

# **Pienet kentät, suuret kammiot**

Jarkko Niemelä, TYKS

Sädehoitofysikoiden neuvottelupäivät  
9.-10.6.2016. Helsinki

# Yhteistyö

- TaYS: Jarkko Ojala, Mari Partanen, Mika Kapanen
  - Monte Carlo simuloinnit
- TYKS: Jani Keyriläinen, Jarkko Niemelä
  - Mittaukset
- STUK: Petri Sipilä
  - Mittaukset

# Tutkimus

- Mittaukset tehty 9.-10.4 ja 16.-17.4.
  - TaYS:n Varian iX –koneella, jolle on olemassa testattu BEAMnrc -Monte Carlo malli
- Mittaukset ympyräkollimaattoreilla 4 – 40 mm (BrainLab)
- Datan käsittely on kesken
  - Tässä alustavia tuloksia

# Pienet kentät sädehoidossa

- Pienen kentän määritelmiä
  - Isosentritasossa **pienenä kenttänä** pidetään  $\leq 3 \times 3$  cm<sup>2</sup>
  - Lateraalinen elektronitasapaino alkaa hävitä
  - OF:n määrittämisessä 15 mm:n kentälle 1 mm:n virhe aiheuttaa 1%:n virheen -> **erittäin pieni kenttä**
  - Suurimman muutoksen OF:n määrittämisessä aiheuttaa elektronitasapainon muutos kun FS  $\leq 12$  mm -> **erittäin pieni kenttä**

Charles - A practical and theoretical definition of very small field size for radiotherapy output factor measurements. Med. Phys. 41, 041707 (2014)

# Pienet kentät sädehoidossa

- Pienen kentän määritelmiä
  - Suuri muutos OF:ssä fokuksen varjostumisesta kun  $FS \leq 8$  mm
  - Ilmaisimilla mitattu annos on liian pieni annosprofiilin ollessa kammion kokoluokkaa (volume averaging)
- Pienestä paikkavirheestä seuraa suuri annosvirhe hyvin pienissä kentissä

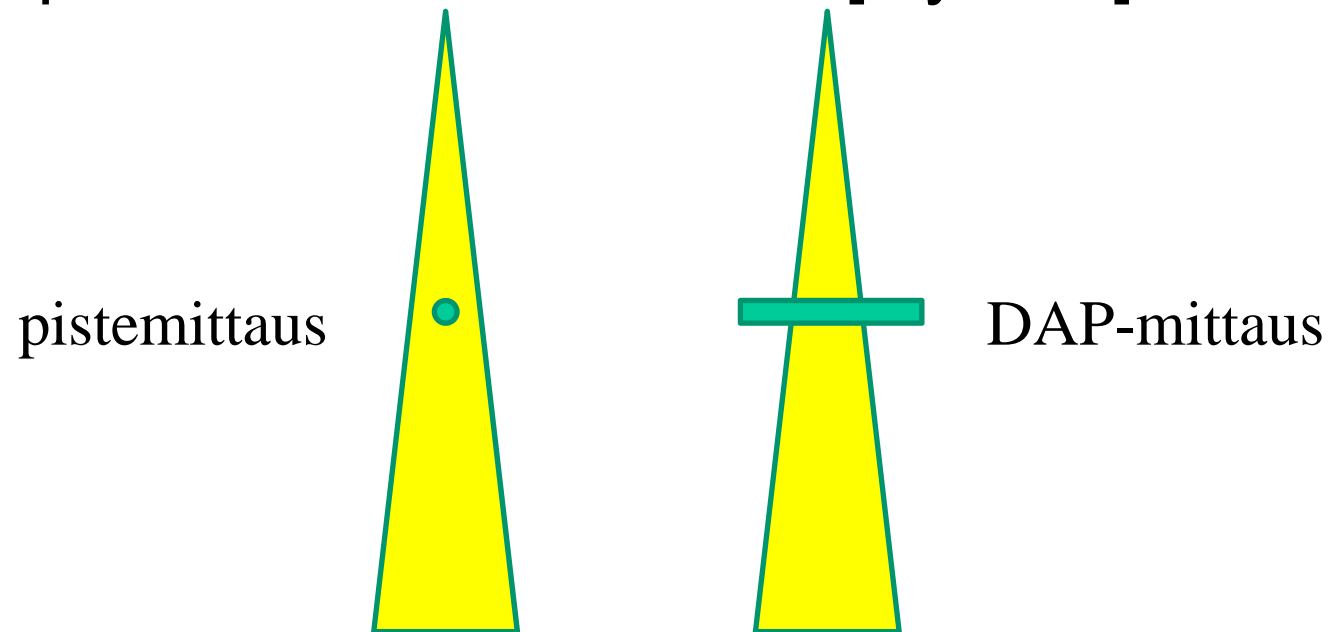
Charles - A practical and theoretical definition of very small field size for radiotherapy output factor measurements. Med. Phys. 41, 041707 (2014)

# Pienet kentät sädehoidossa

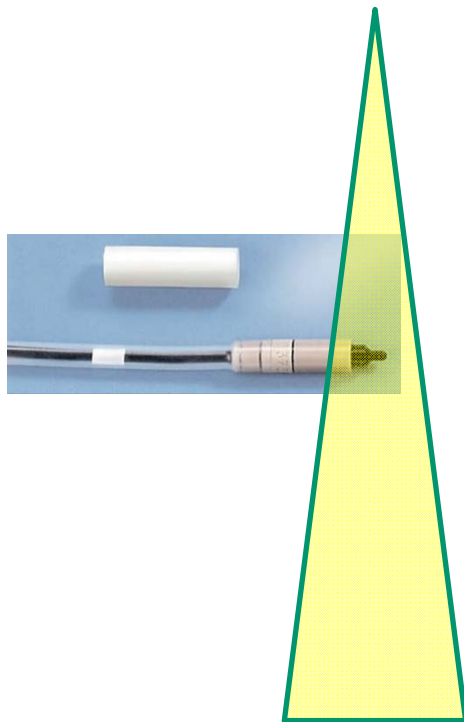
- Syväannoskäyrän mittaaminen haastavaa
  - Vesifantomi asetettava tarkasti keilan suuntaisesti
  - Kammio asetettava tarkasti keilan keskelle
- Säteilylaatuparametrien  $TPR_{20,10}$  ja  $J_{10,20}$  määrittäminen myös haastavaa em. syistä

