, hvor intenst vortexfeltet fra pågældende magnetotelluriske anomali er. Desto højere anomali, desto større risiko for negativ bioreaktivitet.

Teknisk måling af vortexbalance

Vortexbalance

Alt i biologien handler om balance. Kroppen forsøger hele tiden at opnå balance i alle de forskellige systemer, som vores udviklede biologi er sammensat af.

Det samme gør sig gældende med vortexfelter. Vortexfelterne kan være både højredrejede og venstredrejede, og afhængig af deres drejning (eller ”håndethed”) har de forskellige virkninger på vandmolekylernes spinkoherens og dermed også forskellige virkninger på biologiske systemer.

Det er vigtigt at lave meget omhyggelige målinger af balancen, både før og efter at man opsætter afværgemekanismer.

Og her er et af de centrale kendetegn, som adskiller de mere ”charletan”-agtige aktører i det her marked fra de mere seriøse.

Når man bedriver seriøs forskning/udvikling inden for det her problemfelt, sørger man for at lave gentagne kontrolmålinger af, hvorvidt der er opnået balance i vortexfelterne, efter man har lavet én eller anden intervention.

Og det er ikke nok at lave en måling, lige efter man har opsat noget. Enhver ændring i det samlede mønster af elektrisk modstand i jorden kan ændre strømstribernes placering kortvarigt. Også noget så simpelt som at lægge et stykke jern, placere nogle magneter eller banke nogle jernspyd i jorden kan ændre strømstriberne kortvarigt.

Den virkelige test af skærmingens effektivitet kommer efter nogle dage.

Der er min erfaring, at man bør vente mindst 3 dage på at lave kontrolmåling. Så har felterne haft tid til at falde til ro, og strømstriberne har fundet deres almindelige mønster igen.

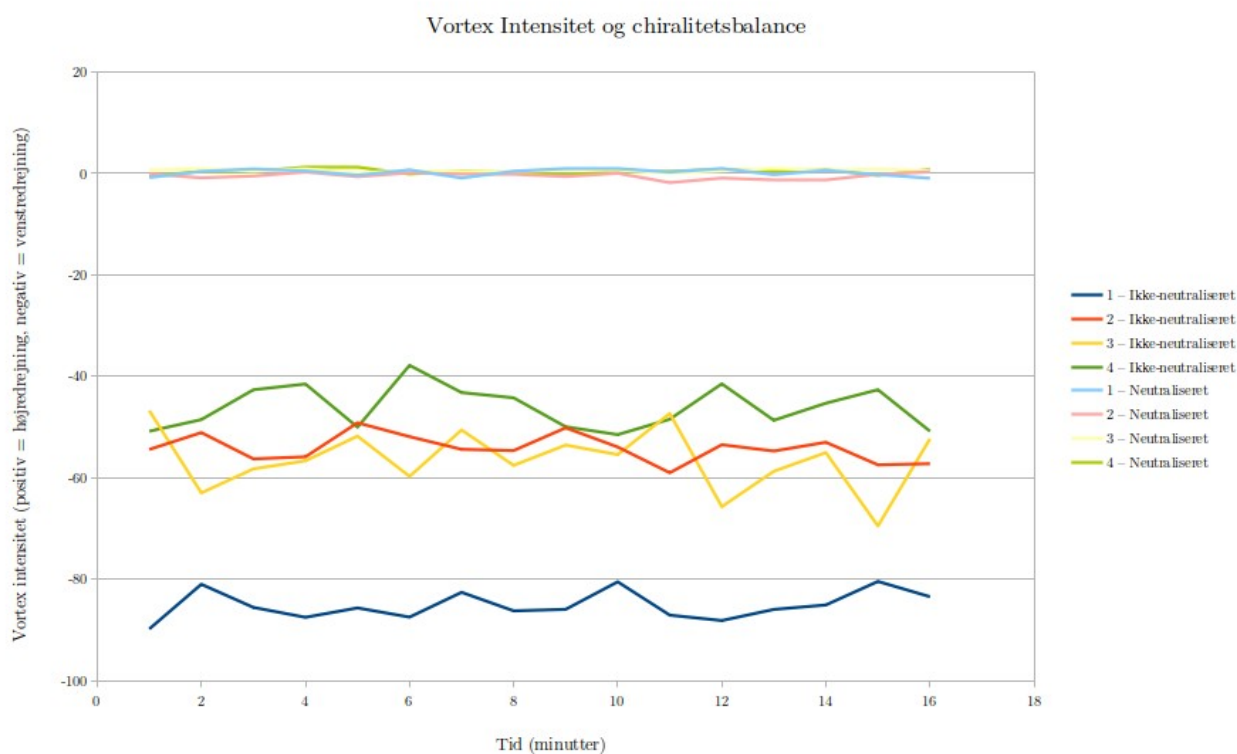
Der er masser af velmenene gode ideer til, hvordan de her problemer kan løses. Og mange af disse løsninger virker faktisk, så længe der ikke er tale om de helt stærke strømstriber. Men hvis du møder ”opmålere” og ”strømtroldmænd”, som laver et eller andet neutraliseringsforsøg uden at lave kontrolmålinger nogle dage efter, så er det en ret stærk indikation på, at du har fået fat i en charletan, der ikke har helt styr på, hvordan de her ting hænger sammen.

Når jeg laver neutralisering af strømstriber via Field Sentry konceptet, så har kunden i forvejen modtaget et tilbud på neutralisering. Dvs., at der først er en betalingsforpligtigelse for kunden, når vi har både en teknisk og en radistesitetisk kontrolmåling på, at felterne er permanent neutraliserede. Denne kontrolmåling laves tidligst tre dage efter neutraliseringen – og gerne nogle dage senere, således at vi kan være sikker på, at alle små detaljer i strømstribernes placering er medtaget.

Laserbaseret differentialdiffraktion

For at kunne lave en fuldstændig objektiv teknisk måling af vortexbalancen har jeg udviklet et instrument, som baserer sig på at måle ændringer i vandmolekyleres diffraktionsindex, når de er udsat for virkningerne fra en strømstribe.

På denne måde kan vi lave meget detaljerede målinger af vortexbalancen, både før og efter at man har opsat neutraliseringsenheder.



Her er målingerne udført inden neutralisering og efter neutralisering.

Det ses tydeligt, at værdierne for de fire strømstriber afveg fra balance (0) inden neutralisering. Efter neutralisering ligger alle striberne nydeligt omkring balancepunktet (0).

Denne type dokumentation er vigtig. En af mine kunder viste mig en regning fra en tidligere ”opmåler”. Pågældende ”opmåler” havde sendt en regning på lidt over 300.000kr efter at have ”neutraliseret” nogle strømstriber ved at lægge nogle simple kobberledninger. ”Neutraliseringen” holdt i to dage, før strømstriberne brød gennem ledningerne.

Derfor er det vigtigt, at kunne lave en ordentlig teknisk dokumentation, således at kunden har sikkerhed for, at de neutraliseringer, som bliver iværksat, rent faktisk har den ønskede effekt.

Og i forhold til ovenstående, så skal jeg lige sige, at det hverken var Kaj Østergaard eller Gitte Hansen, der var tale om, selv om deres løsninger også inkluderer kobberledninger.

Gitte kender jeg fra forskningsprojekterne under SEGES, og hun har i den grad styr på det hun laver. Kaj Østergaard fik jeg desværre aldrig mulighed for at tale med; men jeg kan se på de systemer, han har lavet, at han ligeledes har haft rigtig godt styr på problemfeltet. Problemet er bare, at når intensiteten og antallet af strømstriber stiger, så mindskes effektiviteten af de traditionelle løsninger kraftigt.

Men en ordentlig opmåler på det her felt sørger for at lave kontrolmålinger nogle dage efter installation af neutraliseringer (uanset hvilken metode man bruger), således at man er sikker på, at man har ramt balance.

En ”opmåler”-kollega har fortalt mig om en oplevelse, som understreger vigtigheden af kontrolmålinger og balance:

Vedkommende havde foretaget målinger i et privat hjem, og parrets seng var placeret i et trælst kryds mellem forskellige strømstriber, således at beboeren har været udsat for et stærkt venstredrejet vortexfelt. Opmåleren lokaliserede et højredrejet naturligt felt i huset og forklarede beboeren, at det ville være hensigtsmæssigt at flytte sengen derhen i en kortere periode (nogle dage/et par uger), for at kroppen skulle blive balanceret efter langt tids ophold i venstredrejet vortex. Af en eller anden grund gik det dog ikke helt op for beboeren, at det ikke var et råd til permanent opstilling af seng, så der gik desværre ikke lang tid, før manden blev ramt af kræft.

Den slags anekdoter er selvfølgelig blot det, altså anekdoter. Men nok af disse anekdoter burde få forskeren til at blive nysgerrig på hvorvidt der er underliggende – endnu ukendte – processer.

Foreløbig forskning viser følgende (men hav lige in mente, at mine undersøgelser er lavet på vand, planter, gærceller og dyr – jeg har ikke tilstrækkelig baggrund for at udtale mig om menneskers helbred!)

Højredrejede felter: Forøger vands spinkoherens. Forøger reaktionshastigheden og reaktionskinetikken af kemiske reaktioner, vand indgår i. Forøger hastigheden af biologiske processer. Forøger hastigheden af celledeling. Forårsager svag stigning i destilleret vands pH.

Venstredrejede felter: Formindsker vands spinkoherens. Formindsker reaktionshastigheden og reaktionskinetikken af kemiske reaktioner, vand indgår i. Formindsker hastigheden af biologiske processer. Formindsker hastigheden af celledeling. Forårsager svag mindskning af destilleret vands pH.

Hvis noget enten påvirker immunforsvaret eller celledelinger, skal der ikke meget fantasi til, før man kan forestille sig, at det også kan give anledning til ubehagelige sygdomme hos mennesker.

Sørg derfor for, hvad enten du er ramt landmand eller opmåler-kollega, at gøre dit yderste for at ramme balance, når du har opsat eller fået opsat en neutraliseringsenhed, hvad enten denne er af mere traditionel eller moderne art.

Traditionelt har man opmålt vortexbalancen radiestesitetisk med kobberpinde. Selv om denne målemetodologi ikke egner sig til forskning, så er det en virkelig værdifuld evne at have. Hvis opmåleren har god erfaring og er dygtig nok, så er en sådan opmåling lige så præcis som de tekniske opmålinger.

Personligt synes jeg bare, at de tekniske opmålinger er vigtige; for så giver man kunden fuldstændig sikkerhed for, at opmålinger med kobberpindene (som jo er delvis subjektive) ikke ubevist er påvirket af et ønske hos opmåleren, om at vedkommendes neutraliseringsenheder virker.

Vandpåvirkning

Der har meget længe været personer som – med kobberpinde, penduler eller ren intuition – har ment, at de kunne måle forskellige ”energier” i vand.

Idet målingerne ikke var teknisk/objektive blev det ikke rigtigt taget alvorligt; men samtidigt måtte man indse, at der skete et eller andet med vandet, når det blev udsat for strømstriber.

I 2018 kørte vi et projekt i regi af SEGES, hvor vi lavede en hel række forskellige undersøgelser af vandpåvirkningen på en kvægfarm i nærheden af Slagelse. Det var tydeligt, at der skete et eller andet med vandet; for dyrene havde en meget unormal drikkeadfærd. Når vandet fra kvægfarmen blev tilbudt andre dyr (blandt andet i forbindelse med et forsøg på Landbohøjskolen), ville dyrene ikke drikke vandet.

Der blev kørt alle tænkelige kemiske analyser af vandet – uden at finde noget som helst, som kunne forklare situationen.

Sådanne situationer har der været mange af, siden vi startede med at undersøge problemfeltet for næsten 10 år siden.

På den ene side har vi nogle ”officielle” målinger og nogle lærebøger, som siger, at der ikke er et problem. På den anden side har vi nogle landmænd (og nogle dyr), som er sikre på, at der er et problem; men de kan kun påvise det med subjektive målinger.

Hvad stoler man så på? Skal man afvise alt, som ikke står i lærebøgerne? Hvordan lærer vi så nyt?

Efter min opfattelse er det forskerens ansvar altid at forholde sig åben, nysgerrig og undersøgende. Hvis man tror, man allerede har fundet sandheden, vil man aldrig finde ny viden! Derfor er det vigtigt, at man beholder sin kritiske sans og foranstalter alle eksperimenter og målinger med den højeste grad af teknisk detaljerethed, men samtidigt er åben for at afprøve nye muligheder.

I 2019 lykkedes det at lave de første analyser, som teknisk påviste, at vandet kan ændre egenskaber, når det udsættes for påvirkning fra strømstriber. Alle andre analyser havde påvist, at vandet kemisk set var uforandret, så jeg tog i stedet udgangspunkt i vandets elektrokemiske egenskaber.

Analysen kan kaldes en form for elektrokemisk spektroskopi, hvor man via en speciel målefikstur og en vector network analyser udmåler vandets elektriske modstand ved forskellige frekvenser.

Siden hen – efter råd fra en svensk professor og vandforsker – lykkedes det også at påvise, hvorledes påvirkningen fra strømstriberne kan aflæses i simple pH-målinger.

Med det nye udstyr kan målingerne foretages relativt enkelt.

Faktisk kan målinger på vandprøver bruges diagnostisk, altså til at afgøre om en stald er ramt af strømstriber eller ej.

Ved hjælp af Field Sentry løsningen kan vi også neutralisere strømstribernes påvirkning på vandet, således at dyrene igen opnår normal drikkeadfærd.

Kapitel 3: Nu gør vi noget ved problemet

I denne del kan du læse om:

- El-systemer, jording og potentialudligning
- Hvorfor potentialudligning kan være skadeligt
- Hvordan man "tæmmer" en frekvensomformer
- Field Sentry løsningen

Elsystemer, jording og potentialudligning

Jorden er ikke elektrisk neutral

Folk vil stå i kø for at latterliggøre mig for det her, for det går stik imod de høje herres lærebøger på de tekniske undervisningsanstalter; men jeg vil starte med at slå to ting helt fast:

(1) Jorden er IKKE elektrisk neutral.

(2) Potentialudligning kan ikke fjerne generne fra udefrakommende strømstriber.

Magnetometermålinger viser, at vi her i Danmark kontinuerligt pumper i omegnen af 3 millioner ampere strømforurening ned i jorden hvert eneste sekund. Vi sender strøm nok i jorden til at drifte en middelstor provinsby!

Jorden er ikke neutral. Jorden er en støjkilde. Vi kan ikke løse problemerne med hverken jording eller potentialudligning. Vi kan ikke undgå udefrakommende vagabonderende strøm. Vi er nødt til i stedet at strukturere jordingssystemer og potentialudligningssystemer således at vi kan styre hvor strømmen skal gå - og mere specifikt, hvor den ikke skal gå!

Een enkelt vindmølle sender mellem omkring 100 ampere kontinuerligt i jord. Solcelleinstallationer, ladeanlæg, batterianlæg giver tilsvarende værdier.

Der vil altid være kapacitiv lækage fra nedgravede kabler, selv når disse er i perfekt stand. Ved høje spændinger vil der være tale om betydelige værdier. For et 20km 200kV kabel i god stand, svarer dette til 180 A AC pr fase.

Der vil altid være gensidig induktans fra luftledninger mod jordledningen. Denne mekanisme kan drive 5 - 20 A AC i jorden for hver eneste højspændingsmast. Langt højere værdier måles i ekstremtilfælde.

Elektroteknisk mitigering af vagabonderende strømme bliver derved langt mere kompleks, idet jorden ikke kan bruges som bortledning af uønskede strømme, men i stedet skal ses som en kilde til elektrisk støj.

Desto bedre potentialudligning du laver, desto mere vil du tiltrække de udefrakommende strømstriber.

Jorden er en glimrende elektrisk leder

Jordens ledningsevne sættes normalt til $10 - 1000 \Omega \cdot m$.

Dette er korrekt for muldjord, ovenjord, sandjord og tilsvarende i en eksperimentel ren opstilling.

To forhold gør dog at disse eksperimentelle referenceværdier kun har meget begrænset anvendelse i forhold til forudsigelse af vagabonderende strømmes udbredelse.

Istidsaflejringer

Den danske undergrund er ikke homogen sand. Der er varierende lag med varierende indhold af kulstof og okker, som i meget høj grad har kapacitet for væsentlig strømtransport.

I et enkelt tilfælde har vi målt ledningsevne på $\sim 4.3 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ for et okkerlag og $\sim 2.7 \times 10^{-3} \Omega \cdot m$ for et kulstofflag. Disse værdier er adskillige størrelsesordener under normalt antagede værdier for jordens ledningsevne.

Fotoet viser sådan okkerlag/okker-inklusioner i et sandlag i ca 6 meter dybde. Den hvide streg repræsenterer 10cm.



