

ELSÄK 2022

Elsäkerhetsdagarna

Skyltning – Termisk ljusbågsenergi

2212-12-05 : Magnus Carlsson

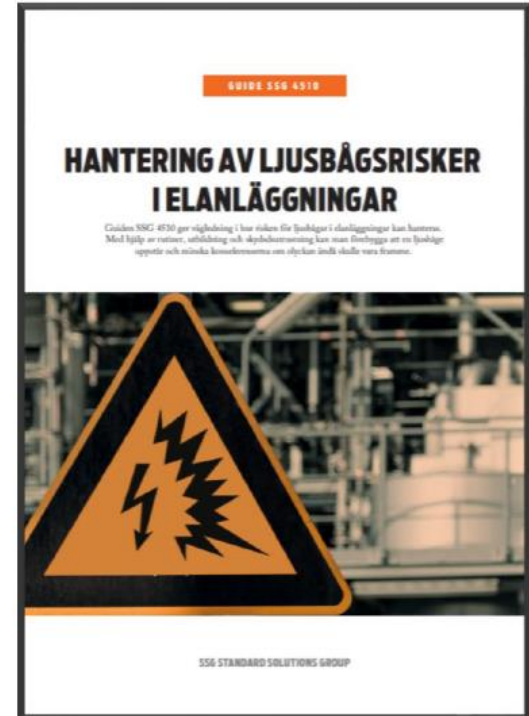
SSG Guide 4510 (delaktig)

Mycket av det jag nämner, samt djupare information finns också i SSG 4510.

Denna guide ger vägledning för hantering av ljusbågsrisker i elanläggningar.

Senaste utgåva nov 2019.

SSG 4510:2019



Agenda

För att förstå märkningen, måste man veta bakgrunden

- Vad är en ljusbåge
- Ljusbågstester av ställverk, en bakgrund
- Ljusbågsolycka
- Skyltar
- Beräkning
- Klädsel
- Hur ska man prioritera
- Skyltningen

Ljusbågsfara / Ljusbågsrisk

Fara: En källa som kan orsaka skada (Ställverk, Transformator mm)

Risk: En situation då man utsätts för fara (Ställverksarbeten, Kopplingar mm)

Risken är inte större än igår för ljusbågar

Risk: Sannolikhet * Konsekvens

Men nu kan vi bestämma konsekvensen av ljusbåge

Elsäkerhetsledaren kan därmed göra mycket bättre riskbedömning
för vissa arbetsmoment och klä sig korrekt vid behov

Borealis Arc Flash (Ljusbågs-) olyckor

Är stängd dörr / lucka
”säkert”

Återkommer om
detta

Liten skada utan PPE

Sydamerika

Ingen skada med PPE (visir)

Europa

Borealis koncernens HSE : Elsäkerheten står stilla !

Safety standstill Arc flash mitigation

Om man inte vet:

- 2 personer
- "Rymddräkt"



Ska vi märka som USA?

WARNING

DANGER

WARNING

DANGER

WARNING

DANGER

Fanns inget i Sverige om ljusbågar, men vi skulle märka enligt IEEE 1584, amerikansk standard
Elpersonalen tänker, men våra ställverk i Sverige och Europa är väl säkra ?

Vad är en Ljusbåge ?

Några möjliga orsaker till Ljusbåge är:

- Den mänskliga faktorn
- Föroreningar
- Skadedjur
- Mekaniska fel
- Dåliga förbindningar

Vad är en Ljusbåge ?

