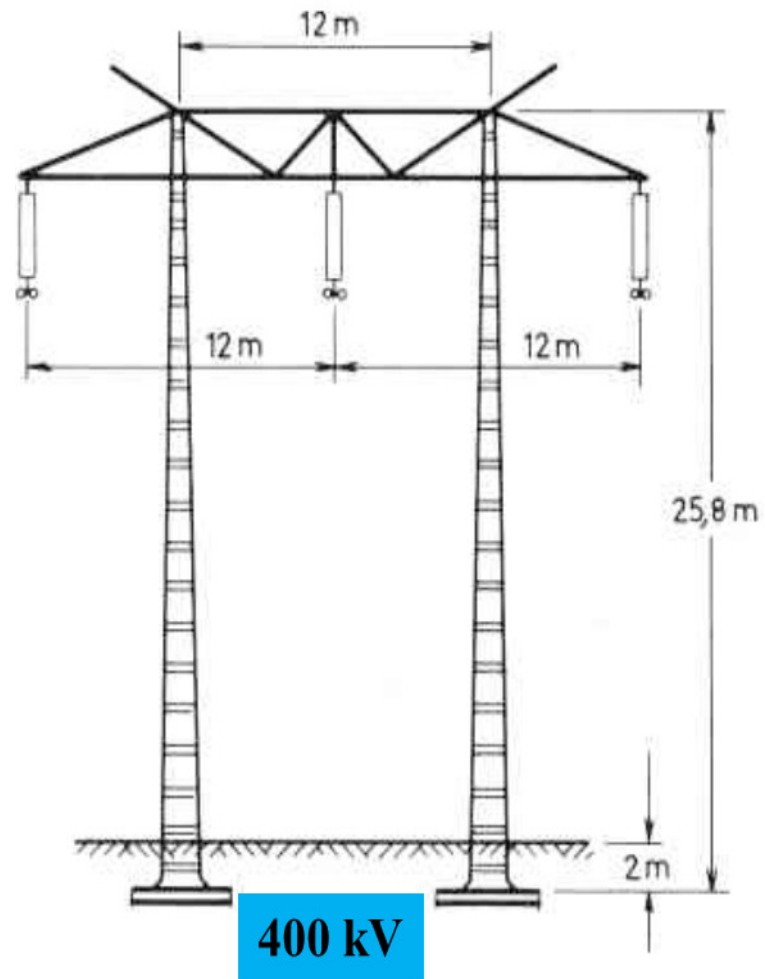


- **Elektriska påkänningar**

**Spänningar och elektriska fält vid normal drift och vid
överspänningar**

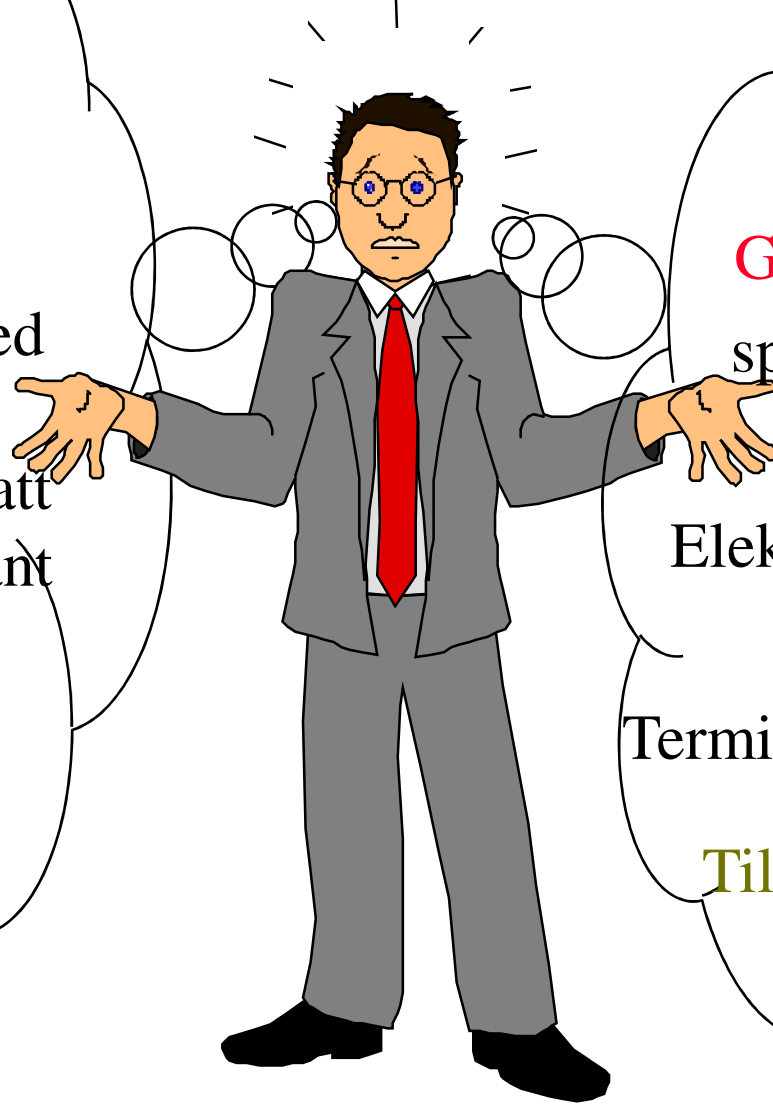
Isolationsmaterial





Isolationssystem

Ett isolations-system består av olika material med varierande egenskaper. För att optimera ett sådant system **måste många faktorer beaktas...**



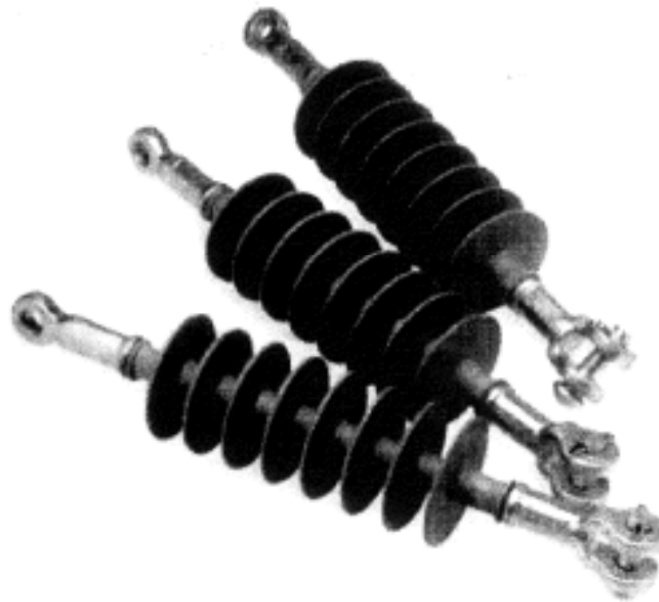
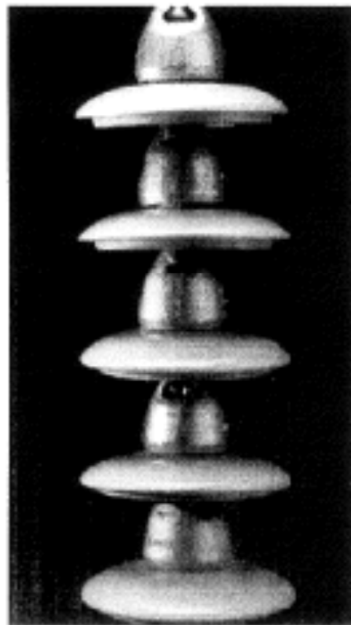
Elektrogeometri
Gränsvillkor/randvillkor
spänningsform
Inhomogeniteter

Elektrisk hållfasthet
Krypsträckor
Termisk ledningsförmåga

Tillverkningsteknik

ϵ_r , ρ

Isolatorer



Isolationsmaterial – egenskaper

1. **Genomslagshållfasthet** – den elektriska fältstyrka som isolationsmaterial kan uthärda (klara av) i ett homogent elektrisk fält utan att genomslag sker.

$$E = \frac{U}{f(a,r)} \left[\frac{V}{m} \right] \quad \begin{array}{l} a - \text{avståndet mellan elektroder} \\ r - \text{elektrodens radie} \end{array}$$

2. **ϵ – dielektricitetskonstant** – ett mått på materialets förmåga att lagra

elektrisk laddning $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \left[\frac{F}{m} \right] \text{ för vakuum; } \epsilon_r - \text{relativdieltalet}$$

3. **$\tan\delta$ – förlustfaktor**

4. **Dielektricitetsförluster:** $P_d = \omega \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot E^2 \cdot \tan\delta$ [W/m³]

5. **Resistivitet ρ**

6. **...**

Två isolationsmaterial mellan två elektroder:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

