



Tykösädehoidon annosmittausohje IAEA TRS-492

Paula Toroi, FT, dosentti, sairaalafyysikko
Johtava asiantuntija, Dosimetrialaboratorio
STUK – Säteilyturvakeskus

Standardit: suureet, mittarit ja lähteet

Suureet yleinen

- ICRU (INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS), Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, **ICRU Rep. 85a-Revised**, ICRU, Oxford (2011).
- ICRU, Key Data for Ionizing-Radiation Dosimetry: Measurement Standards and Applications, **ICRU Rep. 90**, ICRU, Oxford (2016).



Suureet sisäisen sädehoidon dosimetriassa

- ICRU, Dosimetry of Beta Rays and Low-Energy Photons for Brachytherapy with Sealed Sources, **ICRU Rep. 72**, ICRU, Oxford (2004).
- ICRU, Dose and Volume Specification for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology, ICRU Rep. 38, ICRU, Oxford (1985).
- ICRU, Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy, ICRU Rep. 58, ICRU, Oxford (1997).
- ICRU, Prescribing, Recording and Reporting Brachytherapy for Cancer of the Cervix, ICRU Rep. 89, ICRU, Oxford (2013).

Tykösädehoidon dosimetrit

- IEC (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION), Medical Electrical Equipment — Dosimetric Instruments as Used in Brachytherapy — Part 1: Instruments Based on Well-type Ionization Chambers, **IEC 62467-1:2009**, IEC, Geneva (2009)



Tykösädehoidon lähteet

- ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION), Clinical Dosimetry — Beta Radiation Sources for Brachytherapy, **ISO 21439**, ISO, Geneva (2009).

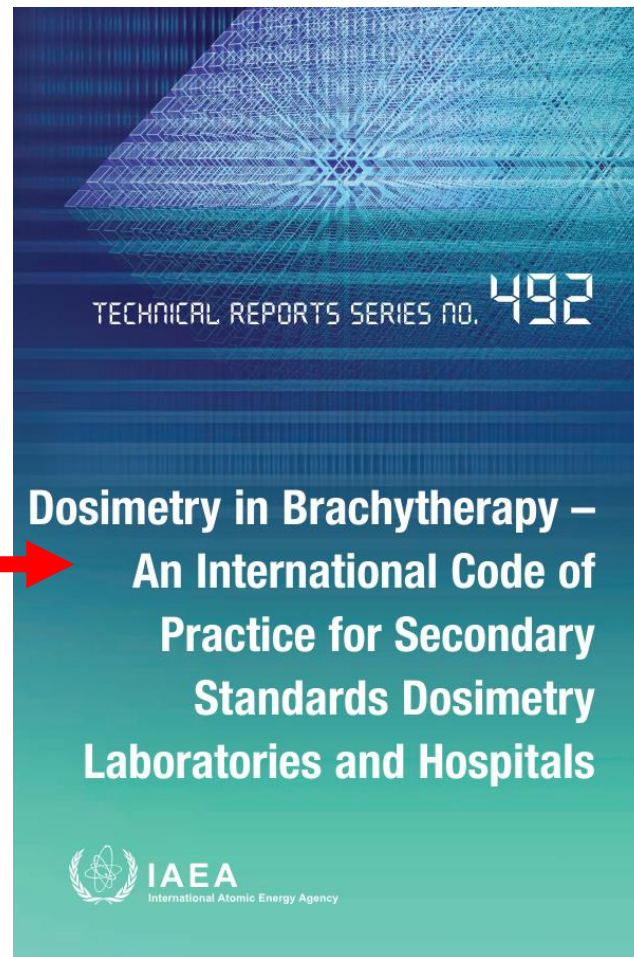


IAEA TRS 492: mittaukset

IAEA-TECDOC-1274

Calibration of photon and beta ray sources used in brachytherapy

Guidelines on standardized procedures at
Secondary Standards Dosimetry Laboratories (SSDLs) and hospitals



<https://www.iaea.org/publications/15202/dosimetry-in-brachytherapy-an-international-code-of-practice-for-secondary-standards-dosimetry-laboratories-and-hospitals>



IAEA TRS 492 tekijät



CONTENTS

Sisältö

1. Intro
 2. Lähteet
 3. Suureet ja yksiköt
 4. Laitteet
 5. Referenssi dosimetria
 6. Kalibrointi
 7. Yhtälöt
 8. CoP
 9. Epävarmuudet
 10. Käyttö sairaalassa
- +lisätiedot

1.	INTRODUCTION.....	6.2.	Calibration of the well-type chamber dosimetry system	40	
1.1.	Background	6.3.	Request for dosimetry system calibration	42	
1.2.	Objectives.....	6.4.	Information provided in the calibration certificate of the dosimetry system	43	
1.3.	Scope	7.	DOSIMETRY FORMALISM	45	
1.4.	Structure	7.1.	Formalism based on standards of reference air kerma rate ...	45	
2.	BRACHYTHERAPY RADIOACTIVE SOURCES	7.2.	Source model correction factor	46	
2.1.	Main photon-emitting radioactive sources.....	7.3.	Source decay correction factor.....	48	
2.2.	Beta-emitting radioactive sources	7.4.	Formalism based on standards of absorbed dose rate to water	49	
2.3.	Other photon-emitting radioactive sources	7.5.	Determination of the reference source strength	49	
3.	QUANTITIES AND UNITS	7.6.	Calibration of the well-type chamber dosimetry system	50	
3.1.	Reference air kerma rate and air kerma strength	7.7.	Cross-calibration of the well-type chamber dosimetry systems	51	
3.2.	Absorbed dose to water and the dose rate constant	8.	CODE OF PRACTICE FOR WELL-TYPE CHAMBER CALIBRATION AND SOURCE STRENGTH MEASUREMENT	53	
3.3.	Recommended calibration quantities	8.1.	Experimental set-up and equipment preparation	53	
3.4.	Nuclear decay: half-lives and date and time standard	8.2.	Well-type chamber measurements	55	
4.	INSTRUMENTATION.....	8.3.	Source model correction for air kerma rate measurements ...	64	
4.1.	The re-entrant well-type ionization chamber dosimetry system	8.4.	Short term repeatability checks of the well-type chamber instrumentation	69	
4.2.	Reference-class well-type ionization chambers.....	8.5.	Long term stability checks of the well-type chamber instrumentation	69	
4.3.	HDR brachytherapy delivery equipment	8.6.	Source exchange and the vendor source certificate	72	
4.4.	Instruments for air density and relative humidity measurements.....	9.	ESTIMATED UNCERTAINTIES IN THE DETERMINATION OF THE REFERENCE AIR KERMA RATE UNDER REFERENCE CONDITIONS	APPENDIX II: ESTABLISHMENT OF PRIMARY CALIBRATION STANDARDS FOR RADIOACTIVE BRACHYTHERAPY SOURCES.....	88
5.	DOSIMETRY FRAMEWORK	10.	APPLICATION OF REFERENCE QUANTITIES IN THE HOSPITAL.....	APPENDIX III: X-RAY EMITTING ELECTRONIC SOURCES.....	102
5.1.	Classification of instruments and standards	10.1.	Photon-emitting radioactive sources	APPENDIX IV: OTHER DETECTOR SYSTEMS FOR BRACHYTHERAPY.....	107
5.2.	The international measurement system	10.2.	Beta-emitting radioactive sources	APPENDIX V: THE AAPM TG-43 ALGORITHM FOR DOSE DISTRIBUTION CALCULATION IN BRACHYTHERAPY.....	114
6.	ESTABLISHMENT AND DISSEMINATION OF CALIBRATION QUANTITIES	10.3.	Brachytherapy source registries	APPENDIX VI: EXPRESSION OF UNCERTAINTIES.....	118
6.1.	Establishment of primary calibration standards.....	10.4.	Typical uncertainties in patient dosimetry	REFERENCES.....	125
				ABBREVIATIONS	149
				CONTRIBUTORS TO DRAFTING AND REVIEW.....	151

