

Dnr 20EV4540

Elektromagnetiska störningar - regeringsuppdrag

Rapport framtagen som underlag till regeringsuppdrag
Fi2020/02994/SPN

december 2020

Sammanfattning

Elsäkerhetsverket har utvärderat om elektriska anläggningar kan orsaka elektromagnetiska störningar på verksamheter inom eller i anslutning till områden för riksintresset för totalförsvaret: uppdraget avgränsas till de anläggningar och åtgärder som kan omfattas av plan- och byggregelverket. I rapporten nämns flera typer av störkällor. De är exempel hämtade från verkligheten och har orsakat problem med radiostörningar för verksamhet som, enligt vår bedömning, kan ha likheter med den radiokommunikation som totalförsvaret kan tänkas använda.

De senaste två åren har vissa typer av solcellsanläggningar tillkommit som potentiella störkällor. Enligt vår bedömning är EMC-egenskaperna hos solcellsanläggningar mycket blandade. Några tydliga brister är identifierade genom mätningar. Rent tekniskt är det dock knappast några problem att konstruera produkter med goda EMC-egenskaper som därmed minskar risken att störa radiokommunikation och vi vill framhålla att det finns sådana produkter.

Utredningen som helhet visar också att återkommande tillsyn och marknadskontroll är nödvändigt för att se till att marknadens aktörer uppfyller EMC-kraven för ingående komponenter såväl som för kompletta anläggningar. Kompletteringar i de svenska EMC-regelverken (till exempel rörande åtkomst och tillträde) kan behöva göras för att säkerställa att tillsynande myndighet har relevanta mandat att genomföra kontrollen.

De olika exempel som redovisas i rapporten kan utgöra ett påtagligt hot mot användning av radiokommunikation vid totalförsvarets anläggningar eller på annat sätt begränsa nyttjandet av radiospektrum. Totalförsvaret innefattar även räddningstjänstens och flygets användning av radiotjänster liksom möjligheten att ringa 112 och ta emot viktiga meddelanden till allmänheten (VMA). Eftersom EMC-kraven inte primärt är utformade för att skydda känslig radiokommunikation kommer det aldrig att vara möjligt att garantera att CE-märkt utrustning inte stör sådan radiokommunikation som uppdraget avser. Det kan därför finnas anledning att styra användningen på vissa platser.

Innehåll

1	Regeringsuppdraget	1
2	Grundläggande om EMC och störningar – en genomgång	2
2.1	Övergripande	2
2.2	Vad är EMC?	2
2.2.1	EMC-direktivet	4
2.3	Kraven på produkten	5
2.3.1	Grundläggande krav (skyddskravet)	5
2.4	Fasta installationer	7
2.4.1	Enklare fasta installationer	8
2.4.2	Erfarenheter från tillsyn	9
2.5	Utförande av installationen kopplat till EMC-egenskaperna	9
2.6	Elektromagnetisk störning	10
2.6.1	Olika exempel på störning	11
2.6.2	En värdefull naturtillgång	14
2.6.3	Varierande acceptansnivå	15
2.6.4	Tålighet, robusthet hos radio	16
2.6.5	Våra olika radiofrekvenser	18
2.6.6	Radiostörningar från andra radiosändare	18
2.6.7	Ledningsbundna störningar	18
2.6.8	Störningar på mobila nät	19
2.6.9	Vad är det egentligen som stör?	20
3	Anmälda ärenden – källor till kunskap	22
3.1	Statistik på anmälda	22
3.1.1	Fåtal ärenden – få problem?	22
3.2	Frekvensområden	23
3.3	De vanligaste anmälarna till Elsäkerhetsverket	24
4	Trender	26
4.1	”Rakelproblem” i Nederländerna	26
4.2	Tekniken i solcellssystem	27
4.3	Jämförelse av olika solcellssystem	28
4.4	EMC-utmaningar med switchad kraftomvandling	29
4.5	Undvika störproblem	34
5	Erfarenheter från ärenden	36
5.1	Generellt	36
5.2	Solcellsanläggningar specifikt	36
6	Diskussioner och tankar	38
6.1	EMC-standarder	38
6.2	Är standardens krav tillräckliga?	38
6.2.1	DC-ledningar bortglömda?	39
6.3	Vad är rimlig nivå?	39
6.4	Sammanlagring hanteras sällan	40

6.5	Radiostörningar främsta risken.....	40
6.6	Regelverket.....	41
6.6.1	Lagen och förordningen	41
6.6.2	EMC-direktivet	42
7	Definitioner	43
8	Referenser	46
9	Erfarenheter från tillsynsärenden rörande solcellsanläggningar	48
9.1	Solcellsanläggning 1 (kortvåg och VHF)	48
9.2	Solcellsanläggning 2 (kortvåg).....	49
9.3	Solcellsanläggning 3 (VHF 50 MHz).....	50
9.4	Solcellsanläggning 4 (kortvåg samt VHF)	52
9.5	Solcellsanläggning 5 (mobiltelefonbas störd)	54
9.6	Solcellsanläggning 6, prototyp	56
9.7	Blandade erfarenheter från modifierade anläggningar	58
10	Erfarenheter från tillsynsärenden rörande övriga ärenden kopplade till störningar – ett urval	59
10.1	Exempel 1, reklamskylt som störde flygradio	59
10.2	Exempel 2, demonstration med produkter ur vardagen.....	60
10.3	Exempel 3, marknadskontroll av elvisp	61
10.4	Exempel 4, elstängsel	62
10.5	Exempel 5, kraftledningar	63
10.6	Exempel 6, ventilationssystem på skola	64
10.7	Exempel 7, robotgräsklippare.....	65
11	Marknadskontroll solcellsanläggningar inom EMC ADCO	68
11.1	Undersökning 2014	68
11.1.1	Resultat	68
11.1.2	Slutsatser (ett urval) från kampanjen	68
11.2	Undersökning 2019	68

1 Regeringsuppdraget

Enligt uppdraget, Fi2020/02994/SPN, ska Försvarsmakten och Elsäkerhetsverket utreda frågan om elektromagnetiska störningar på totalförsvarets verksamhet.

Uppdraget har genomförts i samarbete med Fortifikationsverket, Försvarets materielverk Totalförsvarets forskningsinstitut, Försvarets radioanstalt och SEK Svensk Elstandard. Samråd med Boverket, Bygglovsutredningen (Fi 2020:1), Luftfartsverket, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och Transportstyrelsen har genomförts och ytterligare aktörer fick möjlighet att ta del av rapporten i samband med samrådet.

Denna bilaga till regeringsuppdraget redovisar Elsäkerhetsverkets syn på frågan. Elsäkerhetsverket är av uppfattningen att det främst är de emissioner som orsakar elektromagnetiska störningar i form av radiostörningar som är det mest intressanta och har fokuserat på det området. Emissioner är signaler som avges från utrustningar, vanligen oavsiktligt, som en biprodukt till funktionen. Anledningen är att de inledande diskussionerna tydligt visat att det är främst dessa som försvårar tillkomst eller nyttjande av totalförsvarets anläggningar. Det anser vi ha stöd i, eftersom de andra parterna i våra inledande diskussioner också fokuserat på just radiostörningar. Dessutom har radiostörningar utgjort den helt dominerande formen av anmälningar av bristande elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) som inkommit till Elsäkerhetsverket under åren. Givetvis kan även andra problem relaterade till elektromagnetiska fenomen uppstå.

Utöver nyttan i detta regeringsuppdrag har den här utredningen ett stort värde då det sannolikt finns fler än totalförsvaret som kan vara intresserade av en rimlig nivå på EMC så att vårt samhälle och vårt behov av kommunikation kan fungera på det sätt som vi kommit att ta för givet. Fungerande radiokommunikation är en förutsättning för det.

2 Grundläggande om EMC och störningar – en genomgång

2.1 Övergripande

EMC-Direktivet 2014/30/EU innehåller de övergripande kraven på elektromagnetisk kompatibilitet.

2.2 Vad är EMC?

Varför jobbar Elsäkerhetsverket med EMC, och varför finns överhuvudtaget sådana krav? Så gott som alla anmälningar om brister inom EMC-området, ett av myndighetens tillsynsområden, handlar om problem med radiostörningar.

En aktuell iakttagelse är att den nya tekniken för “förnybar elproduktion”, innehållande kraftelektronik, kan orsaka störningar på radiofrekvenser. Det har också visat sig finnas stora skillnader hur olika tillverkare har tolkat EMC-direktivet. Det positiva är att det inte saknas tekniska lösningar för att undvika och lösa problemen: om viljan finns kan EMC-problemen begränsas.

Enligt direktivet:

elektromagnetisk kompatibilitet: en utrustnings förmåga att fungera tillfredsställande i sin elektromagnetiska omgivning utan att introducera oacceptabla elektromagnetiska störningar för annan utrustning i denna omgivning,

Boken ”EMC for product designers” av Tim Williams inleds med

”Electromagnetic Interference (EMI) is serious and increasing form of environmental pollution. It ranges from minor annoyances due to crackles on broadcast reception to potentially fatal accidents due to corruption of safety-critical control systems”.

Elektromagnetisk kompatibilitet är en apparats, utrustnings eller systems egenskap att fungera tillfredsställande i sin elektromagnetiska miljö utan att oacceptabelt påverka någonting i denna miljö. Den etablerade förkortningen för elektromagnetisk kompatibilitet är EMC. Kompatibilitet kan också uttryckas som förenlighet. Om alla elektriska och elektroniska system kan existera sida vid sida i harmoni, är de elektromagnetiskt förenliga (kompatibla). Tillförs ytterligare en utrustning till miljön, utan att orsaka störning eller själv bli störd, har den utrustningen egenskaper, som gör den elektromagnetiskt förenlig. EMC kan därmed också anses vara ett önskvärt tillstånd, något att sträva efter.

Vid EMC talar man vanligen om normal användning av utrustningar. Vidare handlar EMC uteslutande om samverkan mellan olika utrustningar och aldrig om eventuell påverkan på hälsan; för de aspekterna finns andra regelverk (hos bland andra Strålsäkerhetsmyndigheten och Arbetsmiljöverket).

En elektrisk utrustning, nästan oberoende av vilket slag det är frågan om, avger elektromagnetiska signaler. Dessa signaler kan under vissa omständigheter på ett negativt sätt påverka funktionen hos andra apparater (eller sig själv). Utrustningar har dessutom varierande tålighet mot störningar.

EMC har sin grund i radiotekniken och kampen mot radiostörningar. Så länge det har funnits radio har det också funnits radiostörningar. Med tiden har också andra fenomen kommit att ingå i EMC. I det här uppdraget kommer vi uteslutande att hålla oss till radiostörningar som ska ses som en form av bristande EMC. Några vanliga termer i sådana sammanhang är de engelska RFI (radio frequency interference) och EMI (electromagnetic interference). Under 30-talet insåg man att det behövdes standardisering för att hantera frågan om radiostörningar och IEC (international electrotechnical commission) bildade CISPR som började ta fram standarder för att skydda radio från störningar, något man än i dag arbetar med. Övriga delar inom EMC-standardiseringen har främst TC77 med två undergrupper hand om.

EMC är också en viktig del i EU-lagstiftningen och har sitt eget direktiv (det senaste är 2014/30/EU). För de standarder som hör ihop med EMC-direktivet finns på Europnivå CENELEC-gruppen TC210. I EMC-direktivet finns regler för utrustningar (apparater och fasta installationer) och själva essensen i direktivet ligger i det så kallade väsentliga kravet (ofta kallat ”skyddskravet”) som i korthet går ut på att utrustningar inte ska störa samtidigt som de ska ha en tillräcklig tålighet. Om det kravet uppfylls kan man CE-märka sin apparat avseende EMC respektive anse att en fast installation kan användas på sin plats.



Figur 1: CE-märket

För apparater gäller att de måste uppfylla samtliga tillämpliga direktiv och för att sedan få sättas på marknaden inom EU ska tillverkaren (eller dess representant) utfärda en så kallad EU-försäkran om överensstämmelse. Det vanligaste, och oftast enklaste, sättet att visa att man uppfyller kraven är att visa att produkten uppfyller kraven i standarder som är harmoniserade mot de olika EU-direktiven.

Här är det viktigt att veta att det inte alls är säkert att exempelvis en produkt fungerar under alla omständigheter bara för att man uppfyller kraven i EMC-standarder. Kraven på exempelvis avgiven störning är inte heller satta för att för att få *total* frihet från signaler utan för att de ska hålla sig under en viss nivå som kan sägas vara acceptabel. Standarderna är alltid en kompromiss där man tagit hänsyn till sannolikheter, ekonomiska faktorer mm. Vanligen har standarderna lämpliga krav för exempelvis bostäder, kontor, lätt och tung industri mm.

Eftersom standarderna utgör kompromisser kan man inte alltid förvänta sig att ett val av CE-märkta produkter innebär någon funktionsgaranti i verkligheten. CE-märkningen utgår också från att tillverkaren är seriös och tar regelverket på allvar. Som tillverkare bör man ha ambitionen att produkten man tillverkar verkligen fungerar i sin tänkta miljö, även om det innebär hårdare krav än vad den normalt föreskrivna standarden anger.

2.2.1 EMC-direktivet

Det finns inte utrymme här att i detalj gå in i EMC-direktivet men det centrala är det så kallade väsentliga kravet som beskriver vad som är det egentliga kravet och finns i direktivets bilaga I:

1 Allmänna krav

Utrustning ska med beaktande av aktuell tillämpbar teknik vara så konstruerad och tillverkad att

- a) den elektromagnetiska störning den alstrar inte överskrider den nivå över vilken radio- och teleutrustning eller annan utrustning inte kan fungera som avsett,
- b) den har en sådan tålighet mot den elektromagnetiska störning som kan förväntas vid avsedd användning att dess avsedda funktion inte i oacceptabel utsträckning försämras.

2. Särskilda krav för fasta installationer

Installation och avsedd användning av komponenter:

En fast installation ska installeras enligt god branschpraxis och i enlighet med informationen om hur dess komponenter är avsedda att användas för att uppfylla de väsentliga kraven enligt punkt 1.

Det finns ett antal olika sätt att uppnå detta. Vanligen använder man krav i så kallade harmoniserade standarder för att visa att det väsentliga kravet är uppfyllt. Hanteringen är lite olika för produkter eller fasta installationer och det beror på att produkter åtnjuter fri rörlighet inom EU medan en fast installation är utförd för att nyttjas bara på en enda plats och därmed är inte fri rörlighet tillämpligt. Det

väsentliga kravet gäller dock oavsett. En viktig tanke med de olika direktiven var att tillverkarna skulle ha stora friheter att uppnå kraven. Ett annat syfte är att EU-direktiven ska verka för konkurrens på lika villkor. Slutligen bygger de också på att det är tillverkarna själva som deklarerar att de uppfyller kraven. Det är aldrig någon myndighet som godkänner produkter. Däremot kan en myndighet underkänna en produkt genom marknadskontroll.

2.3 Kraven på produkten

2.3.1 Grundläggande krav (skyddskravet)

När tillverkarna släpper ut sina apparater på marknaden ska de se till att de har konstruerats och tillverkats i enlighet med de väsentliga kraven i EMC-direktivets bilaga I, *skyddskravet*. Att uppfylla det väsentliga kravet är, förutom ett antal formella och byråkratiska krav, det egentliga legala kravet. Det här förtjänar att uppmärksammas, eftersom det ofta missförstås.

Ett vanligt sätt att visa att det väsentliga kravet uppfylls är att visa att krav i relevanta EMC-standarder är uppfylla. Det är dock inte alltid tillräckligt.

Formella krav:

- framtagning av teknisk dokumentation (inklusive riskanalys)
- framtagning av deklARATION av överensstämmelse där tillverkaren deklarerar samtliga relevanta direktiv som produkten ska uppfylla
- nödvändig information för installation och användning ska följa med produkten.
- produkten förses med CE-märkning

Riskanalys

Det finns stora friheter att visa hur det väsentliga kravet uppfylls men det ska bygga på en utförlig analys som ska finnas dokumenterad. En bra vägledning finns i EU-kommissionens ”Blå guide” och det anges även i EMC-direktivet:

”Tillverkaren ska utföra en bedömning av apparatens elektromagnetiska kompatibilitet på grundval av relevanta fenomen så att de väsentliga krav som anges i punkt 1 i bilaga I är uppfyllda.”

Guiden till EMC-direktivet beskriver det utförligare, i stycke 4.2:

”The conformity assessment procedures for apparatus require the manufacturer to establish technical documentation. This documentation shall make it possible to assess the conformity of the apparatus to the relevant requirements, and shall include an adequate

analysis and assessment of the risk(s). In EMCD the concept of risk refers to risks in relation to the electromagnetic compatibility protection aims specified in Annex I “Essential Requirements” and not to safety. On basis of the knowledge of the relevant EMC phenomena for the apparatus and its intended operating environments the EMC assessment according to chapter 4.3 can be performed. This EMC assessment is considered to be an adequate analysis and assessment of the risk(s). See also Blue Guide section 4.1.1 “Definition of essential requirements”.”

Exempel på riskanalys för solcellsprodukter

För solcellsprodukter skulle en riskanalys kunna se ut ungefär så här:

”Produkten bygger på switchad kraftelektronik, kända störningsrisker är att övertoner alstras i stora frekvensområden. Till produkten kopplas andra delar via långa, oskärmade elledningar. Dels till elnätet och dels till solcellerna. Sådana ledningar kan stråla ut störande signaler som kan påverka radiosystem. Detta kan med stor sannolikhet förekomma i närheten. Slutsatsen blir därför att produkten måste konstrueras för att undvika sådan utstrålning och det är viktigt att produkten verifieras mot en EMC-standard som har uttalade krav på såväl AC- som DC-sidans ledningar. Om den standard som används saknar sådana krav måste en komplettering med ytterligare krav ske för att säkerställa att EMC-direktivets väsentliga krav uppfylls. Elinstallationsföretag har normalt inte så detaljerade EMC-kunskaper plus att det ska gå snabbt och enkelt att installera. Därför bör produkten ha filtrerad anslutning mot både elnätet och solcellerna. Genom detta blir risken för problem liten och produkten kan installeras enkelt utan besvärliga instruktioner eller tillkommande delar.”

Erfarenheter relaterade till produkter

- Produktens konstruktion bör, i synnerhet om det är konsumentprodukter som säljs i stort antal, medge enkel installation avseende EMC och konstruktionen bör också medge vissa variationer i utförandet.
- Tillverkaren ska utgå från att installatören inte har några djupa kunskaper inom EMC.
- EMC-egenskaperna ska upprätthållas under produktens hela livslängd.

2.4 Fasta installationer

Till att börja med avses här inte *fast ansluten* enligt regelverket för elinstallationer. (Det regelverket syftar på fysisk *fast anslutning av spänningsmatning från elsystemet* till skillnad från spänningsmatning via stickpropp från ett eluttag.)