Korona, yturladdningar, inre urladdningar

Gamla isolationskoncept

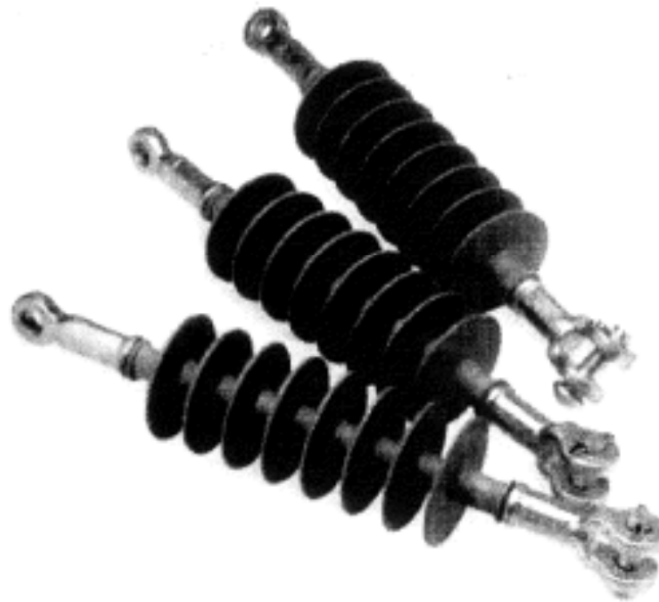
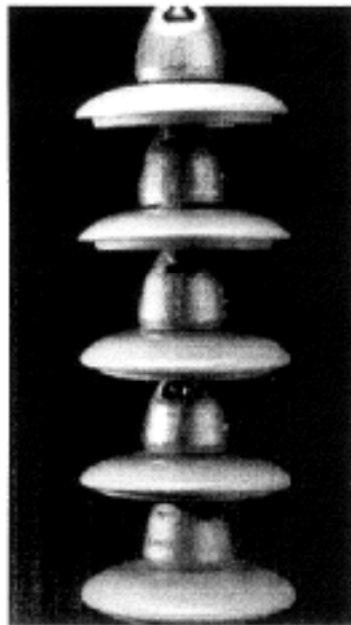
- Porslin/glas isolatorer, genomföringar, apparatporslin
- Olja+papper transformatorer, dc-kablar
- ”Luft” utomhusställverk, ledningar
- Glimmer roterande maskiner
- Epoxy stödisolatorer för inomhusbruk
- SF₆  gasisolerade system under tryck
- PEX kablar

Anm. SF₆ är en stark växthusgas och har därför inkluderats i FNs Koyoto-protokoll

Nya isolationskoncept

- Polymerer, bl.a. silikongummi och EPDM
- Nya eller blandade isolergaser
- Hybridsystem, t.ex. polymer+luft
- DC-PEX
- System baserade på PEX-kabelteknik

Isolatorer



Den dielektriska hållfastheten för olika isolationsmaterial
(den elektriska fältstyrkan vid vilken genomslag eller överslag sker)

	ϵ	$\tan \delta \cdot 10^{-3}$	$U_g [kV / mm]$
Bakelit	6 – 8	20 – 200	8 - 30
Glas	7	20	15
Porslin	5,5	12	36
Papper(paraffin)	3,5 – 6	20	30
Transf.olja	2,2 – 2,5	0,8	20
Luft	1,0006		3

Isolationsdimensionering

- Yttre isolation** - fria isolationsavstånd i luft
- utsatt för omgivningens påverkan (fukt, smuts mm)
- Inre isolation** - skyddad fast, flytande eller gasformig

