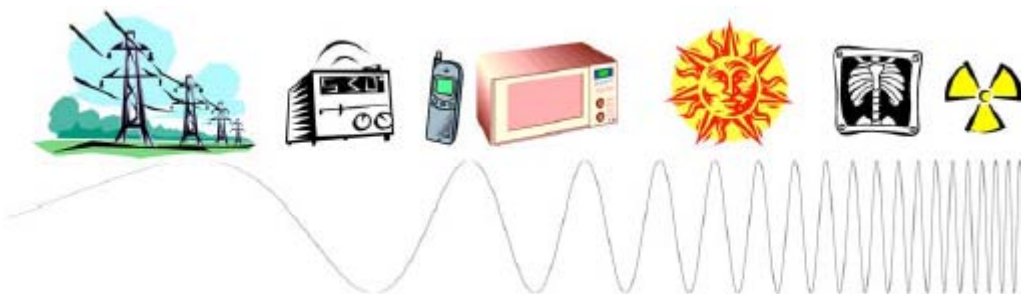


# Reduktion av elektriska och magnetiska fält i byggnader



Sammanfattning av projektet  
Åtgärder mot elektriska och magnetiska fält i byggnader

Ett samarbetsprojekt mellan Chalmers och NCC

Yngve Hamnerius, Mikael Persson, Svante Wijk

2004

# 1 Inledning

Elektriska och magnetiska fält uppmärksammas allt mer. Mycket av den moderna informationsteknologin bygger på användning av elektromagnetiska fält. Men fälten är inte endast av godo, starka fält kan leda till hälsoeffekter. Mot denna bakgrund gav SSI (Statens strålskyddsinstitut, 2002) ut allmänna råd för att begränsa allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält. Det finns även forskning som tyder på att svaga lågfrekventa magnetfält skulle kunna ge ökad risk för framförallt barnleukemi. WHO:s cancerforskningsorgan IARC (2002) klassade lågfrekventa magnetfält som en möjlig carcinogen år 2001.

Cancermisstankarna ledde redan 1996 till att myndigheterna gav ut en försiktighetsprincip, avseende lågfrekventa elektriska och magnetiska fält (Arbetskyddsstyrelsen m.fl. 1996). I försiktighetsprincipen finns inga numeriska krav på fälten. Vissa kommuner har dock ställt krav på årsexponeringen för magnetfält för bygglov vid nybyggnation. Alla elektriska installationer och apparater kan vara källor till elektriska och magnetiska fält. I en modern arbets- och bostadsmiljö finns ett ökande antal källor, dels sådana som har att göra med de fasta installationerna som el- data- och kommunikationsnät, dels trådlösa källor som bygger på radioteknik. Exempel på det senare är mobiltelefoni, trådlösa datanät, analog och digital teve- och radiosändningar, bluetoothteknik med mera.

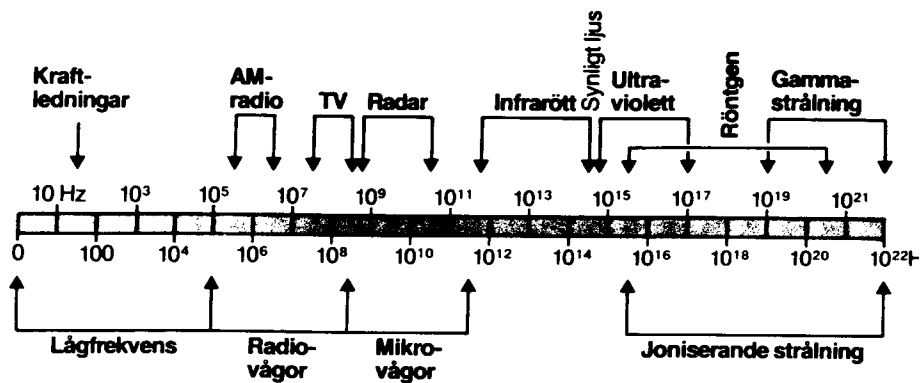
Denna skrift sammanfattar resultaten i ett samarbetsprojekt mellan institutionen för elektromagnetik vid Chalmers (Yngve Hamnerius och Mikael Persson) och NCC Teknik i Göteborg (Svante Wijk, Magdalena Kvernes, Benny Lindström, Magnus Linde m.fl.). Projektet har varit inriktat på elektriska och magnetiska fält i byggnader. Projektet har möjliggjorts genom ekonomiskt stöd från SSI (Statens strålskyddsinstitut) och SBUF (Sveriges Byggtreprenörers Utvecklingsfond).

För dem som vill ha en utförligare beskrivning av projektet finns det dokumenterat i en bok av Yngve Hamnerius med titeln Elektriska och magnetiska fält i byggnader som ges ut av Studentlitteratur under 2004, innehållsförteckningen i denna bok redovisas i bilaga 1..

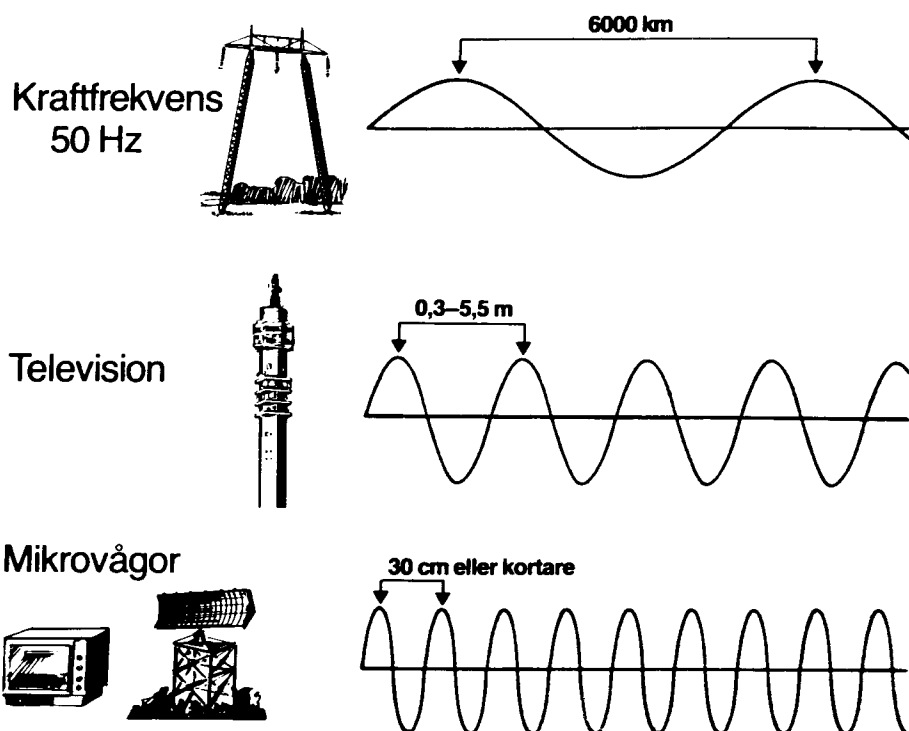
Till projektet har varit knutet en styrgrupp bestående av Anders Glansholm, SSI, Ingvar Engqvist, Elsäkerhetsverket, Torbjörn Solberg, SBUF, Peter Wahlström, NCC Boende, Jonny Hellman, NCC Property Development, Lars Strandlund, NCC Construction samt Hans-Olof Karlsson Hjort, Boverket.