Med en fast installation enligt EMC-direktivet avses en kombination av apparater och anordningar som är monterade, installerade och avsedda för permanent användning på en på förhand fastställd plats. Ett typiskt exempel kan vara en tillverkningslinje i en industri. Även en solcellsanläggning eller en vindkraftspark kan vara exempel på fasta installationer.



Figur 2: Ett exempel på hur en fast installation kan se ut.

Eftersom det handlar om en *på förhand bestämd plats* är fri rörlighet som gäller för produkterna inte tillämpligt här. Men det väsentliga kravet i EMC-direktivet gäller också för fasta installationer: de ska inte heller orsaka störningar och de ska ha viss tålighet. Eftersom inte fri rörlighet är tillämpligt så CE-märks inte den fasta installationen avseende EMC-direktivet. CE-märkningen ersätts här av en dokumentation som visar hur det väsentliga kravet uppfylls. Det är alltså inte någon förenkling enbart för att det är en fast installation. Eftersom platsen är bestämd på förhand och man därför har vetskap om EMC-förhållandena på just den platsen kan (och bör) man anpassa installationen efter dessa förhållanden.

Det finns inget som säger att delar som ingår måste vara CE-märkta, men det är förstås en stor fördel för projektering, uppförande och inte minst dokumentationen av den fasta installationen om produkternas EMC-egenskaper är kända. Då kan CE-märkta produkter ge en vägledning, under förutsättning att produkterna är lämpliga för den aktuella miljön.

Traditionellt har en fast installation oftast varit industrirelaterad och belägen på andra platser än där privatpersoner och radiokommunikation normalt förekommer i någon större utsträckning. Det har inneburit att man främst riskerat att störa den egna verksamheten vid EMC-problem. Men situationen är på väg att förändras när större installationer börjar förekomma i kontor, skolor, kommersiella lokaler och bostäder.

Det praktiska utförandet av installationen har vanligen mycket stor betydelse för EMC-egenskaperna och det hänvisas till att ”god praxis” ska uppfyllas. Vad som är god praxis framgår inte, det kan variera avsevärt för olika typer av installationer. Vägledning finns i EMC-litteratur, tillverkares handböcker och liknande men även praktisk erfarenhet är förstås användbart.

2.4.1 Enklare fasta installationer

Den dokumentation som krävs för en fast installation blir snabbt omfattande och kräver kunskaper att ta fram. För mindre anläggningar, som kanske enbart består av CE-märkta delar, kan ofta ett enklare förfarande vara tillräckligt:

- Analysera förutsättningarna (rör det sig till exempel om bostadsmiljö eller industrimiljö, behövs extra EMC-krav?).
- Välj produkter som är avsedda för aktuell miljö.
- Installera produkterna enligt respektive tillverkares anvisningar och enligt god praxis. Följ även anvisningar i Elinstallationsreglerna eller andra installationsstandarder.
- Dokumentera anläggningen med analys samt respektive produkters bruksanvisningar och skötselanvisningar.
- Överlämna dokumentationen till anläggningens innehavare – detta blir då anläggningens EMC-dokumentation.

Typiska fall då ett sådant här förfarande bör fungera, och ofta har gjort det i verkligheten, är styr- och reglersystem för fastigheters värme och ventilation. Ingående delar är så gott som alltid CE-märkta och anläggningens innehavare förväntar sig generellt en god dokumentation. Ett grundläggande krav för att det här ska fungera är dock att tillverkarna av ingående produkter har gjort ett fullständigt arbete så att det väsentliga kravet uppfylls fullt ut.

För solcellsanläggningar skulle det vara mycket värdefullt om detta förenklade sätt att hantera fasta installationer kan användas. För att uppfylla våra klimatmål finns uttalade ambitioner att stora mängder solcellsanläggningar ska monteras upp. Det skulle vara av stort samhällsvärde om det går att göra på ett smidigt sätt, utan omfattande analys och dokumentationsarbete för varje enskild solcellsanläggning.

2.4.2 Erfarenheter från tillsyn

Vid Elsäkerhetsverkets tillsyn av solcellsanläggningar, baserat på såväl anmälda störningsproblem som på egeninitierade besök, har vissa ingående produkter noterats:

- Det finns stora variationer i hur olika tillverkare konstruerat sina produkter.
- Det finns frågetecken kring om vissa produkter uppfyller EMC-direktivets väsentliga krav.
- Det förenklade förfarandet för fasta installationer kan behöva utvärderas när det handlar om solcellsinstallationer.
- Det finns potential för störningsproblem i mycket breda frekvensområden. En mängd olika radiobaserade tjänster kan därmed riskera störning

Det ska också noteras att EMC-kraven inte alltid garanterar fullständig störningsfrihet. Målsättningen med Elsäkerhetsverkets tillsyn och marknadskontroll är att tillverkare tar sitt ansvar för att produkterna verkligen uppfyller rimliga EMC-krav. Mer om dessa erfarenheter finns beskrivet i kapitel 9 och 10.

2.5 Utförande av installationen kopplat till EMC-egenskaperna

När en anläggning är utförd och installerad ska hela anläggningen uppfylla regelverket för EMC. Det blir i slutändan innehavaren som blir ansvarig för sin anläggning och att den fungerar väl med sin omgivning. En solcellsanläggning blir enligt EMC-direktivet en ”fast installation”.

För ett antal år sedan hade Elsäkerhetsverket ett projekt om installationer av motordrifter med frekvensomriktare, en produkt som tekniskt har vissa likheter med solcellsanläggningarnas växelriktare och optimerare. Erfarenheterna därifrån visade att produkterna i sig inte var dåliga avseende EMC men de lämnade mycket till installatörerna och deras arbete för om slutresultatet blev gott eller inte. Om den som utförde installationen hade begränsade kunskaper inom EMC uppstod en hel del misstag som kunde påverka resultatet negativt. Projektet visade därmed att det finns stor risk för störningsproblem med produkter som är svåra att installera.

När det handlar om teknik som ska rullas ut i stor mängd i samhället, som vi förutsätter att solcellsanläggningar kommer att göras, är det viktigt att produkterna lätt kan installeras utan att det blir avgörande exakt hur man har gjort. Projektet pekade på ett faktum som kanske inte nämns så ofta; en mycket kritisk del vid installationen är inte alltid de ingående komponenterna utan EMC-kunskaperna hos den som bygger ihop ett system.

Att använda uteslutande CE-märkta utrustningar i ett system gör inte att installationen per automatik uppfyller skyddskravet. En utmaning är att installationen består av flera delar som inte är CE-märkta (som inte behöver vara det) men som ändå kan ha en betydande inverkan på slutresultatet. Exempel på sådant är kablar och kopplingsdosor (även apparatlådor). En annan utmaning är att det inte går att förutsäga om den som kommer att utföra installationen har tillräcklig kunskap om EMC.

Produkterna för solcellsinstallationer skiljer sig avsevärt från frekvensomriktare då anläggningarna byggs upp helt annorlunda. Produkter för solcellsinstallationer har:

- en modulär uppbyggnad (solceller, elektronikheter)
- DC-sidan ihopkopplad med snabbkopplingar
- allt DC-kablage är oskärmad enkelledare
- en konstruktion som innebär snabbt och enkelt montage.

Dessa anläggningar kan komma att installeras av personer med låg kunskapsnivå inom EMC. De kommer också ut i stort antal i samhället. En stor skillnad från projektet med frekvensomriktare är att tillsynsärendena inte tyder på att solcellsinstallationerna har varit felaktigt utförda. Medlevererade anvisningar förefaller ha följts vid installationerna. Däremot verkar vissa produkter ha tveksamma EMC-egenskaper, troligtvis som en följd av att de konstruerats efter en EMC-standard som inte är lämplig för produkten i denna miljö (vitala krav saknas helt).

Det kan alltså finnas flera olika orsaker till att en anläggning har dåliga EMC-egenskaper. Däremot bör det rimligen vara lätt att göra rätt genom tydliga anvisningar från tillverkaren och genom att produkterna i sig ska ha konstruerats för den användningen som avses för den installation (i det här fallet en solcellsanläggning) som ska göras.

2.6 Elektromagnetisk störning

I denna bilaga använder vi definitionen enligt direktivet:

elektromagnetisk störning: elektromagnetiskt fenomen som kan försämra funktionen hos en utrustning; en elektromagnetisk störning kan vara elektromagnetiskt brus, en oönskad signal eller en förändring i själva överföringsmediet,

Går man strikt på definitionen är all avvikelse från önskad funktion en störning. I praktiken måste det dock finnas en gräns för vad som är en oacceptabel påverkan.

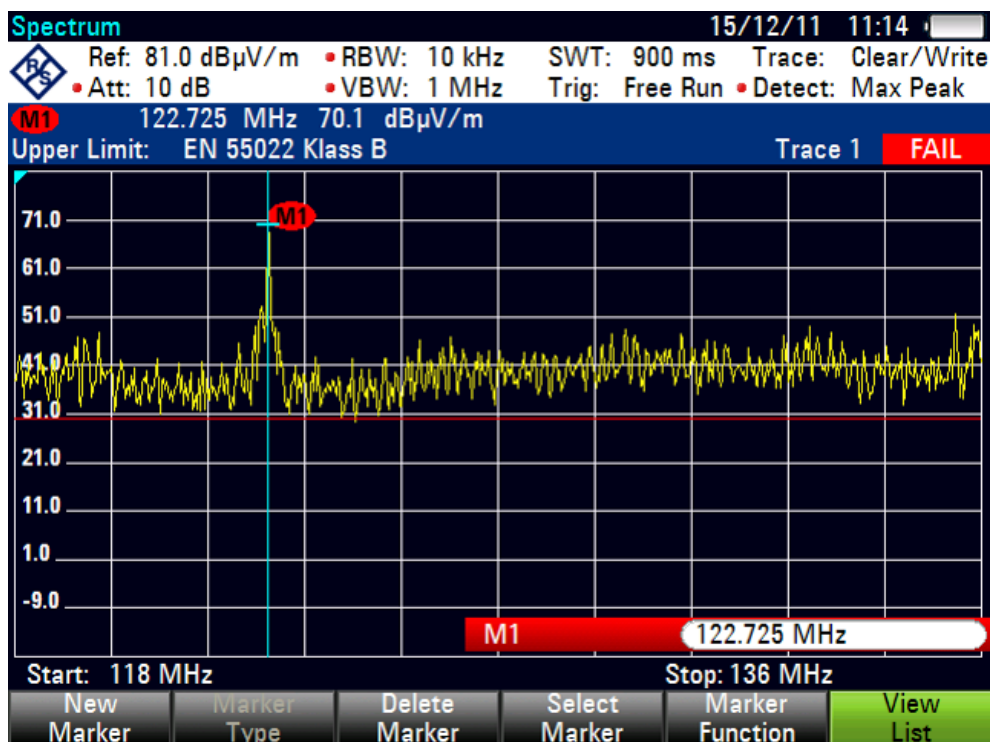
Några konkreta gränsvärden finns inte i regelverket, utan det får avgöras från fall till fall. Gränsen blir därför varierande.

2.6.1 Olika exempel på störning

Internationella teleunionens radioreglemente (ITU RR) kan ge en del vägledning om vad som kan anses vara acceptabelt eller inte. ITU är ett FN-organ och det som står i radioreglementet handlar främst om att upprätthålla relationerna länderna emellan. RR är ett viktigt men inte direkt legalt bindande dokument i EMC-frågor. Det kan användas som ”god praxis” inom radioområdet och vad som kan accepteras ur störningssynpunkt. Det mesta som står i radioreglementet handlar om användningen av radiosändare för att uppnå en störningsfri och effektiv användning av radiospektrum. Radiostörningar innebär en direkt konflikt med ambitionen störningsfri och effektiv användning av radiospektrum.

Den typ av störning som oftast skapas från modern teknisk utrustning har tyvärr oftast ett störspektrum som belägger mycket stora frekvensområden (bredbandig störning) och får vanligen en mycket negativ verkan på radiokommunikation. När störningen är bredbandig blir sannolikheten för att den drabbar en frekvens där radiokommunikation pågår mycket stor. Är störningen däremot smalbandig drabbas bara enstaka frekvenser och sannolikheten för problem blir inte alls lika stor.

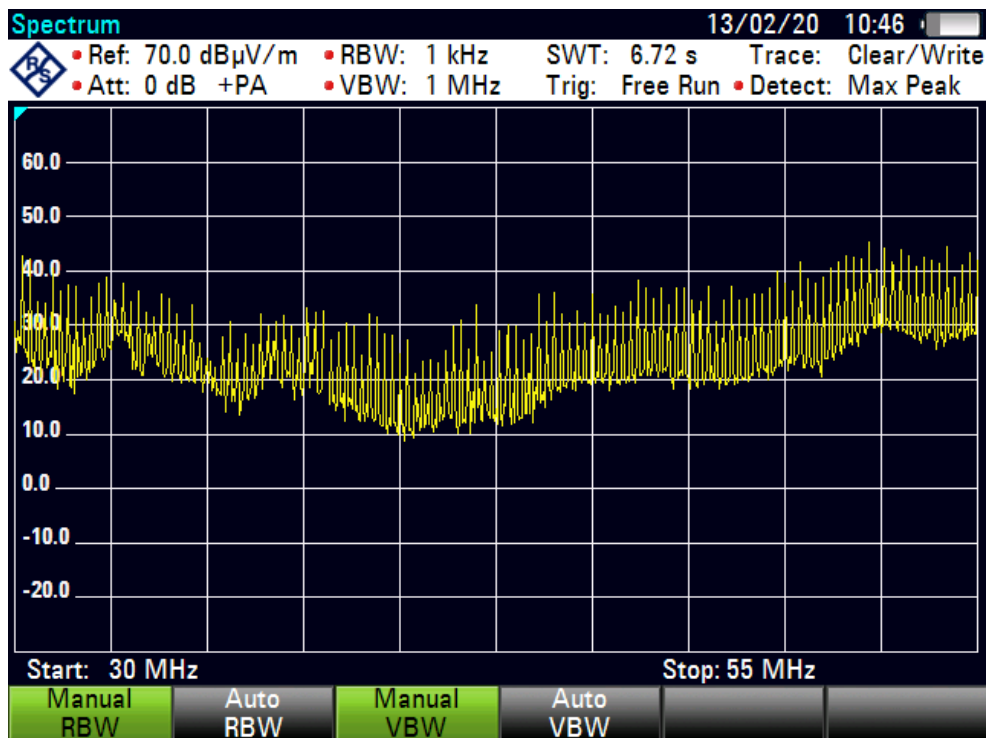
Figur 3 visar en smalbandig störning (från en reklamskylt) vid ”M1” som råkade pricka anropsfrekvensen vid en flygplats exakt. Hade den störningen funnits på någon annan frekvens hade kanske ingen uppmärksammat störningen.



Figur 3: En smalbandig störning från en reklamskylt.

I just det här fallet fanns ingen praktiskt möjlighet att kringgå problemet genom att flygplatsen bytte frekvens, de hade en tilldelad frekvens som var en del i ett omfattande planeringsarbete.

I figur 4 nedan syns en bred ”störmatte” med mängder av signaler från en solcellsanläggning med optimerare. Störningar finns också utanför det frekvensområde som bilden visar.



Figur 4: En bred "störmat" med signaler från en solcellsanläggning med optimerare.

Här kan man tala om stora mängder med ovidkommande signaler som inte tillför något relevant utan istället blir störande. Även om man har möjlighet hjälper det inte att byta nyttosignalens frekvens då den nya också kommer att vara störd.

Ovanstående bilder är registrerade med en spektrumanalysator som i princip är en radiomottagare som presenterar signalerna i bildform. Frekvensen är på X-axeln och amplituden (styrkan) på Y-axeln. Här har signalerna fångats upp med en antenn, men det går även att använda andra sensorer. Sådan mätutrustning är värdefull vid utredning av störningsproblem, vilket vi beskriver mer ingående längre fram i rapporten.

Ur ITU RR, Del 1 "Articles":

1.59 safety service: Any radiocommunication service used permanently or temporarily for the safeguarding of human life and property.

1.166 interference: The effect of unwanted energy due to one or a combination of *emissions, radiations, or inductions* upon reception in a *radiocommunication* system, manifested by any performance degradation, misinterpretation, or loss of information which could be extracted in the absence of such unwanted energy.

1.169 *harmful interference: Interference* which endangers the functioning of a *radionavigation service* or of other *safety services* or seriously degrades, obstructs, or repeatedly interrupts a *radiocommunication service* operating in accordance with Radio Regulations (CS).

ITU:s definition av en störning liknar EMC-direktivets. Bedömning av vad som är skadlig störning skiljer sig om det är säkerhetsrelaterad kommunikation eller inte och det borde vara rimligt. Exakt vad som är säkerhetsrelaterat anges inte men flygradio med tillhörande navigering borde höra dit, liksom Rakel för blåljusverksamheten. Även mobiltelefoni (ringa 112) och SR P4 (viktigt meddelande till allmänheten) fyller viktiga funktioner. FRA:s signalspaning för att hålla sig underrättade om omvärldens förhållanden är också viktig. Sedan kan vi inte bortse från hur avhängiga vi som samhälle blivit av att så gott som överallt ha tillgång till internet via mobiltelefonen. Fastigheters och industriens tekniska system blir också allt mer radiobaserade, exempelvis smarta hem.

15.12 § 8 Administrations shall take all practicable and necessary steps to ensure that the operation of electrical apparatus or installations of any kind, including power and telecommunication distribution networks, but excluding equipment used for industrial, scientific and medical applications, does not cause harmful interference to a radiocommunication service and, in particular, to a radionavigation or any other safety service operating in accordance with the provisions of these Regulations.

Man kan anse att det här bör vara uppfyllt genom EMC-direktivet och dess införlivande i svenskt regelverk. Det förutsätter dock att ansvariga myndigheter, exempelvis Elsäkerhetsverket, har möjlighet att genomföra marknadskontroll av produkter och tillsyn av elektriska anläggningar. Det är något som måste göras proaktivt då det är mycket svårt att i efterhand ändra på det som uppkommit.

För radiokommunikation saknar det betydelse vad som orsakar den störande signalen, det är lika besvärande om störningen kommer från en annan radiosändare som en oavsiktlig störning från någon elektrisk utrustning. Därför ska ITU RR ses som ett betydelsefullt dokument när Elsäkerhetsverket bedömer störningsproblem.

2.6.2 En värdefull naturtillgång

Radiospektrum kan generellt sägas fylla en samhällsviktig funktion. Betydelsen och värdet av radiospektrum framgår tydligt i inledningen på PTS spektrumstrategi:

”Användningen av trådlös teknik utvecklas och efterfrågan på radiospektrum ökar dramatiskt. Vi står inför en utveckling där allt som tjänar på att bli uppkopplat kommer att bli det. Många saker kommer att kopplas upp med hjälp av radiospektrum.

Inte minst kommer trådlös teknik att bli allt mer viktig för att alla ska kunna ta del av informationssamhället – oavsett var man bor i landet.