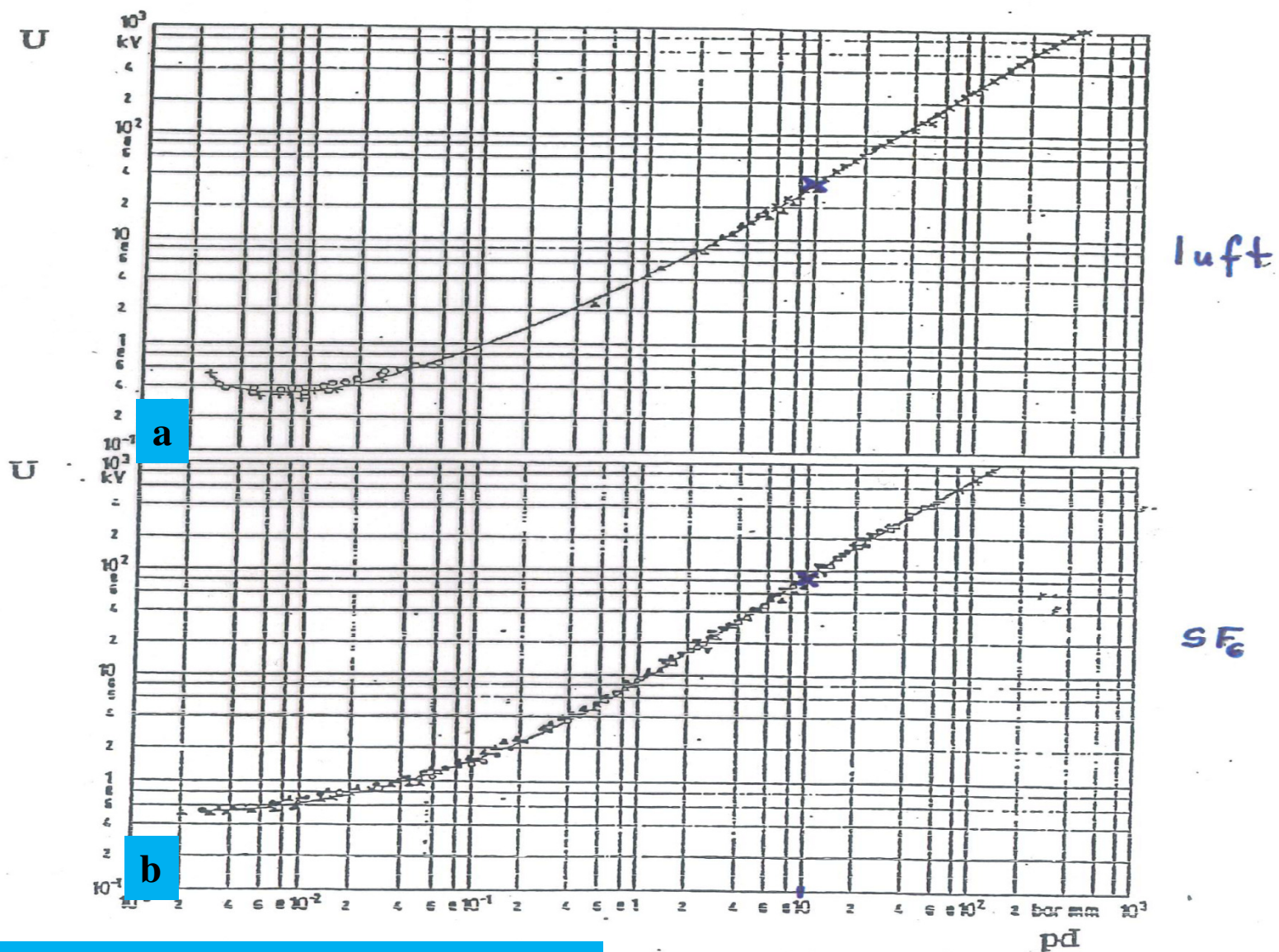
- Självläkande isolation** - återfår fullständigt sina egenskaper efter
isolationssammanbrott
- vanligtvis yttre isolation
- luftisolation

- Icke-självläkande isolation** - vanligtvis inre isolation även fast (hål,
kolbanor mm) och delvis också flytande
eller gasformig isolation

Isolationskoordinering:

Valet av dielektrisk hållfasthet hos en utrustning som med hänsyn till förväntade överspänningar ger en acceptabel risknivå