## 2 Vad är elektriska och magnetiska fält?

Elektriska och magnetiska fält kan karakteriseras av sin styrka och frekvens. Frekvensen anges i hertz (Hz), som anger hur många fältstyrkemaxima fältet har per sekund i en punkt. I figur 2.1 visas det elektromagnetiska spektrumet som sträcker sig från låga frekvenser, som nätfrekvensen 50 Hz via radiofrekvens och mikrovågsfrekvens, infrarött, synligt och ultraviolett ljus upptill röntgen och gammastrålning.



## Frekvens och våglängd



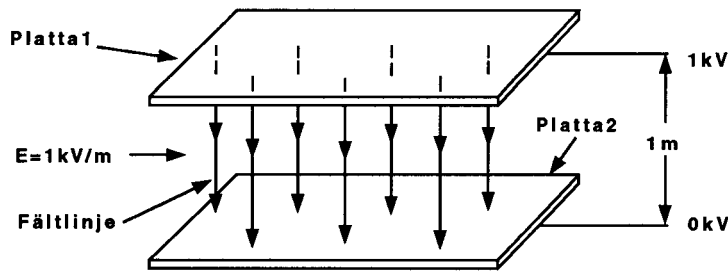
Figur 2.1 Det elektromagnetiska spektrumet (källa Svenska Elverksföreningen).

### Elektriska fält

Elektriska fält beror på spänningar; fältet går från en spänning till en annan. Styrkan på det elektriska fältet anges i volt/meter (V/m). Om man har två plåtar som i figur 2.2 och den ena har spänningen 0 V och den andra 1 kV (kilovolt = 1000 V) så blir den elektriska fältstyrkan,  $E$ , lika med spänningsskillnaden,  $U$  (= 1 kV) dividerat med avståndet,  $d$ , (= 1 m), dvs. 1 kV/m. Detta innebär att alla spänningsatta föremål alstrar elektriska fält.

$$E = \frac{U}{d} \quad (\text{V/m})$$

## ELEKTRISKT FÄLT



Figur 2.2. Ett elektriskt fält uppstår mellan föremål som har olika spänning. Den elektriska fältstyrkan ( $E$ ) är lika med spänningsskillnaden delat med avståndet mellan föremålen.

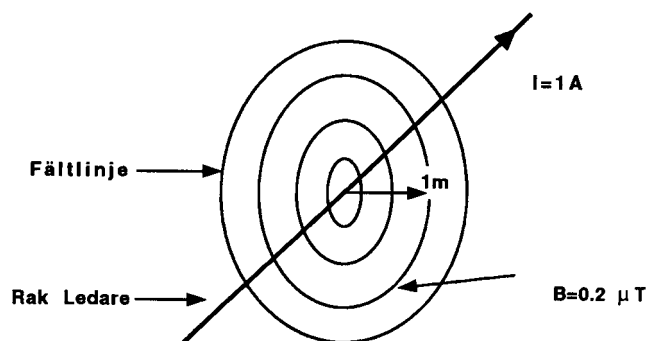
### Magnetiska fält

Elektriska fält alstras av spänningar, de magnetiska fälten alstras däremot av strömmar. Vi tar ett enkelt exempel, en rak ledning som det går en ström  $i$ , se figur 2.3. Runt ledningen skapas ett magnetiskt fält. De elektriska fältlinjerna går från en spänning till en annan, de magnetiska fältlinjerna bildar däremot alltid slutna banor runt om de strömmar som alstrar dem. Styrkan på de magnetiska fälten, den magnetiska flödestätheten, mäts i tesla (T). 1 tesla är en mycket stor enhet. När det gäller normal miljö får vi ta till mikrotesla ( $\mu\text{T}$ ), milliondels tesla och nanotesla (nT), milliarddels tesla.

Om vi låter en ström,  $I$ , gå genom ledaren i figur 2.3, får vi en magnetisk flödestäthet  $B$ , i luft på avståndet,  $r$ .

$$B = \frac{2 \cdot 10^{-7} I}{r} \quad (\text{T})$$

## MAGNETISKT FÄLT



Figur 2.3. Magnetiska fält bildar slutna fältlinjer kring strömförande ledare. Den magnetiska flödestätheten ( $B$ ) uppgår till  $0,2 \mu\text{T}$  ( $=200 \text{ nT}$ ) en meter från en ledare som för strömmen ( $I$ ) 1 A.

Om det går en ström på 1 A i figurens ledare får vi en magnetisk flödestäthet på  $0,2 \mu\text{T}$  en meter ut från ledaren. Vi ser att för normala strömstyrkor blir flödestätheten mycket mindre än 1 T. Är strömmen en likström bildas ett statiskt fält, är det en växelström bildas ett magnetiskt växelfält.

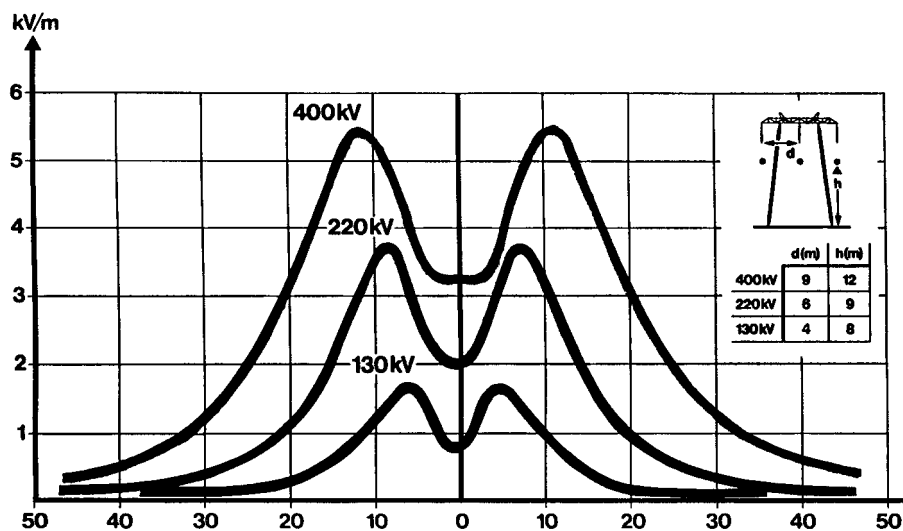
### 3 Reduktion av fält i byggnader

Nästan all elektrisk utrustning ger elektriska och/eller magnetiska fält. Fälten kan komma från yttre källor, från byggnadens elinstallationer eller från den elektriska utrustning som används i lokalerna t.ex. bildskärmar, belysningsarmaturer, maskiner, radio- och tevesändare, basstationer, mobiltelefoner etc.

