Klinisk fysiologi og nuklear-medicin

Udredning 2010

Regionshuset
Skottenborg 26, 8800 Viborg
Sundhed
Sundhedsplanlægning

Indholdsfortegnelse

Resume 4
Baggrund for udredning af klinisk fysiologi og nuklearmedicin 6
Kommissorium 6
Arbejdsgruppens sammensætning 6
Metode 7
Beskrivelse af de klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland 8
Organisering 8
Undersøgelsestyper 9
Terapi med åbne radioaktive kilder 11
De fysiske rammer 12
Muligheden for at installere en PET/CT-scanner 14
De bygnings- og anlægsmæssige problemstillinger ved installering af nuklearmedicinsk udstyr 14
Bemandingsoversigt og rekrutteringssituation 15
Samarbejdsrelationer med andre nuklearmedicinske afdelinger I og udenfor Region Midtjylland 16
Forskning ved klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland 16
Billeddannende udstyr 21
Formål med at anvende forskellige scanner-typer og radioaktive lægemidler 24
Fremstilling af radioaktive lægemidler 24
Andre kortlivede isotoper 25
Apparaturoversigt og status 27
Nuklearmedicinsk udstyr 29
Klinisk fysiologisk udstyr 29
Radiofarmaciudstyr 30
Analyse af aktiviteten på det klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske område 31
Beskrivelse af talmaterialet i analysen 31
Beskrivelse af udvikling i aktiviteten i den monitorerede periode 32
Analyse af det fremtidige behov 37
Rekruttering af personale 37
Oprettelse af et klinisk professorat 37
Kræftpakkernes betydning 37
Overgangen fra gammakamera til PET/CT diagnostik 39
Antal PET-undersøgelser i Danmark 42
Beregning af behovet for PET/CT-kapacitet i Region Midtjylland samt overvejelser vedrørende implementering 42
Driftsudgifter ved én PET/CT-scanner 45

Driftsforudsætninger: 47
Driftsudgifter ved en SPECT/CT-scanner 48
Udviklingstendenser indenfor nuklearmedicinsk udstyr 51
Strategien for apparaturanskaffelser 53
Apparaturanskaffelser under 2.000.000 kr 53
Apparaturanskaffelser over 2.000.000 kr 54
Tidsperspektiv 57
Arbejdsgruppens anbefalinger 58
Anbefaling vedr. PET/CT-scanner 58
Fase 1 58
Fase 2 58
Anbefaling vedr. anskaffelse af andre scannere og udstyr 59

Resume

Arbejdsgruppen har med denne rapport udredt apparaturparken, og den kliniske PET/CT-kapacitet i Region Midtjylland. Dernæst har arbejdsgruppen analyseret det fremtidige behov for forskellige undersøgelser og apparatur, hvor der bl.a. er taget hensyn til kræftpakkerne. Derudover har arbejdsgruppen udredt strategien på det nuklearmedicinske område, de afledte konsekvenser for apparaturanskaffelser herunder hybridscannere, og kommet med en række anbefalinger.

Baggrunden for udredningen var en beslutning i Lederforum for Økonomi i marts 2009, som ønskede en udredning af det klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske område. I forlængelse heraf blev Arbejdsgruppen for udredning af nuklearmedicin i Region Midtjylland, nedsat af Klinikforum.

Arbejdsgruppen anbefaler mht. anskaffelsen af PET/CT-scannere, at der opereres med to faser, som tager højde for teknologispring, der vil betyde, at indikationsområdet for PET/CT-undersøgelser kan ændre sig voldsomt.

Den første fase tager udgangspunkt i en centralisering af PET/CT-teknologien i Region Midtjylland på henholdsvis PET-centret og to nuklearmedicinske afdelinger, som er Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus Universitetshospital og Nuklearmedicinsk Afdeling, RH Herning. Denne model medfører, at arbejdsgruppen anbefaler en placering af den næste PET/CT-scanner på RH Herning i 2011, begrundet i behovet for kræftdiagnostik og nærhed til patienterne.

Fase to forudsætter, at der sker en udvidelse af indikationerne for PET/CT-scannerens anvendelsesområde fx ved, at knogle-, demens- og infektionsundersøgelser inddrages eller, at kræftdiagnostikken i fremtiden kommer til at foregå mere decentralt. Ikrafttræden af fase to vil indebære en nærmere vurdering af placeringerne af PET/CT-scannerne. Arbejdsgruppen foreslår ved fase to, at PET/CT-scannerne opstilles i den foreløbige prioriterede rækkefølge, først RH Viborg og dernæst RH Randers.

Med udgangspunkt i analysen af apparatursituationen og det fremtidige behov, samt den udredte strategi for apparaturanskaffelser indstiller arbejdsgruppen følgende anskaffelse til det kommende andet udbud i 2011 for specialet for klinisk fysiologi og nuklearmedicin:

- *To SPECT/CT-scannere på RH Viborg, en på RH Randers, en på Skejby og en på Århus Sygehus, i alt fem SPECT/CT-scannere*

- *Seks gammatællere, en ergometercykel, et lungefunktionsudstyr og en server.*

- *Konferencefaciliteter til RH Randers, RH Viborg, Skejby og PET-centret*

Derudover anbefaler arbejdsgruppen en fremtidig prioritering af anskaffelser af følgende scannere:

- *En SPECT/CT-lavdosis scanner til RH Viborg og et SPECT-kamera til RH Holstebro.*

Derudover foreslås det, at nedenstående anbefalet udstyr til afdelingerne, lægges tilbage til hospitalsledelserne til prioritering af pulje 1 midler. Det drejer sig om følgende:

- *Tre blodtryksmåler fordelt til henholdsvis RH Randers, Århus Sygehus og Skejby. En DEXA-scanner, MCA/TLC-udstyr og udstyr til måling af iltoptagelse til RH Viborg. Et ultralydsapparat, en jodoptagelsesdetektor og et patienleje til Symbia til Hospitalsenheden Vest.*

Arbejdsgruppen anbefaler derudover, at der ikke etableres flere klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland, og at sammenlægning af funktionerne i Hospitalsenheden Vest og afdelingerne på Århus Universitetshospital inkl. PET-centret sker i forbindelse med opførelse af henholdsvis Det Nye hospital i Vest i Gødstrup (DNV-Gødstrup) og Det Nye Universitetshospital (DNU).

Mht. opførelsen af henholdsvis DNV-Gødstrup og DNU, anbefaler arbejdsgruppen, at arbejdsgruppens anbefalinger revurderes indenfor fem år.

Baggrund for udredning af klinisk fysiologi og nuklearmedicin

På Lederforum for Økonomi den 9. marts 2009, blev det besluttet at nedsætte en arbejdsgruppe til udredning af det nuklearmedicinske område.

Udredningen blev igangsat i november 2009 og afsluttet i 2010.

Kommissorium

Formålet med arbejdsgruppen er, at lave en udredning vedrørende den nuværende kapacitet. Dernæst at foretage en analyse af det fremtidige behov for undersøgelser og apparatur, hvor der bl.a. tages hensyn til de nye retningslinjer i kræftpakkerne.

Derudover skal arbejdsgruppen også udrede strategien på det nuklearmedicinske område, og de afledte konsekvenser for apparaturanskaffelser herunder kombinationsscannere.

Arbejdsgruppens sammensætning

- Cheflæge Per Østergaard Jensen (Formand)

Regionshospitalet Viborg
- Ledende overlæge Jan Abrahamsen, Klinisk Fysiologisk Afdeling
- Cheflæge Christian Møller-Nielsen

Hospitalsenheden Vest
- Ledende overlæge Jens Jørgen Jensen, Nuklearmedicinsk Afdeling
- Overlæge Jesper Carl Aagaard Mortensen, Nuklearmedicinsk Afdeling

Regionshospitalet Randers
- Ledende overlæge Henrik Christian Bertelsen, Klinisk Fysiologisk Afdeling

Århus Universitetshospital, Århus Sygehus
- Ledende overlæge Anni Eskild-Jensen, Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus Sygehus og Skejby
- Vicekontorchef Henrik Caspersen, Neurocentret
- Ledende overlæge Jørn Theil, PET-centret

Århus Universitetshospital, Skejby
- Professor, overlæge Jørgen Frøkiær, Nuklearmedicinsk Afdeling

Sundhedsplanlægning
- Lars Hansen, projektansvarlig i Medico-teknisk Afdeling

- Karen Helene Ellegaard Søndergaard, medicoingeniør i Medico-teknisk Afdeling
- Anders Ryelund, fuldmægtig i Aktivitets- og Investeringsplanlægning
- Søren Bisgaard-Frantzen Petersen, fuldmægtig i Hospitalsplanlægning

Metode

Arbejdsgruppen har holdt et møde i 2009 og fire møder i 2010.

Denne udredning er baseret på dels drøftelser i gruppen, dels konkrete skriftlige bidrag, som arbejdsgruppens medlemmer har udarbejdet.

Arbejdsgruppen har som grundlag for drøftelserne anvendt:

- Sundhedsstyrelsens specialerapport for klinisk fysiologi og nuklearmedicin, 2008
- Specialerådets specialeudredning for klinisk fysiologi og nuklearmedicin for Region Midtjylland, 2007
- PET-anbefalinger for udbygning af PET og FDG produktion, Sundhedsstyrelsen 2006
- Beskrivelser af de enkelte nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland, 2009 og 2010
- Region Midtjyllands Hospitalsplan, oktober 2008

I det omfang, at der er anvendt andet kildemateriale, er dette anført specifikt i teksten.

Beskrivelse af de klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland

Specialet for klinisk fysiologi og nuklearmedicin udfører diagnostiske funktionsundersøgelser ved hjælp af såvel billeddannende som ikke-billeddannenede teknikker, samt terapi med radioaktive lægemidler.

Til billeddannelse anvendes overvejende gammakameraer med tilknyttet Single Photon Emission Computer Tomography (SPECT) samt Positron Emission Tomography (PET) scannere, samt ultralyd og andre teknikker.

Til undersøgelserne anvendes bl.a. måling af stråling fra indgivne radioaktive isotoper (lægemidler), måling af strålingsabsorption, invasiv og ikke-invasiv måling af blodtryk og andre tryk, som fx lufttryk, strømningshastighed samt måling af diffusion og volumina. Endvidere foretages behandling med radioaktive lægemidler samt stimulations- og suppressionstest.

De klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger betjener både primærsektoren og de kliniske specialer på hospitalerne og deltager i varetagelsen af akut undersøgelse og visitation af patienter udsat for strålingsulykker.

Sundhedsstyrelsen har godkendt regionsfunktion og højtspecialiserede funktioner på Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus Sygehus og Skejby, samt PET-centret på Århus Sygehus.

Organisering

Der er i alt 19 klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Danmark, heraf er fire beliggende i Region Midtjylland. Derudover er der et PET-center.

Nuklearmedicinsk Afdeling ved Hospitalsenheden Vest er en selvstændig afdeling med funktion på Regionshospitalet (RH) Herning og RH Holstebro. Funktionerne i Herning og Holstebro har fælles ledelse. Læger, fysiker, bioanalytikerunderviser, it-tekniker og afdelingsledelsen har hovedansættelsessted på RH Herning, med udetjeneste ved RH Holstebro. Speciallægerne har på skift det lægelige ansvar for funktionen på RH Holstebro. Med enkelte undtagelser udføres de samme undersøgelser på begge hospitaler.

Klinisk Fysiologisk Afdeling er en selvstændig afdeling på både RH Viborg og på RH Randers.

Nuklearmedicinsk Afdeling på Århus Sygehus og Skejby består af to afdelinger med fælles ledelse. På Århus Sygehus er afdelingen en del af Kræftcentret. Afdelingen har et tæt samarbejde med PET-centret ved Århus Sygehus omkring PET/CT. Afdelingsledelsen i PET-centret refererer til ledelsen i Neurocentret, Århus Sygehus. Nuklearmedicinsk Afdeling har endvidere et tæt samarbejde med de billeddiagnostiske afdelinger på begge sygehuse omkring SPECT/CT og PET/CT.

Både Nuklearmedicinsk Afdeling og PET-centret samarbejder med Onkologisk Afdeling omkring PET/CT ved stråleterapiplanlægning.

Mht. antallet af afdelinger har arbejdsgruppen diskuteret mulighederne for en oprettelse af en nuklearmedicinsk afdeling på RH Horsens, som vil ligestille hospitalets diagnostiske kapacitet med de andre akuthospitaler i Region Midtjylland. På baggrund af den aktuelle og den fremtidigt udfordrende rekrutteringssituation for speciallæger i klinisk fysiologi og nuklearmedicin, samt Sundhedsstyrelsens igangværende centralisering af funktioner i forbindelse med specialeplanlægningen, er det arbejdsgruppens indstilling, at man ikke bør udvide antallet af klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger.

Reduktion af antallet af afdelinger har også været diskuteret. Både mht. antallet af funktioner på Hospitalsenheden Vest og antallet af afdelinger i Århus området. I Århus udføres der fx nuklearmedicinske undersøgelser på tre afdelinger under to forskellige ledelser.

I forhold til Nuklearmedicinsk Afdeling på Skejby og Århus Sygehus samt PET-centret kunne det af hensyn til det faglige miljø være fornuftigt med en samling af afdelingerne, men set i lyset af det kommende Nye Universitetshospital (DNU) har arbejdsgruppen ikke arbejdet videre med den problemstilling.

Ligeledes vurderer arbejdsgruppen også, at en umiddelbar samling af funktionerne på Hospitalsenheden Vest, set i lyset af det kommende hospital i Gødstrup, vil være økonomisk ufordelagtigt, indtil det nye hospital i Gødstrup står færdigt.

Undersøgelsestyper

For en mere udførlig oversigt over antal undersøgelser, undersøgelsestyper og en aktivitetssammenligning på tværs af afdelingerne, henvises til kapitlet ”Analyse af aktiviteten på det nuklearmedicinske område” på side 30.

På Hospitalsenheden Vest udfører afdelingen så godt som hele undersøgelsesprogrammet indenfor specialet klinisk fysiologi og nuklearmedicin, optageområdet er på 286.000 borgere.

Klinisk Fysiologisk Afdeling på RH Viborg udfører størstedelen af undersøgelser indenfor specialet. Optageområdet er på 229.000 borgere, inkl. patienter fra Silkeborg-området, dertil kommer, at enkelte patienter fortsat henvises fra Region Nordjylland (Thisted-området).

Optageområdet for RH Randers udgør 220.000 borgere. Afdelingen behersker hovedparten af de nuklearmedicinske undersøgelser. Undersøgelser af hjertets blodforsyning[1] har dog ikke været udført indtil nu, pga. ressourcemæssige årsager.

I forbindelse med budgetforliget for 2009 hjemtages undersøgelser af patienter fra Horsens-Hedensted fra Vejle Sygehus til Århus Sygehus og Skejby. Århus Sygehus og Skejbys optageområde på hovedfunktionsniveau er på 512.000 borgere, og 1,2 mio. borgere på regionsfunktionsniveau. Derudover modtager afdelingerne ofte patienter fra andre regioner, hvilket man ikke kan se af aktivitetsopgørelsen. Undersøgelserne udføres på de to afdelinger efter intern fordelingsnøgle. PET/CT udføres i samarbejde med PET-centret efter fordelingsnøgle.

PET-centret udfører kliniske PET/CT-scanninger selvstændigt og i samarbejde med læger og andet personale fra Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus Sygehus.

I 2009 forventes det samlede antal undersøgelser i PET-centrets regi at blive ca. 1.600 kliniske scanninger pr. år, på indikationer indenfor cancerdiagnostik og neurologi og i begrænset omfang indenfor kardiologien.

Fra 2010 er den samlede kliniske PET/CT-scannerkapacitet på Århus Sygehus øget til ca. 2,3 PET/CT-scannere svarende til en kapacitet på min. 3.000 undersøgelser pr. år. På Nuklearmedicinsk Afdeling, Skejby forventer man at udføre 1250 kliniske scanninger på PET/CT-scanneren om året.

Der udføres herudover knap 300 forskningsrelaterede scanninger på PET-centrets scannere om året.

---

[1] Myokardieskintigrafi

Optageområdet for PET-centret udgør ca. 1,8 mio. borgere idet PET-centret udfører specialundersøgelser for borgere i andre regioner, udover egne borgere i Region Midtjylland, fx for leverkræftsvulster, som ikke udføres andre steder.

