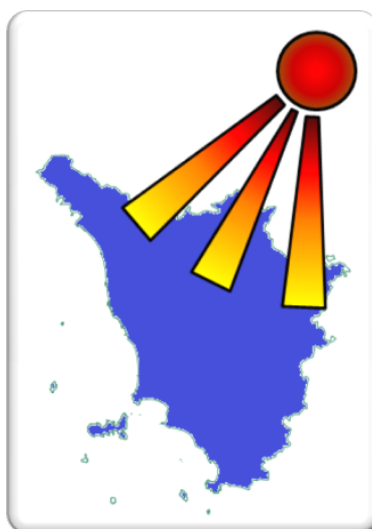


REGIONE
TOSCANA



Valutazione della dose da esposizioni mediche alla popolazione della Regione Toscana



Autori:

Stefano Ferretti, Chiara Sottocornola, Maria Tripodi.

Introduzione

Con questa pubblicazione la Regione Toscana conferma e rinnova il proprio impegno alla prevenzione e alla tutela della salute della collettività.

Il progetto “Valutazione della dose da esposizioni mediche alla popolazione della Regione Toscana”, infatti, ha come obiettivo la valutazione della dose efficace collettiva e della dose efficace pro-capite imputabili alle esposizioni mediche, principale fonte di esposizione a sorgenti artificiali di radiazioni ionizzanti.

Lo studio, promosso per ottemperare agli obblighi previsti dal Decreto Legislativo 26 maggio 2000 n. 187, vuole rappresentare uno stimolo a una maggiore conoscenza delle radiazioni ionizzanti e far maturare la consapevolezza che il loro impiego, di indubbia utilità in campo medico, debba essere finalizzato a garantire il conseguimento del più vantaggioso rapporto rischio/beneficio per i pazienti. È questa infatti la chiave per coniugare efficacemente le esigenze medico-sanitarie e la salute della popolazione.

Lo studio ha valutato le esposizioni dovute agli esami di radiodiagnostica e medicina nucleare per pazienti residenti in Toscana ed è stato strutturato in modo da valutare il contributo alla dose efficace collettiva di ciascuna area diagnostica separatamente. Una novità introdotta rispetto all’analogo studio condotto nel 2006 è rappresentata dalla sezione dedicata alle esposizioni mediche in radiologia interventistica. La valutazione della dose efficace in radiologia interventistica è particolarmente complessa a causa della variabilità intrinseca che caratterizza queste procedure, ma avvalendosi dei più innovativi software di monitoraggio della dose è stato possibile effettuare un’accurata e attenta stima della dose anche per questa metodica. Altro elemento caratterizzante e qualificante dello studio è la valutazione dell’incertezza associata alla stima della dose efficace collettiva e della dose efficace pro-capite: si tiene così conto della variabilità fra i vari centri della Toscana e, contemporaneamente, si individua un range di valori indicativo del detrimento sanitario della popolazione.

I risultati dello studio indicano che la dose efficace collettiva e la dose efficace pro-capite da esposizioni mediche nella Regione Toscana sono cresciute rispetto allo studio precedente. In particolare, è evidente che la crescita maggiore e il contributo più

importante alla dose efficace totale derivano dalla tomografia computerizzata mentre la metodica con il più alto contributo di dose efficace media per esame è la radiologia interventistica. Questi dati riflettono il trend crescente osservato negli ultimi anni relativamente al numero di procedure radiodiagnostiche e di medicina nucleare effettuate nella nostra Regione.

È necessario lavorare affinché il beneficio prodotto dall'esame sia sempre significativamente maggiore del rischio correlato, e valutare con attenzione l'appropriatezza di ogni singola indagine in quanto esposizioni non giustificate si traducono in uno spreco di risorse e in una irradiazione indebita dei pazienti.

Stefania Saccardi

Assessore al diritto alla salute, al welfare e all'integrazione socio-sanitaria

Presentazione del progetto

La presente relazione tecnica è stata redatta a conclusione del progetto relativo alla “Valutazione della dose da esposizioni mediche alla popolazione della Regione Toscana”.

Negli ultimi anni importanti sviluppi tecnologici e scientifici nel settore medico hanno determinato un notevole aumento dell'utilizzo di tecniche di imaging e un conseguente incremento dell'esposizione dei pazienti a radiazioni ionizzanti. Il dibattito internazionale sul danno stocastico associato alle esposizioni a basse dosi come quelle per uso medico è ancora aperto. Sebbene il modello lineare senza soglia (LNT) sia ad oggi quello più largamente accettato dalla comunità scientifica, resta comunque difficile associare una percentuale di rischio effettivo di sviluppare un tumore radio-indotto in seguito ad una procedura radiologica.

Le disposizioni più recenti in materia di radioprotezione da parte dell'Unione Europea sono contenute nella Direttiva 59/2013/EURATOM che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative all'esposizione alle radiazioni ionizzanti. La principale novità introdotta dalla Direttiva è rappresentata dal requisito che l'informazione relativa all'esposizione del paziente faccia parte del referto della procedura medico-radiologica. Questa richiesta potrà favorire una costante verifica della qualità dei processi in radiologia e la presenza del dato di dose nel referto permetterà di informare il paziente circa la quantità di radiazioni ricevuta.