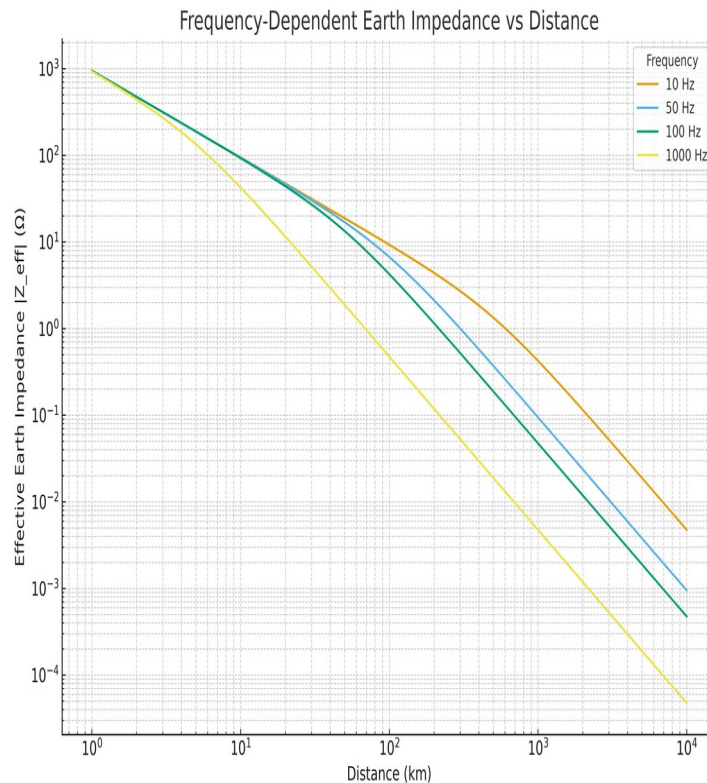
Volumen

Andet forbehold tager udgangspunkt i jordens form. Vi er vant til at modellere modstand i simple ledninger med en specifik uændret diameter og en specifik længde.

Jorden er anderledes. Det er en kugle. Desto længere væk du skal, desto større volumen er der for strømmen at rejse gennem. Det betyder at modstanden mindskes med afstanden.

Dette er stærkt kontraintuitivt, men meget væsentligt for at kunne forstå vagabonderende strømme.

I USA er der ubetalt betydelige erstatninger til skader forårsaget af vagabonderende strømme. I nogle tilfælde har der været 1800km luftlineafstand mellem skadesforvolder og skadeslidte.



Grafen stammer fra en af mine forskningsprojekter, og er udarbejdet på baggrund af målinger foretaget i forbindelse med kontrolleret injektion af AC i dybe jordelektroder. Den viser hvorledes den effektive modstand mindskes med afstanden, fordi den tilgængelige volumen for strømtransport øges med afstanden.

Design af jordingsinstallationer

Den vagabonderende strøm fra strømforurening søger mod stjernepunktet i transformeren. Elektronerne er fuldstændigt ligeglade med hvilken vej, de skal, hvor lang den vej er, og hvor mange omveje der er. Det eneste, elektronerne styres af, er mængden af elektrisk modstand.

Hvis vi derfor laver en uhyre god potentialudligning, hvor alle ledende bygningsdele er godt forbundet med lav modstand, og alt er forbundet til en perfekt jordforbindelse, så har vi i virkeligheden lavet en antenne for at tiltrække udefrakommende strømstriber.

På den anden side så er potentialudligning et lovkrav. Og af gode grunde, for med nuværende konfiguration af el-nettet, er det en meget væsentlig faktor for at beskytte mod akut elektrisk stød.

Potentialudligning og jording (som ikke helt er det samme, men ofte forveksles) er også teknisk nødvendigt, fordi mange af de apparater, man bruger i stalden i dag, selv danner lækstrøm. Og den lækstrøm skal sendes et sted hen.

Så hvad gør man? Undlader jording/potentialudligning og risikerer elektrisk stød? Eller går i gang med jording og potentialudligning og dermed risikerer så store problemer med strømstriber, at man risikerer at gå fra hus og hjem, fordi rentabiliteten dykker?

Vi skal designe robuste jordingssystemer, som opretholder alle sikkerhedsmæssige krav, men samtidigt styrer hvor strømmen skal gå og hvor den ikke skal gå.

Det optimale er en opdeling af jordingssystemer i tre forskellige tracheer. Disse er samlet i hovedjordingsklemmen i hovedtavlen - og ikke andre steder!

- PE, "Protective Earth", "Beskyttelsesleder"
Denne er vigtig af sikkerhedsmæssige årsager, men bør kun føre målbar strøm i tilfælde af en fejl. Kabeldimensioneringen udføres så lille som det er lovgivningsmæssigt tilladt.
- Ækvipotentialudligning
Den anden er potentialudligningen. Denne bør aldrig føre nogen målbar strøm. Kabeldimensioneringen udføres så lille som det er lovgivningsmæssigt tilladt.
- FE, "Functional Earth", "Funktionsjording"
Funktionsjordingen er forbundet til hver VFD (eller lignende), der er kendt for at producere lækstrøm. Kabeldimensioneringen udføres med tilstrækkeligt store dimensioner.

Impedansmålinger

Bygningernes kombinerede jordmodstand ligger i området 0,3 til 0,5 ohm. Det betyder at den samlede modstand gennem funktionsjordingen og jordingsanlægget skal være mindre end den samlede modstand gennem bygningsdetaljer og i jord.

Dimensioneringen af funktionsjordingens kabler udføres derfor på baggrund af konkrete målinger, og impedanceberegninger på baggrund af disse målinger.

Vi skal samtidigt sikre at disse målinger er udført i de rigtige frekvensområder. Ved 50 Hz kan en "stor, lav-ohm funktionel jord" dominere strømvandring og holde målbar strøm ude af det ækvipotentiale gitter.

Ved VFD-kanthastigheder (kHz-MHz) er den styrende størrelse ofte induktans og geometri, ikke DC/50 Hz modstand. En "stor" leder, der er lang, kan stadig have en høj impedans ved HF. Derfor skal funktionsjordingen ikke kun være kabel af stor diameter, men samtidigt:

- kort
- fysisk tæt på VFD/motorsløjfen
- fysisk tætliggende med de udgående ledere
- helst rem/flet (lavere induktans end en rund ledning med samme kobberareal)

Jordingsanlægget

Selve jordingsanlægget skal udføres, således at dette kan bortlede elektrisk støj fra frekvensomformere, uden at denne elektriske støj har en let rute tilbage til gårdens elektrisk ledende bygningsinfrastruktur. Dette vil normalt betyde at man vil installere få dybe jordelektroder i stedet for mange korte.

Om at måle på potentialudligning

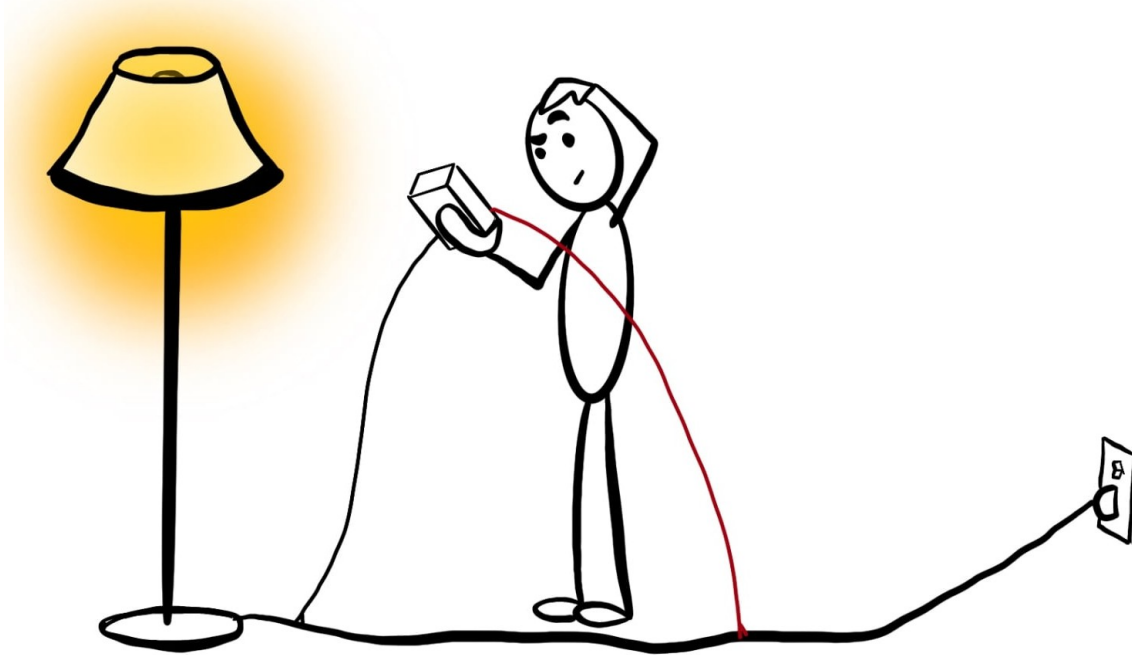
Jeg har ofte været kaldt ud til stalde, hvor den lokale elektriker er blevet hyret til at lave hele omgangen med potentialudligning i et desperat forsøg på at fjerne generne fra strømstriber. Og den stakkels landmand og den stakkels elektriker bliver endnu mere desperate, når problemerne øges, for hver gang potentialudligningen forbedres.

Nogle gange har elektrikereren stået og målt på staldinventaret. Og vedkommende har rigtignok kunnet måle, at den elektriske spænding er blevet mindre i takt med at potentialudligningen er blevet udført. Problemet er bare, at den måling ikke rigtigt dokumenterer noget som helst.

Selv om en spændingsmåling går nedad, så kan strømtransporten godt gå op, når den elektriske modstand sænkes.

Skridtspændinger og skridtstrømme

Forestil dig en forlængerledning. Den ene ende er sluttet til en stikkontakt. Den anden ende er sluttet til et strømforbrugende apparat, som en lampe eller en motor.



Forestil dig nu, at du måler spændingen mellem to punkter på fase-ledningen.

Hvad forventer du at måle?

Målingen vil ikke vise fasespændingen, for at måle denne skal vi måle mellem fase og nul/jord. Målingen vil kun vise den ganske lille potentialeforskel som skabes via modstanden i ledningen.

Forestil dig derefter at du måler strømmen i fasen, med et clamp-on meter.

Hvad forventer du at måle?

Målingen vil vise et antal ampere svarende til effektforbruget i den tilsluttede strømforbrugende genstand.

Læg mærke til at vi her har en måling med næsten ingen spændingsforskel, men en betydelig strømstyrke. Nogen vil indvende at spændingsmålingen i ovenstående eksempel ikke er korrekt udført. Det er fuldstændigt korrekt, og netop derfor eksemplet er medtaget, fordi den måde at måle på ofte er meget ens med den måde man måler skridtspændinger på.

Husk derfor dette eksempel, når vi begynder at arbejde med skridtspændinger og skridtstrømme.



Hvis vi måler potentialeforskellen mellem et drikketrug og gulvet nedenfor, så vil målingen ofte vise værdier mellem 1 og 5 volt.

Hvis man derefter etablerer potentialudligning mellem truget og gulvet, så vil man efterfølgende kunne måle 0 volt.

De fleste vil herefter sige at problemet er løst.

Men køerne vil stadig ikke drikke.

Prøv at måle strømmen i potentialudligningskablet.

I stedet for at mindske skridtspændingen, så har vi vekslet skridtspænding til skridtstrøm.

Den kvikke vil indvende, at når spændingen er 0, så er der intet til at drive en strøm. Og denne indvendig ville være korrekt, hvis ikke vi havde indsat jorden som en del af vores elektriske system og pumpede 3 millioner ampere ned i jorden hvert eneste sekund.

Spændingen kan stadig måles, du skal bare måle mod fjern/neutral jord - på samme måde som du i eksemplet med kobberledningen skal måle mellem fase og nul/jord og ikke mellem to punkter på samme leder.

Elektronvandringsretning

Hvis vi skal måle på retningen af elektronvandringen for AC, så skal vi måle fasen af både spændingskurven og strømkurven.

Det giver en overraskelse for mange, når man monterer et sådant apparat på jordforbindelsen.

Hvis du har en normal installation, hvor alt er godt, vil du se, at der går en lille (nogle få mA) strøm fra installationen mod jord.

Hvis du har en installation, som er ramt af udefrakommende strømstriber, så vil du se en elektronvandring (både DC og AC) fra den omgivende jord ind i mod din installation. Og i takt med at din potentialudligning bliver bedre, vil denne strømtransport stige.

Derfor er det nødvendigt med et meget sikkert teknisk overblik, når man laver jording og potentialudligning i større installationer.

Rigtig mange elektrikere og el-guruer på de højere læreanstalter vil stå i kø for at kritisere mig for ovenstående, for i deres lærebøger er jorden altid neutral. Og i deres lærebøger vil der aldrig løbe strøm fra jorden og ind i en installation. Problemet er bare, at virkeligheden er anderledes end, hvad der står i lærebøgerne. Deres virkelighed er lærebøger og computersimuleringer. Min virkelighed er reelle målinger ude ved de strømramte gårde.

Hvorfor potentialudligning kan være skadeligt

Det her bliver lidt teknisk...

Jeg har medtaget lidt mere teknik i det her afsnit end mange af de andre afsnit. Det er fordi det er rigtig vigtigt, og fordi du skal kunne vise afsnittet til din elektriker, så de umiddelbart forstår problemet.

Kort sagt handler det om at potentialudligning forbinder alle metaldele til én fælles jordforbindelse. Det er krævet i lovgivningen - og er vigtigt for at sikre mod elektrisk stød. Men hvis der i forvejen løber store fremmede strømme igennem jorden under stalden, kan en stor og effektiv potentialudligning faktisk virke som antenne - og gøre situationen værre for dyrene. Den tiltrækker mere strøm fra jordbunden, og den koncentrerer spændingsgradienterne netop dér, hvor dyrene står.

Det lyder måske modstridende. Det er det ikke. Resten af dette afsnit forklarer trin for trin, hvorfor tingene kan virke på den måde.

Hvad er jordstrømme?

Normalt forestiller vi os, at elektrisk strøm kun løber i kabler og ledninger. Men i virkeligheden "lækker" en del af strømmen ud i jordbunden, og den finder sin vej videre derude — ligesom vand finder de laveste punkter i terrænet.

Strømforureningen kan komme fra mange kilder:

- Vindmøller pumper jævnstrøm (DC) og vekselstrøm (AC) ned i jorden som en uundgåelig bivirkning af de frekvensomformere, der omdanner møllernes strøm til brugbar elnetstrøm. Under normale driftsforhold kan der løbe titusinder af ampere fra en enkelt vindmøllepark ud i jordbunden.
- Transformeranlæg og frekvensomformere gør det samme.
- Jernbaner og sporveje med jævnstrøm er klassiske kilder til jordstrømme.

Disse strømme er eksogene — det vil sige, de kommer udefra, og man kan ikke blot jordforbinde dem væk ved at installere bedre jordspyd i stalden.

Hvad er specielt ved ledende jord?

Normalt antager elektrikere, at jord er en ret dårlig leder — at strøm hurtigt aftager med dybden og afstanden. Det holder stik i mange situationer.

Men i visse typer jord er virkeligheden en anden. I kystområder og tidligere havbundsarealer — herunder dele af det danske lavland — kan jordbunden indeholde:

- Okkerfilamenter (jernoxide-tråde), som dannes, når grundvand med opløst jern stiger op og oxiderer.
- Kulstofrige (carbon) lag fra gammelt organisk materiale.
- Saltpræget jord med rest-havsalt fra den tid, området var havbund.

Sådanne forekomster gør, at jordbunden leder strøm godt — ikke kun i et tyndt øverste lag, men dybt ned og over lange afstande, undertiden kilometerlange strømbaner.

Konsekvensen er:

- Strømme aftager ikke hurtigt med dybden.
- Strømtier kan strække sig over store arealer.

Hvad sker der ved potentialudligning?

Her er kernen i problemet. For at forstå det er det nyttigt at bruge en vandanalogie.

Forestil dig en mark, hvor der hele tiden strømmer vand svagt igennem terrænet — som en meget langsom, bred flod spredt ud over hele marken. Pludselig lægger du en stor flad betonplade ned i denne vandbevægelse. Pladen leder ikke vand, men den stikker ned under overfladen og blokerer en del af vandets vej.

Hvad sker der? Vandet samler sig og strømmer rundt om pladekanten — og lige ved kanten, i det smalle bånd langs ydersiden, stiger vandets hastighed og tryk markant.

Det er præcis, hvad en potentialudligning gør for elektriske jordstrømme.

En potentialudlignet stald er det elektrikere kalder en finit ligepotentialflade — hele gulvet, fundamentet og alle bondet metaldele tvinges til at have én og samme spænding. Elektrisk set er det en "prop" i jordbunden.

