

**Oversigt over indhold for  
Nuklearmedicin (modul 10-16)**

## Modul 10: Intern dosimetri

### Indhold:

1. Standard Human Phantoms.
2. MIRD.
3. Dosimetri ved radionuklid-terapi.

### Forslag til litteratur:

Y. Dewaraja, K. Sjögren-Gleisner, “Dosimetry for Radiopharmaceutical Therapy”, IAEA 2024. Link: <https://www.iaea.org/publications/15002/dosimetry-for-radiopharmaceutical-therapy>

ICRP Publication 53, “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals”, ICRP, 1987  
ICRP Publication 53, Addendum 5, 6, 7, “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals”, (2001)

ICRP Publication 80, “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals”, 1997

ICRP Publication 106, “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals - Addendum 3 to ICRP Publication 53”, 2008

ICRP Publication 128, “Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: A Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances”, 2015

M.G. Stabin, “Fundamentals of nuclear medicine dosimetry”, Springer, 2008.

W.E. Bolch et al. “MIRD Pamphlet No. 21: A Generalized Schema for Radiopharmaceutical Dosimetry – standardization of Nomenclature”, J Nucl Med (2009), 50:477-484.  
<https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/50/3/477.full.pdf>

M. G. Stabin, “OLINDA/EXM: The Second-Generation Personal Computer Software for Internal Dose Assessment in Nuclear Medicine”, Journal of Nuclear Medicine Vol. 46 No. 6 1023-1027, 2005. <https://jnm.snmjournals.org/content/46/6/1023>

M. Andersson, K. Eckerman, S. Mattsson, “IDAC-Dose 2.2, an internal dosimetry program for diagnostic nuclear medicine based on the latest ICRP adult and paediatric reference computational phantoms”, EJNMMI Research 12:56 (2025). <https://doi.org/10.1186/s40658-025-00774-z>

P.B. Zanzonico. “Internal Radionuclide Radiation Dosimetry: A Review of Basic Concepts and Recent Developments”, Journal of Nuclear Medicine, vol. 41, no. 2, pp. 197-308, 2000.  
<https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/41/2/297.full.pdf>

### Forslag til praksis/klinisk:

Beregninger med IDAC-Dose eller OLINDA-program eller tilsvarende program.

### Forslag til kursus:

”Radionuclide Therapy – Dosimetry”, EANM-kursus

Isotopkursus fra speciallægeuddannelsen i nuklearmedicin

- Aarhus Universitet: ”Biomedicinsk isotopteknik”, <https://www.fagperson.auh.dk/afdelinger/nuklearmedicin/kurser/isotopkursus/>

- Københavns Universitet: ”Radioactive isotopes and ionizing radiation”, <https://kurser.ku.dk/course/nfyk14039u/> eller <https://nbi.ku.dk/isotopkursus/>
- Direkte kontaktinformation til disse kurser findes i SIS-vejledning og godkendte isotopkurser, <https://www.sst.dk/media/je0fvuv4/godkendte-isotopkurser.pdf>

**Varighed:** 1 måned.

## Modul 11: Fremstilling af radioaktive lægemidler

### Indhold:

1. Tc-99m generatoren.
2. Rb-82 generator.
3. Ga-68 generator.
4. Produktion af PET-isotoper med cyklotron.
5. Valg af syntesevej.
6. Automatisering.
7. Kvalitetskontrol med HPLC, GC og spektroskopi.
8. Diagnostisk betydning af radiokemisk renhed og specifik aktivitet.
9. Principper for sterilt arbejde.
10. Kendskab til GMP/GLP-regler.

