

## Teknisk informasjon

### Beskyttelse mot elektromagnetiske bølger

Elektromagnetisk stråling i form av radiobølger omgir oss overalt og utnyttes til mange formål, men denne type stråling kan også utnyttes til å gi ødeleggende eller forstyrrende virkninger på elektrisk og elektronisk utstyr. Til dette bruk er det utviklet radiofrekvente våpen, som vil kunne benyttes ved krigshandlinger, sabotasje og terrorvirksomhet. I fredstid kan elektriske overslag, torden og lyn gi en tilsvarende virkning, dog med en lavere effekt.

Som en konsekvens av denne trusselen, skal sivile elektroniske installasjoner som har betydning for landets totale forsvarsberedskap beskyttes mot EMP (elektromagnetisk puls). Dette er hjemlet i lov om telekommunikasjoner, og forskrift om EMP-beskyttelse av telekommunikasjonsanlegg gir en nærmere definisjon av hvilke type anlegg som skal beskyttes. I tillegg blir forsvarrets anlegg beskyttet mot elektromagnetisk puls etter egne regler.

### Definisjoner

#### EMC (Electromagnetic Compatibility)

Betegnelse for elektriske/elektroniske apparaters evne til å arbeide i samme miljø uten å bli påvirket av hverandre eller av eksterne elektromagnetiske forstyrrelser. I praksis vil dette si at utstyret skal oppfylle gitte minimumskrav til hvor store eksterne elektromagnetiske forstyrrelser det tåler, og samtidig oppfylle gitte maksimumskrav til hvor store elektromagnetiske forstyrrelser det avgir.

#### EMI (Electromagnetic Interference)

Fellesbetegnelse på forstyrrelser forårsaket av elektromagnetiske felt fra naturlige kilder som lyn eller kunstige kilder som radio-/radarsendere, elektrisk utstyr, radiofrekvente våpen, eller sprengninger med konvensjonelle og kjernefysiske våpen.

#### EMP (Electromagnetic pulse)

EMP er en form for EMI som karakteriseres ved at det elektromagnetiske feltet har en kort stigetid og meget høy intensitet. Spesielle former for EMP er:

**LEMP** (Lightening Electromagnetic Pulse) som forårsakes av lyn.

**NEMP** (Nuclear Electromagnetic Pulse) som forårsakes av kjernefysiske sprengninger i atmosfæren.

**MEMP** (Man made Electromagnetic Pulse) som forårsakes av radiofrekvente våpen.

**HPM** (High Power Microwave) som er en spesiell form for MEMP.

NEMP virker globalt i det en kjernefysisk detonasjon i stor høyde kan gi ødeleggende virkning på ubeskyttet elektronisk utstyr i avstander på over 1000 km. LEMP, MEMP og HPM har en mer lokal virkning.

### HPM (High Power Microwave)

HPM er en spesiell form for MEMP og består av elektromagnetiske bølger med meget kort bølglengde som er modulert med vanlig EMP. Dette gjør at man kan få pulser med høy intensitet og stor energi inn gjennom små hull eller spalter i en skjerm eller et kabinet. På den annen side absorberes høyfrekvente bølger lettere av jord/fjell overdekning.

### Skjermingsgrad / demping

En skjermes evne til å beskytte mot elektromagnetiske bølger angis som forholdet mellom innfallende feltstyrke (E1) og feltstyrken målt innenfor skjermen (E2). Dette blir vanligvis målt i desibel,  $\text{dB} = 20 \log_{10} E1/E2$ .

20 dB tilsvarer 90% demping, 40 dB tilsvarer 99% demping, 60dB tilsvarer 99,9% demping, o.s.v.

### Tempest

Tempest er avlytting eller tapping av elektronisk utstyr som datamaskiner og telekommunikasjonsutstyr ved å fange opp de elektromagnetiske bølgene som disse avgir. Ved skjerming mot EMP vil man også i noen grad være skjermet mot tempest.

### Måling av skjermingsgrad

Elektromagnetiske bølger består av en elektrisk komponent og en magnetisk komponent som står vinkelrett på hverandre og begge er vinkelrett på bølgens forplantningsretning. Komponentene betegnes som **elektrisk felt (E-field)** og **magnetisk felt (H-field)**.

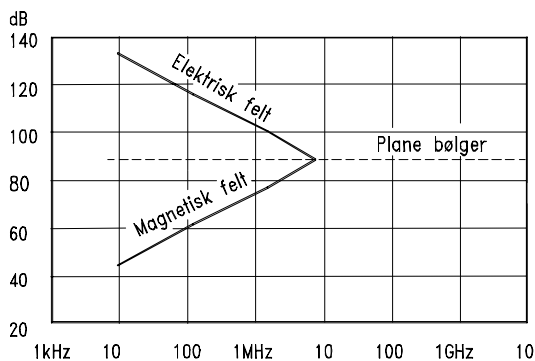
Impedansen til det elektriske feltet vil avta med økende avstand fra EMP kilde til målepunkt inntil den når en verdi på ca.  $377 \Omega$ , hvoretter den forblir konstant selvom avstanden øker ytterligere. For det magnetiske feltet vil impedansen øke med økende avstand mellom EMP kilde og målepunkt inntil den også når en verdi på ca.  $377 \Omega$ . Elektromagnetiske bølger hvor det magnetiske feltet og det elektriske feltet har like stor impedans (ca.  $377 \Omega$ ) betegnes som **plane bølger (plane waves)**, og bølgene vil alltid være plane hvis avstanden fra kilden til mål er mer enn 1/6 av bølglengden.