Resultatet

Jordstrømmene presses ud langs kanten af stalden. Netop ved kanten — ved gulvets yderste rand, ved dræn, ved overgangszoner fra beton til jord — opstår der kraftige spændingsgradienter. Det vil sige: spændingen falder hurtigt over en kort afstand.

Det er farligt, fordi dyr (og mennesker) der berører to punkter med forskellig spænding — for eksempel foran- og bagben i en overgangszonzone — kan opleve en spænding henover kroppen.

Jo bedre potentialudligning og jo større fladen er, desto mere strøm opsamler den fra jordbunden — og desto stærkere er kanteffekten.

Matematisk beskrives spændingsgradienten nær kanten omtrent sådan:

Spændingsgradient $\propto C / \sqrt{r}$

Her er r afstanden fra kanten, og C er en konstant. Det betyder, at gradienten vokser mod uendelig, jo tættere man kommer på selve kanten ($r \rightarrow 0$). I praksis begrænses den af jordingsens egenskaber, men pointen er klar: kanten er det farligste sted.

Hvorfor er klassisk jordingsdesign utilstrækkeligt her?

Elektriker-håndværket og de gældende normer for jordingsanlæg er baseret på ét mål: at opnå den lavest mulige jordingsmodstand (målt i ohm). Jo lavere modstand, desto bedre jording — sådan lyder tommelfingerreglen.

Det gælder fint, når der ikke er fremmede jordstrømme til stede. Men modstandsmålet er det forkerte mål i dette tilfælde.

Årsagen er, at optagelsen af diffuse jordstrømme primært afhænger af:

- Arealet af ligepotentialfladen — ikke af modstanden.
- Geometrien af fladen — en bred, flad plade opfanger langt mere strøm end et smalt jordspyd med samme modstand.
- Jordens ledningsevne til dybde — jo mere ledende jordbund, desto mere strøm ledes ind.

Med enkle ord: Et stort potentialudlignet stalggulv med lav jordmodstand opsamler mere ekstern jordstrøm end et lille, høj-modstands-elektrode — selvom det er "bedre jorden" i traditionel forstand.

Det er paradokset. Bedre jordforbindelsesgør det nogle gange farligere, fordi der opsamles mere strøm fra omgivelserne, og fordi kanteffekten forøges.

Hvad med AC og DC — er der forskel?

Vekselstrøm (AC) fra vindmøller og omformere svinger frem og tilbage med el-nettets frekvens (50 Hz) og dens harmoniske overtoner. Den opfører sig nogenlunde som man forventer af et elektrisk felt i jord — den aftager med afstanden, omend langsommere i ledende jord.

Jævnstrøm (DC) opfører sig anderledes og i mange henseender mere problematisk. DC-strøm i ledende jord er ikke bare statisk; den medfører ionbevægelse i jordbunden — salte og ioner vandrer. Det giver to effekter:

Polarisationsfelter: Der opbygges kemiske spændingsforskelle i jordbunden over tid, ligesom et batteri. Disse er stabile og retningsbestemte, og de fortsætter, selvom kilden midlertidigt slukkes.

Anisotropi: Jordbunden opfører sig forskelligt i forskellige retninger, fordi ionerne er vandret og har skabt ledende "spor". Strømbaner er ikke tilfældige; de følger de eksisterende ledende filamentstrukturer (oker, kul).

DC-jordstrøm er altså "historieafhængig" og langsommere at afvikle end AC-strøm - den "hænger fast" i jordbunden.

Energimæssig fortolkning — hvorfor samler strømmen sig ved kanten?

Et nyttigt synspunkt er energi. Elektrisk strøm i et medium forsøger altid at fordele sig på den måde, der kræver mindst mulig energi. Det er det samme princip, som får vand til at løbe den letteste vej nedad.

Når en potentialudlignet flade indføres i et felt med jordstrøm, minimeres den samlede energi i systemet ved at lade spændingen falde kraftigt langs kanten af pladen. Systemet "vælger" at koncentrere energitætheden netop der — og det er præcis det sted, dyrene opholder sig.

Man kan sige: ligepotentialfladen reducerer den samlede elektriske energi i systemet — men den betaler for det ved at koncentrere den resterende energi langs dens yderkant, præcis der, hvor dyrene er.

Hvad kan man gøre?

Løsningen er ikke at undlade al jordforbinding og potentialudligning - det ville gå imod lovgivningen og skabe risiko for elektrisk stød. Løsningen er at erstatte den "hårde" ligepotentialflade med en mere fleksibel grænse.

I teknisk sprog: man skifter fra en Dirichlet-betingelse (fast spænding overalt) til en Robin-betingelse (spændingen må variere lidt i forhold til den lokale strøm). Det gøres praktisk ved:

Resistive isolationslag under og rundt om stalden — lag der begrænser, hvor meget strøm der kan flyde ind pr. kvadratmeter. Det er som at lægge et halvgennemsigtigt filter imellem.

Segmentering — i stedet for én stor samlet ligepotentialplade opdeles gulvet i separate sektioner med elektrisk isolation imellem. Hver sektion er stadig internt udlignet, men de er adskilt fra hinanden.

Begrænset strøm injektion pr. arealenhed — man designer bevidst, at ingen enkelt zone kan "suge" for meget strøm fra jordbunden.

Målet er ikke at fjerne al strøm globalt — det er umuligt, fordi kilden er eksogen (vindmøller, nabofaciliteter). Målet er at sikre, at spændingsgradienten dér, hvor dyrene rører gulvet, er så lille som muligt.

Opsummering

Jordstrøm fra vindmøller og kraftelektronik er reel og ikke ubetydelig — titusinder af ampere kan injiceres i jordbunden under normal drift. Ledende jord med okker- og kulfilamenterer leder disse strømme over kilometerlange afstande.

En stor udlignet ligepotentialplade opsamler mere ekstern jordstrøm end et lille elektrode — selvom dens jordmodstand er lavere. Jordmodstand er det forkerte mål i dette scenarie.

Den farligste zone er altid yderkanten af ligepotentialfladen — dræn, gulvkanter, overgangszoner. Det er her spændingsgradienten er størst.

Løsningen er ikke at opgive potentialudligning, men at designe grænsen mere fleksibelt — med resistive lag, segmentering og begrænsning af strøminduktion pr. arealenhed.

Dette er et feltteori-problem, ikke et fejl-i-håndværket-problem. Det kan ikke løses med bedre udligning, bedre jordring eller lavere modstandsværdier alene - det kræver en forståelse af jord, strøm og biologisk eksponering som ét samlet system.

Field Sentry løsningen

Blokere eller neutralisere?

Alle de løsninger, som folk har opfundet i større eller mindre desperation for at overleve i et strømramt område, er baseret på én eller anden form for ”blokering” af strømstriberne.

Østergaard-løsningen var at trække strømstriben uden om bygningerne via kobberkabler og spyd. Denne løsning virker fint, indtil strømstriben bliver så stærk, at den mætter kobberet, eller der kommer flere strømstriber med forskellige kilder i samme område. Gitte-løsningen er en variation/videreudvikling heraf, hvor man periodevis strømsætter blokeringsledningen. Den periodevis strømsætning af ledningen er beregnet på at fjerne den mætning, som opstår efter et stykke tid.

Magnetfeltsløsningen er baseret på at skabe magnetfelter, som ændrer strømstribens retning. Her er det rigtig vigtigt, at polariteten af magneten passer med strømstribens geometri – eller kan man opleve voldsom intensitetsforøgelse af strømstriben.

Jordspydsløsningen, hvor man ibanker jordspyd midt i strømstriben (nogle kalder det jordakupunktur) er baseret på at ændre strømstribens retning via modsatrettede Focault-hvirvelstrømme dannet i jernspyddet. Er striben svag, kan en sådan løsning holde i årevis. Er striben stærk, vil spyddet være mættet inden for få timer/dage.

Batteri-løsningen er baseret på at trække energien ud af strømstriben via et batteri ved at tilslutte batteriet med korrekt polaritet i forhold til strømstribens retning og polaritet. På samme måde som ved Østergaard/Gitte-løsningerne, så virker batteriløsningen fint på ”små” strømstriber. Når batteriet mættes af en ”stærk” strømstribe, passerer vortexfeltet forbi igen.

Det siger lidt om problemets omfang, at der i dag findes mange forskellige patenter (og faktisk også kommercielt tilgængelige løsninger) baseret på at oplade batterier og drive små elektriske apparater direkte fra vagabonderende strøm i jorden. I USA sælges en mobiltelefonoplader, som er baseret på et jordspyd og en lang ledning. Den trækker energi direkte fra den vagabonderende strøm i jorden.

Der er sikkert flere løsninger – nogle kombinerer eksempelvis jordspyd med magneter. Og alle disse løsninger har deres rod i en målbar fysisk virkelighed. Problemet er, at de kun blokerer. Dvs., at hvis materialet mættes, hvis strømstriben er for stærk eller hvis strømstriben ændrer styrke/placering, så holder blokeringen kun kortvarigt.

Ved svage strømstriber kan næsten alt lade sig gøre, men i stærke strømstriber er det min erfaring at afværgemekanismer baseret på blokering kun holder i ganske få dage.

Det er netop baggrunden for, at jeg udviklede Field Sentry løsningen.

Inspirationen hertil kom fra en kvinde, som kunne afhjælpe strømstriber ved at placere krystaller eller sten midt i strømstriben. Det virkede næsten altid, når hun gjorde det, mens jeg ikke rigtigt kunne få det til at virke. Det gjorde mig nysgerrig, hvorefter jeg begyndte at undersøge krystaller teknisk.

De fleste er ikke klar over det; men krystaller er faktisk ret vigtige i moderne elektronik. Rigtig mange moderne tekniske apparater er baseret på krystaller. Det viser sig nemlig, at krystaller har en indre opbygning, som tillader dem at holde en ganske specifik resonansfrekvens.

Hvis man nu rammer en resonansfrekvens, som er i modfase til de elektromagnetiske eller elektriske felter som danner vortexfeltet, så har man neutraliseret vortexfeltet. Det kolliderer simpelthen.

Omtalte kvinde kunne intuitivt udvælge de rigtige krystaller til de rigtige strømstriber. Det kan jeg ikke intuitivt; men jeg kan lave en teknisk udmåling af resonansfrekvenser via en Vector Network Analyzer.

Det er den teknik mine Field Sentry er baseret på.

Der bruges ikke store flotte krystaller, men små ensartede industrielt slebne kvartsstykker kombineret med små antenner af en specifik geometri. Resonansfrekvensen for hver eneste krystalgeometri udmåles via en Vector Network Analyzer. Krystaller og antenner placeres derved med eksakt geometri og støbes ind i resin el beton, for at de kan fastholde deres indbyrdes geometri uanset ydre påvirkninger.

Så placerer man en central resonansenhed, som sender en ganske svag impuls til krystallerne og antennerne deromkring. Derved fastholder krystallerne en specifik frekvenssammensætning, og når denne frekvenssammensætning er udmålt til den specifikke frekvenssammensætning, som gælder for pågældende strømstribe, så kolliderer vortexfeltet.

Nogle steder bruges en tilsvarende metodologi for at fjerne uønsket støj, nemlig ved at sende en modfase lydimpuls.

Jeg har valgt ikke at patentere Field Sentry løsningen. Og som det ses, så beskriver jeg åbent konstruktionen. Der er dog én ting jeg holder som min ”forretningshemmelighed”, nemlig målekredsløb og software i den mikrocomputer, som sidder i resonansenheden og sender impulserne til kvartsstykkerne. Målekredsløbet udmåler konstant intensiteten fra strømstriberne og sender til tilsvarende modfase-impuls til kvartsstykkerne og de tilhørende antenner i Field Sentry enhederne. Det er den software og det fintfølede målekredsløb, som er forklaringen på, at mine Field Sentry løsninger kan opnå perfekt vortexbalance.

Jeg har set nogle forsøge at koble signalgeneratorer til krystaller uden målekredsløb/software. Det giver nogle skrækkelige vortexfelter, som godt nok gør det umuligt at måle strømstriberne; men som i sig selv er stærkt ubalancerede – og formentlig direkte livsfarlige ved længere tids eksponering.

Der er således grundlæggende forskel mellem at forsøge at blokere og at neutralisere en strømstribe.

I ”små” strømstriber er det måske mere ligegyldigt, hvilken løsning man vælger; for der vil de traditionelle løsninger også virke. Men i stærke strømstriber er det nødvendigt at kunne skalere intensiteten af afværgemekanismen, således at strømstriber af en hvilken som helst styrke kan neutraliseres permanent.

Praktisk installation

Field Sentry kan installeres i flere forskellige konfigurationer, alt afhængigt af problemets art.

Konfiguration 1 – Neutralisering af enkelte strømstriber

Her placeres en Field Sentry i centrum af den stribe, som ønskes neutraliseret. Field Sentry placeres ”opstrøms” på striben i forhold til det sted, som ønskes beskyttet. Strømstriberen er derefter neutraliseret over en distance på mindst flere hundrede meter – og op til adskillige kilometer, afhængig af Field Sentry styrke.

Konfiguration 2 – Neutralisering ved kilde

Hvis man har adgang til kilden – eksempelvis egen transformator eller egen vindmølle – er det nemmeste selvfølgelig at neutralisere felterne direkte ved kilden.

Konfiguration 3 – Neutralisering via elektrisk infrastruktur

Her placeres en stærk Field Sentry oven på elkasse, gruppetavle, transformer, etc. Alle lokaler med elektriske installationer ”nedstrøms” placeringsstedet er herefter beskyttede mod strømstriber.

Konfiguration 4 – Neutralisering af ”sygt vand”

Vortexfelter kan påvirke vand til at opnå en specifik spinkoherens, som bevirker, at landbrugsdyrene aktivt forsøger at undgå vandet. Det er det, vi kalder ”sygt vand”. Spinkoherens er afhængigt af vortexfelter, hvorfor vi kan neutralisere og balancere vandet via Field Sentry

Konfiguration 5 – Neutralisering af vortexfelter i foder

Nogle steder i landet bliver foder blandet eller opbevaret på steder med stærke strømstriber. Når foderet så ankommer til stalden, har det allerede en vortexladning. Disse felter er så svage, at de normalt først opdages, når alle andre felter i stalden er neutraliserede, men den gode nyhed er, at sådanne vortexladningsfelter også kan neutraliseres via Field Sentry

Konfiguration 6 – Neutralisering via retningsvirkende antenne

Nogle steder kan vi udmåle, hvorledes alle strømstriberne stammer fra en vindmølle eller transformer, som står på fremmed mands grund. Hvis transformeren eller vindmøllen laver mange strømstriber, så kan det blive trælst og omkostningstungt at skulle blokere hver enkelt stribe. I sådanne tilfælde kan vi – via en retningsvirkende vortexantenne – neutralisere kilden, også i de tilfælde hvor denne er adskillige kilometer væk. Når først en Field Sentry, som er af korrekt styrke og frekvenskomposition, er installeret korrekt, er effekten permanent.

Jeg får mange tilbagemeldinger fra kunder hvor Field Sentry konceptet er blevet installeret. Nogle har registreret nedgang i halebid på ca 80%. Andre peger på, at problemer med diarree nærmest forsvinder, mens andre igen oplever drastisk reduktion i smågrisedødeligheden. For malkekvæg ses tilsvarende ydelsesforbedring, primært betinget i at kvæget opnår hensigtsmæssig drikkeadfærd, når vortexfeltet kollapses således at vandet har en balanceret spinkoherens.

Jeg er ikke dyrlæge. Jeg hverken kan eller må garantere nogen som helst form for helbredsforbedring af dine dyr. Men jeg kan garantere dig, at du ikke får en regning for opsætning af Field Sentry, før vi har god teknisk dokumentation på, at strømstriberne permanent er neutraliserede.

Hvordan man "tæmmer" en frekvensomformer

Det her bliver også teknisk...

Nogle ting er meget svære at forklare uden matematik. Jeg har medtaget lidt matematik i det her afsnit, så du kan vise det til din elektriker.

En kort opsummering af matematikken vil være nogenlunde sådan:

Inden i en frekvensomformer sidder der noget elektronik som hakker strømmen i stykker. Den hastighed strømmen bliver hakket i stykker med er langt højere end den hastighed strømmen ellers svinger med i el-nettet.

Det betyder, at ting udenfor elektronikken kan blive "opladet" med strøm. Vi kalder det en kapacitiv opladning, fordi man ikke har direkte forbindelse til ledningen. Når du, dine køer eller dine grise, opholder sig i samme bygning som en tændt frekvensomformer, så kan man direkte måle at der dannes en strøm (kaldet en forskydningsstrøm) inden i det biologiske system.

Denne forskydningsstrøm er rigelig stor til at skabe biologiske virkninger.

Strømforurening fra frekvensomformere

For at forstå hvorledes vi kan begrænse strømforureningen fra frekvensomformere, så er det først nødvendigt at kigge lidt på hvorfor de overhovedet udleder lækstrøm.

