

# Diagnostiske PET-radiofarmaka i Norge

## – klinisk bruk og utvikling

Kurt Jonny Johansen og Richard Fjellaksel

Institutt for helse- og omsorgsfag, UiT Norges arktiske universitet, Tromsø  
E-post: kurt.johansen@uit.no

### SAMMENDRAG

#### Hensikt

Formålet med denne artikkelen er å gi en oversikt over bruk og utvikling av PET-radiofarmaka i Norge.

#### Kunnskapsgrunnlag/Metode

Artikkelen bygger på innrapporterte tall over antall administrasjoner av radiofarmaka fra helseforetakene til Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA). Det ble benyttet ikke-systematisk litteratursøk i PubMed og Google Scholar frem til oktober 2022. Det ble tatt et skjønsmessig utvalg av artikler og tilgjengelige oppslagsverk.

#### Resultat

Bruken av PET-radiofarmaka øker i omfang, og stadig nye PET-radiofarmaka blir tatt i bruk. Av alle diagnostiske nukleærmedisinske radiofarmaka økte andelen PET-radiofarmaka fra 27,2 % i 2018 til 37,5 % i 2021. Fem nye diagnostiske radiofarmaka rettet mot spesifikke kliniske tilstander har blitt tatt i bruk. Spesielt administrasjoner med [<sup>18</sup>F]PSMA og [<sup>68</sup>Ga]PSMA til å utrede prostatakreft og [<sup>68</sup>Ga]DOTA-X for neuroendokrine svulster har økt.

#### Konklusjon

Omfanget av PET-radiofarmaka øker og utvikler seg mot mer målrettede kliniske indikasjoner.

### HOVEDBUDSKAP

Utviklingen av undersøkelses- og behandlingsmetoder innen nukleærmedisinsk positronemisjonstomografi (PET) har økt i omfang og kompleksitet.

Bruken av PET-radiofarmaka har økt og blitt mer spesifikt rettet mot ulike sykdomstilstander.

Målsetningen med denne artikkelen er å gi en oversikt over bruk og utvikling av bilde-diagnostisk PET-radiofarmaka i Norge.

### BAKGRUNN OG HENSIKT

Farmasøytens unike kompetanse som lege-middelekspert, med blant annet avanserte kunnskaper omkring effekter, formulering, fremstilling, syntese, stabilitet og biofarmasøytiske egenskaper av ulike legemiddelformer, er en viktig ressurs ved utvikling og produksjon av PET-radiofarmaka.

Nukleærmedisin er en spesialitet innen radiologi som er under rask utvikling. Nukleærmedisin har utviklet seg til å omfatte stadig flere undersøkelses- og behandlingsmetoder og deles typisk inn i en konvensjonell del, med singel foton emisjons-computertomografi (SPECT) i tillegg til planar billedtaking (scintigrafi), og i en positronemisjonstomografi (PET) del. Den teknologiske utvikling innen diagnostisk nukleærmedisinsk apparatur har gjennomgått store fremskritt de siste tiårene. Spesielt har positronemisjonstomografi i kombinasjon med computertomografi (PET/CT) som bilde-diagnostisk metode ført til denne utvikling (1). Den første PET/CT-hybridskanneren i Norge ble satt i drift i 2005 (2), og siden den gang har antall PET/CT-hybridskannere økt til anslagsvis 20 skannere per oktober 2022. I takt med denne utviklingen har de kliniske undersøkelsesområdene beregnet for PET (PET-radiofarmaka) blitt stadig flere og mer spesifikt rettet mot ulike sykdomstilstander (3).

En PET-skanner i kombinasjon med computertomografi (CT) er en hybridskanner (PET/CT) som kombinerer PET og CT i en og samme undersøkelse. Med PET-skanneren fremstilles bilder av fysiologiske og molekylære funksjoner, mens CT-skanneren fremstiller høyoppløselige anatomiske bilder (4). Bildene fra PET/CT-skanningen fusjoneres til et sammensatt PET/CT-bilde. Selve tomografidelen gjør det mulig å synliggjøre PET/CT-bildene i tynne snitt og på flere plan (5). PET benyttes også i kombinasjon med magnetisk resonanstomografi (PET/MR), men i mindre omfang enn PET/CT. Bildeframstillingen med PET/MR-skanneren baserer seg på de samme grunnleggende prinsippene som ved PET/CT. Den største ulikheten mellom CT- og MR-bildene, er at MR-bildene er mer egnet for påvisning av patologi i bløtvev (6).