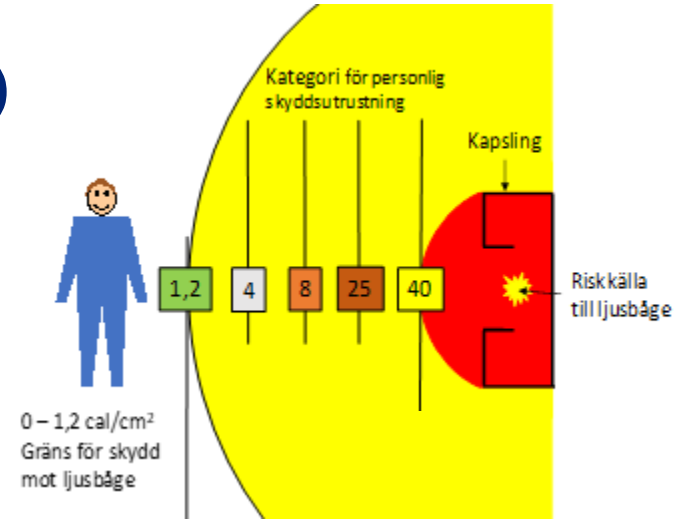
- Mellan 8000 – 20 000 °C



- Koppparånga
- *(när fast koppar övergår till ånga expanderar x 67 000)gångar*

- Smält metall i droppform
- Ljudvågor
- Tryckvågor
- IR-ljus
- UV-ljus
- Intensivt ljus
- Snabb expansion av het lufyt
- Splitter

Termisk Ljusbågsenergi (eng Incident Energy) (SSG "händelseenergi" utgår)



Märkningen är omräknat till 1 sek värde enligt IEEE1584

~ 1.0 cal/cm²

Motsvarar en fingertopp som utsätts för en cigarettändares flamma 1 sek

~ 1.2 cal/cm²

Lägsta energimängd som kan orsaka 2:a gradens brännskada (50% sannolikhet) på bar hud

~ 4.0 cal/cm²

Energimängd som orsakar 2:a gradens brännskada på bar hud

~ 8.0 cal/cm²

Lägsta energimängd som kan orsaka 3:e gradens brännskada på bar hud

Amerikanerna har lång erfarenhet, samma händelse för eld, "bomb", ljusbåge mm

Termisk Ljusbågsenergi

Ljusbågar sammanfattning 1,2 – 10 cal/cm²

<https://www.youtube.com/watch?v=V7YP8njXZ-E>

≈ 1,2 cal/cm²

≈ 7 cal/cm²

Ljusbågstestade Ställverk, IEC standarden

- Tygbitar ska ej ta eld,
30 cm från ställverk
- Placering av tygbitar,
enligt standarden
och
eventuella extra tester av
leverantören
ex, kabelfack, kassetter mm

Ljusbågstestade Ställverk, IEC

MEN

- Giftiga gaser pga brinnande material
- Varma gaser
- > 2000 mm, ingen begräsning
- Kan pysa genom dörrar
- Ljusbågar kan brinna igenom sidorna
- Måste läsa standarden, fråga leverantören hur de har ljusbågstestat ställverken redan vid inköp, dvs man måste förstå hur säkert är det

Ljusbågstestade Ställverk

Tygbit ska ej ta eld, men väldigt höga energier.

Ställverk testade för driftrum, tjockare tyger och därmed ännu högre energier innan tar eld

Energ nivå	Bännskada	Skyddar	Antändning
1,2 cal/cm ²	2:a (50%)		
4 cal/cm ²	2:a	Tyg 140 g/m ² T-shirt (trikå)	
5 cal/cm ²		Tyg 160 gr/m²	Vitt papper
8 cal/cm ²	3:e		
10-40 cal/cm ²		Tyg 450 gr/m ²	Bomulls kläder (beroende på färg och material)

*Tygbitar vid test: Allmänhet 40 g/m² **Behörig personal 150 g/m²***

Anm: Ingen vetenskap utan insamling av data från web och klädesfabrikanter

IEC TR Standard

Kortslutningstest

Ljusbågstest
frivilligt enligt TR
(teknisk rapport)

