

Elektritraumad

Marju Peärnberg

Elektritraumad

- Elektrivoolu toime kehas põhjustab:
 - Kudede kuumenemist – põletused
 - Aktiivsete rakkude depolarisatsiooni
- Trauma raskus sõltub:
 - Voolutugevusest
 - Voolu liigist (vahelduvvool, alalisvool)
 - Voolu kulgemisteest inimkehas
 - Voolu toimekestvusest
 - Voolu sisenemiskohast ja pindalast

Ajaloost

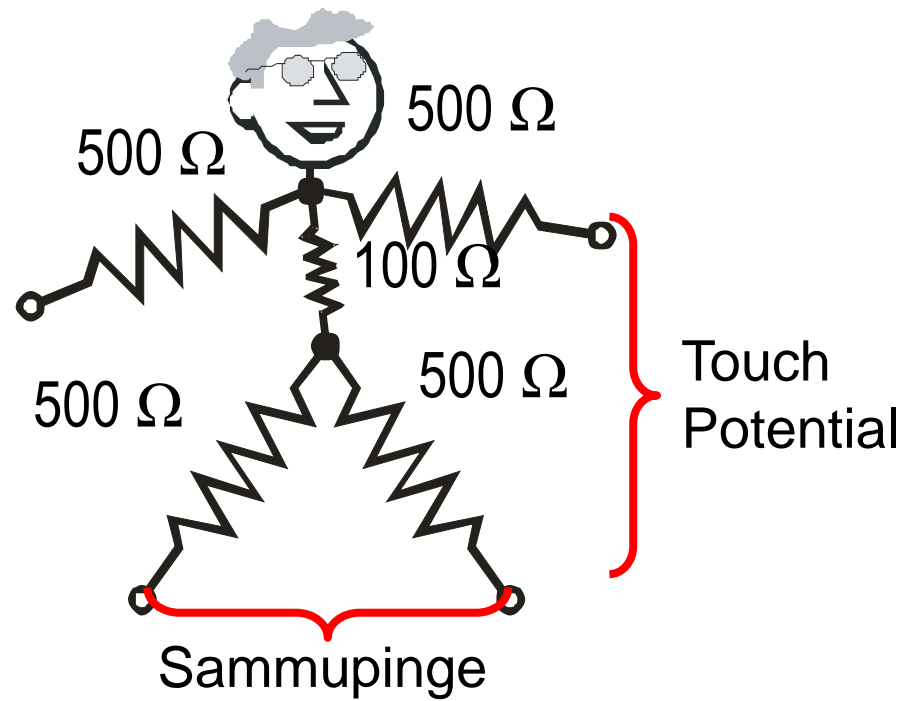
Ohm avastas (aastal 1827) voolutugevuse sõltuvuse pingest vooluringi osas ja voolutugevuse seaduse kogu suletud vooluringis.

Ohm leidis ka juhi takistuse sõltuvuse juhi pikkusest ja ristlõike pindalast.

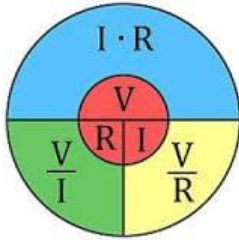
$$I = \frac{U}{R}$$



Keha takistus



Why is 50 Volts is Enough to Kill You?



Apply Ohm's Law
 $I = V/R$

1500 Ohms

Ohm's Law
I = Current
V = Voltage
R = Resistance

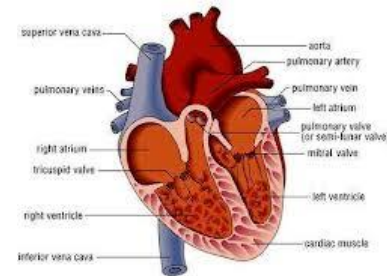
$I = 30\text{mA}$ of current flow

$30\text{mA} = \text{Respiratory Paralysis}$



Miks elekter on ohtlik?