Den generelle strukturen for PET-radio-

farmaka er en radionuklide bundet til et sporingsmolekyl. Videre er radionukliden til PET-undersøkelser en positronemitter, det vil si at den sender ut (emitterer) ett positron. Når positronet så støter på ett elektron, resulterer dette i en annihilasjon med utsendelse av to annihilasjonsfotoner 180° i hver sin retning (4, 7). Selve bildedannelsen i PET-skanneren skjer ved at annihilasjonsfotonene detekteres i skannerens 360°-ring som er rundt kroppen bestående av foton-detektorer (4). Det grunnleggende prinsippet med sporingsmolekyler er å føre radionukliden til celler og vev (målorgan) av interesse. PET-radiofarmaka har spesifikke interaksjoner med målorgan som resulterer i en høyere konsentrasjon av radiofarmaka i målvev sammenliknet med øvrig vev (7).

Fagfeltet er komplekst, og vi gir i denne artikkelen en oversikt over bruk og utvikling av PET-radiofarmaka beregnet for bilde-diagnostiske PET-undersøkelser i Norge.

### METODE/KUNNSKAPSRUNNLAG

Artikkelen bygger på innrapporterte tall fra sykehusene i Norge. Vi viser til antall administrasjoner med radiofarmaka som Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) har delt med oss. Tallene inkluderer både bruk av radiofarmaka til PET/CT, PET/MR og annen nukleærmedisinsk diagnostikk for perioden 2018–2021. Vi har benyttet ikke-systematisk litteratursøk i PubMed og Google Scholar frem til oktober 2022. Det ble tatt et skjønsmessig utvalg av artikler og tilgjengelige oppslagsverk.

### RESULTATER OG DISKUSJON

#### Utviklingen av PET-undersøkelser i Norge

Ifølge innrapporterte data fra sykehusene til DSA tolker vi antall administrasjoner av radiofarmaka som tilnæringsvis antall nukleærmedisinske undersøkelser. Tallene som DSA har delt med oss, er manuelle rapporter fra sykehusene som er manuelt behandlet av DSA. Det er derfor en viss risiko for at tallene kan inneholde enkelte mindre feil. Tabell 1 viser at det totale antallet innrapporterte administrasjoner av radiofarmaka i 2021 var 46 305. Basert på befolkningsstatistikk utgitt av Statistisk sentral-

byrå (SSB) var Norges befolkning i 2021 ved utgangen av fjerde kvartal 5 415 166 innbyggere, noe som utgjorde 8,6 administrasjoner pr/1000 innbyggere i Norge (tabell 1). Ser man på perioden 2018 til 2021, så har antall administrasjoner radiofarmaka pr/1000 innbyggere hatt en veldig liten økning. Midlertid viser resultatene i tabell 1 at andelen administrasjoner med PET-radiofarmaka hadde økt fra 27,2 % i 2018 til 37,5 % i 2021, noe som tilsvarer 3,2 PET/CT- og PET/MR-undersøkelser pr/1000 innbyggere. Denne positive utviklingen kan tillegges flere faktorer. For det første blir det stadig flere tilgjengelige PET/CT- og PET/MR-skannere i Norge. For det andre har det blitt etablert flere produksjonsfasiliteter med partikkelakseleratorer (syklotroner), senest PET-senteret ved Universitetssykehuset Nord-Norge (UNN) i 2022.

