



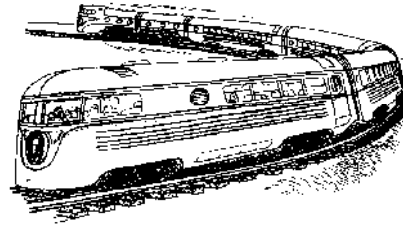
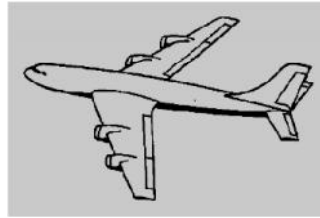
APSORPCIJA EM VALA U DISIPATIVNIM OBJEKTIMA UNUTAR REVERBERACIJSKIH OKRUŽENJA S PRIMJENOM NA IZLOŽENOST LJUDI I NA BEŽIČNE KOMUNIKACIJE

Damir Senić

Split, svibanj 2014.

I. UVOD

- Komunikacija u zatvorenim i poluzatvorenim prostorima



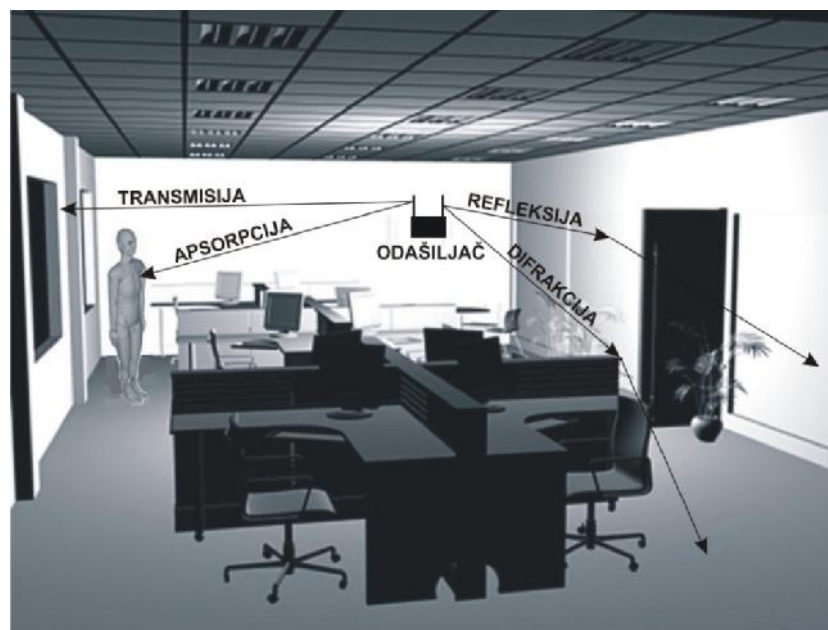
- Općeprisutnost različitih izvora EM zračenja



I. UVOD

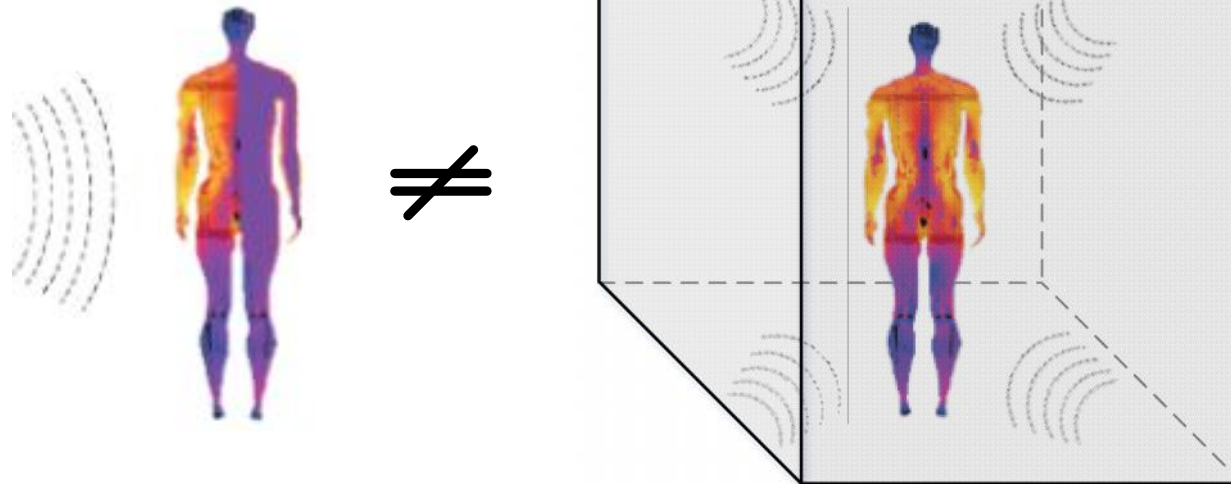
- Neuniformna raspodjela polja
- Višestruke **refleksije, transmisije, difrakcije**
- Prostor reverberacijskog karaktera:

$$Q = f(\sigma, TCS, ACS)$$



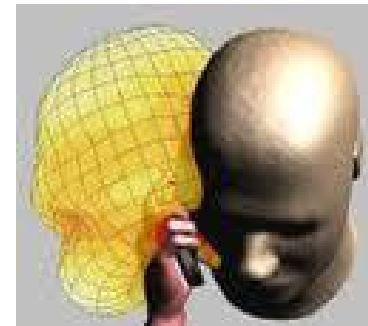
I. UVOD

- Manjkavost dosadašnjih standarda:
 - **uniformna izloženost**
 - **slobodni prostor**
 - **ravni val**



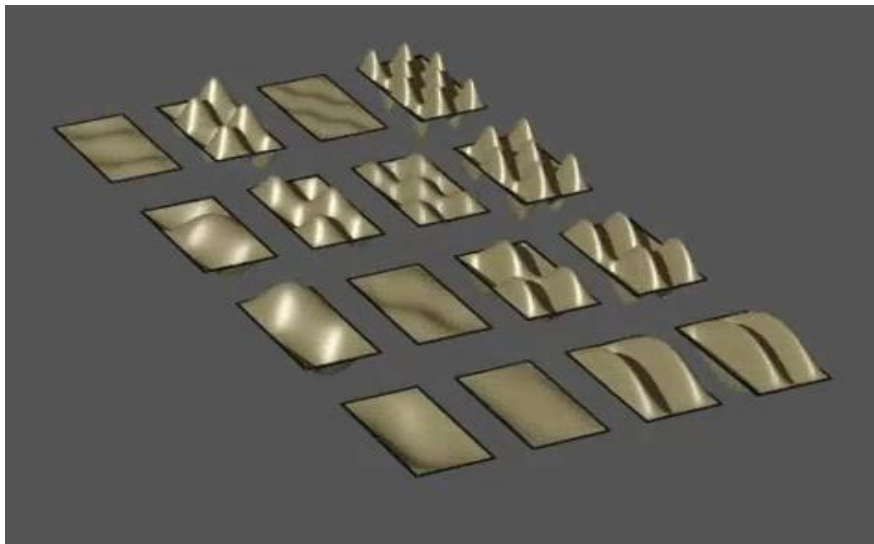
II. SAR (Specifična apsorbirana snaga)

- “In-Vivo” i mjerenja na fantomima
 - Električno polje
 - Magnetsko polje
 - Temperatura
- Simulacije
- “Room electromagnetics” model