#### *Elektriska fält från kraftledningar*

De viktigaste yttre källorna är kraftledningar. Direkt under en 400 kV-högspänningsledning kan den elektriska fältstyrkan uppgå till ca 6 kV/m. Hus får, enligt tidigare bestämmelser, ej byggas närmare än 10 meter från ytterfasen i kraftledningen. Den ostörda fältstyrkan kan här uppgå till ca 3 kV/m, se figur 3.1. Ytterväggarna i hus skärmar dock, varför man normalt ej får något elektriskt fält inomhus, av yttre ledningar.

För byggnader med plåttak eller plåtpanel, som ligger nära högspänningsledningar, måste speciella åtgärder vidtas. Från högspänningsledningen till plåten kommer det att gå en kapacitiv ström. Om man t.ex. står på en metallsteg och vidrör taket kan denna ström fortsätta genom kroppen, via stegen till marken. Om taket är stort, kan strömstyrkan bli så stor genom kroppen, att den kan vara livsfarlig. Därför måste sådana plåttak jordanslutats. Samma sak gäller andra större metallstrukturer som staket nära högspänningsledningar.



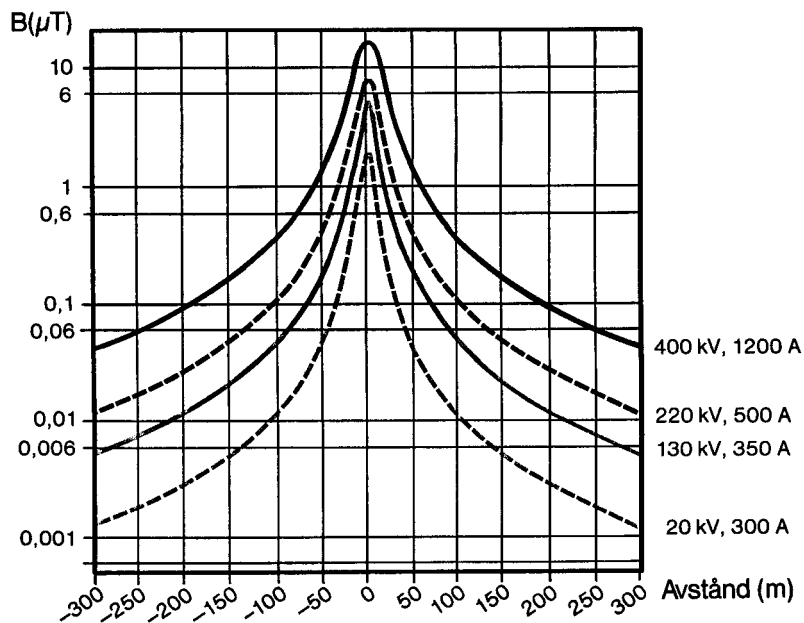
Figur 3.1. Den elektriska fältstyrkan (kV/m) som funktion av avståndet (m) från ledningens mitt för några olika högspänningsledningar (källa Svenska Elverksföreningen).

## Magnetiska fält från kraftledningar

Under en 400 kV-kraftledning kan den magnetiska flödestätheten uppgå till 5–30  $\mu\text{T}$ . Magnetfältet avtar med kvadraten på avståndet från kraftledningen. Normala byggnadsmaterial har mycket ringa skärmverkan varför hus som ligger nära större högspänningsledningar har förhöjda fält inomhus. Hus som ligger 10 till 30 m från högspänningsledningar har magnetfält med styrkan 1–10  $\mu\text{T}$  orsakad av ledningen, se figur 3.2. Magnetfältet beror inte endast på avståndet till ledningen, utan även på strömstyrkan i ledningen och avståndet mellan fasledarna i ledningen.

Förhöjda magnetfältsnivåer har givit korrelation med barnleukemi, i flera epidemiologiska studier, varför myndigheterna nu rekommenderar försiktighet med magnetfältsexponering t.ex vid byggande av hus vid kraftledningar. Många kommuner kräver numera ett större avstånd mellan husen och kraftledningarna vid nybyggnation.

Det är svårt att stoppa fälten inne i huset. Skärmning av byggnader är naturligtvis möjlig. För att få någon större verkan måste skärmarna vara stora (en hel vägg plus tak etc) vilket innebär att kostnaderna blir höga. NCC har byggt en byggnad, Centralhuset, som innehåller vänthall, kontor, affärer och hotell vid Göteborg C. En del byggnaden sträcker sig över järnvägsspåren, se figur 3.3. Före byggandet av huset, mättes magnetfälten upp i den position ovanför spåren där huset planerades byggas. Det visade sig att det fanns två huvudkällor till de uppmätta magnetfälten. Den ena var strömmen i kontaktledningarna och den andra var strömmarna till den tågvärme som används när tåg står uppställda på spåren nattetid. För att skärma huset lades en helsvetsad 5 mm plåt under huset för de delar som låg över spåren.



Figur 3.2. Den magnetiska flödestätheten ( $\mu\text{T}$ ) som funktion av avståndet (m) från ledningen för några olika högspänningsledningar (källa Svenska Elverksföreningen).

Skärmning av hela hus är en dyr åtgärd. Det är ofta mer effektivt att utforma källan så att den avger lägre fältnivåer. I tågfallet är detta inte möjligt. För kraftledningar är det oftast möjligt. Ledarnas separation är anledningen till att en normal kraftledning ger magnetiska fält. I en