# Paikkavirheen poistaminen

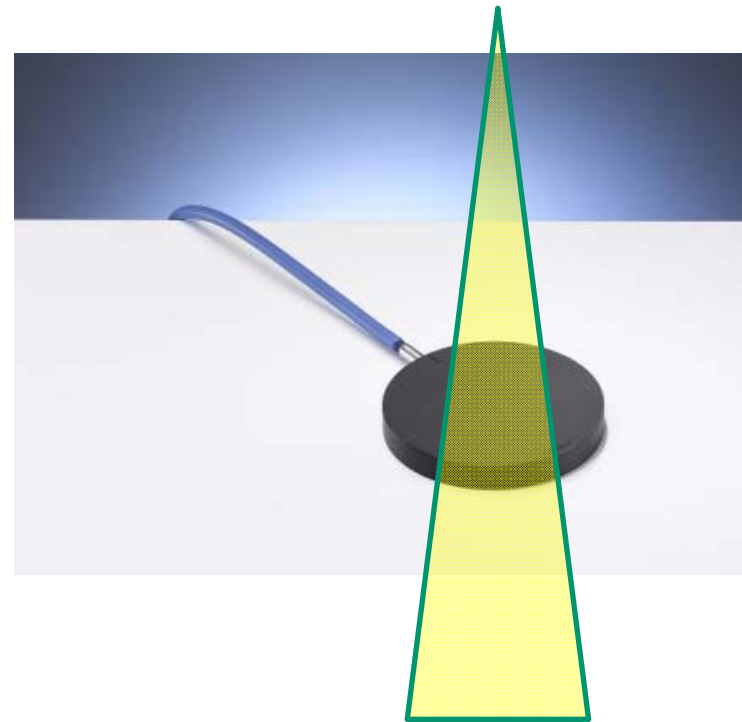
- Pisteannoksen mittaamisen sijaan mitataan pinta-ala-annos eli DAP [ $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ ]



# Paikkavirheen poistaminen

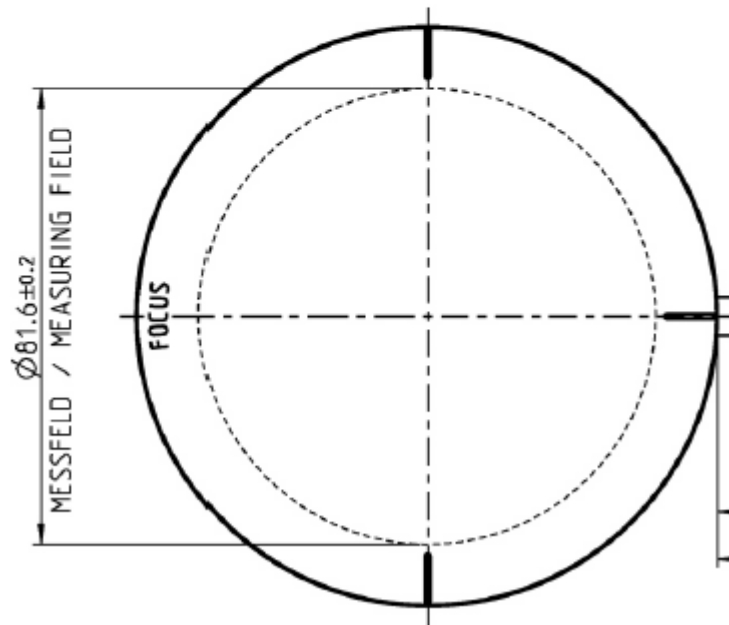
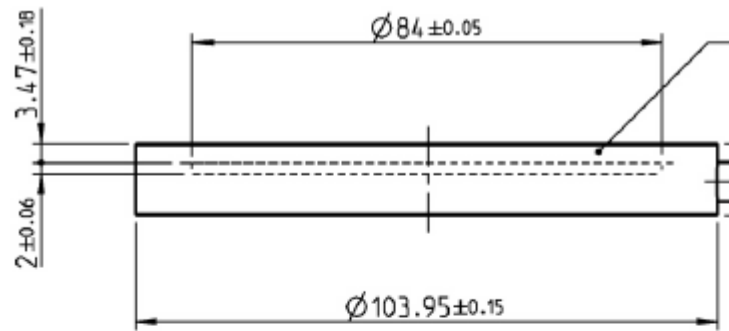


Pistemittaus pienellä  
ionisaatiokammiolla

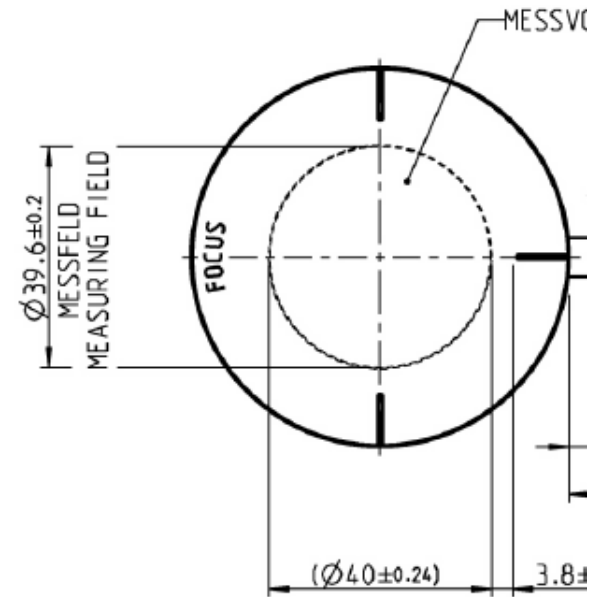
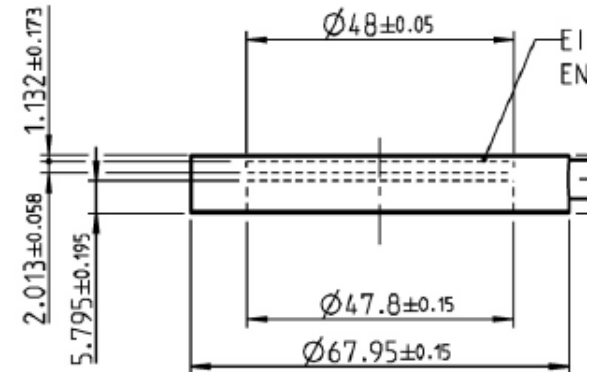