### Forslag til litteratur:

S.R. Cherry et al, "Physics in Nuclear medicine", 4<sup>th</sup> Edition. Saunders, 2012

G.B. Saha, "Fundamentals of Nuclear Pharmacy", Springer, 2018

Loch'h, Mazière, Comar. "A new generator for ionic gallium-68". J Nucl Med (1980) 21:171-173. <https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/21/2/171.full.pdf>

Y. Yano et al.: "A precision flow-controlled Rb-82 generator for bolus or constant-infusion studies of the heart and brain", J. Nuc. Medicine 22, 1006 (1981). <https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/22/11/1006.full.pdf>

### Forslag til praksis/klinisk:

Produktion af udvalgte sporstoffer.

Besøg i nuklear medicinsk afdeling med egen radiokemiproduktion.

### Forslag til kursus:

Isotopkursus fra speciallægeuddannelsen i nuklearmedicin

- Aarhus Universitet: "Biomedicinsk isotopteknik", <https://www.fagperson.auh.dk/afdelinger/nuklearmedicin/kurser/isotopkursus/>
- Københavns Universitet: "Radioactive isotopes and ionizing radiation", <https://kurser.ku.dk/course/nfyk14039u/> eller <https://nbi.ku.dk/isotopkursus/>
- Direkte kontaktinformation til disse kurser findes i SIS-vejledning og godkendte isotopkurser, <https://www.sst.dk/media/je0fvuv4/godkendte-isotopkurser.pdf>

**Varighed:** 1 måned.

## Modul 12: Apparaturlære

### Indhold:

1. Opbygning og funktion af forskellige detektortyper.
2. Dosiskalibrator.
3. Opbygning og funktion af gammakamera, SPECT og PET-scanner.
4. Gammataeller.
5. Procedurer for vedligeholdelse og kvalitetskontrol.

### Forslag til litteratur:

J.C. Hebden (red.), "Webb's Physics of Medical Imaging", 3<sup>rd</sup> Edition, CRC Press, 2026

S.R. Cherry et al, "Physics in Nuclear medicine", 4<sup>th</sup> Edition, Saunders, 2012

"Performance measurements of gamma cameras", NEMA NU-1, 2023

"Performance Measurements of Positron Emission Tomographs", NEMA NU-2, 2018

Wiki-bog om kvalitetskontrol af gammakameraer:

[https://da.wikibooks.org/wiki/Kvalitetskontroller\\_for\\_gammakameraer](https://da.wikibooks.org/wiki/Kvalitetskontroller_for_gammakameraer)

EARL-akkreditering af PET-skannere: <https://earl.eanm.org/accreditation-specifications/>

A. Kaalep et al. "Feasibility of state of the art PET/CT systems performance harmonization", European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2018); 45:1344-1361.

<https://doi.org/10.1007/s00259-018-3977-4>

### Forslag til praksis/klinisk:

Deltagelse i indkøb, installation, modtagekontrol, indkøring, reparation og justering af apparatur til nuklearmedicinske undersøgelser.

Udarbejdelse af lokale procedure for kvalitetskontrol.

Besøg i anden afdeling for at opnå bredt kendskab til apparatur og metoder.

### Forslag til kursus:

Isotopkursus fra speciallægeuddannelsen i nuklearmedicin

- Aarhus Universitet: "Biomedicinsk isotopteknik", <https://www.fagperson.auh.dk/afdelinger/nuklearmedicin/kurser/isotopkursus/>
- Københavns Universitet: "Radioactive isotopes and ionizing radiation", <https://kurser.ku.dk/course/nfyk14039u/> eller <https://nbi.ku.dk/isotopkursus/>
- Direkte kontaktinformation til disse kurser findes i SIS-vejledning og godkendte isotopkurser, <https://www.sst.dk/media/je0fvuv4/godkendte-isotopkurser.pdf>

**Varighed:** 2 måneder

## Modul 13: Biokinetik

### Indhold:

1. Compartment-modeller.
2. Beregning af perfusion og metabolisme.
3. Forsinkelse og dispersion.
4. Ekstraktion (Renkin-Crone).
5. Metabolisering i organer og blod.
6. Receptorkinetik.
7. Renografi.