Det man især skal være opmærksom på er den kapacitans som en frekvensomformer lader med forskydningsstrømme fra de hurtige PWM-kanter.

Den grundlæggende ligning er

$$i(t) = C_{\text{stray}} (dV/dt)$$

Det betyder direkte at hvis en frekvensomformer laver hurtige spændingsændringer (høj dV/dt), så vil man opleve høje forskydningsstrømme. Hvis frekvensomformeren er korrekt jordet, så vil disse strømme gå direkte i jord. Hvis hele bygningen er korrekt potentialudlignet, og bygningens samlede overgangsmodstand til jord er lavere end den samlede modstand oplevet gennem jordkablerne, så vil denne lækstrøm gå gennem inventar og bygningsinfrastruktur i stedet for gennem kablerne.

Kapacitans

Kapacitansen C_{stray} skal opfattes som den effektive kapacitans fra frekvensomformeren mod alt øvrigt jordforbundet.

Dette inkluderer blandt andet følgende parallelle systemer:

- Kapacitansen af motorens vindinger mod motorens ramme
- Kapacitansen af kabler mod omgivelser
- Kapacitansen af pumpesystemet og rørsystemet mod den omgivende struktur og jord.
- Kapacitansen af alle øvrige ledende bygningsdetaljer i omgivelserne

I et staldmiljø vil de to sidstnævnte formentlig dominere.

Eksempelberegning for isoleret pumpesystem

Vi tager udgangspunkt i en typisk 3-faset 400V frekvensomformer:

$$\text{DC bus } V_{\text{dc}} \approx 560 \text{ V}$$

Fælles-mode trin-amplitude ("Common-mode step amplitude") vil da være

$$\Delta V_{\text{CM}} \sim V_{\text{dc}}/2 \approx 280\text{V}$$

Koblingsfrekvensen ("Switching frequency") vil typisk være

$$f_s = 4 \text{ kHz}$$

Flankehastigheden ("Edge rate") vil derfor være

$$dV/dt = 5 \text{ kV}/\mu\text{s} = 5 \times 10^9 \text{ V/s}$$

En typisk kapacitans for en mindre motor og kort kabel (uden rørgometri-effekter) er

$$C_{\text{stray}} = 3 \text{ nF}$$

Vi kan derefter beregne forskydningsstrømmen per flanke

$$I_{\text{pk}} = C_{\text{stray}}(dV/dt) = 3 \times 10^{-9} \cdot 5 \times 10^9 = 15 \text{ A}$$

Dusinvis af ampere fra en enkelt frekvensomformer vil således være fuldstændigt forventeligt.

Hver enkelt puls vil have en tidsmæssig udstrækning på

$$t_r = \Delta V_{\text{CM}}/(dV/dt) = 280 / 5 \times 10^9 = 56\text{ns}$$

Vi kan derefter beregne antallet af flanker per sekund

$$N = 2 \cdot f_s \approx 8000 \text{ s}^{-1}$$

Hvilket igen giver os mulighed for at beregne RMS-værdien

$$I_{\text{rms}} = I_{\text{pk}}\sqrt{(Nt_r)} \approx 15 \cdot \sqrt{(8000 \cdot 56 \times 10^{-9})} \approx 0,32 \text{ A}$$

Med meget konservative estimater giver ovenstående således en strømforurening i størrelsesordenen 0,3A RMS fra en enkelt pumpe, vel og mærke inden vi medtager kapacitansen fra rørgeometrien i udregningen.

En mere realistisk værdi for hele systemet omkring hver pumpe vil være i omegnen af 30nF, hvilket igen vil give udledning på 150 A per flanke og RMS-udledning på 3,2A fra en enkelt pumpe. Dette er i fuld overensstemmelse med praktiske målinger.

Hvis man kan måle den udledte strøm, så giver ovenstående samtidigt mulighed for at beregne den effektive kapacitans:

$$C_{\text{eff}} \approx I_{\text{rms}} / \sqrt{(N \Delta V (dV/dt))}$$

Bemærk at ovenstående beregninger er valide for alle typer af frekvensomformere, inverttere og lignende teknologier, blot ved at vælge repræsentative værdier for det præcise apparat.

Note vedr. Y-kapacitor-baserede RFI/EMI filtre

Normal støjmitigering fra frekvensomformere omfatter RFI/EMC filtre baseret på Y-capacitorer fra fase til jord. Denne strategi mindsker elektrisk støj på faserne, men sender i stedet strømmen direkte til jord.

Dette er uhensigtsmæssigt i en landbrugsinstallation.

Sådanne Y-Kapacitor-baserede filtre indbygget i frekvensomformere kan i næsten fuldstændig grad umuliggøre teknisk mitigering af lækstrømme baseret på de efterfølgende beskrevne metodologier.

I så højt omfang som lovgivningsmæssigt tilladt bør denne type filtre derfor fuldstændig undgås i landbrugsinstallationer, og ved frekvensomformere hvor sådanne er indbygget bør man udskifte til frekvensomformere hvor Y-Kapacitor-baserede filtre kan undgås/frakobles.

Det giver forøgede krav til RFI/EMC-komplians i forhold til støj på faserne, men giver mulighed for drastisk at mindske mængden af strøm ført til jord.

Der findes specielt udviklede "low-leakage" EMC filtre.

Strategier for teknisk mitivering af strømforurening fra frekvensomformere

1) Anvend et reelt udgangsfilter

Common-mode spole på VFD-udgangen (ofte billig og med stor effekt)

Sinusfilter (eller dv/dt-filter hvis pris/plads er begrænsende) umiddelbart efter frekvensomformeren

2) Inddæm de elektriske felter

Skærmet motorkabel til frekvensomformer

360° skærmafbinding ved tavlen og ved motorens kabelindføring (forskruning)

Hold faserledninger + FE fysisk samlet og så korte som muligt

3) Dielektriske afbrydelser

Indsæt dielektriske afbrydelser i rørforbindelser til/fra pumpen.

Installer pumpen/motoren på gummiofhæng, således at den er elektrisk isoleret fra inventar.

4) Kontroller potentialudlignings- og jordingsgeometri

Kort og bred udligningsforbindelse fra motor/pumpe til FE

Undgå "utilsigtede antenner" (lange FE-haler, lange skærmmhaler)

Mål og dokumenter at overgangsmotstand til jord er væsentlig lavere gennem FE end *summen* af andre mulige forbindelser.

Filtermetodologier

Vi skal undgå RFI/EMC Y-kapacitorbaserede filter, mens andre filtertyper vil kunne give reel problemafjælpning. Nedenstående giver et overblik over mulighederne:

1) Udgangsreaktor / common mode spole

- Blot en induktans
- Reducerer flankestejlheden en smule
- Hjælper noget
- Billig

2) dv/dt-filter

- L + noget C
- Reducerer dv/dt, men der er stadig PWM ved motoren
- Godt kompromis
- Mindre end et sinusfilter

3) Sinusfilter

- Fuldt LC lavpasfilter
- Fjerner switching-komponenten næsten helt
- Motoren opfører sig som om den forsynes fra en “blød” analog inverter
- Mest effektiv

Common-mode spole på motorudgangen

En 3-faset common-mode spole placeret ved frekvensomformerens udgang tvinger common-mode strømmen til at “arbejde hårdere” for at løbe ud i kabel- og motorkapacitanser og tilbage via PE/konstruktionen.

Dette er ofte et af de mest omkostningseffektive tiltag, når problemet er jord- eller PE-strøm (ikke kun udstrålet EMI).

Mange “udgangsreaktorer” giver primært differential induktans; der skal vælges en spole, der specifikt er beregnet til common-mode på frekvensomformerens motorledninger.

Installer choke-spolen så tæt ved frekvensomformerens terminaler som fysisk muligt. Placer alle tre faser og FE så tæt sammen fysisk som muligt

dv/dt-filter

dv/dt-filter er et udgangsfilter, der monteres mellem en frekvensomformer og motoren for at begrænse spændingens stighastighed (dv/dt).

I forbindelse med lækstrøm og EMC bruges det primært til at dæmpe de meget hurtige spændingsflanker, som opstår fra omformerens PWM-switching.

En frekvensomformer genererer en PWM-spænding med meget hurtige flanker (ofte flere kV/μs). Det giver:

- Høje dv/dt-værdier
- Kapacitiv lækstrøm gennem motorkabler og motorviklinger
- EMC-støj
- Høj belastning af motorisolering
- Reflekterede spændingsspidser (især ved lange kabler)

Lækstrømmen opstår, fordi hurtige spændingsændringer driver strøm gennem kabel- og motorkapacitanser til jord. Jo højere dv/dt → jo større lækstrøm.

Et dv/dt -filter består typisk af spoler (L) og nogle gange kondensatorer som

- Afrunder PWM-flanker
- Reducerer spændingens stige-hastighed
- Mindsker højfrekvent støj

Resultatet bliver

- Lavere kapacitiv lækstrøm
- Mindre belastning af RCD/HPFI-relæ
- Mindre motorisoleringsstress
- Færre refleksionsspidser
- Bedre EMC

Typisk reduceres dv/dt fra f.eks. 5–10 kV/ μ s ned til omkring 0,5–1 kV/ μ s.

Sinusfilter

Et sinusfilter er et udgangsfilter, der monteres mellem frekvensomformer og motor og omformer PWM-spændingen til en næsten ren sinus-spænding. Hvor et dv/dt -filter kun dæmper flankerne, går sinusfilteret et skridt videre og fjerner næsten hele højfrekvensindholdet.

En frekvensomformer leverer en PWM-spænding med:

- Meget hurtige flanker
- Høj switchingfrekvens
- Højt højfrekvent støjindhold
- Motoren “ser” derfor ikke en ren sinus, men en pulserende spænding.

Det medfører:

- Høje dv/dt -værdier
- Kapacitiv lækstrøm
- EMC-støj
- Ekstra opvarmning i motoren
- Hørbar motorstøj

Et sinusfilter er typisk et LC-lavpasfilter (spoler + kondensatorer), dimensioneret så:

- PWM-frekvensen filtreres væk
- Kun grundfrekvensen (fx 0–50/60 Hz) slipper igennem

Resultatet ved motorens klemmer:

- Næsten perfekt sinusspænding
- Meget lav dv/dt
- Kraftigt reduceret lækstrøm
- Næsten ingen refleksionsspidser
- Minimal EMC-støj

Effekt på lækstrøm:

Når sinusfilteret næsten eliminerer de hurtige flanker, falder:

- Kapacitiv jordstrøm markant
- Belastning af RCD/HPFI-relæ
- Risiko for utilsigtet udkobling

I mange tilfælde reduceres lækstrømmen til et niveau tæt på almindelig netdrift.

Kapitel 4: Teknik

I denne del kan du læse om:

- Måleenheder
- Historisk baggrund
- Den elektromagnetiske bølge
- Pulseringsforhold
- Den elektriske installation
- Beskidt strøm og vagabonderende strøm
- Magnetfelter

Måleenheder

Spænding

Elektrisk spænding, som også kaldes elektrisk potentiale, måles i Volt. Det forkortes V.

Vi kan måle en *spændingsforskel*, når to punkter har forskelligt *elektrisk potentiale*. Spændingen siger intet om, at der løber en strøm mellem de to punkter, kun, at der er en *forskel i elektrisk ladning*. Der er eksempelvis en stor spændingsforskel mellem en person og en tordensky; men det er heldigvis kun meget sjældent, at der rent faktisk løber en strøm mellem personen og tordenskyen (lynedslag).

Strøm

Elektrisk strøm måles i Ampere. Det forkortes A.

Vi kan måle en *strøm*, når der *løber en elektrisk ladning* mellem to punkter – eksempelvis i en elektrisk ledning.

Der løber også en *strøm* i et lynnedslag. Sædvanligvis på adskillige tusinde ampere.

Strøm og spænding

Hvis de to begreber skulle omsættes til en haveslange, så siger spændingen noget om, hvor højt trykket er, mens strømstyrken siger noget om, hvor meget vand, der ledes gennem haveslangen (haveslangens diameter).

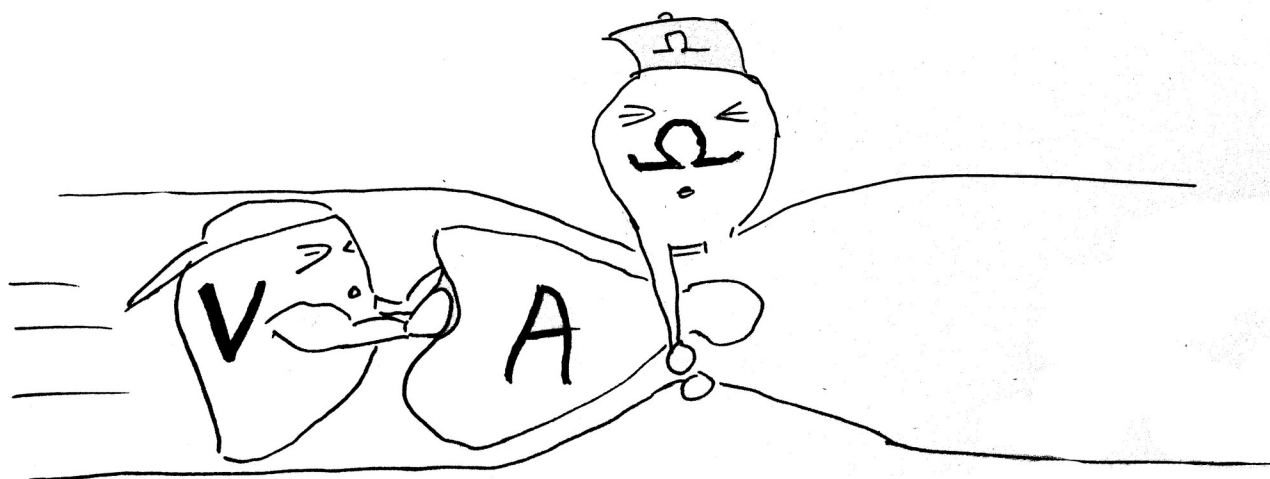
Elektrisk modstand

Nogle ting er mere elektrisk ledende end andre. Den modstand, som den elektriske strøm møder i et materiale, kaldes den elektriske modstand. Den måles i Ohm og forkortes Ω .

Ohms lov

Der er en sammenhæng mellem strøm, spænding og modstand. Denne sammenhæng benævnes Ohms lov. Den lyder: $\text{Spænding} = \text{Strøm} \cdot \text{Modstand}$.

Hvis vi bruger haveslangeforklaringen fra før, så kunne en illustration af Ohms lov se sådan ud:



Spændingen (V, Volt) forsøger at presse så meget som muligt igennem slangen. Strømstyrken (Ampere, A) er symboliseret ved en figur, som skal presses igennem slangen, mens hr. Ohm (elektrisk modstand, Ω) klemmer slangen sammen.

Spændings- eller ladningsforskelle (V) er det, der søger for, at der kan gå en strøm. Strømmen (A) er mængden af ladning som forskydes. Den elektriske modstand (Ω) udøver en modstand mod forskydningen af elektrisk ladning.

Derfor vil man gerne, at spændingen er så høj som muligt i højspændingsledningerne; for så er strømmen tilsvarende lav. Og så bliver tabet i ledningerne ikke så stort.