Samtidigt är resursen radiospektrum begränsad och har ett såväl ekonomiskt som samhällligt värde. Detta ställer krav på en strategisk spektrumhantering.”

Den strategiska spektrumhanteringen bör innefatta såväl kontroll av användning av radiosändare som begränsning av ovidkommande signaler som kan verka störande. Som tillsynsmyndighet för EMC-direktivet har Elsäkerhetsverket ett stort ansvar att skydda och förvalta naturtillgången radiospektrum som på samma sätt som andra naturtillgångar bör bevaras och hållas rent från oönskade störande signaler.

Vikten av att skydda radiokommunikation framgår också i EMC-direktivets inledning:

”Medlemsstaterna bör ansvara för att radiokommunikation, inbegripet radiomottagning och amatörradiotjänster som sker i enlighet med Internationella teleunionens radiobestämmelser, el- och telenät samt utrustning som är ansluten till dessa nät skyddas mot elektromagnetiska störningar.”

I Elsäkerhetsverkets arbete ingår:

- marknadskontroll av produkter
- tillsyn av anläggningar (innebär inte sällan återkoppling till marknadskontroll)
- samarbete med andra myndigheter
- omvärldsanalys
- medverkan inom standardisering

2.6.3 Varierande acceptansnivå

Om vi återgår till frågan ”vad är en störning” så kan vi dra slutsatsen att vissa radiotjänster får acceptera en viss nivå eller mängd av störning. Rundradionät har oftast flera olika sändare och här förväntas lyssnaren ta emot från en sändare inom det avsedda täckningsområdet; oftast finns flera alternativ. Näten är också dimensionerade med tanken att mottagaren är försedd med en god antenn.

En radioanvändare har ett ansvar att hålla sin utrustning i gott skick, ett radiosystems prestanda kan annars avsevärt försämrats vilket kan öka känsligheten för störningar.

Radiotjänster inom ”fritt” upplåtna (licensfria) radiotjänster som privatradio, kortdistansradio kring 433 MHz och liknande får vanligen acceptera att det kan bli störningar på vissa frekvenser (ofta kan man välja på ett flertal) men det är knappast acceptabelt om hela frekvensområden blir utstörda.

För säkerhetsrelaterade radiosystem (till exempel flygradio) tillåter man i princip ingen störning alls.

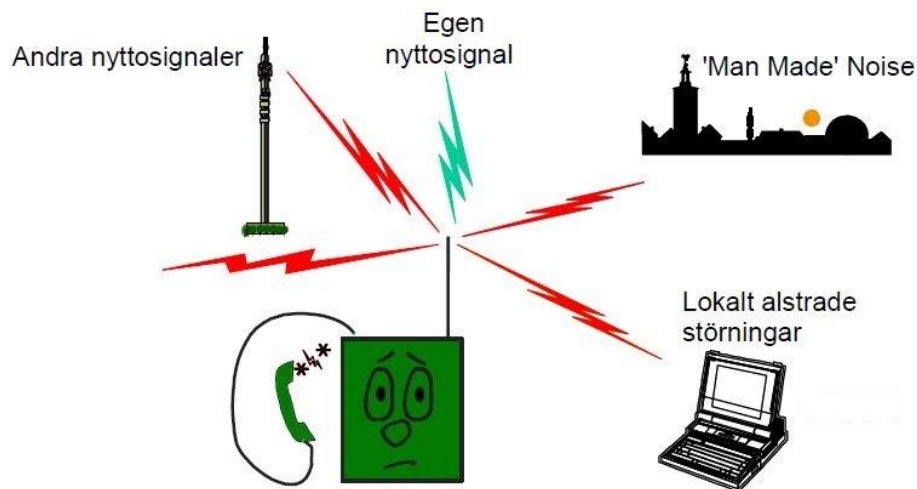
Acceptansnivån hos den störande signalen beror också på dess karaktär, som styrka, upptagna frekvensområden med mera.

2.6.4 Tålighet, robusthet hos radio

En radiomottagare utsätts för mängder av signaler och den förväntas kunna skilja ut den önskade signalen ur den mängd signaler som når dess antenn. Olika modulationssätt har skillnader i störtålighet och det kan också finnas diverse tillsatskretsar och metoder i mottagare för att öka störtåligheten.

Vid analoga modulationssätt (t. ex. AM eller FM) får radiolyssnaren ofta en känsla av om störande signaler finns, mottagningen försämrats på ett märkbart sätt som sker gradvis tills man når en nivå då mottagning inte längre är möjligt. Om däremot digital överföring används (t. ex. GSM-mobiltelefoni, DVB-T för marksänd TV, Rakel) märker användaren sällan om överföringen är måttligt störd. Överföringen kan klara av ganska höga störnivåer tills en gräns nås när hela förbindelsen abrupt bryts – då den totala störnivån överskrider en gräns.

Vanligen har digitala system felrättning som kompletterar och lägger till det som troligen fattas i en störd förbindelse. Det är också en stor fördel att digitala metoder ofta blir robustare mot störning men det gör också att det inte blir samma intuitiva indikering på förekomst av störningar. Detta kan göra det svårt att avgöra om förbindelsen är störd eller om apparaten är trasig, speciellt om man inte är insatt i detta teknikområde. Med analog överföring är det också, med en del erfarenhet, möjligt att dra slutsatser om vad som är sannolika störkällor genom att till exempel lyssna på ett störande ljud eller observera försämringar i en bild.



Figur 5: Radiomottagare utsätts både för störningar och nyttsignaler.

En viktig egenskap hos en radiomottagare är att ha hög känslighet för det man önskar ta emot, för svaga signaler på mottagarfrekvensen. Typiska nivåer som ska tas emot kan generera något enstaka till hundratals miljondels volt (mikrovolt) till mottagarens antennanslutning för svagare signaler. Mottagaren ska däremot inte vara känslig för andra signaler, exempelvis sändare på andra frekvenser. Vill man lyssna på radio P3 ska inte P2 eller P4 höras. Den önskade signalen är nyttsignalen.

En uppenbar förutsättning för fungerande radiokommunikation är att det är någon form av ordning på radiosändarnas användning. Eftersom även olika apparater oavsiktligt kan lämna störande signaler måste det också vara ordning på dessa signaler och det har man försökt hantera med EMC-regelverket. Problemet är att ett radiosystem i princip har mycket begränsad störtlighet på sin mottagarfrekvens, eftersom det är meningen att mottagaren ska vara känslig för att ta emot signaler. Om det då finns störande signaler på samma frekvens kan det bli problem. Situationen kan liknas med att försöka föra en konversation på en bullrig plats. Det går bra till en viss gräns då störande ljud överröstar motpartens tal. Den mänskliga hörseln, tillsammans med hjärnan, har bra egenskaper för att undertrycka störande ljud och automatiskt fylla i de ord som vi förväntar oss att höra. Säkert blir det lite jobbigare att lyssna men det går ändå, till en gräns.

I militära sammanhang prioriteras radiokommunikation ofta mycket högt. Vidare har man större möjlighet att ställa krav på alla ingående delar i systemet så att de inte påverkar negativt. I en civil miljö kommer man att omges av produkter som förhoppningsvis uppfyller EMC-krav för CE-märkning. I en civil miljö är det också svårt eller omöjligt att ha någon större kontroll på vad som finns i omgivningen. Vad som finns i omgivningen kommer dessutom att variera med tiden. Inom totalförsvaret finns det civila funktioner som ska kunna fungera i hela samhället

ledningarna är radiofrekventa kan de i vissa fall stråla ut från ledningarna. Det är därför viktigt att begränsa nivåerna hos sådana signaler. Hur stor risken är att det blir störningar från ledningar beror på ledningarnas utförande, längd, placering med mera. När det gäller solcellsanläggningar har det visat sig att störningar på ledningar är en viktig faktor.

Vissa typer av störningar är ibland av transient natur och kan störa eller ibland förstöra utrustningar. Inom industrin finns problem där utrustning påverkas av så kallade spänningsdippar som kan beskrivas som extremt korta (millisekunder) strömavbrott. Sådana spänningsdippar kan göra att exempelvis motordrifter stannar och måste startas om.

Ett problem som ökar i takt med att allt mer utrustning, både för elproduktion och som konsumerar el, ansluts till elnäten är övertoner. Elektronisk last är ofta olinjär till skillnad från exempelvis klassiska glödlampor eller elmotorer.

Mycket av det här ligger i ett gränsland mellan EMC och det som brukar kallas elkvalitet. Detta regeringsuppdrag berör inte elkvalitetsfrågor och därför stannar vi vid en endast orienterande beskrivning av fenomenet.

2.6.8 Störningar på mobila nät

I begreppet mobila nät ingår exempelvis mobiltelefoni och TETRA ("Raket").

Näten är uppdelade i en stor mängd celler där en basstation sköter en cell i ett visst geografiskt område. Det är inte alltid fördelaktigt att en bas täcker ett stort område, i storstadsmiljö har man ofta system som täcker ganska små områden – man eftersträvar att kunna ha ett stort antal mobila enheter i gång. En annan viktig egenskap är att ha låg sändareffekt på mobila enheter, dels för att spara på batterier och få lång drifttid men också för att inte i onödan få räckvidd som täcker in intilliggande system.

Mellan basstation och mobil enhet är kommunikationen dubbelriktad.

Basstationerna finns överallt i samhället, på master, på hustak, väggar med mera, men även inne i fastigheter. Basstationerna är ofta samlokaliserade med annan utrustning och man kan räkna med att de kan komma att sitta tätt inpå solcellsanläggningar på samma eller intilliggande tak. Den största störrisken finns sannolikt på upplänken där basstationens mottagare kan bli störd av en solcellsanläggning. Rapporter om sådana problem finns bland annat från Nederländerna. Att nerlänken, det vill säga mobiltelefonens mottagare, skulle bli störd av en solcellsanläggning är förmodligen mindre sannolikt; mobilens användare är normalt knappast i närheten av solcellsanläggningar på tak. Mottagningen på upplänken handlar om utpräglad svagsignalkommunikation

(mobilens sändareffekt är låg). Därför krävs en känslig mottagare på upplänken och bra antenner med hög antenvinst.

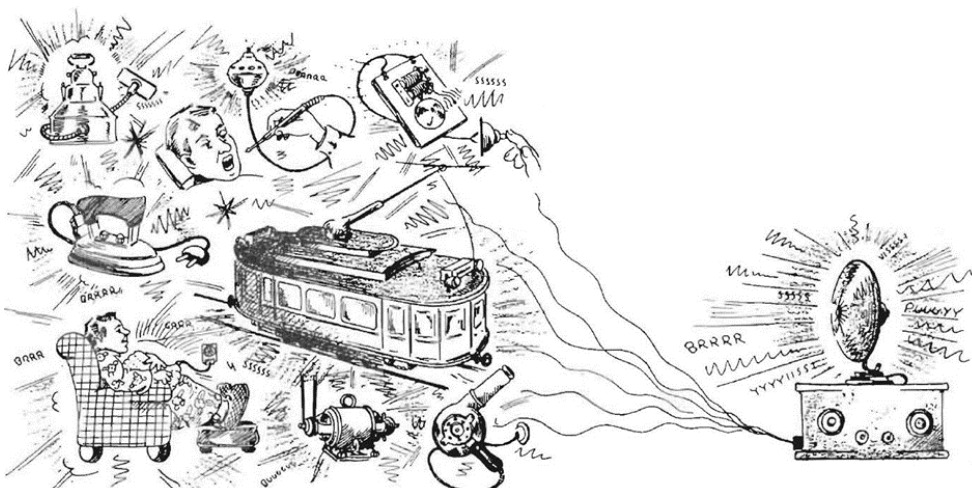


Figur 7: Dubbelriktad kommunikation mellan mobiltelefon och basstation.

Konsekvensen av störning på upplänken kan vara svårbedömd. I mobiltelefonsystem finns ofta möjligheten att också utnyttja andra frekvensområden men det störda området drabbas och i slutändan kan det få ekonomiska konsekvenser för mobiloperatören. Användaren kanske inte märker störningar direkt, kanske upplevs det som sämre prestanda, att samtal kopplas ner eller datakommunikation går långsamt.

2.6.9 Vad är det egentligen som stör?

Radiostörningar är inget nytt. Så länge det funnits radio har det funnits störningsproblem. Stor frustration uttrycktes i ett nummer av tidningen Populär radio under 30-talet, se figur 8. På den tiden var radio oftast amplitudmodulerad och känsligare för störningar. En del av storkällorna finns fortfarande kvar idag men nya har tillkommit och framförallt har antalet produkter i samhället förändrats sedan 30-talet.



Figur 8: Illustration av radiostörningar, ur tidningen Populär radio från 1930-talet.

Mycket har naturligtvis blivit bättre sedan dess. Rundradio övergick till frekvensmodulering under 50-talet, den blev mycket mer tålig mot störningar. Regelverket kring EMC har också tillkommit. Men utmaningar finns kvar i annan form:

- antalet produkter på en given plats många gånger fler än förr
- utbudet av produkter har också mångdubblats
- tekniskifte där analogt blivit digitalt plus switchad kraftelektronik
- radiostörningarna har ändrat karaktär
- så gott som all ny teknik är en utmaning avseende EMC
- kraftig prispress
- kvalitetsproblem, åldrande utrustning orsakar problem
- elinstallatörer med begränsad kunskap om EMC
- lycksökare förekommer ibland på marknaden, säljer utrustning som inte uppfyller kraven
- politiskt tryck på att införa ny teknik

3 Anmälda ärenden – källor till kunskap

3.1 Statistik på anmälda

Elsäkerhetsverket har inte sammanställt någon statistik då det troligen enbart ger just en bild av anmälda ärenden och inte av läget med EMC som helhet vilket borde vara mer intressant. Ställer man antalet produkter och installationer av olika slag som är i drift ute i samhället mot antalet anmälda ärenden under åren skulle man lätt kunna dra slutsatsen att det här med EMC-problem är helt försumbart och något man utan vidare kan bortse från. Hur en rimlig statistik som innehåller rättvisande information om EMC ska tas fram är en fråga som behöver tittas på närmare.

3.1.1 Fåtal ärenden – få problem?

Förmodligen är EMC-problem betydligt vanligare så det går inte att påstå ett litet antal anmälda ärenden är ett tecken på att allt står bra till där ute i samhället. De problem som Försvarsmakten noterat och även presenterar vissa mätningar på finns inte med bland anmälda ärenden hos Elsäkerhetsverket men representerar ändå möjliga scenarion och har förekommit i andra länder. När EMC-problem uppmärksammas av Elsäkerhetsverket görs en utvärdering om sannolikheten för om problemet kan komma att utgöra ett bekymmer på bredare front. Därför kan man inte per automatik påstå att ett problem skulle vara banalt för att myndigheten till dags dato bara har ett fåtal anmälningar.

Varför så få anmälda problem - hypoteser:

- Den som störs förstår inte alltid att man faktiskt är störd. Många har inte tekniska kunskaper för att sätta alla saker i sitt samband. En del system (oftast digitala) visar inte tecken på störning förrän det är så allvarligt att systemen helt slutar fungera.
- Svaga incitament. När en industri stör sig själv riskeras produktionen. Rörande solcellsanläggningar drabbas ofta någon annan av störningen. Störkällans innehavare kanske inte upplever någon störning och vinner därmed inget på att gå till botten och se till att problemet blir löst.
- Ekonomiska faktorer. Det kan bli dyrt att åtgärda problemen i efterhand när de dyker upp.
- Relativt få privatpersoner använder svagsignalkommunikation via radio.
- Vissa problem har anmälts till PTS i tron att det är radiosändare som stör. PTS löser ibland det som är EMC-problem när man ändå är på plats.
- Kunskapen om radioteknik och EMC är bristfällig.
- Konflikträdsla.

3.2 Frekvensområden

I dessa frekvensområden har det förekommit såväl anmälda störningar som potentiella störningsrisker från solcellsanläggningar där det kan finnas anledning att befara att påverkan kan ske.

0,1-0,5 MHz	Rundradio (långvåg), militär kommunikation, DGPS, flygets radiofyrrar (NDB), radioklockor mm
0,5-1,6 MHz	Rundradio (mellanvåg)
1,8-30 MHz *)	Rundradio och Amatörradio, kortvåg (utvalda frekvensband) plus militär användning.
30-88 MHz	Försvarets truppradio
88-108 MHz	Rundradio ”FM-bandet”
108-137 MHz	Flygradio, navigering och röstkommunikation
50-52 MHz*), 144-146 MHz *)	Amatörradio VHF
137-174 MHz	Olika former av kommunikationsradio (taxi, vaktbolag, marin VHF mm)
223-240 MHz	Digital rundradio ”DAB” (sparsam användning i Sverige)
380-395 MHz	TETRA (”Rakel”)
433-434 MHz	Kortdistansradio (kommunikationsradio, fjärrkontroller, billarm, mm)
470-790 MHz	Marksänd TV (DVB-T)
760-960 MHz *)	Mobiltelefoni (LTE, UMTS, GSM)

Över 1 GHz förefaller störnivåerna mycket begränsade.

Av Elsäkerhetsverkets anmälda ärenden kan man se att störningar i nuläget *är anmälda* i stjärnmarkerade frekvensområden (anmäld radiostörning) men det går också tydligt se i de olika ärendena att störningens karaktär är sådan att den täcker stora frekvensområden, *så gott som alltid betydligt bredare än vad själva anmälan omfattat*. Riskerna finns huvudsakligen inom ca 100 kHz – 1 GHz. Det är för övrigt en klar trend när det gäller avgivna störningar från merparten av modern utrustning: signalerna täcker för det mesta mycket stora frekvensområden. Det är

en avsevärd nackdel ur radiostörningssynpunkt eftersom sannolikheten att något ska störas ökas avsevärt jämfört om bara några enstaka signaler avges.

Utifrån de anläggningar som vi har observerat, kan Elsäkerhetsverket notera att signaler från vissa solcellsanläggningar kan noteras från långvåg upp till minst 1 GHz.

En komplett frekvensplan finns hos [Post- och telestyrelsen](#).

3.3 De vanligaste anmälarna till Elsäkerhetsverket

Relativt få anmälningar har inkommit till Elsäkerhetsverket, vilket medför att underlaget som finns att utgå ifrån är mycket begränsat. En anmälning innebär inte per automatik att Elsäkerhetsverket inleder tillsyn eller utreder anmälningsärendet. Förhållandevis små grupper i samhället står för ett oproportionerligt stort antal ärenden med anmälningar till Elsäkerhetsverket om det sätts i relation till befolkningen som helhet. En gemensam nämnare för dessa är användare av olika former av mer avancerad eller seriös radiobaserad kommunikation samt goda tekniska kunskaper. Nedan återfinns en generaliserad beskrivning av de olika typerna av anmälare:

Radioamatörer

Den i särklass största gruppen anmälare. Använder delar av en stor del av radiospektrum för verksamhet som innebär att svaga signaler ska tas emot, inte sällan på gränsen till vad som är tekniskt möjligt. Verkar i bostadsmiljö i närhet till andra. Goda radiokunskaper och allmänt tekniskt kunnande. En hobbyverksamhet. En god indikator på problem under uppsegling.