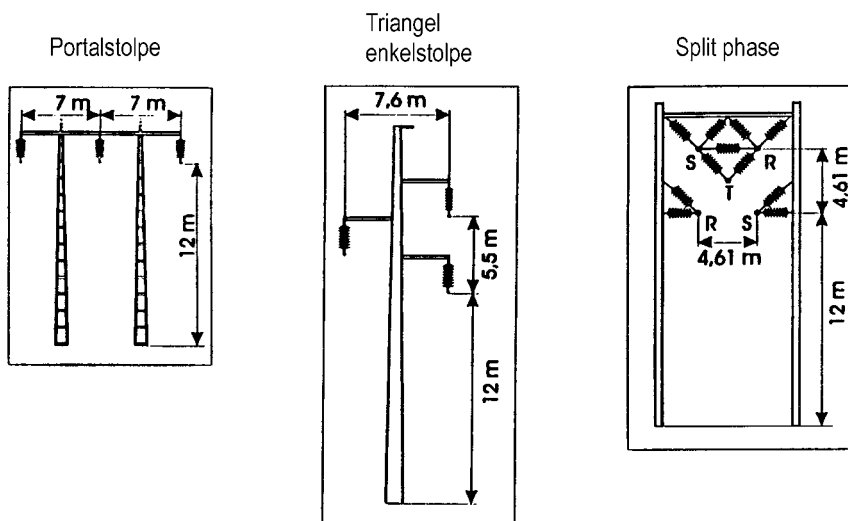
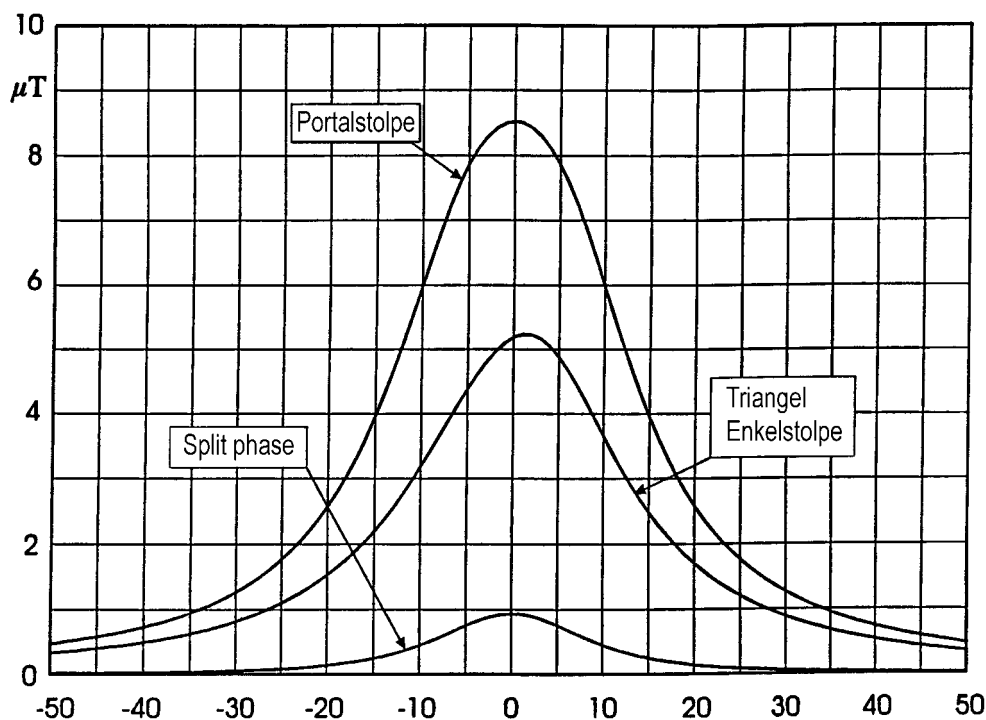
400 kV-ledning sitter tre fasledare i bredd, med ett inbördes avstånd på ca 11 m. Det vill säga 22 m mellan de yttersta faserna.



Figur 3.3. Centralhuset, vid Göteborg C, sträcker sig delvis ut över spåren. En helsvetsad 5 mm aluminiumplåt har fästs under huset för att skärma magnetfälten, foto Svante Wijk.

Om man isolerar ledarna och för ihop dem i en kabel, kommer magnetfälten nästan helt att ta ut varandra. Denna lösning används för lågspänning och medelhöga spänningar men ytterst sällan för de största högspänningsledningarna. Skälet till detta är höga kostnader. Att lägga en 400 kV-ledning i kabel kostar ca 10 gånger så mycket som en traditionell luftledning. Genom att omlacera fasledarna i luftledningarna kan man minska fälten. Svenska Kraftnät har vid nybyggnation av 400 kV-ledningar, använt sig av en triangelförläggning av faserna vilket minskar fälten med upp till en faktor 2.

Ändå större minskning av fälten har erhållits med så kallad split phase teknik, där en eller flera av fasledarna delas upp på flera ledare. Med denna teknik kan man erhålla reduktioner med ca en faktor 10, se figur 3.4.



Figur 3.4. Den beräknade magnetiska flödestätheten i  $\mu\text{T}$  1,8 m över mark som funktion av avståndet i m från ledningens mitt för tre typer av kraftledningar. I samtliga fall är strömmarna 500 A per fas, källa EL-FORSK AB.

### Elektriska fält från byggnadens installationer

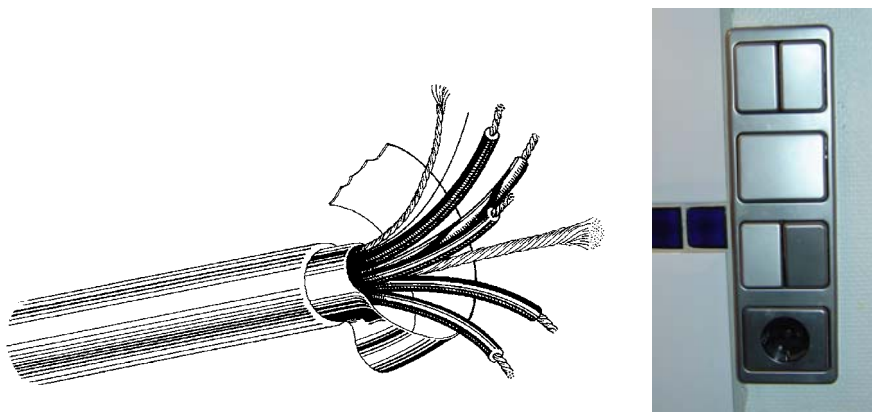
I de flesta byggnader sker eldistributionen via kablar, i vissa större hus och industrier används strömskenor. I elkablar och skenor är vissa av ledarna spänningssatta, de s.k. fasledarna. Dessa ger därför upphov till elektriska fält. I äldre hus låg elledningarna i järnrör, s.k. pansarrör. Om pansarrören var jordade, skärmades det elektriska fältet från ledningen. Vid moderna elinstallationer dras ledningarna i plaströr, som ej skärmar fältet. Ligger plaströren i en innervägg av trä- eller gipsskivor har inte heller byggnadsmaterialet någon större skärmverkan. Vi finner därför elektriska 50 Hz-fält från ledningar i väggarna, framförallt i hus med gipsskive-



eller spånskiveväggar. Betongväggar ger en bättre skärmverkan för elektriska fält då armeringen i dessa ofta har jordförbindelse.

De elektriska fälten avtar med avståndet från ledningarna. Om en ledning ligger i en vägg får man en fältstyrka på några hundra V/m direkt mot väggen. En bit in i rummet har vanligen fältstyrkan avtagit till 0–50 V/m. Är väggen ledande, och ej jordad, kan hela väggen bli spänningssatt av elledningarna inne i väggen. Detta leder till högre elektriska fält eftersom en större yta blir spänningssatt. I hus med putsade innerväggar har putsen ofta fästs på väggen med hjälp av hönsnät. Detta hönsnät kan bli kapacitivt spänningssatt. Detta gäller även ojordade plåtreolar, liksom gipsskivor, trots att de inte har någon högre ledningsförmåga.