1. Intro
2. Lähteet
3. Suureet ja yksiköt
4. Laitteet
5. Referenssidosimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. CoP
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa

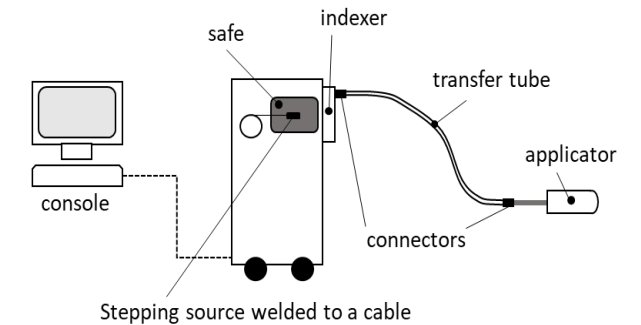
Tykösädehoito

Lähteet

Energia	Annosnopeus	Lähdetyyppi
Matala	Matala	jyvät: ^{125}I , ^{103}Pd , ^{131}Cs
Korkea	Matala	^{137}Cs tube sources ^{192}Ir wires, pins and needles
Matala	Korkea	Röntgenlähteet (electronic brachytherapy)
Korkea	Korkea	HDR jälkilatauslaitteet: ^{192}Ir , ^{60}Co
Korkea	Pulssattu	PDR jälkilatauslaitteet: ^{192}Ir ,

LE: Low energy (average energy ≤ 50 keV).
 HE: High energy (average energy > 50 keV).
 LDR: Low dose rate (dose rate $> 0.4 \text{ Gy h}^{-1}$ and $< 2 \text{ Gy h}^{-1}$).
 HDR: High dose rate (dose rate $< 12 \text{ Gy h}^{-1}$).
 PDR: Pulsed dose rate.

1. Intro
2. **Lähteet**
3. Suureet ja yksiköt
4. Laitteet
5. Referenssidosisimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. CoP
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa



HDR-lähde vietään potilaassa olevaan hoitokatetriin jälkilatauslaitteen avulla.

Beta: ^{106}Ru (\Rightarrow ^{106}Rh) ja ^{90}Sr (\Rightarrow ^{90}Y)

TRS 492:n CoP:n kattamat lähteet

Eivät sisälly

- eBT
(low-energy X ray sources, electronic brachytherapy)
 - Ei vielä standardoitu => liitteessä
- Beta silmäapplikaattorit
(Beta emitting ophthalmic eye plaques and applicators)
 - Mitataan muilla mittareilla => liitteessä
- Muut “muodot: nauha, verkko” (stranded seeds and mesh type sources).

Sisältyvät

- Fotoni ja beta -lähteet
- Pystytään mittaamaan kaivokammioilla.

1. Intro
2. **Lähteet**
3. Suureet ja yksiköt
4. Laitteet
5. Referenssidosimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. CoP
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa

Source strength = lähdevoimakkuus

1.	Intro
2.	Lähteet
3.	Suureet ja yksiköt
4.	Laitteet
5.	Referenssidosisimetria
6.	Kalibrointi
7.	Yhtälöt
8.	CoP
9.	Epävarmuudet
10.	Käyttö sairaalassa

$$\dot{K}_{\delta,R} = \text{RAKR (ICRU)}$$

- yksikkö: $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$
- $\delta =$ cut-off energia (5 – 10 keV)
- 1 m referenssietäisyydellä (d)
- 90 asteen kulmassa (d -suunta)
- Ei vaimennusta
- Ei sirontaa

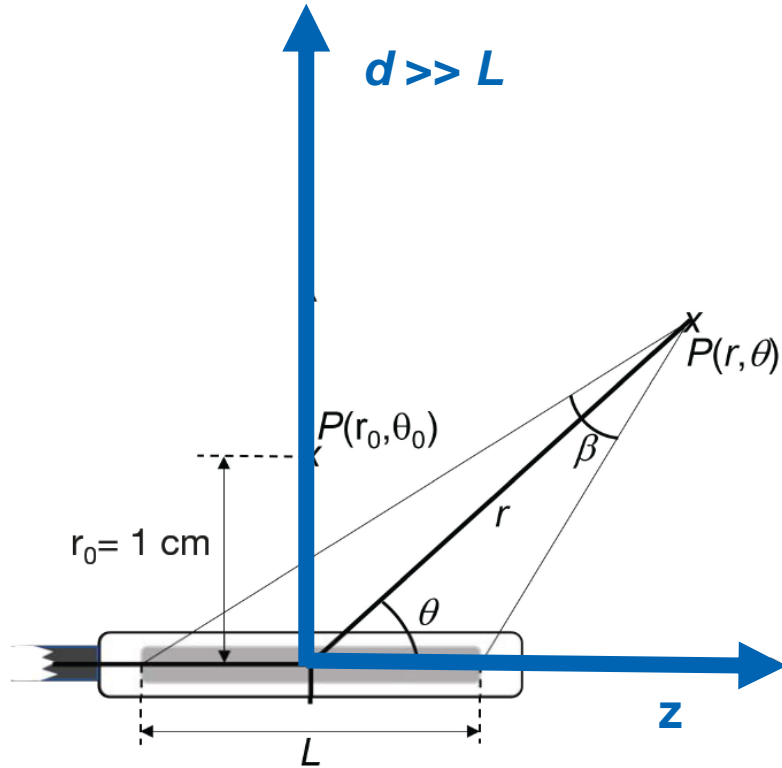
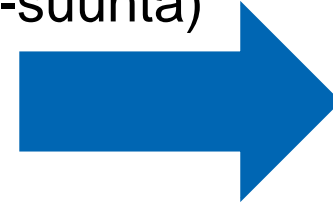