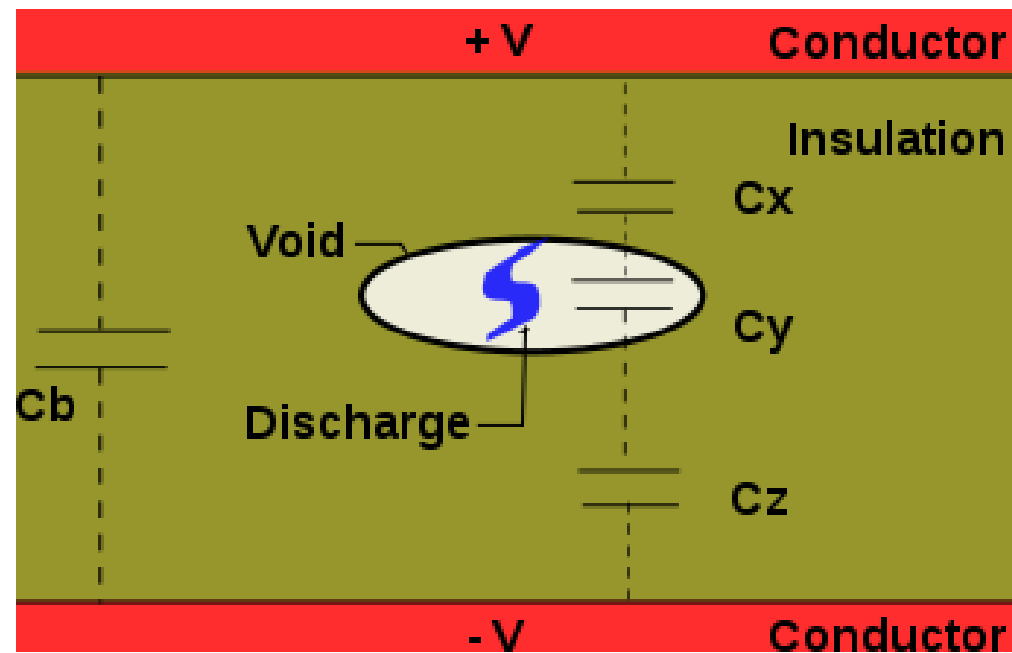
$$U = f(p \cdot d)$$



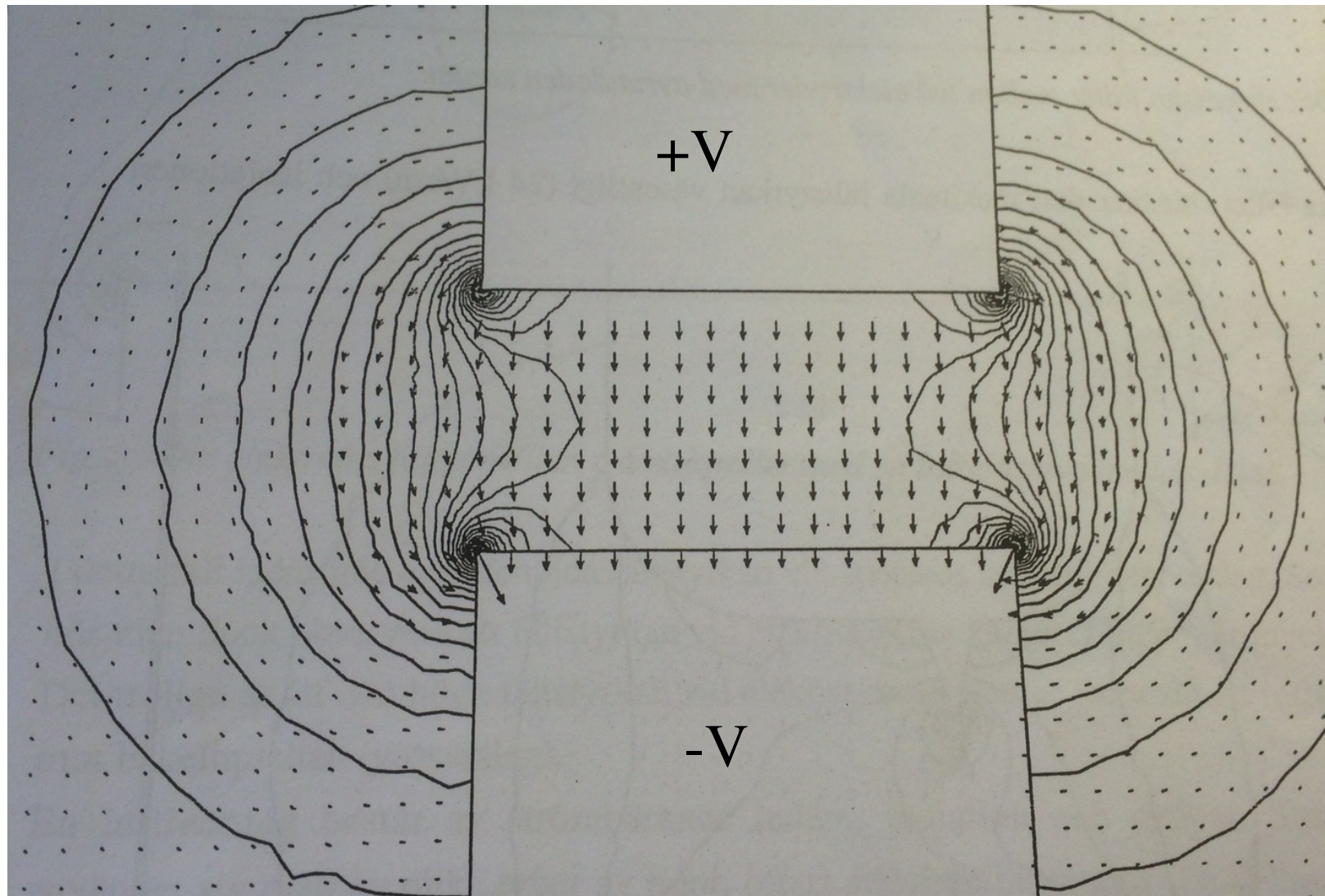
Paschenkurva för luft (a) och SF_6 (b)