DAP-mittaus suurella  
tasolevykammiolla



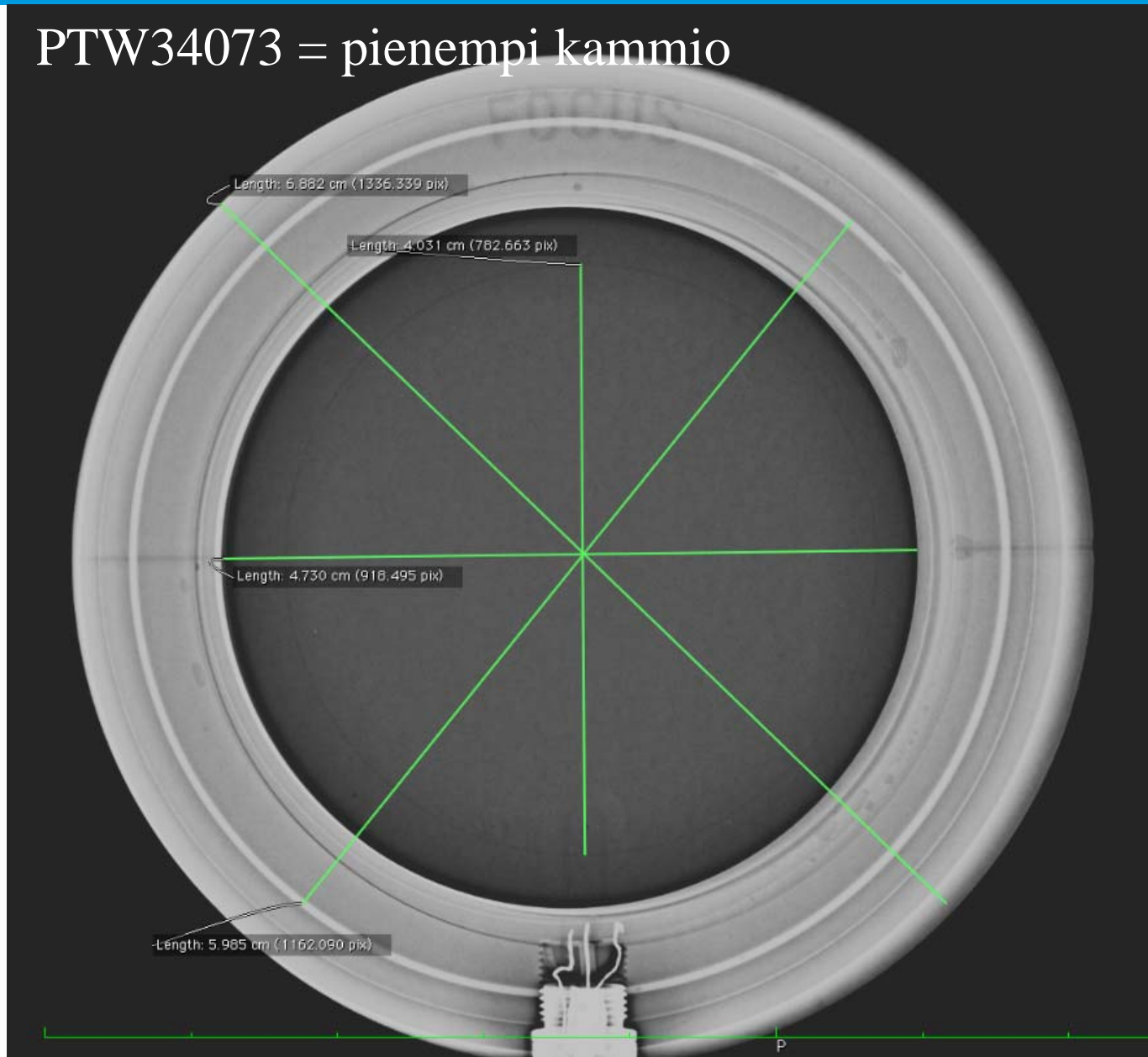


PTW34070 diam. = 8.2 cm



PTW34073 diam. = 4.0 cm

# PTW34073 = pienempi kammio

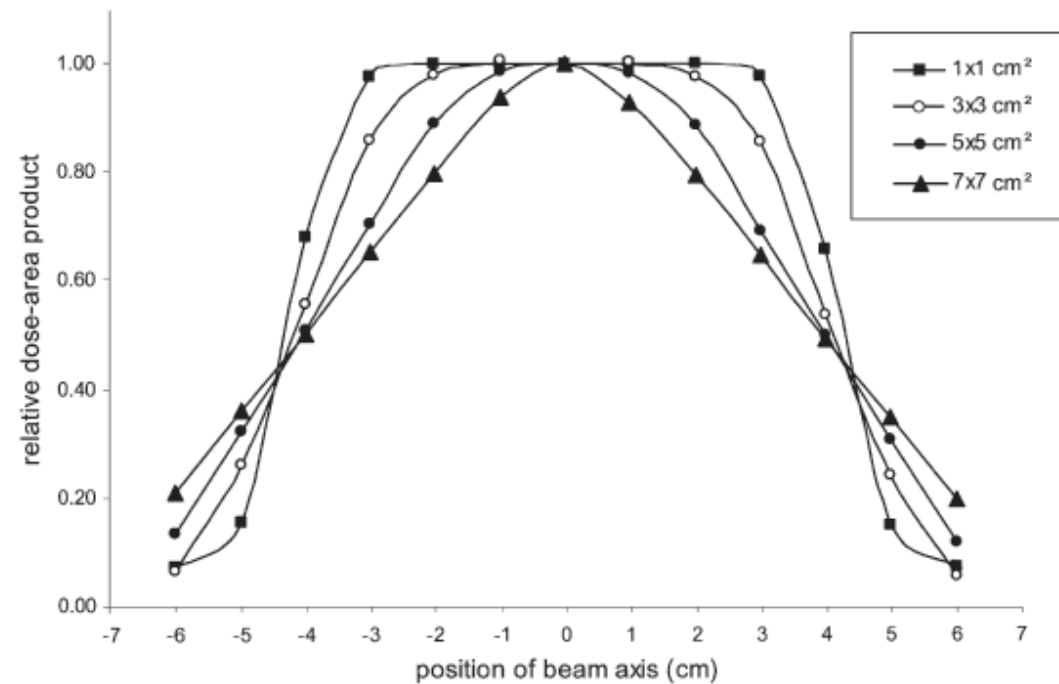


# DAP = Dose-Area-Product

- DAP on annoksen integraali yli määrätyn pinnan  $S$ 
  - Keilan suhteen kohtisuorassa
  - Suurempi kuin keilan pinta-ala

# Paikkavirheen poistaminen

- PTW34070 tasolevy-kammiolla mitattu lateraaliprofiili
  - Halk. 8.1 cm
- Integrointiarvo vakio lateraalsiirron suhteen kenttäkokoon  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  asti kentän keskiakselilla