Arc C: Borde vara min krav
idag

Arc I: Kommer snart / finns

Klassificeringsdel	Klassificerings	Kommentar
IEC 61439		Inget personskydd eller skydd för kapslingen
IEC TR 61641	Arcing Class A Personsäkerhet. (Kriterier 1 till 5)	Personskydd men inget skydd för kapslingen
	Arcing Class B Personsäkerhet och ljusbågen begränsad till en definierade zoner i kapslingen. (Kriterier 1 till 6)	Personskydd men begränsat skydd för kapslingen (1 st fack eller samlingsskena kan falla)
	Arcing Class C Personsäkerhet och ljusbågen begränsad till en definierade zoner i kapslingen. Begränsad drift är möjligt efter fel. (Kriterier 1 till 7)	Personskydd men begränsat skydd för kapslingen (1 st fack kan falla)
	Arcing Class I Kapsling ger skydd med hjälp av ljusbågsskyddande zoner.	Person och kapslingsskydd finns med begränsad drift möjlighet. (1 st enhet kan falla)
Rated accessibility area	Begränsad åtkomst (standard) (Tygbitar med en vikt 150 g/m ² ± 20 %)	Endast fackkunnig person har tillgång till kapslingen
	Obegränsad åtkomst (Tygbitar med en massa 40 g/m ² ± 20 %)	Kapslingen kan vara placerad på en allmän plats. (lekman)

Ljusbågsrisker med olika ställverkstyper

Svenska” ställverk är oftast bra med få olyckor

Stängd lucka, 100% skydd enligt IEEE (Öppen lucka 0%)

Är KAFK ställverk bättre än ABB MNS (Nytt/Gammalt) !?

Min kollega hade varit med på ljusbågstester av ställverk, så han visste hur mycket det kan ”pysa” med stora energier

Därför introducerade vi också en egen riskbedömning med stängd lucka med hänsyn till

- ljusbågstestade ställverk
- kvalitet och ålder

Detta ger 0, 25, 50, 75, 90 (100) % skydd mot ljusbåge per objekt



Hur mycket skyddar stängd lucka

Teknisk barriär: Ställverkskapsling (%)

100% barriärsskydd, ingen återstående ljusbåge = hög ljusbågssäkerhet

·
Nyare ställverk / kapslingar

·
Äldre ställverk / kapslingar
(ny utrustning med dålig kvalitet)

0% barriärsskydd, full ljusbåge = liten ljusbågssäkerhet

Hur mycket skyddar stängd lucka, förslag till egen riskbedömning

100%	<i>"Finns inget idag"</i> Isolerade skenpaket, ljusbågstestat enligt SS-EN 61439-1 min Arc class I*
90%	Brytning från skenpaket med stängd dörr, min Arc class C* In / Ur rackningar utan tillkoppling till skenpaketet
75%	Brytning kassetter från skenpaket med "glipa" / ingen skyddsram In / Ur rackning med tillkoppling till skenpaketet, min arc class B*
50%	Ny brytare i gamla ställverk, dålig kvalitet på ställverk, (ingen ljusbågstestning) Byte av säkringar i spänningslöst tillstånd bägge sidor (elektriskt arbete)
25%	Dålig kvalitet, 0 % skydd vid borttagning av gruppen, ingen ljusbågstestning
0%	Öppen dörr, enkla plastlådor, 0 % skydd vid borttagning av gruppen

Elolycka augusti 2010, från Skärhamn

"Gena inte i kurvorna när
du handskas med el"

För Hans Thedin, elektriker på
Tjörn, tog det två år istället för
en kvart att komma hem den
där fredagen i augusti 2010.
Han träffades av en ljusbåge
när han skulle slutföra ett jobb
i en elcentral.