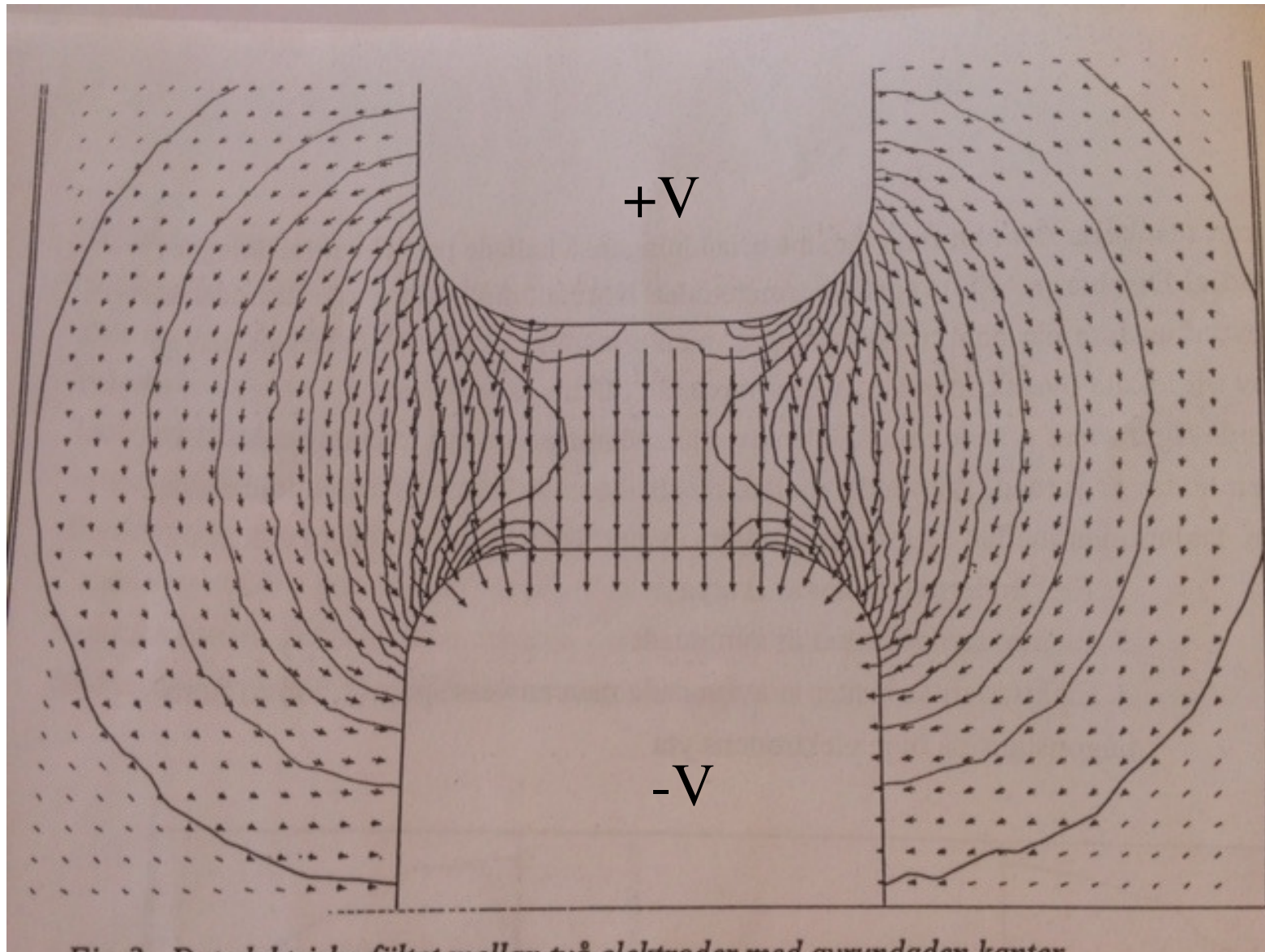
Korona

- Uppstår i starkt inhomogena elektriska fält
elektronlavinier/streamers
- Förorsakar effektförluster i elkraftnätet
2-8 kW/km vid vackert väder
40-240 kW/km vid regn eller frost
- Orsakar radiostörningar (200 kHz - 4 MHz)
- Joniserar luften och genererar därmed aggressiva
ämnen samt UV-strålning