Udover produktion af radioaktive lægemidler til eget brug leveres radioaktive lægemidler til Ålborg, Odense og Vejle. Fremover vil der også blive leveret radioaktive lægemidler til brug på Skejby og med tiden også andre hospitaler i Region Midtjylland.

Terapi med åbne radioaktive kilder
Specialet klinisk fysiologi og nuklearmedicin har en lang tradition for behandling af god- og ondartede sygdomme med radioaktive lægemidler. Flere afdelinger i regionen foretager ambulant behandling af godartede sygdomme i skjoldbruskkirtlen med radioaktivt jod.

På Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus Sygehus og Skejby har man gennem flere år udført behandling med radioaktive lægemidler af bl.a. kræft i skjoldbruskkirtlen, lymfekræft og hormonproducerende tumorer udgående fra binyrevæv[2]. Afdelingen har udbygget tværfaglige samarbejdsrelationer med onkologer og hæmatologer omkring disse behandlingsforløb.

I 2008 introducerede Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus Sygehus og Skejby en ny behandling af neuroendokrine tumorer, som er kræftsvulster, der primært befinder sig i mave-tarmkanalen, lungerne og bugspytkirtlen. Behandlingen er målrettet de patienter, som ikke reagerer på standardbehandlingen, og den tager udgangspunkt i et radioaktivt lægemiddel[3], afdelingen har udviklet og producerer i egen radiofarmaci.

På baggrund af strålehygiejniske forhold og Lægemiddelstyrelsens krav til lægemiddelproduktion kræver behandling af onkologiske sygdomme med radioaktive lægemidler særlige godkendte radiofarmacifaciliteter og særlige behandlingsstuer. På Århus Sygehus råder Nuklearmedicinsk Afdeling over to behandlingsstuer på Onkologisk Afdeling. Endvidere er man i færd med at udbygge afdelingens radiofarmaci til håndtering af radioaktive lægemidler til terapi.

Behandling af kræftsygdomme med radioaktive lægemidler er en højt specialiseret opgave, da disse stoffer skal produceres og evt. udvikles i egen radiofarmaci. Patientbehandlingen er ligeledes en specialistopgave, som

---

[2] Dissemineret fæokromocytom
[3] Yttrium-90 DOTATOC

kræver særlige faciliteter og ekspertise til diagnostik og vurdering af behandlingsindikation med SPECT/CT og/eller PET/CT, individuel dosisfastlæggelse, udførelse og monitorering af behandling, samt et tæt samarbejde med onkologer, radiologer og tværfaglige teams.

Behandling af kræftsygdomme med radioaktive lægemidler er på internationalt plan i hastig udvikling og bør ligeledes være et prioriteret område i Region Midtjylland. Ved udvikling af nye radioaktive sporstoffer, som bindes til sygdomsspecifikke celler eller molekyler, kan samme sporstof anvendes til diagnostik (SPECT/CT og PET/CT) og behandling. Herved kan sygdomsstatus fastlægges, behandlingsindikation og – følsomhed vurderes, behandling udføres, og behandlingsrespons monitoreres. For at øge det terapeutiske potentiale arbejdes der aktuelt med kobling af disse sporstoffer til fx antistoffer, kombination af forskellige former for radioaktive sporstoffer og kemoterapi, udvikling af hybridmolekyler samt kombinationsbehandling med kirurgi. I takt hermed udvides indikationsområdet og kliniske afprøvninger pågår i udlandet indenfor en lang række kræftformer.

De fysiske rammer

Afdelingen på RH Holstebro er placeret i gamle uhensigtsmæssigt indrettede lokaler, som fordeler sig på 262 m^2, hvor der er alvorlig pladsmangel. Afdelingen på RH Herning er placeret i en nybygning fra 2000 og fordeler sig på 840 m^2.

Klinisk Fysiologisk Afdeling på RH Viborg har utidssvarende fysiske rammer i forhold til et stigende aktivitetsniveau, både for patienter og personalet. Afdelingen har siden sin start i 1998 været under stadig udbygning og ombygning, men stort set indenfor de samme fysiske rammer på 500 m^2. Det er ikke muligt ydereligere at udbygge de nuværende fysiske rammer umiddelbart.

Bruttoarealet på Klinisk Fysiologisk Afdeling på RH Randers er på 580 m^2, heraf mangler der renovering af 280 m^2, som forventes afsluttet i løbet af 2010.

Nuklearmedicinsk Afdeling på Århus Sygehus og Skejby er lokaliseret på to matrikler og driver fra august 2010 desuden PET/CT-satellit på Århus Sygehus. Afdelingens radiokemi er ligeledes fordelt på flere matrikler, men er under samling.

Afdelingen på Århus Sygehus fordeler sig på 1800 m^2, afdelingen på Skejby fordeler sig på 1000 m^2.

PET-centret er fysisk placeret i helt nye rammer i Dansk Neuroforsknings Center (DNC), og dækker et areal på 1580 m^2.

I tabel 1 præsenteres en oversigt over de fysiske rammer på matriklerne med antal kvadratmeter og rum.

Tabel 1. Oversigt over typer af rum på de nuklearmedicinske matrikler

Type af rum og m^2	Herning	Holste-bro	Randers	Viborg	Århus	Skejby	PET
Antal m^2	840	262	580	500	1800	1000	1580
Scannerrum	3	2	2	5	5	4	3
Undersøgel-sesrum	6	4	3	2	3	5	2
Farmacirum	1	0	1	0	10	2	2
Præparations rum	1	1	0[4]	1	2	1	3
Venteværel-ser	1	1	1[5]	0	4	2	2
Konference / beskriverrum	1	1	0	1[6]	3	2	3
Kontorer	9	2	3[7]	4[8]	15	11	21[9]
Personalefa-ciliteter	2	1	1[10]	2	2	2	1
Rum til forskning	0	0	0	0	1	3	3
Analyselabo-ratorier[11]	1	0	1	0			1
Radiokemi enhed[12]	0	0	0	0			5

Kilde: Nuklearmedicinske afdelinger og PET-centret i Region Midtjylland

[4] Præparationsrummet er det samme rum som farmacirummet.
[5] Efter forventet ombygning også et rum til liggende patienter.
[6] Konference/beskriverrummet benyttes også som frokoststue.
[7] Efter forventet ombygning er der fire kontorer.
[8] De fire relativt små kontorer fordeler sig på følgende måde: 1 kontor med 2 læger, 1 kontor med 2 læger + en fysiker, 1 kontor med 3 sekretærer, 1 kontor med en læge.
[9] PET-centret huser mange forskere, som deler kontor med forskere fra *MINDLab center, som er en del af CFIN (Center for Funktionelt Integrativt Neurovidenskab).*
[10] Benyttes også til møder og undervisning.
[11] For Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus og Skejby Sygehus er analyselaboratorierne indeholdt i opgørelsen af farmacirum, som er inddelt i flere sektioner.
[12] For Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus og Skejby Sygehus er radiokemienhederne indeholdt i opgørelsen af farmacirum, som er inddelt i flere sektioner.

Muligheden for at installere en PET/CT-scanner
Der er mulighed for at integrere PET/CT i den eksisterende bygning i kælderen på RH Herning.

På RH Viborg håber man, at den generelle udbygning også vil omfatte Klinisk Fysiologisk Afdeling, som vil betyde, at der også bliver plads til en PET/CT-scanner. Indtil da kan en PET/CT-scanner kun placeres ved knopskydning fra bygningen, hvor Klinisk Fysiologisk Afdeling er placeret.

På RH Randers er der gode muligheder for at udbygge til en PET/CT-scanner, selvom det vil kræve visse ombygninger.

De bygnings- og anlægsmæssige problemstillinger ved installering af nuklearmedicinsk udstyr
Ved installation af hybridskannere som afløsere for ældre gammakameraer, ændres kravene til indretning af rummene pga. tilføjelse af CT-modaliteten. Bl.a. skal der på installationsstedet, afklares forhold omkring:

- Pladsforhold. Under CT-scanning skal personalet være afskærmet for stråling, hvilket skal opnås ved etablering af et separat kontrolrum. Behovet varierer mellem afdelinger, afhængig af behovet for beskriverpladser i disse rum. Desuden følger der med scanneren en mængde teknik (UPS, rekonstruktionsenhed m.m.), som det anbefales at anbringe i et separat rum grundet støj- og varmepåvirkning.
- Gulvets bæreevne. En SPECT/CT-scanner vejer i omegnen af 3-4000 kg.
- El-forsyning.
- Køl/ventilation. CT-modaliteten afgiver varme i sådan et omfang, at der stilles højere krav til ventilation af rummet. Ligeledes skal der etableres luft- eller vandkøling til selve scanneren, afhængig af leverandør.
- Afskærmning. Statens Institut for Strålehygiejne stiller krav til afskærmning af rum, som anvendes til røntgen, og afskærmningen skal etableres i samarbejde med den ansvarlige røntgenfysiker.

Ovenstående forhold er der allerede taget højde for på RH Randers da de tidligere foretog en renovering af en del af Klinisk Fysiologisk Afdeling i forbindelse med installation af en SPECT/CT i 2007. I den forbindelse blev det rum, hvori der påtænkes at installere endnu en SPECT/CT-scanner, ligeledes dimensioneret til en sådan installation mht. afskærmning, el-forsyning, køl og ventilation. De to rum er adskilt af et fælles kontrolrum. Således er omfanget af påkrævet ombygning minimal i forbindelse med en ny installation.

Ved etablering af PET/CT-scannerrum stilles andre krav til afskærmning, pga. den højere energi ved stråling fra PET-radiofarmaceutika, og det skal etableres i samarbejde med ansvarlig røntgen- og nuklearmedicinsk fysiker. Derudover

gør samme forhold sig gældende med hensyn til kontrol- og teknikrum, el-installationer mv. som for installation af SPECT/CT.

Bemandingsoversigt og rekrutteringssituation

Dette underkapitet viser i nedenstående tabel 2, de forskellige faggrupper, antal ansatte og normerede stillinger angivet i parentes, der arbejder på de nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland. Derudover beskriver underkapitlet også rekrutteringssituationen på de enkelte afdelinger, samt udfordringen med manglen på nuklearmedicinske speciallæger.

Tabel 2. Bemandingsoversigt på de nuklearmedicinske afdelinger

Ansatte (normering)	**Herning / Holstebro**	**Viborg**	**Randers**	**Århus kfnm**	**PET-centret**
Professor				1	1
Ledende overlæge	1	1	1	1	1
Overlæger	2	1		4,5 (6,5)	1,5
Afdelingslæger			1	0 (2)	1
Reservelæge i hoveduddannelse	1	1/2		4 (3,5)	
Introduktionsstilling	1	1		3	
Afdelings og ledende bioanalytiker	2	1		2	1
Bioanalytikere/ sygeplejersker	11	12 (10)	6 (5)	25	12
Bioanalytiker-Underviser	1			1	
Sekretærer	1	3	1	8	3
Hospitalsfysikere	1	0,6	1	4	2
Teknikere eller it-medarbejdere	1				4
Serviceassistent			1	2	3
Kemikere				1	4
Dyrlæge					1
Øvrige AC-TAPér	1			4	6
Ph.d. stud og forskningspersonale	1	1/2		8	15
I alt	**24 (20-21)**	**21,6 (19,6)**	**11 (10)**	**68,5**	**55,5**

Kilde: Nuklearmedicinske afdelinger og PET-centret i Region Midtjylland

For Hospitalsenheden Vest er der ingen rekrutteringsproblemer. For RH Viborg er det indtil nu lykkes at få introduktionslægestillingen besat. Der har ved sidste opslag af bioanalytiker og sygeplejerskestillinger været særdeles mange kvalificerede ansøgere. Derimod er det meget vanskeligt, at få besat et lægesekretærjob. På RH Randers er alle normerede stillinger besat.

På Nuklearmedicinsk Afdeling på Århus Sygehus og Skejby har man aktuelt tre læger i introduktionsforløb og fire læger i hoveduddannelsesforløb. Yderligere er en overlægestilling er på vej i opslag. Herudover er der bevilliget to speciallægestillinger til den indkøbte PET/CT–scanner på Århus Sygehus, som pt. er vakante, pga. mangel på speciallæger.

Samarbejdsrelationer med andre nuklearmedicinske afdelinger I og udenfor Region Midtjylland

De klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland er kendetegnet ved at have et tæt indbyrdes samarbejde på en lang række områder, herunder uddannelsesforløb, forskning, kliniske forløb og lægekonferencer. Afdelingerne har også kontakt med andre nuklearmedicinske afdelinger udenfor regionen omkring faglige spørgsmål, fx har Afdelingen for Nuklearmedicin på Århus Universitetshospital et formaliseret samarbejde med Nuklearmedicinsk Afdeling på Rigshospitalet omkring behandling af kræft i de hormonproducerende celler[13].

Derudover samarbejder PET-centret på Århus Sygehus med de øvrige nuklearmedicinske afdelinger i og udenfor regionen omkring lægefaglige problemstillinger, og leverer radioaktive lægemidler til afdelinger med PET-scannere både i og udenfor regionen. Fra 2010 udvides samarbejdet mellem PET-centret og Nuklearmedicinsk Afdeling ved Århus Sygehus og Skejby, fordi Afdelingen for Nuklearmedicin får egen PET/CT-scannerafsnit, som er placeret i den gamle PET-kælder i Neurocentret. Dertil kommer, at der i forbindelse med indførelsen af kræftpakkerne er etableret et tæt klinisk samarbejde med de henvisende afdelinger og PET-centret.

Det velfungerende samarbejde mellem afdelingerne i Region Midtjylland afspejler sig også i Specialerådet for Klinisk Fysiologi og Nuklearmedicin, som fungerer godt.

Forskning ved klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland

Klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger har tradition for at etablere stærke tværfaglige miljøer, hvor forskning og metodeudvikling baseret på biomedicinske og naturvidenskabelige metoder etableres som en integreret del af specialet. Dette forløb prægede først og fremmest udviklingen i hovedstadsområdet, hvor specialet først blev etableret.

---

[13] Neuroendokrine tumorer

Med den stigende regionalisering og aktuelt fire afdelinger i Region Midtjylland har det været en ambition for afdelingerne at fastholde denne tradition, og der er opnået en betydelig videnskabelig gennemslagskraft på en række områder gennem intensivt samarbejde med kliniske, parakliniske og universitære afdelinger. I relation til den aktuelle status for specialet klinisk fysiologi og nuklearmedicin i Region Midtjylland, skal forskningsaktiviteten kort præciseres på nogle få områder, som karakteriseres ved en stor arbejdsindsats, og hvor netop disse forhold har haft en helt afgørende betydning for udvikling af specialet til gavn for borgerne i Region Midtjylland:

- Etablering og udvikling af undersøgelser af hjertets blodforsyning[14] til undersøgelse af patienter med åreforkalkning i hjertet[15] i samarbejde med kardiologer i Region Midtjylland
- Etablering af diagnostiske algoritmer til undersøgelse af børn med medfødte misdannelser i urinvejene sammen med børneurologer, -nefrologer og –radiologer
- Tværregionalt samarbejde om udvikling af forenklede metoder til nyrefunktionsundersøgelser
- Kateterisationsundersøgelser af lever og nyrer
- Udvikling af metode til molekylær billeddannelse af ophobning af abnorme proteiner i kroppens organer[16]
- Terapi med radioaktivt mærkede molekyler, der binder sig specifikt til receptormolekyler på overfladen af de syge celler

Specialet er fortsat det eneste, som rutinemæssigt udfører molekylær billeddannelse – 'functional imaging' - af stort set samtlige organsystemer, hvilket også er forklaring på, at alle nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland spiller en central rolle for mange forskningsprojekter, som udføres i samarbejde med kliniske afdelinger på de enkelte hospitaler. Dette fordrer et ekstra engagement, som i de fleste tilfælde vurderes at bidrage positivt til arbejdsglæden, pga. de fantastisk spændende forskningsprojekter - men klart også medfører et arbejde, som ofte ligger udover normal arbejdstid.

Med det stigende kendskab til sammensætningen af den totale proteinmængde og regulering af proteinerne på organisme og celleniveau, og de enkelte proteiners fysiologiske ændringer, der følger med en sygdom, samt identifikationen af genetiske varianter, vil behovet for og kravet om individualiseret diagnostik og terapi blive markant øget i de kommende år.