Rundradiolyssnare "DX"

Här avses lyssning på radio från andra länder, ofta i andra världsdelar. Bedrivs i princip under samma former som amatörradio och drabbas av samma problem.

Mobiltelefonoperatörer

De verkar också i bostadsmiljö då basstationerna ofta sätts upp på eller i nära anslutning till hushåll mm. Man ska ta emot svaga signaler från mobiltelefonerna där liten sändareffekt önskas för att spara på batteri i mobilen och kunna ha många abonnenter i systemen. De har ofta hanterat störningsproblem på egen hand så det verkliga antalet problem är förmodligen avsevärt större än vad vi känner till.

Komradioanvändare

Trots mobiltelefonin finns fortfarande en hel del som använder kommunikationsradio. Exempelvis väktarbolag, taxi, budfirmor mm. Här handlar det ofta om mobila enheter som ska vistas i mycket skilda miljöer. Mottagna signalstyrkor är ofta ganska svaga. Användarna har i allmänhet ganska måttligt

tekniskt kunnande, de har radion främst som rent arbetsverktyg. Marin VHF har en viktig säkerhetsfunktion till sjöss där inte alltid ordinär mobiltelefoni fungerar.

Flygradio

Både kommunikationsradio och navigering. En mycket viktig säkerhetsfunktion inom flyget. Även den här gruppen har radio som ett arbetsverktyg. En bakomliggande organisation tar hand om det tekniska.

Fjärrmanövrering

Nyckeln till bilen är ett vanligt exempel. Här verkar det främst vara avsiktlig störning från kriminella störsändare som är huvudproblemet och det är inte EMC-relaterat. Även fjärravläsning av elmätare.

WLAN, allmän trådlös teknik

Användningen är mycket utbredd vilket gör att det många gånger helt enkelt blir trångt på frekvenserna vilket inte är ett EMC-problem. Användningen är upplåten helt utan frekvensplanering. En del störningsproblem förekommer också. Vissa produkter har dålig robusthet mot störningar (billig konstruktion). Används utan krav på teknisk kunskap.

Rundradio/TV

Här avses det som privatpersoner normalt använder. Ganska få anmälningar. Måttliga tekniska kunskaper hos användare. Varierande skick på antenner. En del tar emot sändningar utanför avsett täckningsområde vilket ger onödig störkänslighet.

Licensfri radio

Enklare komradio typ privatradio och PMR. Trådlösa mikrofoner/hörlurar. Trådlösa väderstationer. Radiostyrda leksaker.

Det har inte inkommit några anmälningar till Elsäkerhetsverket från totalförsvaret. Som vi kan se i övriga delar av rapporten är detta inte en indikation på att det inte förekommer störningar på deras verksamhet. Hanteringen av förekommande störningar har hanterats utan att anmäla. Det är positivt att problem blir lösta men nackdelen är att det inte kommer till kännedom och förtydligar helhetsbilden.

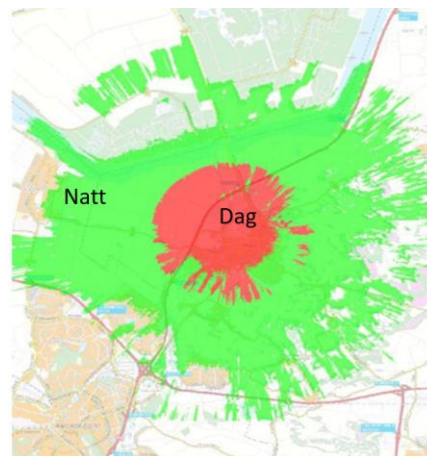
4 Trender

Ett antal trender inom området EMC-störningar är att

- antalet anmälningar om störproblem har ökat gradvis
- störningar tenderar att nå allt högre frekvenser och även uppta större frekvensområden än tidigare
- störningars karaktär har starkt förändras på grund av teknisk produktutveckling under åren.

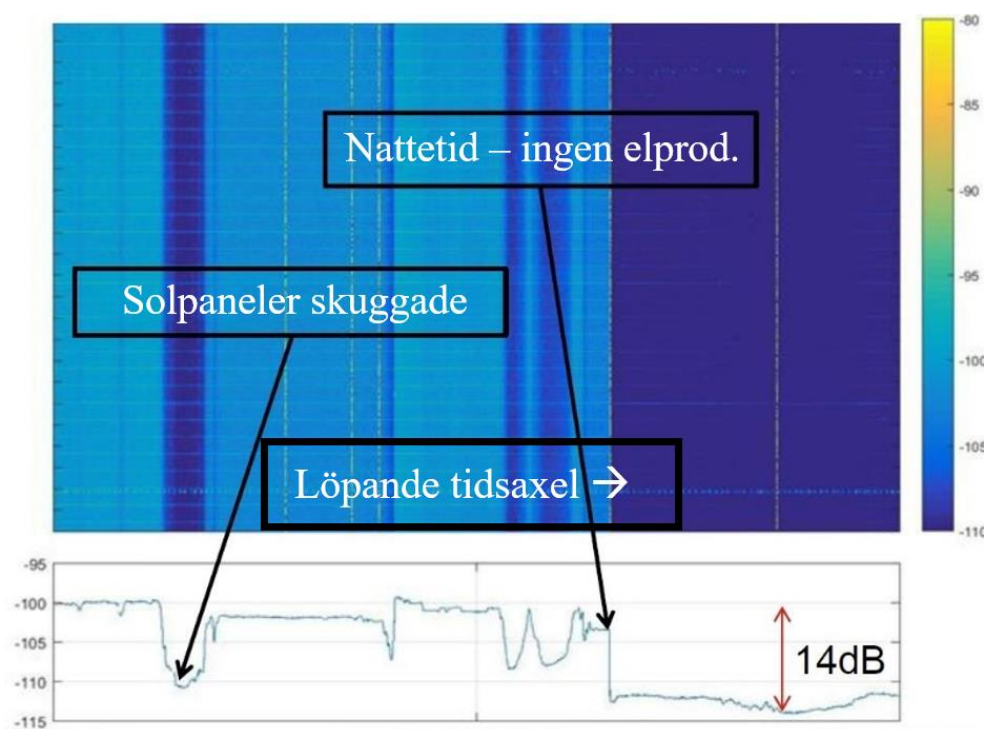
4.1 "Rakelproblem" i Nederländerna

Enligt Nederländernas motsvarighet till PTS har ett ganska stort antal basstationer för deras motsvarighet till Rakel – C2000 – drabbats av störningar från solcellsanläggningar med optimerare. Precis som i fallet med mobiltelefoni som vi beskriver längre fram är det mottagningen på upplänken som störts. Signalstyrkan från de portabla Rakelenheterna är förhållandevis svag och därmed känslig för störande signaler på samma frekvensområde. I den högra bilden i figur 9 syns hur stationens täckningsområde drastiskt förändras. Försämringen dagtid innebär i ett aktuellt fall att täckningsområdet reduceras ca 80 %.



Figur 9: En basstation i Nederländerna. Täckningsområdet för basstationen förändras beroende på om det är dag eller natt. Bild: Agentschap Telecom NL

Data från stationen visar hur störningen varierar med tiden. Exempelvis syns det när det blir mulet en stund, störnivån avtar märkbart. Störst skillnad blir det när solen går ner, detta syns i figur 10. Mörkblått i bilden representerar låg störnivå.

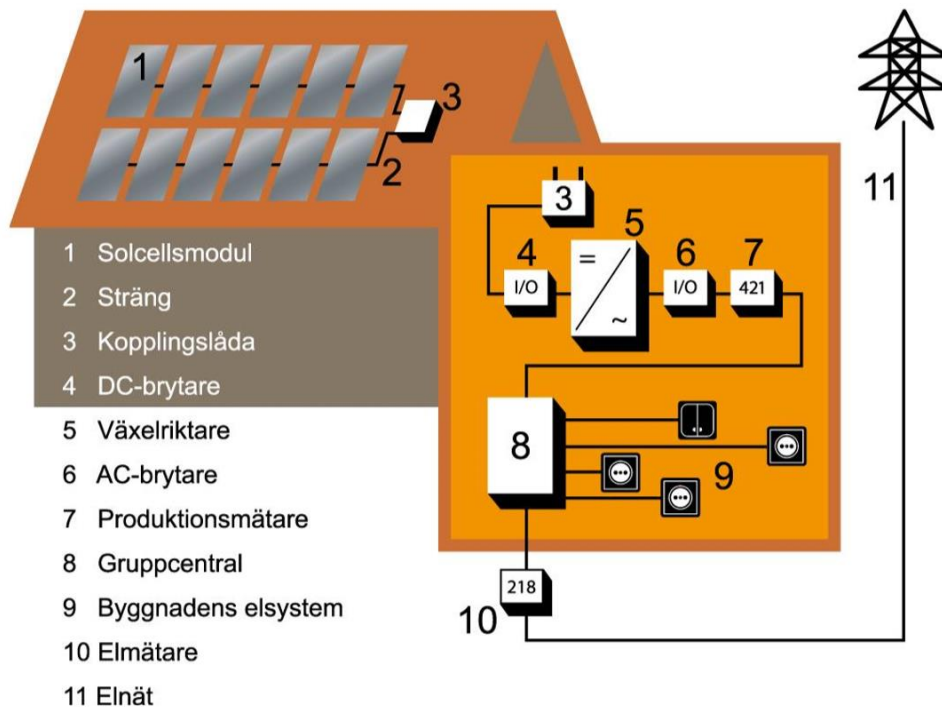


Figur 10: Data från den nederländska basstationen visar hur störningen varierar med tiden. Exempelvis syns det när det blir mulet en stund, störnivån avtar märkbart.
Bild: Agentschap Telecom NL

Det har ännu inte inkommit någon anmälan till Elsäkerhetsverket om motsvarande problem i Sverige, trots att samma typ av radiosystem och solcellsprodukter finns här. Försvarets materielverk har gjort datorsimuleringar baserat på mätresultat från två olika solcellsanläggningar och för den sämre av dem visar simuleringen ett möjligt störscenario motsvarande de nederländska ”rakelproblemen”. Detta redovisas som en egen bilaga i detta regeringsuppdrag.

4.2 Tekniken i solcellssystem

Solcellerna, som producerar likström, är seriekopplade i en lång slinga (allmänt kallad sträng). I en anläggning kan det finnas en eller flera sådana strängar. Ofta kan det vara fördelaktigt att dela upp en anläggning på flera strängar. Det anses exempelvis vara ett problem om delar av ett tak är skuggat, det sänker utbytet från anläggningen då skuggade delar verkar dämpande.



Figur 11: Ett solcellssystem

För att anpassa energiutbytet från solcellerna används i allmänhet optimerare i någon form. Sättet att maximera energiuttaget från solcellerna kallas ”MPPT” (Maximum Power Point Tracker). Det kan också finnas funktioner för att stänga av elproduktionen. Optimerarfunktionen kan antingen vara utlokaliserad till enheter vid solcellen eller vara integrerad i växelriktaren. När separata optimerare används brukar de antingen betjäna en sträng per optimerare eller en optimerare per solcell (ibland en optimerare för två solceller). Varianter av detta kan förekomma. Det har även förekommit varianter där optimerare är integrerade i solcellerna. Rent tekniskt kan en optimerare ses som en DC/DC-omvandlare, vilket är ett exempel på switchad kraftelektronik.

Solcellernas likspänning omvandlas till växelspänning i växelriktaren. Beroende på anläggningens storlek kan det finnas en eller flera växelriktare. En typisk villainstallation har oftast bara en (eller ett fåtal) växelriktare. Växelriktaren matar ut energin på elnätet. Växelriktaren är en DC/AC-omvandlare, även det ett exempel på switchad kraftomvandling.

4.3 Jämförelse av olika solcellssystem

Nedanstående jämförelse fokuserar helt på EMC-egenskaperna. Olika huvudprinciper:

- inga optimerare alternativt optimerare integrerade i växelriktaren

- en optimerare per sträng (större grupp av solceller). Litet antal separata optimerare
- en optimerare för varje enskild/enstaka solcell. Stort antal separata optimerare
- optimerare integrerade i varje enskild solcell (verkar vara ovanligt)

Ett utförande där optimeringsfunktionen är integrerad i växelriktaren är tacksam ur EMC-synpunkt då filterfunktionen gör nytta för såväl växelriktar- som optimerardelen. Det är förstås en ekonomisk fördel men också en praktisk då avstörningskomponenterna finns i en och samma kapsling för apparaten.

Att bygga upp anläggningen med separata optimerare som är placerade uppe vid solcellerna fodrar att varje enskild optimerare har filter (och eventuellt andra EMC-åtgärder). EMC-åtgärderna får därmed större del av den totala kostnaden för varje enskild produkt. Det kan också vara fysiskt besvärligt att få plats med dem i produkten. En annan faktor med separata optimerare är att det totala antalet optimerare i en anläggning blir stort, och här kan det bli en sammanlagringseffekt som gör att den totala störnivån ökar. Vanligen är det en optimerare för en eller två solceller. Det kan också finnas driftsmässiga fördelar (helt vid sidan om EMC-egenskaperna) med att ha optimerarna placerade uppe vid solcellerna i stället för integrerade i växelriktaren. Ur störningssynpunkt är det en nackdel med elektronisk utrustning på taket då man får en utbredning av störkällor över en stor yta på grund av den fria placeringen. Dessutom torde produkterna hamna närmare eventuella radioantennor i omgivningen.

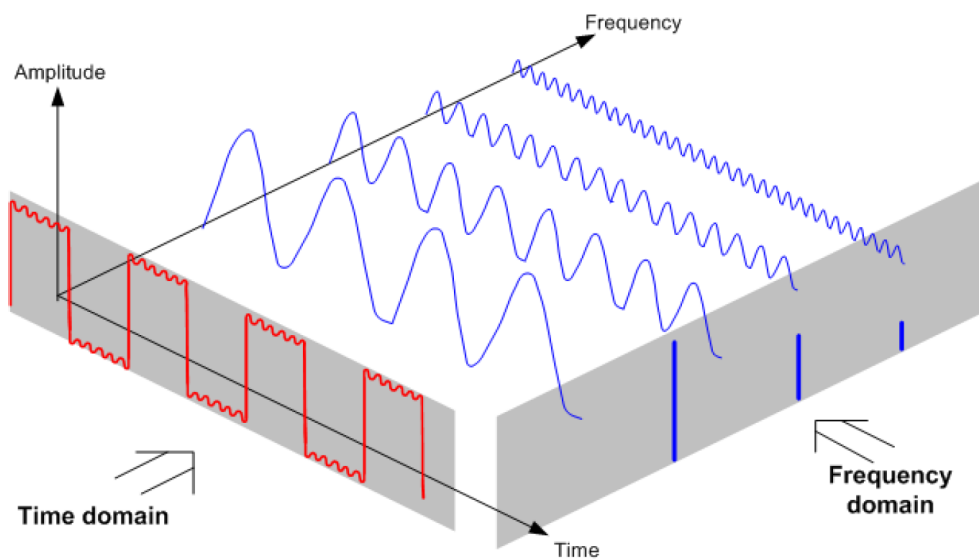
4.4 EMC-utmaningar med switchad kraftomvandling

Vid användande av växelspänning kan man lätt omvandla den från en spänningsnivå till en annan, det görs med en transformator. Mer utmanande har det varit att omvandla en likspänning till en annan likspänning, eller från likspänning till växelspänning. Här har dock den switchade krafttekniken gjort stora framsteg och det är numera enklare. Vår vardag är full av produkter som använder switchad kraftelektronik, t ex laddare för mobiltelefoner, nätdelar till datorer och drivdon för LED-lampor. Fördelarna med den här tekniken är välkända; hög effektivitet, stora reglermöjligheter och ofta mycket kompakt utförande. Numera har switchtekniken i praktiken slagit ut den äldre så kallade linjära när det gäller kraftförsörjning.

Den kanske främsta nackdelen med switchtekniken är risken för elektromagnetiska störningar. På grund av omvandlingens arbetssätt, upphackning av spänning för omvandling, arbetar man med kurvformer hos signalerna som är mycket kantiga. Utan att gå in i detaljer får vi här nöja oss med att vidarebefordra det faktum att ”kantiga” signaler som biprodukt ger upphov till en stor mängd signaler på högre frekvenser, så kallade övertoner. Även fast grundfrekvensen är låg, här brukar det

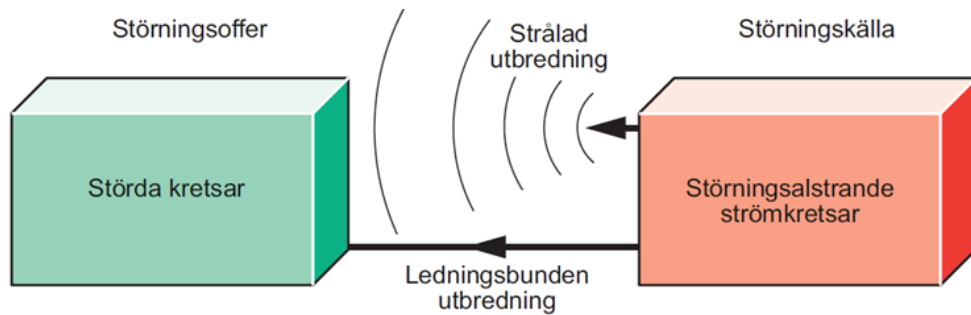
vara tiotal till hundratal kilohertz, kommer övertonerna att täcka stora frekvensområden och det blir ända upp i radiofrekventa områden, det vill säga megahertz och uppåt. Det är förklaringen till att något som uppenbarligen inte är avsett att vara en radiosändare ändå kan skapa radiofrekventa signaler. Dessa signaler ska ses som en oönskad biprodukt till den normala funktionen.

Andelen högfrekventa övertoner beror till stor del på hur snabbt omslaget till/från sker i switchkomponenterna. För att få ner effektförluster (oönskad värme) i komponenterna vill man att omslaget ska ske så snabbt som möjligt men det innebär samtidigt att störningsrisken ökar. Nedanstående bild (figur 12) visar hur en signal med skarpa flanker (den röda) motsvaras av ett flertal signaler med olika (ökande) frekvens. Om den röda signalen rundas av kommer andelen signaler med högre frekvens att avta i motsvarande grad.



Figur 12: Om den röda signalen rundas av kommer andelen signaler med högre frekvens att avta i motsvarande grad. Bild: R&S.