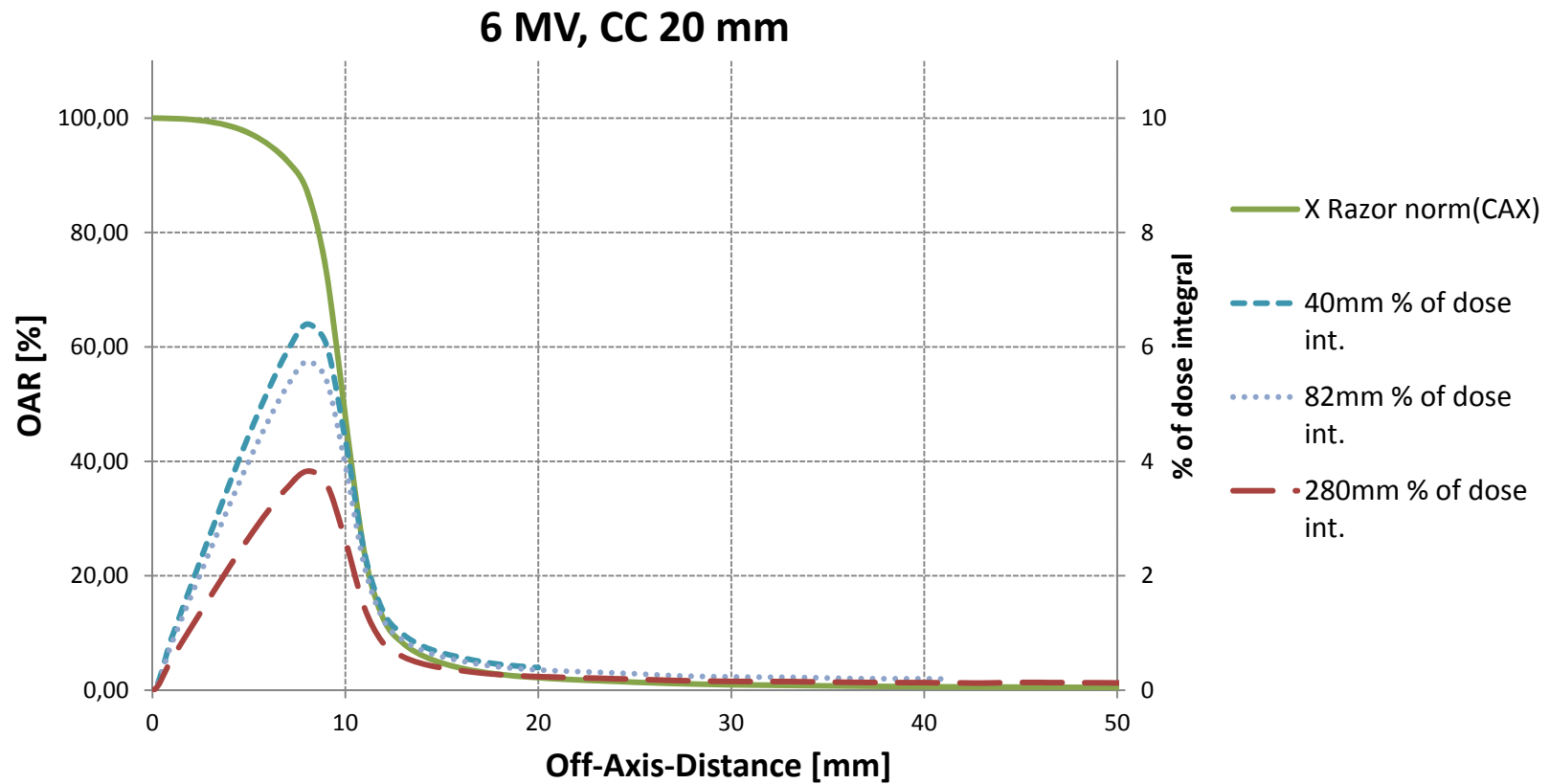


Djouguela et. al. 2006, Z. Med Phys

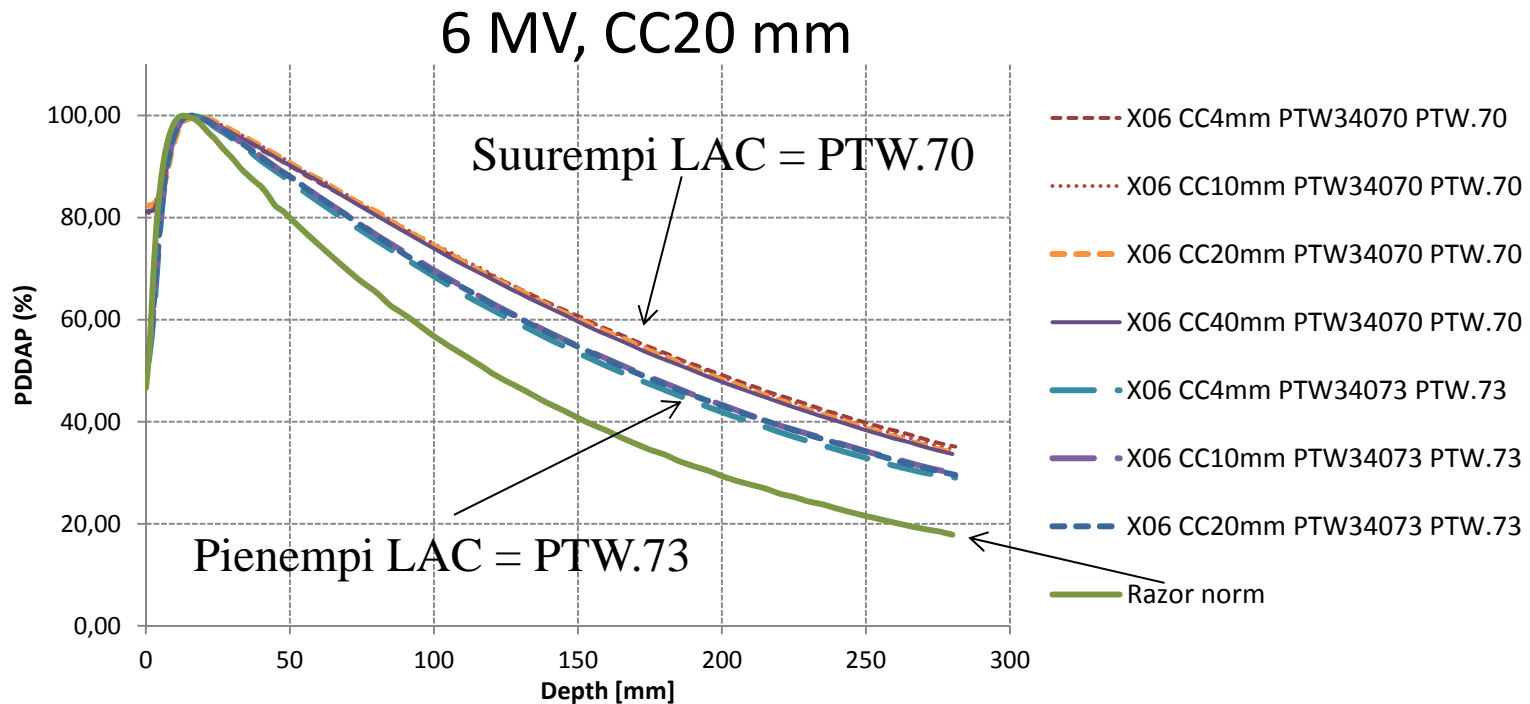
## DAP:n ominaisuuksia

- Kun mitataan lateraalinen annosintegraali keilaa kohtisuorassa tasossa, ja kun keila osuu kokonaisuudessaan mittaavan kammion aktiivisen pinta-alan sisään
  - Lähteen etäisyyden muutoksella ei vaikutusta -> etäisyyden neliölaki ei ole läsnä
  - DAP-syväannoskäyrät yhteneviä kenttäkoon funktiona, pois lukien mm. takaisinsironnan vaikutus