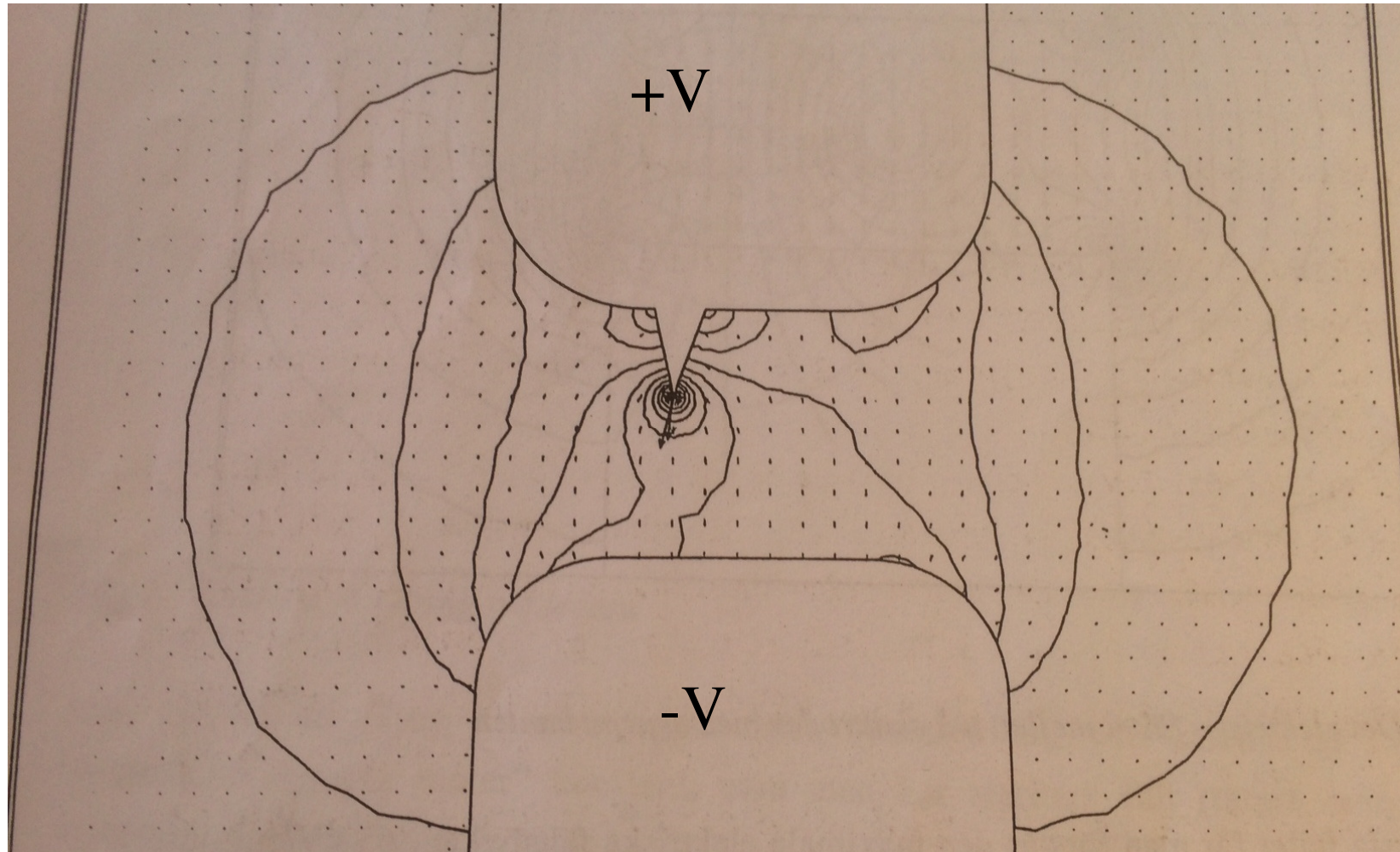


CHALMERS



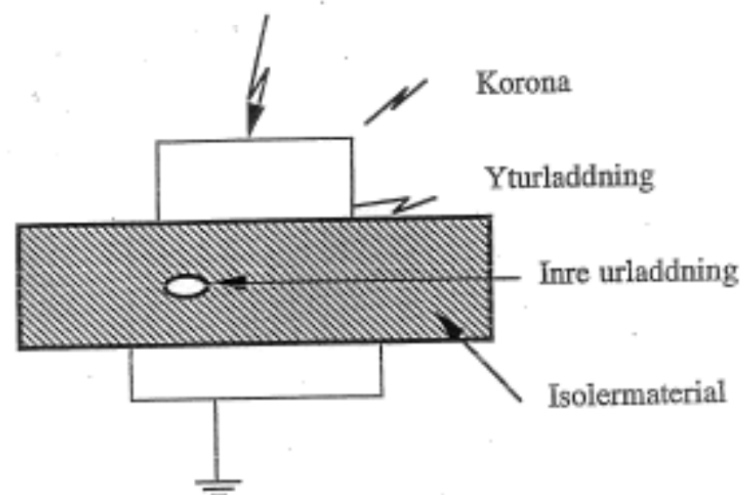


CHALMERS





	ϵ_v	$\tan \delta \cdot 10^{-3}$	$U_z [kV/mm]$
Bakelit	6 - 8	20 - 200	8 - 30
Glas	7	20	15
Porslin	5,5	12	36
Papper(paraffin)	3,5 - 6	20	30
Transf.olja	2,2 - 2,5	0,8	20
Luft	1,0006		3



