

Nät, Teknik
Edward Friman
010-475 86 29

Sweco
Göran Olsson
+46 (0)184 95 29 65
+46 (0)724 53 47 69
goran.p.olsson@sweco.se
15003485-001

2019-06-18

Svk 2017/111

Svenska kraftnäts rekommendationer gällande arbetskläder i miljöer med höga elektriska fält

Rekommendationerna i detta dokument gäller arbetskläder då det elektriska fältet är så högt att arbetet kräver detta och att det inte går att utföra arbetet på annat sätt.

Bedömningarna i detta dokument är rekommendationer. Det åligger en entreprenör/arbetsgivare att utvärdera riskerna med E-fält, redovisa en sådan riskbedömning, samt att hantera dessa risker på ett lämpligt sätt, exempelvis genom användning av arbetskläder som begränsar det elektriska fältet. Eventuella åtgärder får dock inte öka andra elsäkerhets- eller arbetsmiljörisker. Den totala riskbilden får inte öka.

De bedömningar som görs i detta dokument följer nu gällande praxis inom Svenska kraftnät och kan därmed skilja sig från praxis i andra länder och andra organisationer.

Innehåll

1	Inledning.....	3
2	Definitioner.....	4
3	Bedömning av elektriska fält i Svenska kraftnäts anläggningar	6
4	Arbetskläder för miljöer med höga elektriska fält	10
4.1	<i>Generella krav på arbetskläder</i>	<i>10</i>
4.2	<i>Rekommendationer gällande val av arbetskläder för skydd mot elektriska fält.....</i>	<i>10</i>
5	Referenser	12

1 Inledning

I och med att EU-direktiv 2013/35/EU, minimikrav avseende EMF för arbetstagare [1] trädde i kraft 2013 och att Arbetsmiljöverket har gett ut en föreskrift, AFS 2016:3 ”Elektromagnetiska fält” [2], som motsvarar EU-direktivet, kommer arbetsgivare att mer specifikt behöva hantera risker med avseende på elektriska och magnetiska fält. Tidigare fanns enbart allmänna skrivningar om riskhantering i den generella arbetsmiljölagstiftningen som kunde appliceras på EMF vid kraftfrekvens. För högfrekventa elektromagnetiska fält fanns en föreskrift, AFS 1987:2. Denna ersätts av den nya föreskriften AFS 2016:3 som omfattar frekvensområdet 0 Hz – 300 GHz.

Detta dokument behandlar ett sätt att hantera arbetsmiljörisker för arbetstagare som är utsatta för höga lågfrekventa elektriska fält (E-fält). Höga E-fält kan förekomma vid byggnation, kompletteringar eller ombyggnader av stationer och ledningar, men även i samband med underhållsarbeten i både stationer och på ledningar.

Magnetfält bedöms inte vara något problem vid arbeten i Svenska kraftnäts anläggningar då magnetfältet vid dessa arbetsmoment ligger väl under de insatsnivåer som AFS 2016:3 stipulerar. Undantag kan utgöra kablar i tunnlar, om man kommer riktigt nära dessa kablar med huvudet. Dessa fall får dock behandlas separat och faller utanför denna framställning.

AMS-arbeten med barhandsmetoden omfattas inte av detta dokument, även om de kläder/dräkter som förkommer vid dessa arbeten kan användas som skydd mot höga elektriska fält.

Gravida eller personer/arbetstagare med medicinska implantat eller andra personliga elektroniska hjälpmedel, s.k. särskilt utsatta, omfattas inte av detta dokument. Dessa personer ska inte arbeta i Svenska kraftnäts högspänningsställverk eller på ledningar om inte en särskild riskbedömning utförts. Undantag kan göras för kontrollrum då deras elektriska miljö kan jämföras med kontorsmiljö.

2 Definitioner

I detta dokument används följande definitioner.