** Rapport Elolyckor 2015, Elsäkerhetsverket*

Elolycka 2010

- Utsattes för termisk ljusbågsenergi, samma mängd tyg som användas vid ljusbågsprovning av ställverk.
- Den nya parametern ljusbågsström ("Ikmin") ökade frånkopplingstiden, i detta fall endast 0,5 s
- Vad med längre frånkopplingstider ?
- Idag, endast termiska krav på kabeln som anger max frånkoppling 5s, inget om personsäkerhet
- Elkonstruktionen är godkänd, men Hans vet inget om konsekvenserna. Helt chanslös !
- Tar eld !
- Är borta 2 år från arbetet
- Om termisk ljusbågsenergin varit uppmärkt, hade valt korrekt klädsel eller frånkopplat spänningen
- Kan inträffa överallt (ställverk/centraler), men elektriker behöver mer info och utbildning
- Samspel mellan konstruktion, underhåll och entreprenörer

Skytning och klädstandarder sedan 2020

Arc Flash PPE

IEC standard 61842

Test Method
IEC 61482-1-2
"Box"

Test Method
IEC 61482-1-1
"Open Arc"

Kläder

Riskhantering

Skytlar

~~APC1 / APC2
"Class 1 or Class 2"
(EU Approved)
Test 400 V~~

"cal/cm2"
ELIM (0%)
(EU Approved)
Test > 1000V

~~"cal/cm2"
ATPV / EBT (50%)
(Not EU Approved)
Test > 1000V~~

"EU" 2020

"Amerika"



BGI/GUV-I 5188 E
"Tyskland"

IEEE-1584:xxxx
DC : Hold ("5" models")
>15 kV : HOLD ("OHSA")
1 -phase: HOLD

IEEE 1584 -2018 /2002
(≤15 kV 3 phase)

"Internationellt"

Beräkning och skyltar

Lager på lager samma tillverkare



TRANEMO SKINSAFE™ TWO LAYER SYSTEM

ELIM (cal/cm²)

22

EBT (cal/cm²)

27

PPE

3

APC

2

SKIN PROTECTION

6373 89 94



895 CANTEX JERSEY AT
ELIM: 3,9 cal/cm²
EBT: 4,6 cal/cm², PPE 1

SHIELD

5039 89 94



899 CANTEX TERRY
ELIM: 8,6 cal/cm²
EBT: 11,0 cal/cm², PPE 2

TRANEMO SKINSAFE™ WINTER SYSTEM

ELIM (cal/cm²)

63

ATPV (cal/cm²)

68

PPE CATEGORY

4

SKIN PROTECTION

6372 89 94



895 CANTEX JERSEY AT
ELIM: 3,9 cal/cm²
EBT: 4,6 cal/cm², PPE 1

INSULATION

5030 89 94



899 CANTEX TERRY
ELIM: 8,6 cal/cm²
EBT: 11,0 cal/cm², PPE 2

SHIELD

5145 95 94



950 WINDTECH FR 340
ELIM: 23,0 cal/cm²
EBT: 28,0 cal/cm², PPE 3

Skyddskläder

Klädesmatris

Preemraffs elsäkerhetsmatris där märkskylt finns

A	B	C	D	E	F
$\leq 1,2 \text{ cal/cm}^2$	$1,2-4 \text{ cal/cm}^2$	$4-8 \text{ cal/cm}^2$	$8-25 \text{ cal/cm}^2$	$25-40 \text{ cal/cm}^2$	$>40 \text{ cal/cm}^2$
Grundläggande skydd	Grundläggande skydd	Förstärk ditt grundläggande skydd till lämplig nivå beroende på ljusbågsenergi.	Komplettera ditt grundläggande skydd till lämplig nivå beroende på ljusbågsenergi.	Komplettera ditt grundläggande skydd till lämplig nivå beroende på ljusbågsenergi.	Komplettera ditt grundläggande skydd till lämplig nivå beroende på ljusbågsenergi.