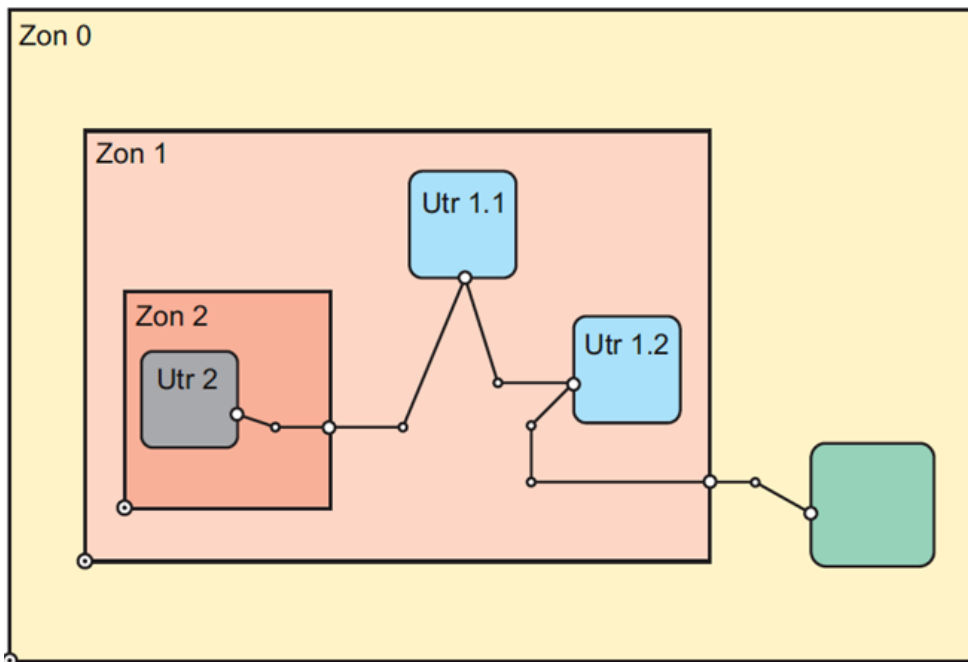
Signalerna kan komma ut på flera olika sätt, i EMC-litteraturen talar man om utstrålad och ledningsbunden emission. Det är viktigt att notera att det inte är två helt skilda saker utan de hänger ihop, vanligen leder ledningsbunden emission till utstrålad emission, och omvänt. Därför är det i praktiken lika viktigt att förhindra att signaler kommer ut ledningsbundet via ledningar som direkt utstrålat från apparaten.



Figur 13: Utbredning av störningar (från EMMA-handboken).

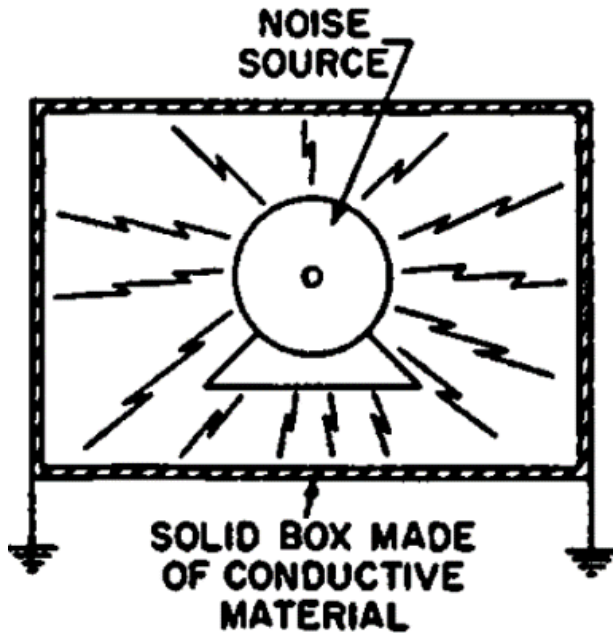
Signalerna inne i apparaterna behövs för funktionen men hindras de från att spridas till omgivningen orsakar de inte problem. Som väl är finns etablerade lösningar för det här men det förutsätter att apparaterna konstrueras lämpligt. Man talar om *skärmning, filtrering och zonindelning* som metoder och enkelt uttryckt går det ut på att skapa en tydlig barriär mellan apparatens inre delar och omgivningen och hålla signalerna på sin plats.

En viktig del i zonindelningen är det separationsavstånd som förutsätts finnas mellan delarna. Signalers styrka avtar snabbt med avståndet så ett sätt att hantera EMC är faktiskt att hålla avstånd. Det kan vara värt att veta att EMC-standardernas krav i regel bygger på att det ska finnas ett visst avstånd. För produkter avsedda för bostadsmiljö är det typiskt 10 meter, för industriprodukter 30 meter. Här får vi åter påminna om att skyddet främst avser förhållandevis starka radiosignaler som exempelvis rundradio. För skydd av svagare signaler är det inte alls säkert att de vanliga separationsavstånden räcker som skyddsbarriär.



Figur 14: Exempel på zonindelning (från EMMA-handboken).

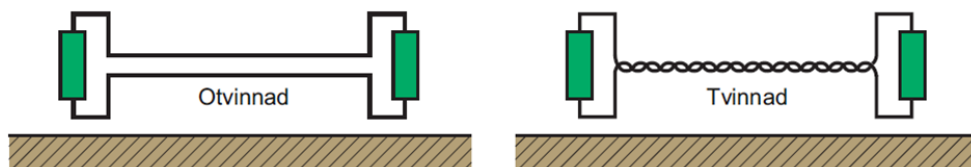
Ett skärmande metallhölje – ”Faradays bur” – blir en tydlig zongräns men det krävs också att ledningarna inte för med sig signaler in eller ut och för det finns filter.



Figur 15: Ett skärmande metallhölje hindrar signaler från att sprida sig - kallas "Faradays bur".

Om ledningarna bara passerar genom ett hål i zongränsen uppnår man ingen eller obetydlig skyddsverkan, även om den är skärmad. Vidare måste alla ledningar hanteras, det går inte att försöka smyga ut någon enstaka utan filter. Eftersom den önskade likspänningen (DC) eller växelspanningen (AC) skiljer sig så markant från de oönskade övertonerna (hög frekvens) är det ingen märkvärdig uppgift att konstruera ett filter som bara släpper igenom det önskade (mycket låg frekvens). Vill man av någon anledning inte filtrera det som ska ut på en kabel kan man i stället använda en skärmad kabel, då blir den skärmade kabeln en fortsättning på zonindelningen. Men en skärmad kabel förutsätter att zontänkandet fortsätter i kabelns ände också. Det funkar därför inte för solcellsprodukterna där DC-sidan har kontakt med en helt öppen solcell och inte heller för AC-sidan som går vidare till ett elnät.

Det går också att minska antennverkan från kablar genom att tvinna dem. Det är fördelaktigt att ha ledningarna tätt inpå varandra.

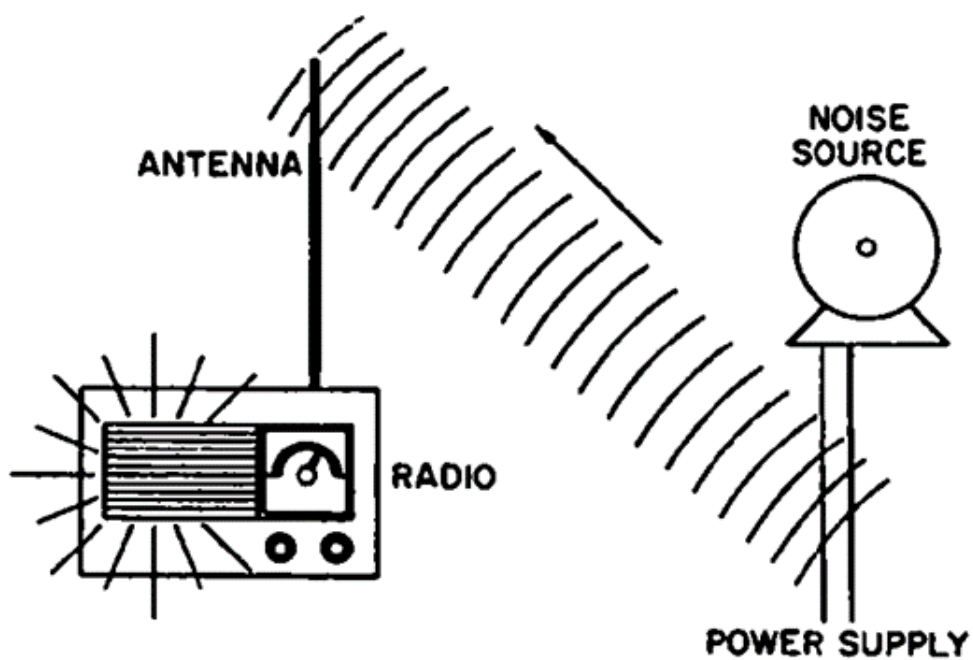


Figur 16: Otvinnade respektive tvinnade ledningar.

Ytterligare ett sätt att minska störningar från kablar är att montera ferritkärnor på kablarna. Då minskar störströmmen och därmed graden av utstrålning från kabeln. Det kräver dock att de placeras lämpligt och väljs för det frekvensområde där störningen finns. I annat fall försämras verkan av åtgärden och kan i värsta fall helt utebli.



Figur 17: Ferriter på kablar.



Figur 18: Kablars betydelse som oavsiktliga sändarantennar.

Taktiken med skärmning, filtrering och zonindelning har den stora fördelen att apparaten också blir tålig mot störande signaler som kan finnas i omgivningen. Även för den tåligheten finns uttalade krav i EMC-direktivet.

4.5 Undvika störproblem

Det finns ett antal grundläggande metoder för att minska störverkan. Här beskrivs några metoder kortfattat med fördelar och nackdelar.

Filtrering: En grundläggande metod som går ut på att elektriska komponenter stoppar oönskade signaler att komma ut på en ledning. Genom lämpligt komponentval kan man få filterverkan på önskade frekvenser. Rent praktiskt kostar dock komponenterna pengar och tar plats i apparaten.

Långsammare flanker: Om switchningen i produkterna sker långsammare blir mängden övertoner mindre och risken för EMC-problem minskar. Kraven på filter minskar också. Nackdelen är att effektiviteten i produkterna försämras då det blir mer förluster i switchkomponenterna, något som också kan vara problematiskt att hantera genom ökad värmeutveckling.

”Jitter” på signaler: Om signalerna konstant varieras i frekvens och avsiktligt görs något ”ostabila” så kommer de att mätas upp svagare vid EMC-prov. Beroende på vilka radiosystem som finns i omgivningen kan störverkan upplevas som svagare. Det förutsätter dock att det bara är en enskild storkälla, i verkligheten finns produkterna (i synnerhet optimerare) i stort antal och stornivåerna från signalerna adderas och den sänkning av stornivån som på varje enskild frekvens kanske uteblir i verkligheten vid sammanlagring. Metoden är känd och mycket omdebatterad i EMC-sammanhang.

Installationsåtgärder: Exempelvis partvinnat kablage, ferritkärnor på kablage, extra filter. Det kan fungera bra men nackdelen är att åtgärderna förutsätter att arbetet verkligen blir rätt gjort. Viktigt med utförliga anvisningar från tillverkaren. Helst bör en produkt kunna installeras enkelt utan komplicerade arbeten, produkten bör snarare ha marginaler för hur den kan installeras.

Hög sändareffekt: Ger starkare nyttosignaler för mottagaren som bättre hävdar sig mot störningar. Av praktiska skäl kan det inte alltid göras. Är stornivån på mottagarplatsen hög kanske det visar sig att det krävs helt orimlig ökning av sändareffekten för att kompensera detta.

Effektivare antenner: Effektivt på sändarsidan för att få en stark nyttosignal. Tillämpas det på mottagaren (nära storkällan) kan det vara kontraproduktivt då en effektiv antenn är lika effektiv för nyttosignalen som för störningarna. Kan inte alltid göras av praktiska skäl.

Avstånd: Eftersom signalernas styrka avtar med avståndet kan man föreskriva skyddsavstånd. Nackdelen är att det kanske gör att vissa saker blir svårplacerade. Vidare kanske det i vissa fall blir praktiskt omöjligt att få plats på ett givet utrymme. LFV har gått ut med ett meddelande om 3000 meter avstånd mellan flygplatser och solcellsanläggningar.

Antennplacering: Ibland kan antenner omplaceras så de hamnar gynnsammare i förhållande till en störkälla (oftast innebär det större avstånd).

Kravställning: Vet man om att radiokommunikation ska samsas med annan elektronisk utrustning, i synnerhet på en liten yta, bör det observeras vid upphandling genom lämpligt formulerade krav. Det är för övrigt också ett krav enligt regelverket för fasta installationer enligt EMC-direktivet.

5 Erfarenheter från ärenden

Exempel på ärenden finns i kapitel 9 och 10.

5.1 Generellt

- Elsäkerhetsverket har haft diverse ärenden under åren där olika former av utrustningar, apparater och fasta installationer, har orsakat problem i form av radiostörningar. Orsakerna har varierat: produkter som inte uppfyller EMC-krav, felaktig installation, åldrande eller fel som uppstått.
- Utrustningar som uppenbart inte är radiosändare kan generera oavsiktliga radiofrekventa signaler som kan störa och i värsta fall helt slå ut radiokommunikation.
- Flera fall pekar på tvekan om valda EMC-standarder för produkterna verkligen räcker för att uppfylla EMC-direktivets så kallade väsentliga krav för den användning som de sen är tänkta för. Direktivets väsentliga krav är det som är legalt bindande, inte EMC-standarderna i sig.
- Vi har i flera fall sett att kraven i EMC-standarder är otillräckliga för att skydda mer känslig radiokommunikation än rundradio och TV. Sådan kommunikation förekommer allmänt, vetskapen hos allmänheten om det är dock låg.
- Då flera olika typer av radiotjänster har drabbats av störning i de ärenden som Elsäkerhetsverket har hanterat, finns anledning att befara att också totalförsvarets verksamhet kan drabbas av motsvarande störproblem.
- Om radiosystem ska samlokaliseras med annan utrustning bör man generellt göra en utredning för att komma fram till vilka krav som bör ställas. CE-märkta produkter ger ingen garanti för störningsfrihet.
- Elinstallatörer har generellt begränsade kunskaper inom EMC.
- Förståelsen för EMC-problem är generellt låg hos såväl innehavare av störande utrustning som nyttjare av många radiosystem.
- Oftast blir det mycket kostsamt att lösa EMC-problem i efterhand.
- Erfarenheter från störningsärenden bör tas tillvara för eventuell marknadskontroll i syfte att få bort olämpliga produkter från marknaden.

5.2 Solcellsanläggningar specifikt

- Under de senare åren har problem anmälts där störkällan visat sig vara solcellsanläggningar. Det är en helt ny störkälla, även om tekniken i ingående

delar inte på något sätt är ny. Situationen sammanfaller med en stark ökning av den typen av installationer.

- I samtliga fall som lett till tillsyn har det handlat om anläggningar med så kallade optimerare uppe vid solcellerna. Störningarna härrör från höga nivåer av störande signaler på DC-kablarna.
- Under arbetets gång har vi uppmärksammat brister i EMC-standarder för solcellsprodukter. Främst har det handlat om avsaknad av krav för DC-ledningarna till solcellerna. Liknande brister finns även i EMC-standarder för andra produkter.
- EMC-standarderna förefaller inte hantera situationen med sammanlagring av signalnivåer från produkter som installeras i större antal.
- I samtliga fall med störningsproblem uppger innehavaren att installationen skett av ett elinstallationsföretag och enligt tillverkarens anvisningar.
- Störande solcellsanläggningar har i några fall modifierats genom tillverkaren. Åtgärderna bedöms ha varit mycket omfattande och resultatet har varierat.
- Tydliga och relevanta EMC-krav bör finnas på produkter från början så produkterna kan installeras med större säkerhet avseende EMC.
- Ett ökat krav på dokumentation genom att hantera alla solcellsanläggningar som ”fasta installationer” och kräva utökad dokumentation för enskilda anläggningar kommer få stora konsekvenser på utbyggnaden och kostnaderna. Sannolikt en oönskad utveckling.
- Vi har konstaterat att det finns produkter på marknaden som förefaller ha goda EMC-egenskaper och där risken för radiostörningar sannolikt är liten även i en uppförd anläggning. Typiskt för dessa är att de har en låg störnivå på DC-ledningarna.
- Installationspraxis med oskärmad enkelledare på DC-sidan som är förlagd i en lång slinga på taket är inte optimal ur EMC-synpunkt. Det är dock en installationsmetod som blivit allmänt vedertagen och bedöms som önskvärd på marknaden. Under förutsättning att produkterna är konstruerade med det i åtanke kan man utan större risker installera så.
- Ett av syftena med EU-lagstiftningen är konkurrens på rättvisa villkor. Om CE-märkta produkter kan ha så skilda EMC-egenskaper innebär det en otillfredsställande situation ur konkurrenssynpunkt om de inte samtidigt uppfyller skyddskravet generellt enligt direktivet.

6 Diskussioner och tankar

6.1 EMC-standarder

Identifierade problem:

- Standarderna tar sällan hänsyn till sammanlagringseffekter från ett stort antal produkter på samma plats. Det kan vara svårt att bedöma hur den sammanlagda störnivån blir, beroende på hur karaktären på signalerna är. Ett växande problem enligt vår bedömning.
- Standarder kan, vilket är en central fråga, helt sakna relevanta krav. Ett exempel är avsaknad av krav på ledningsbunden emission på DC-sidan. För många konsumentprodukter (t ex nätdel för bärbar dator) finns DC-ledningar men de är vanligen så korta att de inte nämnvärt bidrar till spridning av signaler. I fallet solcellsanläggningar är dock DC-ledningarna mycket långa, många tiotal till hundratals meter, och då kan man inte bortse från att de kan sprida signaler. Jämför med AC-sidan (mot elnätet) där etablerade krav finns sedan tidigare, just med motivering att det är långa ledningar.
- Produktstandarder med tydliga krav är förmodligen att föredra framför generella EMC-standarder då tillverkarna får klarare direktiv vad som gäller.
- Kravnivåerna är främst satta för att skydda starkare radiosignaler, som rundradio och television, och ger därmed ett sämre skydd för svagsignalkommunikation.
- Produkter används tätare ihop i kombination med trådlös teknik som båda starkt ökar i användning.
- Genom att de harmoniserade standarderna inom EMC-området har brister finns tolkningsutrymmen som kan ge ekonomiska fördelar på bekostnad av EMC-egenskaperna.

CISPR inom IEC, och även TC210 inom CENELEC (EU-nivå), som arbetar med EMC-standarder, är uppmärksammade om de här bristerna och man håller på att behandla det. Utvecklingen går dock långsamt. Dessutom är hel del ”av hävd” sedan länge, exempelvis nivåer på emissionskraven, och blir sannolikt svåra att ändra.

6.2 Är standardens krav tillräckliga?