Elektromagnetiska fält, EMF	statiska och tidsvarierande magnetiska fält (B-fält), samt tidsvarierande elektriska fält (E-fält).
Lågfrekventa E-fält	i detta dokument avses kraftfrekventa E-fält (50 Hz) med låg övertonshalt, dvs. de fält som behandlas i detta dokument.
Gränsvärde för exponering	avser gränsvärde för inre inducerat E-fält i kroppen (induceras både av B- och E-fält och anges i mV/m). Gränserna har tagits fram med hänsyn till biofysiska och biologiska hänsynstaganden och avser kortsiktiga akuta direkta effekter. Det finns två gränsvärden: Gränsvärde för sensoriska effekter och Gränsvärde för hälsoeffekter.
Exposure Limit Value, ELV	benämning av Gränsvärde för exponering i EU-direktiv 2013/35/EU.
Limit Equivalent Field, LEF	omräknat Gränsvärde för exponering till ett yttre homogent horisontellt B-fält eller homogent vertikalt E-fält.
Insatsnivå	operativ nivå för yttre fält för att underlätta utvärdering om man klarar relevant Gränsvärde för exponering eller för att ange att man måste vidta relevanta skyddsåtgärder. För E-fält anges insatsnivån i kV/m, för B-fält anges insatsnivån i μT och för kontaktström anges insatsnivån i mA_{RMS} .
Action Level, AL	benämning av insatsnivå i EU-direktiv 2013/35/EU.
Sensoriska effekter	effekter p.g.a. EMF som innebär att arbetstagare kan utsättas för övergående störningar i form av sensoriska förnimmelser och smärre förändringar i hjärnfunktioner t.ex. fosfener, yrsel, svindel.
Hälsoeffekter	effekter p.g.a. EMF som innebär att arbetstagare kan utsättas för negativa hälsoeffekter, såsom termisk

	uppvärmning eller negativ stimulering av nerv- och muskelvävnad.
Homogent fält	likformigt fält som inte ändrar värde eller riktning nämnvärt mellan olika punkter i fältet.
Inhomogent fält	motsatsen till homogent fält, fältet kan signifikant ändra värde och riktning mellan olika punkter i fältet.
Influens	egentligen elektrisk influens dvs. en omfördelning av elektriska laddningar genom avståndsverkan (även kapacitiv koppling). I detta sammanhang avses den ”uppladdning” av ledande föremål som kan ske om de befinner sig i ett elektriskt fält. Elektriskt kan influens förklaras med olika kapacitiva kopplingarna mellan spänningssatta ledare och olika föremål vilket gör att föremålen hamnar på olika potential (om inte båda är jordade eller sammanbundna). Den potentialskillnad som då uppstår kan ge upphov till gnisturladdningar.
Kontaktström, I_c	effektivvärdet av den stationära ström som genomflyter en person som är i kontakt med ett metallföremål, där personen och föremålet befinner sig i ett fält.
Ostört E-fält	E-fält som beräknas enbart med spänningsförande ledare och mark/jordplan medtagna (ev. kan topplinor tas med). Normalt fås ett relativt homogent E-fält om man beräknar E-fältet med tillräckligt avstånd från spänningsförande ledare. Under kraftledning är dessa E-fält i huvudsak vertikala och homogena.

3 Bedömning av elektriska fält i Svenska kraftnäts anläggningar

Svenska kraftnät har tagit fram flera dokument som beskriver förekommande fält i olika anläggningar och hur man bör förhålla sig till dessa. De är till stor del rekommendationer då de många gånger vänder sig till entreprenörer. Samtidigt är exponering för fält i arbetslivet en fråga där arbetsgivaren har ansvar enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2016:3 ”Elektromagnetiska fält” [2]. Svenska kraftnäts generella bedömning av exponering för elektriska fält (E-fält) och några specifika ställningstaganden finns i ett dokument med titeln ”Svenska kraftnäts tolkning för att uppfylla arbetsmiljökraven gällande elektromagnetiska fält” [3].

Innehållet i [3] har normalt utgjort en del av Svenska kraftnäts riskanalyser, tillsammans med bedömningar och beräkningar som gäller förhållanden i den specifika anläggningen. De bedömningsgrunder och ställningstaganden som finns i [3] för olika exponeringssituationer sammanfattas nedan. För en mer detaljerad beskrivning hänvisas till originaldokumentet [3], som även kan laddas ner från Svenska kraftnäts hemsida.

För att skydda arbetstagare mot hälso- och säkerhetsrisker finns gränsvärden för exponering av elektromagnetiska fält (Exposure Limit Values, ELV) som inte får överskridas. Dessa uttrycks som en elektrisk fältstyrka inne i människokroppen och kan inte mätas. Genom beräkningar med människoliknande modeller kan dock gränsvärdena räknas om till mätbara storheter utanför människokroppen. Dessa omräknade värden på det elektriska fältet betecknas Limit Equivalent Field, LEF. I direktiv och föreskrifter används insatsnivåer (Action Levels, AL) för att underlätta hanteringen av gränsvärdena. Insatsnivåerna är yttre mätbara storheter som ger marginal till att gränsvärdena inte överskrids. Därmed kan insatsnivåerna överskridas utan att gränsvärdena nödvändigtvis överskrids.