FIG. 1. The polar coordinate system chosen as the reference coordinate system for the AAPM TG-43 formalism. The radioactive content of the source is shown in grey (length L) and is surrounded by its encapsulation. θ_0 equals 90° .

$$S_K = \text{ilmakerman voimakkuus (AAPM)}$$

- yksikkö: $\text{cGy}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{h}^{-1} = 1\text{U}$
- $\delta =$ cut-off energia (5 – 10 keV)
- Mikä vain etäisyys
- Kerrottuna etäisyyden neliöllä
- 90 asteen kulmassa (R-suunta)
- Ei vaimennusta
- Ei sirontaa



$\dot{D}_{W,R}$ = absorboitunut annosnopeus veteen referenssi pisteessä P

- yksikkö: $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$
- Käyttäen annosnopeus vakiota Λ_{r_0}

AAPM report TG-43: annosjakauman laskentaan
[Report No. 084 - Update of AAPM Task Group No. 43 Report: A revised AAPM protocol for brachytherapy dose \(2004\)](#)

Beta: $\dot{D}_W(r_0) =$
 absorboitunut annosnopeus veteen referenssi etäisyydellä r_0

Tietoa lähteistä ja annosnopeus vakioista

Joint AAPM/IROC lähderekisteri:

https://irochouston.mdanderson.org/rpc/brachyseeds/source_registry.htm

TG-43 CONSENSUS Isodose Control HDR ¹⁹²Ir Flexisource

Dose calculation for photon-emitting brachytherapy sources with average energy higher than 50 keV. Full Report of the AAPM and ESTRO
Med. Phys. 39 (2012) 2904-2929

$\Lambda = 1.113$ cGy/(h U)

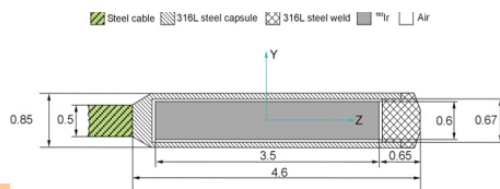
Interpolated / extrapolated data are **boldface** / underlined. Values inside the source are in *italics*.

$g_L(r)$
L = 0.35 cm

r (cm)	$g_L(r)$ L = 0.35 cm unbounded
0	0.991
0.25	0.991
0.50	0.997
0.75	0.998
1.00	1.000
1.50	1.002
2.00	1.004
3.00	1.005
4.00	1.003
5.00	0.999
6.00	0.991
8.00	0.968
10.00	0.935

$F(r,\theta)$
Distance from Active Source Center (cm)

Theta/deg	0	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	7.50	10.00
0	0.672	0.672	0.654	0.617	0.626	0.647	0.672	0.695	0.738	0.774
1	0.671	0.671	0.652	0.615	0.629	0.652	0.678	0.699	0.744	0.777
2	0.669	0.669	0.651	0.615	0.638	0.664	0.688	0.711	0.751	0.783
3	0.663	0.663	0.652	0.629	0.650	0.677	0.699	0.719	0.759	0.789
5	0.671	0.671	0.665	0.653	0.676	0.698	0.719	0.737	0.775	0.802
7	0.694	0.694	0.690	0.682	0.703	0.725	0.743	0.760	0.792	0.816
10	0.735	0.735	0.731	0.725	0.744	0.763	0.780	0.794	0.821	0.841
12	0.762	0.762	0.760	0.756	0.770	0.785	0.799	0.812	0.835	0.854
15	0.803	0.803	0.799	0.791	0.804	0.817	0.829	0.839	0.857	0.873
20	0.852	0.852	0.850	0.845	0.851	0.861	0.870	0.878	0.889	0.898
25	0.892	0.892	0.887	0.878	0.886	0.893	0.899	0.904	0.912	0.920
30	0.917	0.917	0.913	0.904	0.911	0.917	0.921	0.922	0.932	0.936
35	0.936	0.936	0.933	0.928	0.932	0.936	0.941	0.943	0.949	0.953
40	0.955	0.955	0.951	0.944	0.948	0.951	0.953	0.955	0.958	0.961
45	0.964	0.964	0.962	0.957	0.960	0.964	0.967	0.968	0.967	0.970
50	0.973	0.973	0.972	0.969	0.971	0.973	0.975	0.978	0.978	0.980
55	0.986	0.986	0.986	0.979	0.975	0.979	0.981	0.983	0.983	0.986
60	0.990	0.990	0.984	0.982	0.985	0.987	0.990	0.990	0.989	0.989
65	0.993	0.993	0.993	0.989	0.988	0.990	0.993	0.994	0.994	0.995
70	0.996	0.996	0.993	0.993	0.994	0.996	0.997	0.998	0.995	0.996
75	0.997	0.997	0.995	0.997	0.996	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999
80	0.999	0.999	1.000	0.995	1.000	1.000	1.000	1.001	1.002	1.001
85	1.000	1.000	1.000	0.998	0.999	0.999	1.001	1.001	1.001	1.001
90	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
95	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