En eller flera EMC-standarder används vanligen som underlag när tillverkaren utfärdar sin försäkran om överensstämmelse med de olika EU-direktiv som är tillämpliga för produkten. Här är det mycket viktigt att man säkerställer att vald standard verkligen täcker det som produkten kan orsaka. Det är nämligen inte alls

säkert att en viss standard alltid gör det. För EMC-direktivets del handlar det om att uppfylla det väsentliga kravet, ofta kallat skyddskravet, vilket är att inte störa och ha en viss tålighet. Oavsett vad som anges i den standard man valt är det alltid direktivets väsentliga krav som är det legala kravet. Här finns ett förtydligande i EU-kommissionens ”Blå guide” stycke 4.3 som innebär att tillverkaren ska göra en analys hur man gjort för att uppfylla direktivets väsentliga krav och det ska skriftligen dokumenteras i den tekniska dokumentation som ska finnas för produkten.

6.2.1 DC-ledningar bortglömda?

Ett konkret exempel som snabbt blev uppenbart när Elsäkerhetsverket började utreda frågan om störningar från solcellsanläggningar är att vissa tillverkare helt har missat ledningsbundna störningar på DC-kablage från produkterna (vägen mellan solceller till växelriktare). Här har man deklarerat produkterna mot en standard som inte innehållit några sådana krav och tolkat det som några krav inte existerar, något som medfört att anläggningarna riskerar att orsaka störningar den vägen. Den här typen av produkter består som vi redan nämnt av switchad kraftelektronik som har en känd risk att orsaka radiofrekventa störningar genom sitt arbetssätt. Vidare är produkterna anslutna till långa ledningar, dessutom oskärmade enkelledare, som kan stråla ut signaler som finns på ledningarna. För anslutningen mot elnätet finns sådana krav sedan gammalt och anledningen är just att man har att göra med långa ledningar.

Därmed borde det vara tydligt att samma resonemang ska gälla också för DC-sidan. Anledningen till att krav på DC-sidan inte finns på produkter som telefonladdare och nätaggregat till bärbara datorer är att kablaget på DC-sidan för dessa är kort, vanligen bara någon meter, och inte utgör någon effektiv antenn så risken för störningar för sådana produkter blir liten och då har man generellt ansett det onödigt att mäta. I praktiken har det fungerat väl. Men det resonemanget är inte tillämpligt på solcellsprodukter på grund av de långa DC-ledningarna och hur de förläggs.

6.3 Vad är rimlig nivå?

Kravnivåerna är framtagna med vägledning ur CISPR Technical Report 16-4-4 som sätter rimlig nivå på de krav som ska ställas på avgiven störning från olika produkter. Rent tekniskt kan man ha i stort sett hur hårda krav som helst men det gäller att motivera det eftersom hårdare krav kan göra att produkten blir dyrare att tillverka och kanske också få försämrade egenskaper på helt andra områden (t ex tyngre, större, sämre verkningsgrad). Det är fullt möjligt att en produkt som är avsedd för en större marknad (typ konsumentprodukter) blir avsevärt fördyrad med

”optimala” EMC-egenskaper och att merparten av konsumenterna inte drar någon större nytta av de fina egenskaperna.

För produkter med mer specifik användning, avsedda för en trängre kundkrets kanske det prismässiga inte har så stor betydelse utan kunden prioriterar kanske pålitlighet, färre driftstörningar och då är det säkert motiverat med högt ställda EMC-krav. Så här tänker man ofta i industriella sammanhang där bristande EMC ofta yttrar sig i till synes mystiska och kostsamma driftstörningar. Här gäller det att tillverkaren är seriös och inser vilka krav som är lämpliga för sin produkt och att det mycket väl kan innebära att standardens krav kanske inte räcker. Det kan vara en svår balansgång.

I CISPR-rapporten finns vägledning och det är en komplicerad metodik som bygger på en hel del sannolikhetslära. Det är dock ett dokument som är avsett för den som tar fram standarder och inte produkttillverkare. Man kan se att modellen bygger på närheten mellan delarna, sannolikhet för störning och en massa andra faktorer. Eftersom vårt samhälle blir allt mer fullt med både elektronisk utrustning och allt mer trådlöst teknik kan det vara lämpligt att ifrågasätta om kraven i EMC-standarderna är tillräckliga och sådana diskussioner pågår.

6.4 Sammanlagring hanteras sällan

Vid användning av ett stort antal identiska produkter i samma installation sker en sammanlagring av emissionerna. Störnivån för ett flertal blir alltid högre men det är lite svårt att säga hur mycket det blir. Konsekvensen blir att tillverkaren bör konstruera produkterna så stornivån från varje enskild produkt har så pass god marginal att även en hel anläggning med många produkter uppfyller rimliga EMC-krav, i annat fall kan det bli störningsproblem. Samma problematik återfinns också inom exempelvis belysning.

6.5 Radiostörningar främsta risken

Här har fokus helt varit störningar på radiokommunikation. Finns det en risk att även andra apparater påverkas om stornivån kring dem är hög? Jämför man kravnivåerna för avgiven emission från produkter med tålighetskraven blir det snabbt uppenbart att nivåerna är i helt olika härad. Tålighetskraven för påstrålade elektromagnetiska fält för konsumentprodukter är normalt 3 V/m och för industriprodukter 10 V/m. Emissionsgränserna för produkter är i storleksordningen tiotal till hundratal mikrovolt per meter. Skillnaden är mycket stor och det kan verka märkligt. Förklaringen är att kraven finns för att skydda två helt olika saker. Emissionskraven finns primärt för att skydda just radiomottagning medan tålighetskraven finns för att skydda produkten från påverkan från närbelägna radiosändare. I praktiken är det liten risk att något som inte avsiktligt är en

radiosändare kan ge upphov till så stora elektromagnetiska fält att en produkt direkt påverkas negativt. Det här styrks också av att Elsäkerhetsverket i stort sett inte haft några sådana anmälda ärenden jämfört med andelen anmälda radiostörningsproblem.

6.6 Regelverket

6.6.1 Lagen och förordningen

Elsäkerhetsverket är enligt förordningen (2016:363) om elektromagnetisk kompatibilitet, tillsynsmyndighet för de anläggningar som regeringsuppdraget avser och marknadskontrollmyndighet för utrustning. Förordningen ger också myndigheten uppdraget att beivra bristfällig efterlevnad av skyddskravet och felaktig användning av utrustning. I lagen (1992:1512) om elektromagnetisk kompatibilitet ges myndigheten rätt att kräva att brister åtgärdas.

Återkommande tillsyn och marknadskontroll är nödvändigt för att se till att marknadens aktörer uppfyller EMC-kraven för ingående komponenter såväl som för kompletta anläggningar. Kompletteringar i svenska EMC-regelverken (t ex rörande åtkomst och tillträde) kan behöva göras för att säkerställa att tillsynande myndighet har relevanta mandat att genomföra kontrollen.

Det mest effektiva sättet att komma tillrätta med elektromagnetiska störningar är dock att, så långt det är möjligt, hindra bristfälliga produkter från att sättas på marknaden. På så sätt slipper myndigheten att agera i efterhand och kräva av innehavaren att störningen från utrustningen eller den fasta installationen åtgärdas. En viktig detalj är också att lagens tredje paragraf inte medger tillträde till bostäder där en stor andel störkällor konstaterats genom åren. Det kan därför bli svårt att hantera problem i bostadsmiljö och det bör ses som ett mycket starkt argument för att produkter ska ha goda EMC-egenskaper från början. Genom Elsäkerhetsverkets marknadskontroll kan produkter med brister exempelvis beläggas med försäljningsförbud på grund av att EMC-direktivets väsentliga krav inte uppfylls.

I många andra fall (exempelvis faror på grund av brister i elsäkerhet) kan det gå att övertyga en bostadsinnehavare att göra en åtgärd. Det kan vara lätt även för en lekman att förstå att elsäkerhetsbrister ofta är direkt livsfarliga eller kan utgöra en brandrisk. Då finns ett tydligt incitament att åtgärda bristerna. Saken är inte alls lika klar när det gäller EMC. Väldigt ofta drabbas ett EMC-problem någon annan, exempelvis störningar på grannens radiomottagning. Innehavaren själv är kanske inte alls drabbad. Det finns åtskilliga exempel där innehavare av störande utrustning vägrat att åtgärda eller kräver att den som drabbats av störningen ska stå

för åtgärder för att åtgärda störproblematiken. Vidare har det ofta varit svårt att förklara vad EMC handlar om, för en person som inte har elteknisk bakgrund.

Innehavarna av störande anläggningar har ofta svårt att förstå att de gjort något fel. Oftast är anläggningar byggda med CE-märkta delar. I fallen med störande solcellsanläggningar har alla utrustningar varit CE-märkta i samtliga fall. Vidare har man följt tillverkarens installationsanvisningar och installationen är utförd av någon som uppfyller kraven för att få utföra elinstallationer.

Vid utredning ser vi att anläggningarna ändå lämnar höga nivåer av störande signaler. Det kan också vara så att produkterna uppfyller kraven i en viss EMC-standard men den valda standarden är inte lämplig för den här typen av produkter. Tillverkaren har således konstruerat produkterna utgående från standardens krav vilka alltså är otillräckliga för att uppfylla EMC-direktivets väsentliga krav.

6.6.2 EMC-direktivet

De harmoniserade standarderna har en mycket stark ställning i direktivet. Man kan bland annat läsa i kapitel 3, artikel 13:

”Utrustning som överensstämmer med harmoniserade standarder eller delar av dem, till vilka hänvisningar har offentliggjorts i Europeiska unionens officiella tidning, ska förutsättas överensstämma med de väsentliga krav i bilaga I som omfattas av dessa standarder eller delar av dem.”

Detta samtidigt som det på annan plats (bilaga II) står att tillverkaren ska göra en analys om den valda standarden verkligen är tillräcklig för att uppfylla det väsentliga kravet i bilaga I. Det gör att tillverkaren kan ha svårt att förstå sina skyldigheter. Dessutom benämns det ”risk” vilket nog vissa tolkar som risker av typen brand, hälsa och liknande. ”Risk” har dock helt olika innebörd beroende på vilket direktiv det är och med ”risk” avses att inte direktivets väsentliga krav är uppfyllt. Det framgår för övrigt i inledningen att EMC-direktivet inte alls hanterar säkerhetsrelaterade risker.

En fullständig och dokumenterad analys ska alltid göras. Konsekvensen av såväl komplexiteten i regelverket som den starka ställningen hos de harmoniserade standarderna gör att det ofta blir svårt för en myndighet att underkänna produkter vid marknadskontroll när det konstaterats att produkten i fråga inte uppfyller det väsentliga kravet i verkligheten, trots att den harmoniserade standardens krav uppfylls.

7 Definitioner

AM	Amplitudmodulering, vanlig modulationstyp för radio
ADCO	Administrative Cooperation Working Group, samarbete mellan marknadskontrollerande myndigheter inom EU
Apparat	Färdig anordning, eller en kombination av sådana anordningar, som finns tillgänglig på marknaden som en funktionell enhet och är avsedd för slutanvändaren och som kan alstra elektromagnetiska störningar, eller vars funktion kan påverkas av sådana störningar
”Blå guiden”	Vägledande dokument från EU-kommissionen om hur de olika EU-direktiven fungerar
CE-märkning	Märkning genom vilken tillverkaren visar att apparaten överensstämmer med de tillämpliga kraven i harmoniserad unionslagstiftning som föreskriver CE-märkning
CENELEC	Organ inom EU för att ta fram elektrotekniska standarder
CISPR	Comité international spécial des perturbations radioélectriques, organ inom IEC som verkar för framtagande av EMC-standarder för att skydda radiokommunikation från störningar
IEC	International Electrotechnical Commission, standardiseringsorgan
ITU	Internationella teleunionen, ett FN-organ

ITU-RR	Internationella teleunionens radioreglemente
Elektromagnetisk kompatibilitet	En utrustnings förmåga att fungera tillfredsställande i sin elektromagnetiska omgivning utan att introducera oacceptabla elektromagnetiska störningar för annan utrustning i denna omgivning
Elektromagnetisk miljö	De sammanlagda elektromagnetiska fenomen som kan observeras på en viss plats
Elektromagnetisk störning	Ett elektromagnetiskt fenomen i form av ett brus, en oönskad signal, en förändring i själva överföringsmediet eller något annat som kan försämra funktionen hos en utrustning
EMI	Electro Magnetic Interference, elektromagnetisk störning på svenska
Emission	Elektromagnetisk energi som avges från en utrustning, kan vara ledningsbunden (gå i anslutna ledningar) och utstrålad (genom luften)
EMC	Electromagnetic compatibility, elektromagnetisk kompatibilitet
Fast installation	En särskild kombination av olika typer av apparater och i förekommande fall andra anordningar som är monterade, installerade och avsedda för permanent användning på en på förhand fastställd plats. Får ej sättas på marknaden. Artikel 19 i 2014/30/EC.
Filter	Elektronisk krets som släpper igenom önskade signaler och spärrar övriga
FM	Frekvensmodulering, vanlig teknik för radio
FMV	Försvarets Materielverk
FRA	Försvarets Radioanstalt
Harmoniserad standard	Harmoniserad standard enligt definitionen i artikel 2.1 c i förordning (EU) nr 1025/2012
KV, kortvåg	Radiofrekvenser 3 – 30 MHz
LFV	Luftfartsverket
Modulation	Variation av en utsänd radiovåg för att vidarebefordra ett budskap
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

PTS	Post- och telestyrelsen
Radiospektrum	Radiofrekvenser, en naturtillgång
TC210	Grupp inom CENELEC som tar fram EMC-standarder för EMC-direktivet
TK	Teknisk kommitté i Sverige, standardiseringsgrupp som arbetar med ett visst ämnesområde. Hanteras av Svensk Elstandard i Sverige.
Utrustning	Både apparater och fasta installationer
UHF	Radiofrekvenser 300 – 3000 MHz
VHF	Radiofrekvenser 30 – 300 MHz
Växelriktare	I denna rapport: elektrisk apparat som omvandlar likspänning från solcellssystem till växelspanning som kan skickas ut på elnätet för konsumtion
Övertoner	Frekvenser, i de här sammanhangen oönskade biprodukter, som bildats genom icke sinusformade ("kantiga") signalformer. Övertoner har frekvenser som är två, tre osv. gånger ursprungsfrekvensen.

8 Referenser

- ”Uppdrag till Elsäkerhetsverket och Forsvarsmakten att utreda elektromagnetiska störningar på totalförsvarets verksamheter”, Regeringen, Fi2020/02994/SPN, daterat 2020-06-25
- ”EMC for Product designers”, Tim Williams 5:e utgåvan, ISBN 9780081010167
- FMV ”EMMA-handboken”, utgåva 2, M7773-000750
- ”Meddelande från kommissionen – 2016 års blåbok om genomförandet av EU:s produktbestämmelser”, 2016/C 272/01
- EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2014/30/EU av den 26 februari 2014 om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om elektromagnetisk kompatibilitet, L 96/79
- REPORT ON THE 6TH JOINT CROSS-BORDER EMC MARKET SURVEILLANCE CAMPAIGN (2014) SOLAR PANEL INVERTERS (Grid-connected PV inverters and optimisers intended to be used by consumers)
- Guide for the EMCD (Directive 2014/30/EU), March 2018
- Lag (1992:1512) om elektromagnetisk kompatibilitet
- Förordning (2016:363) om elektromagnetisk kompatibilitet
- ”Elinstallationer för lågspänning – Utförande av elinstallationer för lågspänning” Svensk standard SS 436 40 00, utgåva 3
- “Solceller Råd och regler för elinstallationen,” Svensk Elstandard (SEK), SEK Handbok 457, febr. 2019
- CISPR Technical report 16-4-4
- Elsäkerhetsverkets ärenden:
 - Marknadskontrollärende 11EV766
 - Störande utrustning på en skola, 14EV972
 - Störande robotgräsklippare, 16EV2852
 - Projekt om frekvensomriktare EMC, 15EV95
 - Projekt om solcellsanläggningar, 19EV254
- EMC-relaterade ärenden med solcellsanläggningar : 16EV1277, 18EV3012, 18EV4815, 19EV2763, 20EV834, 20EV835, 20EV836, 20EV2496, 20EV6824, 20EV6825

- Tidningen ”Populär radio”: https://www.aef.se/Amatortidningar/Popular-Radio/Popular_Radio_oversikt.htm
- “Informationsbrev - LFV vidtar åtgärder rörande elektromagnetiska samexistensfrågor avseende solenergianläggningar och trådlös energiöverföring,” LFV, tekn. rapp. D-2020-188086, 2020
- ”EMC-aspecten van PV-installaties”, Agentschap Telecom (Nederländernas telekommyndighet)
- FMV mätreporter från två solcellsinstallationer ”S” och ”T”, 20FMV5518-3:1, 20FMV5518-2:1
- ”Simulering av räckviddsbegränsning från radiostörning”, 20FMV5518-10:1
- ITU radio regulations, edition of 2020, Volume 1
- “Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation” Volume I. ICAO Doc 9718 AN/957
- “Spectrum Analysis Basics” Agilent Technologies application note 150
- “Radio Engineer’s Handbook” F E Terman. McGraw-Hill Book Company Ltd. 1943
- ”Vägledning för identifiering av samhällsviktig verksamhet”, MSB1408
- ”Radiospektrumanvändning i framtiden”, regeringens kommittédirektiv, Dir.2017:99
- ”Pilot’s handbook of Aeronautical knowledge”, FAA-H-8083-25B, US DoT FAA. Kan fritt [hämtas som PDF](#).
- PTS Spektrumstrategi
- PTS-FS 2019-1 Den svenska frekvensplanen (även som e-tjänst)
- ”In-Situ Measurement of High Frequency Emission Caused by Photo Voltaic Inverters”, Proc. of the 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2014), Gothenburg, Sweden, September 1-4, 2014

9 Erfarenheter från tillsynsärenden rörande solcellsanläggningar

I det här avsnittet visas några exempel på tillsynsärenden rörande solcellsanläggningar. Tillsyn och åtgärder har i flertalet fall fokuserat på anmälan och det störda frekvensområdet. Det kan kvarstå störningar på andra frekvenser även efter åtgärder (som beskrivs i ett exempel).

9.1 Solcellsanläggning 1 (kortvåg och VHF)

Här var den som drabbades av störningar också innehavaren av den störande solcellsanläggningen. Anläggningen består av en växelriktare i källaren samt solceller med optimerare uppe på taket. Som framgår av bilden är antennerna monterade omedelbart intill solcellsanläggningen vilket är ofördelaktigt ur störningssynpunkt. Kortvågsantennerna var monterade på taket och omedelbart intill huset. På ett stativ i trädgården fanns en riktantenn för 144 MHz. Antennernas ofördelaktiga närhet till utrustningen var innehavaren medveten om men hade tänkt hantera det genom att stänga av växelriktaren om mottagningen blev störd. Dock visade det sig att optimerarna, sannolikt den främsta störkällan, fortsatte att störa även när växelriktaren stängdes av.



Figur 19: Antennerna är monterade omedelbart intill solcellsanläggningen.