### Forslag til litteratur:

J.H. Henriksen, S. Fuglsang, H.B.W. Larsen, ”Basal indikator teknik” (2011)

S.R. Cherry et al, “Physics in Nuclear medicine”, 4<sup>th</sup> Edition, Saunders, 2012

RS Lawson, “Application of mathematical methods in dynamic nuclear medicine studies “, Phys. Med. Biol. 44 (1999) R57–R98

Zaidi H. “Tracer Kinetic Modeling in Nuclear Medicine: Theory and Applications”. In:

Zaidi H. (eds) “Quantitative Analysis in Nuclear Medicine Imaging”. Springer, Boston, MA (2006). Link: [https://doi.org/10.1007/0-387-25444-7\\_12](https://doi.org/10.1007/0-387-25444-7_12) . Kan også hentes her:

<https://www.researchgate.net/publication/226393519>

### Forslag til praksis/klinisk:

Deltagelse i udvikling og implementering af programmer til fysiologiske analyser af eksperimentelle data.

### Forslag til kursus:

MaStaKi-kursus (matematik/statistik/kinetik) fra speciallægeuddannelsen i nuklearmedicin.

PET Pharmacokinetics Course (gentages hvert 1-2 år ved forskellige institutioner).

**Varighed:** 2 måneder.

## Modul 14: Bearbejdning af billeddata

### Indhold:

1. Algoritmer til billedrekonstruktion (FBP og iterativ).
2. Korrektion for comptonspredning og attenuation.
3. Effekt af time-of-flight (TOF-PET) og resolution recovery / point spread function.
4. Egenskaber ved forskellige filtre (gauss, median, etc.).
5. Partial volume effekten.
6. Segmentering og billedfusion.
7. Visualisering.

### Forslag til litteratur:

Ranschaert et al. "Artificial Intelligence in Medical Imaging", Springer 2019

Zaidi H, "Quantitative Analysis in Nuclear Medicine Imaging", Springer, 2006

P.P. Bruyant, "Analytic and Iterative Reconstruction Algorithms in SPECT", J. Nucl. Med. 43 (2002), 1343-1358. <https://jnm.snmjournals.org/content/43/10/1343>

B.F. Hutton, "Recent advances in iterative reconstruction for clinical SPECT/PET and CT", Acta Oncologica 50 (2011), 851-858. <https://doi.org/10.3109/0284186X.2011.580001>

Alessio AM, Stearns CW, Tong S, Ross SG, Kohlmyer S, Ganin A, Kinahan PE. Application and evaluation of a measured spatially variant system model for PET image reconstruction. IEEE Trans Med Imaging. 2010 Mar;29(3):938-49. <https://doi.org/10.1109/TMI.2010.2040188>

M.S. Azimi et al., "Critical review of partial volume correction methods in PET and SPECT imaging: benefits, pitfalls, challenges, and future outlook", Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2026 Mar;53(4):2830-2861. <https://www.doi.org/10.1007/s00259-025-07612-5>

A.J. Reader et al., "Deep Learning for PET Image Reconstruction", IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences, vol. 5, no. 1, pp. 1-25, Jan. 2021. <https://doi.org/10.1109/TRPMS.2020.3014786>

D. R. Schaart, G. Schramm, J. Nuyts and S. Surti, "Time of Flight in Perspective: Instrumental and Computational Aspects of Time Resolution in Positron Emission Tomography", IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences, vol. 5, no. 5, pp. 598-618, Sept. 2021. <https://doi.org/10.1109/TRPMS.2021.3084539>

### Forslag til praksis/klinisk:

Kvalitetssikring af software til rekonstruktion og behandling af billeddata.