Elsäkerhetsledaren utför riskbedömning före, under och efter arbetet avslutas

   	   	     13-4 Heat FR-AF 	Bygg på ditt grundläggande skydd med exempelvis hörsel-skydd, isolerhandskar, underställ, ljusbågshuva, halsbuff mm. som passar för den ljusbågsenergi du riskerar att bli utsatt för i detta spann.	Bygg på ditt skydd ytterligare med exempelvis ljusbågsvisir på hjälm för 40 cal/cm² mm. som passar för den ljusbågsenergi du riskerar att bli utsatt för i detta spann.	Undvik arbete där man överskrider 40 cal/cm². Måste det utföras skall särskild riskanalys göras och åtgärder utföras för att minimera riskerna till acceptabel nivå. 
OBS! Frånskiljning eller rätt personlig utrustning från 8 cal/cm² och uppåt.			Får ej utföras som ensamarbete	Får ej utföras som ensamarbete	

Klädsel - Preem:s minimistandard: långärmad skjorta och byxor eller overall; ATPV klass $\geq 8 \text{ cal/cm}^2$ (PPE category 2 NFPA 70E) Class 1 (IEC).

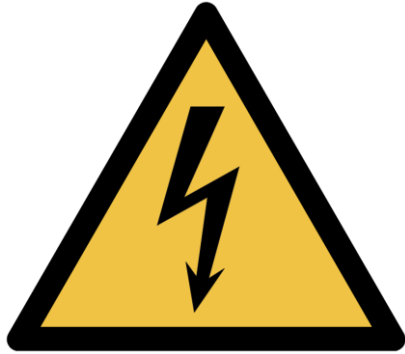
Underkläder i helsyntetiska material skall inte användas, de måste vara flamskyddade eller av bomull.
OBS!!! När så krävs skall isolerhandskar för rätt spänningsnivå alltid användas.

Preems matris definierar den minsta acceptabla standarden på personskydd för elarbeten. Regelefterlevnad ska alltid uppnås.

Där uppmärkning av händelseenergi saknas och vid försäkring 50 amp eller större ska kolumn C och uppåt användas.

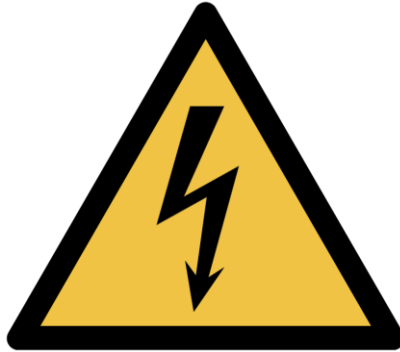
Varningsskyltar, föreskrifter och symbol standard

Elektricitet



ISO 7010-W012
AFS 2008:13

Elektrisk Fara



ELSÄK-FS 2008:2
(*elektricitet & ljusbåge*)

Ljusbåge



ISO 7010-W042



Ställverk "Nytt" med ljusbågsvakt		
	<u>Elektrisk spänning</u>	
	690 V	Nominell Spänning
	0,3 m	Närområde
	0 m	Riskområde
	<u>Ljusbåge</u>	
	Händelseenergi	
	<u>Arbete öppen dörr / ingen kapsling</u>	
	1,5 m	1,2 cal/cm ²
	0,7 m	4 cal/cm ²
	0,4 m	8 cal/cm ²
	0,2 m	25 cal/cm ²
	0,1 m	40 cal/cm ²
	0,2 cal/cm ²	<u>Arbete stängd dörr / kapsling</u>

Avstånd från ljusbåge (skenpaket)

Ställverk "Äldre" utan ljusbågsvakt		
	<u>Elektrisk spänning</u>	
	690 V	Nominell Spänning
	0,3 m	Närområde
	0 m	Riskområde
	<u>Ljusbåge</u>	
	Händelseenergi	
	<u>Arbete öppen dörr / ingen kapsling</u>	
	3,9 m	1,2 cal/cm ²
	1,7 m	4 cal/cm ²
	1,1 m	8 cal/cm ²
	0,5 m	25 cal/cm ²
	0,4 m	40 cal/cm ²
	5,2 cal/cm ²	<u>Arbete stängd dörr / kapsling</u>

30 cm framför dörr + "avstånd"

Anm: NFPA märkning 30 cm öppen dörr,

samma för ställverktester

• Sensitivity: External

Borealis Stenungsund PE, skylt för SIP (Särskild “Instruerad Person”)



Skyltning Borealis





Hur ska man prioritera ?