- Elektrišokk
- Elektrihaare lühis



Vool (mA)	Toime inimese kehale
≤30	Valulikud lihaste kokkutõmbed ja hingamisraskused
50 – 100	Võimalik ventrikulaarne fibrillatsioon
100 – 200	Põletused, ligaste kokkutõmbed
200 – 2000	Südame seiskumine ja organite kahjustused

Elektrivoolu mõju

- Alla 1 mA- kehalisi vigastusi ei teki
- Lahtilaskmispiir on 10–15 mA (rikkevoolukaitse 30mA)
- Käte tugevate painutajalihaste krampi tõttu pole suure voolutugevuse korral vooluallikast lahtilaskmine teatud tingimustes enam võimalik
- Üle 50 mA võivad tekkida hingamislihaste halvatus ja südames fibrillatsioon, asüstoolia (rikkevoolukaitse 30mA)
- Üle 1000 mA e 1A täheldatakse püsivat müokardi kokkutõmmet

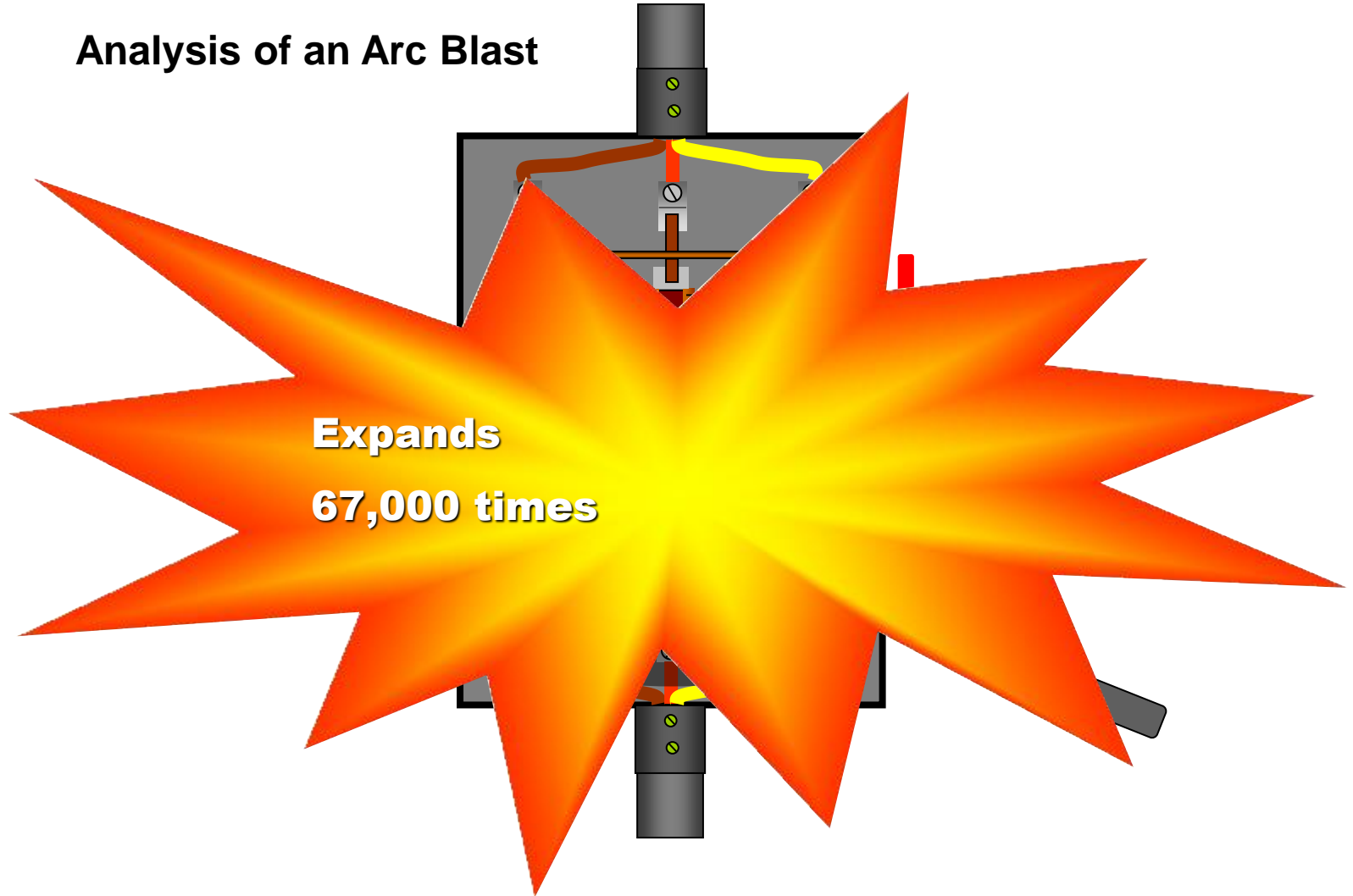
Elektritraumad

- **Madalpingeõnnetus** – madalpingeõnnetusteks nimetatakse selliseid, mille korral on pinge kuni 1000V. Selle korral tekivad eelkõige ärritusefektid elektriliselt erutatavatele kudedele
- **Kõrgepingeõnnetus** – peetakse pinget üle 1000V voldi ja voolutugevust üle 3 ampri. Kõrgepingeõnnetuste korral tulenevad kahjustused enamasti kuumuse toimest (põlemine)

Elektritrauma elektrikaarest ja selle mõjust

- **Kaarleek** – lühised, pinge ülelöögid võivad kaasa tuua kaarleegi moodustumise. Eelduseks on kõrge potentsiaalierinevus voolu juhtiva juhtme ja läheneva maandatud keha vahel. Kaarleegi ülekandumisel variseb õhu üleminekutakistus järsku kokku (õhk ioniseerub).
- 10 000V korral võivad ioniseeritud osad üleminekul ületada mitu sentimeetrit õhuruumi. Kaarleegis tekivad temperatuurid kuni 4000 °C. Kaarleegi ülekanded võivad põhjustada suuri põletusi. Kõrgepingelas võib kaarleegi mõjul toimuda kannatanu otsene elektrilöök.
- Soojuskiirgus (visible UV, IR < 1.000°C)
- Lööklaine (+müra 165dB- kuulmiskahjustus, vigastused)
- Riided lähevad põlema

Analysis of an Arc Blast



**Expands
67,000 times**

Mis on 'Kaarleek'