$$\text{Bølglengde i meter} : \approx \frac{3 \cdot 10^8}{\text{frekvens}}$$

Simulering av en EMP-virkning på et skjermet objekt, krever mye utstyr og tidkrevende rigging. Det benyttes derfor ofte enklere metoder for å kontrollere at en skjerm gir ønsket effekt. I stor utstrekning benyttes såkalt nærfeltsmåling basert på standarder som MIL-STD-285 og NSA 65-6 hvor sender og mottager er plassert 30 cm fra skjermen, på hver sin side.

Imidlertid vil en skjermes evne til å dempe elektro-

magnetiske bølger bl.a. variere med feltets impedans, og i de lavere frekvensområder vil en nærfeltsmåling av det magnetiske feltet gi for lave verdier i forhold til den demping som oppnås ved en virkelig trussel hvor EMP-kilden har større avstand fra skjermen. På samme måte vil en nærfeltsmåling av det elektriske feltet gi for høye dempningsverdier i det lavere frekvensområdet sammenliknet med en virkelig trussel. Dette er illustrert i diagrammet nedenfor, som i prinsippet viser forskjellen i målt dempningsgrad for magnetisk og elektrisk felt ved nærfeltsmåling ifølge MIL-STD-285 sammenliknet med en måling av plane bølger. Verdiene kan variere med utførelsen av skjermen og dens gjennomføringer.



Med hensyn til NEMP vil den kjernefysiske detonasjonen foregå i så stor avstand at de elektromagnetiske bølgene vil være plane når de ankommer objektet, og ifølge forskningsrapport av R. L. Monroe ved Harry Diamond Laboratories, Washington, kan måleresultater ifølge MIL-STD-285 korrigeres for å estimere virkelig demping av NEMP ved en gitt frekvens som følger:

$$\delta_{NEMP} = (\delta_M + \delta_E) / 2 \quad \text{hvor:}$$

$\delta_{NEMP}$  = demping av plane bølger.

$\delta_M$  = demping målt for magnetisk felt, loopantenne.

$\delta_E$  = demping målt for elektrisk felt, dipolantenne.

Formlen er basert på laboratorieforsøk, og måling på virkelige objekter kan avvike.

### Spesifisering av skjermingskrav

Som det fremgår av ovennevnte punkt vil en skjermes demping av EMP være avhengig av frekvensområde. For bølger som ikke er plane, vil dessuten avstanden fra EMP-kilde til skjerm samt hvorvidt målingen skal referere seg til det magnetiske felt eller det elektriske felt, være av avgjørende betydning for skjermens evne til å oppfylle en ønsket dempningsgrad.

En eksakt kravspesifikasjon må derfor inneholde angivelse av en teststandard som spesifiserer avstand mellom antenner og skjerm, samt dempingskrav for magnetisk felt, elektrisk felt, og plane bølger ved angitte frekvensområder.

Eksempel: Testet iflg. MIL-STD-285 skal følgende krav til demping oppfylles:

Test frekvens:	Dempingskrav
Magnetisk felt 10 kHz- 1 MHz	30 dB
Elektrisk felt 1MHz - 400 MHz	70 dB
Plane bølger 1GHz - 20 GHz	40 dB

Betydningen av en klar kravspesifikasjon understrekes da man ellers risikerer at utstyret gir dårligere demping enn forutsatt, eventuelt at man bruker en dyrere løsninger enn nødvendig.

### Skjermingskrav i følge forskrifter

Ifølge forskrift om EMP beskyttelse skal nærmere angitte sivile anlegg minimum være dempet 30 dB i frekvensområdet 100 kHz til 18 GHz inklusiv eventuell overdekning med fjell eller jord.

For forsvarsanlegg er det generelle kravet 40 dB i det samme frekvensområde, men for spesielle installasjoner, f.eks. datasentraler som i tillegg skal beskyttes mot avlytting (tempest), kan det settes høyere krav.

Da det ikke er spesifisert målemetode eller type bølger, må det forutsettes at kravet er basert på nærfeltsmåling tilsvarende MIL-STD-285 og at kravene på 30 dB / 40 dB gjelder både magnetisk felt, elektrisk felt, og plane bølger i hele det angitte frekvensområdet.

Overdekning med jord / fjell vil først og fremst ha dempende effekt på de høyeste frekvensene, og det bør derfor vurderes i hvert enkelt tilfelle om en eventuell overdekning vil kunne medføre redusert krav til demping når det gjelder selve skjermen. Generelt vil det medføre rimeligere løsninger hvis man kan se bort fra de høyeste frekvensene ved valg av skjermingskomponenter.