---

[14] Myokardieskintigrafi
[15] Iskæmisk hjertesygdom
[16] Molekylær billeddiagnostik af amyloidose

Forudsætningen for at kunne yde størst mulig støtte til de kliniske afdelinger også til den type diagnostiske opgaver (og evt. terapeutiske opgaver) er derfor betinget af, at klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland er klædt korrekt på til at honorere disse udfordringer. Dette sikres bl.a. ved, at de enkelte afdelinger i regionen er udstyret med tidssvarende apparatur samt et personale, som kan udnytte apparaturets potentiale. Herudover vil en meget stor del af udviklingen i specialet formentlig være betinget af produktion af nye radioaktive lægemidler til selektiv påvisning af sygdomsprocesser med høj sensitivitet og specificitet.

Der er forskel på de enkelte afdelingers forskningsaktivitet i Region Midtjylland, jf. nedenstående tabel 3. Dette er dels betinget af deres geografiske placering i regionen, bemanding (kritisk masse), samt tradition for at udføre videnskabelige undersøgelser. På de tre regionshospitaler udføres der på alle afdelinger meget vigtige kliniske forskningsprojekter, bl.a. som et samarbejde mellem de tre afdelinger på RH Randers, RH Viborg og RH Herning, hvor afdelingerne i samarbejde med kliniske afdelinger vurderer den diagnostiske værdi af knogleskintigrafi ved nyopdaget prostatakræft.

Som et vigtigt element til styrkelse af den kliniske forskning ved regionshospitalerne er initiativet med etablering af regionale forskningskoordinerende lektorer med regional tjeneste ansat på Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet. Et eksempel på disse stillingers gennemslagskraft ses ved den forholdsvis høje videnskabelige aktivitet, set i forhold til afdelingens personale, der er på afdelingen på RH Viborg. De regionale forskningskoordinerende lektorer bør også fremover ses som spydspidser og brobyggere mellem universitetet og de store universitetsafdelinger mhp. at facilitere en videnskabelig aktivitet regionalt. Forudsætningen for dette er naturligvis, at der er etableret en stærk infrastruktur på de enkelte afdelinger.

På Nuklearmedicinsk Afdeling på Århus Universitetshospital og PET-centret er der stærk tradition for en betydelig forskningsaktivitet. Set i forhold til antal speciallæger er afdelingernes forskningsmæssige gennemslagskraft bedre end de fleste kliniske afdelinger. Nedenstående tabel 3 viser antallet af publikationer udgået fra de klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger samt PET-centret de seneste tre år.

Tabel 3. Publikationer udgået fra de klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger samt PET-Centret de seneste 3 år

	2007	2008	2009
Nuklearmedicinsk Afdeling, ÅUH, Skejby og Århus	27	19	42
PET-centret[17]	37	29	34
RH Viborg	1	4	6
Hospitalsenheden Vest	0	1	2
RH Randers	0	0	0
I alt	**65**	**53**	**84**

Kilde: Nuklearmedicinske afdelinger og PET-centret i Region Midtjylland

Afdelingerne ved Århus Universitetshospital fungerer i stor udstrækning som vigtige "core-labs" hvor afdelingens apparatur, metoder og personale (bioanalytikere, ingeniører, læger, fysikere og kemikere) ofte bidrager med ressourcer når nye undersøgelser skal evalueres forud for klinisk implementering, ved anden klinisk udvikling og ved basal forskning på Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet i forbindelse med bl.a. yngre lægers ph.d.-studier.

Som det blev anført for afdelingerne på regionshospitalerne er det derfor også helt essentielt, at universitetsafdelingerne har en optimal infrastruktur. Da man i de kommende år må forvente en stigende national/international konkurrence om forskningsinfrastrukturmidler, er det helt afgørende, at Region Midtjylland sikrer, at samtlige afdelinger i regionen er positioneret optimalt til at deltage i denne konkurrence.

De forskningsmæssige fokusområder på de enkelte afdelinger relaterer sig i høj grad til hvilke kliniske områder, der er væsentlige på de enkelte hospitaler. Særligt principperne bag molekylær billeddannelse med mere målrettet diagnostik og skræddersyet terapi - kaldet det medicinske paradigmeskift - har medført en række nye forskningsområder. Billedmodaliteterne: PET/CT, SPECT/CT, MRI udviser en rivende udvikling, specielt inden for kræft, hjertekredsløbsproblematik og radiofarmaci af lægemidler.

Forskningen er i høj grad tværfaglig og foregår i tæt samarbejde med klinikere, molekylærbiologer, kemikere, fysikere og ingeniører.

---

[17] Kun "peer-reviewede" artikler i internationale og danske tidsskrifter og bogkapitler er medtaget.

Forskningen på de nuklearmedicinske afdelinger i Århus er centreret omkring stærke forskningsmiljøer på Skejby, Århus Sygehus og Aarhus Universitet indenfor hjerte-kar, nyre-urinveje, kræft (herunder blærehals-, bryst- og lungekræft), medfødte misdannelser hos børn, hormonforstyrrelser herunder diabetes og et generelt fokus på udvikling af nye radioaktive lægemidler samt metodeudvikling.

PET-centret blev oprettet som en delvist indtægtsdækket virksomhed, hvis aktive forskningsprogram og stærkt udvidede personale er afhængigt af forskningsbevillinger.

PET-centrets forskning er centreret omkring aktive forskergrupper indenfor det neurologiske område, kræft i leveren, neuroendokrine svulster og andre kræftsygdomme, samt dyreeksperimentel forskning i neurologiske sygdomme og kræftsygdomme.

Sammenfattende, er det som anført i specialeudredningen for klinisk fysiologi og nuklearmedicin karakteristisk for specialet, at forskningsaktiviteten er høj, og at en løbende udvikling af nye diagnostiske metoder er en integreret del af afdelingernes kerneydelse. Udvikling af evidensbaseret medicin med anvendelse af diagnostiske strategier på baggrund af forskning er derfor oplagt, og vil formentlig i langt højere grad præge diagnostiske strategier i fremtiden i et samarbejde mellem kliniske specialer og andre diagnostiske discipliner omkring patienten.

Billeddannende udstyr

Kapitlet indeholder en beskrivelse af de forskellige kameraer og scannere, der anvendes på de nuklearmedicinske afdelinger. Denne tekniske introduktion er nødvendig for at give læseren et indblik i, hvad der adskiller de forskellige scanner-teknologier fra hinanden, deres fordele og ulemper, samt forklaring på, hvorfor man kombinerer teknologierne i hybridscannere hos fx SPECT/CT- og PET/CT-scannere. Derudover indeholder kapitlet en beskrivelse af de anvendte radioaktive lægemidler, da de er essentielle i forståelsen af de forskellige kamera- og scannerteknologier, samt specialets unikke diagnostiske muligheder og udviklingsmuligheder.

Nuklearmedicinsk billeddannelse - koncept
Nuklearmedicinske billeddannende tekniker er baseret på indgift af et radioaktivt stof (sporstof), som er designet til at påvise organers funktion. Ofte bindes sporstoffet til et lægemiddel, som fx optages i en bestemt type væv. Når et radioaktivt materiale henfalder, afgives en energi (i dette tilfælde gammastråling, deraf navnet *gamma*kamera). Det er den energi, der måles med gammakameraer og PET-scannere, hvorefter henfaldet kan stedbestemmes ved hjælp af computere.

Princippet illustreres lettest ved det mest anvendte PET-sporstof, ^{18}F-FDG, som er en radioaktiv flour isotop (^{18}F) bundet til et stof, som minder om sukkerstof (FDG[18]). I tumorvæv er der en øget omsætning af energi, hvilket vil sige, at der optages relativt mere FDG i kræftsvulster end i resten af kroppen. FDG metaboliseres ikke, hvilket betyder, at det bliver siddende i cellen, og derved akkumuleres ligeledes det radioaktive stof i eventuelle kræftsvulster, hvor de kan visualiseres ved en PET-scanning.

Sporstoffer
De sporstoffer, der anvendes ved gammakameraundersøgelser afgiver en enkelt foton når de henfalder (Single-Photon Emission), modsat PET-sporstoffer, som afgiver positroner ved henfald (Positron Emission). Denne forskel ligger til grund for forskellen i scanningsteknik mellem SPECT (Single-Photon Emission Computed Tomography) og PET (Positron Emission Tomography).

---

[18] Fluoro-Deoxy-Glucose

PET-sporstoffer produceres i en cyklotron, er relativt dyre at producere og har en kort halveringstid. Enkelte har en halveringstid, der er lang nok til at levere til andre hospitaler i landet, andre kan kun anvendes centralt tæt på cyklotronen. Der foregår megen forskning omkring udvikling af nye PET-sporstoffer til at påvise funktionen af andre organer, end det nu er muligt.

SPECT-sporstoffer er generelt billigere og har en længere halveringstid. De leveres fx i en generator, hvorfra de kan trækkes op, og evt. bindes til et lægemiddel, på afdelingen inden injektion. Logistikken og økonomien omkring de anvendte radiofarmaceutika er en af årsagerne til gammakameraer og SPECT-kameraernes fortsatte succes.

Gammakamera
Et gammakamera laver en 2D optagelse af distributionen af et sporstof, som indgives og fordeles i kroppen som beskrevet ovenfor. Strålingen registreres ved en scintillation (omsætning af strålens energi til et lysglimt), hvilket giver ophav til navnet scintigrafi, som anvendes om planare (2D) optagelser, eksempelvis hjerte-, hjerne-, lever-,lunge- og nyrescintigrafi. For at kunne stedbestemme det henfald, der var årsag til en registreret stråle i gammakameraet, monterer man en kollimator (”linse”) på kameraet, som ”frasorterer” de stråler, der ikke falder vinkelret på kameraets overflade.

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) er, som navnet antyder, en tomograferende teknik. At tomografere betyder at danne billeder (grafi) i snit (tomo), og benyttes i denne forbindelse bredt som et udtryk for at konstruere 3D billeder. Der anvendes et gammakamera med ét eller flere hoveder, som roteres omkring patienten, hvorved man opnår en række 2D billeder, taget ved et antal forskellige vinkler. Ud fra disse billeder rekonstruerer man matematisk, hvor hvert enkelt henfald er foregået.

PET (Positron Emission Tomography)
Ved PET-scanning anvendes som nævnt sporstoffer, der afgiver positroner ved henfald. Når disse positroner interagerer med vævet, afgiver de to modsatrettede gammastråler, i modsætning til den enkelte gammastråle, som afgives fra sporstoffer anvendt til SPECT.

En PET-scanner er derfor teknologisk meget forskellig fra et SPECT-kamera. En ring af detektorer opfanger stråling i 360° omkring patienten, modsat et SPECT-kamera, hvor kameraet roteres omkring patienten. Ud fra hvilke detektorer de to modsatrettede stråler rammer, kan man stedbestemme det henfald, der var årsag til strålingen, og dermed med stor følsomhed og præcision lokalisere ophobningen af sporstoffet. PET-scanneren har også en bedre rumlig opløsning end SPECT.

CT (Computed Tomography)
Ved CT anvendes røntgenstråling, som sendes igennem patienten (fra et røntgenrør) og optages igen på den anden side (af en detektor). Når en røntgenstråle går igennem væv, dæmpes den afhængig af vævets tæthed. Energien af strålen, der forlader kroppen, giver dermed oplysninger om hvilket væv strålen har passeret. Røntgenrøret og detektoren roteres omkring patienten, og oplysningerne bruges til matematisk at rekonstruere tætheden (som efterfølgende tolkes som typen) af væv i kroppen. CT danner således billeder af kroppens anatomi.

Der skelnes mellem lavdosis CT og CT af *diagnostisk* kvalitet. Lavdosis CT benyttes af nuklearmedicinere i forbindelse med hybridskannere for at opnå dæmpningskorrektion og anatomisk lokalisation, som beskrevet nedenfor. Forskellen mellem de to typer ligger i, hvor mange stråler, der sendes igennem patienten, og er altså et udtryk for henholdsvis lavere og højere billedkvalitet. For at en radiolog kan beskrive og diagnosticere ud fra CT-billeder, kræves en vis kvalitet af billederne, deraf begrebet diagnostisk kvalitet.

MR (Magnetisk resonans)
MR-scannere benytter de magnetiske egenskaber af atomer til at danne billeder af kroppen. Patienten placeres i et kraftigt magnetfelt, som ensretter magnetiseringen af bl.a. brintatomer, der indgår i vandmolekyler i kroppen. Med radiobølger ændrer man systematisk og kortvarigt retningen af magnetiseringen af atomerne, som når radiobølgen ophører vender tilbage til udgangstilstanden og derved producerer et signal i en antenne, der kan omsættes til billedinformation. Således anvendes der hverken radioaktiv stråling eller røntgenstråling ved MR-scanninger.

Hybridscannere
Nuklearmedicinske scanninger visualiserer overvejende *funktion*, hvorimod en CT-scanning overvejende visualiserer *anatomi*. Kombination af disse to modaliteter giver en række fordele, som i hovedtræk handler om henholdsvis dæmpningskorrektion og anatomisk lokalisation.

Dæmpning af stråling gennem væv, som danner grundlag for CT-teknologien, er en ulempe ved PET og SPECT. Hvis stråler skal passere meget og/eller tæt væv for at nå detektoren, dæmpes de, og det vil fremstå på billedet som om, der er mindre aktivitet, end det er tilfældet på det pågældende sted.
Ved at kombinere henholdsvis et SPECT-kamera og en PET-scanner med en CT-scanner opnås en række fordele.
Med de anatomiske data fra CT er det muligt at korrigere for svækkelse af den radioaktive stråling gennem kroppens væv, idet man herfra kender tætheden og fordeling af væv.

CT-data fusioneret med PET- eller SPECT-data giver både en mere præcis anatomisk lokalisation af de kliniske fund og kan samtidigt i de fleste tilfælde vise hvilket organ en sygdomsproces befinder sig i.

Formål med at anvende forskellige scanner-typer og radioaktive lægemidler

Sygdommens natur og dermed det organsystem man vil undersøge bestemmer hvilket radioaktivt lægemiddel, der skal anvendes til at påvise og evt. måle graden af sygdom. Dette gøres ud fra kendskab til de biokemiske og cellulære processer og sådan, at det radioaktive lægemiddel ("sporstoffet") indgår i den proces (normal eller syg) man undersøger for.

Fx vil radioaktivt mærkede fosfatforbindelser (der kan mærkes med Technetium-99m, forkortet Tc-99m) blive indbygget i knoglernes bindevævsstruktur, mens det metal-ion bindende stof DTPA (mærket med Tc-99m) optages i nyrerne og udskilles i urinen. Sukkerstofskiftet i forskellige organer (fx hjerte, hjerne og kræftsvulster) kan måles med ^{18}F-FDG (se efterfølgende afsnit).

De fysiske egenskaber for den radioaktive isotop sporstoffet er mærket med, bestemmer herefter, hvilken scannertype man skal anvende. Fx kan Tc-99m-fosfat til knogleundersøgelser og Tc-99m DTPA til måling af nyrefunktion kun måles med et gammakamera, mens ^{18}F-FDG til måling af sukkerstofskiftet i kræftsvulster kun kan måles med en PET-scanner.

Udviklingen indenfor udvikling af nye radioaktive sporstoffer til diagnostik sammenholdt med ny molekylærbiologisk viden om årsagen til sygdomsprocesser i celler og organer betyder, at afbildningen af disse processer bliver mere og mere specifikke, dvs. der er kun synlig opladning, når sygdommen er til stede eller er aktiv. Dette medfører, at man på de nuklearmedicinske scanninger ofte kun ser en "plet" på billederne, men at det er svært at afgøre "hvad det er" eller "hvor det er".

Her er det en stor fordel med de nye hybridscannere PET/CT og SPECT/CT, som samtidigt afbilder funktion/stofskifteprocesser og anatomi. Dette betyder, at man med kombinationen af scannere får en meget "stærk" og mere effektiv diagnostik med samtidige svar på ofte stillede spørgsmål som "hvad er det vi ser" og "hvad laver det" eller er der "restsygdom" og "er der aktivitet i sygdommen og hvor"?

Fremstilling af radioaktive lægemidler

Behovet for udbygning af isotopproduktionen bestemmes af det faglige behov for PET-scanninger samt en række andre faktorer, herunder økonomi, forskning, udvikling, logistik og nærhed. Isotoperne, der anvendes til PET-

scanning, produceres tæt på forbrugsstedet – i samme center, alternativt med mulighed for forsendelse inden for en tidshorisont, der er fornuftig i relation til isotopens halveringstid.