III. TEORIJA REZONATORA

- **Rezonator:** šupljina ispunjena dielektrikom s malim gubicima ili bez gubitaka zatvorena vodljivim stjenkama



$$Q = \omega \frac{\text{Pohranjena energija}}{\text{Disipirana snaga}}$$

- Visok Q faktor \longrightarrow formiranje 3D stojnih valova

IV. REVERBERACIJSKE KOMORE

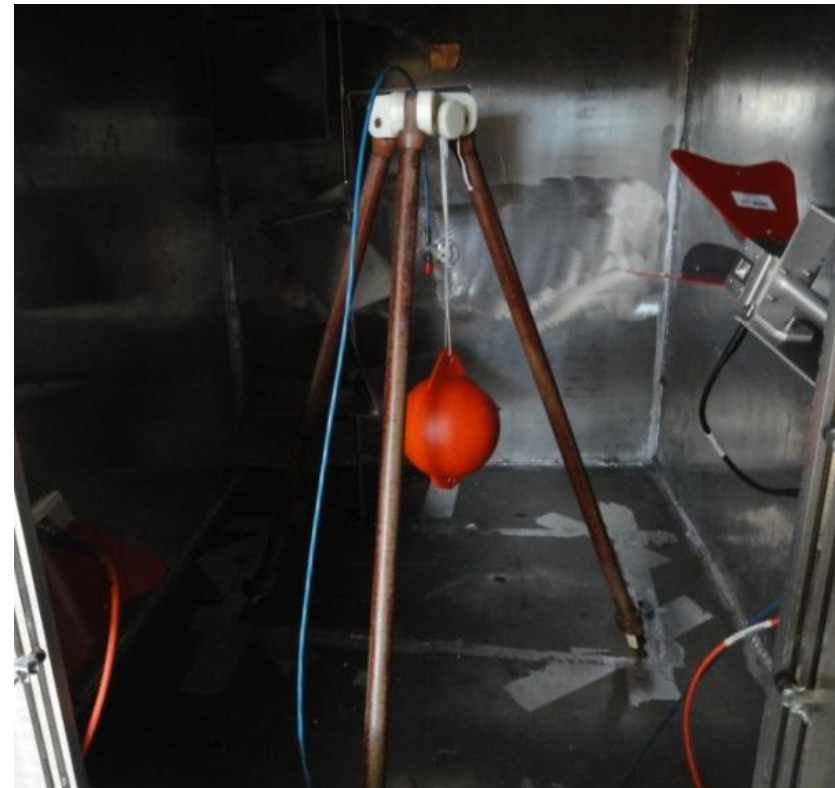
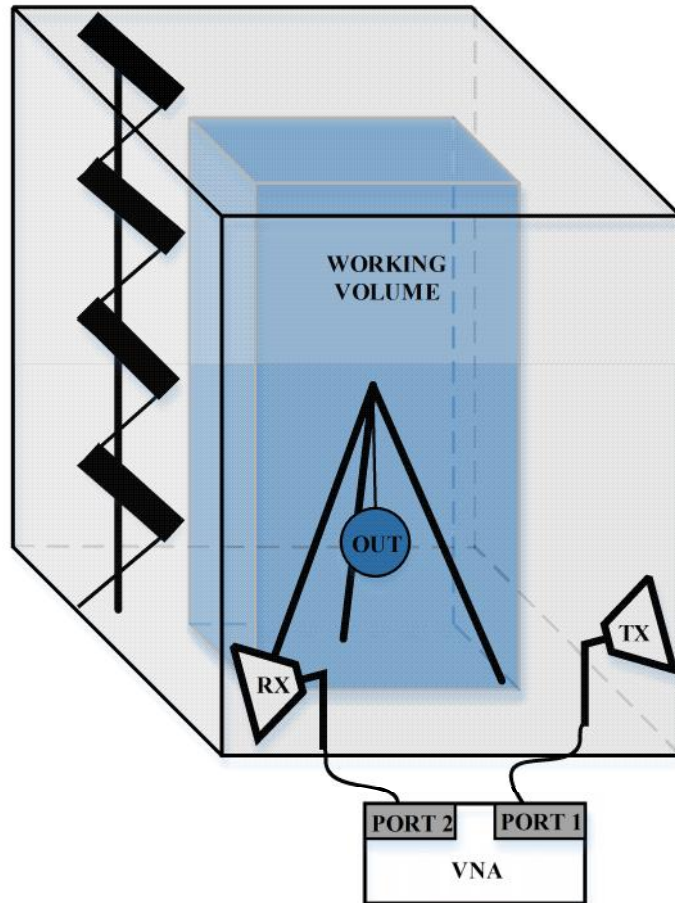
Uniformnost polja:

Metoda mehaničkog miješanja
Metoda frekvencijskog miješanja
Hibridna metoda

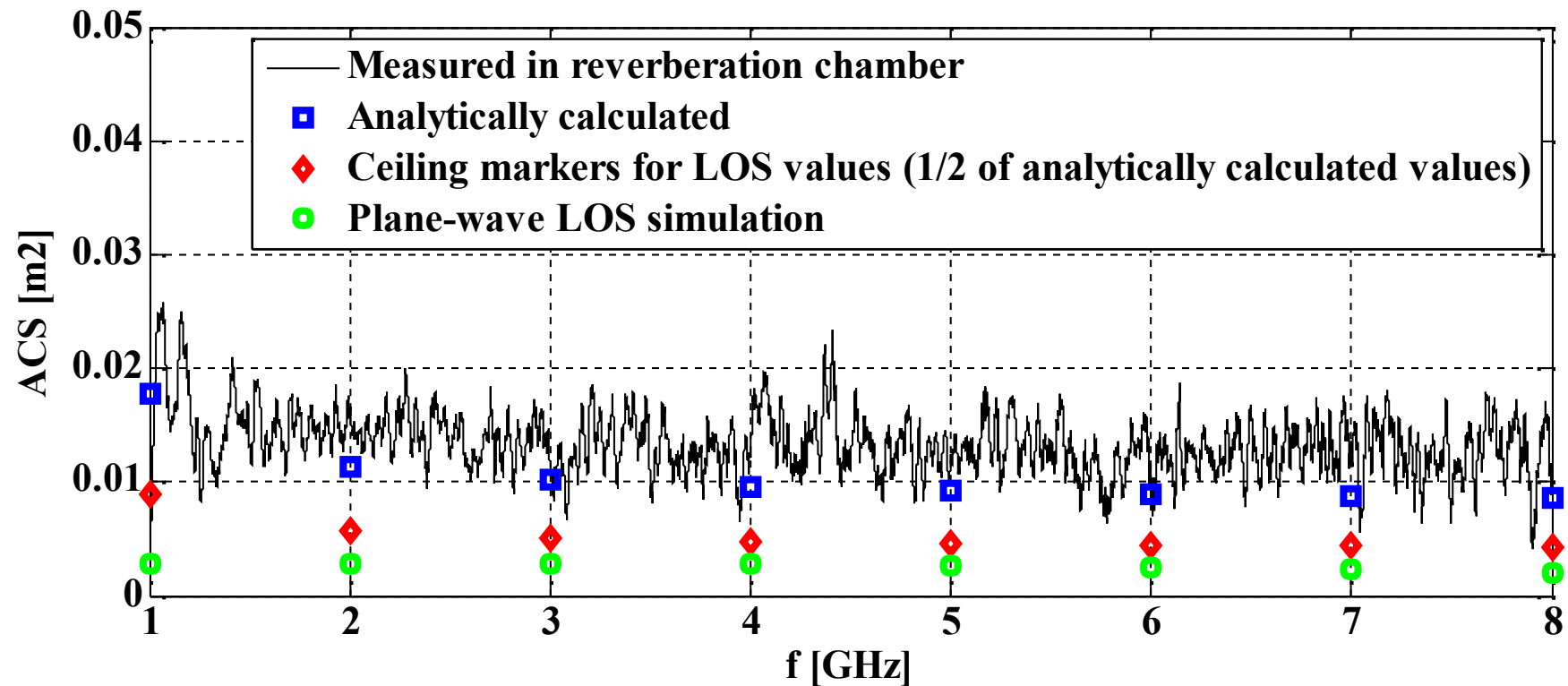
Miješanjem stvoriti kaotičan
raspored modova