För att undvika lågfrekventa elektriska fält från kablar i väggar mm kan man använda skärmad installationskabel, sk EKLK-kabel. Det finns en skärmad installationskabel Wasan-flex från Wagner Kabelwerk som är så smidig att den kan läggas i befintliga plaströr, se figur 3.5. För att få bästa skärmning bör man använda skärmade dosor, detta gäller speciellt gipsskiveväggar där man kan få en kapacitiv spänningssättning via dosan om den inte är skärmad. I befintliga installationer är det besvärligt och kostsamt att byta dosorna. Här finns en möjlighet att använda skärmade insatser i befintliga dosor. Strömbrytare och eluttag ger ett visst fältläckage. Om metallskivan som insatsbrytaren eller uttaget sitter på jordas, minskas fälten.



Figur 3.5. a) Exempel på skärmad installationskabel, ledarna omsluts av en aluminiumfolie som jordas via en oisolerad dräneringskabel, källa Ericsson & Malm. b) Skärmade brytare och eluttag med jordad kåpa i rostfritt stål, foto Y Hamnerius.

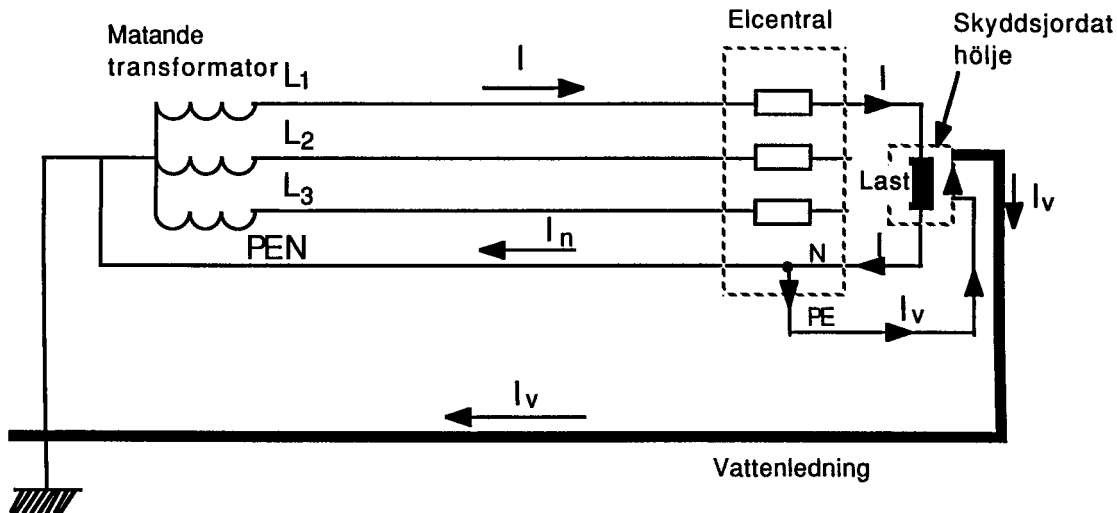
Ett alternativ till skärmad kabel är skärmade elrör. De gamla metalliska pansarrören gav en skärmning av elektriska fält, om de var anslutna till jordpotential, vilket inte alltid var fallet. Det finns motsvarande rör i ledande plast som utvecklats av Protec AB. Dessa rör har ett inre skikt av isolerande plast och ett yttre skikt av ledande plast. Protec har utvecklat ett system med skärmande plastdosor. Genom att rör och dosor är skärmande kan vanlig standard enkelledare (FK) användas och man erhåller en skärmad installation.

#### *Magnetiska fält från byggnadens installationer*

Elektrisk golv- och takvärme alstras genom att ström går i en motståndstråd.. Detta kan vara en kabel eller en folie. Om tråden bildar ett enkelledarmönster kommer strömmen att ge upphov till betydande magnetfält. Mätningar visar att på sådana värmegolv kan nivåer på tiotal mikrotesla uppmätas på golvnivå. Detta innebär en onödig exponering av t.ex. ett barn som kryper på golvet. Värmekabel kan också användas för andra ändamål som att hålla hängrännor isfria. För att reducera magnetfälten har tillverkarna tagit fram tvåledarvärmekabel där magnetfälten från den fram och återgående strömmen i stort sett tar ut varandra.

## Vagabonderande strömmar

Källan till förhöjda magnetfält i byggnader, är i de flesta fall, vagabonderande strömmar. Dessa strömmar beror på att vi i Sverige vanligen har ett elsystem med fyra ledare, i servisledningen fram till huset. Figur 3.6 visar ett fyrledarsystem. Servisledningen består av tre fasledare  $L_1$ ,  $L_2$  och  $L_3$ , samt en kombinerade skyddsjord och neutralledare, så kallad PEN-ledare (PE = Protective Earth, N = Neutral). Efter elcentralen finns separata skyddsjordledare och neutralledare. Dessa är förbundna med varandra i elcentralen.



Figur 3.6. Schematisk bild av ett 4-ledarsystem. Återgångsströmmen från fasledarna kan gå två vägar från elcentralen eftersom skyddsjordledaren är sammankopplad med neutralledaren. Dels via den gemensamma PEN-ledaren dels via andra metalliska ledare som är förbundna med skyddsjord som vattenledningen.

Strömmen  $I$ , som uppkommer då man ansluter en enfaslast, har två vägar att gå tillbaka från elcentralen till den matande transformatorns jordning. Återgångsströmmen kan dels gå via PEN-ledaren  $I_n$ , som det är tänkt, dels via skyddsjorden  $I_v$  och vattenledningen och åter till transformatorns via dess jordpunkt. Om det går ström i vattenledningen, alstras det ett magnetfält kring den, men även kring elledningen, då det felar återgångsström varför magnetfälten från elledningen inte längre tar ut varandra.

Vad är det som driver strömmen i vattenledningen? Strömmar drivs av spänningar. Vid elcentralen ligger neutralledaren, även kallad neutralledaren, inte på noll volt, trots sitt namn.