Det finns ett gränsvärde för hälsoeffekter som avser påverkan på alla vävnader i det perifera nervsystemet. Gränsvärdet gäller det högsta tillåtna värdet någonstans kroppen inklusive huvudet. Gränsvärdet är 778 mV/m vid 50 Hz. Genom beräkningar som även tar hänsyn till de anatomiska skillnaderna mellan män och kvinnor, kan man visa att gränsvärdet motsvarar ett yttre E-fält på ca 24 kV/m [3].

Det finns även ett gränsvärde för sensoriska effekter som avser påverkan på det centrala nervsystemet i huvudet. Gränsvärdet är 99 mV/m vid 50 Hz. Beräkningar visar att gränsvärdet motsvarar 35-50 kV/m. Detta värde får dock ingen praktisk betydelse då det är högre än motsvarande för hälsoeffekter [3].

Beräkningar har även visat att storleken av den exponerade kroppsytan har stor betydelse och att 50 kV/m kan accepteras då endast händer och underarmar exponeras. För exponering enbart händerna kan ännu högre fält accepteras [4].

Tillsammans med två insatsnivåer (Action Levels) på 10 och 20 kV/m kan detta sammanfattas enligt följande:

Tabell 1. Exponeringsgränser för E-fält vid arbete tillämpade av Svenska kraftnät.

Exponering av	E-fält	Kommentar
Händer	> 50 kV/m	Inhomogent fält. Över 50 kV/m kan tillåtas då den exponerade ytan (enbart händerna) är liten.
Händer och underarmar	50 kV/m	Inhomogent fält.
Någon del av kroppen, händer och underarmar undantaget.	24 kV/m	LEF hälsoeffekter. Homogent fält.
Någon del av kroppen.	20 kV/m	Hög insatsnivå. (a)
Någon del av kroppen.	10 kV/m	Låg insatsnivå. (b)

(a) Vid E-fält över 20 kV/m ska, förutom de åtgärder som ska vidtas vid värden över låg insatsnivå, visas att gränsvärdet för hälsoeffekter inte överskrids.

(b) Vid E-fält över 10 kV/m ska arbetstagarna informeras, riskbedömning ska göras och arbetsberedning tas fram.

Utöver detta ska effekter av influens eller uppladdning begränsas så att den kontinuerliga kontaktströmmen, I_c , till eller från arbetstagaren begränsas till maximalt 1 mA (rms). Likaså skall smärtsamma gnisturladdningar begränsas.

Följande allmänna åtgärder kan vara aktuella vid planering, projektering och utförande av en entreprenad:

1. Beräkning av det ostörda E-fältet utan metallstrukturer.
2. Bedömning eller beräkning och/eller eventuell mätning av E-fält för arbetsmoment som bedöms behöva utföras med förhöjd E-fältstyrka, t.ex. ställverksmontage. Vilken metod som används får avgöras från fall till fall.

3. Sammanställ och tillhandahåll informationsmaterial gällande E-fält för berörd personal.
4. Genomförande av informationsträff med berörd personal inför projektstart.

Nedan ges förslag på åtgärder för att begränsa den elektriska fältstyrkan och gnisturladdningar/kontaktströmmar (alla punkter hämtade från [3]).

- A. Utför arbete i samband med spänningsavbrott, alternativt utanför området med förhöjd E-fältstyrka.
- B. Använd prefabricerade fundament eller liknande.
- C. Förmontage av anslutning av el- och signalkablar på apparater (så att man undviker montage vid toppen av stativet).
- D. Arbeta från jordad maskinhytt (hyttens metallbur eller störtbåge fungerar som skärm), alternativt från eller under annan jordad skärmbur av metall. **OBS! jordning av skärmbur till skylift skall ske till mark, inte via liftarm.**
- E. Arbete utförs inom ca 0,4 m vid sidan av stativ eller pålningskran. Upp till ca 0,5 m under stativtoppen eller under en kran erhålls en skärmande effekt. Även en klenbyggd kranarm kan ge en reduktion av E-fältet med 40% [3]. **Beakta gällande elektriska säkerhetsavstånd.**
- F. Generellt gäller att vid arbete nära spänningsförande ledare eller fack ska man ha jordade delar för montage eller nedmontering mellan sig och spänningsförande ledare, s.k. skyddad position. Då kan dessa till viss del fungera som skärmar.
- G. Runt jordade ledare parallella med spänningsförande ledare eller vid jordade ledningsändar nära spänningsförande ledare kan E-fältet lokalt bli mycket högt, varför man ska undvika att ha kroppen mot dessa när sådan ska monteras eller rivs.
- H. Vid arbete i toppen av stativet kan E-fälten förstärkas – montera därför en temporär, högre jordad metallkonstruktion bredvid stativet. **Observera gällande elektriska säkerhetsavstånd.**
- I. Arbeta med E-fältsdräkt, typ kläder för AMS och barhandsmetoden. Arbete med E-fältsunderställ kan också fungera men är ett sämre alternativ (metalltråd insydd i textilen fungerar som skärmbur direkt på kroppen, kräver noggrannhet så kontinuerlig kontakt med huden erhålls och att inte glipor uppstår som annars kan medföra gnistbildning). Ett underställ av denna typ kommer att radikalt minska flamtrögheten och motståndskraften mot ljusbågar och kan därför bara användas under speciella omständigheter.