Isotopproduktionens kapacitet og placering skal ses i relation til PET-scannernes antal og fordeling ud over landet samt universiteternes og kræftcentrenes placering i de nye regioner.

PET-isotoper kan fremstilles på to forskellige måder - med cyklotron eller generator. I Danmark anvendes cyklotronproduktion. Cyklotronen er et stort, kompliceret og kostbart udstyr, der betjenes, kontrolleres og vedligeholdes af særligt uddannet/autoriseret personale. Cyklotronen er kernen i en centraliseret produktionsfacilitet, som desuden omfatter radiokemiske laboratorier med *'hot cells'*, hvori de forskellige PET-radiofarmaka syntetiseres samt et laboratorium til kvalitetssikring. Der bør desuden være et tilhørende udviklingslaboratorium. Hvis der skal leveres radiofarmaka til eksterne aftagere, er det nødvendigt med en *hot cell* til dispensering samt pakkelokale, autoriseret transport og logistiksystem.

I dag har Danmark syv cyklotroner: to på henholdsvis Århus Universitetshospital, Århus Sygehus og Rigshospitalet, samt en cyklotron på henholdsvis Herlev Hospital, Risø Forskningscenter og Odense Universitetshospital.

^{18}F-FDG benyttes ved kræft samt ved hjerte-, hjerne- og andre sygdomme. FDG indgår i over 90 % af alle PET-scanninger, men listen over nye PET-radiofarmaka er lang med relativt få, færdigafprøvede stoffer, der har opnået mere udbredt klinisk anvendelse.

Nationalt er der med de eksisterende/planlagte cyklotroner tilstrækkelig kapacitet til at sikre forsyning af ^{18}F-FDG til rutineundersøgelser samt til at sikre produktion af et antal andre relativt langlivede isotoper, som må forventes at få en klinisk betydning i de nærmeste 5-7 år. Samtidig muliggør kapaciteten forskning og udvikling af nye radiofarmaka. Den relativt korte halveringstid for ^{18}F (110 minutter) betyder, at der dagligt skal transporteres store mængder radioaktivitet til centre uden egen cyklotron, fx Ålborg Sygehus og Skejby.

Andre kortlivede isotoper
Kortlivede PET-isotoper med halveringstid under 20 minutter (^{11}C ~ 20 min.; ^{13}N ~ 10 min.; ^{18}O ~ 2 min.) anvendes for det meste til forskning og udvikling af nye radioaktive lægemidler. De kan på grund af den korte halveringstid kun anvendes på PET-centre med egenproduktion af radioaktive lægemidler, hvilket kræver mindst én cyklotron og en tilhørende radiokemienhed med

kvalificeret personale til mærkning og kvalitetskontrol af de mærkede lægemidler.

På grund af den korte halveringstid kan radioaktive lægemidler mærket med kortlivede isotoper ikke på nuværende tidspunkt anvendes i undersøgelsesprogrammet på de nuklearmedicinske afdelinger. Der er p.t. ingen dokumenterede behov for brug af kortlivede PET-isotoper til sygdomme, der ikke i forvejen skal udredes i højt specialiserede enheder og det vil formentligt kun være meget få kortlivede radiofarmaka, der i fremtiden kan tænkes at få større klinisk betydning og som ikke kan erstattes af F-18-mærkede forbindelser.

Den stærkt stigende interesse for PET, ikke kun fra klinisk side af, men også fra især den farmakologiske industris side, vil også kunne øge interessen for klinisk nyttige PET-radiofarmaka. Sker dette må man i takt med PET/CT-scan-nernes udbredelse forudse et behov for en lokal udvidelse af cyklotronkapaciteten på andre større centre. Behovet i form af antal ønskede undersøgelser vil dog skulle holdes op imod de ret høje etablerings- og driftsomkostninger ved oprettelse af lokale radiokemienheder med cyklotron og behovet for at rekruttere højtspecialiserede radiokemikere og fysikere, hvilket kan være vanskeligt.

Udviklingen går p.t. også mere i retning af at udvikle generator-producerede isotoper som fx ^{68}Germanium/^{68}Gallium generatoren, som har en levetid på omkring et år, og som producerer Ga-68. Ga-68 er et metal, der kan bindes (cheleres) til mange stoffer, herunder især peptider og protein-molekyler, men som også vil kunne bruges alene som fx Ga-68 DTPA, der vil kunne bruges til at afbilde nyrerne og måle nyrefunktion.

Ga-68 DTPA anvendes indtil videre fortrinsvis til påvisning af sjældne neuroendokrine tumorer, men i takt med, at der udvikles mulighed for binding til andre stoffer, vil sådanne generatorproducerede stoffer kunne få samme betydning for PET-undersøgelser, som Molybdæn/Technetium-generatoren har det for undersøgelser med gammakamera.

Et andet eksempel på en generator-produceret PET-isotop er Rubidium-82, som kan anvendes til at måle hjertets blodforsyning.

Det kan derfor forudses, at generator-producerede PET-isotoper fremover vil få større betydning for decentraliserede PET-undersøgelser, end behovet for brug af cyklotron-producerede kortlivede isotoper fremstillet på lokale radiokemienheder.

Apparaturoversigt og status

Kapitlet indeholder en oversigt over, hvilket apparatur de nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland råder over, samt præsenterer resultaterne af en analyse af apparaturets teknologiske niveau, tekniske stand og alder.

I nedenstående tabel 4, er der en oversigt over det væsentligste apparatur, som anvendes på de nuklearmedicinske afdelinger. Oversigten indeholder apparatur med en anskaffelsespris fra 200.000 kr.

Tabel 4. Apparatur med anskaffelsespris fra 200.000 kr.

Apparatur	Herning / Holstebro	Randers	Viborg	Århus kfnm	Skejby	PET
Ét-hovedet gammakamera	1		1	1		
Flerhovedet gammakamera	1	1	2	1	2	
SPECT/CT-scanner	2	1		1		
Dedikeret gammakamera	1			1	1	
Gammatællere	2	1	1	2	3	2
Dedikeret PET-scanner						1
PET/CT-scanner[19]				1	1	2
DEXA scanner	2	1	1			
Blodtryksmåler	2	1	3	1	1	
Lungefunktionsudstyr	1	1	1			
Ergometercykel m/EKG	1		1		2	
Ultralydsscanner			1			
Eosophagusmanometer	1					
Technegas generator	2	1	1	1	1	
HPLC-apparat				3		7
Frysetørrer				1		
Cyklotron						2
Gas chromatograf						1
Blodgasanalysator (ABL,OSM3) Gammatællere						1
Proceskabinet hotcell						1
Dispenser hotcell						2
Syntese hotcell						13
Udstyr til jodoptagelsesmåling	1					
Massespektrometer						1

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Ud over de fire PET/CT-scannere i tabel 4, er der fra 2011 også planlagt en PET/CT-scanner i et nyt Stråleterapiafsnit på Skejby, som organisatorisk hører under Onkologisk Afdeling, Århus Sygehus. Denne scanner indgår udelukkende

[19] Det bemærkes, at den samlede kliniske PET/CT-kapacitet i Århus er på 2,3 scannere, da en del af PET-centrets og Nuklearmedicinsk Afdelings PET/CT-scannere er allokeret til forskning.

i kræftbehandlingen på Stråleterapiafsnittet og bidrager således ikke til den kliniske diagnostiske kapacitet.

Tilsvarende er der placeret et flerhovedet gammakamera på Klinisk Institut ved Skejby og et dedikeret hjerte-gammakamera på Hjertemedicinsk Afdeling, som ikke tæller med i den kliniske kapacitet og derfor ikke fremgår af ovenstående oversigt.

Nuklearmedicinsk udstyr
Generelt set vurderes det, at ca. 37 % af regionens nuklearmedicinske udstyr er teknologisk forældet, fordelt jævnt over regionens afdelinger. For RH Randers og RH Viborg, vurderes over 50 % af det nuklearmedicinske udstyr som forældet.

Den tekniske stand af hovedparten af det nuklearmedicinske udstyr vurderes som OK/god. 4 enheder ud af de i alt 38 (10,5 %) vurderes som værende af kritisk teknisk stand. Disse enheder er fordelt på RH Randers, RH Viborg og RH Herning. SPECT-kameraet på RH Randers er taget ud af drift, pga. nedbrud, hvilket er særdeles kritisk ift. afdelingens produktion, i det 1/3 af afdelingens omtrent 2400 undersøgelser udføres på dette kamera. For RH Viborg er der tale om tiltagende nedbrud, som ofte belaster afdelingen i form af manglende produktion mellem nedbrud og reparation.

Generelt er gammatællerne på regionens afdelinger så teknologisk forældede, at de vil være svære at reparere ved et eventuelt nedbrud. En afdeling har haft held med at koble en type af disse gammatællere til netværket, hvilket løser problemet i forhold til interface/dataoverførsel, men løser ikke det problem at computeren i sig selv er forældet. Ligeledes er det ikke alle typer, der kan kobles til nettet.

Gennemsnitsalderen for de 38 enheder er 7 år, dog ligger gennemsnitsalderen for udstyret på Århus Sygehus, RH Randers, RH Viborg og RH Herning over de 7 år. Den højeste gennemsnitsalder er 11 år (RH Viborg).
Klinisk fysiologisk udstyr
For klinisk fysiologisk udstyr er tendensen mindre udtalt. 19 % af udstyret vurderes som teknologisk forældet, fordelt over Århus Sygehus og Skejby, RH Randers, RH Viborg. For Århus Sygehus og RH Randers er der tale om hhv. 100 % og 33 % af afdelingens udstyr, der vurderes som forældet.

For blodtryksapparaterne er situationen den, at der er udfordringer i at finde de rigtige afløsere for apparaterne. Eventuelt kan det overvejes om der kan reserveres midler til disse apparater.

Gennemsnitsalderen for udstyret er samlet set 9 år, hvor den for Århus Sygehus og RH Randers langt overstiger gennemsnittet; hhv. 20 år og 14 år.

Radiofarmaciudstyr
Radiofarmaciudstyr på Skejby, RH Randers, RH Viborg, RH Herning og RH Holstebro begrænser sig til mindre stykker apparatur (fx dosiskalibratorer, der benyttes i forbindelse med dosering af radiofarmaci til måling af aktiviteten i en dosis), som ikke medregnes i denne opgørelse, samt technegas generatorer, der bruges i lungeundersøgelser. Ingen af disse generatorer vurderes som hverken forældede eller af kritisk stand. Ligeledes for radiofarmaciudstyret på Århus Sygehus.

PET-centret tegner sig for en større mængde af radiofarmaciudstyr, grundet cyklotronaktiviteten, herunder står en ældre cyklotron foran en omfattende opgradering.

To hotcell enheder, som er blyskabe, der bruges ved håndtering af PET-radiofarmaci for at skærme brugeren for stråling, vurderes som værende af kritisk teknisk stand. Heraf er den ene hotcell en dispenser, som kan dispensere sterile farmaceutiske opløsninger. Og den anden hotcell enhed huser en synteserobot, som er en robot, der kan automatisere fremstillingen af radiofarmaci, så brugeren opnår minimal kontakt med stoffet, og dermed mindre stråling.

Gennemsnitsalderen af udstyret er 7 år. Knap 26 % af udstyret er over 15 år gammelt.

Analyse af aktiviteten på det klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske område

Kapitlet beskriver aktiviteten på det klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske område. Formålet med aktivitetsopgørelsen er at få et overblik over det overordnede aktivitetsniveau på den enkelte afdeling, samt en analyse af aktivitetsudviklingen hen over undersøgelsesperioden.

Beskrivelse af talmaterialet i analysen

Opgørelsen af den kliniske fysiologiske og nuklearmedicinske aktivitet for årene 2007-2009 er indsamlet på de nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland. Undersøgelserne er opdelt i overensstemmelse med undersøgelseskoderne i SKS klassifikationen (WB til WT) med tilføjelse af nogle enkelte nuklearmedicinske undersøgelseskoder, som ikke falder i W kategorien.

Både almindelige undersøgelser/behandling og klinisk forskningsundersøgelser/behandling er medtaget i opgørelsen. For at give en mere nuanceret beskrivelse af den forskningsmæssige aktivitet, suppleres dataanalysen med en beskrivelse i selve rapporten af den forskningsmæssige aktivitet på de enkelte afdelinger.

Opgørelsen er ikke opdelt i antallet af patienter og antallet af undersøgelser, idet nogle afdelinger ikke har mulighed for at adskille patienter og undersøgelser. Det gør heller ikke den store forskel, da det er antallet af undersøgelser (bortset fra dem udført samme dag), der teoretisk set udløser DRG-værdi.

Der er dog enkelte undtagelser i forhold til disse generelle betragtninger om undersøgelser versus patienter. For at sikre sammenlignelighed på tværs af undersøgelserne er DRG-værdien af undersøgelserne beregnet. Det er DRG-taksterne for 2009, som er anvendt i beregningen af DRG-værdien for alle tre år, der indgår i undersøgelsen. Ved at anvende et enkelt takstår sikres muligheden for at sammenligne aktiviteten på tværs af årene i undersøgelsen. Var der blevet valgt flere forskellige takstsystemer ville det være svært at sammenligne DRG-værdien på tværs af årene idet ændringer i DRG-værdien kunne skyldes både takstændringer og aktivitetsændringer.

I forhold til problematikken omkring undersøgelser versus patienter og de problemer det kunne skabe for beregningen af dette, skal det noteres, at der i opgørelsen er korrigeret for situationer, hvor der er flere undersøgelser knyttet til den samme patient. I beregningen af DRG-værdien er der således korrigeret

for DEXA-scanninger, som ud fra et takstmæssigt synspunkt afregnes som én ydelse, selv om der kan være flere undersøgelser knyttet til patientens besøg. Enkelte andre steder er der lavet tilsvarende korrektioner. Det er i beregningerne af DRG-værdien noteret, når der er udført korrektioner i forhold til normalproceduren, hvor antallet af undersøgelser ganges med DRG-taksten for at få DRG-værdien.

Beskrivelse af udvikling i aktiviteten i den monitorerede periode

Beskrivelsen af DRG-værdien i det nedenstående er primært udarbejdet som en beskrivelse af DRG-værdien frem for en beskrivelse af antallet af undersøgelserne.

DRG-værdien er et udtryk for den samlede ressourcebelastning (personaletid, medikamenter/sporstoffer, scannertid), og er derfor en god indikator, når der udarbejdes en sammenligning af aktiviteten på tværs af undersøgelsestyper. Dette betyder derfor ikke nødvendigvis, at de undersøgelsestyper, som har en høj DRG-værdi, er de undersøgelser, som fylder meget for personalet på de enkelte afdelinger. Nogle undersøgelser kræver nogle meget dyre medikamenter og sporstoffer, og får derved en høj DRG-værdi selvom personalet på afdelingerne bruger begrænset tid på disse undersøgelser.

Den samlede udvikling af den totale aktivitet (både antal undersøgelser og DRG-værdien) på det nuklearmedicinske område har været præget af vækst i perioden fra 2007 til 2009. Tabel 5 herunder viser udviklingen fordelt på de forskellige undersøgelsestyper.

Tabel 5: Samlet opgørelse over aktiviteten opgjort i antal undersøgelser samt DRG-værdi (opgjort i mio. kr.) for aktiviteten i Region Midtjylland.

		2007	2008	2009
		Antal us. / DRG-værdi	Antal us. / DRG-værdi	Antal us. / DRG-værdi
Total WB: Blodet og andre legemsvæsker, samt bloddannende organer	WB	565 / 1,45	778 / 1,97	986 / 2,51
Total WC: CNS og perifere nervesystem	WC	228 / 2,44	279 / 2,98	296 / 3,28
Total WD: Andre diagnostiske procedurer	WD	2388 / 14,38	3815 / 21,35	4914 / 27,11
Total WE: De endokrine kirtler	WE	2963 / 5,98	3017 / 6,17	2911 / 5,96
Total WG: Fordøjelseskanalen inklusive lever, galdeveje og pankreas	WG	328 / 0,94	252 / 0,73	323 / 0,71
Total WH: Hjertet og det centrale kredsløb	WH	5121 / 16,46	4911 / 15,74	5213 / 16,87
Total WI: In vitro analyser	WI	0 / 0,00	0 / 0,00	0 / 0,00
Total WK: Knogle-, led og muskelsystemet (Bevægeapparatet)	WK	4198 / 8,11	3887 / 7,71	3948 / 7,91
Total WL: Åndedrætsorganerne	WL	5073 / 11,63	4869 / 10,94	4800 / 10,42
Total WN: Nyrerne og urinvejene	WN	6519 / 11,95	6356 / 11,40	6854 / 12,06
Total WP: Det perifere kredsløb	WP	3949 / 5,15	4300 / 5,63	4641 / 6,09
Total WT: Behandlinger med åbne radioaktive kilder	WT	577 / 1,84	494 / 1,67	484 / 1,80
Total undersøgelser og behandlinger uden W kode	XX	11.965 / 8,18	13.087 / 10,15	16.800 / 10,68
Total		43.874 / 88,51	46.045 / 96,44	52.079 / 105,39

Kilde: Sundhedsplanlægning

Samlet set er DRG-værdien steget fra 88,5 mio. kr. til 105,4 mio. kr. i perioden fra 2007 til 2009, en stigning, der svarer til 19 %. Antallet af undersøgelser er i samme periode steget med 18 %. Ved nærmere eftersyn er der dog tale om meget forskelligartet udvikling i aktiviteten på tværs af undersøgelsestyper og på tværs af de forskellige nuklearmedicinske afdelinger.