# DAP:n ominaisuuksia

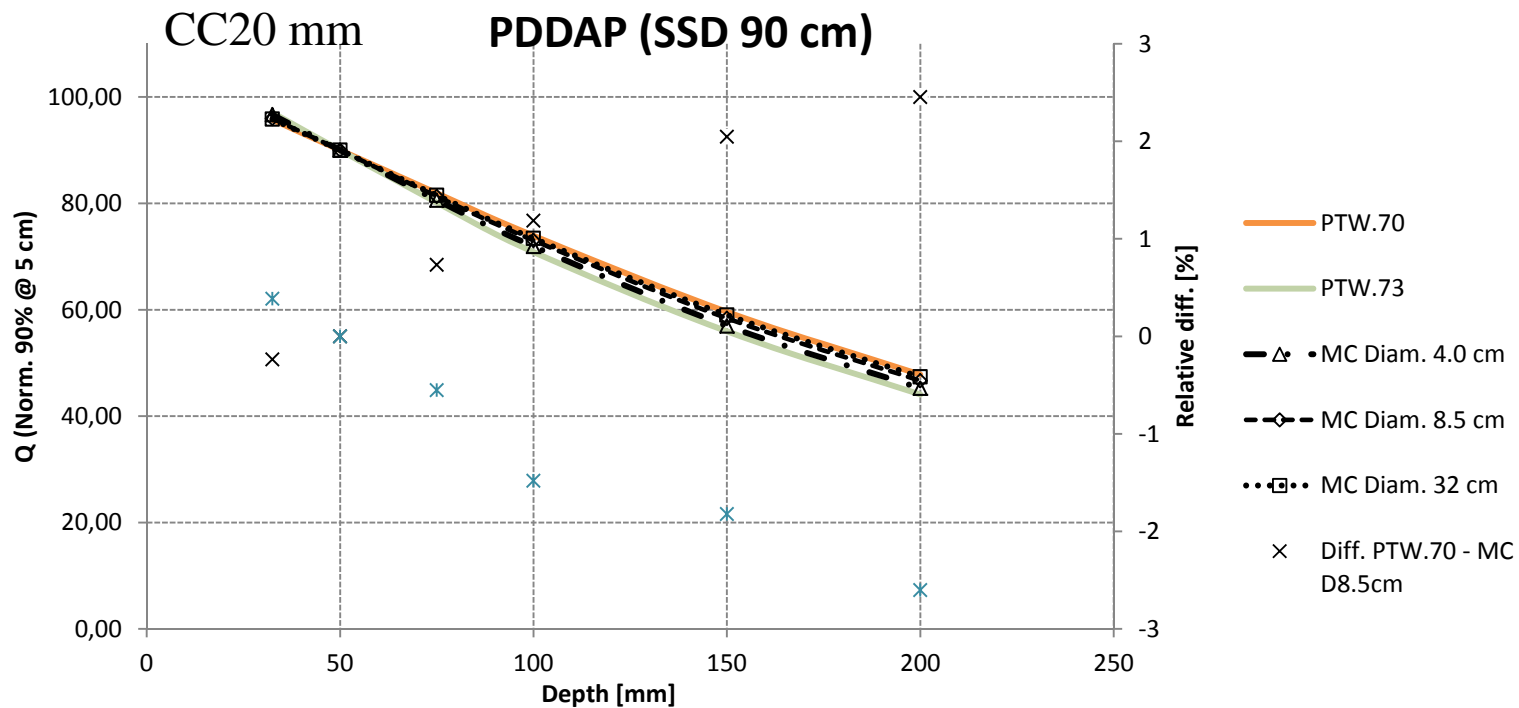


# PDDAP (Percentage Depth Dose-Area-Product)



LAC = Large Area Chamber = tasolevykammio

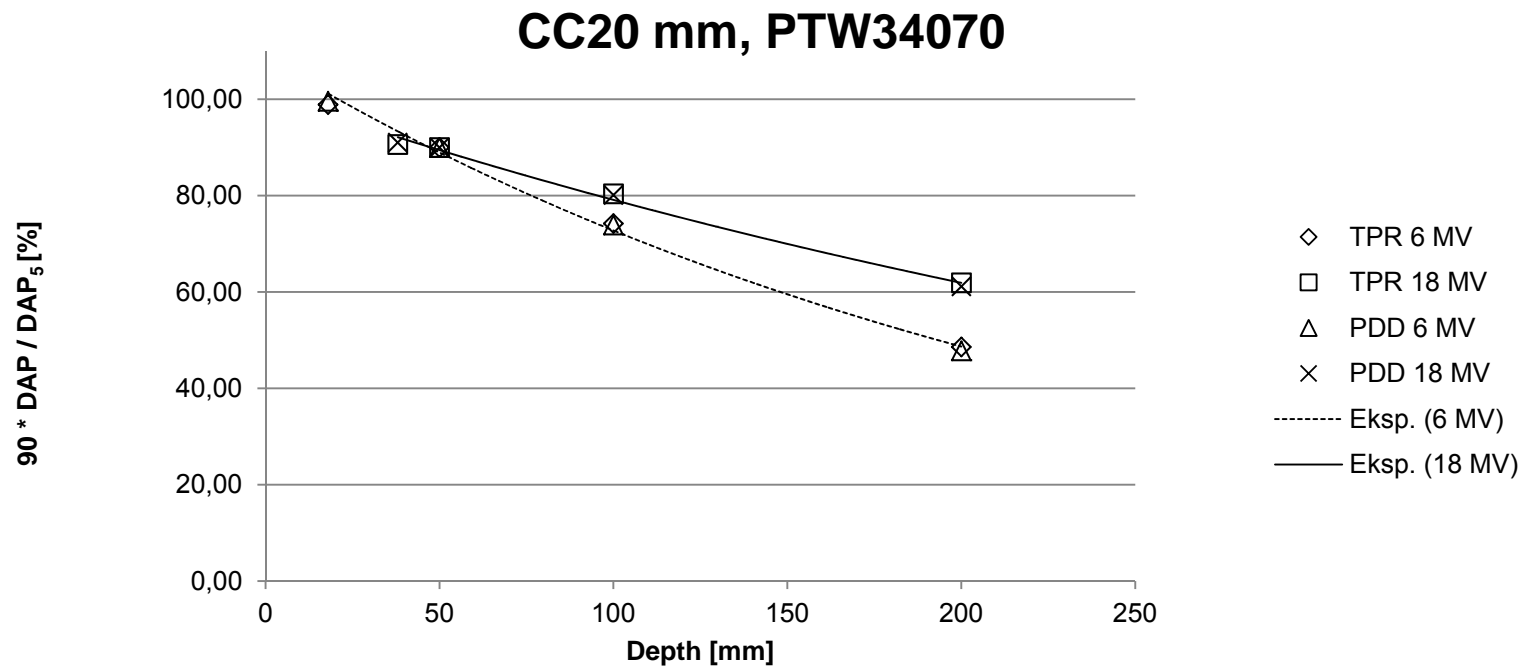
# Mittaus vs. (karkea) mallinnus



- Mitattu annosintegraali vastaa mallinnusta
  - Mallinnuksen ”karkea” annosintegraali lateraaliprofiilista
  - Myöhemmin tarkat ympyräpinnat ja paksuudet, sekä ilmaisimen materiaalit