V. APSORPCIJA EM ENERGIJE U DIELEKTRIKU S GUBICIMA



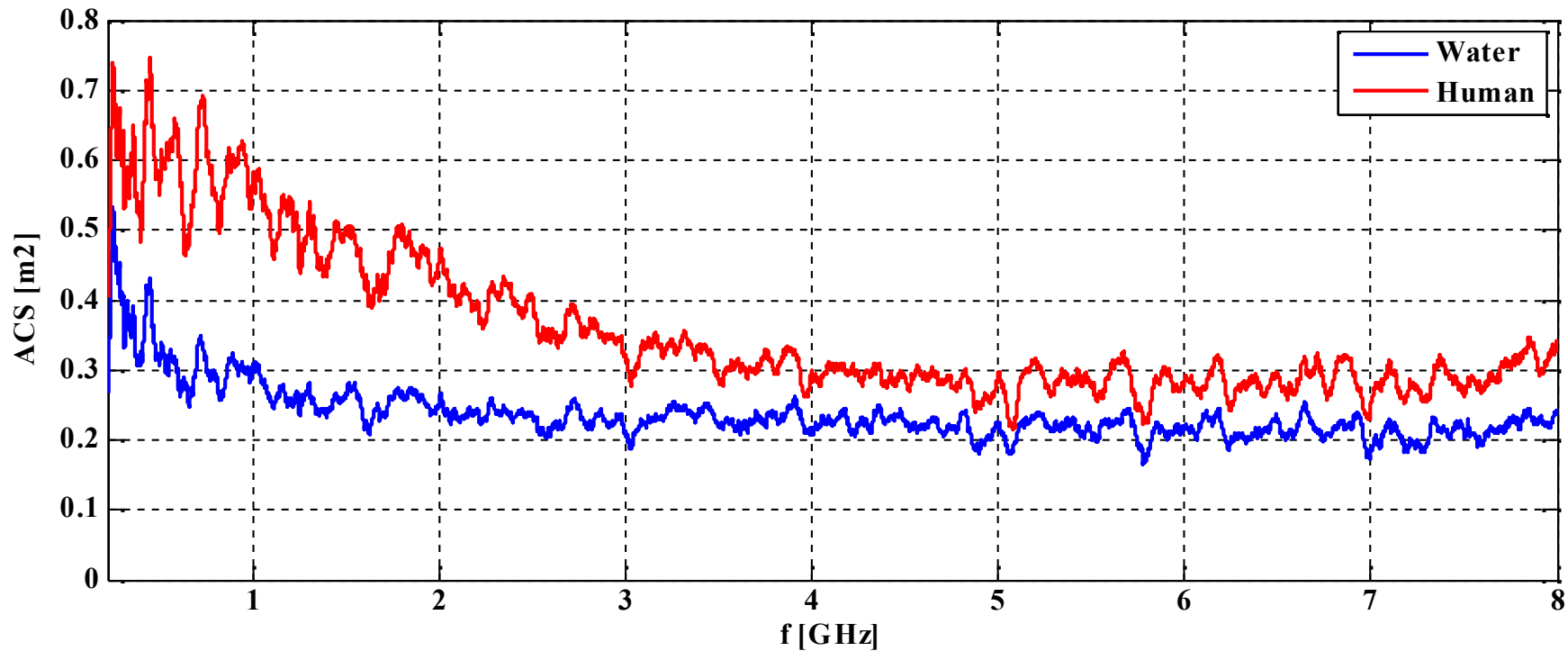
V. APSORPCIJA EM ENERGIJE U DIELEKTRIKU S GUBICIMA (2)