Exempel på åtgärder för att minska gnisturladdningar och kontaktströmmar:

- J. Minska exponeringen av E-fält enligt något av förslagen A eller D eller annat sätt, beroende på arbetets art och om det är möjligt (lägre E-fält innebär mindre risk för gnisturladdningar).

- K. Jorda maskiner och fordon med en ledande hängande kedja/lina till mark. Den hängande och släpande kedjan/linan fungerar endast på mer eller mindre ledande mark, på torr makadam eller sand fungerar detta dåligt. I sådana fall kan direkt koppling till jordspett eller annat fast jordtag/jordat föremål vara ett alternativ. Se även kommentar nedan.
- L. Använd isolerande handskar. Viss försiktighet måste då iakttas så att inte hud eller annan kroppsdel kommer i kontakt med jordad metall. Handskarna behöver inte vara fullt isolerande för Arbeta Med Spänning, utan vanliga kraftiga torra arbetshandskar ger önskad verkan.
- M. Ett alternativ till att använda isolerande handskar är att potentialutjämna genom personlig skyddsutrustning, kan vara halvledande skor samt någon form av ESD-armband av metall användas (ESD = Electro Static Discharge, används när man ska hantera elektronikkretsar). ESD-armbanden ska förses med banankontakt och krokodilklämma som gör att banden lätt lossar vid t.ex. ett fall. Armbandet ska anslutas till det jordade metallföremål som man ska arbeta med. Vidare bör armbanden ha metallisk kontakt med huden för att säkerställa potentialutjämningen.

Ska man vara helt korrekt bör en större metallyta än ett ESD-armband vara i kontakt med huden, enligt [4]. Tidigare fanns arbetskläder försedda med ledande revärer och anslutningsanordning för att ansluta kläderna till jordade föremål, t.ex. med hjälp av krokodilklämma. Detta gav en potentialutjämning. Dessa overaller uppfyllde dock inte dagens krav på flamtröghet m.m.

Notera att både punkt K och M utgör potentialutjämnande åtgärder, vilket även reducerar risker med för höga kontaktströmmar.

Notera följande när det gäller jordning av maskiner:

- En maskin med metallband anses som jordad under förutsättning att maskinen är placerad på lerjord. Det gäller inte om maskinen står placerad på sand, makadam eller berg.
- En maskin med gummihjul kan jordas genom att man sätter ned skopan, under förutsättning att skopan sätts ned i lerjord.
- Tänk på i vilken ordning saker jordas. Se till att aldrig jorda en maskin genom kroppen.

OBS! Hantering av risker med E-fält kan leda till att elsäkerheten försämraras och att andra arbetsmiljörisker skapas eller ökar. Det är viktigt att påpeka att även dessa risker måste hanteras så att den totala riskbilden inte ökar.

4 Arbetskläder för miljöer med höga elektriska fält

Nedanstående förslag på arbetskläder är rekommendationer och en möjlighet att hantera riskerna med höga E-fält. Det åligger entreprenören/arbetsgivaren att utvärdera riskerna med E-fält och redovisa en sådan riskbedömning och i förekommande fall även föreslå lämpliga åtgärder för hur dessa risker skall hanteras.

Förslagen på lämpliga arbetskläder för E-fält är en komplettering till punkten I: *Arbeta med E-fältsdräkt* i avsnitt 3 ovan.

4.1 Generella krav på arbetskläder

Arbetsgivaren ansvarar för att arbetskläder och personlig skyddsutrustning uppfyller de särskilda krav som arbetsplatsen och uppgiften ställer.

Generella krav på arbetskläder och annan personlig skyddsutrustning ges i Svenska kraftnäts Tekniska Riktlinjer, i TR13-02-serien, som främst riktar sig till entreprenörer som utför arbete på och i Svenska kraftnäts anläggningar.