### Forslag til kursus:

"Image Reconstruction"-serie af videoer af Andrew Reader:

[https://www.youtube.com/playlist?list=PL557uxcMh3xzkLucqdvHgwU4zlhcu\\_CKI](https://www.youtube.com/playlist?list=PL557uxcMh3xzkLucqdvHgwU4zlhcu_CKI)

**Varighed:** 1½ måneder.

## Modul 15: Kliniske problemstillinger

### Indhold:

1. Patofysiologi og –anatomi.
2. Forskellige sporstoffer og deres egenskaber.
3. Optimering af protokoller (f.eks. billedkvalitet versus dosimetri).
4. Overvejelser om håndtering af ulykker m.v. som involverer radioaktivitet, herunder beregning/estimering af stråledosis til kontaminerede personer.

### Forslag til litteratur:

A. Asmar, L.S. Brinth, L. C. Gormsen, S. Hess, H.D. Zacho, “Klinisk nuklearmedicin”, 3. udgave, Munksgaard (2022)

G. B. Saha, “Fundamentals of Nuclear Pharmacy”, Springer, 2018

H. Sinzinger, P. Aiginger, I. Neumann, E. Havlik, “Radiation alarm at an airport after radioiodine therapy”, Nucl Med Commun. 26 (2005), 67-68.

[https://journals.lww.com/nuclearmedicinecomm/fulltext/2005/01000/radiation\\_alarm\\_at\\_an\\_airport\\_after\\_radioiodine.11.aspx](https://journals.lww.com/nuclearmedicinecomm/fulltext/2005/01000/radiation_alarm_at_an_airport_after_radioiodine.11.aspx)

C.W. Miller, R.C. Whitcomb, A. Ansari, C. McCurley, A. Guinn, F. Tucker. “The Roles of Medical Health Physicist in a Medical Radiation Emergency”, Health Physics 93, Suppl. 3 (2007), S187-S190. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000281180.96259.a8>

Nagataki S et al. “A review of the Fukushima nuclear reactor accident: radiation effects on the thyroid and strategies for prevention” Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.

Oct;21(5):384-93, 2014. <https://doi.org/10.1097/MED.0000000000000098>

J.W. Runge, B.R. Buddemeier, “Explosions and Radioactive Material – A Primer for Responders”, Prehospital Care 13 (2009), 407-419.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10903120902935371>

### Forslag til praksis/klinisk:

Deltagelse i praktisk gennemførelse af undersøgelser, herunder patientplacering og fiksering.

Deltagelse i udvikling af nye kliniske undersøgelser og behandlinger. Deltagelse i billedkonference.

### Forslag til kursus:

A-kurser i klinisk fysiologi og nuklearmedicin

**Varighed:** 1 måned.

## Modul 16: Afsluttende projekt

### Indhold:

Rapport udarbejdet over valgfrit emne.

Projektet skal have et sådant fagligt niveau, at det vil kunne publiceres i et internationalt, fagfællebedømt (peer-reviewed) tidsskrift. Jf. bekendtgørelsen for specialuddannelse til hospitalsfysiker er det op til Uddannelsesrådet at vurdere den faglige kvalitet af projekter, som ikke er publicerede.

Det er Uddannelsesrådets politik at faglig kvalitet ikke nødvendigvis forudsætter den nyhedsværdi, som normalt er kravet for at få en artikel publiceret, men der opfordres til at vælge projekter, som efterfølgende vil kunne publiceres - samt at publicere dem.

Det er muligt at få en udtalelse om projektet fra Uddannelsesrådet, før projektet påbegyndes.

### Forslag til litteratur:

B. Gustavii. "How to write and illustrate a scientific paper", Cambridge University Press 2003.

N.W. Goodman & M.B. Edwards. "Medical writing: a prescription for clarity", Cambridge University Press 2006.

M.A. Kliewer. "Writing It UP: A Step-by-Step Guide to Publication for Beginning Investigators", Journal of Nuclear Medicine Technology 34, p. 53-59, 2006.