1. Inventeringen av ställverk HSP/MSP/ LSP ($\approx 75 \%$)

Frånkoppling: Typ av brytare / Reläskydd / Säkringstyp / Ljusbågsskydd mm

Frånkopplingstid: Parameterinställning / Ström-Tid kurva / + mekaniska hjälprelä(er)

Typ av kabel och längd

2. Överliggande nät och normal kopplingsbild ($\approx 5 \%$)

Uppgifter om överliggande nät och normal kopplingsbild

Info från nätägare

3. Ljusbågsberäkning ($\approx 15 \%$, mindre med program)

För att komma igång, börja med IEEE 1584:2002 (inte så många parametrar för kapsling)

Ljusbågsberäkning beräkningar per ställverks inkommande

Centraler med långa frånkopplingstider, stora säkringar mm (börja inte med $< 63 \text{ A}$)

Både för $I_{k_{\max}}$ och Ljusbågsström " $I_{k_{\min}}$ "

4. Skyltning ($\approx 5 \%$)

Beräkning

Bra beräkningsprogram för termisk ljusbågsenergi (vad jag vet om idag)

Norden

Febdok (AEC) < 1000 V inkl normalt använda skydd i Norden

Ljusbågsberäkning kommer årsskiftet 22/23

Stor spridning i Sverige och Norge, lokala skydd inkluderade, "enkla"

USA och stora projekt world wide

ETAP (Schneider ca 2021)

Jättestort program som kan beräkna allt inkl luftledning, solenergi, DC mm

Liten kunskap i Sverige, inga lokala skydd inkluderat

Excel fil

Behov av externa program för att räkna fram I_{kmax}/I_{kmin}

Mellanspänning

Övriga program finns, men ibland är "Excel fil" enkla

Beräkning

Febdok beräkning, beta version

Amn:

Rapport NELFO

*SVårighet att få korrekt resultat
vid mätning istället för att
beräkna kortslutningsströmmar*

*Beräkningar bättre än att mäta
 I_{k3} eller $I_{k2} \cdot x \approx I_{k3}$ men finns
ingen beräkning*

IEEE1584_ArcFaultFrm

Märkning: FEBDOK_3

Beskrivning:

Nominal voltage: 400 [V]

Upstream protective device

Märkning:

Brytklass: Småtsäkring

Fabrikat: IFO

Brytarenhet: ECO-500V_gG

Märkström: 100 [A]

Utlösningsslag: Krivsäkring

Utlösarenhet: ECO-500V_gG_100

Active settings: Arc fault [v] Remove special arc fault settings

Construction data

Calculation according to: IEEE 1584-2018

Electrode distance: 32 [mm]

Working distance: 900 [mm]

Configuration: VCB

Enclosure

Width: 600 [mm]

Height: 1244.6 [mm]

Depth: 600 [mm]

Arc fault calculation results for max fault current

Fault current	13,433 [kA]
Arc incident energy	0.3 [J/cm²]
Arc flash boundary	149 [mm]
Arc current	9,219 [kA]
Arcing time	10 [ms]

Min working distance in mm at

1.2 cal/cm²	148.7
4 cal/cm²	70.1
8 cal/cm²	45.4
25 cal/cm²	22.3
40 cal/cm²	16.6

[cal/cm²]

Min working distance in mm at

1.2 cal/cm²	122
4 cal/cm²	57.5
8 cal/cm²	37.3
25 cal/cm²	18.3
40 cal/cm²	13.6

[cal/cm²]