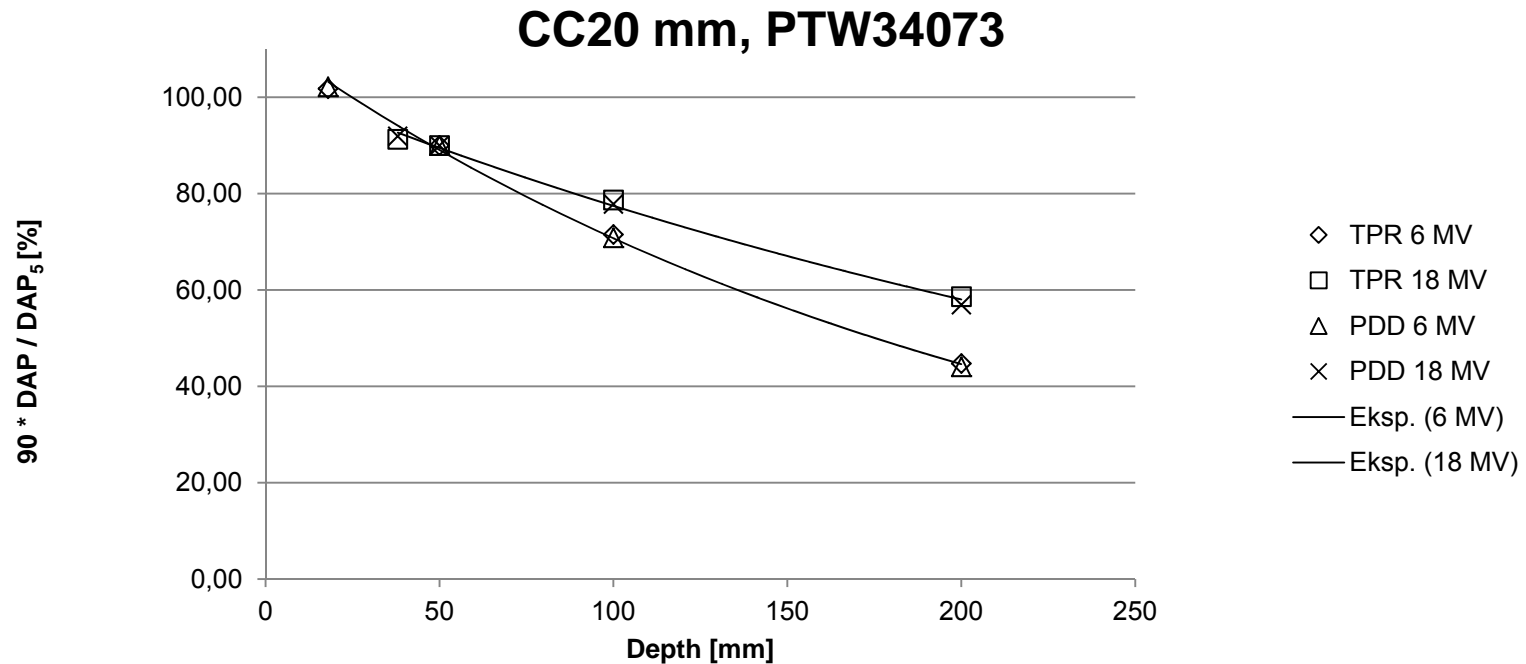


# DAP-mittaus eri etäisyyksillä



PTW34070 = suurempi tasolevykammio

# DAP-mittaus eri etäisyyksillä



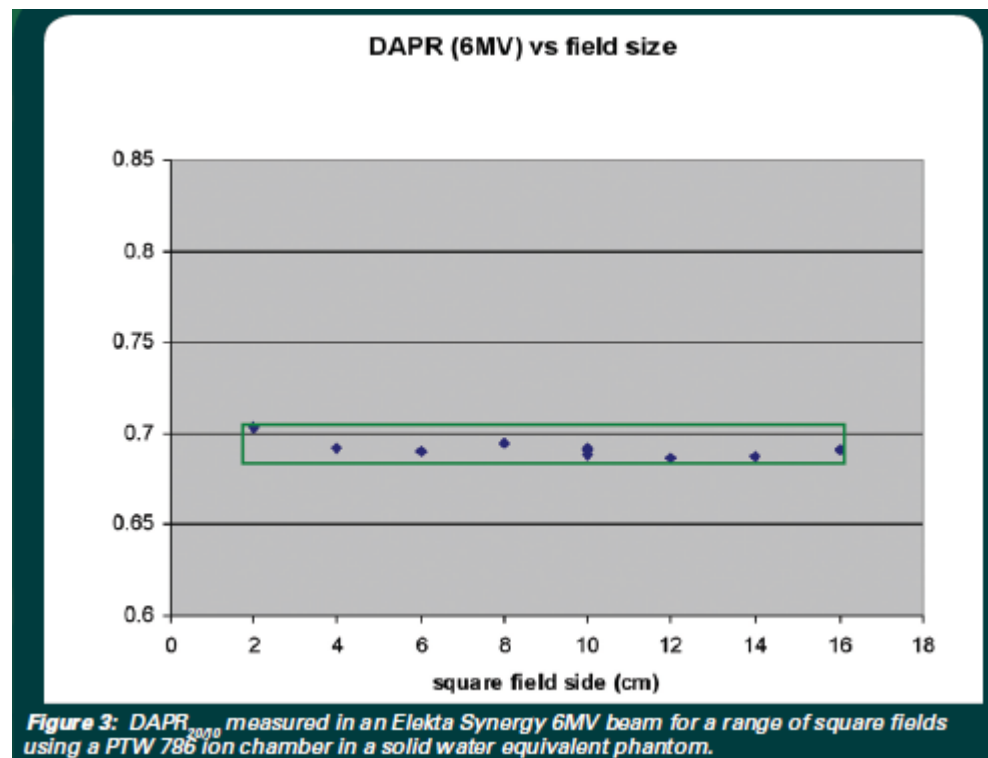
PTW34073 = pienempi tasolevykammio

# Dose Area Product Ratio, DAPR

- $TPR_{20,10}$  ja  $J_{10,20}$  sijaan voitaisiin käyttää  $DAPR_{20,10}$  -laatuparametria.