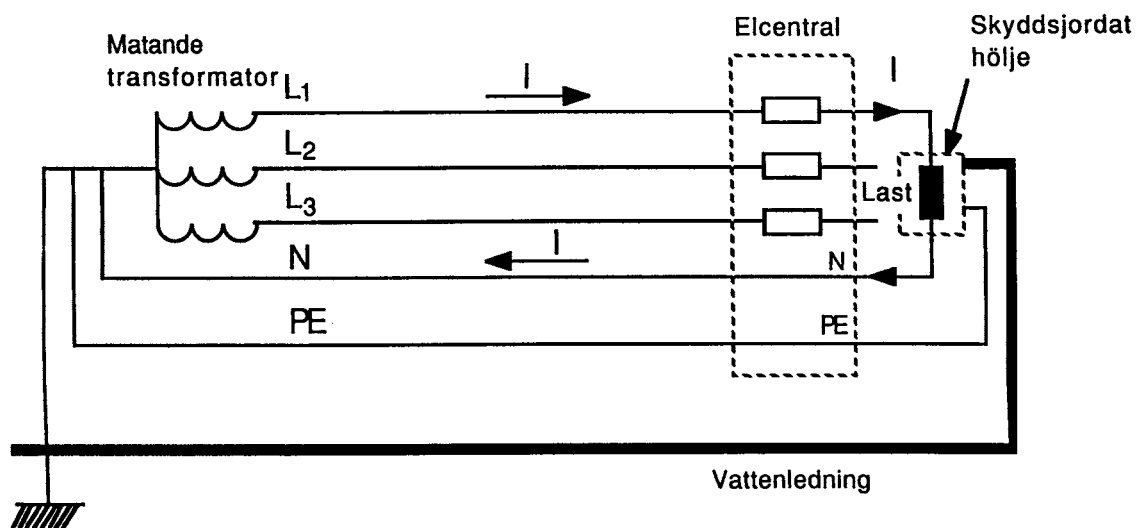
Det går en återgångsström i PEN-ledaren till transformatorn, vars jordpunkt verkligen ligger på noll volt, via jordning i marken. Det finns ett visst motstånd i PEN-ledaren, varför Ohms lag säger oss, att strömmen genom ledaren, ger upphov till ett spänningsfall. Detta innebär att vi vanligtvis har någon volt i PEN-ledaren samt i de förbundna neutral- och skyddsjordledarna, vid elcentralen i huset. Det är denna spänning som driver strömmen ut i vattenledningen. Hur mycket av återgångsströmmen som går i PEN-ledaren och hur mycket som går i vattenledningen, bestäms av motstånden i PEN-ledaren, respektive i den alternativa strömvägens ledare. Vi får en strömdelning, där störst ström går den väg som har minst motstånd, enligt Kirchoffs lag.

Vattenledningen har ofta en större metallarea, än PEN-ledaren, varför motståndet kan vara lägre i vattenledningen, då kommer störst ström att gå den vägen. Då återgångsströmmarna ofta rör sig om tiotals ampere är det inte ovanligt att finna vagabonderande strömmar av denna storleksordning. Vattnet i ledningen har betydligt större motstånd än metallen varför nästan ingen ström går i vattnet. Det innebär att det inte går några vagabonderande strömmar i plastvattenledningar. Då det är spänningen på skyddsjordledaren som driver den vagabonderande strömmen, förstår vi, att det inte är nödvändigt, att just den eller de apparater vars höljen leder över strömmen till vattenledningen, är påslagna.

Magnetfältet från en kabel med vagabonderande ström kan ej skärmas. Det enda som hjälper är att reducera den vagabonderande strömmen, t ex med hjälp av femledarsystem, se figur 3.7.

I femledarsystem är skyddsjordledaren separerad från neutralledaren, varför återgångsströmmen inte har något val, utan tvingas ta den rätta vägen via neutralledaren tillbaka till transformatorn. Det resulterande magnetfältet blir därför lågt. Installation av femledarsystem leder till låga magnetfält i husen och mindre risk för problem med datakommunikation som ofta störs av vagabonderande strömmar. I sjukhus har det länge varit obligatoriskt med femledarsystem. Många byggherrar och byggbolag installerar idag femledarsystem som standard vid nybyggnation, då detta innebär en mycket liten extrakostnad. I befintliga hus kan det vara betydligt mer kostsamt att byta till femledarsystem, då det inte endast är husets elinstallationer som berörs utan även kabeln till elverkets nätstation som behöver bytas till femledare. För att femledarsystemet skall fungera säkert behöver man ha övervakning på stigarledningarna till de olika undercentralerna.

I princip kan man hejda de vagabonderande strömmarna genom att bryta upp den alternativa strömvägen, t.ex. genom att byta ut en kort sektion av en metallisk vatten-, gas- eller värmeledning mot ett plaströr. De vagabonderande strömmarna går ofta i fjärrvärmeledningarna, för att stoppa strömmen kan man använda isolationsbrickor som sätt i rörskarvar. I större hus finns det oftast så många alternativa strömvägar att det inte är praktiskt/ekonomiskt möjligt att bryta upp alla vägar.



Figur 3.7. Schematisk bild av ett 5-ledarsystem. Återgångsströmmen från fasledarna (L1, L2 och L3) har endast en möjlig väg att gå via neutralledaren (N) tillbaka till transformatorn. Lika stor ström går fram och åter i elkabeln, varför det resulterande magnetfältet blir lågt. Skyddsjordledaren (PE) måste gå separat hela vägen till nätstationen, för att inga vagabonderande strömmar skall uppstå.

Den enda praktiska möjligheten tidigare, var att byta till femledarsystem, vilket innebar omfattande installationer och stora kostnader. Under de senaste åren har en effektiv lösning tagits fram som på ett tillförlitligt sätt reducerar de vagabonderande strömmarna till en rimlig kostnad. Lösningen är i själva verket inte ny utan bygger på sugtransformatorer vilka använts länge, vid de svenska järnvägarna.

En transformator består av en järnkärna och två eller flera lindningar. Om man låter en växelström gå i en av dessa lindningar kommer det att alstras ett magnetfält i järnkärnan. Detta magnetfält kommer att inducera strömmar i de andra lindningarna. Ofta används transformatorer för att ändra spänning eller ström. Om vi har en transformator med två lindningar, med lika många lindningsvarv på ingående lindning och utgående lindning, så kommer ingående ström vara lika stor som utgående ström.

Hur kan man använda sugtransformatorer för att reducera vagabonderande strömmar i byggnader? Om vi sätter in en sugtransformator med fyra lika lindningar, en för vardera fas och en för PEN-ledaren så skulle transformatorn se till att lika stor ström skulle gå tillbaka i PEN-ledaren som summan av de tre fasströmmarna, dvs. hela återgångsströmmen skulle gå tillbaka i PEN-ledaren och inga vagabonderande strömmar skulle uppkomma. Endast en ideal sugtransformator eliminerar hela den vagabonderande strömmen. Verkliga sugtransformatorer eliminerar en större eller mindre andel av strömmen beroende på hur effektiva de är.

Den allra enklaste formen av sugtransformator är en järnkärna som träs på den matande kabeln, se figur 3.8. Då ledarna passerar kärnan endast en gång, har vi en envarvig sugtransformator. Om man vill få en effektivare sugtransformator kan man trä flera kärnor på kabeln eller trä kabeln flera varv genom kärnan, se figur 3.9. Fallet med flera varv är attraktivt, då effektiviteten ökar med varvtalet i kvadrat.