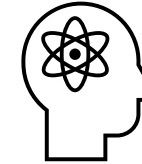
Isodose Control HDR ¹⁹²Ir model 'Flexisource' QA Along-away

z / cm	0	0.25	0.5	0.75	1
7	0.01642	0.01672	0.01701	0.01730	0.01758
6	0.0221	0.0226	0.0231	0.0236	0.0241
5	0.0312	0.0322	0.0332	0.0342	0.0348
4	0.0474	0.0496	0.0518	0.0537	0.0545
3	0.0815	0.0870	0.0927	0.0957	0.0961
2	0.1778	0.197	0.212	0.213	0.203
1.5	0.315	0.359	0.379	0.360	0.323
1	0.715	0.848	0.812	0.680	0.542
0.5	3.34	3.45	2.20	1.354	0.886
0	3.85E+08	15.55	4.31	1.959	1.113
-0.5	2.31	3.45	2.20	1.357	0.885
-1	0.548	0.850	0.815	0.682	0.543
-1.5	0.250	0.357	0.380	0.361	0.323
-2	0.1460	0.194	0.212	0.213	0.203
-3	0.0699	0.0842	0.0921	0.0959	0.0962
-4	0.0418	0.0473	0.0511	0.0535	0.0546
-5	0.0281	0.0305	0.0325	0.0339	0.0348
-6	0.0200	0.0213	0.0225	0.0233	0.0240
-7	0.01506	0.01578	0.01651	0.01706	0.01745

HDR ¹⁹² Ir Sources		
Manufacturer	Sources	Model
Nucletron, an Elekta company	Nucletron mHDR	mHDR-v2
Nucletron, an Elekta company	Nucletron mHDR	mHDR-v1 ("Classic")
Varian Medical Systems, Inc. USA	Varian HDR	VS2000
Varian Medical Systems, Inc. USA	GammaMed	HDR 12i
Nucletron, an Elekta company	Flexisource Ir-192	Flexisource
Oncology Systems Inc.	M-19	M-19
Buchler facts	Buchler HDR	G0814
Eckert & Ziegler BEBIG GmbH	BEBIG HDR Ir-192	Ir2.A85-2
Varian Medical Systems, Inc. USA	GammaMed	HDR Plus
Eckert & Ziegler BEBIG GmbH	BEBIG HDR Ir-192	GI192M11
None (generic virtual source)	MBDCA	Generic
Varian	Bravos 232A IR-192	Bravos 232A

Puoliintuminen: päivämäärä ja aika standardit

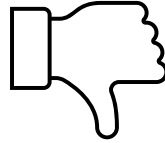
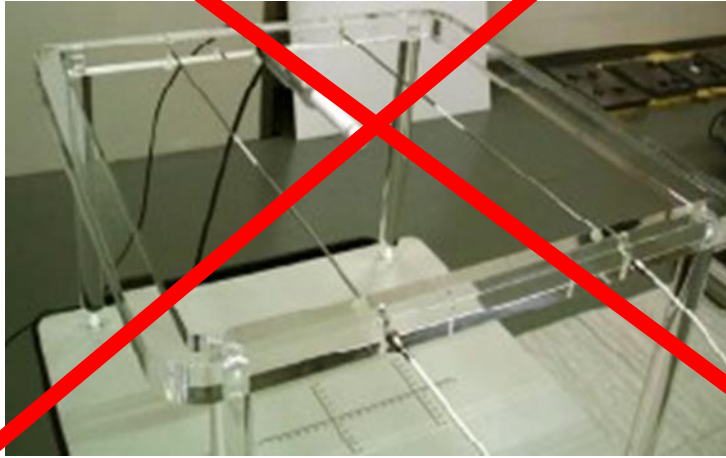
- Puoliintumisaika: monta tietolähdettä ja tälläkin on epävarmuus
 - TRS 492 suosittelee Ir-192:lle puoliintumisaikaa 73.827 ± 0.013 d [94]
 - Tiesittekö että vuodessa on 365.242198 päivää
- Ajan esittämiselle on oma standardi ISO 8601:1-2019
 - Esim. 2024-06-06 15:30:03



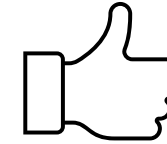
1. Intro
2. Lähteet
3. **Suureet ja yksiköt**
4. Laitteet
5. Referenssidosimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. CoP
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa

Mittausmenetelmä

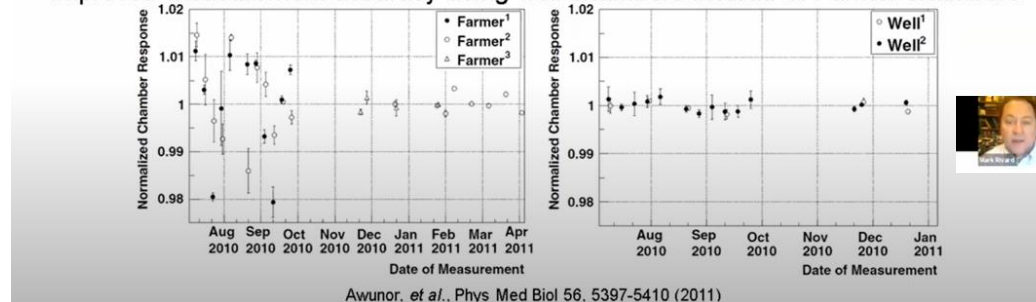
Mittaukset vapaasti ilmassa [IAEA TecDoc 1274]



Mittaukset kaivokammioilla



- improved measurement accuracy using well chambers instead of Farmer chambers



CCRI webinaari: Mark Rivard:

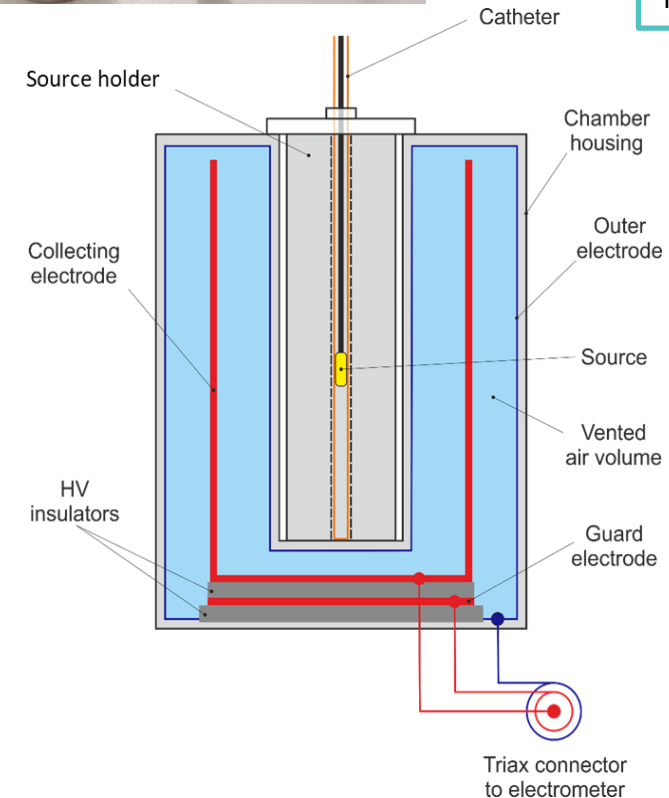
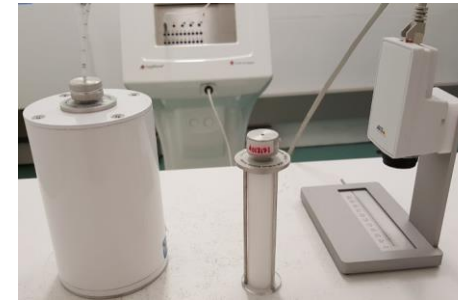
<https://www.bipm.org/en/committees/cc/ccri/wg/ccri-webinar/2021-06-23>