Detta var Elsäkerhetsverket första ärende med en solcellsanläggning. Vid mätningar på platsen kunde vi konstatera ett störspektrum som visade sig vara typiskt för den här tillverkaren av växelriktare/optimerare: smalbandiga signaler med 200 kHz mellanrum samt en mellanliggande ”brusmatta” med något svagare signaler.

Tillverkaren modifierade den här anläggningen genom att kablaget mellan solceller, optimerare och växelriktare partvinnades samt försågs med ett antal ferriter. Dessutom byttes alla optimerare till en annan typ.

Åtgärden var framgångsrik för frekvenser på kortvåg men visade sig inte ge någon förbättring på 144 MHz (anmälan avsåg KV och 144 MHz men störningar fanns även i andra områden).

För en anläggning av den här typen, med radioantennor placerade omedelbart intill utrustningen, bör man inte räkna med att krav för CE-märkning ger helt störningsfri radiomottagning utan att speciella installationsåtgärder eller särskilt val av utrustning kan krävas.

9.2 Solcellsanläggning 2 (kortvåg)

Ovanstående bild är tagen från antennenpositionen hos en radioamatör som anmält problem på kortvåg. Störkällan var en solcellsanläggning med optimerare vid solcellerna. Trots det relativt stora avståndet (120 meter) blev det störningar över stora frekvensområden på kortvåg.

Inringat i rött i figur 20 visas den nivå, ”S7”, som störningen ger upphov till på radions signalstyrkemätare. Det är en relativt hög signalstyrka jämfört med de önskade radiosignalerna.

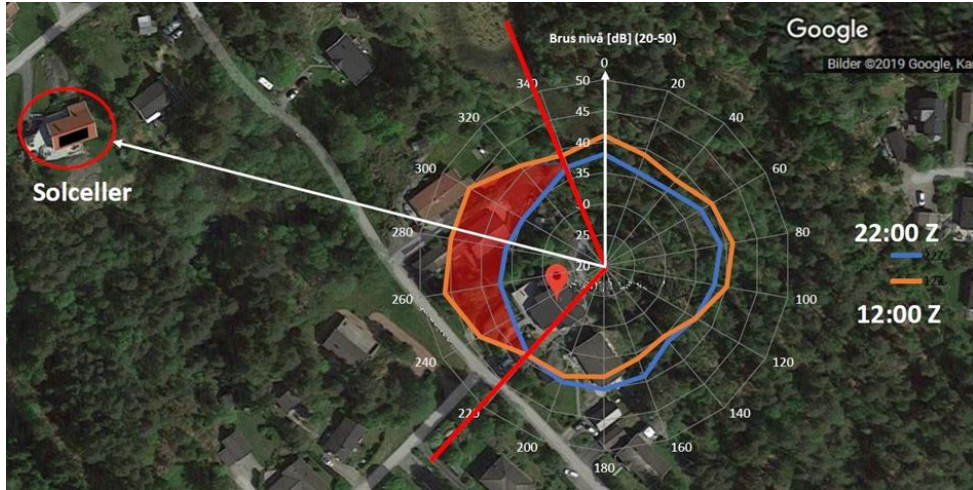


Figur 20: En relativt hög signalstyrka jämfört med de önskade radiosignalerna.

Samma typ av störning som föregående fall och det visade sig att växelriktare och optimerare var från samma tillverkare. Det skulle visa sig att just den tillverkaren

återkom i nästan alla fall. Genom tillverkaren modifierades den här anläggningen på samma sätt som den föregående och störnivån sjönk till acceptabla nivåer. På just den här platsen nyttjade anmälaren enbart kommunikation på kortvåg.

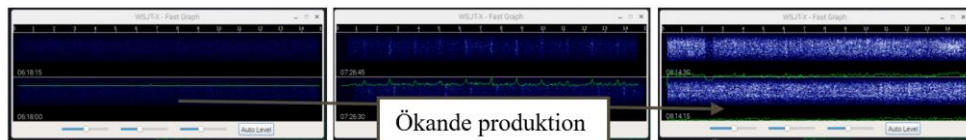
9.3 Solcellsanläggning 3 (VHF 50 MHz)



Figur 21: Störnivån varierar när anmälarens antenn roteras ett varv vid två olika tillfällen.

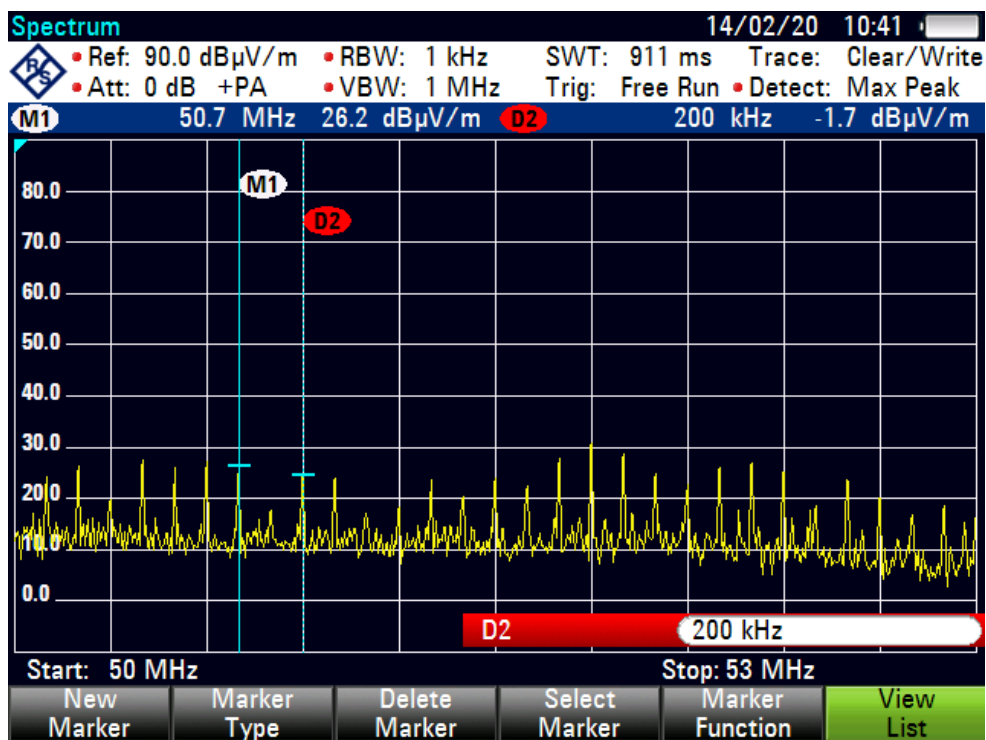
På figur 21 kan man se hur det blev störningar på främst 50 MHz. Det runda diagrammet visar hur störnivån varierar när anmälarens riktantenn roteras ett varv vid två olika tillfällen, dagtid respektive nattetid. För en stor del av varvet blir skillnaden ganska obetydlig men åt en viss del av varvet blir skillnaden betydligt större, det handlar om ca 10 dB ökning dagtid. Genom radiopejling i området kunde störningarna lokaliseras till en fastighet med nyinstallerad solcellsanläggning.

I figur 22 visar anmälaren hur störsituationen ser ut på mottagarutrustningen med spektrumvisning. Den vänstra är nattetid och störningsfritt, den längst till höger visar max störning dagtid.



Figur 22: Nattetid är det störningsfritt (vänster) och dagtid är störningen maximerad (höger).

I figur 23 och 24 visas mätning vid solcellsanläggningen där samma störtyp mättes upp. Även denna byggdes om som de föregående men skillnaden i störnivå i anmälda frekvensområden (VHF) blev obetydlig.



Figur 23



Figur 24

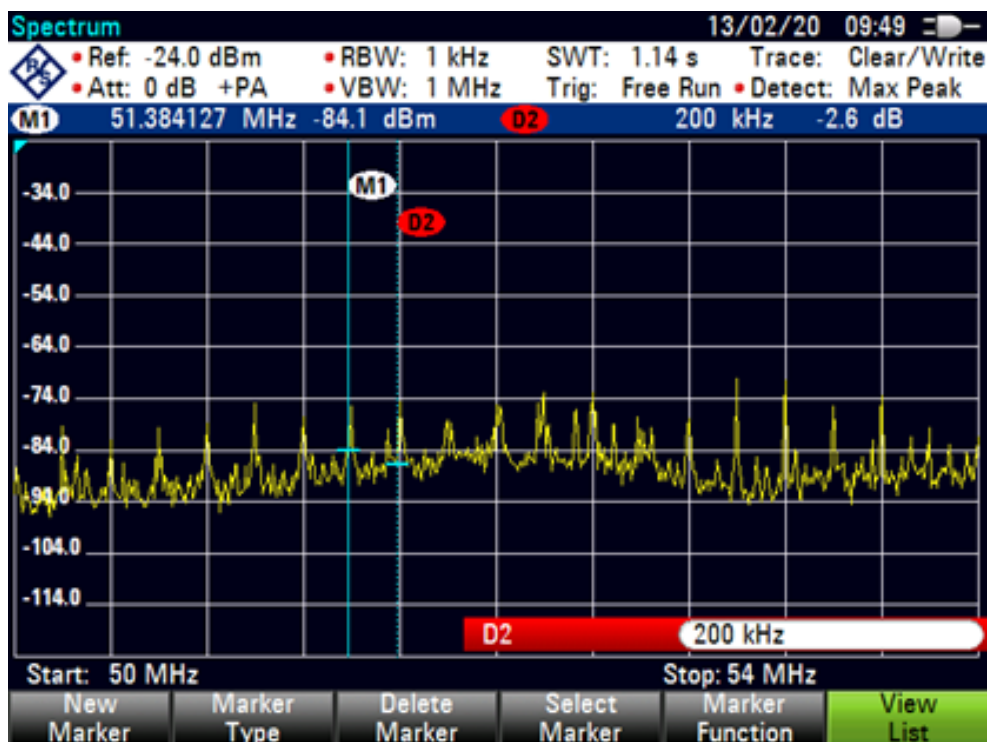
9.4 Solcellsanläggning 4 (kortvåg samt VHF)



Figur 25: Solceller med optimerare på vardera sidan om hustaket.

I figur 25 syns solceller med optimerare på vardera sidan av hustaket. Drabbade mottagarantennerna är inringade. Det är ett relativt litet avstånd mellan de två husen.

Detta störspektrum är upptaget med en spektrumanalysator anslutet till anmälares antenn för 50 MHz. I figur 26 syns störande signaler som visat sig signifikativa för det här fabrikket av solcellsutrustning, smalbandiga signaler med 200 kHz mellanrum samt en mellanliggande "brusmatta".



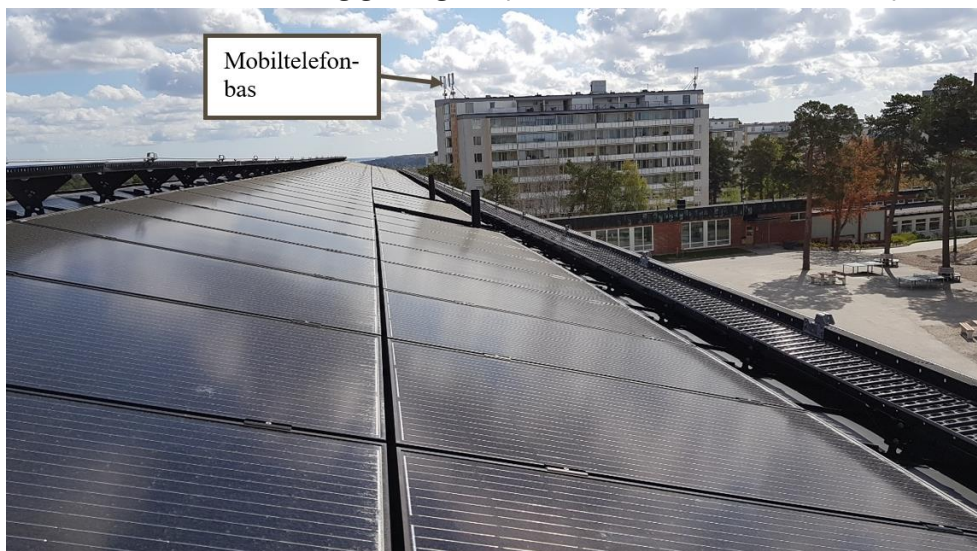
Figur 26: Störande signaler.

Det som anmälaren upplever som mest störande är den bredbandiga brusmattan som dränker det mesta av de svaga radiosignaler som önskas ta emot. De starkare smalbandiga signalerna är relativt fåtaliga på ett typiskt amatörband och kan i sammanhanget anses vara mer acceptabla (mindre störande).

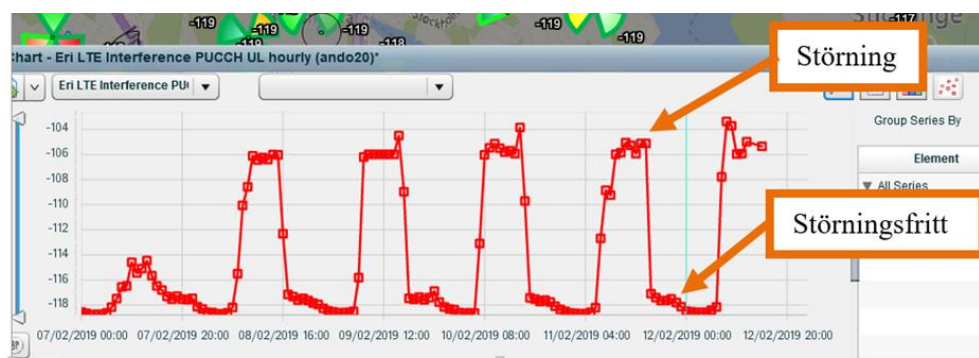
Solcellsanläggningen modifierades som de övriga. Resultatet blev acceptabelt på kortvåg medan det inte alls hjälpte för VHF-frekvenser.

I samtliga störfall fanns inledningsvis enbart en enda solcellsanläggning på platsen. Ambitionen från politiskt håll är dock att det här ska spridas i stor skala med kanske anläggningar på merparten av hustaken. Under ärendenas gång har det i två fall rapporterats om att fler anläggningar av samma typ som den ursprungliga har satts upp – varvid störnivån upplevs ha ökat.

9.5 Solcellsanläggning 5 (mobiltelefonbas störd)



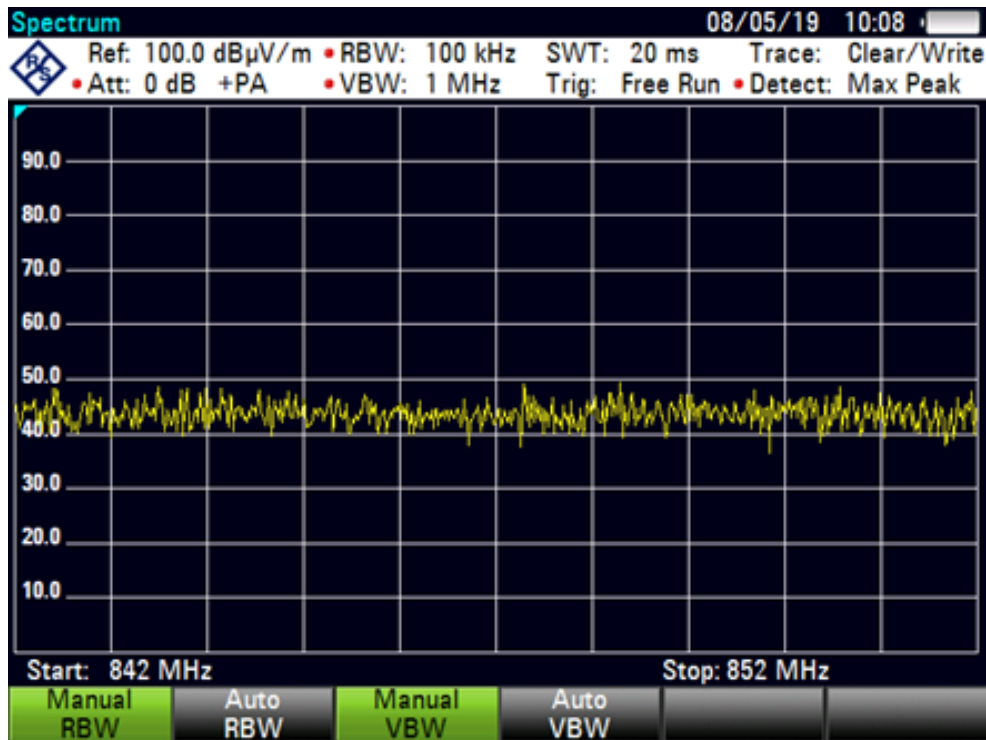
Figur 27: Utsikt från solcellsanläggningen.



Figur 28: Störningens variation över dygnet.

Störningens variation dag/natt framgår tydligt. Natttid är det helt störningsfritt vid mörker. När sedan solen stiger så kommer störningarna. Mobiloperatören loggade störnivån och det var ett klart samband mellan solens upp- och nergång på platsen.

Det är ca 75 meter mellan solceller och mobilbasen på närmaste stället. Störningar finns främst på frekvenser för LTE 800 MHz men till viss del även på frekvenser för GSM 900 MHz. Även andra operatörers frekvenser drabbas men då ingen annan har utrustning på den här platsen finns inga fler anmälningar.



Figur 29: Störnivå uppmätt med antenn intill solceller med integrerade optimerare.

I figur 29 syns störnivån som är uppmätt med en antenn på taket intill solcellerna med integrerade optimerare. Störningen framstår som en kompakt ”brusmatta” och täcker hela operatörens frekvensområde för upplänken, alltså där basstationen lyssnar efter mobiltelefonernas signaler.

De här signalerna ligger troligen inom de nivåer som gäller för utrustning inom bostäder, kontor och kommersiella fastigheter. Men närheten till antennerna gör att störnivån ändå blir besvärande.

De antenner som mobiltelefonoperatören använder är riktade åt det här hållet eftersom täckning i det området eftersträvas, bland annat finns ett stort köpcenter och en större genomfartsväg. Det är en paradox att antennens goda egenskaper i form av dess antennvinst gör den effektiv för såväl nyttsignalerna (från mobiltelefonerna) såväl som för de störande signalerna från solcellerna med integrerade optimerare.

Konsekvensen av störningarna blir märkbart försämrade prestanda i mobiltelefonnätet med nedkopplade samtal och lägre överföringshastighet vid datatrafik. De drabbade frekvensområdena har upplåtits till mobiltelefonoperatörerna som så kallade blocktillstånd för vilka man betalar tillståndavgift. Varje mobiltelefonsite av den här typen står för en betydande investering plus hyreskostnader vilket får vägas mot solcellsanläggningen.

Det kommer förmodligen att bli mycket besvärligt att försöka modifiera en sådan här solcellsanläggning där optimerarna är integrerade i solcellerna. De störande signalerna kommer sannolikt ut såväl via kablaget som direkt från själva solcellerna.