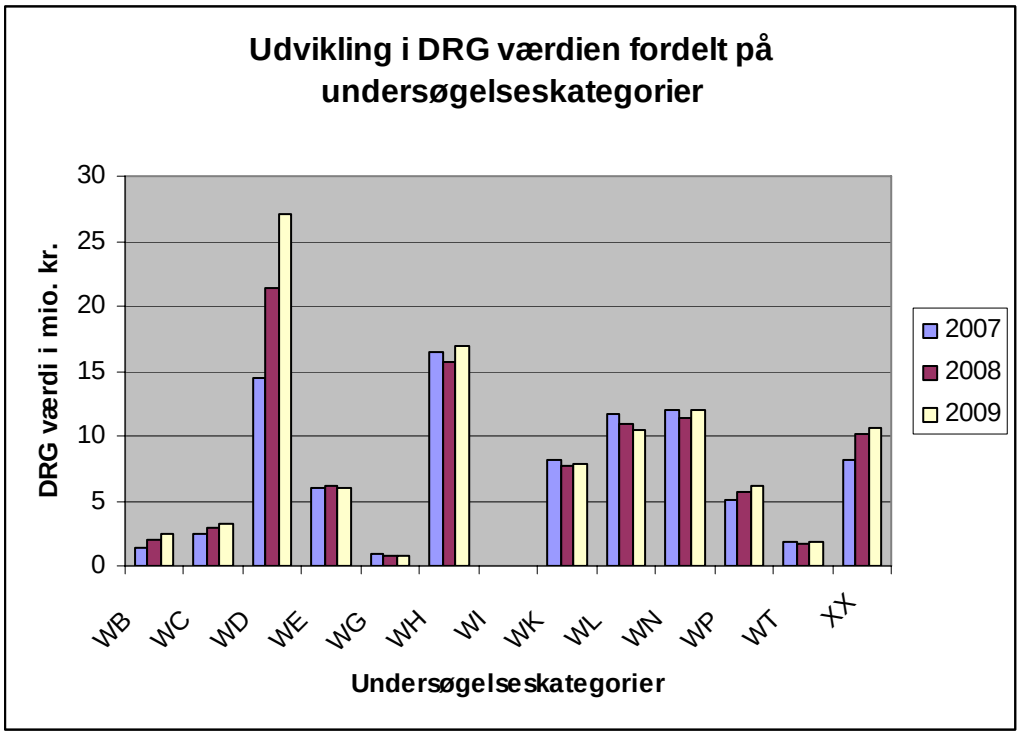
Som det fremgår af tabel 5 er der alene i forhold til WD-undersøgelserne (andre diagnostiske procedurer) sket en vækst i DRG-værdien på 13 mio. kroner i perioden fra 2007 til 2009. Stigning i antallet af WD-undersøgelser skyldes primært væksten i PET-scanningerne på PET-centeret på Århus Sygehus. PET tumorscanningerne (^{18}F-FDG) har i perioden været i kraftig vækst. I 2007 blev der foretaget 764 undersøgelser af typen PET-tumorscanninger (^{18}F-FDG) på PET-centeret. I 2009 var antallet næsten fordoblet til 1547 undersøgelser. Den samlede DRG-værdi for denne undersøgelse i PET-centeret er tilsvarende vokset fra 8,6 mio. kr. i 2007 til 17,3 mio. kr. i 2009.

Figur 1 herunder illustrerer tydeligt, at det er WD-undersøgelserne, som har drevet den samlede vækst i DRG-værdien på det nuklearmedicinske område i perioden fra 2007 til 2009. De øvrige undersøgelseskategorier er præget af begrænset vækst og for enkelte undersøgelseskategorier har der ligefrem været tale om negativ vækst i perioden.

Det er dog vigtigt at bemærke, at PET-undersøgelsernes betydning for væksten i den samlede DRG-værdi på de nuklearmedicinske afdelinger skyldes, at PET-undersøgelserne har en høj DRG-takst. DRG-taksten for PET (^{18}F-FDG) var i 2009 11.202 kr., hvilket i høj grad skyldes en høj pris for de anvendte sporstoffer og et stort tidsforbrug ved den pågældende undersøgelse.

I 2009 udgjorde WD-undersøgelserne (som PET-undersøgelserne falder under) godt 25 % af den samlede DRG-værdi for det nuklearmedicinske område, men kun knap 10 % af de samlede antal undersøgelser. Med andre ord får PET-undersøgelserne uforholdsmæssig stor betydning for udviklingen af den samlede DRG-værdi på det nuklearmedicinske område på grund af den høje takst for PET-undersøgelserne.

Figur 1: Udviklingen i DRG-værdien for alle afdelingerne fordelt på undersøgelsestyper.



Kilde: Sundhedsplanlægning

Værdierne i figur 1 illustrerer grafisk værdierne fra tabel 5.

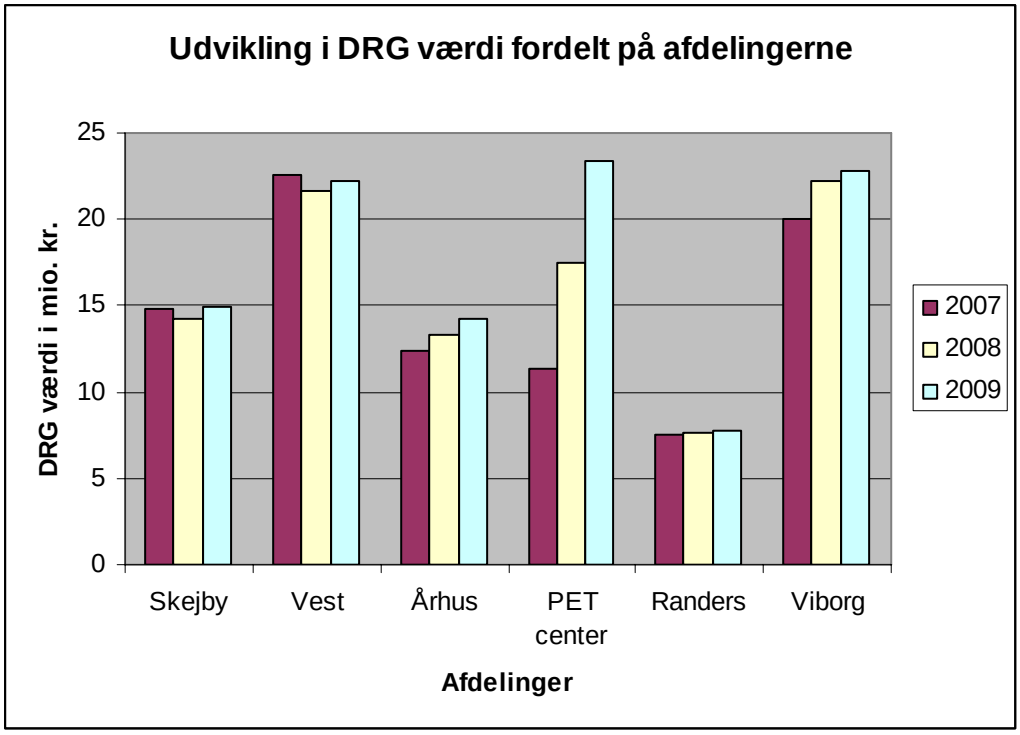
Den kraftige aktivitets tilvækst med kliniske PET-scanninger fremgår tydeligt, når man sammenligner udviklingen i perioden fra 2007 til 2009 på tværs af afdelingerne i regionen. PET-centret, hvor aktivitet udgøres fra et samarbejde mellem Nuklearmedicinsk Afdeling på Skejby og Århus Sygehus, skiller sig en smule ud fra de øvrige afdelinger med en kraftigere vækst i DRG-værdien. Væksten på PET-centeret tilskrives den store stigning i aktiviteten omkring undersøgelser af typen PET-tumorscanninger (^{18}F-FDG). Figur 2 herunder illustrerer situationen.

I 2008 og 2009 blev den lægelige beskrivelse af en stor andel af disse scanninger (1025 scanninger i 2009 svarende til en DRG-værdi på 11 mio. kr.) udført af læger fra Nuklearmedicinsk Afdeling på Skejby og Århus Sygehus ligesom bioanalytikere fra afdelingen i 2009 deltog i udførelsen af undersøgelsen. Figur 2 illustrerer, at produktionen på de nuklearmedicinske afdelinger på Skejby, Hospitalsenheden Vest og RH Randers ud fra et samlet perspektiv har været stabil. Dog har Nuklearmedicinsk Afdeling på Skejby og Århus Sygehus produceret et stigende antal DRG-point, hvis aktiviteten i PET-centret flyttes til Nuklearmedicinsk Afdeling. Afdelingsaktiviteten er således kompleks for disse to afdelinger.
I lighed med situationen for PET-centeret viser figur 2, at udviklingen på de nuklearmedicinske afdelinger på Århus Sygehus og RH Viborg har været præget af aktivitetsstigninger i perioden fra 2007 til 2009. Dog er stigningerne ikke så markante, hverken i forhold til DRG-værdi eller set som procentvis stigning, som på PET-centeret.

På RH Viborg skyldes aktivitetsstigningen primært stigningen på to undersøgelser. Det drejer sig om undersøgelserne ”kvantitativ UL/Doppler, undersøgelse af halskar” (uxub30) og ”osteodensitometri columna lumbalis” (uxre80). For disse to undersøgelser er DRG-værdien steget fra 5 mio. kr. i 2007 til 6,5 mio. kr. i 2008 og 7 mio. kr. i 2009. Dermed udgør aktivitetsstigningen for disse to undersøgelser mere end 2/3 af den samlede aktivitetsstigning for afdelingen på RH Viborg.

For den nuklearmedicinske afdeling på Århus Sygehus er aktivitetsstigningen mere jævnt fordelt på flere undersøgelsestyper om end aktivitetsstigningerne for undersøgelserne ”diagnostisk CT” (WDLCTXXXX) og ”tumorscint., In-111-Octreotide” (WDTGSI2XX) udgør omkring halvdelen (DRG-værdi på cirka 1 mio. kr.) af den samlede aktivitetsstigning (DRG værdi på cirka 2 mio. kr.) på den nuklearmedicinske afdeling på Århus Sygehus.

Figur 2: Udvikling i DRG-værdi sammenlignet på tværs af afdelingerne



Kilde: Sundhedsplanlægning

Analyse af det fremtidige behov

Det klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske speciale er kendetegnet ved en rivende udvikling, hvor det højteknologiske udstyr har ført til enorme diagnostiske fremskridt.

Kapitlet giver et bud på den fremtidige udvikling, herunder behovet for rekruttering af personale, kræftpakkernes betydning, overgang fra gamma- til PET-teknologi, etablering af konferencefaciliteter og udviklingstendenser indenfor nuklearmedicinsk udstyr.

Rekruttering af personale

På Nuklearmedicinsk Afdeling på Århus Sygehus og Skejby vurderer man, at det bliver vanskeligt at rekruttere speciallæger de næste 2-3 år. På baggrund af ubesatte hoveduddannelsesforløb vil afdelingen i 2010 have underskud af yngre læger i hoveduddannelse. Yderligere er en overlægestilling på vej i opslag.

Hospitalsenheden Vest havde oprindeligt bevilling til PET/CT både i 2008 og 2009, men midlerne blev anvendt til andre formål. Afdelingen fik ansat en ekstra speciallæge mhp. PET, nu arbejder hun i mellemtiden på en ph.d.

Oprettelse af et klinisk professorat

For at styrke rekrutteringen indenfor specialet og øge forskningen, anbefaler arbejdsgruppen, at der bliver etableret et klinisk professorat ved Aarhus Universitet i klinisk fysiologi og nuklearmedicin.

En klinisk professor på Aarhus Universitet vil synliggøre specialet overfor de medicinstuderende, og det vil være et yderst vigtigt element i konkurrencen med de andre lægefaglige specialer om at tiltrække læger til at gennemgå en speciallægeuddannelse i klinisk fysiologi og nuklearmedicin.

Såvel Københavns Universitet som Syddansk Universitet har professorater indenfor klinisk fysiologi og nuklearmedicin og har haft det i flere år. Styrken med en dedikeret klinisk professor ses i København og Odense, hvor de i øjeblikket har det højeste antal læger i hoveduddannelsesforløb.

Kræftpakkernes betydning

Den hyppigste indikation for klinisk PET/CT-scanning med sporstoffet ^{18}F-FDG er fortsat kræftdiagnostik. Man kan vurdere behovet for kræft-scanninger på mange måder, men ud fra antallet af årligt nydiagnosticerede kræfttilfælde i Region Midtjylland, jf. nedenstående tabel 6, er der ca. 5.800 nye tilfælde af

kræft, hvor der er veldokumenteret indikation for at udføre en PET/CT-scanning mindst én gang i forløbet.

Tabel 6. Scannerbehov for nydiagnosticerede kræftformer i 2007

Beregningsmetode 1[20]		**Beregningsmetode 2**[21]		
	I alt pr. år	**Primære behov, faktor**[22]	**Kontrolbehov**[23]	**Behov pr. år**
Hoved og hals	**265**	1	0	**265**
Tyktarm og endetarm	**802**	0,5	1	**802**
Hjerne og Centralnervesystemet	**286**	0,65	0	**186**
Spiserøret	**87**	1	0	**87**
Bugspytkirtlen	**203**	0,5	1	**203**
Ukendt primær kræftsvulst	**?**			
Neuroendokrine tumorer[24]	**100**			**100**
Lymfekræft	**338**	0,5	2	**507**
Lungebronkier og luftrør	**904**	0,5	1	**904**
Modermærkekræft	**279**	1	1	**558**
Anden hudkræft	**174**	0,1	0	**17**
Bryst	**812**	0,5	1	**812**
Livmoderhals	**85**	1	1	**170**
Livmoder og æggestok	**262**	1	1	**524**
Blærehalskirtel	**779**	0,3	0	**234**
Testikel	**55**	1	1	**110**
Urinveje	**528**	0,75	0	**396**
I alt	**5960**			**5876**

[20] Forudsætning: alle nydiagnosticerede har i gennemsnit behov for én PET-scanning på et tidspunkt i behandlingsforløbet.

[21] Forudsætninger iht. ovenstående (anslåede) antal primære og antal kontrolscanninger pr. nydiagnosticeret kræftform.

[22] Primære behov: Patienten udredes diagnostisk med PET

[23] Kontrolbehov: Patienten har ikke behov for kontrol (= faktor 0), eller patienten har behov for flere kontroller i forløbet svarende til den angivne faktor.

[24] Tallet er udtryk for et skøn, da der ingen data er for, hvor mange, der kommer til primær undersøgelse samt kontrolundersøgelse.

Scannerbehov ved beregnings-metode 1		Scannerbehov ved beregnings-metode 2	
1200 us. pr. scanner	**5,0**		**4,9**
1400 us. pr. scanner	**4,3**		**4,2**

Kilde: Sundhedsstyrelsens cancerregister 2007

Med den i tabellen angivne kapacitet pr. scanner betyder det et samlet behov i Region Midtjylland på 4 – 5 scannere til kliniske diagnostiske kræftundersøgelser.

Det bør bemærkes, at kapacitetsberegningerne i ovenstående tabel 6 bygger på en række forudsætninger herunder tidspunkt for levering af radioaktive lægemidler, indretning af patientfaciliteter, undersøgelsestype og personaleforhold, som er beskrevet mere detaljeret på side 43 til 45.