### Utviklingen og klinisk bruk av PET-radiofarmaka i Norge

Sykehusene i Norge innrapporterte totalt 17 342 administrasjoner med diagnostisk PET-radiofarmaka til DSA i 2021 (tabell 1). Av dette utgjorde 2-<sup>18</sup>Ffluoro-2-deoksy-D-glukose (<sup>18</sup>F)FDG) med halveringstid (T<sub>1/2</sub>) på 110 minutter 14 469 administrasjoner, som tilsvarte 83 % av alle injiserte PET-radiofarmaka (tabell 2). Tallene for perioden 2018–2021 viser interessant nok en økning i antall administrasjoner med <sup>18</sup>F)FDG. En årsak til at <sup>18</sup>F)FDG benyttes i stor utstrekning er det brede anvendelsesområdet spesielt innenfor onkologi, men også innenfor kardiologi, nevrologi, infeksjon og betennelsestilstander (8). Andre årsaker kan være tilgjengelighet, godt innarbeidete og standardiserte protokoller med retningslinjer for klinisk bruk av PET/CT med <sup>18</sup>F)FDG (9, 10). Tallene i tabell 2 viser at også flere PET-radiofarmaka ble benyttet i 2021. I 2018 ble det administrert åtte ulike PET-radiofarmaka, mens i 2021 ble det administrert 12 ulike PET-radiofarmaka. Av disse var det ni ulike fluor-18 (<sup>18</sup>F) forbindelser, to gallium-68 (<sup>68</sup>Ga) (T<sub>1/2</sub> 68 min), en karbon-11 (<sup>11</sup>C) (T<sub>1/2</sub> 20 min) og én oksygen-15 (<sup>15</sup>O) (T<sub>1/2</sub> 2 min) (tabell 2).

En økt bruk av nye radiofarmaka antyder at stadig flere PET-radiofarmaka blir mer og mer spesialtilpasset og rettet mot spesifikke sykdomstilstander. Spesielt vil vi trekke frem antall injeksjoner der radiofarmakonet prostata-spesifikt membranantigen (PSMA) er benyttet. PSMA binder seg til membranmarkører som finnes på kreftceller fra prostatakjertelen. Ifølge Kreftregisteret (11) er prostatakreft den vanligste kreftsykdommen i Norge, der 5188 menn ble diagnostisert med prostatakreft i 2021. Ifølge Hofman og Iravani (12) anser de PSMA som et lovende radiofarmakon for påvisning av prostatakreft, selv hos pasienter med lav konsentrasjon av prostata-spesifikt membranantigen. Tabell 2 viser at det har blitt flere administrasjoner med

**Tabell 1.** Antall innrapporterte administrasjoner med diagnostiske PET-radiofarmaka og SPECT-radiofarmaka.

År	Administrasjoner PET-radiofarmaka Antall (andel %)	Administrasjoner SPECT-radiofarmaka Antall (andel %)	Administrasjoner radiofarmaka Antall totalt	Administrasjoner radiofarmaka Totalt pr/1000 innbyggere
2018	12 218 (27,2)	32 634 (72,8)	44 852	8,4
2019	13 994 (31,1)	31 016 (68,9)	45 010	8,4
2020	15 351 (34,8)	28 705 (65,2)	44 056	8,2
2021	17 342 (37,5)	28 963 (62,5)	46 305	8,6

**Tabell 2.** Antall innrapporterte administrasjoner diagnostiske PET-radiofarmaka.

	2018	2019	2020	2021
PET-radiofarmaka	Administrasjoner Antall (andel %)	Administrasjoner Antall (andel %)	Administrasjoner Antall (andel %)	Administrasjoner Antall (andel %)
<sup>18</sup> F-FDG	11 141 (91,19)	12 309 (87,96)	13 094 (85,30)	14 469 (83,43)
<sup>18</sup> F-PSMA	613 (5,02)	962 (6,87)	1115 (7,26)	1312 (7,57)
<sup>68</sup> Ga-DOTA-X	136 (1,11)	414 (2,96)	670 (4,36)	759 (4,38)
<sup>68</sup> Ga-PSMA	–	–	131 (0,85)	289 (1,67)
<sup>18</sup> F-Flutemetamol	215 (1,76)	188 (1,34)	153 (1,00)	186 (1,07)
<sup>18</sup> F-NaF	63 (0,52)	61 (0,44)	51 (0,33)	169 (0,97)
<sup>11</sup> C-Metionin	18 (0,15)	23 (0,16)	47 (0,31)	47 (0,27)
<sup>18</sup> F-Choline	–	18 (0,13)	21 (0,14)	31 (0,18)
<sup>18</sup> F-FACBC	27 (0,22)	19 (0,14)	48 (0,31)	27 (0,16)
<sup>18</sup> F-FLT	–	–	21 (0,14)	26 (0,15)
<sup>15</sup> O-H <sub>2</sub> O	–	–	–	21 (0,12)
<sup>18</sup> F-DOPA	–	–	–	6 (0,03)
<sup>18</sup> F-TAU	5 (0,04)	–	–	–