Kaarleegi toime: video

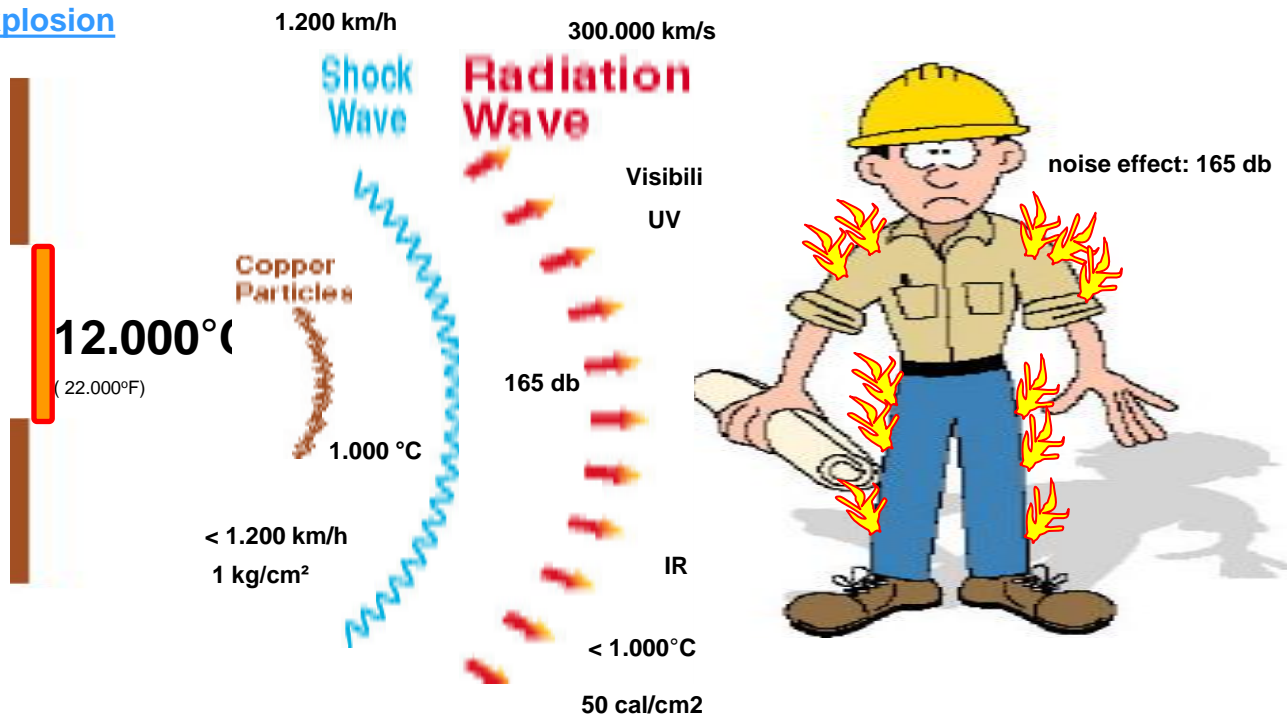
Video from youtube

<https://www.youtube.com/watch?v=UJGViiDInp0>



Kaarleegi toimed

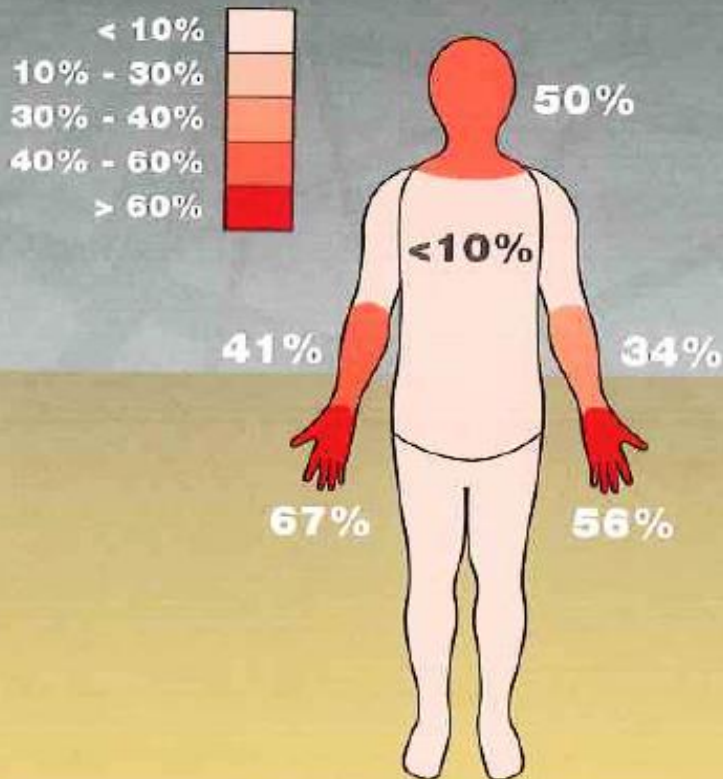
Explosion



Kaarleegi toime inimese kehale

Distribution of thermal injuries:

Aside to the hands, the head, especially the face is the most endangered part of a worker.