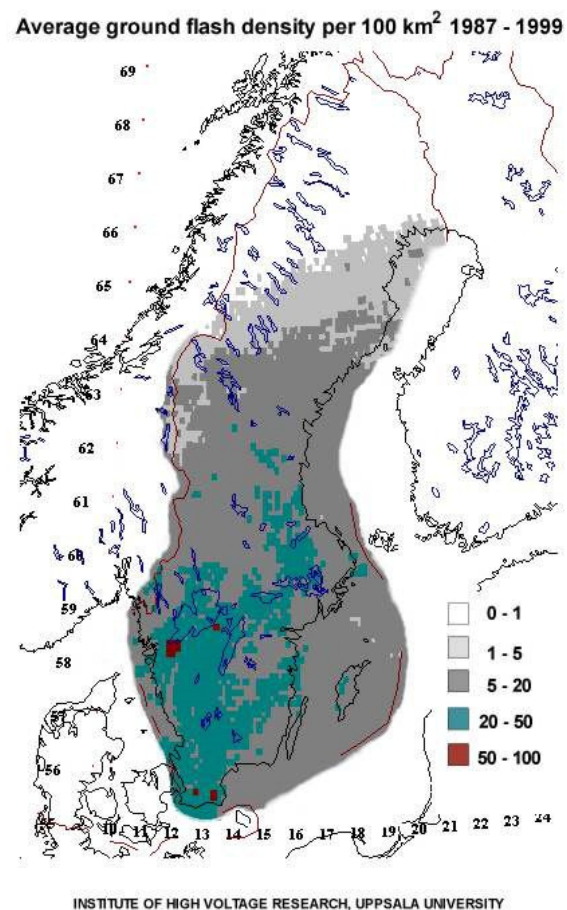
CHALMERS



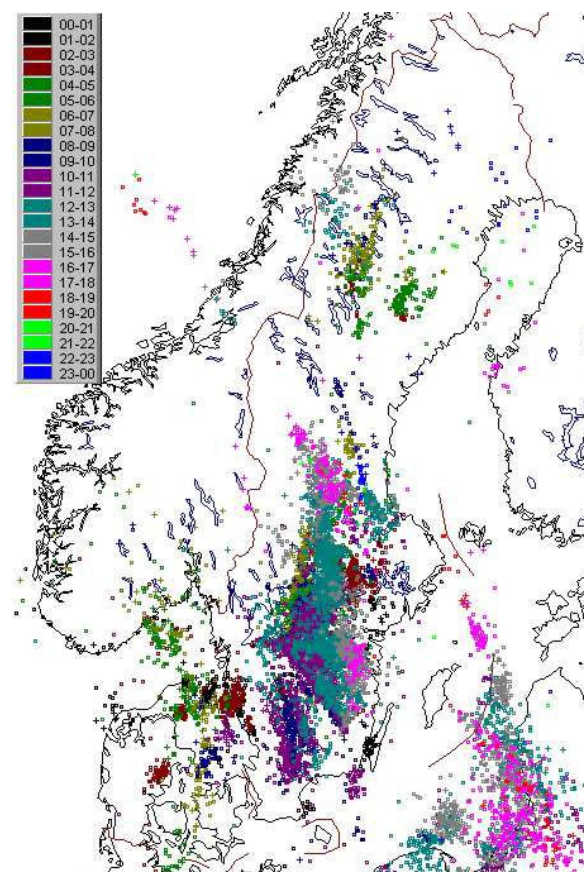
© Michel Tournay

Blixtlokalisering

LPATS-systemet, 1986
SMHI
6 stationer



LLP-systemet, 1979, 9 stationer
IFH, Svenska Kraftnät
Ex 990714



Källa: Institutionen för Högspänningsforskning, UU

Blixtdata



Blixtström ~ 30 kA



Spänning ~ 2 MV



Varaktighet ~ 100 μ s



Effekt ~ 60 GW = ”60 Ringhalsreaktorer”



Energi ~ 1 kWh



Temperatur~ 20 000 °C

Anm. Parametrarna är i de flesta fall normalfördelade och i högsta grad varierande. Siffrorna ovan är endast avsedda att ge en känsla för storleksordningar och inte att utgöra underlag för beräkningar.

Det sägs att ...



... man skall sitta i bilen när det åskar, och det skall man, men det beror inte på de gummiklädda hjulen, utan på att karossen skärmar mot elektriska fält (Faradays bur)...



... av samma anledning inser man lätt att gummistövlar inte gör någon större nytta på golfgrunden annat än mot fotvåta...



... inte heller löser vi världens energiförsörjning om vi lyckas tåmja blixten eftersom energin från en medelblixt endast räcker för att driva en 60 W glödlampa i 17 timmar.

CHALMERS