<sup>18</sup>F)PSMA, i tillegg har det også i 2020 og 2021 blitt flere administrasjoner med <sup>68</sup>Ga)PSMA. Økt anvendelse av PSMA til PET/CT-undersøkelser kan ha sammenheng med flere forhold. Først og fremst virker det innlysende at etablering av flere PET/CT-skannere og flere produksjonsfasiliteter for PET-radiofarmaka kan ha betydning. Et annet argument kan være at PET/CT med <sup>68</sup>Ga)PSMA og <sup>18</sup>F)PSMA er et kostnadseffektivt alternativ til påvisning og stadieinndeling av prostatakreft (13). En fordel med å benytte radionuklidene gallium-68 er at den enkelt kan lueres ut av en gallium-generator. En gallium-generator er en egen liten produksjonsenhet for gallium-68, som ikke krever stor plass eller egen produksjonstillatelse. Å benytte gallium-generator vil kunne være et alternativ for nukleærmedisinske enheter som utfører PET/CT-undersøkelser uten tilgang til egen syklotron for produksjon av radionuklider. Ut fra statistikken (tabell 2) utgjør og økte andelen

<sup>18</sup>F)PSMA mer enn <sup>68</sup>Ga)PSMA (7,57 % versus 1,67 % 2021). Hovedårsaken til at <sup>18</sup>F)PSMA foretrekkes er sannsynligvis flere kliniske fordeler i forhold til <sup>68</sup>Ga)PSMA når det gjelder positronenergi, bildeoppløsning og halveringstid. PET/CT-bilder med <sup>18</sup>F)PSMA gir teoretisk sett bedre romlig bildeoppløsning på grunn av lavere positronenergi (13). Dette kan gi noen fordeler med å skille mellom positive og negative funn (14). I tillegg har radioisotopen <sup>18</sup>F) lengere fysisk halveringstid, noe som gir lengre klinisk utnyttelsestid av <sup>18</sup>F)PSMA (13). Det er derimot usikkert om det er noen klare diagnostiske fordeler mellom å benytte <sup>68</sup>Ga)PSMA versus <sup>18</sup>F)PSMA (13, 14). For fremtiden kan det være verdt å merke seg at PSMA også har vist seg å ha spesifisitet for reseptorer som uttrykkes på gliom i sentralnervesystemet med lav overlevelse (15). I en litteraturgjennomgang av Stopa et al. (2022) ble det rapportert om at de fleste inkluderte studiene viste sterkt PSMA-opp-

tak i gliom (16). Videre ble det konkludert med at PSMA har et potensial som radiofarmakon for tumorer i sentralnervesystemet.

Bruken av [<sup>68</sup>Ga]DOTA-X har økt fra 136 injeksjoner i 2018 til 759 injeksjoner i 2021, tabell 2. Økt bruk av [<sup>68</sup>Ga]DOTA-X kan her ha en sammenheng med tilgjengelige galliumgeneratorene med markedsføringsstillatelse (17). [<sup>68</sup>Ga]DOTA-X, der X er en fellesbetegnelse for DOTA-konjugerte peptider som benyttes til sporing av neuroendokrine metastaser og primærtumorer. Til bildediagnostikk med PET/CT benyttes [<sup>68</sup>Ga]DOTA-TOC til å lokalisere neuroendokrine tumorer. Dodekantanetra-eddiksyre (DOTA) er en kompleksbinder radionukliden gallium-68 til peptidet oktreotid ([Tyr3]oktreotid) (TOC) (18). Peptidet TOC fungerer her som målrettet sporingmolekyl med affinitet for somatostatinreseptorer uttrykt på neuroendokrine tumorer. Et unikt trekk med DOTA-konjugerte peptider er at de også benyttes til nukleærmedisinsk terapi. Radionukliden lutetium-177 (<sup>177</sup>Lu) sender ut betastråling med forholdsvis kort rekkevidde i bløtvev og egner seg derfor til radionuklidterapi (19). I Norge ble det i 2020 innrapportert 178 administrasjoner til DSA med det terapeutiske radiofarmakon lutetium-177 [<sup>177</sup>Lu]DOTA-[Tyr3]-oktreotid ([<sup>177</sup>Lu]DOTA-TATE) (20). Somatostatinanaloger TATE benyttes som målsøkende spormolekyl ved kreftterapi av neuroendokrine svulster.