Ok

Avbryt

Excel fil för skyltning (ver utkast)

	A	B	C
1	Anläggnings	DesignBasis	ReferenceDesignation
2	221121-223;SS	4364000;2(K50	
3	221121-223;SS	4364000;2(K51	
4	221121-223;SS	4364000;2(K52	


BOREALIS


Febdok

ELTRYGG MILJÖ AB

Denna flik, kopiera in beräkningsresultat från Febdok för att skapa skyltar

Indata

90

[%]

Välj barriärskydd dörr/kaspling (0-100 %)

Anm: Beräkningsresultatet kan skilja sig från SSG ver 2019

Data för skyltning

Data och beräkning för skyltning

0

Riskområde [m]

Beräkning för skyltning

300

Närområde [m]

Beräkning för skyltning

0

PPE enligt NFPA

Beräkning för skyltning

2002

Termisk ljusbågsenergi beräkning enligt IEEE 1584- [år]

0,215

Termisk ljusbågsenergi stängd dörr / kapsling [cal/cm²]

900

Avstånd [mm]

1,8

Termisk ljusbågsenergi på ovan avstånd [cal/cm²]

Välj objekt, kopiera in hela raden från Febdoks exportfil ljusbågsenergi beräkning

Kopiera in hela raden på rad "27" nedan, fungerar för Febdok ver 7

Tag

Volt

Dist. 1,2

Dist. 4

Dist. 8

Dist. 25

Dist. 40

[V]

[cal/cm²]

[cal/cm²]

[cal/cm²]

[cal/cm²]

[cal/cm²]

K50

0,53

1,2

0,5

0,3

0,2

0,1

Amn: Kommer att finnas på Eltrygg hemsida # "God Jul"

Excel fil för skyltning “SSG”, NFPA (USA)

Ställverk "Nytt" med ljusbågsvakt	
	Elektrisk spänning
	690 V Nominell Spänning
	0,3 m Närområde 0 m Riskområde
	Ljusbåge
	Händelseenergi
	Arbete öppen dörr / ingen kapsling
	1,5 m 1,2 cal/cm ²
	0,7 m 4 cal/cm ²
	0,4 m 8 cal/cm ²
	0,2 m 25 cal/cm ²
	0,1 m 40 cal/cm ²
0,2 cal/cm ² Arbete stängd dörr / kapsling	

Sverige

DANGER	
	Arc Flash and Shock Hazard
	Appropriate PPE Required
	525 V Nominal System Voltage
	1,2 m Arc Flash Boundary (1,2 cal/cm ²)
	0,3 m Live Working Zone
	0 m Vicinity Zone
	1,8 Incident Energy (cal/cm ²) at: 900 mm
	Arc Flash PPE Category: 0
Equipment ID: K50 Date:	

WARNING	
	Arc Flash and Shock Hazard
	Appropriate PPE Required
	525 V Nominal System Voltage
	1,2 m Arc Flash Boundary (1,2 cal/cm ²)
	0,3 m Live Working Zone
	0 m Vicinity Zone
	1,8 Incident Energy (cal/cm ²) at: 900 mm
	Arc Flash PPE Category: 0
Equipment ID: K50 Date:	

NFPA (USA) & varningssymbol för ljusbåge

Film Test av kläder

Ljusbågar sammanfattning 1,2 – 10 cal/cm²

<https://www.youtube.com/watch?v=V7YP8njXZ-E>

TACKAR !

Är kvar till 18:00 innan hemfärd

Thank you!

Let's re-invent!

Magnus Carlsson

TD&E

Borealis

Magnus.carlsson2@borealisgroup.com

The ideas documented in this presentation are property of Borealis AG unless otherwise stated. The content and layout of this presentation is protected by copyright laws. Unauthorized use or reproduction, as well transmission to third parties, in whole or in part, is not permitted unless explicitly authorized.