Elektri toimemehhanismid

- **Ärritusefekt** elektiliselt erutuvatele kudedele: südamelihaskond, lihaskond ja närvisüsteem. Nende organite kahjustus sõltub pinge suurusest, sellega kaasnevast elektrivoolust ja voolutihedusest.
- **Soojustoime:** energeetilise elektrivooluga toodetakse Joule'i soojust. See võib põhjustada erineva ulatusega põletusi piki voolu kulgemisteed.

Madalpinge kahjustus

- **Madalpinge** korral (< 1000 V, majapidamises) on :
 - esiplaanil põletused elektrivoolu sisenemis- ja väljumiskohtadest – voolumärgid
 - Võimalik südame rütmihäirete teke- jälgida 24–48 h raviasutuses
 - Kui elektrivoolu mõju kestab, võib tekkida lihaste kokku tõmbumine (tetaania). Voolujuhtmest lahtilaskmine võib osutuda võimatuks, võib esineda ka hingamislihaste halvatust koos hingamise seiskumisega.

Esmaabi madalpinge korral

- Elektrivoolu mõju katkestamine kas väljalülitamise teel või kasutades mittejuhtivat materjali (isoleerkepp või muu isoleeriv materjal, eriti ettevaatlik tuleb olla märgades tingimustes!)
- Põletusjälgi ravitakse nagu põletushaavu
- Võimalikud südame rütmihäired

Kõrgepinge kahjustus

- **Kõrgepinge** (> 1000 V) korral elektrivool tekitab otseselt äärmusliku kuumuse läbitavas piirkonnas olenevalt kudede takistusest. Enimalt elundi kahjustus söestumise tõttu.
- Kahjustatud elundi (süda, aju jne) funktsiooni lakkamine
- Lihasrakkude lagunemine. Lagunemisproduktid satuvad verre ja võivad eritamisel kahjustada neere

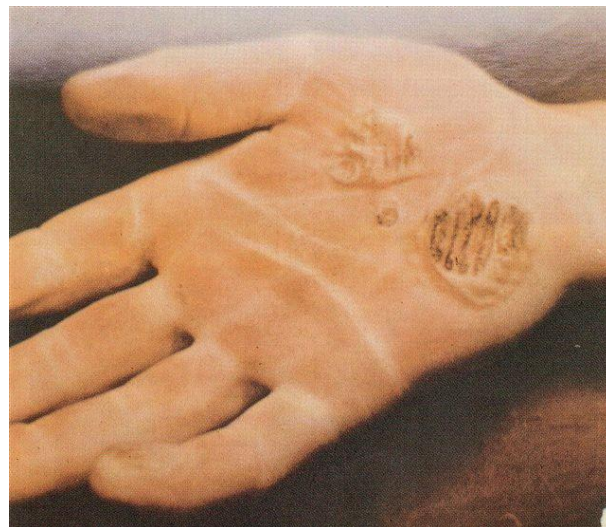
Kõrgepinge kahjustus

- **Pingelehter** – lähenemisel rikkelisele kõrgepinge allikale tekib sammupinge. Seejuures on tegemist voolu juhtivast kontaktpunktist lähtuva potentsiaalierinevusega, mille tugevus kauguse suurenedes väheneb. Pingelehter võib ulatuda 10–20 m (sõltub pinge suurusest ja maapinna takistusest)
- Kontaktpunktile lähenedes pinge suureneb. Keha läbistava elektrivoolu oht suureneb.

Esmaabi kõrgepinge korral

- Elektrivoolu mõju võib lõpetada tavaliselt spetsialist poolt elektri väljalülitamise teel. Esmaabi antakse kahjustuse kohaselt (põletus, elundi tegevuse lakkamine jne).