Til radionuklidterapi mot prostatakreft er det rapportert om flere lovende resultater med bruk av PSMA merket med betaemitterende radionuklider. Ifølge Zhang et al., som gjennomgikk 13 sentrale kliniske studier som omhandlet radionuklidterapi med [<sup>177</sup>Lu]-PSMA til behandling av prostatakreft, konkluderes det med at terapi basert på PSMA virker svært lovende for fremskreden prostatakreft (21). Videre er det verdt å bemerke seg at det påstås av Zhang et al. at radionuklidterapi med PSMA snart vil bli standard behandling av prostatakreft.

Foruten [<sup>18</sup>F]FDG, [<sup>18</sup>F]PSMA, [<sup>68</sup>Ga]DOTA-X og [<sup>68</sup>Ga]PSMA ser vi at samtlige andre PET-radiofarmaka som ble brukt i Norge hadde under 200 injeksjoner i 2021, tabell 2. Tilgjengelighet og kostnader versus klinisk nytteverdi er sannsynlige begrensninger selv om det kan være gode kliniske indikasjoner til å bruke PET-radiofarmaka. [<sup>18</sup>F]Flutemetamol for påvisning av amyloid plakk ble brukt 186 ganger i 2021. [<sup>18</sup>F]Flutemetamol brukes først og fremst ved vedvarende og økende grad av mild kognitiv svikt og ved differensialdiagnostikk i demensutredning for yngre pasienter < 65 år hvor kjernekrteriene for Alzheimers sykdom er oppfylt (22). [<sup>18</sup>F]NaF (Natrium[<sup>18</sup>F]fluoride) ble brukt 169 ganger og brukes til nukleærmedisinske PET-skjelettundersøkelser for visualisering av metabolsk aktivitet i beinvev. Den begrensede bruken skyldes nok tilgjengelighet og kostnader versus klinisk nytteverdi,

spesielt siden vi fortsatt ser en utstrakt bruk av konvensjonell nukleærmedisin på tross av mindre sensitivitet og spesifisitet enn PET-radiofarmaka (23). I tabell 2 ser vi en liten økning fra 2018 til 2021 for både [<sup>11</sup>C]metionin og [<sup>18</sup>F]choline med en bruk på henholdsvis 47 og 31 ganger. PET-radiofarmakene [<sup>11</sup>C]metionin og [<sup>18</sup>F]choline har bedre sensitivitet enn tilsvarende SPECT-radiofarmakon for paratyreoideaundersøkelser. Det er verdt å nevne at [<sup>18</sup>F]choline brukes for å påvise adenomer dersom ultralyd og SPECT/CT ikke kan påvise adenomer (24). PET-radiofarmaka som anti-1-amino-3-[<sup>18</sup>F]fluorocyclobutane-1-carboxylic acid ([<sup>18</sup>F]FACBC), [<sup>18</sup>F]-fluoro-3-deoxy-3-L-fluorothymidine ([<sup>18</sup>F]FLT) og 3,4-dihydroxy-6-[<sup>18</sup>F]fluoro-L-phenylalanine ([<sup>18</sup>F]DOPA) har rapportert begrenset bruk. Dette skyldes nok også her i stor grad tilgjengelighet og kostnad versus klinisk nytteverdi enn så lenge. I 2021 ble det for første gang innrapportert klinisk bruk av oksygen 15-vann [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O i Norge (tabell 2). Totalt ble det utført 21 undersøkelser med [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O, og dette kan det tolkes som at Norge er i startfasen for denne typen diagnostikk. Dette er en spennende utvikling siden det til sammenlikning ble utført omtrent 1500 kliniske undersøkelser med [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O i 2020 ved PET-senteret Aarhus universitetssykehus i Danmark (25). Per i dag fremstilles [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O i Norge ved Norsk medisinsk syklotronsenter (NMS) (Rikshospitalet, Oslo universitetssykehus). [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O har klinisk indikasjon for måling av cerebral blodstrøm, myokardperfusjon og tumorperfusjon med bruk av PET/CT- eller PET/MR-skanner (26, 27). Å benytte [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O krever umiddelbar nærhet til syklotron på grunn av den korte fysiske halveringstiden (T<sub>1/2</sub> 2 min). Det kreves også innarbeidete prosedyrer og innretninger siden [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O må føres direkte fra syklotron til pasient (26). Dette kan være noen av årsakene for den foreløpige begrensede bruken av [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O i Norge.