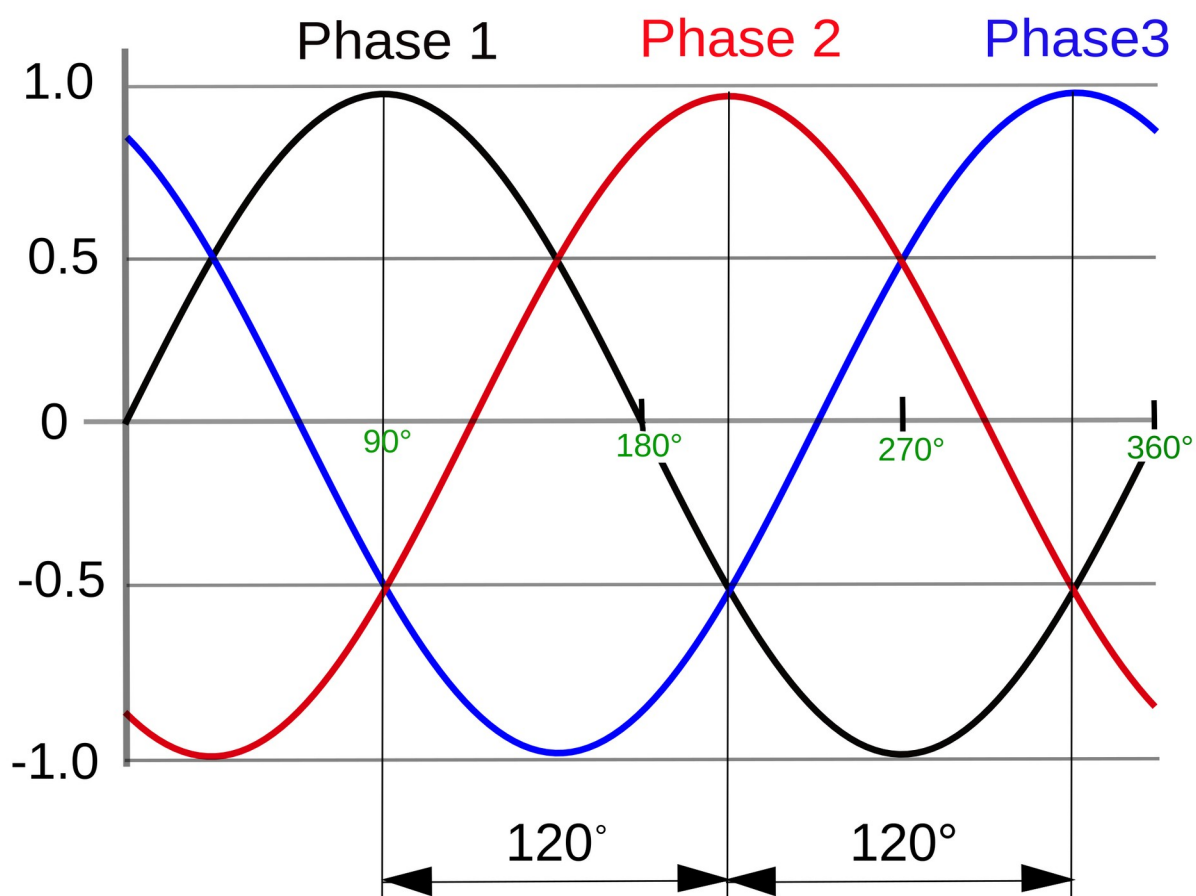
Vekselstrøm og jævnstrøm

Vi skelner mellem *AC* (Alternating Current, *vekselstrøm/vekselspænding*) og *DC* (Direct Current, *jævnstrøm/jævnspænding*).

Jævnspænding eller jævnstrøm forkortes *DC* (Direct Current) og er det, vi har i biler, batterier og lignende. Her er der en plus-pol og en minus-pol. Hvis du har en plus-pol og en minus-pol, er der **ALTID** tale om *DC*.

Vekselspænding, Vekselstrøm eller *AC* finder vi i vores almindelige elforsyning. Og faktisk har vi både 240V og 400V i forsyningsnettet, fordi vi har tre faser.

Grafisk ser det sådan ud:



De tre faser er forskudt med 120 grader. Grunden til, at det er rigtig smart, skal egentligt findes i den måde, simple elektriske motorer er konstrueret. (Illustration fra Wikipedia)

Mellem en fase og nul har vi 240V

Mellem to faser har vi 400V

Vi burde faktisk have tegnet illustrationen endnu mere indviklet, for der er egentligt to sæt kurver for hver fase, nemlig en spændingskurve og en strømcurve.

Hvis man "hiver" (altså bruger strøm) i kurverne, på en måde, der ikke er ensartet, så kommer kurverne til at se forvrængede ud. Det er den forvrængning, som giver anledning til elektrisk støj, beskidt strøm, nulstrømme, lækstrømme og vagabonderende strømme (i den angivne rækkefølge).

Felter

Det *elektriske felt* opstår, når der er en spændingsforskel mellem to punkter. Det måles i Volt pr meter, som forkortes V/m.

Det *magnetiske felt* opstår, når der løber en strøm mellem to punkter. Der er forskellige måleenheder, lidt afhængigt af hvordan man måler magnetfeltet. De fleste bruger måleenheden Tesla (forkortet T). Navnet har intet med bilen at gøre, tværtimod er både navnet på både enheden og bilen afledt af en forsker og opfinder ved navn Nikola Tesla.

Det *elektromagnetiske felt* opstår, når en antenne tilføres en elektrisk strøm. Intensiteten af det elektromagnetiske felt måles i energi pr areal, altså Watt pr kvadratmeter (W/m^2). Det elektromagnetiske felts *frekvens* er antallet af svingninger pr sekund. Elektromagnetiske felter kaldes ofte i dagligdags tale for stråler – eksempelvis lysstråler, røntgenstråler, gammastråler, mikrobølgestråler, etc.

Både elektriske og magnetiske felter kan stamme fra *AC* (Alternating Current, *vekselstrøm/vekselspænding*) eller *DC* (Direct Current, *jævnstrøm/jævnspænding*).

Det *vortexbaserede felt* opstår, når der er en tids/faseforskydning mellem det elektriske og det magnetiske felt. Vi har endnu ikke en alment accepteret enhed for det vortexbaserede felts intensitet.

Frekvens

Frekvensen for en elektromagnetisk bølge udtrykker, hvor mange bølger der passerer pr sekund. Dvs., at både bølgelængde, frekvens og hastighed for den elektromagnetiske bølge relateret ved $v=c/\lambda$ (v = frekvens i Hz; c = lysets hastighed; λ = bølgelængde i m). Samtidigt bestemmer frekvens (og dermed bølgelængde), hvor højt energiniveau den enkelte foton har.

Opsummering af måleenheder og deres forkortelser

Elektrisk spændingsforskel måles i *Volt* (V).

Elektrisk strømstyrke måles i *Ampere* (A).

Elektrisk modstand måles i *Ohm* (Ω)

Intensiteten af et elektrisk felt måles i Volt pr meter (V/m).

For at opnå yderligere underinddeling af målingerne måles ofte i millivolt. En millivolt pr meter (mV/m) er en tusindedel V/m.

Intensiteten af et magnetisk felt måles i Ampere pr meter (A/m), mens den magnetiske fluxtæthed måles i *Tesla* (eller, primært i USA, i *Gauss*). Når vi i dagligdagen måler magnetfelter er det normalt den magnetiske fluxtæthed, vi referer til. En Tesla er en meget stor enhed, så der måles normalt i mikroTesla, hvilket forkortes μT . En mikroTesla er en milliontedel af en Tesla.

Energien overført via et elektromagnetisk felt (effekttæthed, eller energifluxtæthed) måles i Watt pr kvadratmeter (W/m^2).

Målbare eksponeringsparametre

Ud fra ovenstående måleenheder kan vi opliste de vigtigste målparametre for tekniske felters påvirkning af biologiske systemer.

Kontaktspændinger

Kontaktspændinger er situationer hvor forskellige kropsdele af et biologisk system kan berøre inventardele med forskellig elektrisk potentiale.

Teknisk mitigering omfatter først og fremmest konstruktiv fjernelse af kilden til det påtrykte elektriske spændingspotentiale, sekundært potentialudligning.

(Note: Potentialudligning virker kontraproduktivt, hvis det udføres, uden at kilden til den påtrykte potentialeforskel mindskes/neutraliseres)

Kontaktstrømme

Kontaktstrømme er situationer hvor der går en elektrisk strøm gennem et biologisk system. Dette behøver ikke omfatte situationer med udefrakommende kontaktspændinger, strømmen kan være genereret som forskydningsstrømme ved at det biologiske system står i kapacitiv forbindelse til omgivelserne.

Kontaktstrømme mindskes først og fremmest ved at sikre at der ikke går en strøm gennem bygningsdetaljer, sekundært ved at sikre at der ikke findes nærliggende felter som kan forårsage forskydningsstrømme.

Forskydningsstrømme

Forskydningsstrømme opstår når et system med en given kapacitans mod jord udsættes for et tidsvarierende elektrisk felt. Strømmens omfang stiger med det elektriske felts variationsfrekvens, hvorfor de høje PWM-pulser fra frekvensomformere giver betydeligt højere forskydningsstrømme end standard 50Hz-systemer. For at kvantificere det elektriske

felts variationsfrekvens, og derved dets mulighed for at producere forskydningsstrømme, kan vi måle dV/dt , som er ændringsraten af et elektrisk felt. Ændringsraten af ændringsraten, d^2V/dt^2 giver yderligere information. Ændringsraten måles i V/s, mens ændringsraten af ændringsraten måles i V/s^2

Forskydningsstrømme mindskes ved at undgå systemer med høj elektrisk variationsfrekvens.

Magnetfelter

Magnetfelter forekommer overalt hvor der findes en tidsvarierende strøm. Magnetfelter fra kabler kan ikke undgås, men optimal kabelgeometri kan mindske magnetfelter drastisk. Magnetfelter fra vagabonderende strømme i inventaret mindskes ved at mindske de vagabonderende strømme som forårsager disse magnetfelter.

Elektriske felter

Elektriske felter forekommer overalt hvor der findes elektriske potentialeforskelle. Elektriske felter kan ikke undgås i en bygning hvor der findes elektriske installationer, men med korrekt kabelgeometri og korrekt jordingstopologi/geometri kan felterne mindskes til et niveau hvor de ikke bør have biologiske effekter.

Elektromagnetiske felter

Elektromagnetiske felter er kombinationen af et elektrisk og et magnetisk felt, som eksempelvis når elektrisk støj udsendes som luftbåren HF fra impedansdiskontinuiteter i ledningsforbindelser eller potentialudligning.

Elektromagnetiske felter i kontekst af landbrugsinstallationer mindskes hovedsageligt ved at mindske produktion af elektrisk støj.

Felter med helikal topologi

Elektromagnetiske felter kan have forskellig polarisering og topologi. Der er begyndende evidens for at felter med helikal topologi ("vortexfelter") kan have betydeligt højere biologisk påvirkningspotentiale end selve feltets amplitude kan forudsige. Vi kan, uden specielle måleapparater, vurdere helicitetskomponenten (A) i et elektrisk felt, ved at måle/beregne $A = \max|dV/dt| / \Delta V_{pp}$.

Høj A betyder meget korte overgangstider, hvilket samtidigt indikerer højt niveau af højfrekvent energi. Idet vi samtidigt ved at der, ved alle frekvensomformere og lignende

inverterteknologier, altid vil være en faseforskydning mellem spændingskurven og strømkurven, vil A kunne anvendes som proxy-indikator for feltets helicitet.

Felter med helikal topologi kan i nogle tilfælde "neutraliseres" eller "udfoldes" ved hjælp af specielle feltmodificerende geometrier.

Historisk baggrund

I størsteparten af menneskehedens historie har man kun kendt til en ganske smal del af det elektromagnetiske spektrum, nemlig det synlige lys mellem $\sim 400\text{nm}$ og $\sim 700\text{nm}$.

Udforskningen af de elektromagnetiske bølger startede med eksperimenter i antikkens Grækenland, hvor fænomener som refleksion og refraktion var genstand for begyndende udforskning.

Først i 1800 opdagede man, at det elektromagnetiske spektrum indeholdt mere end synligt lys. William Herschel undersøgte temperaturen på forskellige af lysets farver og opdagede derved, at det varmeste punkt var umiddelbart uden for den røde farve - og fandt, hvad vi i dag betegner som infrarød stråling. Johan Ritter gjorde en tilsvarende opdagelse i den anden ende af det visuelle spektrum, hvorved han påviste de ultraviolette stråler.

På daværende tidspunkt blev lyset dog ikke koblet til elektromagnetiske fænomener - først i 1845 opdagede Michael Faraday, at magnetiske felter kan påvirke lysets polarisering (Faraday-effekten), og herefter gik der ikke lang tid, før James Maxwell i 1865 offentliggjorde sine berømte fire grundligninger for det elektromagnetiske felt. Ligningerne gav basis for, at Maxwell konkluderede, at lyset i sig selv er en elektromagnetisk bølge.

I et forsøg på at bevise Maxwells ligninger byggede Heinrich Hertz i 1886 et apparat til at udsende og opfange elektromagnetiske bølger i det spektrum, vi i dag forstår som radiobølger. Han påviste, at disse bølger udbredte sig med lysets hastighed og lagde i sine eksperimenter grundlaget for senere opfindelser som radio, tv og lignende.

Den anden ende af spektret blev udvidet i 1895, da Wilhelm Röntgen opdagede elektromagnetiske stråler, der kunne trænge gennem mennesker. Hans oprindelige betegnelse for disse stråler var x-rays, hvilket stadig bruges i mange engelsktalende lande. Herhjemme kaldes strålingen ofte for Röntgen-stråler.

Udvidelsen af den energirige del af spektret blev fuldført i 1900, da Paul Villard opdagede stråler med langt større penetrationsevne end Röntgen-strålerne. Det var dog først i 1910, at William Henry Bragg kunne påvise, at disse stråler rent faktisk var en del af det elektromagnetiske spektrum - og det var først i 1914, at Ernest Rutherford og Edward Andrade målte gamma-strålernes bølgelængde og frekvens.

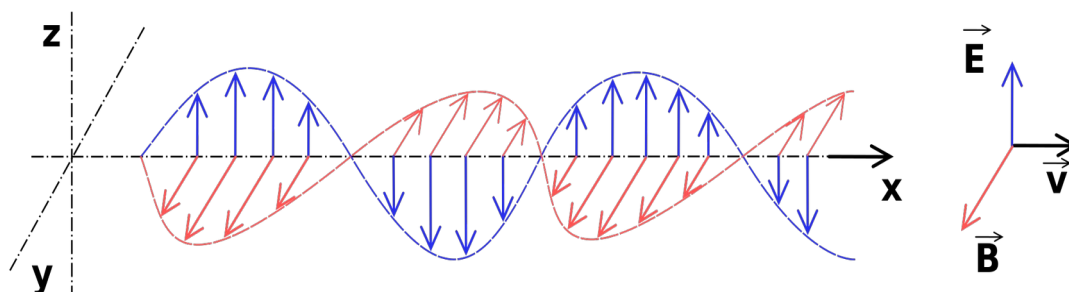
For den lavere del af det elektromagnetiske spektrum karakteriseres strålingen nemmest ved dens frekvens. Frekvensen er et mål for, hvor mange bølger der passerer pr sekund, hvorfor frekvensen står i direkte forhold til bølgelængden. Frekvensen udtrykker samtidig,

hvor energirig strålingen er - desto højere frekvens, desto højere energi findes der i hver enkelt lyspartikel (foton).

Mikrobølgerne, generelt forstået som området mellem 300 MHz (0,3 GHz) og 300 GHz, har ikke fotonenergi nok til at bryde molekylebindinger direkte, hvorfor strålingen ofte betegnes som ikke-ioniserende stråling.

Den elektromagnetiske bølge

Elektromagnetiske bølger består - som navnet antyder - af både elektriske og magnetiske komponenter. De elektriske og magnetiske komponenter står vinkelret på hinanden - og begge står igen vinkelret på udbredelsesretningen. Grafisk kan det vises således:



Tredimensionel struktur for en elektromagnetisk bølge i Far-field regionen. X, Y, Z refererer til et traditionelt tre-dimensionelt koordinatsystem. \vec{E} betegner den elektriske feltvektor og \vec{B} betegner den magnetiske feltvektor. Udbredelsesretningen sker langs x-aksen, betegnet med \vec{v} , symbolet for frekvens. Illustration: Wikipedia / Emmanuel Boutet - GFDL

På lidt mere præcist fysisk sprog kan et elektromagnetisk felt således anskues som produktet af to vektorer, nemlig den magnetiske feltvektor og den elektriske feltvektor, hvis interaktioner kan udregnes efter Maxwells ligninger. Det samlede elektromagnetiske felt benævnes ofte Poynting-vektoren efter ophavsmanden til udregningsmetoden, John Henry Poynting. Poynting-vektoren udtrykker egentlig raten af energioverførsel pr arealenhed – hvilket vi på normalt dansk ofte kalder *effektætheden*. Effektætheden giver altså et mål for, hvor megen energi det elektromagnetiske felt er i stand til at overføre pr arealenhed. Det engelske begreb er ”Power Flux Density”. Der måles altid i watt pr kvadratmeter som grundenhed.

Afstandskvadratloven

Alle elektromagnetiske felter aftager med kvadratet på afstanden. Dvs, at afstand er meget vigtigt ved eksponeringsmindskning.

Hvor langt er vi fra antennen? - Near Field og Far Field

Sammenhængen mellem det elektriske og det magnetiske felt gælder kun, når man er langt væk fra antennen - det såkaldte far-field. Løst regnet starter far-field, når man er mere end to bølgelængder væk fra antennen. I far-field regenererer de to felter kontinuerligt hinanden og kan således anses for sammenkoblede til een elektromagnetisk bølge.

I near-field, altså området tæt på antennen, gælder samme kobling ikke mellem det elektriske og det magnetiske felt. Her kan et af felterne dominere det andet, og samtidigt kan der opstå kapacitive koblinger mellem senderen og et modtagende objekt i near field. En absorption af energi i near-field påvirker direkte belastningen på senderen. Ved modtagelse af radiosignaler i far-field påvirkes belastningen på senderen derimod ikke ved modtagelse af signalet.

Kendskab til near-field og far-field meget vigtigt. Hvis man vil skærme mod en elektromagnetisk bølge, er det meget vanskeligt at gøre det i near-field (altså under to bølgelængder fra antennen), idet det magnetiske felt vil fortsætte uhindret. Er man derimod mere end to bølgelængder fra senderen, vil et Faradaybur bremse hele det elektromagnetiske felt, idet den magnetiske feltkomponent kollapser, når den elektriske feltkomponent fjernes.