Kaivokammio

- Osat:
 - kaivon mallinen avoionisaatiokammio (yhteys ilmaan)
 - lähteen pidike
 - elektrometri (+kaapelit).
- Lähes 4π geometria (syvyys > 100mm, halkaisija ~30 mm)
- iso aktiivinen tilavuus
 - hyvä herkkyys (sopii myös LDR)
 - tarvitsee hyvän ”lämmittelyn” ennen mittauksia
 - iso mittaus virta (jopa 200 nA), tarkista elektrometrin speksit, ettei se saturoidu.

TRS 492 määrittelee vaatimukset referenssitason mittarille.
=> hyvät speksit hankintoihin ja vastaanottomittauksiin!
mm. vuoto, tasaisen alueen pituus, rekombinaatio, toistettavuus

Lisäksi: kalibroidut paine-, lämpötila- ja kosteusmittarit.



1. Intro
2. Lähteet
3. Suureet ja yksiköt
4. **Laitteet**
5. Referenssidosimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. CoP
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa

Käytössä olevat mittarityypit:

- Standard Imaging HDR 1000+
- PTW 33005 SOURCECHECK 4 Pi

Mittarispeksejä...

TABLE 6. COMMISSIONING TESTS OF THE WELL-TYPE CHAMBER AND ASSOCIATED TOLERANCE LEVELS FOR REFERENCE-CLASS (RESULTS FOR THE EVALUATED TESTS SHOULD BE CONSISTENT ALSO WITH MANUFACTURER SPECIFICATION)

Test	Tolerance
<p><i>Sweet spot length</i> For its quantification, the procedure for the sweet spot determination should be followed (see Section 8.2.1).</p>	<p>>3 cm (or larger than the length of the source being measured) for HDR/PDR/LDR brachytherapy sources.</p>
<p><i>Ion recombination</i> Should be measured with the source dwelling in the sweet spot with the method described in Section 0.</p>	<p>≤0.2% for HDR/PDR/LDR brachytherapy sources.</p>
<p><i>Polarity effect</i> Should be measured with the source dwelling in the</p>	<p>If the chamber is operated at the same polarizing voltage and voltage gradient as used during calibration at the calibration laboratory, no polarity correction needs to be applied by the</p>

Kaivokammio vrs. aktiivisuusmittari

1. Intro
2. Lähteet
3. Suureet ja yksiköt
4. **Laitteet**
5. Referenssidosimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. CoP
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa



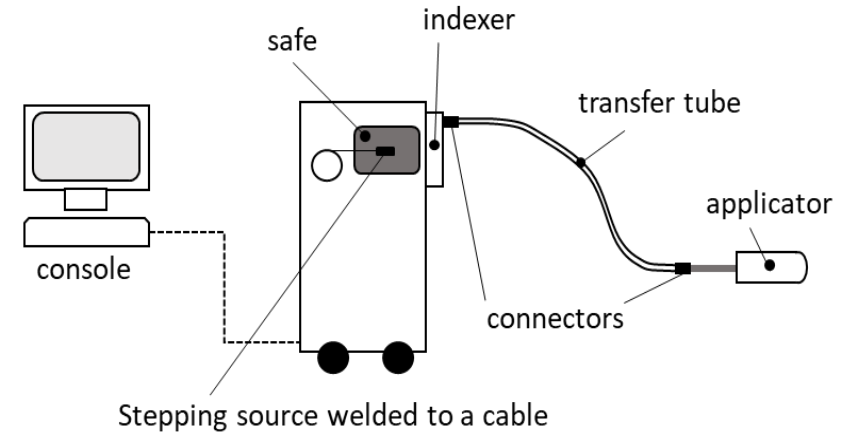
	Kaivokammio	Aktiivisuusmittari
Paineistus	Ei	Kyllä
Avoin ilmaan	Kyllä	Ei
Mittaus suure	RAKR (mGy·h ⁻¹)	Aktiivisuus (Bq)
Kontaminoitumisriski	pieni	Iso
Tykösädehoidon mittauksiin	Kyllä	Ei
Radiolääkehoitojen mittauksiin	Ei	Kyllä



Jälkilatauslaite

- Käytetään korkea-aktiivisen lähteen säilyttämiseen ja operoimiseen.
- Dummy lähteellä testataan että väylä on auki.
- Kriteerit:
 - Annosnopeus ulkopuolella
 - Lähteen liike
 - nopeus, laajuus, pysähtymispaikkojen määrä
 - Taattujen toistojen määrä
 - Automaattinen takaisinvetojärjestelmä vian sattuessa
 - Manuaalinen käsikampi hätätilanteisiin
 - Muut turvajärjestelmät.