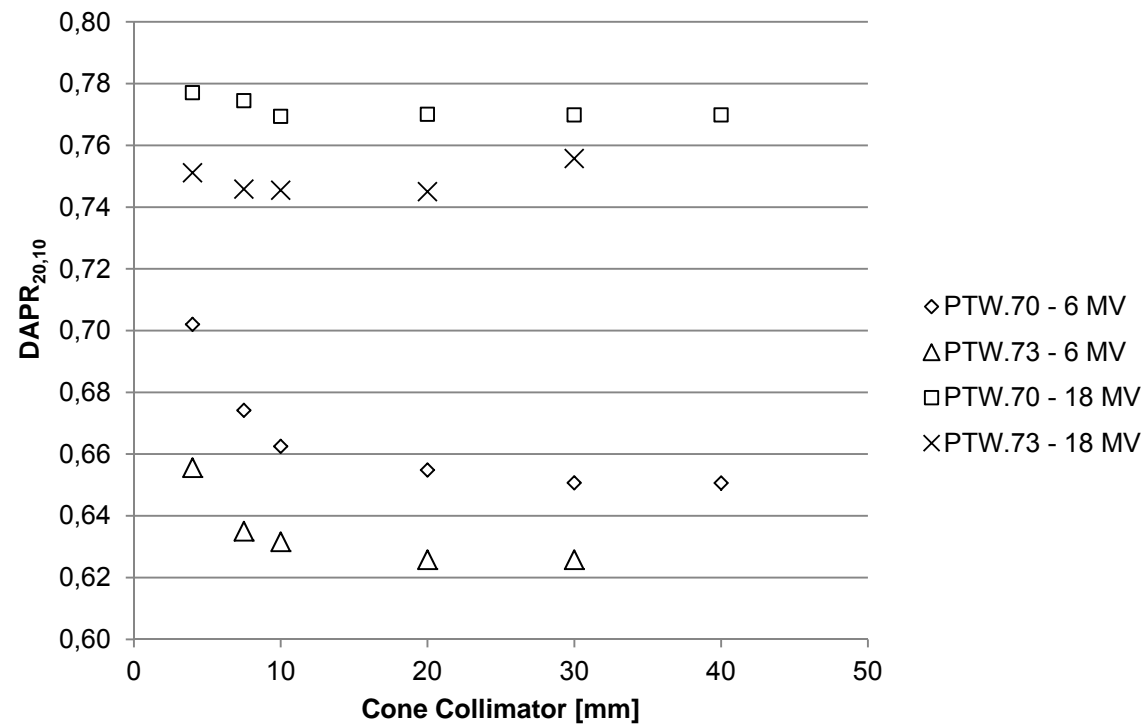
$$DAPR_{20,10} = DAP_{20} / DAP_{10}$$

# DAPR<sub>20,10</sub> kenttäkoon funktiona



Duane et al. 2010: Application of Dose Area Product and DAP Ratio to Dosimetry in IMRT and Small Field External Beam Radiotherapy, NPL

# Dose Area Product Ratio, DAPR



4 – 40 mm ympyräkollimaattorit

# DAPR:n käyttö IMRT-hoidoissa laatuparametrina (step&shoot)

- Koska DAPR on (melkein?) riippumaton kenttäkoosta ja kentän muodosta, olisi mitattu laatuparametri näistä riippumaton
  - $D_w = N_{D,w}(DAPR) \sum_i M_i$
  - DAPR olisi laatuparametri kyseiselle IMRT-hoidolle

# DAPR dynaamisissa hoidoissa (Dynaaminen IMRT & VMAT)

- DAPR mitataan kahdessa eri asettelussa
  - Hankala kun kenttien lukumäärä suuri ja kun intensiteetti vaihtelee jatkuvasti (VMAT)
- $DAP_{20}$  ja  $DAP_{10}$  pitäisi mitata samaan aikaan
  - Tasolevykammio, joka ei muuta keilan laatua
  - Kaksi kammiota fantomissa mittaamassa DAP-suhdetta samaan aikaan

# Pienten kenttien kalibrointi

$$N_{\text{DAPw}} = \frac{\text{DAP}_{\text{w/MU}}(S)}{Q_{\text{w/MU}}^*} = \frac{D_{\text{core/MU}}}{Q_{\text{w/MU}}^*} \left[ \frac{D_{\text{w}}(V)}{D_{\text{core}}} \right]_{\text{MC}} S,$$

where:

- $\text{DAP}_{\text{w/MU}}(S)$  is the dose-area product in water over a sensitive surface  $S$  per monitor unit;
- $Q_{\text{w/MU}}^*$  is the charge collected by the large ionization chamber per monitor unit corrected from leakage current, temperature, pressure, polarity and recombination;
- $D_{\text{core/MU}}$  is the absorbed dose measured by the large calorimeter per monitor unit;
- $\left[ \frac{D_{\text{w}}(V)}{D_{\text{core}}} \right]_{\text{MC}}$  is the graphite/water correction factor determined by Monte Carlo simulation.

If the calibration factor of a large ionization chamber is independent of field size, output factors in terms of dose-area product would be equal to the ratio of the ionization chamber readings, without applying any correction factor.

Dufreneix et al. - Using a dose-area product for absolute measurements in small fields-a feasibility study, *Phys. Med. Biol.* **61** (2016) 650–662



# Lähtitulevan tavoitteet

- Syksyllä 1. artikkeli DAP-mittauksesta
  - Kammioiden soveltuvuus DAPR-mittaukseen
  - Kammioiden vasteet syvyyden, kenttäkoon ja energian (sekä FF/FFF-keilan) suhteen
- Jatkossa tasolevykammion seinämän häiriö  $p_{\text{wall}}$ 
  - Syvyyden, kenttäkoon ja energian suhteen
  - MC-mallinnuksella

# Lähitulevan tavoitteet

- Lisämittauksia TYKS:n Novalis Tx –  
koneella
  - Tarvitsisimme tälle MC-mallin

**Kiitos mielenkiinnosta!**