Faraday-buret

Michael Faraday opdagede i 1836, at et indelukke opbygget af elektrisk ledende materialer skærmer mod et eksternt elektrisk eller elektromagnetisk felt. Det er denne effekt, der anvendes ved skærmende maling, skærmende tøj, og øvrige skærmende produkter. Faraday-buret skærmer kun mod elektriske felter – ikke mod magnetiske.

Hvis man er langt nok væk fra antennen til at være i far-field, skærmer Faraday-buret også mod elektromagnetiske felter. Det skyldes, at Faraday-buret fjerner den elektriske feltkomponent fra det elektromagnetiske felt, hvorefter det magnetiske felt kollapser. I near-field (tæt på antennen) er den elektriske og den magnetiske del af det elektriske felt ikke på samme måde afhængige af hinanden, hvorfor Faraday-bure ikke virker særlig godt i near-field, idet det magnetiske felt går lige gennem.

Sammenhæng mellem felttyperne

I far-field kan man omregne mellem de fleste af ovenstående enheder. I fysisk sprogbrug hedder det, at det elektriske felt og det magnetiske felt er relateret til hinanden via impedansen i vakuum. På min hjemmeside, www.horsevad.net findes der omregningsmuligheder mellem alle ovenstående enheder.

Pulseringsforhold

Når man arbejder med bølger og bølgeformer, er det væsentligt at adskille de to former for målinger, nemlig hvor man måler bølgens højeste punkt (peak), og hvor man måler en slags gennemsnit af bølgen (RMS). Man bruger de to slags målinger både i forbindelse med målinger af elektriske spændinger og strømme – og til måling af elektromagnetiske felter som eksempelvis mikrobølger.

Jeg har valgt at lave eksemplerne i dette afsnit på baggrund af målinger af mikrobølger fra mobiltelefoner – fordi alle kender mobiltelefoner. Og de fleste har nok også hørt, hvordan pulseringen fra gamle mobiltelefoner kunne høres i radioen. Men ideen med RMS og Peak er den samme, når vi måler elektriske spændinger eller magnetiske felter i stalden.

Den almindelige måde at finde et gennemsnit på er at lægge tallene sammen for derefter at dividere med antallet af tal. Man kan gøre noget lignende ved en bølgefunktion, hvor man udmåler arealet under kurven og dividerer med bredden af det pågældende kurveudsnit.

Pågældende måde at lave et gennemsnit af en kurve på er ikke særlig meget anvendt, selv om metoden godt kan give mening i visse tilfælde. En af grundene til, at denne metode ikke er særligt udbredt, er, at den giver et underligt resultat, når man anvender den på en AC-kurve, hvor halvdelen af kurven jo ligger under 0. Gennemsnittet for en sådan AC-kurve vil således give 0, hvilket måske nok er matematisk sandt, men ikke kan bruges til ret meget.

I stedet for en simpel gennemsnitsmåling anvender man derfor en måling kaldet RMS (Root-Mean-Square), som i matematisk henseende svarer til at udføre følgende procedure:

1. Tegn (eller beregn) en kurve, der er kvadrateret på den første kurve. At kvadrere noget vil sige at sætte det i anden.
2. Dernæst udregn arealet under kurven og divider det med bredden af det ønskede kurveudsnit.
3. Hvorefter man tager kvadratroden af det fremkomne tal

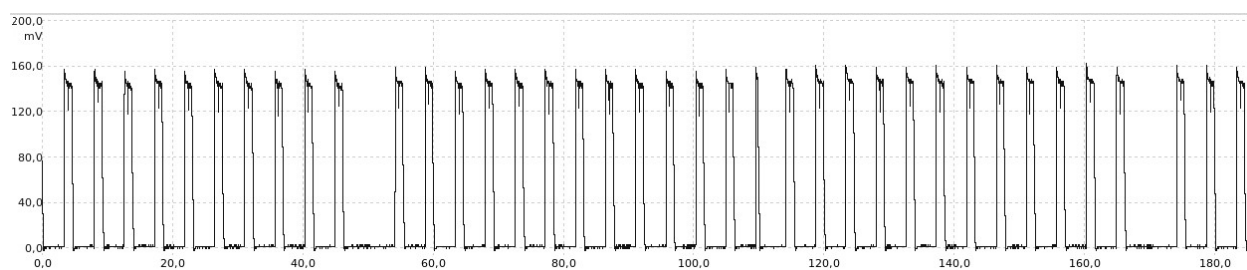
RMS er således igen relateret til arealet under kurven; men man kan med lige så god ret sige, at det er en form for udregning af standardafvigelsen af en række tal. For en sinuskurve er RMS altid 0,707 gange amplituden (bølgehøjden).

RMS-værdien er i virkeligheden meget anvendelig i forhold til almindelige elektriske udregninger. Man kan således opfatte RMS-værdien af en AC-elektrisk spænding som den

tilsvarende værdi, hvis et tilsvarende arbejde skulle udføres af en DC-spænding. Dette betyder (heldigvis, for ellers ville AC-udregninger blive langhårede), at når vi bruger RMS-værdien, kan vi meningsfyldt anvende de velkendte formler fra DC-verdenen til at udregne AC, nemlig Ohms lov.

RMS-værdien er således den værdi, der normalt opgives, når man omtaler AC-spænding. Eksempelvis vil vores normale 240 volt lysnet have en peak-værdi på omkring 320V. Man kan således umiddelbart se, at der er en vis forskel på de to målinger.

I figuren nedenfor findes et signalstrukturplot over strukturen i et GSM telefonopkald. Plottet er dannet ud fra et simpelt detektorkredsløb (baseret på en mikrobølgediode) koblet til et digitalt oscilloskop. Herved kan de enkelte pulser i transmissionen enkelt overskues:



Signalstrukturplot for en GSM-forbindelse. Pulsinterval 4,62ms, pulsvarighed: 0,57ms.

Disse pulseringsformer giver to distinkte ELF (Extremely Low Frequency)-komponenter i GSM-signalet, nemlig en på 8,33Hz, idet hvert 26. signalpuls udelades og en på 217Hz, idet telefonen sender hvert 4,6ms med varighed af 0,57ms. Sådanne ELF-komponentfrekvenser er af stor væsentlighed i forbindelse med biologisk påvirkningspotentiale

På strukturplottet er det umiddelbart indlysende, at der er stor forskel på signalets RMS-værdi og signalets peak-værdier. Det er RMS-værdien, der benyttes i alle offentlige målinger i forbindelse med tilladelser og grænseværdier, men det er bølgetoppene som er væsentlige i forbindelse med biologisk påvirkningspotentiale.

Den elektriske installation

Trefaset vekselstrøm

En normal elektrisk installation i Danmark er opbygget på grundlag af trefaset vekselstrøm. Målt mellem faserne er der nominelt 400V AC, og målt mellem fase og nul er der nominelt 240V AC.

Elforsyningen sker fra en transformer, hvor nullen (stjernerpointet på sekundærviklingen) er koblet direkte til jord via systemer af store jordspyd eller nedgravede metalplader. Hos forbrugeren findes der tilsvarende jording via almindelige jordspyd.

Forsyningskablet til den enkelte husstand indeholder således fire ledere, nemlig de tre faser (kaldet L_1 , L_2 og L_3) samt nullederen.

I princippet kunne man nøjes med ovenstående; men idet man ønsker et så sikkert el-system som muligt, komplementeres installationen med en jordforbindelse.

Der findes forskellige måder at udnytte jordens ledningsevne i elektrisk infrastruktur. Hensigten med jordforbindelsen er at sikre sig, at beskyttelsessystemer kan slå fra, hvis der sker en fejl, hvor der føres strøm til jord, således at en uheldig person beskyttes mod et livsfarligt elektrisk stød.

Overgangsmodstand til jord

I installationsmæssig henseende er kvaliteten af jordforbindelsen meget vigtig.

Installationsteknisk er en god jordforbindelse en forudsætning for, at HPFI-relæet kan virke. I elektriker-terminologi måles kvaliteten af jordforbindelsen med noget, man kalder "overgangsmodstand til jord".

En enkel måde at orientere sig om, at jorden faktisk er elektrisk ledende, er at banke et midlertidigt jordspyd ned nogle meter fra det jordspyd, der hører til ens installation og derefter måle modstanden mellem disse to jordspyd. Hvis de anvendte jordspyd er af ens længde (og af samme materiale), vil overgangsmodstanden på ens jordspyd være det halve af den målte værdi.

Elektrikerne bruger dog en mere grundig metode foretaget med et specielt apparat, således at man er sikker på, at jordforbindelsen er god nok, ($<1666\text{Ohm}$ ved 30mA HPFI og 50V berøringsspænding) til at HPFI-relæet virker i en uheldssituation.

Rent teknisk findes en tredje måde, hvormed man kan måle overgangsmodstanden til jord med et multimeter, nemlig ved at slukke for HPFI-relæet og derefter måle modstanden mellem jordforbindelse og nullen - på værkets side af HPFI-relæet.

(Mål evt først, om der er potentialeforskel mellem de to punkter - en modstandsmåling mellem to punkter, der har forskelligt AC eller DC-potentiale, giver ikke validt resultat).

Der er dog grund til stor forsigtighed her (idet der er fuld forsyningspænding på værkets side af HPFI-relæet - også selv om relæet er slukket), hvorfor lovgivningen faktisk også kræver, at arbejde og målinger på den faste installation kun foretages af uddannede elektrikere. Hvis en person berører to af faserne med en ledede genstand, vil der trækkes en lysbue (som svarer til en mindre eksplosion), og alene UV-strålingen fra lysbuen vil være rigeligt til at forårsage alvorlige forbrændinger og permanente øjenskader - og de udslyngede smeltede kobberdele kan forårsage væsentlige skader på øjne og ansigt.

Jordingsssystemer

TT-System

”T” står for ”Terra”, altså ”Jord” på latin. Derfor betyder et TT-system, at der er jordforbindelse både ved transformeren og ved forbrugeren. Det er det normale system, som de fleste kender fra almindelige husstande og de allerfleste gårde.

TN-systemer

TN-systemer er det man populært kalder ”nulling”. Det bruges mest til store industriløsninger. Der er flere forskellige versioner:

- TN-S: Her er der både en nul-leder og en jord-leder med hele vejen fra transformeren. Det er dyrt i kobber, men giver et system, der ofte er langt mere robust over for fremmede strømstriber, end de andre jordingsystemer er.
- TN-C: Det er en sjældent anvendt form for nulling i Danmark, hvor nul og jord er kombineret i hele installationen.
- TN-C-S: Den klassiske form for ”nulling”, som, bruges meget i industrien. Nul og jord er kombineret ind til første fordelingstavle, hvorefter de splittes ud i nul og jord.

IT-system: IT-systemer er ikke rigtigt relevante i forhold til gårde og staldbygninger. De bruges i situationer, hvor en installation skal være uhyre driftsstabil (eksempelvis på hospitaler). Det betyder, at systemet kan tolerere en enkelt fejl og først kobler ud ved nr to fejl. IT-systemer kræver meget omhyggelig og grundig potentialudligning.

Beskidt strøm og vagabonderende strøm

Vi lever med vores forfædres fejl

Vores nuværende elektriske infrastruktur blev udtænkt på et tidspunkt, hvor næsten alle elektriske forbrugsgenstande optog strøm ohmsk – dvs en rent lineær belastning, hvor strømoptaget er relativt konstant over tid.

Vores moderne elektroniske apparater optager dog ofte strøm på en anden måde, nemlig ved pulsoptag. Dette kan give problemer ved skævvridning af strømkurver – ofte kaldet beskidt strøm.

Vores nuværende infrastruktur, baseret på sikkerhed mod akut elektrisk stød via omfattende jordforbindelser, er således slet ikke gearret til den type apparater, som man benytter sig af i dag – både i privatboliger og i landbrug. Bemærk, at dette ikke er en kontroversiel udmelding – alle, der arbejder med elektriske systemer, er klar over det. Problemet er bare, at hele el-nettet er bygget op på denne måde, og at der ikke rigtig er nogen, som har overblik over, hvordan man skulle kunne ændre noget.

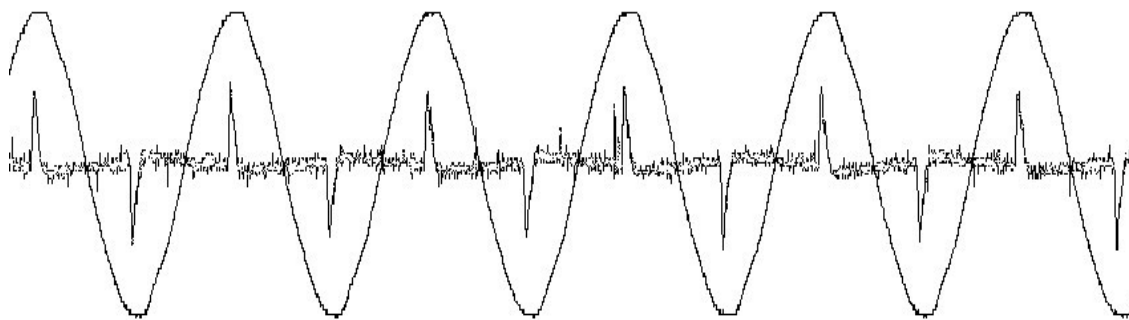
Husk lige på at nuværende el-net aldrig nogensinde har været kold-startet. Hvis en magnetisk solstorm eller et terroristangreb skulle lægge hele vores el-net ned, er der ikke rigtigt nogen i dag, som helt præcist ved, hvordan vi skulle starte det igen.

Beskidt strøm / ”Dirty Electricity”

Det korrekte fagterminologiske begreb for ”dirty electricity” er ”overharmoniske svingninger”, men det er egentligt sjældent, at udtrykket anvendes regelmæssigt – hverken blandt lægfolk eller elektrikere. Ofte omtales problemet blot som støj – eller ved nogle af symptomerne, nemlig faseforskydninger og strøm i nullederen.

I en optimal installation er både spændings- og strømkurver perfekte sinuskurver; men forvrængninger derfra (forårsaget af belastningsmæssig ubalance eller non-lineære belastninger - eksempelvis fra switch-mode strømforsyninger) kan optræde både på spændingskurven og på strømkurven - og give anledning til de overharmoniske svingninger.

Overharmoniske svingninger (strømme, spændinger) kan opstå, hvis der tilsluttes ikke-lineære belastninger til et elsystem. Den ikke-lineære belastning er karakteriseret ved et ikke-sinusformet strømoptag. Et sådant strømoptag ses ofte ved moderne switched-mode strømforsyninger, lysstofrørinstallationer, kommunikations- og underholdningselektronik, serversystemer, etc.



Pulsoptag af strøm fra en switched-mode transformator. Sinuskurven viser den normale strømkurve og de skarpe pulser viser det pulsbaseede strømoftag.

Modsætningen til de ikke-lineære belastninger er selvfølgelig de lineære. Disse er eksempelvis glødepærer, varmelegemer og visse el-motorer. Her sker strømoftaget i en kurve, som følger spændingskurven, omend strømoftagskurven for visse elmotorer vil være forskudt.

Med ulineære belastninger fremkommer således overharmoniske strømme. De overharmoniske spændinger opstår som en følge af de overharmoniske strømme, idet en strøm, der løber gennem en modstand, (som ved AC betegnes impedans), vil forårsage et spændingsfald. Hvis strømoftaget er pulsbaseeret vil spændingsfaldet derved også blive pulsbaseeret, hvorved forsyningsspændingens sinusform kan forvrides ganske væsentligt.

I en optimal installation burde der kun gå strøm i tre af kablets ledere (faserne: L_1 , L_2 , L_3); men ved en uens/usymmetrisk belastning er der strøm i nullederen. De tre faser er forskudt 120 grader, så det er især tredje overharmoniske, der giver problemer, idet denne opsummeres i nul-lederen. I en større trefaset computerinstallation kan nulstrømmen i ekstreme tilfælde være højere end belastningen i faserne.

Sådanne situationer er uhensigtsmæssige, idet de samtidigt kan forårsage væsentlige forstyrrelser på tekniske systemer, ligesom nulstrømmen vil give anledning til vagabonderende strømme. .

På et simpelt niveau kan man påvise "dirty electricity" vha en almindelig radio, der kan tage AM-båndet. Radioen indstilles således, at den ikke modtager nogen station - man hører kun støj. Hvis støjen stiger, når radioen bevæges hen mod et elektrisk kabel, har man herved påvist forekomsten af overharmoniske svingninger i pågældende kabel; men radio-metoden kan ikke bruges til at måle, hvor højt niveauet af beskidt strøm er.