1. Intro
2. Lähteet
3. Suureet ja yksiköt
4. **Laitteet**
5. Referenssidosisimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. CoP
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa



Lähteen kalibrointitodistus

Certificate for Sealed Sources *Vaihelet*

Serial Number of Afterloader: [REDACTED]
Customer Name and Address: [REDACTED]

FINLAND

Issue Date 2024-05-16 ⁽¹⁾

Model Designation: REF 136.147
Serial Number: SN D85F3666
Production Code: LOT 76125/05 (DRN 7785)

Manufacturer Code: NLF 01 ⁽⁷⁾

Serial Number of Transport Container: 530T1

Serial Number of Check Cable: 07270

Certificate Number: &RBjR wB07d jbBQ4 FcKAC V1

SOURCE SPECIFICATIONS

Reference Air Kerma Rate: 44.04 mGy h⁻¹ +/- 5% at 1 m ⁽²⁾

Measured at: 2024-05-15 14:18 CET ⁽¹⁾

Estimated Content Activity: 400.3 GBq (10.82 Ci) at date of measurement ^(3,4)

Source Type: FLEXISOURCE Ir-192

Capsule Dimensions: 0.86 mm diameter, 4.6 mm length
Source Pellet Dimensions: 0.6 mm diameter, 3.5 mm length
Source Pellet form: solid iridium
Radionuclide: Ir-192, gamma radiation source
Encapsulation: single
Capsule Material: stainless steel, AISI 316L
ISO 2919 Classification: ISO/12/C63311
Special Form Certificate Number: Not applicable
Recommended Working Life: 30 000 transits or 100 obstructions whichever comes first

QUALITY CONTROL

Cable Visual Inspection: passed
Source Visual Inspection: passed
Laser Weld Visual Check: passed
Leakage Test: passed ⁽⁵⁾ Measured at: 2024-05-15 ⁽¹⁾
Surface Contamination Test: < 185 Bq (5nCi) ⁽⁶⁾ Measured at: 2024-05-15 ⁽¹⁾

The undersigned, authorized officer of Curium Netherlands B.V., certifies that this source complies with the requirements of ISO2919 and that all of the information given in this certificate is true and correct at date of issue.

S.R. van Rheenen
GMP Controller

2024 -05- 17

Approved by.....

(1) Date format yyyy-mm-dd.

(2) At confidence level of 99.7%. The reference air kerma rate is measured with a calibrated measurement setup, calibrated with a calibration source of the same source model, measured at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Germany, in accordance with the ICRU report 90 recommendations.

(3) The estimated content activity is determined by applying a conversion factor (0.110 mGy m²h⁻¹GBq⁻¹) to the measured gamma radiation output of the sealed source.

(4) The estimated content activity is the activity for the specified radionuclide, other radionuclides are not detectable.

(5) Leakage test method according to ISO9978 method Liquid nitrogen bubble test (6.2.4).

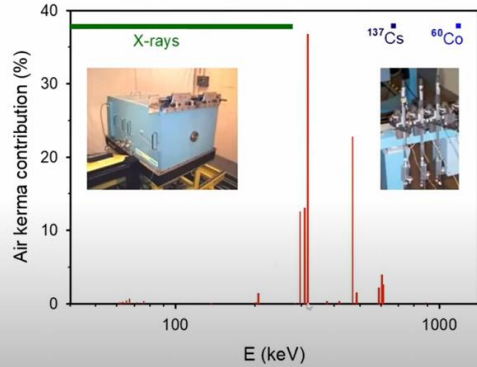
(6) Surface contamination test in accordance to ISO9978 method Wet Wipe Test (5.3.1).

(7) European manufacturer's code in accordance with European council directive 2013/59/Euratom.

Manufactured by Curium Netherlands B.V. * Westerduinweg 3 * 1755 LE Petten * The Netherlands * Telephone +31 224 567890
On behalf of Nucletron B.V. (an Elekta subsidiary)* Waardgelder 1 * 3905TH * Veenendaal * The Netherlands * +31 318 557 133

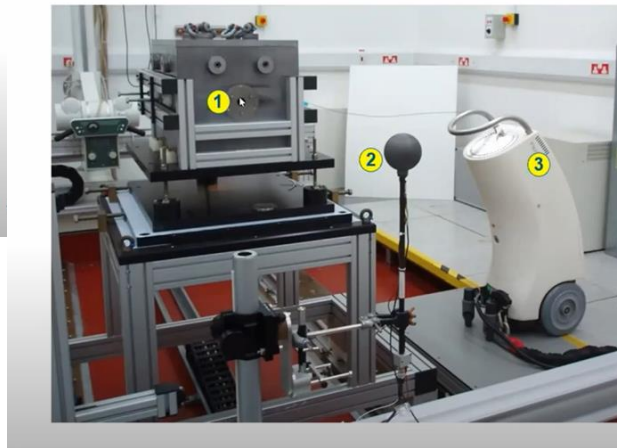
Primaaristandardit

Primary standard methods for HDR ¹⁹²Ir



- Red lines: gamma spectrum of an encapsulated HDR ¹⁹²Ir source
- Air kerma weighted average energy ~ 400 keV
- Two main methods used for HDR ¹⁹²Ir primary standards:
 - interpolation technique → ionisation chamber traceably calibrated in X-rays and ¹³⁷Cs or ⁶⁰Co, interpolation to ¹⁹²Ir (e.g. Goetsch *et al.* 1991)
 - cavity ionisation chamber with measured collecting volume, application of cavity theory, directly commissioned for ¹⁹²Ir

NPL's air kerma primary standard for HDR ¹⁹²Ir



- Lead collimator
- Cavity chamber
- Afterloader

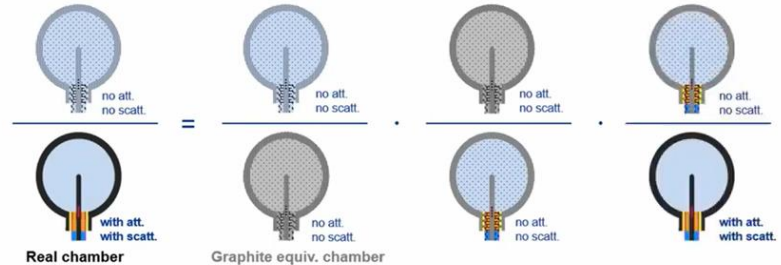
Monte Carlo calculated correction factors



RAKR measurement equation:

$$\dot{K}_R = \frac{I}{(\rho V)_{\text{air}}} \cdot \left(\frac{W_{\text{air}}}{e} \right) \cdot \left(\frac{\bar{\mu}_{\text{en}}}{\rho} \right)_{\text{air}}^{\text{air}} \cdot \left(\frac{\bar{S}}{\rho} \right)_{\text{air}}^{\text{graphite}} \cdot k_{\text{fl}} \cdot k_{\text{wall}} \cdot \frac{1}{(1 - \bar{g})} \cdot \prod_i k_i$$

Air equivalent chamber



CCRI webinaari: Thorsten Sander, NPL:
<https://www.bipm.org/en/committees/cc/ccri/wg/ccri-webinar/2021-06-23>