VI. APSORPCIJSKA SVOJSTVA ČOVJEKA



VI. APSORPCIJSKA SVOJSTVA ČOVJEKA (2)



VII. MODEL ZA PROCJENU IZLOŽENOSTI ČOVJEKA

$$P_d = P_{d1} + P_{d2} + P_{d3} + P_{d4}$$

$$Q^{-1} = Q_1^{-1} + Q_2^{-1} + Q_3^{-1} + Q_4^{-1}$$

P_{d1} – snaga disipirana u stjenkama komore

P_{d2} – snaga apsorbirana u teretu unutar komore

P_{d3} – snaga disipirana kroz otvore komore

P_{d4} – snaga disipirana u prijamnoj anteni

$$Q_1 \approx \frac{3V}{2\mu_r S \delta}$$

$$Q_2 = \frac{2\pi V}{\lambda \langle ACS \rangle_\Omega}$$

$$Q_3 = \frac{4\pi V}{\lambda \langle TCS \rangle_\Omega}$$

$$Q_4 = \frac{16\pi^2 V}{m\lambda^3}$$

VII. MODEL ZA PROCJENU IZLOŽENOSTI ČOVJEKA (2)

- Komora bez tereta:

$$Q_{\text{prazna}}^{-1} = Q_1^{-1} + Q_3^{-1} + Q_4^{-1}$$

$$\langle P_{\text{rprazna}} \rangle = P_t Q_{\text{prazna}} \frac{\lambda^3}{16\pi^2 V}$$

- Komora s teretom:

$$Q_{\text{puna}}^{-1} = Q_{\text{prazna}}^{-1} + Q_2^{-1}$$

$$\langle P_{\text{rpuna}} \rangle = P_t Q_{\text{puna}} \frac{\lambda^3}{16\pi^2 V}$$

$$Q_2 = \frac{2\pi V}{\lambda \langle ACS \rangle}$$

$$SAR = \frac{\langle P_{\text{abs}} \rangle}{m} = \frac{\langle P_{\text{rprazna}} \rangle - \langle P_{\text{rpuna}} \rangle}{m}$$

VIII. VERIFIKACIJA MODELA

Reducirana toplinska jednažba:

$$K_{\text{EM}} - K_{\text{conv}} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$K_{\text{EM}} = \rho \cdot SAR = \sigma |E|^2$$