9.6 Solcellsanläggning 6, prototyp

Solceller med optimerare integrerade i solcellerna. Enligt uppgift ska det vara någon form av prototyper. Uppenbarligen var EMC-egenskaperna något som skulle hanteras lite längre fram.



Figur 30: Solcellsanläggning med mycket hög störnivå.

Störnivån från den här anläggningen är mycket hög, så hög att man uppnår nivåer som kan göra att det blir svårt att ta emot vanlig rundradio på FM-bandet, dvs även extremt starka signaler kommer att störas. Det blir utan tvekan förödande för radiokommunikation på platsen.

I följande bilder (figur 31 och 32) visas störnivån uppmätt med en mätantenn enligt ovanstående bild:



Figur 31



Figur 32

Så här höga signalnivåer har vi tack och lov inte mätt upp från någon annan anläggning och den är knappast representativ för det som finns på marknaden nu.

Den är ändå intressant att notera som ett avskräckande exempel på hur det kan se ut från en anläggning där man verkar ha försummat EMC-egenskaperna helt.

9.7 Blandade erfarenheter från modifierade anläggningar

Ett antal solcellsanläggningar med störningsproblem har som vi tidigare skrivit modifierats genom tillverkaren. Resultaten har varit högst varierande. Vid åtgärdande har anläggningarna utförts på annat sätt än de anvisningar som medföljer. De utökade anvisningarna bygger på klassiska EMC-åtgärder som i sig inte är olämpliga utom tvärtom vanligt förekommande i många sammanhang.

I korthet går modifieringen ut på att allt DC-kablage ska partvinnas och därmed minskas utstrålning och antennverkan från kablaget. Dessutom placeras ferritkärnor på DC-kablagen vid optimerarna vilket minskar radiofrekvent störström från optimerarna. Enligt uppgift har också optimerarna bytts ut till någon annan version, oklart vad skillnaden är.

I fallen då man haft problem med störningar på kortvåg, alltså under 30 MHz, har åtgärderna gett goda resultat. Helt störningsfritt har det inte alltid blivit men man har uppnått en nivå som nog får anses acceptabel för en typisk bostadsmiljö i städer.

Över 30 MHz, för VHF-frekvenser, har däremot inte dessa åtgärder fungerat speciellt bra enligt anmälarna. I vissa fall kan man rapportera en något sänkt störnivå, i andra fall har det inte gett något resultat alls. Någon förklaring till den uteblivna förbättringen har inte lämnats. En möjlighet kan vara att de som utfört modifieringen inte har placerat avstörningskomponenter optimalt.

Modifieringsarbetet är mycket omfattande. Här är några exempel på vad som behöver göras enligt en tillverkare:

- I princip rivs anläggningen ner för att byggas upp på nytt.
- När DC-kablaget partvinnas räcker inte befintligt kablage längdmässigt, utan måste bytas ut. Vissa delar kanske kan återanvändas.
- En stor mängd ferritkärnor krävs och de representerar en stor kostnad utöver arbetstiden.
- Optimerarna utbyttas till någon uppdaterad version med förmodat annorlunda EMC-egenskaper.

Slutsatsen är att modifiering på detta sätt kan bli en kostsam åtgärd med osäkert slutresultat. Osäkerheten finns främst på högre frekvenser (över 30 MHz).

10 Erfarenheter från tillsynsärenden rörande övriga ärenden kopplade till störningar – ett urval

På följande sidor visas några varierande exempel ur verkligheten som belyser hur till synes triviala saker kan orsaka en hel del problem. När man betraktar dessa störproblem kanske man förundras över att det här med radiokommunikation överhuvudtaget fungerar. Då regeringsuppdraget rör mer än bara solcellsanläggningar så tas andra exempel med.

10.1 Exempel 1, reklamskylt som störde flygradio

Vid en av landets flygplatser började piloterna klaga på radiostörningar på en viss plats i samband med start och landning. Efter en del letande upptäcktes att en stor reklamskylt på marken orsakade störande signaler – precis på flygplatsens anropsfrekvens.



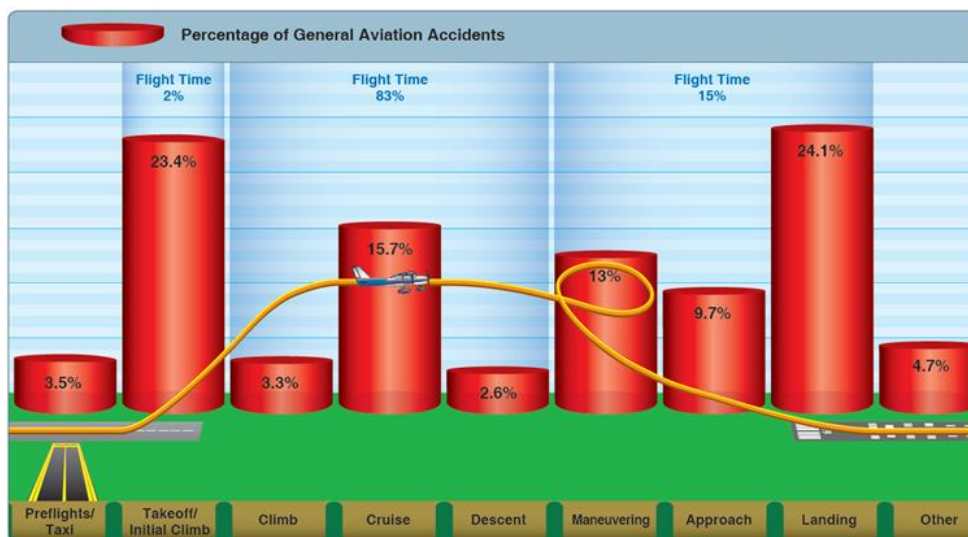
Figur 33: Reklamskylt som orsakade störningar

I ärlighetens namn får man väl säga att de hade otur som lyckades pricka in just den frekvensen. Orsaken var flera konstruktionsmissar som gjorde att interna signaler från skylten läckte ut och nådde mottagaren i flygplanet vid passage ovanför skylten. Här blev det radiosignaler från något som inte alls var tänkt att vara en radiosändare. Den här skylten uppfyllde inte EMC-kraven för CE-märkning trots tillverkarens försäkran.

Vid anmälningar om radiostörningar kan det ofta vara svårt att bedöma konsekvensen av störningen men här blev det uppenbart att störningen var ett hot

mot flygsäkerheten så innehavaren fick användningsförbud för skylten tills störproblemet åtgärdats.

Statistik (i figur 34) visar tydligt att start och landning är de mest kritiska situationerna vid flygning. Statistiken är från USA och avser privatflyg.



Figur 34: Statistik över när under flygning olyckor sker. Ur "Pilot's handbook of Aeronautical knowledge", US FAA.

10.2 Exempel 2, demonstration med produkter ur vardagen



Figur 35: Vardagsföremål som kan orsaka störningar.

En gammal sliten elvisp, en dålig LED-lampa som inte uppfyller kraven, en nätdel som åldrats och en liten elmotor som kopplats in helt felaktigt. Alla dessa störde radiomottagningen men verkade fungera helt normalt i övrigt. Det visar också på en ganska typisk situation där den som använder produkterna inte har en aning om att de orsakar störningar och fortsätter att använda dem.

Det finns också flera exempel där innehavare faktiskt har stört sig själva men inte haft den tekniska kunskapen förstå sambandet mellan störning och användning av produkter.

10.3 Exempel 3, marknadskontroll av elvisp

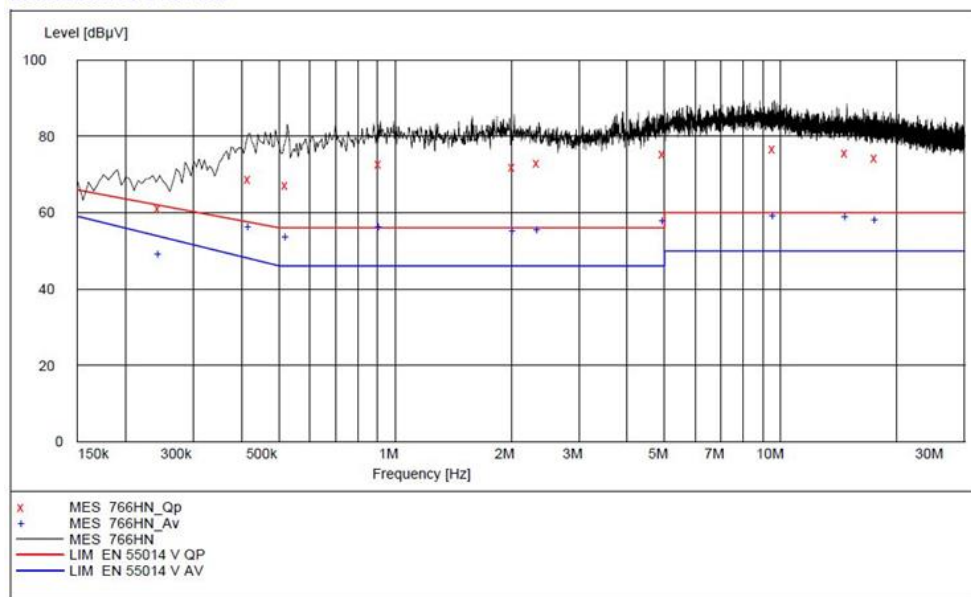
Produkten såldes av en känd svensk butikskedja och blev föremål för Elsäkerhetsverkets marknadskontroll. Här visade det sig att även en helt ny produkt kan störa.



Figur 36: Störande elvisp.

Elvispen underkändes vid proven då den lämnade höga nivåer av störningar mot elnätet. Störnivån låg mellan 10 – 20 dB över kravet, något som medför risk för radiostörningar i dess närhet eftersom elnät blir en oavsiktlig sändarantenn som strålar ut signalerna från elvispen.

Disturbance Preview



Figur 37: Störnivån låg mellan 10 – 20 dB över kravet, något som medför risk för radiostörningar i dess närhet.

Butikskedjan tyckte det var märkligt eftersom de själva kontrollerat att produkten uppfyllde EMC-kraven när den skulle tas in i sortimentet. När elvispen undersöktes visade det sig att tillverkaren inte hade monterat de avstörningskomponenter som var nödvändiga. Det här visar på vikten av kvalitetskontroll under produktionen, något som också nämns i EMC-direktivets artikel 7.

10.4 Exempel 4, elstängsel

Ett stängsel som är välskött och består av ”friska” delar ger sällan radiostörningar. Problemen uppstår när växtlighet når trådarna eller när det blir dålig kontakt någonstans. När det händer blir det gnistor och en gnistsändare har skapats.



Figur 38: Gräset frodas och når upp till elstängslet.



Figur 39: Dålig kontakt på grund av rostiga kontaktytor.

Gnistsändare användes i radions barndom och var enkla men hade nackdelen att de sände på i princip alla frekvenser samtidigt. Därför blev de till slut förbjudna. Ett dåligt underhållet elstängsel stör på precis samma sätt och själva stängslet blir sändarantennen som kan bli otrevligt effektiv på grund av sin storlek. Därför kan det bli lång räckvidd på dessa störningar.

Vissa elstängselapparater marknadsförs med funktionen ”bränner bort växter” som når trådarna. Ett sunt underhåll ersätts då med den ökade störningsrisken det blir på grund av gnistbildningen när växtligheten bränns av. För att säkerställa den funktionen har pulsernas energiinnehåll ökat.

10.5 Exempel 5, kraftledning

Är allt som det ska utgör kraftledning sällan några problem men fel kan uppstå. Typiska fel är glappkontakt eller trasiga isolatorer och då uppstår gnistbildning vilket ger samma störsituation som vid elstängsel.



Figur 40: Störningen från en kraftledning blir i allmänhet mycket bredbandig så stora frekvensområden störs.

Inte sällan är det en besvärlig störning att lokalisera då störningen ofta är intermittent. Ibland slumpmässigt, ibland beroende på väderleken så felsökningen kan bli tålamodsprövande. På lägre frekvenser kan störningen ledas vidare enorma sträckor, miltals är inte ovanligt, längs med kraftledningen som blir en utmärkt antenn. På högre frekvenser blir störningen mer lokal vilket kan utnyttjas för att lokalisera vart störkällan finns längs linjen.

En fördel är att innehavaren ofta är mycket mån om att åtgärda problemen eftersom det kan vara ett förstadium till ett totalt haveri. En defekt isolator som inledningsvis orsakar störningar kan med tiden gå sönder mekaniskt så ledningen ramlar ner. Samma typ av störningar kan uppstå vid transformatorstationer och järnvägens kontaktledning.

10.6 Exempel 6, ventilationssystem på skola

Ett gott exempel på hur ett radiosystem kan drabbas av störningar i ett stadsområde och mana till lite eftertanke på hur viktigt det är att hålla rent från störande signaler. Här drabbades kommunikationsradio av störningar. Störningarna kom och gick lite slumpvist. Den drabbade lyckades efter en stor arbetsinsats hitta störningskällan, en skola i området.



Figur 41: Källan till störningen låg nästan 300 meter bort.

Det visade sig att störkällan var ett antal ställdon till ventilationssystemet i skolans gymnastiksal. Vid ett visst driftläge dök störningarna upp. Anledningen var att

ingående delar i ställdonen hade åldrats. Avståndet till den drabbade radioanläggningen var nästan 300 meter fågelvägen.

I figur 41 syns ett av de störande ställdonen. Innehavaren fick ett föreläggande att åtgärda anläggningen för att få bort störningarna. Deras lösning blev att byta ut de störande ställdonen.



Figur 42: Ett ställdon i skolans ventilationssystem orsakade störningar.

Detta är ett exempel på hur till synes harmlösa delar kan orsaka allvarliga störningar även på ganska stora avstånd. Tänk också på hur många potentiella störkällor som kan finnas i området.

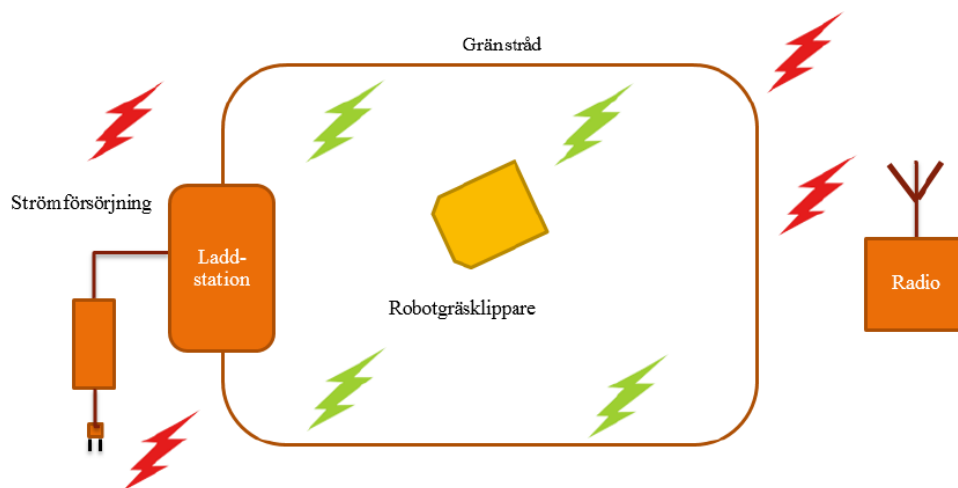
10.7 Exempel 7, robotgräsklippare

Själva gräsklipparen utgör oftast inget problem när den är ute och jobbar på gräsmattan. Det är en ganska liten produkt som inte är ansluten till något när den är igång. Däremot visade det sig att vissa fabrikat kunde orsaka allvarliga radiostörningar via gränsslingan. Denna slinga lägger man längs med gräsmattan för att hålla klipparen på just gräsmattan. På slingan sänds en signal ut som klipparen känner av, passerar den slingan vänder den tillbaka.

Figur 43 visar hur det blev kraftiga störningar på cirka 150 meters avstånd.



Figur 43: Robotgräsklippare kan orsaka elektromagnetiska störningar.



Figur 44: Robotgräsklippare, laddstation och radio.

I fallen med robotgräsklippare visade det sig att flera modeller var olämpligt konstruerade avseende signalerna som laddstationen sände ut på gränsslingan. Nyttosignalen är generellt mycket lågfrekvent men ett antal modeller orsakade

störningar i mycket stora frekvensområden. Problemet var, som i så många fall, otydligheter i EMC-standarder som kunde tolkas på varierande sätt av olika tillverkare.

11 Marknadskontroll solcellsanläggningar inom EMC ADCO

Myndigheter inom EU samarbetar regelbundet och bedriver bland annat kampanjer inom marknadskontroll där deltagande myndigheter köper in ett stort antal produkter som sedan undersöks. Syftet är att få en uppfattning om en aktuell produkttyp uppfyller kraven. För de flesta EU-direktiv finns en motsvarande ADCO-grupp, förutom EMC finns: LVD (elsäkerhet), maskindirektivet, leksaker och radioutrustning för att ta några exempel. Kontroll görs såväl för tekniska krav som rent formella. Exempel på formella krav är att produkten är CE-märkt och att tillverkardeklaration finns.

Alla ADCO-rapporter är fritt tillgängliga och kan hämtas på EU-kommissionens hemsida.

11.1 Undersökning 2014

Under 2014 gjorde EMC ADCO en undersökning av solcellsprodukter vilket redovisats i en rapport. 14 EU-länder deltog, däribland Sverige.

11.1.1 Resultat

Det sammanlagda resultatet, med hänsyn taget till samtliga krav för produkten, får betraktas som mycket dåligt. Bara en tiondel av produkterna uppfyllde kraven.

Nöjer man sig med uppfyllande av de tekniska kraven (EMC-relaterade) uppfylldes de av en tredjedel. Detta omfattar krav på utstrålad emission och ledningsbunden emission mot elnätet. Ledningsbunden emission mot DC-sidan är inte med här.

Tittar man enbart på krav på ledningsbunden emission på DC-sidan så uppfylls kraven av 40 %.

11.1.2 Slutsatser (ett urval) från kampanjen

- Majoriteten av produkterna uppfyllde inte EMC-direktivets väsentliga krav.
- En iakttagelse var att man lyckats få med ett gott urval av produkter från marknaden men att det dåliga resultatet tyder på ”att mycket återstår att göra av tillverkarna”.
- Resultatet bör delges standardiseringen för lämplig uppdatering av standarder.

11.2 Undersökning 2019

Denna kampanj har ännu inte officiellt redovisats. Det som återstår är att presentera en rapport. Med tanke på det otillfredsställande resultatet från 2014 bör det vara intressant att notera om marknaden har förbättrats.

Sedan 2014 har åtskilligt arbete gjorts internationellt inom standardiseringen. För svenskt vidkommande har marknaden för solcellsprodukter expanderat mycket kraftigt. Det har som vi redan nämnt resulterat i en del störningsproblem.