Figur 3.8. En sugtransformator kärna monterad på en serviskabel, denna kärna är öppningsbar och kan därför monteras på kabeln utan att kabeln behöver kopplas ur, foto EnviroMentor AB.



Figur 3.9. a) För att få högre effektivitet kan flera kärnor användas på samma kabel. b) Om kabeltjockleken tillåter flera varv genom kärnan ökar effektiviteten, foto EnviroMentor AB.

För att ytterligare öka effektiviteten har EnviroMentor AB utvecklat en patenterad lösning av en aktiv kärna där man magnetiserar kärnan med hjälp av en lindning som matas av en förstärkare. Denna förstärkare styrs av en reglerkrets som känner av den vagabonderande strömmen via en ledning på en avkännarkärna. Reglerkretsen styr förstärkaren så att den vagabonderande i kabeln minimeras.

Kärnor har monterats i flera hundra fastigheter med mycket goda resultat. Det har visat sig att detta oftast är det mest kostnadseffektiva sättet att reducera vagabonderande strömmar.

## 4 Kostnader för reduktionsåtgärder

I tabell 4.1 anges kostnader för olika reduktionsåtgärder. De angivna priserna bygger på uppgifter från NCC Teknik, Göteborg. Prisuppgifterna avser 2003 års prisnivå. Priserna är antingen framtagna genom att någon av de största leverantörerna tillfrågats eller också har erfarenhetsvärden från genomförda projekt hos NCC använts.

I praktiken kan priserna för olika produkter och åtgärder variera beroende på om kunden har avtalade rabatter samt beroende på beställningens volym. Priserna från leverantörer är bruttopriser exklusive moms. Vid beräkningar gjorda utifrån NCCs erfarenhetsvärden har ett kontor på 4000 kvm samt ett bostadshus med 12 lägenheter använts. Så långt det varit möjligt har priserna delats upp enligt följande:

Materialkostnader. Anges som merkostnad, procentuell merkostnad alternativt faktisk kostnad.

Merarbete som en åtgärd kräver. Arbetet anges som merkostnad eller mertid

I denna sammanfattning beskrivs endast vissa av de listade reduktionsåtgärderna, utförligare dokumentation ges i boken Elektriska och magnetiska fält i byggnader (Y Hamnerius, Studentlitteratur 2004).

**Tabell 4.1. Sammanställning kostnader**

Allmänna åtgärder	Kostnad (Tot. alt. mer-kostn.)	Kostnad fördelad på:		Kommentar
		Material	Arbete	
Installation av delbar MFR-kärna		4900 kr/kärna	2000-3000 kr	Arb.kostn. per åtgärdad kabel
Installation av icke delbar MFR-kärna		3700 kr/kärna	2000-3000 kr	Arb.kostn. per åtgärdad kabel
Isolationsskarvar i fjärrvärme		350 - 1000 kr		
Skärmad kabel (utanpåliggande)	10 %	7 %	3 %	Merkostnad
Skärmad kabel (rörförlagd)	430 %	410 %	20%	Merkostnad
Tvinnad kabel (rörförlagd)	75 %	55 %	20%	Merkostnad
Skärmade rör	90 %	80 %	10 %	Merkostnad
Brytare med skärmad ram	50 %	35 %	15%	Merkostnad
Automatisk nätfränkopplare		1000 - 1500 kr/st		
Skärmning av rum för ställverk	7500 kr/kvm golvarea			
Skärmad transformator	80%			Merkostnad
Potentialutjämning	15000 kr/objekt	5000 kr/objekt	35 h/objekt	
Stomjordning	50 000 - 150 000 kr/objekt	30 %	70 %	
Skrivbord- och takarmaturer	300-600 kr			Merkostnad
Skärmlinor 100 m, 6 varv	450 000 kr			400 kV ledning, 100 m, 6 varv
Skärmlinor 3000 m, 6 varv	1 800 000 kr			400 kV ledning, 3000 m, 1 varv
Skärmat lågspännings-ställverksskåp		2000-2500 kr/m	2 h	Merarbete vid inst., 5 mm alum.
Strömskenor/kompaktskenor				
-Distributionsskena		2 500 kr/m	0,8 h/m	
-Kompaktskena		3 000 kr/m	0,7 h/m	

Åtgärder för bostäder	Kostnad (Tot. alt. mer-kostn.)	Material	Arbete	Övrigt
Byte till 5-ledarsystem	5000 kr/lgh	2600 kr/lgh	8 h/lgh	30 kr/m kabel
Byte från ojordat till jordat i bostad	9000 kr/lgh	6000 kr/lgh	10 h/lgh	

Åtgärder för kontor	Kostnad (Tot. alt. mer-kostn.)	Material	Arbete	Övrigt
Byte till 5-ledarsystem	46 kr/kvm	15 kr/kvm	0,1 h/kvm	30 kr/m kabel
Övervakningssystem för 5-ledarsystem	ca 1800 kr	1500 kr	1 h	i merkostnad/utgående grupp
Skärmade fönsterbänkskanaler	1,25 kr/kvm kontor	2500 kr i merkostnad	8 h i mertid	Gäller för 4000 kvm kontor.
Jordning av skrivbordsunderrede	100 kr/bord		15 min/bord	
- Jordning av både underrede och kabelrännor	500 kr/bord	400 kr	100 kr/bord	Material för 2 kabelskenor

## 5 Slutsatser

Denna genomgång visar att det finns en mängd källor till elektriska och magnetiska fält i byggnader. Elektriska fält från yttre källor skärmas oftast av normala byggnadsmaterial, däremot skärmas ej de magnetiska fälten. När det gäller magnetfält från yttre källor som kraftledningar och tågtrafik finns det inga enkla billiga åtgärder för fastighetsägaren. Skärmning av själva huset har endast tillgripits i några få speciella fall, då detta leder till stora kostnader. Detta eftersom skärmens dimensioner måste vara av samma storleksordning som husets dimensioner, för att erhålla någon verkansfull reduktion.

Flyttning av kraftledningen, byte till andra kraftledningsstolpar eller markkabel är åtgärder som använts i vissa fall. Dessa åtgärder är förknippade med stora kostnader, speciellt markkabel är dyrt eftersom detta förutom kabelkostnader kräver två övergångsstationer mellan kraftledning och kabel.

Den vanligaste källan till förhöjda magnetfält i byggnader är inte yttre källor utan vagabonderande strömmar i fastighetens elnät och serviskablar. Vid nybyggnation krävs numera femledarsystem, detta förhindrar uppkomsten av vagabonderande strömmar.

En svaghet med femledarsystemet är att det räcker med en oavsiktlig förbindning mellan neutralledare och skyddsjord för att systemet skall sluta att fungera som ett femledarsystem. Det finns ett flertal fastigheter med femledarsystem, som trots detta har vagabonderande strömmar, på grund av fel i systemet. Därför rekommenderas kombinationen med jordfelsövervakning.