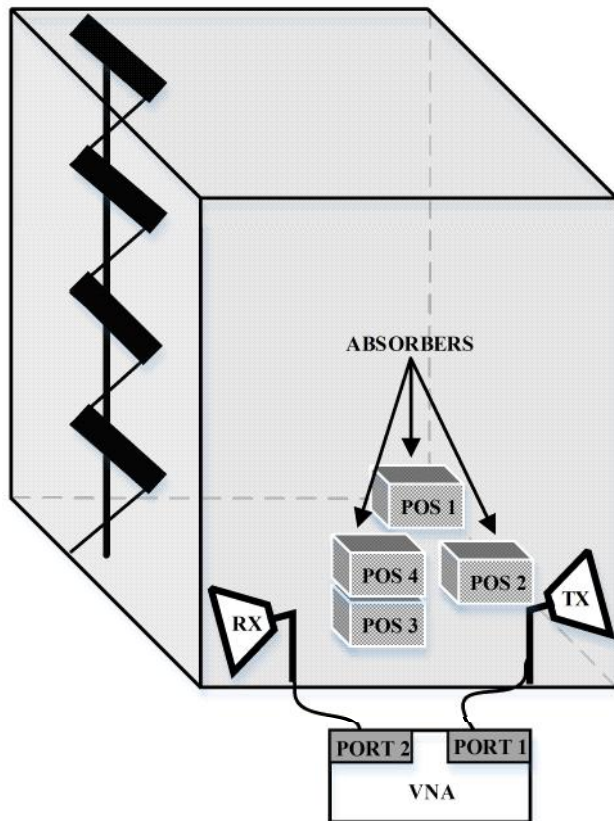
$$K_{\text{conv}} = hA(T_2 - T_1) / V$$



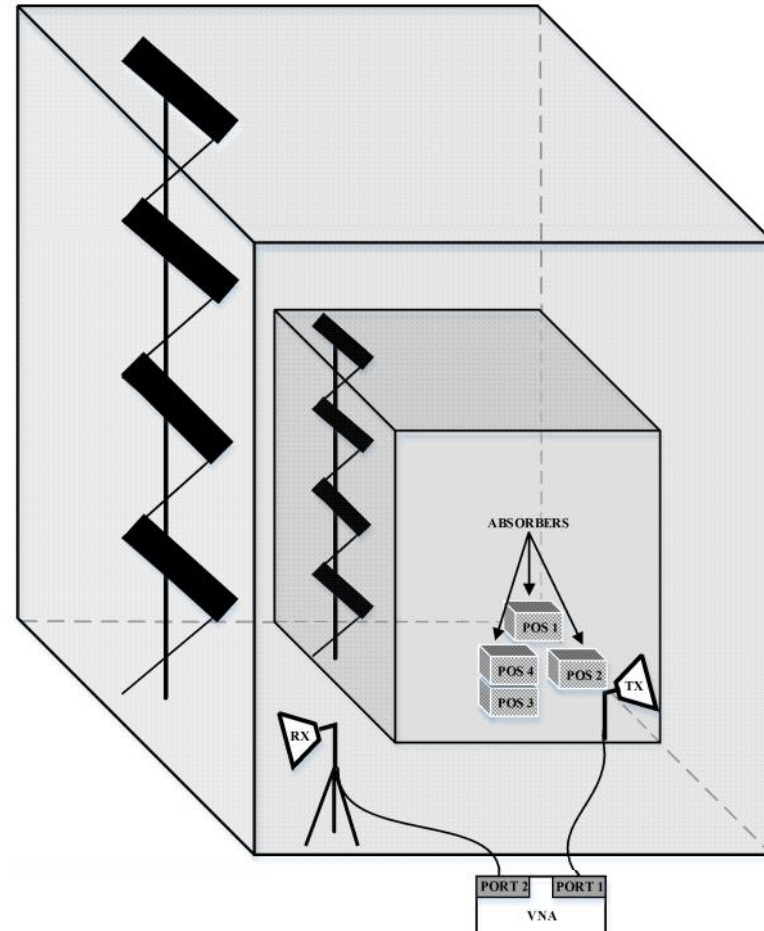
$$SAR = \frac{hA}{\rho V} (T_2 - T_1) + c \frac{\partial T}{\partial t}$$

IX. PRIMJENA MODELA NA KOMUNIKACIJSKI KANAL

Komunikacija unutar reverberacijskog okruženja



Komunikacija između reverberacijskih okruženja



IX. PRIMJENA MODELA NA KOMUNIKACIJSKI KANAL (2)

- Analiza utjecaja disipativnih objekata na komunikacijski kanal
- Procjena utjecaja značajki prostoriije na komunikacijski kanal
- Promatrani parametri:
 - Profil kašnjenja snage (PDP)
 - Efektivno raspršenje kašnjenja (τ_{RMS})
 - Širina frekvencijskog pojasa
 - Smanjenje raspoložive snage na prijamniku uslijed efekta apsorpcije

VI. ZAKLJUČAK

- Raspodjela polja u zatvorenim okruženjima reverberacijskog karaktera je nejednolika i izrazito ovisna o karakteristikama promatranog prostora (vodljivost stjenki, postojanje otvora unutar stjenki, apsorpcija u dielektricima s gubicima).
- Kao inovativna ideja predlaže se model za procjenu izloženosti ljudi RF EM poljima u zatvorenim okruženjima reverberacijskog karaktera temeljen na Q faktoru.
- Primjena navedenog modela za procjenu utjecaja karakteristika sredine i disipativnih tereta na determinističke značajke komunikacijskog kanala.

Hvala na pozornosti