For NATO-anlegg er kravene gitt i dokument 2202.2.5.SHORC/C-83, og refererer seg til plane bølger. Alternativt er krav for pulstesting angitt.

### Beskyttelsesmetoder

Beskyttelse mot EMP/HPM kan dels gjøres lokalt ved at hver utstyrsenhet er skjermet (standard utstyrsenheter er normalt skjermet iht. EUs EMC direktiv). I tillegg foretas en global beskyttelse ved at en del av et rom, et helt rom, en bygning, eller en container utføres som et Faradays bur. Dvs. at området som skal beskyttes er omgitt av en kontinuerlig metallskjerm på alle sider inklusiv gulv og tak. Avhengig av hvilken dempningsgrad som ønskes oppnådd, kan skjermen bestå av armeringsnett, netting, elektrisk ledende maling, metallfolie eller stålplater.

I praksis må man imidlertid ha åpninger i skjermen for adkomst, ventilasjon, kabler og rør. Da skjermen ikke er bedre enn det svakeste punkt, må det

Forskrift foreligger som forslag. Ikke vedtatt pr. 01.03.00

gjøres spesielle tiltak i forbindelse med disse åpningene for at skjermingsgraden skal bli tilfredsstillende. Til dette formål benyttes spesielle dører, vinduer og gjennomføringer for ventilasjon, rør, og kabler.

For elektriske kabler som kan virke som antenner og lede EMP inn det beskyttede området, må det dessuten gjøres andre tiltak som montering av skilletrafo, filter som sperrer for bestemte frekvensområder og/eller avledere som fører EMP på signalkabler til jord.

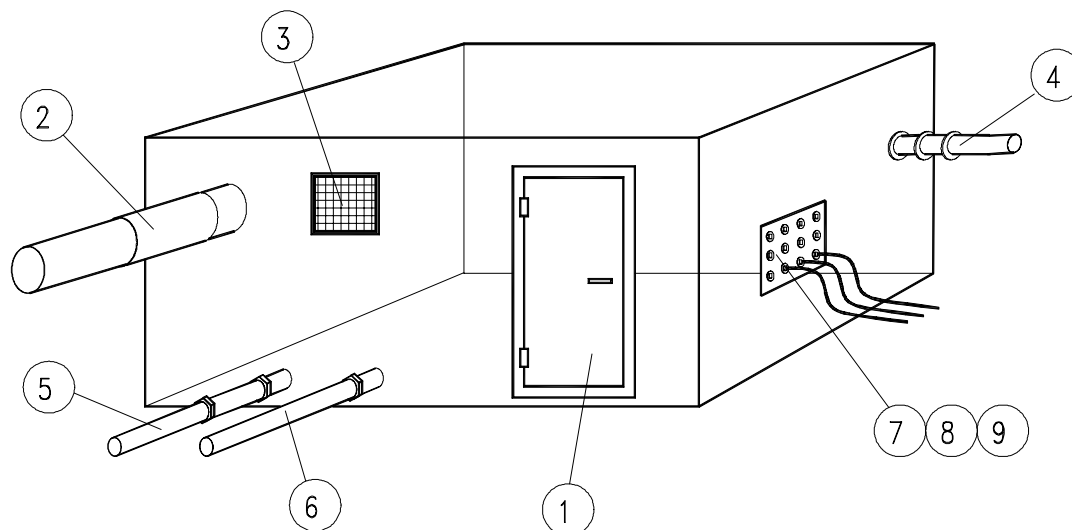
Rør og kanaler i elektrisk ledende materiale vil også virke som antenner. Disse brytes derfor ved hjelp av en isolator umiddelbart før røret/kanalen føres gjennom skjermen. Skal man beskytte seg mot tempest, bør det vurderes å benytte en isolator på innsiden av skjermen i tillegg.

### Henvisninger:

- Fortifikasjonshåndboken (FBT, DSB)
- EMPP håndbok (FTD)
- EMP Engineering practices handbook (NATO/SHAPE)
- Forskrift om EMP beskyttelse av telekommunikasjonsanlegg (SD)
- Retningslinjer for beskyttelse av elektroniske installasjoner i totalforsvaret mot elektromagnetisk puls (SD)
- Sikring av kraftforsyningsanlegg (NVE)

### Beskyttelseskomponenter

NORFOs leveringsprogram omfatter beskyttelseskomponenter som vist nedenfor:



- 1 Dør
- 2 Ventilasjonsgjennomføring med bølgefelle og isolator
- 3 Bølgefelle for ventilasjonsåpning
- 4 Eksosgjennomføring med isolator
- 5 Væsegjennomføring for elektrisk ledende rør med isolator
- 6 Væsegjennomføring for ikke elektrisk ledende rør
- 7 Gjennomføringsplate (single entry)
- 8 Gjennomføring for skjermet kabel
- 9 Gjennomføring for fiberoptikk og ikke ledende kabel