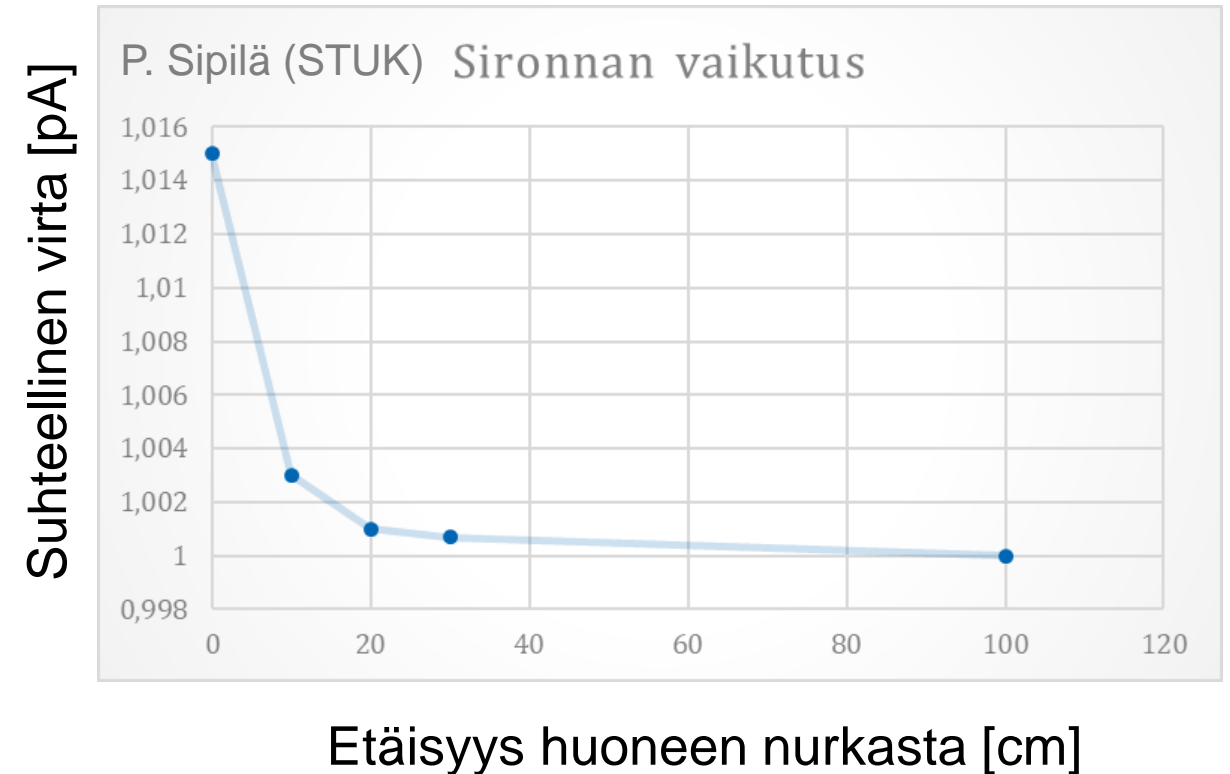
SÄTEILYTURVAKESKUS
 STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
 RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

- Intro
- Lähteet
- Suuret ja yksiköt
- Laitteet
- Referenssidosisimetria
- Kalibrointi
- Yhtälöt
- CoP
- Epävarmuudet
- Käyttö sairaalassa

1. Intro
2. Lähteet
3. Suureet ja yksiköt
4. Laitteet
5. Referenssidosisimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. **CoP**
9. KäyttöEpävarmuudet sairaalassa

Kammion sijoituksen vaikutus:

- Minimoi sironta (<0.1%)
 - Käytetään vähän sirottava pöytää yms.
 - Kammion signaali kasvaa, mikäli kammio sijoitetaan liian lähelle seinää tai lattiaa.
 - Tarkoissa mittauksissa 1 m seinästä / lattiasta.
- Olosuhteiden ja laitteiden stabiloituminen

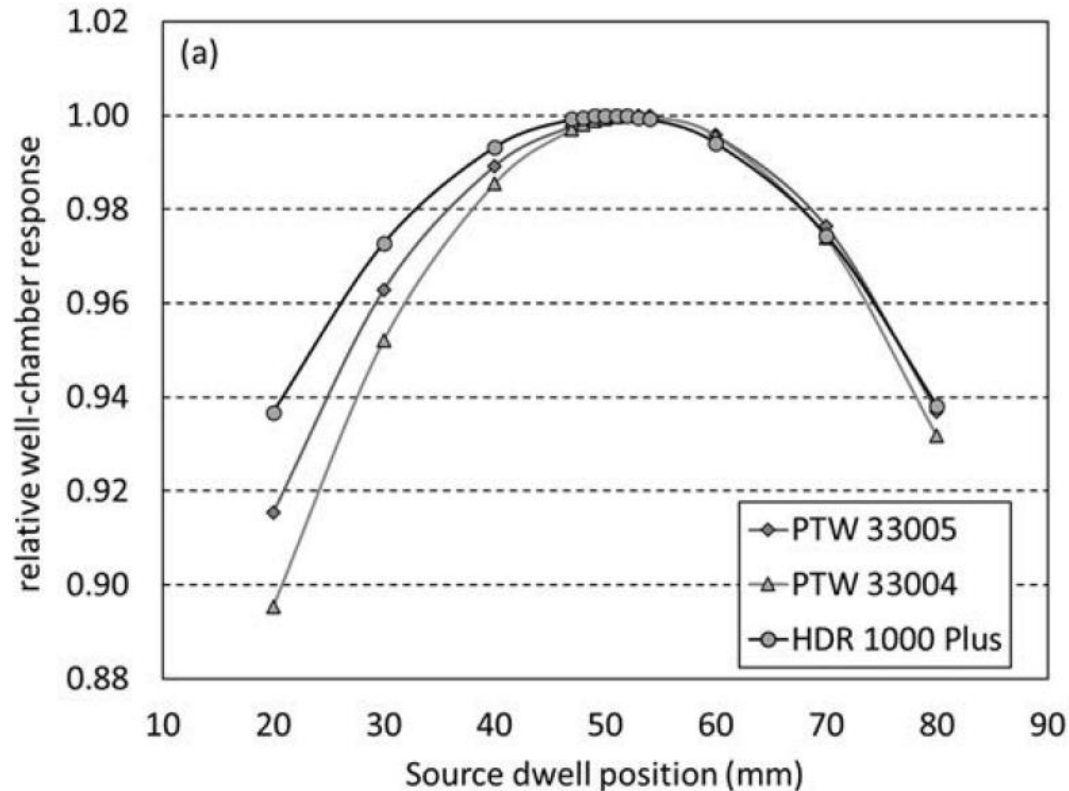


Mittaukset

1. Intro
2. Lähteet
3. Suureet ja yksiköt
4. Laitteet
5. Referenssidosisimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. **CoP**
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa

Sweet spot

- Etsitään kohta, jossa lukema saavuttaa maksimiarvon.
- Mittaus siten, että lukemia saadaan maksimin molemmin puolin.