## KONKLUSJON

Nukleærmedisin er en spesialitet i rivende utvikling med stadig flere nye kliniske godkjente PET-radiofarmaka. Generelt øker bruken og omfanget av PET-radiofarmaka i Norge. I tillegg ser vi en utvikling mot mer målrettede kliniske indikasjoner. Høye kostnader, begrenset tilgjengelighet av PET-radiofarmaka og PET-skannere og kliniske nytteverdi begrenser bruken. På tross av begrensningene ser vi en økning nasjonalt, spesielt siden tilgjengelighet av PET-skannere og PET-radiofarmaka har økt. I tillegg har utviklingen av nye PET-radiofarmaka med spesielt [<sup>18</sup>F]-PSMA mot prostatakreft bidratt til økt bruk. I tillegg er det også en økt bruk av [<sup>18</sup>F]FDG og [<sup>68</sup>Ga]DOTA-X. Spennende er det også at stadig nye PET-radiofarmaka som [<sup>18</sup>F]FLT, [<sup>15</sup>O]H<sub>2</sub>O, [<sup>18</sup>F]DOPA og [<sup>68</sup>Ga]PSMA blir mer tilgjengelig og brukes klinisk.

Oppgitte interessekonflikter: Ingen

## REFERANSER

1. Vaz SC, Oliveira F, Herrmann K et al. Nuclear medicine and molecular imaging advances in the 21st century. *Br J Radiol* 2020; 93: 20200095. <https://doi.org/10.1259/bjr.20200095>
2. Utredning av etablering av et PET tilbud i HMR ved Ålesund sykehus. Helse Møre og Romsdal; Romsdal HMO; 2017. <https://helse-mr.no/seksjon/dokument/Documents/Utviklingsplan/Styringsgrupper/17-12-19-styringsgruppemote/Sak%2030%20-%202017%20-%20vedlegg%2001%20-%20Utviklingsplanfor%20framtidig%20PET-tilbud%20i%20HMR.pdf>
3. Czernin J, Sonni I, Razmaria A et al. The Future of Nuclear Medicine as an Independent Specialty. *J Nucl Med* 2019; 60: 3s–12s. <https://doi.org/10.2967/jnumed.118.220558>
4. Loft A, Hesse B, Christensen CB. Klinisk nukleærmedisin. 2. udg.: Dansk Selskab for Klinisk Fysiologi og Nukleærmedisin; 2011.
5. Khalil MM. Basic Science of PET Imaging. 1st ed. 2017. Cham: Springer International Publishing; Imprint: Springer; 2017.
6. Huo E, Wilson DM, Eisenmenger L et al. The Role of PET/MR Imaging in Precision Medicine. *PET Clin* 2017; 12: 489–501. <https://doi.org/10.1016/j.cpet.2017.05.006>
7. Santos A, Bogović D, Camoni L et al. Advances in PET-CT imaging. [Guide]. Vienna: European Association of Nuclear Medicine, 2021. <https://doi.org/10.52717/PWZE5872> (Lest 4. februar 2022).
8. Mason C, Gimblet GR, Lapi SE et al. Novel Tracers and Radionuclides in PET Imaging. *Radiol Clin North Am* 2021; 59: 887–918. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2021.05.012>
9. EANM: SNMMI Guidelines. Vienna: European Association of Nuclear Medicine (EANM), 2022. <https://www.eanm.org/collaboration-in-guidelines/eannm-snmml-guidelines/> (Lest 9. oktober 2022).
10. Stauss J, Franzius C, Pfluger T et al. Guidelines for 18F-FDG PET and PET-CT imaging in paediatric oncology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008; 35: 1581–8. <https://doi.org/10.1007/s00259-008-0826-x>
11. Kreftregisteret. Prostatakreft. <https://www.kreftregisteret.no/Temasider/kreftformer/Prostatakreft/> (Lest 5. oktober 2022).
12. Hofman MS, Iravani A. Gallium-68 Prostate-Specific Membrane Antigen PET Imaging. *PET Clin* 2017; 12: 219–34. <https://doi.org/10.1016/j.cpet.2016.12.004>
13. De Man K, Van Laeken N, Schelfhout V et al. <sup>18</sup>F-PSMA-11 Versus <sup>68</sup>Ga-PSMA-11 Positron Emission Tomography/Computed Tomography for Staging and Biochemical Recurrence of Prostate Cancer: A Prospective Double-blind Randomised Cross-over Trial. *Eur Urol* 2022; 82: 501–9. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2022.05.010>
14. Hoffmann MA, von Eyben FE, Fischer N et al. Comparison of [<sup>18</sup>F]PSMA-1007 with [<sup>68</sup>Ga]Ga-PSMA-11 PET/CT in Restaging of Prostate Cancer Patients with PSA Relapse. *Cancers (Basel)* 2022; 14: 1479. <https://doi.org/10.3390/cancers14061479>
15. Cimini A, Ricci M, Russo F et al. Peptide Receptor Radionuclide Therapy and Primary Brain Tumors: An Overview. *Pharmaceuticals (Basel)* 2021; 14: 872. <https://doi.org/10.3390/ph14090872>
16. Stopa BM, Crowley J, Juhász C et al. Prostate-Specific Membrane Antigen as Target for Neuro-