Overgangen fra gammakamera til PET/CT diagnostik

Nedenfor er en emneopdelt oversigt over de potentielle muligheder for nye anvendelser af PET/CT de næste 5 – max 10 år, indenfor områderne: knogle, neuro, hjerte, nyre og urinveje, endokrinologi, infektion og andre forhold.

Knogle

Der er god evidens for, at en PET-scanning for fx knoglekræft med sporstoffet ^{18}F-FDG er mere sensitiv end almindelig knoglescintigrafi med sporstoffet technetium-99m, også selvom disse undersøgelser udføres på et SPECT-kamera.

Gevinsten vil være en bedre diagnostik med henblik på om kræftsvulsterne i knoglen har spredt sig, og en bedre diagnostik af andre godartede knoglesygdomme med samme indikationer som for almindelig knoglescintigrafi.

I 2009 udførtes omkring 3.900 knogleundersøgelser med gammakamera i Region Midtjylland.

Neuro

Der er allerede anbefalinger til at udføre demens-undersøgelser med ^{18}F-FDG for at konstatere Alzheimer i tidlige stadier. Denne undersøgelse kan helt eller delvis erstatte undersøgelser, der udføres på almindeligt gammakamera.

Andre mere specifikke sporstoffer til påvisning af aflejringer af store proteiner i hjernen er under afprøvning, men kan kun udføres i centre med cyklotron. Der er udviklet flere forskellige ^{18}F mærkede sporstofforbindelser, men først når de er alment tilgængelige vil dette få praktisk betydning.

Ifølge Sundhedsstyrelsens vurdering er der 50.000 – 80.000 mennesker i Danmark med demens i lettere og sværere grad. Anvendelsen af billeddiagnostik herunder PET-scanning med FDG eller andre sporstoffer vil derfor i høj grad bero på behovet for tidlig diagnostik og ikke mindst muligheden for behandling i tilknytning hertil. Det er derfor p.t. svært at vurdere det faktiske behov.

Hjerte
Stofskifteundersøgelse af hjertet med FDG og hjertefunktionsundersøgelse med andet sporstof er velbeskrevne undersøgelser, som kan bruges hver for sig eller i kombination. Undersøgelser af hjertets blodgennemstrømning med ammoniak kan dog kun udføres i PET-centre med cyklotron.

Nyre og urinveje
Udover kræftdiagnostik med FDG er der ingen godartede anvendelser. Eksperimentelt arbejdes med andre lægemidler til stadieinddeling af prostatakræft.

Teoretisk set kan man lave en PET-undersøgelse af nyrernes funktion og afløbsforhold (renografi) med sporstoffet Ga-68-DTPA, som udskilles i nyrerne, men der foreligger indtil nu kun én japansk publikation herom. Sammenlignet med nutidens renografi vil det også blive en noget dyrere undersøgelse, men gevinsten er en bedre billedopløsning med mulighed for at måle mere differentierede funktionsparametre og at fejl pga. baggrundsaktivitet minimeres.

Endokrinologi
Endokrinologi betyder studiet af hormonproducerende organer og cellers udvikling, funktioner og sygdomme. Binyremarvscintigrafi, som kun udføres få steder i landet vha. et gammakamera, vil delvis kunne suppleres af undersøgelse med PET/CT-scanner og PET-scanner. Der vil i Region Midtjylland kunne være behov for ca. 130 undersøgelser årligt.

Teoretisk set kan man udføre PET-undersøgelser af skjoldbruskkirtlen med sporstoffet I-124, men på grund af knap 5 døgns halveringstid og dermed relativt høj stråledosis vil anvendelsen heraf til godartede lidelser være meget begrænset og ”ikke-konkurrencedygtigt” med almindelig scintigrafi foretaget på gammakamera. Sporstoffet I-122 har så kort en halveringstid på 3,6 minutter, at dette ikke når at blive inkorporeret i skjoldbruskkirtlens hormoner inden henfald.

Diagnostik af ond- og godartede sygdomme ud over FDG-undersøgelser
Sporstoffet Ga-68 DOTANOC anvendes i stigende grad til påvisning af somatostatin-receptor positive kræftsvulster. Disse er dog sjældne og centraliseret få steder i landet. I Region Midtjylland forventes et behov for 100 – 200 undersøgelser årligt

Men Ge-68/Ga-68-generator-teknologien kan betyde, at andre stoffer, som kan mærkes til Ga-68, fx andre molekyler (peptider) og antistoffer, vil kunne anvendes til PET-undersøgelser. Der kan derfor indenfor en overskuelig fremtid vise sig mulighed for, at helt andre organsystemer og undersøgelsestyper kan finde vej til PET/CT-scanning.

Infektion
Ved ”feber af ukendt årsag” eller mistanke om betændelse eller andet infektionsfokus, er indsprøjtning af isotopmærkede hvide blodlegemer og deraf følgende gammastrålingsregistrering (leukocytscintigrafi) mærket med fx technetium sporstof stadig ”den gyldne standard”. Leukocytscintigrafi er specifik for betændelse og infektion, men mærkning af de hvide blodlegemer tager 2-3 timer og undersøgelsen på gammakamera kan strække sig over 1- 3 dage. Undersøgelsen finder sjældent ondartede sygdomme som årsag til patientens feber (”tumorfeber”).

Leukocytscintigrafi kan i mange tilfælde (men ikke alle) erstattes af en PET/CT-scanning med FDG. PET/CT med FDG er uspecifik og kan derfor ikke entydigt afgøre naturen af et eventuelt fokus, men undersøgelsen er nemmere at udføre fordi den ikke kræver mærkning af patientens hvide blodlegemer og kan udføres en time efter injektion af FDG. Den er således meget mindre tidskrævende end leukocytscintigrafi. PET/CT med FDG har også den fordel, at den i mange tilfælde kan finde ondartede årsager til patientens feber.

Der blev i Region Midtjylland i 2009 udført 381 leukocytscintigrafier, som potentielt kan erstattes af PET/CT med FDG.

Andre forhold
På grund af international mangel på radioaktive lægemidler, som fx Technetium-99m, der produceres på atomreaktorer rundt om i verden, kan det fremover blive nødvendigt at anvende PET til flere sygdomme/problemstillinger, som i dag undersøges med Technetium-99m mærkede lægemidler på almindeligt gammakamera.

Konsekvensen heraf vil blive lidt dyrere undersøgelse og behov for øgning af PET/CT-scanner kapacitet. Der vil i givet fald skulle anskaffes mindst én PET/CT-scanner på alle nuklearmedicinske afdelinger alene til knogle-undersøgelser. Til gengæld kan man spare et gammakamera.

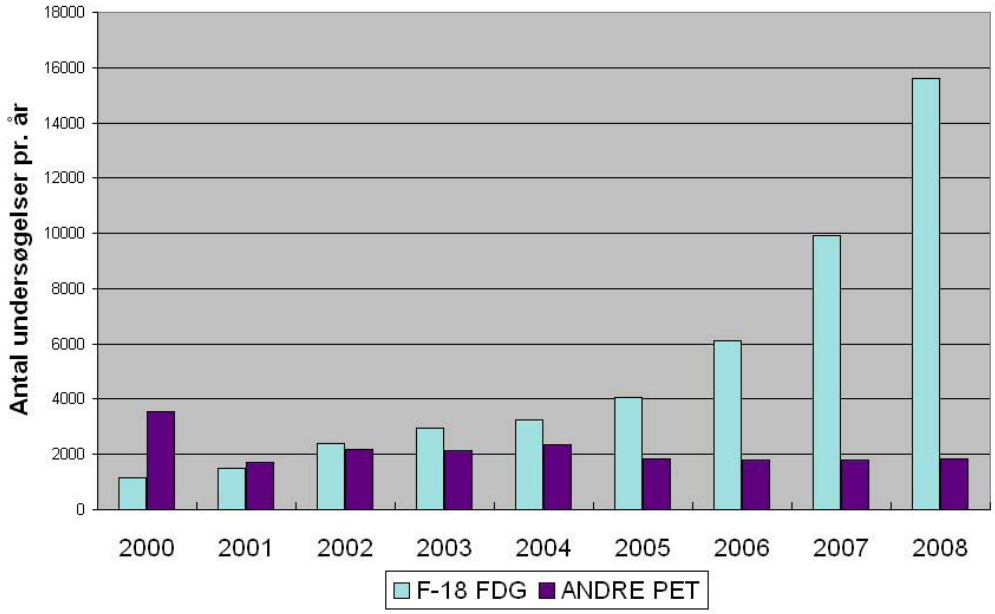
Antal PET-undersøgelser i Danmark

For at få et sammenligningsgrundlag i udviklingen af antal PET-undersøgelser med ^{18}F-FDG på landsplan holdt op imod tal fra Region Midtjylland, er nedenstående figur 3 medtaget. Figuren viser den seneste opgørelse over udviklingen i antal PET-undersøgelser med ^{18}F-FDG, fra Statens Institut for Strålebeskyttelse fra 2008.

Ud af de 15.454 PET-undersøgelser med ^{18}F-FDG, der blev udført i 2008 på landsplan, udgjorde de 1194 undersøgelser det antal, som blev udført i Region Midtjylland. Dvs. at de fire andre regioner tilsammen udførte over 92 % af alle PET-undersøgelserne med ^{18}F-FDG.

Hvis antallet af PET-undersøgelserne var jævnt fordelt over hele landet, burde Region Midtjylland i kraft af sit befolkningsunderlag have tegnet sig for ca. 4000 undersøgelser ud over det faktiske antal undersøgelser på 1194. Dette ville have medført mere end 5000 undersøgelser, hvilket nogenlunde svarer til det beregnede behov i tabel 6 for Region Midtjylland.

Figur 3. Udvikling i antal undersøgelser med ^{18}F-FDG



Kilde: Statens Institut for Strålebeskyttelse 2008

Beregning af behovet for PET/CT-kapacitet i Region Midtjylland samt overvejelser vedrørende implementering

Indførelse og ibrugtagning af en avanceret metode som PET/CT bør sammenholdes med lægefaglige overvejelser, praktiske, logistiske og økonomiske forhold.

Med i alt 4 PET/CT-scannere i Århus-området til klinisk diagnostik og forskning (3 på Århus Sygehus og 1 på Skejby), er der i Region Midtjylland fra 2010 i alt klinisk kapacitet svarende til 3 PET/CT-scannere, samt 1 PET/CT-scanner, der bruges til forskning. Dette er i praksis en tredobling af kapaciteten fra 2009. Afhængig af patientmix og tid for levering af ^{18}F-FDG vil der kunne udføres mellem 1.200 – 1.400 kliniske FDG-scanninger pr. scanner i dagtiden.

Nedenstående tabel 7 viser de 3 kliniske PET/CT-scanneres placering og kapacitet. Ved en kapacitetsudnyttelse af hver scanner, som svarer til 1200 - 1400 undersøgelser pr. år medfører det en undersøgelseskapacitet på 3600 - 4200 årlige undersøgelser. Denne kapacitet skal holdes op imod det estimerede undersøgelsesbehov på 5800 PET/CT-undersøgelser alene til kræftdiagnostik, jf. kapitlet om kræftpakkernes betydning og tabel 6. Afhængig af kapacitetsudnyttelsen medfører det et PET/CT-scannerbehov på 4-5 scannere.

Tabel 7. Scannerkapacitet og -behov i Region Midtjylland i 2010

Scannerkapacitet	**Antal**	**Antal undersøgelser ved forskellig kapacitetsudnyttelse: Antal patienter/scanner[25]**	
		1200	1400
PET-centret	1,3	1560	1820
Århus Sygehus	1	1200	1400
Skejby	0,7	840	980
I alt	**3**	**3600**	**4200**
Aktuelt skønnet undersøgelsesbehov		5800	5800
Behov for scannere[26]		**5**	**4**

Kilde: PET-centret

For at sikre optimal udnyttelse af fremtidige nye scannere i Region Midtjylland bør disse opstilles dér, hvor behovet er størst under hensyntagen til nære samarbejdspartnere (kirurger, onkologer, stråleterapeuter) og patientlogistik.

Opstart af nye funktioner sker mest hensigtsmæssigt og effektivt i form af et nært samarbejde og oplæringsprogram med det eksisterende PET-center og de

[25] Kapacitet afhænger af patientsammensætningen, afdelingens karakter, tidspunkt for levering af sporstof og personaleforhold.
[26] Der er her tale om scanner-kapacitet alene til klinisk brug.

nuklearmedicinske afdelinger, herunder let mulighed for at udveksle billedfiler mhp. konference og ”second opinion”, hvilket erfaringsmæssigt er værdifuldt, især i starten. Også senere kan der være behov for en ”second opinion”, ligesom der vil være behov for dagligt, at overføre billeder fra hjem-sygehus til højtspecialiseret enhed som led i patientbehandlingen.

Når behovet er dokumenteret og kapaciteten på de eksisterende scannere indenfor de næste 1 -2 år forventeligt er udnyttet vil det være mest hensigtsmæssigt at placere næste scanner på RH Herning til brug for samarbejdet om kræftpakkeforløb.

Andre indikationer som anført i afsnittet ”*Overgangen fra gammakamera til PET/CT diagnostik*” kan medføre behov for anskaffelser af PET/CT, som ligger udover de hidtil forventede. Dette ydereligere behov for PET/CT-scannerkapacitet fremgår af nedenstående tabel 8. Det største behov vil formentligt være for knogleundersøgelser, som dels har større diagnostisk værdi udført som ^{18}F-FDG vha. en PET/CT-scanner, og dels kan Technetium-mangel som anført ovenfor gøre det nødvendigt at anskaffe scannere alene til dette formål.

Patientlogistikken i regionen kan også gøre det nødvendigt, at placere scannere flere steder i Region Midtjylland. Hvis alle knogleundersøgelser, som hidtil er udført på gammakameraer, i stedet for skal udføres på PET/CT-scannere, vil der alene hertil være behov for en decentral kapacitet på andre afdelinger i regionen svarende til 3 PET/CT-scannere.

Tabel 8. Scannerbehov ved andre indikationer / mulige fremtidige behov i Region Midtjylland

Andre indikationer / mulige fremtidige behov:	**Antal undersøgelser ved forskellig kapacitet: Antal patienter / scanner[27]**	
	1200	1400
Knogleundersøgelser	3900	3900
Demens/andet	500	500
Infektion	400	400
I alt	4800	4800
Ydereligere scannerbehov[28]	**4**	**3,5**

Kilde: PET-centret

[27] Kapacitet afhænger af patientsammensætningen, afdelingens karakter, tidspunkt for levering af sporstof og personaleforhold.

[28] Der er her tale om scanner-kapacitet alene til klinisk brug.

Ved placering af fremtidige PET/CT-scannere bør der tages hensyn til behov og patientlogistik. Fremkommer der nye sporstoffer, der kan distribueres, eller nye indikationer, som anbefales udført på PET/CT-scannere, vil det være nødvendigt med en revurdering af behovet for PET/CT-kapacitet, også ud fra cost-benefit analyser i forhold til de nuværende undersøgelser.

Behovet for PET/CT-scannere til planlægning af stråleterapi bør anskaffes i det tempo, der er behov for/råd til, og bidrager ikke til den samlede diagnostiske kapacitet. En terapiscanning tager næsten dobbelt så lang tid som en almindelig diagnostisk scanning og med det store antal patienter, der dagligt strålebehandles vil kapaciteten på en enkelt PET/CT-scanner hurtigt være udnyttet.

Scannerne til terapiplanlægning bør placeres og i hvert fald på lægesiden (radiologi og nuklearmedicin) drives i nært samarbejde med stråleterapiafdelingerne for at sikre optimalt udbytte. Der vil indtil videre næppe være arbejdsgrundlag for at ansætte speciallæger alene hertil.

Derudover bør man også være opmærksom på, at der fra 2015 vil være behov for en udskiftning af den første PET/CT-scanner i Århus, som på det tidspunkt vil være otte år, og dermed har nået sin forventede funktionslevetid.

Driftsudgifter ved én PET/CT-scanner

Tabel 9 viser de årlige driftsudgifter ved drift af én PET/CT-scanner.