Mittaukset

- Tehdään maksimiarvon kohdassa.
- Kerätään riittävästi signaalia
- Tehdään toistoja (reproducibility)
 - lähde sisään vähintään 3 kertaa
 - Erot $<0.2\%$
- Tehdään toistomittauksia (repeatability)
 - Vähintään 5 toistoa
 - SD $<0.1\%$ (0.02% mahdollinen)
- Rekombinaatiokorjaus!

Korjaukset mittaussignaaliin

Olosuhteet kalibroinnissa => olosuhteet mittauksissa *korjauskertoimet

$$M_{sm} = M_{sm, raw} k_{TP} k_{alt} k_{leak} k_{elec} k_{pol} k_s$$

M_{sm} = korjattu mittarin raaka lukema $M_{sm,raw}$

- Korjaukset:
 - Paine ja lämpötila (ilman tiheys)
 - Korkeus (altitude)
 - Vuotovirta
 - Elektrometrin kalibrintikerroin
 - Polariteettikorjaus (sama kuin kalibroinnissa => korjausta ei tarvita)
 - Rekombinaatio korjaus (kahden jännitteen tekniikka): tyypillisesti 0.1 – 0.2%

1. Intro
2. Lähteet
3. Suureet ja yksiköt
4. Laitteet
5. Referenssidosimetria
6. Kalibrointi
7. Yhtälöt
8. CoP
9. Epävarmuudet
10. Käyttö sairaalassa

Lähteen todistuksen rooli

8.6.2. The role of the vendor source certificate at the hospital

- Brachytherapy sources are accompanied with a source certificate provided by the vendor stating the source strength, as determined by the manufacturer. The **traceability to a primary standard has to be stated**. It is advised to use the contained source activity only for licensing, inventory, and transportation purposes, and is not relevant to the clinical source strength determination or dose calculation [88, 142]. Source strength measurements performed by a third-party (separate from the manufacturer or medical physicist) are discouraged as a means of satisfying the requirement for independently measured source strength [25].

The source strength is advised to be measured by the clinically qualified medical physicist and then used as the reference input for the afterloader treatment console (and the TPS) [162].

SOURCE SPECIFICATIONS

Reference Air Kerma Rate: 44.04 mGy h⁻¹ +/- 5% at 1 m ⁽²⁾
Measured at: 2024-05-15 14:18 CET⁽¹⁾
Estimated Content Activity: 400.3 GBq (10.82 Ci) at date of measurement ^(3,4)
Source Type: FLEXISOURCE Ir-192

5%, $k = 3$
=> 3.3%, $k = 2$

(2) At confidence level of 99.7%. The reference air kerma rate is measured with a calibrated measurement setup, calibrated with a calibration source of the same source model, measured at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Germany, in accordance with the ICRU report 90 recommendations.

TYKKI





Tykösädehoiton kalibroinnit (TYKKI)

Sädehoitofysikoiden neuvottelupäivät 6.6.2024


Reetta Nylund

Tausta

- Määräys S/7/21 vaatii, että tykösädehoidon annosmittauksissa käytettävät kammiot on kalibroitava 3 vuoden välein, tykösädehoidon referenssimittausten suurin sallittu epävarmuus korkeintaan 5%
- Suomessa ei ole saatavilla ”kotimaista” kalibrointipalvelua kaivokammioille tällä hetkellä (toki laitevalmistajien kautta voi kalibroida, tai lähettää kammionsa maailmalle kalibroitavaksi)

Tilannepäivitys

- STUKiin on päätetty perustaa kalibrointipalvelu
- Hankittu uusi kaivokammio (Standard Imaging HDR 1000 Plus)
- Kalibroitu NPL:ssä 05/2024
- Stabiilisuusmittauksia Cs-137-lähteellä
- ”Kenttäkalibrointisetin” pystytys menossa (kalibroinnit siis sairaaloissa, koska STUK ei hanki omaa jälkilatauslaitetta)
 - Epävarmuusarviot yms laitteen käyttökokemus jälkilatauslaitteella
- Palvelu toiminnassa alkuvuodesta 2025?

 **NATIONAL PHYSICAL LABORATORY**
Teddington Middlesex UK TW11 0LW Telephone +44 20 8977 3222
NPL Management Ltd – Registered in England and Wales No 2937881

Certificate of Calibration

of an
Ionisation Chamber
in terms of Reference Air Kerma Rate

This certificate provides traceability of measurement to the SI system of units, to units of measurement realised at the National Physical Laboratory or other recognised national metrology institutes, or to other internationally recognised standards. This certificate may not be reproduced other than in full, unless permission for the publication of an approved extract has been obtained in writing from NPL Management Ltd. The data included in this certificate applies only to those items specifically listed as tested, calibrated or sampled and cannot be used to assign any attributes beyond those shown by the data.

FOR: Radiation Metrology Laboratory
STUK - Radiation and Nuclear Safety Authority
Jokiniemenkuja 1
01370 Vantaa, Finland

For the attention of Reetta Nylund

DESCRIPTION: Re-entrant well-type ionisation chamber


DATE OF RECEIPT: 1 May 2024



DATE OF CALIBRATION: 2 May 2024

IDENTIFICATION: Ionisation chamber:
STANDARD IMAGING, type HDR 1000 PLUS,
part number 90008, serial number A232750

Source holder:
STANDARD IMAGING, HDR Iridium Source Holder,
part number 70010, labelled SH750

Reference: 2024040145-1 **Page 1 of 9**

Date of Issue: 3 May 2024 **Signed:**  **(Authorised Signatory)**

Checked by:  **Name:** T Sander **on behalf of NPLML**


INSTR 01/23