I befintliga byggnader är en ombyggnad från fyrledarsystem till femledarsystem ofta relativt kostsam. Här har det visat sig att installation av sugtransformator kärnor är en pålitlig och oftast mer kostnadseffektiv lösning.

En fördel med lösningen med sugtransformator kärnor är att dessa inte förutsätter något perfekt elsystem för sin funktion, vilket ger en robust lösning. För att ett femledarsystem skall fungera krävs att det är fem separerade ledare i serviskabeln hela vägen till nätstationen. Bygger man ett småhus är detta ofta svårt att åstadkomma, då serviskabeln ansluts till fyrledarnätet i ett kabelskåp. I detta fall kan vagabonderande strömmar förhindras med kärnor.

I detta sammanhang kan det vara på sin plats att nämna några åtgärder som *ej* fungerar mot vagabonderande strömmar. På inte så få ställen har man försökt skärma en kabel som alstrar magnetfält med hjälp av aluminium- eller järnplåtar. Plåtskärmning är en verkningsfull åtgärd för transformatorer, ställverk etc. Däremot går det *inte* att skärma en vagabonderande ström i en kabel. Detta kan verka överraskande, men har sin fysikaliska förklaring då skärmen måste omsluta både den fram och återgående strömmen, för att kunna sätta upp en motverkande virvelström. I fallet med den vagabonderande strömmen i kabeln, går ju återgångsströmmen någon helt annan väg, t.ex. i en vattenledning som troligen ej är nära skärmlåten.

Ett annat sätt att minska magnetfält från en kabel är att tvinna ledarna. Detta fungerar bara om lika stor ström går fram och tillbaka i kabeln, vilket innebär att det *inte* fungerar för att reducera vagabonderande strömmar.

Att införa ett elektriskt avbrott, i till exempel en vattenledning, kan hjälpa för att stoppa vagabonderande strömmar i ett småhus, men är vanligtvis verkningslöst i en större byggnad, då det oftast finns en mängd alternativa vägar för de vagabonderande strömmarna.

Inbyggda nätstationer, större elcentraler, strömskenor mm. är ofta betydande källor till magnetfält. Här bör man ge akt på två saker; komponenterna i sig samt vagabonderande strömmar. Fälten från de olika komponenterna som transformatorer och ställverksskåp kan skärmassas med hjälp av aluminiumskärmar. Det är viktigt att analysera fältbild och källor före skärningsarbetet påbörjas, för att kunna placera skärmarna på rätt plats, så en verkningsfull och kostnadseffektiv åtgärd erhålls.

Som nämnts hjälper inte skärmningen mot vagabonderande strömmar. Dessa strömmar måste åtgärdas separat på ovan beskrivet sätt. Det finns flera exempel på att man genomfört skärmningar av nätstationer till betydande kostnader och trots detta haft kvar huvuddelen av magnetfältet. Orsaken har ofta varit oåtgärdade vagabonderande strömmar, i kombination med att skärmarna inte placerats optimalt.

Elektriska fält från byggnadens elinstallationer är betydligt lättare att reducera. Här har det kommit fram en rad lösningar på marknaden, som fungerar bra, t.ex. skärmande kablar, rör och kabelrännor. Det finns också ett gott urval av skärmade elapparater. Om man vid nybyggnation bygger konsekvent med skärmad installation kommer elsystemets elektriska fält att vara låga inne i huset.

Detta är dock ingen garanti för låga elektriska fält i byggnaden, efter det den tagits i bruk. Om man inte fullföljer med skärmade lamp- och apparatsladdar liksom elutrustning i jordat utförande, kan de elektriska fälten, trots installationen, bli förhöjda.

Sammanfattningsvis finns det många källor till elektriska och magnetiska fält i byggnader, men det finns också fungerande tekniska lösningar för att reducera fälten. De flesta åtgärderna kan genomföras till rimliga kostnader, men vissa åtgärder, som har att göra med högspänningsledningar, kan leda till betydande kostnader.



## Bilaga 1

I denna bilaga ges innehållsförteckningen för boken Elektriska och magnetiska fält i byggnader<sup>1</sup>, vilken ger en utförligare beskrivning än vad som kan ges i denna sammanfattning.

### *1 Inledning*

### *2 Vad är elektriska och magnetiska fält?*

#### 2.1 Elektriska fält

#### 2.2 Magnetiska fält

#### 2.3 Fälten avtar med avståndet från källan

### *3 Källor till fält i byggnader*

#### 3.1 Fält från yttre källor

#### 3.2 Fält från byggnadens installationer

#### 3.3 Fält från belysning

#### 3.4 Fält från kök och bostadsutrustning

#### 3.5 Fält från kontorsapparater

3.5.2 Fält från bildskärmar och teveapparater

3.5.2 Rekommendationer för fält från bildskärmar

#### 3.6 Magnetiska fält från andra källor

#### 3.7 Källor som ger radiofrekventa fält

3.7.1 Mobiltelefoni

3.7.2 Uppmätt exponering för radiofrekventa fält

### *4 Mätning av elektriska och magnetiska fält i byggnader*

#### 4.1 Mätning av lågfrekventa fält

4.1.1 Mätning av lågfrekventa magnetfält i inomhusmiljö

4.1.2 Mätning av lågfrekventa elektriska fält i inomhusmiljö

#### 4.2 Mätning av radiofrekventa fält

### *5 Åtgärder för att reducera fälten*

#### 5.1 Reduktion av fält från yttre källor

#### 5.2 Reduktion av magnetiska fält från elinstallationer

#### 5.3 Reduktion av vagabonderande strömmar med sugtransformator kärnor

#### 5.4 Skärmning av magnetfält från elektrisk utrustning

#### 5.5 Jordning och potentialutjämning

#### 5.6 Reduktion av elektriska fält från elkablar m.m.

#### 5.7 Reduktion av fält från belysning och apparater

#### 5.9 Jordning av bordunderreden mm

#### 5.10 Reduktion av fält från bildskärmar

---

<sup>1</sup> Y Hamnerius Elektriska och magnetiska fält i byggnader, Studentlitteratur 2004.

## **5.11 Reduktion av radiofrekventa fält**

### **6.1 Reduktion av fält från yttre källor**

### **6.3 Reduktion av vagabonderande strömmar med sugtransformator kärnor**

### **6.4 Skärmning av magnetfält från elektrisk utrustning**

### **6.5 Jordning och potentialutjämning**

### **6.6 Reduktion av elektriska fält från elkablar m.m.**

### **6.7 Reduktion av fält från belysning och apparater**

### **6.8 Jordning av bordunderreden mm**

## ***7 Myndigheternas bedömningar***

### **7.1 Internationellt**

### **7.2 EU:s EMC och bildskärmsdirektiv**

### **7.3 Nationell svensk bedömning**

## ***8 Slutsatser***

## ***9 Tack***

## ***LITTERATUR***