Tabel 9. Driftsudgifter ved én PET/CT-scanner

	Normering	**Udgift (1.000 kr.)**
Speciallæge i klinisk fysiologi og nuklearmedicin	2,0	1.600
Speciallæge i radiologi *1	1,0	800
Bioanalytiker / radiograf *2	4,0	1.500
Sekretær	1,0	350
Fysiker / Tekniker / it-medarbejder *3	2,0	1.000
Serviceassistent / rengøring *4	0,5	150
Personale i alt		**5.400**
Servicekontrakt og vedligehold *5		800 – 1.000
Varekøb og tjenesteydelser *6		900
Kontrast (400 kr. pr. diagnostisk CT) *7		350
El *8		400
I alt ekskl. FDG		**7.700 – 7.900**
Køb af FDG (listepris ca. 4.000 kr. pr. dosis) *9		4.800 – 5.600
Transport af FDG (1.000 kr. pr. dag)		200
I alt driftsudgifter til én PET/CT-scanner		**12.850 – 13.850**

Kilde: Neurocentret

*1 Radiologen beskriver den diagnostiske CT og er primært involveret ved højdosis CT (diagnostisk CT). Antallet af højdosis CT udgør for øjeblikket ca. 60 % af alle PET/CT-scanninger på Århus Sygehus.

*2 Bemanding på tre til fire bioanalytikere / radiografer afhængig af åbningstid, produktionskrav og adgang til back-up/afløsning fra stamafdelingen. Hvis der er ønske om fuld aktivitet i 40 uger om året samt akut canceraktivitet i ferieperioderne er der behov for fire bioanalytikere / radiografer.

*3 Der er behov for hospitalsfysikere, tekniker og it-medarbejdere. Behovet afhænger af den eksisterende organisation og bemanding. Der er mulighed for betydelig opgaveglidning mellem de tre faggruppe, hvorfor den indbyrdes bemanding mellem de tre faggrupper ikke er væsentlig. Ved etablering af en ”selvstændig” PET/CT-enhed er der behov for tre stillinger. Ved etablering af

PET/CT-enheden i tilknytning til eksisterende nuklearmedicinsk afdeling er der behov for i alt to stillinger.

* 4 Rengøring er afhængig af lokale- og arealudvidelse, samt af aktivitet, patientforløb og lokaleforhold.

* 5 Den eksisterende servicekontrakt på Århus Sygehus koster 0,55 mio. kr. Heri indgår delvis egen vedligehold af egne teknikere. Pris uden eget vedligehold udgør forventelig 0,8 mio. kr. Herudover kommer udgifter til reparationer.

*6 Varekøb og tjenesteydelser er baseret på tidligere PET/CT-driftsansøgning i regionen, og indeholder bl.a. udgifter til kurser, it-drift og opdateringer, køb af kanyler, engangslagner m.m.

*7 Kontrast koster 400 kr. pr. scanning. Kendte priser på Århus Sygehus undersøges.

*8 EL til scanner, scannerteknik samt rumteknik. Derudover drift af lokaleudvidelse. Afhænger bl.a. af eksisterende lokaleforhold og genbrug af eksisterende scannerrum. Tal vedr. scanneren undersøges.

*9 Indkøbspris pr. dosis FDG udgør ca. 4.000 kr. ekskl. levering.

Driftsforudsætninger:
Der er en række forhold, som har betydning for kapacitet og aktivitet på en PET/CT-scanner, herunder antal forberedelsesrum, leverancetidspunkt af sporstof, type af scanning mv.

Antallet af forberedelsesrum har betydning eftersom patienterne skal ligge i ro fra 30 til 60 minutter efter injektion af sporstof og inden scanning. Derfor er der behov for minimum to hvilepladser, men der bør være tre hvilepladser (pga. risiko for ventetid på scanneren, håndtering af uforudsete hændelser, diabetikere).

Leverancetidspunkt af sporstof har betydning for afdelinger, der ikke har egen cyklotron, eftersom første scanning først kan starte ca. 1 time efter leverance af sporstof.

Information af patienter inden fremmøde er vigtig for at undgå aflysninger.

Typen af scanning betyder noget, eftersom tidsforbruget pr. scanning er afhængigt at scanningstypen:

- En høj-dosis CT delkrop (diagnostisk CT). Udgør for øjeblikket 50-60 % af scanningerne på Århus Sygehus.
- En lav-dosis CT delkrop. Udgør for øjeblikket 40-50 % af alle scanninger på Århus Sygehus.
- En helkrop høj/lav-dosis CT. For øjeblikket udføres der kun få helkrop-scanninger på Århus Sygehus.
- Terapi-scanninger tager ca. dobbelt så lang tid som en almindelig scanning.

Derudover afhænger driftsforudsætningerne er den daglige bemanding af scanneren, back-up niveau ved ferie, fravær m.m. Derudover har forhold som fx behovet for åbent hele året pga. pakkeforløb og behovet for bufferkapacitet pga. pakkeforløb betydning for driftsberegningerne.

Driftsudgifter ved en SPECT/CT-scanner

Udskiftning af almindelige gammakameraer til SPECT/CT udgør et teknologispring, som vil fordre en merudgift til kontrast, røntgenrør mv. samt til radiologisk ekspertise i forbindelse med beskrivelse af undersøgelser, hvor der udføres diagnostisk CT.

Arbejdsgruppen har ikke lavet beregninger på de forventede merudgifter ved overgangen til SPECT/CT, men er opmærksomme på dem. Derfor opfordrer arbejdsgruppen til, at udgifterne beregnes lokalt, idet der kan være forskelle i behovet for merudgifter alt efter den lokale organisation og aktivitet.

Etablering af konferencefaciliteter og dataudveksling

For at optimere processen omkring implementering af de nye teknologier, og særligt med henblik på implementering af PET/CT, som kræver et nært samarbejde med veletablerede enheder, foreslår arbejdsgruppen, at der i forbindelse med udbud og indkøb af kommende SPECT/CT og PET/CT-scannere allokeres midler til konference- og billedfremvisningsudstyr til afholdelse af administrative møder, faglige konferencer og undervisningsseancer mellem de forskellige afdelinger på tværs i regionen.

Ønsket om at højne fagets faglige niveau gennem et større samarbejde på tværs i regionen omkring nye metoder og implementering og brug af nyt avanceret udstyr har længe været et stort ønske blandt afdelingerne i regionen. Punktet har bl.a. været nævnt i specialeudredningen for klinisk fysiologi og nuklearmedicin formuleret af regionens specialeråd i 2007.

Et sådan samarbejde vil tjene flere formål, bl.a.:

- Afhjælpe situationer med manglende speciallægedækning ifm. vakante stillinger, ferieafholdelse, møde/kongresdeltagelse ect. Fx kan en

reservelæge få backup af en speciallæge på en anden af regionens afdelinger.
- Fremskynde standardisering af metode-setup, vejledninger og fortolkning af SPECT/CT og PET/CT-scanninger.
- Konferering af undersøgelsesresultater og opnåelse af second opinion.
- Forbedring af uddannelsen og undervisningen af kommende speciallæger.
- Øge samarbejdet omkring fælles forskningsprojekter.

Samarbejdet kræver fælles adgang til de billeder, der skal beskrives og/eller behandles. RH Herning og RH Holstebro har gode erfaringer med anvendelse af videokonferenceudstyr, som har medført, at der dagligt afholdes kliniske konferencer mellem lægerne på afsnittet i Herning og afsnittet i Holstebro med stort fagligt udbytte og ikke mindst stor uddannelsesmæssig værdi for lægerne under speciallægeuddannelse. Udstyret har i øvrigt medført en dokumenteret besparelse på tidsforbrug og persontransport i forbindelse med møde- og konferenceafholdelse de to afsnit imellem.

Til nogle typer undersøgelser kan det imidlertid diskuteres hvorvidt den billedkvalitet, der kan opnås ved brug af videokonferenceudstyr, er tilstrækkelig til at beskrive billederne ud fra. Der kan være behov for direkte adgang til de relevante data, som da kan hentes ned til arbejdsstationerne og fremvises i den påkrævede kvalitet, såfremt den ønskede kvalitet ikke kan opnås gennem konferencefaciliteterne. En nærmere analyse af behov og muligheder herfor bør overvejes inden alternative muligheder afdækkes.

Der er flere problematikker, der vanskeliggør anvendelse af PACS til nuklearmedicinske data, bl.a. manglen på et fælles PACS og problemerne med at sende og hente imellem dem. Derudover er der det faktum, at PACS er et værktøj udviklet til røntgen, som ikke med garanti understøtter alle nuklearmedicinske datatyper. På baggrund heraf er der etableret lokal lagerkapacitet på de enkelte afdelinger, og ofte skal afdelingen anmodes direkte om billederne, før de bliver lagret i PACS. Imidlertid vanskeliggøres udveksling af data mellem regionens hospitaler af flere faktorer, herunder firewalls mellem serverne på tværs af de gamle amtsgrænser.

Der er flere forskellige løsningsmodeller, herunder eksempelvis etablering af fælles server eller oprettelse af DICOM-forbindelser direkte mellem afdelingernes egne servere. Der er fordele og ulemper ved de forskellige modeller, som bør udredes og beskrives separat af en dedikeret arbejdsgruppe, da der er tale om komplekse systemer, der skal interagere på tværs af hospitalerne. Dette stiller store krav til organisation og samarbejde, ligesom der skal afklares forhold omkring bl.a. driftsansvar. Omend varierende af omfang, vil der være udgifter forbundet med etablering og implementering af en løsning.

En relateret problemstilling omhandler håndtering af billeder produceret på scannere fra forskellige leverandører. Ofte har de forskellige afdelinger installeret scannere fra flere forskellige leverandører, og dette vil ofte give problemer i forbindelse med udveksling af billedmateriale.

Der er firmaer, der tilbyder leverandør-uafhængige billedbehandlingsværktøjer. Nogle arbejder på data direkte fra PACS, mens andre integrerer løsningen med dedikerede servere. På Århus Sygehus blev der, i forbindelse med et SPECT/CT indkøb, bevilget midler til indkøb af et af disse systemer, som kombinerer leverandør-uafhængig billedbehandlings-software med et serversystem, der forbinder afdelingen på tværs af matriklerne på Århus Sygehus og Skejby. Senere er PET-centret ligeledes blevet koblet op på systemet med enkelte arbejdsstationer.

Der er flere perspektiver i anvendelse af disse systemer. Internt på afdelingen kan en optimal integration og anvendelse af systemet resultere i effektivisering af arbejdsgange, uddannelse af personale m.v., i det størsteparten af processeringen vil foregå på de leverandør-uafhængige arbejdsstationer og oplæring i flere forskellige leverandørers software kan derfor teoretisk set begrænses til selve arbejdsstationen (hvorpå selve scanningen planlægges). Mellem afdelinger vil anvendelsen af samme billedbehandlings-software facilitere erfaringsudveksling, protokol-optimering, og eventuelt lette arbejdet omkring undersøgelse og behandling af fællespatienter. Omvendt kan det være en ulempe for en afdeling at låse sig fast på én, regionalt forankret løsning og den deraf følgende risiko for tab af fleksibilitet i databehandlingen.

It-løsninger på tværs af afdelinger, endsige hospitaler, er oftest præget af vanskeligheder med basis i forskellene i afdelingernes opbygning, rutiner og kliniske behov, ligesom integration med eksisterende systemer ofte byder på store udfordringer og vanskeligheder. Derfor er klarlægning af den optimale strategi på området et større arbejde, som ligeledes bør foregå i tæt samarbejde med RIS/PACS team og it-afdelingerne på de enkelte hospitaler. I samme forbindelse bemærkes, at der, grundet udstyrets natur, er et yderligere spørgsmål omkring ansvars- og opgavefordeling mellem Medico-teknisk Afdeling og it-afdelingen, som skal afklares i forbindelse med såvel udredning, anskaffelse, implementering og drift.

Som opsummering anbefaler arbejdsgruppen, at der igangsættes et arbejde omkring udredning af behovet og mulighederne for henholdsvis konferencemuligheder, fælles lagerkapacitet og fælles billedbehandlings-software, med den anbefaling, at det primære fokus bliver lagt på at etablere muligheden for fælles *beskrivelse* af billeder i forbindelse med oplæring og erfaringsudveksling.

Med udgangspunkt i de gode erfaringer fra RH Herning og RH Holstebro med anvendelse af videokonferencefaciliteter, vil en sådan løsning kunne etableres for i omegnen af 100.000 kr. pr. afdeling, undtaget på RH Herning, RH Holstebro og Skejby (som allerede har denne type udstyr), altså samlet i omegnen af 400.000 kr.

Spørgsmålet om hvorvidt den fælles lagerkapacitet bør etableres separat eller indgå i PACS, og hvorvidt det bør integreres med fælles billedbehandlings-software, kræver mere dybdegående analyse. Det er derfor svært at estimere omkostningerne herved.

Udviklingstendenser indenfor nuklearmedicinsk udstyr

Udviklingen indenfor nuklearmedicinsk billeddannende udstyr er primært fokuseret på systemets geometri, kollimatordesign, detektorteknologi og rekonstruktionsalgoritmer, og der foregår løbende en udvikling på alle disse punkter.

Imidlertid er der specielt indenfor detektorteknologien gang i et teknologisk kvantespring med anvendelsen af halvleder-materiale som radioaktivitetsdetektorer i kliniske nuklearmedicinske applikationer. Denne type detektorer simplificerer detektionsprocessen idet energien fra strålingen omsættes direkte til elektroner frem for konvertering af energien til lys, som efterfølgende omsættes til elektroner, som det foregår i konventionelle gammakameradetektorer. Der er mange fordele ved disse detektorer, bl.a. en højere sensitivitet, bedre energiopløsning, samt mulighed for bedre rumlig opløsning pga. størrelsen af detektoren.

Den markant øgede sensitivitet giver nye muligheder i forhold til scan-tid og patientdosis, som kan nedsættes markant med kun et lille eller intet tab af billedkvalitet. Sidstnævnte kan blive relevant i disse tider med isotopmangel. Omkostningerne forbundet med produktion af halvleder-detektorer er høje set i forhold til konventionelle detektorer (omend de er faldende), hvilket har begrænset deres udbredelse til mindre scanner-systemer, navnlig dedikerede hjerte-scannere. For disse systemer er der gjort yderligere tiltag i forbindelse med scanner-geometri og kollimatordesign for at forbedre sensitiviteten af det samlede system, med potentiale for en 5-10 gange højere sensitivitet end set ved konventionelle scanner-systemer.

Denne type hjerte-scannere kan være en god løsning for afdelinger som udfører så mange hjerte-scanninger, at de kan fylde en hel scanner alene. Dog er der nogle overvejelser i forhold til implementering af dedikerede scannere, som gør sig gældende, bl.a.:

- Anvendelsen af halvleder-detektorer i nuklearmedicinsk billeddannelse er relativt ny, og der kan være en strategi i at vente med anskaffelse af disse systemer til de værste ”børnesygdomme” er påvist og afhjulpet.
- Scanneren er dedikeret til hjerteundersøgelser, og anskaffelse bør ses i lyset af den pågældende afdelings øvrige apparatursituation, da scanneren ikke vil kunne indgå som backup i forbindelse med service, nedbrud o.l. Fleksibiliteten af et konventionelt system kan sikre optimal anvendelse af scanneren på mindre afdelinger.
- Kun en enkelt leverandør har integreret en CT modalitet i en dedikeret halvleder-detektor baseret hjerte-scanner.
- Implementering af sådanne scannere skal derfor overvejes nøje i forhold til den enkelte afdelings funktion og behov.

Nye hybridscannere, som kombinerer MR og PET-teknologierne er undervejs, og de første prototyper er allerede installeret i Genéve og New York. Dog er udviklingen p.t. på et sådant stadie, at teknologien endnu ikke er moden til klinisk anvendelse, og heller ikke forventes at blive det indenfor den nærmeste fremtid. Teknologien vurderes derfor ikke yderligere i forbindelse med forhåndenværende udredning.

Med basis i overvejelserne beskrevet i afsnittet *”Fremtidig udvikling indenfor nuklearmedicinsk udstyr”*, satses der umiddelbart på anskaffelse af fleksible all-purpose SPECT/CT-scannere frem for dedikerede scannere. Dog vil arbejdsgruppen og de efterfølgende etablerede brugergrupper følge udviklingen nøje i løbet af anskaffelsesprocessen og løbende overveje muligheden i anskaffelse af en dedikeret hjerte-scanner på enkelte afdelinger.

Strategien for apparaturanskaffelser

I dette kapitel gennemgås strategien for anskaffelser til det nuklearmedicinske speciale, med basis i analysen af apparatursituationen, det fremtidige behov, herunder kræftpakkernes betydning samt overgangen fra gamma til PET/CT-diagnostik.