[https://doi.org/10.1016/S0820-5930\(09\)60208-5](https://doi.org/10.1016/S0820-5930(09)60208-5)

**Varighed:** 3 måneder.

*Den årlige indstilling til "Ung fysiker-prisen" sker på baggrund af publicerede projekter fra hospitalsfysikere som har afsluttet uddannelsen inden for de seneste 3 år. Se mere om prisen på hjemmesiden: <https://dsmf.org/dsmf/ung-fysiker-pris/>*

*Hvis projektet fås som merit for en allerede publiceret artikel (med den studerende som første forfatter), så angiv venligst én artikel – eller fremhæv én artikel, hvis der angives flere. Kriterierne for merit findes på hjemmesiden, se <https://dsmf.org/hospitalsfysik/uddannelsen/>*

## Redigeringshistorik

- **18. juni 2026**

Ajourføring af litteratur- og kursusforslag. Specifikke ændringer af denne type:

Modul 10, 11 og 12: Lægernes isotopkursus tilføjet eller præciseret som kursusforslag.

Modul 12: EARL-akkreditering er tilføjet til litteraturforslag.

Modul 13: MaStaKi-kursus fra speciallægeuddannelsen tilføjet som kursusforslag.

Modul 14: Online-kursus af Andrew Reader tilføjet som kursusforslag.

- **21. november 2025**

Modulindhold er nu nummereret, sådan at der ved litteratur, kurser og praksis kan angives, *hvilke* dele af modulets indhold en given aktivitet er med til at dække.

- **18. oktober 2024**

Modul 10: Tilføjet bog fra IAEA til litteraturforslag.

- **14. marts 2023**

Modul 12: Tilføjet wiki-bog om kvalitetskontrol af gammakamera til litteraturforslag.

Modul 16: Tilføjet beskrivelse af ”Ung fysiker-prisen” og ønske om angivelse af én artikel, hvis projektet godkendes som merit for allerede publiceret artikel.

- **15. oktober 2021**

Modul 10: Tilføjet artikel til litteraturforslag.

Modul 13: Tilføjet artikel til litteraturforslag.

Modul 14: TOF-PET og resolution recovery / point spread function føjet til indhold.

- **17. april 2019:**

Patientkommunikationsmodulet er flyttet til ”Fælles moduler”

Som en konsekvens heraf er nummereringen i forhold til tidligere version ændret så modul 9-15 i tidligere versioner nu hedder 10-16.

Modul 10: Tilføjet ”Kursus i radioaktive isotoper og ioniserende stråling”

Modul 11: Litteratur er opdateret.

Modul 12: Litteratur er opdateret og kurset og ”Kursus i radioaktive isotoper og ioniserende stråling” tilføjet.

Modul 13: Litteratur er opdateret.

Modul 14: Litteratur er opdateret. Kurset “Medical computing” European School of Medical Physics (<http://www.esi-archamps.eu/Thematic-Schools/ESMP>), er slettet.

Modul 15: Litteratur er opdateret.

Modul 16: Litteratur er opdateret.

- **17. marts 2015:**

Modul 10: Rb-82 generator og Ga-68 generator tilføjet til indhold. Desuden tilføjet forslag til litteratur om disse generatorer.

Modul 12: Tilføjet ”Basal indikator teknik” til litteraturforslag.

Modul 13: Tilføjet flere nye artikler om rekonstruktionsalgoritmer.

Modul 13: Nyt link til European School of Medical Physics.

Modul 14: Tilføjet emne ”Overvejelser om håndtering af ulykker m.v. som involverer radioaktivitet”, samt tre artikler om hhv. patienter og lufthavnsscannere, forventninger til medicinsk fysiker i radioaktiv nødsituation, samt scenarie-artikel om en ”beskidt bombe”. Desuden tilføjet ”beregning/estimering af stråledosis til kontaminerede personer” til indhold.

Modul 15: Teksten til projektets indhold er tilpasset den nyeste bekendtgørelse og har desuden fået tilføjet en bemærkning om forhåndsudtalelse før projektstart. Artikel om artikelskrivning tilføjet.

- **20. december 2011:**

Modul 12: Der er tilføjet et forslag til kursus.