imaging of Central Nervous System Tumors. Mol Imaging 2022; 2022: 5358545. <https://doi.org/10.1155/2022/5358545>

17. Melbøe AE. Ny og bedre metode for diagnostikk og oppfølging av neuroendokrine svulster. Bioingeniøren 2020; 2: 16–21. <https://www.bioingenioren.no/contentassets/d16af097bca24660990d97fb2325a6c1/ny-og-bedre-metode-for-diagnostikk-og-oppfolging-av-neuroendokrine-svulster.pdf>
18. Bozkurt MF, Virgolini I, Balogova S et al. Guideline for PET/CT imaging of neuroendocrine neoplasms with <sup>68</sup>Ga-DOTA-conjugated somatostatin receptor targeting peptides and <sup>18</sup>F-DOPA. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2017; 44: 1588–1601. <https://doi.org/10.1007/s00259-017-3728-y>
19. Pencharz D, Walker M, Yalchin M et al. Early efficacy of and toxicity from Lutetium-177-DOTATATE treatment in patients with progressive metastatic NET. Nucl Med Commun 2017; 38: 593–600. <https://doi.org/10.1097/mnm.0000000000000685>
20. DSA-Info. Nukleærmedisinske undersøkelser og behandlinger i 2020. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet; 2021. [https://dsa.no/sok/\\_/attachment/inline/400926cc-80d1-4409-af45-ffa85e173ba4:e611aa9a29e772696a67e-23849b520cce4047ed1/DSA-info\\_9-2021%20Nukleærmedisinske%20undersokelser%20og%20behandlinger%202020.pdf](https://dsa.no/sok/_/attachment/inline/400926cc-80d1-4409-af45-ffa85e173ba4:e611aa9a29e772696a67e-23849b520cce4047ed1/DSA-info_9-2021%20Nukleærmedisinske%20undersokelser%20og%20behandlinger%202020.pdf)
21. Zhang H, Koumna S, Pouliot F et al. PSMA Theranostics: Current Landscape and Future Outlook. Cancers (Basel) 2021; 13: 4023. <https://doi.org/10.3390/cancers13164023>
22. Norsk legemiddelhåndbok. Avleiring av amyloid-β i hjernen. [https://www.legemiddelhandboka.no/T24.2.1.1.4/Avleiring\\_av\\_amyloid-%CE%B2\\_i\\_hjernen](https://www.legemiddelhandboka.no/T24.2.1.1.4/Avleiring_av_amyloid-%CE%B2_i_hjernen) (Oppdatert 22. september 2021, lest 17. november 2022).
23. Norsk legemiddelhåndbok. Skjelettundersøkelse. <https://www.legemiddelhandboka.no/T24.2.1.14/Skjelettundersokelse> (Oppdatert 22. september 2021, lest 17. november 2022).
24. Norsk legemiddelhåndbok. Paratyreoideaundersøkelse. <https://www.legemiddelhandboka.no/T24.2.1.13/Paratyreoideaundersokelse> (Oppdatert 22. september 2021, lest 17. november 2022).
25. Mikkelsen MW, Haraldsen A, Larsen VE. Annual report 2020. Aarhus: Department of Nuclear Medicine & PET-Centre, Aarhus University Hospital. <https://www.auh.dk/siteassets/afdelinger/nuklearmedisinsk-afdeling/arsrapporter/annual-report---department-of-nuclear-medicine-and-pet-2020-rettet-link.pdf> (Lest 26. januar 2022).
26. Huang Y-Y. An Overview of PET Radiopharmaceuticals in Clinical Use: Regulatory, Quality and Pharmacopeia Monographs of the United States and Europe. I: Shahzad A, Bashir S red. Nuclear Medicine Physics. London, 2018. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75255>
27. Lau J, Rousseau E, Kwon D et al. Insight into the Development of PET Radiopharmaceuticals for Oncology. Cancers (Basel) 2020; 12: 1312. <https://doi.org/10.3390/cancers12051312>