Elektrimärk (elektri sisenemise ala)



Elektrivool kahjustab elundeid

- Kahjustused tekivad elektrivoolu läbimisel kehas:
 - **Süda-** surma põhjuseks on enamasti elektrilise ärrituse tulemus südamelihasele. Olenevalt voolu liigist, kulgemisteest, -tihedusest ja mõjutava voolu kestusest võib südame reaktsioon olla erinev. Voolu kulgemisteel on siinkohal eriline tähendus. Lühendatud voolu kulgemisteede korral (nt käed – istmik, pea – käsivars, käsivars – käsivars) on surmaoht väiksema kehatakestuse tõttu suurem. Letaalsus suureneb eluea kasvades.
 - Haavatav faas- ohustatumad füüsilise töö ajal (vähenenud keha takistus) ja kuumades tingimustes
 - Asüstoolia, fibrillatsioon

Elektrivool kahjustab elundeid

- **Kesknärvisüsteem**
 - Neuroloogilised tüsistused on elektritraumade kõige sagedasemad tagajärjed. Tundlikkuse häireid ja lühikest teadvusekaotust (sageli kõrgepinge õnnetuste korral) täheldatakse elektritraumade korral sageli, enamasti on need lühiajalised (1 min)

Elektrivool kahjustab elundeid

- **Nahk ja lihaskond**

- Otsi nn elektrijälgi- voolu sisenemise ja väljumise kohad
- Elektrijäljed võivad esineda ka madalpingeõnnetuste korral, kuid on siiski kõrgepingest tingitud traumade korral sagedamad

Elektrivool kahjustab elundeid

- **Nahk ja lihaskond:**

- kuiv nahk on voolule suureks takistuseks (10 000 Ω). Nahatakiustus on seda suurem, mida väiksem on elektroodi kokkupuutepind. Seetõttu tõuseb temperatuur voolu sisenemisekohas äärmuslikult. See võib põhjustada kolmanda astme põletusi.
- käe- ja jalaliiges, tõuseb temperatuur suure voolutiheduse tõttu kiiresti ja võib põhjustada raskeid põletusi. Suurepinnalised kontaktid tekitavad väiksemaid nahakahjustusi kui väikesed kontaktpinnad.

Elektrivool kahjustab elundeid

- **Luu** on suure takistuse tõttu halb elektrijuht. See viib suure voolutiheduse korral luu suure soojenemiseni ja võib nii põhjustada ümbritsevate lihaste raskeid põletusi. Lihaste kaasamise tõttu vabanevad suured kogused valkainet lihastest, mis võivad viia neerukahjustuseni. Eriti sageli saavad viga küünarvarre painutajalihased

Elektrivool kahjustab elundeid

- **Veresooned ja närvid:**
- Veresooned ja närvid on head elektrijuhid. See võimaldab nimetatud struktuurides suurt elektrivoolu. Elektrist tingitud veresoone siseseina kahjustused viivad mõnikord trombide tekkeni. Veresoonte elektriliselt kahjustatud alas on kõrgenenud permeaablus koos olulise vedelikukaotusega koes.

Muud vigastused elektritraumade korral

- Sageli esineb elektriõnnetuste raames kukkumist suurtest kõrgustest. Otsida tuleks täiendavaid vigastusi nagu luumurrud, nihestused või traumaatiline ajukahjustus

Abistaja ohutus

- Abistaja peab hoolitsema oma ohutuse eest
- Niiske keskkond juhib hästi elektrit
- Kaitsevahenditeks kummikindad, kummijalatsid
- Kuiv puu, kuiv riie ja isegi kuiv ajaleht on isolaatorid

Välgutabamus

- **Välgulöögi** korral on pinge mitu miljonit volti ja saavutatakse voolutugevused üle 100 000 ampri. Kuid seejuures voolab elekter vaid 1–3 millisekundit. Tavaliselt ei piisa sellest ajast nahatakistuse ületamiseks. Seetõttu saab elekter voolata vaid üle naha ja mitte läbi keha.

Välgukolmik:

- teadvusetus
- mööduv halvatus
- välgumärgid nahal

Kahjustus välgutabamusest



Esmaabi

- Enda ohutus
- 112
- Vajadusel elustamine
- Põletushaavad
- Muud vigastused