"Dirty electricity" er frekvensmæssigt ret bredspektret - jeg har i enkelte tilfælde kunne verificere frekvenser over 30Mhz på oscilloskopet.

Man kan - ved anvendelse af simple elektroniske komponenter - konstruere "filtre", der kan mindske mængden af overharmoniske svingninger. Konstruktionen er ganske simpel; men de kan også købes færdige - man skal dog blot være opmærksom på, at sådanne filtre i sig selv danner betydelige elektromagnetiske felter. De bør derfor placeres under hensyntagen til størst mulig afstand til opholdssteder, og samtidigt bør løsninger, der fjerner problemet mere konstruktivt, foretrækkes.

Hvis man vil bortlede "dirty electricity" via jordforbindelsen, kræves en ganske god jordforbindelse (= meget lav overgangsmodstand til jord). I professionel henseende (opbygning af transientbeskyttelser til serverrum og lignende) stiles ofte efter mindre end 2 ohms overgangsmodstand; men et så lavt niveau kræver ofte rigtig mange jordspyd. Og her optræder igen dilemmaet nævnt i bogens indledning. Desto bedre du gør din jordforbindelse, desto højere grad vil din installation virke som antenne for udefrakommende strømstriber.

For at bortlede lækstrømme, beskidt strøm, nulstrømme og lignende fra egen installation kræves en jordforbindelse, der er så god som muligt.

Men desto bedre jordforbindelse, desto kraftigere virker installationen som en modtagende antenne for udefrakommende strømstriber.

Dette er dilemmaet – som reelt kun kan løses gennem kombination af god installationspraksis og opsætning af Field Sentry neutraliseringsenheder.

Beskidt strøm giver også anledning til vagabonderende strømme, hvis installationen tillader den opståede nulstrøm at løbe udenom forsyningskablet.

Ved uens belastning af et trefaset kabel vil der opstå en returstrøm i nul-lederen, og idet stjernepunktet på transformeren (nullen) er forbundet til jord, vil der - i tilfælde, hvor nulforbindelsen i en installation er beskadiget - således kunne dannes betydelige strømme i jord eller jordforbundne ledende materialer.

Magnetfelter

I alle tilfælde, hvor der løber en strøm gennem en leder, vil der dannes et magnetfelt omkring lederen.

Størrelsen af magnetfeltet og udbredelsen af magnetfeltet er afhængig af den ledte strøm og kablets udformning.

I modsætning til elektromagnetiske felter – som altid aftager med kvadratet på afstanden – er afstandsafhængigheden for det magnetiske felt nemlig afhængig af felttypen:

<u>Felttype:</u>	<u>Eksempel:</u>	<u>Afstandsfhængighed:</u>
Lineært	Lang lige leder	$1/r$
Eliptisk	Trefaset ledningsføring	$1/r^2$
Dipolt	Apparater, transformere	$1/r^3$

Det her kan være lidt komplekst at forstå; men det er ret vigtigt.

Hvis du har en trefaset elektrisk leder, hvor belastningen på de tre ledere er perfekt balanceret, så vil magnetfeltet derfra ikke være særlig stort. Heller ikke selv om strømtransporten gennem kablet er stort. Det skyldes, at faserne er forskudte 120 grader fra hinanden, og der således altid er en bølgetop samtidigt med en bølgedal. Magnetfeltet kaldes eliptisk og aftager med kvadratet på afstanden. Dvs., at på 10 meters afstand er feltet kun $1/100$ af, hvad der måles ved feltets kilde.

Men hvis kablet belastes asymmetrisk, således at nogle af lederne skal bære mere strøm end de andre, så er magnetfeltet ikke længere eliptisk. Så bliver magnetfeltet i stedet lineært, og det betyder at intensiteten kun aftaler lineært med afstanden. Så på 10 meters afstand vil feltet kun være $1/10$ af hvad der måles ved feltets kilde.

Ovenstående gælder ikke kun ved kablerne. Det gælder også, hvis der går vagabonderende strømme gennem staldinventar, foderrør, vandledninger, tagrender, tremmegulve, etc.

Alle steder, hvor der går en strøm, vil være omgivet af magnetfelter.

En god afbalancering af faserne er derfor særdeles hensigtsmæssigt. Både i den store elektriske infrastruktur ude i landet, men også i installationen i stalden.

Det er, i praksis, næsten umuligt at skærme mod magnetfelter, så disse skal fjernes og mindskes via en ordentlig installationspraksis.

Der findes noget specielt metalfolie, kaldet Mu-metal, som kan give en effektiv skærmning; men det er så dyrt, at det nok vil være billigere at bygge et nyt hus et andet sted. Mu-metallet virker på den måde, at det er meget ledende for magnetfelter – og derved tilbyder magnetfeltet en lettere vej end gennem luften.

Der findes en anden skærmningsstrategi, nemlig at trække energi ud af det magnetiske felt gennem hvirvelstrømdannelse i et elektrisk ledende materiale. Her bruges ofte jernplader. Der skal dog flere lag jernplader – af en vis tykkelse – til for at reducere et magnetfelt væsentligt på den måde.

Ved epidemiologiske undersøgelser ses der en fordobling¹ af børneleukemi-risikoen allerede ved 0,3-0,4 μT , hvilket må være ret skræmmende viden for mennesker, der bor tæt på en højspændingsledning, idet grænseværdien pt er på 100 μT .

¹ Blank M, Goodman R. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. Int J Radiat Biol. 2011 Apr;87(4):409-15.

Kapitel 5: Evidensoversigt

For bioreaktivitet fra elektriske, magnetiske og elektromagnetiske felter

I denne del kan du læse om:

- Evidensoversigt for skadevirkninger fra vagabonderende strømme
- Evidensoversigt for skadevirkninger fra magnetfeltspåvirkning
- Oversigt over biologiske påvirkningsmekanismer
- Evidens for skadevirkninger fra elektromagnetiske felter

Evidensoversigt for skadevirkninger fra vagabonderende strøm

Hovedparten af returstrømmen løber gennem jorden^{2 3 4}

Jordingssystemerne bevirker, at 65% til 75% af den samlede returstrøm returnerer til transformestationer gennem jorden i stedet for gennem kabler og ledninger.

Adfærdsproblemer hos husdyr⁵

Selv meget små magnetfelter kan medføre betydelig negativ bioreaktivitet. Nedre grænse for empirisk registrering af adfærdsproblemer relateret til vagabonderende strømme ligger i området 0,5-2mA.

Afhjælpning af vagabonderende strømme giver ydelsesforbedring⁶

Afhjælpning af vagabonderende strømme kan indebære drastiske helbredsmæssige forbedringer i landbrugsmæssig regi. Der er registreret ydelsesforøgning på 20-30% for malkekvæg i amerikanske forsøg.

Kontaktstrømme og kræft⁷

Kontaktstrømme helt ned til 18uA kan statistisk korreleres til øget kræftforekomst hos mennesker

Kontaktstrømme og øvrige helbredseffekter^{8 9}

Kontaktstrømme ned til 50uA er tilstrækkeligt til at give negative helbredseffekter

Afhjælpning via modsatrettede strømme¹⁰

I USA har der været forsøg med at afhjælpe jordbårne DC-potentialer via modsatrettede strømme

2 Gonen, Turan. 1986. Electric Power Distribution System Engineering. Hightown, NY: McGraw Hill

3 Morrison, C. 1963. "A Linear Approach to the Problem of Planning New Feed Through Points Into a Distribution System." AIEE Trans. III. (PAS) Dec. 1963 p 819-832

4 Hendrickson, R.C., Mike Michaud and Alvin Bierbaum. 1995. Survey to Determine the Age and Condition of Electric Distribution Facilities in Minnesota: Report 1: Analysis of Overhead Distribution Feeder Testing Data. Minnesota Public Utilities Commission. May 18, 1995

5 Lefcourt, A.M., ed. 1991. Effects of Electrical Voltage/Current on Farm Animals: How to Detect and Remedy Problems. USDA. Agricultural Handbook No. 696.

6 Lefcourt, A.M., ed. 1991. Effects of Electrical Voltage/Current on Farm Animals: How to Detect and Remedy Problems. USDA. Agricultural Handbook No. 696.

7 Kavet, R., Zaffanella, L.E., Daigle, J.P. and Ebi, K.L. 2000. The possible role of contact current in cancer risk associated with residential magnetic fields. Bioelectromagnetics, 21: 538-553.

8 Minnesota Public Utilities Commission (MNPUC). 1998. Final Report of the Science Advisors to the Minnesota Public Utilities Commission. MNPUC, St. Paul, MN. July 31, 1998.

9 Polk, Charles and Elliot Postow, Editors, 1986. CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields, 2 nd edition. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL.

10 Dahlberg, Duane and Laurence Falk. 1995. Electromagnetics Ecology: Stray Voltage in the Dairy Industry. The Electromagnetics Research Foundation, Inc. January 1995

Exogen og endogen DC¹¹

Exogen DC medierer ændringer i endogen DC med deraf følgende potentiale for systemisk helbredspåvirkning (Nordenstrom 1983).

Ækvipotential udligning¹²

Ækvipotential udligning risikerer betydelig forværring af problemer. Afbrydelse af jordforb kan hjælpe.

Ækvipotential udligning og ydelse¹³

Ækvipotential udligning kan ikke korreleres til ydelsesforbedring i landbrugsmæssigt husdyrhold

11 Nordenstrom, Bjorn. 1983. "Biological Closed Electric Circuits: Clinical, Experimental, and Theoretical Evidence for an Additional Circulatory System." Stockholm: Nordenstrom

12 Dahlberg, Duane and Laurence Falk. 1995. Electromagnetics Ecology: Stray Voltage in the Dairy Industry. The Electromagnetics Research Foundation, Inc. January 1995

13 Relnes, Richard S., et al. 1998. "Putting Stray Voltage in Perspective: The Wisconsin Experience Revisited." Presentation at the International Meeting sponsored by THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, July 12-26, 1998, Orlando, Florida.

Evidens for skadevirkninger fra magnetfeltspåvirkning

Lavfrekvente felter er 2B carcinogene¹⁴

I 2002 blev lavfrekvente elektriske / magnetiske / elektromagnetiske felter kategoriseret som 2B carcinogene (IARC, 2002). Klassifikationen blev hovedsageligt foretaget på baggrund af epidemiologiske undersøgelser, der påviste en fordobling af antallet af børneleukæmi-tilfælde ved antropogene magnetfelter med en fluxtæthed over 0,3 - 0,4 uT (IARC, 2002).

Blank & Goodman, 2011¹⁵:

Ved epidemiologiske undersøgelser ses der en fordobling af børneleukæmi-risikoen allerede ved 0,3-0,4 μT , hvilket må være ret skræmmende for mennesker, der bor tæt på en højspændingsledning, idet grænseværdien pt er på 100 μT .

Hjernen synkroniserer med Schumann-resonansen¹⁶

Hjernen opfatter og synkroniserer neurale oscillationer med Schumann-resonansen

Evolutionær tilpasning til Schumann-resonansen¹⁷

Alt liv på jorden er evolutionært tilpasset jordens resonansfrekvens, Schumann-resonansen, på 7,83Hz.

Schumann-resonansen kan opfattes som grundlæggende synkroniseringsmekanisme for hjernens funktion og udvikling.

EEG og Schumann-resonansen¹⁸

Ændringer i hjernens EEG-mønstre kan korreleres til ændringer i geomagnetiske forhold repræsenteret ved måling af intensiteten af Schumann-resonansen

Schumann-resonansen og blodtryk¹⁹

Små naturlige ændringer i Schumann-resonansen kan korreleres til ændringer i blodtryk hos mennesker (Mitsutake et al, 2005).

14 IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).

15 Blank M, Goodman R. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. Int J Radiat Biol. 2011 Apr;87(4):409-15.

16 Cherry NJ. 2002. Schumann Resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of Solar/Geomagnetic Activity. Nat Hazards 2002; 26: 279–331.

17 Cherry, NJ. 2003a. Human intelligence: The brain, an electromagnetic system synchronised by the Schumann Resonance signal. Medical Hypotheses (2003) 60(6), 843–844

18 Pobachenko, SV, Kolesnik, AG, Borodin, AS, Kalyuzhin, VV. 2005. The Contingency of Parameters of Human Encephalograms and Schumann Resonance Electromagnetic Fields Revealed in Monitoring Studies. Biophysics, 2006, Vol. 51, No. 3, pp. 480–483.

19 Mitsutake, G., Otsuka, K., Hayakawa, M., Sekiguchi, M., Corndlissen, G., Halberg, F. 2005. Does Schumann resonance affect our blood pressure? Biomedicine & Pharmacotherapy 59 (2005) S 10-S 14

Schumannresonansen og melatonin-produktion²⁰

Melatoninproduktion, og antallet af personer, som dør som følge af melatoninreducerende patologiske tilstande, kan korreleres til solaktiviteten, hvor det formodes, at bindeledet mellem solaktiviteten (målt ved solplettallet) og den menneskelige biologi er via Schumannresonansen

Cirkadiske rytmer og jordens magnetfelt²¹

Skærmning fra jordens naturlige magnetfelt skaber væsentlige forstyrrelse i menneskets cirkadiske rytmer, samt at disse kan genskabes ved et artificielt felt på 10Hz .

Psykiatiske indlæggelser og geomagnetisk aktivitet²²²³²⁴

Statistisk signifikant forøget mængde af psykiatiske indlæggelser og epileptiske anfald under perioder med forhøjet geomagnetisk aktivitet.

Geomagnetisk aktivitet og psykiske problemer²⁵

Perioder med ændret geomagnetisk aktivitet påvirker mennesker med psykiske problemer

Selv mord og geomagnetiske ændringer²⁶

Geomagnetiske ændringer kan korreleres til selvmordsraten hos kvinder

20 Cherry, N.J. 2003b. Schumann Resonance and Sunspot Relations to Human Health Effects in Thailand. *Natural Hazards* 29: 1–11, 2003

21 Wever R. 1968. Influence of weak electromagnetic fields on the circadian periodicity of humans. *Naturwissenschaften* 1968;55:29–32.

22 Friedman H, Becker RO, Bachman CH. 1963. Geomagnetic parameters and psychiatric hospital admissions.

23 Venkatraman K. 1976. Epilepsy and solar activity – an hypothesis. *Neurology (India)* 1976;24:1–5.

24 Rajaram M, Mitra S. 1981. Correlation between convulsive seizure and geomagnetic activity. *Neurosci Lett* 1981;24:187–91.

25 Kay RW. Geomagnetic storms: association with incidence of depression as measured by hospital admission. *Br J Psychiatry*. 1994;164:403–409.

26 Berk M, Dodd S, Henry M. 2006. Do ambient electromagnetic fields affect behaviour? A demonstration of the relationship between geomagnetic storm activity and suicide. *Bioelectromagnetics*. 2006 Feb;27(2):151-5.

Oversigt over biologiske påvirkningsmekanismer

Følsomhed af biologiske systemer

- Kvanteelektrodynamiske fænomener koblet til strukturkemi.

Jordens magnetfelt ca 50 μ T. Energi ca 6 størrelsesordener lavere end kT-grænsen, hvilket igen er ca 100 gange mindre en styrken på en kovalent binding.

- Schumann-resonansen
- Lorenzinske ampuller. Følsomhed til nedre nV-område
- VGCC'ere. Følsomhed til få titusindedele V/m - afhængig af frekvens.
- Cryptochrome: Følsomhed ned til pT-området.

FAD (flavin adenine dinucleotide) optager en foton, hvorefter der udsendes en elektron. Pladsen overtages af en elektron fra Tryptophan, men denne forbliver entangled. Dette radikalpar giver, gennem singlet eller triplet spin, forskellige kemiske reaktioner.

Aktivering af calcium-kanaler

Calcium-ioner spiller en meget væsentlig rolle i cellemembranens struktur og for muligheden for igangsættelse af intracellulære signalkaskader på baggrund af ekstracellulær påvirkning af mikrobølgestråler.

Ekspirer har vist, at calciumkanalerne kan aktiveres via energien fra lavfrekvente elektromagnetiske felter eller højfrekvente elektromagnetiske felter pulseret i ELF-frekvenser.

Påvirkning af calciumkanalerne kan igangsætte forskellige signalkaskader, der fører til øget produktion af frie iltradikaler, hvilket efterfølgende kan medføre cancer, infertilitet, søvnforstyrrelser, hjerterytmeforstyrrelser og beskadigelse af DNA.

Frie iltradikaler

Frie iltradikaler kan lede til beskadigelse af cellulære processer og af genetisk materiale med deraf følgende risiko for degenerative og carcinogene virkninger. Den overvældende majoritet af forskningsresultater påviser eller indikerer sammenhæng mellem dannelse af frie iltradikaler og eksponering for elektromagnetiske felter. For elektromagnetiske felter i de lavere frekvensområder dokumenteres sammenhængen ligeledes i 88% af forskningsresultater publiceret mellem 2007 og 2014.