4.2 Rekommendationer gällande val av arbetskläder för skydd mot elektriska fält

Skydd mot elektriska fält uppnås genom att arbetskläderna förses med ett elektriskt ledande lager som fungerar som en s.k. *Faradays bur*, en mer eller mindre tät konstruktion som avskärmar det elektriska fältet. Generellt gäller att en tätare konstruktion ger en bättre avskärmning än en med ”glesa maskor”. För god avskärmning krävs inte trådar med stor diameter, utan ledande trådar med normal diameter för tyget ger ett fullgott resultat. I praktiken används både trådar av ren metall och trådar med en ledande ytbeläggning.

För att ge ett fullgott skydd mot höga elektriska fält skall den ledande dräkten vara komplett och skydda så stor del av kroppsytan som möjligt. Det innebär att dräkten skall bestå av en huvudbonad, överdel, underdel, ledande skor och ledande handskar. På marknaden förekommer både delade plagg med jacka och byxor och hel overall. Den hela overallen säkerställer god kontakt mellan dräktens över- och underdel. Vid delade plagg får detta lösas med kontaktstycken som knäpps fast i de olika delarna. Samma krav på god elektrisk kontakt gäller även mellan handskar och dräkt samt mellan skor och dräkt.

För arbete i områden med höga elektriska fält, men utanför riskområdets yttre gräns, finns i flertalet fall ingen anledning att komplettera den ledande dräkten med ett ledande visir. Däremot vid arbete i områden med påtagligt höga E-fält, som exempelvis

vid klättring i stålstolpar i driftsatta 400 kV-ledningar (i vissa fall även vid klättring i stålstolpar i driftsatta 220 kV-ledningar), ger visiret ett påtagligt bättre skydd för ansiktet och kan därför övervägas.

Ledande dräkter, både delade och av overall-typ, används normalt vid Arbeta Med Spänning (AMS) med den s.k. barhandsmetoden, ett arbetsätt som sker i omedelbar närhet till spänningsförande anläggningsdelar och därmed i ett högt elektriskt fält. Kraven på skärmning och ledningsförmåga hos dräkterna vid dessa arbeten är höga och sannolikt onödigtvis höga för arbete utanför riskområdet. Det finns därmed en möjlighet att välja arbetskläder av en enklare typ.

Ledande dräkter för Arbeta Med Spänning (AMS) tillverkas enligt standarden EN 60895:2003, som är i princip identisk med en IEC-standard med samma nummer utgiven 2002. En ny utgåva av IEC-standarderna är planerad, men i vad mån den nya utgåvan innebär ändrade krav på dräkterna är ännu oklart.

Det åligger entreprenören att utvärdera de aktuella riskerna med E-fält och föreslå lämpliga arbetskläder och annan skyddsutrustning. Möjlighet finns att välja kläder som uppfyller de krav m.a.p. skärmning mot E-fält som ställs i EN 60895, dvs. AMS-kläder för arbete enligt barhandsmetoden, men efter särskild bedömning kan även andra, enklare, kläder väljas.¹

¹ Enligt samtal med en pensionerad medarbetare, f.d. Vattenfall, den 2018-03-27, användes en typ av E-fältsdräkt vid s.k. invid-arbeten redan på 70-, 80- och eventuellt in på 90-talet. Med invid-arbeten avses inte AMS-arbeten och barhandsmetoden utan är mer att betrakta som ANS-arbeten eller andra arbeten vid höga E-fält. Dräkterna bestod heltäckande overaller med invävd koppartråd som skärm. Till detta hade man halvledande skor/stövlar som knäpptes fast i overallen för att få god kontakt. Användandet av speciella E-fältsdräkter är alltså inte något nytt utan har tidigare använts vid arbeten i höga E-fält.

5 Referenser

- [1] Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/35/EU an den 26 juni 2013 om minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband fysikalisk agens (elektromagnetiska fält) i arbetet (20:e särdirektivet enligt artikel 16.1 i direktiv 89/391/EEG).
- [2] Arbetsmiljöverket: Elektromagnetiska fält – Arbetsmiljöverkets föreskrifter om elektromagnetiska fält och allmänna råd om tillämpningen av föreskriften. AFS 2016:3.
- [3] Svenska kraftnäts tolkning för att uppfylla arbetsmiljökraven gällande elektromagnetiska fält. Svk 2017/111.
- [4] Hamnerius Y., Nilsson T., Friman E.: Evaluating exposure from electric fields in a high voltage switchyard according to the EU directive. *Journal of Radiological Protection*. Vol 39. No 1. 2019.