Kapitlet indledes med en gennemgang af strategien for anskaffelser under 2.000.000 kr., dernæst anskaffelser over 2.000.000 kr., herunder hybridscannere og konferencefaciliteter.

Apparaturanskaffelser under 2.000.000 kr.

Listen af ønsker til mindre anskaffelser omfatter udskiftning af forældet udstyr, udstyr der skal sikre optimal anvendelse af anlæggene, samt udstyr til etablering af nye undersøgelser eller forbedring af de nuværende undersøgelser.

Arbejdsgruppen anbefaler en udskiftning af gammatællerne, enkelte andre kritiske enheder samt de højt prioriterede optimerings anskaffelser, som det fremgår af nedenstående tabel 10.

Tabel 10. Anbefalede apparaturanskaffelser, som koster under 2 mio. kr. pr. apparat

Afd.	Udstyrsbetegnelse	Ca. pris
RH Randers	Gammatæller	370.000
RH Viborg	Gammatæller	370.000
	Ergometercykel	102.000
	Lungefunktionsudstyr	900.000
Århus Sygehus	Gammatæller	370.000
	Gammatæller	370.000
Skejby	Gammatæller	370.000
Hospitalsenheden Vest	Server	150.000
	Gammatæller	370.000
I alt		**3.372.000**

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Derudover anbefales det, at de resterende anskaffelser, som er oplistet i nedenstående tabel 11, lægges tilbage til hospitalsledelserne til prioritering af pulje 1 midler.

Tabel 11. Anbefalet udstyr til prioritering af hospitalsledelserne i pulje 1 midler

Afd.	Udstyrsbetegnelse	ca. pris
RH Randers	Blodtryksmåler	200.000
RH Viborg	DEXA-scanner	1.000.000
	MCA/TLC	250.000
	Måling af iltoptagelse	400.000
Århus Sygehus	Blodtryksmåler	200.000
Skejby	Blodtryksmåler	200.000
Hospitalsenheden Vest	Ultralydsapparat	220.000
	Jodoptagelsesdetektor	250.000
	Patientleje til Symbia	240.000
I alt		**2.960.000**

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Apparaturanskaffelser over 2.000.000 kr.

SPECT/CT

På baggrund af en kortlægning af de nuklearmedicinske afdelingers apparatur, der vurderede udstyrets teknologiske niveau, tekniske stand og alder, som fandt sted i januar 2010, er det blevet klart, at området har et stort og overhængende behov for udskiftning af eksisterende gammakameraer. Der er således tale om, at hyppige nedbrud, reservedelsmangel og uacceptabel billedkvalitet af gammakameraerne betyder, at kapaciteten til at varetage kræftdiagnostikken i Region Midtjylland er under betydeligt pres.

Med basis i kræftpakkerne, de kliniske behov samt vurdering af den teknologiske udvikling, har arbejdsgruppen udarbejdet en strategi, som skal give alle regionens klinisk fysiologisk og nuklearmedicinske afdelinger et nødvendigt teknologisk løft for at sikre en opretholdelse og forsvarlig kvalitet af de nuværende funktioner. Heri er indeholdt, at alle afdelinger skal kunne udføre SPECT/CT med CT af diagnostisk kvalitet, samt at dele af afdelingernes øvrige udstyr bør udskiftes på grund af alder, slitage og teknologisk stand.

På baggrund af kortlægningen af apparatursituationen på regionens afdelinger, anbefales en samlet anskaffelse af 5 SPECT/CT-scannere. Der er enighed i

arbejdsgruppen om, at alle afdelinger bør have en SPECT/CT-scanner med en CT-modalitet, der kan producere billeder af diagnostisk kvalitet.

Med udgangspunkt i overvejelserne beskrevet i afsnittet *"Fremtidig udvikling indenfor nuklearmedicinsk udstyr"*, anbefales der anskaffelse af fleksible all-purpose SPECT/CT-scannere frem for dedikerede scannere. Dog vil arbejdsgruppen og de efterfølgende etablerede brugergrupper følge udviklingen nøje i løbet af anskaffelsesprocessen og løbende overveje muligheden i anskaffelse af en dedikeret hjerte-scanner på enkelte afdelinger.

Arbejdsgruppen anbefaler, at SPECT/CT-scannerne er med 16 slice CT-modaliteter baseret på, at:

- Dynamiske undersøgelser kræver en vis hastighed af scanningen. Hastigheden er til dels er bestemt af antallet af detektorrækker, som afgør, hvor stor en del af patienten (i længderetningen), der bliver dækket ved hver rotation.
- Den teknologiske udvikling indenfor stand-alone CT-scannere fordrer, at der anskaffes hybridscannere med 16-slice CT-modaliteter (som er high end inden for SPECT/CT), med henblik på at sikre et velfungerende samarbejde med de billeddiagnostiske afdelinger, som er vant til at beskrive billeder fra high end CT-skannere. Et væsentligt argument for implementering af hybridscanner-teknologien er muligheden for at spare patienterne et besøg på endnu en afdeling. Såfremt der investeres i scannere, der leverer billeder af en kvalitet, som ikke lever op til nuværende standarder indenfor billeddiagnostikken, kan det i værste fald resultere i, at endnu en CT-scanning bliver udført på patienten fordi kvaliteten af CT-scanningen fra hybridscanneren ikke vurderes som tilstrækkelig.
- Fremtidssikringen af udstyret i forhold til den teknologiske udvikling.

Tabel 12, som ses nedenfor, indeholder de anbefalede SPECT/CT anskaffelser med estimeret anskaffelsespris samt de skønnede etableringsomkostninger, herunder bygningsmæssige konsekvenser.

Tabel 12. Anbefalet anskaffelser af SPECT/CT-scannere

	Udstyrsbetegnelse	Skønnede etablerings-omkostninger	Ca. pris udstyr
RH Randers	SPECT/CT 16 slice	350.000	6.000.000
RH Viborg	SPECT/CT lavdosis	700.000	3.000.000
	SPECT/CT 16 slice	700.000	6.000.000
Århus Sygehus	SPECT/CT 16 slice	1.700.000	6.000.000
Skejby	SPECT/CT 16 slice	1.625.000	6.000.000
I alt		**5.075.000**	**27.000.000**

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Desuden anbefales der en fremtidig prioritering af midler til anskaffelse af nedenstående scannere i tabel 13.

Tabel 13. Anbefalet anskaffelser af scannere til fremtidig prioritering

	Udstyrsbetegnelse	Etablerings-omkostninger	Ca. pris udstyr
RH Holstebro	SPECT	750.000	2.500.000
RH Viborg	SPECT/CT lavdosis	700.000	3.000.000
I alt		**1.450.000**	**5.500.000**

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

I nedenstående tabel 14 fremgår anslået etablerings- og anskaffelsesudgiften ved den anbefalede PET/CT-scanner til RH Herning.

Tabel 14. Anbefalet PET/CT-scanner til RH Herning

	Udstyrsbetegnelse	Etablerings-omkostninger	Ca. pris udstyr
RH Herning	PET/CT-scanner	4.950.000	15.000.000

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Konferencefaciliteter

Arbejdsgruppen anbefaler, at der igangsættes et arbejde omkring udredning af behovet og mulighederne for henholdsvis konferencemuligheder, fælles

lagerkapacitet og fælles billedbehandlings-software, med den anbefaling, at det primære fokus bliver lagt på at etablere muligheden for fælles *beskrivelse* af billeder i forbindelse med oplæring og erfaringsudveksling.

Omkostningerne forbundet hermed vil variere drastisk afhængigt af valg af løsning, at det er yderst vanskeligt at estimere, ligesom der kan rejses spørgsmål omkring, hvorledes de bør finansieres, jf. overvejelserne omkring ansvars- og opgave fordeling mellem Medico-teknisk Afdeling og it-afdelingen.

Med udgangspunkt i de gode erfaringer fra Herning og Holstebro anbefaler arbejdsgruppen at der forlods reserveres 400.000 kr. til videokonferenceudstyr, og at en videre udredning bør igangsættes for at udrede eventuelle yderligere behov for lager og billedbehandlings-software.

Tabel 15. Anbefalet konferenceudstyr

Afd.	**Udstyrsbetegnelse**	**Ca. pris**
RH Randers	Konferenceudstyr	100.000
RH Viborg	Konferenceudstyr	100.000
Skejby	Konferenceudstyr	100.000
PET-centret	Konferenceudstyr	100.000
I alt		**400.000**

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Tidsperspektiv

Medico-teknisk Afdeling anbefaler et fælles udbud af de 5 SPECT/CT-scannere. Med afgørelse i Leder Forum for Økonomi medio august 2010, en estimeret udbudsperiode på 9 måneder samt 14 dages forskydning mellem installation på de forskellige afdelinger, kan scannerne installeres hen over forsommeren (medio maj - ultimo juli) 2011. En mere detaljeret tidsplan vil følge, når der foreligger en endelig beslutning omkring anskaffelserne.

Det anbefales, at PET/CT-scanneren til Hospitalsenheden Vest indgår som en del af en forestående udbudsproces, vedrørende anskaffelse af en PET/CT-scanner til udvidelsen af stråleterapien. Udbuddet påbegyndes ultimo november 2010, og scanneren forventes installeret i september 2011. Afhængig af bygnings- og installationsmæssige forhold vil et tilsvarende tidsperspektiv være at forvente for installation af PET/CT-scanneren til RH Herning.

Arbejdsgruppens anbefalinger

Arbejdsgruppen anbefaler, at der ikke etableres flere klinisk fysiologiske og nuklearmedicinske afdelinger i Region Midtjylland, og at sammenlægningen af funktionerne i Hospitalsenheden Vest og afdelingerne på Århus Universitetshospital inklusiv PET-centret sker i forbindelse med opførelsen af henholdsvis Det Nye hospital i Vest i Gødstrup (DNV-Gødstrup) og Det Nye Universitetshospital (DNU).

Mht. opførelsen af henholdsvis DNV-Gødstrup og DNU, anbefaler arbejdsgruppen, at arbejdsgruppens anbefalinger revurderes indenfor fem år.

Anbefaling vedr. PET/CT-scanner

Med udgangspunkt i analysen af apparatursituationen og det fremtidige behov, samt den udredte strategi for apparaturanskaffelser indstiller arbejdsgruppen at der opereres med to faser, som tager højde for teknologispring, der vil betyde, at indikationsområdet for PET/CT-undersøgelser kan ændre sig voldsomt.

Fase 1

Den første fase tager udgangspunkt i en centralisering af PET/CT-teknologien i Region Midtjylland på henholdsvis PET-centret og to nuklearmedicinske afdelinger, som er Nuklearmedicinsk Afdeling, Århus Universitetshospital og Nuklearmedicinsk Afdeling, RH Herning. Denne model medfører, at arbejdsgruppen anbefaler en placering af den næste PET/CT-scanner på RH Herning i 2011.

Baggrunden for at anbefale en placering af den næste PET/CT-scanner på RH Herning er behovet for diagnostik af kræft og nærhed til patienterne. Med anskaffelse og etablering vil en PET/CT-scanner beløbe sig til ca. 20 mio. kr.

Fase 2

Fase to forudsætter, at der sker en udvidelse af indikationerne for PET/CT-scannerens anvendelsesområde fx ved, at knogle-, demens- og infektionsundersøgelser inddrages eller, at kræftdiagnostikken i fremtiden kommer til at foregå mere decentralt.

Ikrafttræden af fase to vil indebære en nærmere vurdering af placeringerne af PET/CT-scannerne. Man vil i den konkrete situation skulle tage stilling til kapacitetsbehovet, patienterne og indikationerne, for hvornår en anbefaling af anskaffelse af en PET/CT-scanner til henholdsvis RH Viborg og RH Randers vil blive udløst. Arbejdsgruppen foreslår ved fase to, at PET/CT-scannerne

opstilles i den foreløbige prioriterede rækkefølge, først RH Viborg og dernæst RH Randers.

Hvis fase to træder i kraft, vil det også betyde, at Århus får behov for flere PET/CT-scannere til undersøgelse af andre indikationer, end kræft.

Anbefaling vedr. anskaffelse af andre scannere og udstyr

Med udgangspunkt i analysen af apparatursituationen og det fremtidige behov, samt den udredte strategi for apparaturanskaffelser indstiller arbejdsgruppen følgende anskaffelse til det kommende andet udbud i 2011 for specialet for klinisk fysiologi og nuklearmedicin:

- *To SPECT/CT-scannere på RH Viborg, en på RH Randers, en på Skejby og en på Århus Sygehus, i alt fem SPECT/CT-scannere*

- *Seks gammatællere, en ergometercykel, et lungefunktionsudstyr og en server.*

- *Konferencefaciliteter til RH Randers, RH Viborg, Skejby og PET-centret*

Derudover anbefaler arbejdsgruppen en fremtidig prioritering af anskaffelser af følgende scannere:

- *En SPECT/CT-lavdosis scanner til RH Viborg og et SPECT-kamera til RH Holstebro.*

Derudover foreslås det, at nedenstående anbefalet udstyr til afdelingerne, lægges tilbage til hospitalsledelserne til prioritering af pulje 1 midler. Det drejer sig om følgende:

- *Tre blodtryksmåler fordelt til henholdsvis RH Randers, Århus Sygehus og Skejby. En DEXA-scanner, MCA/TLC-udstyr og udstyr til måling af iltoptagelse til RH Viborg. Et ultralydsapparat, en jodoptagelsesdetektor og et patienleje til Symbia til Hospitalsenheden Vest.*

Bilag 1
Tabeller med oversigt over anbefalet apparatur til hvert hospital, pris og type af anskaffelse

I udredningen af det nuklearmedicinske område anbefaler arbejdsgruppen, at man anskaffer fem SPECT/CT-scannere, samt andet udstyr, herunder primært gammatællere. Nedenstående tre tabeller præsenterer et overblik over udredningens anbefalede apparatur, pris og type af anskaffelse. En oversigt er vist i tabel 4.

Tabel 1. Anbefalet anskaffelser af SPECT/CT-scannere

	Udstyrsbetegnelse	**Skønnede etablerings-omkostninger**	**Ca. pris udstyr**	**Type anskaf-felse**
RH Randers	SPECT/CT 16 slice	350.000	6.000.000	Udskiftn.
RH Viborg	SPECT/CT lavdosis	700.000	3.000.000	Udskiftn.
	SPECT/CT 16 slice	700.000	6.000.000	Udskiftn.
Århus Sygehus	SPECT/CT 16 slice	1.700.000	6.000.000	Udskiftn.
Skejby	SPECT/CT 16 slice	1.625.000	6.000.000	Udskiftn.
I alt		**5.075.000**	**27.000.000**	

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Tabel 2. Anbefalede apparaturanskaffelser, som koster under 2 mio. kr. pr. apparat

Afd.	**Udstyrsbetegnelse**	**Ca. pris**	**Type anskaffelse**
RH Randers	Gammatæller	370.000	Udskiftning
RH Viborg	Gammatæller	370.000	Udskiftning
	Ergometercykel	102.000	Udskiftning
	Lungefunktionsudstyr	900.000	Nyanskaffelse
Århus Sygehus	Gammatæller	370.000	Udskiftning
	Gammatæller	370.000	Udskiftning
Skejby	Gammatæller	370.000	Udskiftning
Hospitalsenheden Vest	Server	150.000	Nyanskaffelse
	Gammatæller	370.000	Udskiftning
I alt		**3.372.000**	

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Tabel 3. Anbefalet konferenceudstyr

Afd.	**Udstyrsbetegnelse**	**Ca. pris**	**Type anskaffelse**
RH Randers	Konferenceudstyr	100.000	Nyanskaffelse
RH Viborg	Konferenceudstyr	100.000	Nyanskaffelse
Skejby	Konferenceudstyr	100.000	Nyanskaffelse
PET-centret	Konferenceudstyr	100.000	Nyanskaffelse
I alt		**400.000**	

Kilde: Medico-teknisk Afdeling

Tabel 4. Oversigtstabel

	Udstyr	**Etablerings-omkostninger**	**Ca. pris i alt for udstyret**	**Anslået total beløb, inkl. etableringsomk.**
Tabel 1	5 SPECT/CT-scannere	5.075.000	27.000.000	32.075.000
Tabel 2	6 Gammatæller mv.	-	3.372.000	3.372.000
Tabel 3	Konferenceudstyr	-	400.000	400.000
I alt		**5.075.000**	**30.772.000**	**35.847.000**