Manuskriptet ble mottatt 26. august 2022 og godkjent 20. desember 2022.

Artikkelen er fagfelleurdert.



## Per Flatberg

### – en bauta i norsk apotekfarmasi

I ngen har jobbet hardere og kjempet sterkere for norsk apotekfarmasi enn Per Flatberg (18.09.1937–11.11.2022). Aldri har noen holdt den faglige fanen høyere enn ham. Han ga seg aldri!

Per og jeg ble kjent da jeg var informasjonssjef og redaktør i Norges Apotekerforening. Per var president. Mange så nok på oss to som et «odde par»: Apoteker Per med sitt sterke engasjement for apotekfaget, naturvern og venstremann. Jeg fra Høyre, NHO og kommunikasjonsperson. Vi fant hverandre straks! Vi jobbet fantastisk godt sammen i en felles forståelse for hvor viktig apotek og farmasøytter er for et likeverdig helsetilbud til beste for apotekkundene over hele landet, uavhengig av bosted.

Det helt spesielle med Per var hans utholdenhet. Det er faktisk sant at han aldri ga seg. Aldri! Han ble aldri lei. Han fremsnakket apotekets faglige kvaliteter til fordel for apotekkundene – og dette i

en tid da apotekene var i sterk endring på 90-tallet.

Per Flatberg var en stolt apoteker, faglig supersterk, en god leder som så ansatte, la til rette, ga personalet stort armslag og stor tillit med tilhørende ansvar!

Jeg ser tilbake på arbeidsårene med Per i takknemlighet, glede og stolthet. Og et vennskap som brakte oss og våre ektefeller sammen i en felles begeistring for vårt elskede Finnmark.

Per var ustoppelig. Hans arbeidsglede og enorme arbeidskapasitet til fordel for apotekfarmasien er nesten umulig å beskrive. En ting er sikkert: Per var unik. Noe helt for seg selv! Han var en ekte original i ordets beste forstand.

Årets julebrev kommer ikke julen 2022. Denne julen får vi ingen status om barn, barnebarn, multer, Finnmark og hurtigrutetur.

Kjære Per! Du vil bli savnet. Ingen var som deg!

*Ellen B. Wickstrand,  
tidligere informasjonssjef/redaktør,  
Norges Apotekerforening*



Norges  
Farmaceutiske  
Forening

## Vi vil ha **din** mening om apotek!

Det kommer en ny apoteklov. Farmaceutene skal skrive hørings-svar og vil høre hva du mener. Det blir fysiske og digitale møter i hele Norge. Mer informasjon kommer!

*Hanne S. & Urd,  
Farmaceutene*