Evidens for skadevirkninger fra elektromagnetiske felter

Aktivering af calcium-kanaler^a

Calcium-ioner spiller en meget væsentlig rolle i cellemembranens struktur og for muligheden for igangsættelse af intracellulære signalkaskader på baggrund af ekstracellulær påvirkning af mikrobølgestråler.

Eksperimenter har vist, at calciumkanalerne kan aktiveres via energien fra pulseret mikrobølgestråling - selv i meget lave intensiteter.

Påvirkning af calciumkanalerne kan igangsætte forskellige signalkaskader, der fører til øget produktion af frie iltradikaler, hvilket efterfølgende kan medføre cancer, infertilitet, søvnforstyrrelser, hjerterytmeforstyrrelser og beskadigelse af DNA,

Den eksperimentelle udforskning af, hvorledes pulseret mikrobølgestråling aktiverer calciumkanaler, giver således en direkte mekanistisk forklaringsmodel for de iagttagne skadevirkninger i anden forskning.

Frie iltradikaler^{b,e}

Frie iltradikaler kan lede til beskadigelse af cellulære processer og af genetisk materiale med deraf følgende risiko for degenerative og carcinogene virkninger. Den overvældende majoritet af forskningsresultater påviser eller indikerer sammenhæng mellem dannelse af frie iltradikaler og eksponering for elektromagnetiske felter. For elektromagnetiske felter i det radiofrekvente område dokumenteres sammenhængen i 88% af forskningsresultater publiceret mellem 2007 og 2014. For elektromagnetiske felter i de lavere frekvensområder dokumenteres sammenhængen ligeledes i 88% af forskningsresultater publiceret mellem 2007 og 2014. Et nyere review fra juli 2015 påviser, at 93% af den publicerede forskning dokumenterer skadevirkninger relateret til frie iltradikaler ved eksponering for radiofrekvente felter i non-termiske intensiteter.

Neurofysiologiske virkninger^c

Majoriteten af publicerede (2007-2014) forskningsresultater (60%) påviser eller indikerer neurofysiologiske virkninger ved eksponering for radiofrekvent elektromagnetisk stråling. Den overvældende majoritet (97%) af publiceret (2007-2014) forskningsmateriale påviser eller indikerer neurofysiologiske virkninger ved eksponering for lavfrekvente elektromagnetiske felter.

Genotoksiske virkninger og ændringer i genekspression^d

Majoriteten (65%) af publiceret (2007-2014) forskning påviser eller indikerer sammenhæng mellem eksponering for radiofrekvent elektromagnetisk stråling og genotoksiske/genekspressive virkninger. Overvældende majoritet af publiceret (2007-2014) forskning påviser eller indikerer sammenhæng mellem eksponering for lavfrekvente elektromagnetiske felter og genotoksiske/genekspressive virkninger.

Alzheimer^f

Overvældende majoritet (75%) af publiceret (2007-2014) forskning påviser eller indikerer, at eksponering for lavfrekvente magnetfelter er en risikofaktor i forhold til udvikling af Alzheimers.

Melatonin^g

Overvældende majoritet (85%) af publiceret (2007-2014) forskning påviser eller indikerer, at eksponering for lavfrekvente magnetfelter nedsætter produktionen af melatonin.

Fertilitet^h

Overvældende majoritet (79%) af publiceret (2005-2014) forskning påviser eller indikerer, at eksponering for radiofrekvent elektromagnetisk stråling i mikrobølgeområdet har fertilitetsnedsættende virkning.

Svulstdannelse^{i,j}

Eksponering for mikrobølger øger dannelsen af kræftsvulster i forsøgsdyr.

Sammenhængen er godtgjort i både et indledende og et opfølgende eksperiment.

De krævede eksponeringsværdier er så lave, at det svarer til, at man blot befinder sig i samme rum som en person, der bruger trådløst udstyr.

Gen-ekspression^k

Resultater fra et nyligt publiceret studie viser en forhøjet risiko for ændringer i ekspressionen af en specifikt transkriptionsfaktor (p53) for personer, som bruger mobiltelefon mere end 3 timer om dagen.

p53 er styrende for en lang række meget vigtige cellulære processer, heriblandt celledeling, DNA-reparationer og programmeret celledød.

Der er statistisk sammenhæng mellem ændringen i nævnte genekspression og mellem kortere overlevelseschancer for personer med hjernekræft.

Vurdering af kausalitetsforhold^l

Et svensk forskerhold anvendte i slutningen af 2013 de kendte Hill-kriterier som grundlag for en kausalitetsvurdering af forholdet mellem mikrobølgeeksponering og cancer. Konklusionen på kausalitetsvurderingen er, at mikrobølgeeksponering er kræftfremkaldende for mennesker.

Hjernekræft^m

Anvendelse af mobiltelefon giver forøget risiko for hjernekræft (OR=1.3; 95%CI=1.1–1.6).

Anvendelse af mobiltelefon i lang tid (>25år) giver yderligere forhøjet risiko for hjernekræft (OR = 3.0; 95%CI=1.7–5.2).

Anvendelse af trådløs telefon giver forøget risiko for hjernekræft (OR = 1.4, 95% CI = 1.1–1.7).

Anvendelse af trådløs telefon i lang tid (>15år) giver yderligere forhøjet risiko for hjernekræft (OR = 1.7, 95% CI = 1.1–2.5).

Risikoforøgelsen for udvikling af hjernekræft ved anvendelse af mikrobølgebaseret telefoni er sammenlignelig med risikoforøgelsen for udvikling af lungekræft ved eksponering for passiv tobaksrygningⁿ

Carcinogenitetsklassificering^o

WHO har klassificeret mikrobølger som muligt kræftfremkaldende (Gruppe 2B).

Klassificeringen gælder alle frekvensområder fra 30kHz til 300GHz og omfatter således alle kendte nuværende mikrobølgebaserede trådløse kommunikationsteknologier.

Andre kendte stoffer fra gruppe 2B er bly og DDT.

Stigende antal kræfttilfælde i Danmark^p

Antal tilfælde af hjernekræft er steget dramatisk i Danmark, med 41,2 % hos mænd og 46,1 % hos kvinder i årene mellem 2003-12.

Tidsperioden er overlappende med den periode, hvor trådløs teknologi for alvor har vundet udbredelse blandt den almene befolkning.

Stigende antal kræfttilfælde i Sverige^q

Forskere har undersøgt de svenske arkiver og har fundet en meget alvorlig manglende registrering af hjernekræfttilfælde i det svenske cancerregister. Den manglende registrering af stigende antal kræfttilfælde i det svenske cancerregister har hidtil været brugt som argument mod farligheden af mobiltelefoner, så den systematiske udeladelse af hjernekræfttilfælde i dette register er påfaldende. Ved gennemgang af patientregistre og dødsårsagsregistre fandt forskerne en statistisk signifikant stigning af hjernekræft fra 2007 og frem.

Glioma^r

Glioma er det medicinske navn for en ondartet kræftsvulst i hjernen. Svensk forskning har vist en statistisk sikker korrelation mellem hjernekræft og anvendelse af mobiltelefoner og trådløse DECT-telefoner. Risikoen forøges, desto mere apparatet anvendes. Yderligere er der statistisk korrelation mellem det område af hjernen, som er mest eksponeret og det område, hvor kræftsvulsterne blev fundet.

Akustikusneurinom^s

Akustikusneurinom er en knude på hørenerven. Sygdommen er oftest ikke ondartet og forekommer ret sjældent, men kan forårsage problemer, idet dens vækst presser vitale områder. Første symptomer er oftest tinnitus og høreproblemer. Svensk forskning har vist en statistisk sikker korrelation mellem anvendelse af mobiltelefoner / trådløse telefoner og akustikusneurinom.

Risikoen stiger i takt med kummuleret eksponering.

Der er statistisk korrelation mellem svulstens størrelse og kummuleret eksponering.

Meningeom^t

Meningeom er en type af hjernesvulst, som dog i mange tilfælde heldigvis er godartet. Der findes kun korrelation mellem eksponering og forekomst af svulster af denne type hos personer med størst kummuleret eksponering; men meningeomer vokser meget langsomt (har lang latenstid), hvorfor risikoen let undervurderes.

Overlevelseschancer ved hjernekræft^u

Der er statistisk sikker korrelation mellem lavere overlevelseschancer for hjernekræft og anvendelse af mobiltelefoner og trådløse telefoner.

Børn og unge har størst risiko^v

Børn og unge har tyndere kranie, hjernevævet har højere ledningsevne, og hovedet er mindre – børns risiko ved eksponering for mikrobølger er derfor højere end voksnes.

Der er forøget risiko for hjernekræft hos personer, som starter anvendelse af mobiltelefoner inden deres 20. år.

CERENAT-studiet^w

Et fransk forskerhold har lavet en meget omfattende undersøgelse af hjernekræfttilfælde i Frankrig.

Undersøgelsen viser en statistisk sikker korrelation mellem eksponering og hjernekræfttilfælde efter 896 timers brug - svarende til en halv time om dagen i 5 år.

Genberegning af data fra CERENAT-studiet^x

Et andet forskerhold har lavet yderligere beregninger af data fra CERENAT-studiet.

Det konkluderes, at den egentlige risiko for hjernekræft er endnu højere end omtalt i den oprindelige artikel, idet det oprindelige eksperiment ikke tager højde for brugen af trådløse (DECT)-telefoner.

Forskergruppen opfordrer til opgradering af IARC's kategorisering.

Den danske kohorte^y

Den danske kohorteundersøgelse nævnes ofte som en undersøgelse, der frikender mobiltelefoni for skadelige virkninger.

Undersøgelsens metodologiske grundlag er imidlertid så svagt, at den ikke repræsenterer nogen reel evidens.

På grundlag af undersøgelsens metodiske svaghed valgte IARC^z at se bort fra kohorteundersøgelsen ved kategoriseringsarbejdet i 2011.

Kildehenvisninger

- (a):** Pall ML. 2015. Scientific evidence contradicts findings and assumptions of Canadian Safety Panel 6: microwaves act through voltage-gated calcium channel activation to induce biological impacts at non-thermal levels, supporting a paradigm shift for microwave/lower frequency electromagnetic field action. *Rev Environ Health*. 2015;30(2):99-116.
- (b,c,d):** Reviewbaseret optælling: Bioinitiative 2014, "Research Summaries", samt
- (e):** Yakymenko et al. 2015. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med*. 2015 Jul 7:1-16.
- (f,g):** Reviewbaseret optælling: Bioinitiative 2012, "Conclusions"
- (h):** Numerisk optælling via Pubmed. Optælling foretaget august 2014. Søgeterm: ("cell phones"[MeSH Terms] OR ("cell"[All Fields] AND "phones"[All Fields]) OR "cell phones"[All Fields] OR ("mobile"[All Fields] AND "phone"[All Fields]) OR "mobile phone"[All Fields]) AND ("fertility"[MeSH Terms] OR "fertility"[All Fields])
- (i):** Tillmann T, Ernst H, Streckert J, Zhou Y, Taugner F, Hansen V, Dasenbrock C. Indication of cocarcinogenic potential of chronic UMTS-modulated radiofrequency exposure in an ethylnitrosourea mouse model. *Int J Radiat Biol*. 2010 Jul;86(7):529-41.
- (j):** Lerchl A, Klose M, Grote K, Wilhelm AF, Spathmann O, Fiedler T, Streckert J, Hansen V, Clemens M. Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochem Biophys Res Commun*. 2015 Apr 17;459(4):585-90
- (k):** Akhavan-Sigari R, Mazloun Farsi Baf M, Ariabod V, Rohde V, Rahighi S. Connection between Cell Phone use, p53 Gene Expression in Different Zones of Glioblastoma Multiforme and Survival Prognoses. *Rare Tumors*. 2014 Aug 8;6(3):5350.
- (l):** Hardell L, Carlberg M. Using the Hill viewpoints from 1965 for evaluating strengths of evidence of the risk for brain tumors associated with use of mobile and cordless phones. *Rev Environ Health*. 2013;28(2-3):97-106.
- (m):** Hardell L, Carlberg M. Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009. *Pathophysiology*. 2015 Mar;22(1):1-13.
- (n):** Kundi M. The controversy about a possible relationship between mobile phone use and cancer. *Environ Health Perspect*. 2009 Mar;117(3):316-24.
- (o):** <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/mono102.pdf>
- (p):** <http://www.ssi.dk/~media/Indhold/DK%20-%20dansk/Sundhedsdata%20og%20it/NSF/Registre/Cancerregisteret/Cancerregisteret%202012.ashx>
- (q):** Hardell L, Carlberg M. Increasing rates of brain tumours in the Swedish national inpatient register and the causes of death register. *Int J Environ Res Public Health*. 2015 Apr 3;12(4):3793-813
- (r):** Hardell L, Carlberg M. Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009. *Pathophysiology*. 2015 Mar;22(1):1-13.
- (s):** Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH. Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997-2003 and 2007-2009 and use of mobile and cordless phones. *Int J Oncol*. 2013 Oct;43(4):1036-44.
- (t):** Carlberg M, Hardell L. Pooled analysis of Swedish case-control studies during 1997-2003 and 2007-2009 on meningioma risk associated with the use of mobile and cordless phones. *Oncol Rep*. 2015 Jun;33(6):3093-8.
- (u):** Carlberg M, Hardell L. Decreased survival of glioma patients with astrocytoma grade IV (glioblastoma multiforme) associated with long-term use of mobile and cordless phones. *Int J Environ Res Public Health*. 2014 Oct 16;11(10):10790-805.
- (v):** Hardell L, Carlberg M. Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009. *Pathophysiology*. 2015 Mar;22(1):1-13.

- (w):** Coureau G, Bouvier G, Lebailly P, Fabbro-Peray P, Gruber A, Leffondre K, Guillamo JS, Loiseau H, Mathoulin-Pélissier S, Salamon R, Baldi I. Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. *Occup Environ Med.* 2014 Jul;71(7):514-22.
- (x):** Morgan LL, Miller AB, Sasco A, Davis DL. Mobile phone radiation causes brain tumors and should be classified as a probable human carcinogen (2A) (review). *Int J Oncol.* 2015 May;46(5):1865-71.
- (y):** Söderqvist F, Carlberg M, Hardell L. Review of four publications on the Danish cohort study on mobile phone subscribers and risk of brain tumors. *Rev Environ Health.* 2012;27(1):51-8.
- (z):** Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Islami F, Galichet L, Straif K; WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol.* 2011 Jul;12(7):624-6.

Kapitel 6: Nyhedsbrev og forskning

I denne del kan du læse om:

- Nyhedsbrev
- Forskning
- Orienterende målinger
- Gratis rådgivning vedr strømstriber

Nyhedsbrev

Jeg udsender (ca hver måned) et nyhedsbrev, med nyheder og forskning inden for området. Nyhedsbrevet er gratis. Du kan tilmelde dig ved at sende en email til kim@horsevad.dk med ordet ”Tilmeld” i emnefeltet.

Du kan når som helst afmelde dig listen igen.

Forskning

Al min forskning er tilgængeligt via min hjemmeside www.horsevad.net
Direkte link er: www.horsevad.net/publications.html

Orienterende opmåling

Jeg kommer over hele landet, og jeg kigger gerne forbi din gård og laver en orienterende opmåling. Denne bliver du ikke faktureret for. Det tager ca en halv time. Resultatet fra den orienterende opmåling fortæller dig om din bedrift er ramt af strømproblemer, og om det er i et omfang, så det kan betale sig at gøre noget ved det.

Gratis rådgivning vedr. strømstriber

Der ydes gratis og uforpligtende rådgivning til strømramte landbrug, konsulenter, dyrlæger og andre, som forsøger at hjælpe strømramte landbrug.

Kontakt mig via email: kim@horsevad.dk

Normalt svarer jeg samme dag, men i stress-perioder, eller når jeg er ude på feltarbejde, kan der være længere svartid.

Teknisk opmåling af strømstriber og installation af Field Sentry til Landbrug

Igennem hele udforskningsprocessen har forskning, vidensudvikling, dyberegående analyse og teknisk instrumentudvikling været meget vigtige fokuspunkter for mig. Det er vigtigt at vi nu har teknisk/objektive målemetoder, således at strømproblemet ikke bare kan dysses hen som ”psykiske problemer”.

Jeg har, som den eneste i landet, instrumenter til teknisk påvisning og analyse af strømstriber. Jeg har ligeledes teknisk udstyr til objektiv udmåling af vortexbalance.

Jeg udvikler, beregner og installerer Field Sentry løsninger til landbrug og større tekniske installationer.

Derudover bliver jeg ofte tilkaldt enten til at lave hørings svar eller som ”teknisk bisidder”, når udefrakommende firmaer eller myndigheder forsøger at bruge teknisk indviklet sprogbrug til at tromle landmænds interesser.

Jeg kontaktes helst pr email kim@horsevad.dk. Min mobil har nummeret 61 33 05 89, men den er sjældent tændt, fordi den forstyrrer både min koncentration og mine målinger!