Gli Stati Membri fra cui l'Italia potranno conformarsi a tale direttiva entro il 6 Febbraio 2018. In attesa di tale recepimento, in Italia la legge di riferimento per la protezione sanitaria contro i pericoli derivanti da esposizioni alle radiazioni ionizzanti è il Decreto Legislativo 187 del 2000. In particolare all'Art. 12 di quest'ultima legge viene richiesto alle regioni di valutare le esposizioni a scopo medico con riguardo alla popolazione regionale con frequenza quinquennale e di comunicare tale dato al Ministero della Sanità. La Regione Toscana, con il coordinamento della Commissione Regionale per la Prevenzione dei Rischi da Radiazioni Ionizzanti, ha fatto propria questa necessità con la Legge Regionale del 7 Luglio 2003, n. 32. Considerato che nella Regione Toscana la precedente valutazione della dose da esposizione mediche è

stata fatta nel 2006, la presente indagine si riferisce quindi all'anno 2011.

Lo scopo del progetto è stato quello di ottenere una stima della dose efficace collettiva e della dose efficace pro-capite relativa alla popolazione residente nella Regione Toscana che ha eseguito indagini medico-radiologiche nel 2011 sia in strutture regionali che extra regione. I fattori che determinano la dose efficace collettiva annua della popolazione sono il numero di procedure di radiodiagnostica eseguite in un anno e la dose efficace associata alla singola procedura. La numerosità degli esami è stata valutata a partire dai dati registrati sul RIS (Radiology Information System) di ciascuna struttura sanitaria della Regione e dai flussi informativi regionali relativi alle Prestazioni Specialistiche Ambulatoriali (SPA) e alle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO). La metodologia adottata per la raccolta di parametri espositivi rilevanti per il calcolo della dose efficace è avvenuta per mezzo di un questionario che ha consentito di effettuare un campionamento degli aspetti dosimetrici delle pratiche di radiodiagnostica e medicina nucleare esteso a tutto il territorio regionale. È stato escluso dalla presente indagine il contributo alla dose dovuto a prestazioni erogate in strutture private a causa della limitata disponibilità di dati a tale riguardo.

Il risultato di dose efficace pro-capite per la popolazione della Regione Toscana relativo all'anno 2011 risulta essere pari a 1.7 mSv. Tale dato è in linea con quanto previsto dalla Pubblicazione UNSCEAR 2008, secondo la quale la dose efficace pro-capite dovuta a esposizioni mediche per paesi con una sanità di Livello I è di circa 2 mSv. Come atteso il contributo principale alle esposizioni mediche è di gran lunga quello fornito dalla tomografia computerizzata (77%), seguito dalla radiologia interventistica (10%). Medicina nucleare, mammografia e radiologia tradizionale forniscono un contributo complessivo pari al 13% del totale.

Alla luce di questi risultati appare evidente la necessità di un più attento monitoraggio delle esposizioni mediche anche avvalendosi di sistemi automatici di raccolta dei dati dosimetrici integrati nel sistema RIS/PACS regionale. In questo contesto si inserisce anche il requisito di informare il paziente sul livello di dose ricevuta a seguito dell'indagine diagnostica e quindi la creazione di un archivio regionale delle dosi erogate utile sia ai fini epidemiologici che di appropriatezza diagnostica.

Emanuela Balocchini

Presidente della commissione regionale per la prevenzione dei rischi da radiazioni ionizzanti

Nota degli autori

Questa relazione è l'atto conclusivo del progetto regionale dal titolo "Valutazione della dose da esposizioni mediche alla popolazione della Regione Toscana".

Il progetto, proposto dalla Direzione Generale Diritti Di Cittadianza e Coesione Sociale della Regione Toscana è stato approvato con la Delibera n. 994 del 10 novembre 2014 (BURT n. 46 del 19 novembre 2014) con lo scopo di ottemperare a quanto previsto dal D.Lgs. 187/2000. Tale progetto è stato coordinato dalla ASL 1 Massa-Carrara (dal 1 gennaio 2016 confluita nell'ASL Toscana Nord Ovest) come Azienda capofila e dall'Azienda Ospedaliero-Universitaria Pisana (AOUP) come Azienda partecipante.

Il progetto ha riguardato tutto il territorio della Regione Toscana e si è svolto nell'arco di un anno a partire dal 1 luglio 2015.

Per la realizzazione del progetto la Commissione Regionale per la Prevenzione dei Rischi da Radiazioni Ionizzanti ha individuato tre specializzandi in Fisica Medica che si sono occupati di definire la metodologia di lavoro, di raccogliere e analizzare i dati e di redigere la presente relazione.

Stefano Ferretti
Chiara Sottocornola
Maria Tripodi

Acronimi

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AOUC	Azienda Ospedaliero Universitaria Careggi
AOUM	Azienda Ospedaliero Universitaria Meyer
AOUP	Azienda Ospedaliero Universitaria Pisana
AOUS	Azienda Ospedaliero Universitaria Senese
ASL	Azienda Sanitaria Locale
BURT	Bollettino Ufficiale della Regione Toscana
CC	Cranio Caudale
D.Lgs. 187/2000	Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 187
DAP	Dose Area Product
DICOM	Digital Imaging and COmmunications in Medicine
DRG	Diagnosis Related Group
EAK	Entrance Air Kerma
EAP	Exposure Area Product
EE	Entrance Exposure
EURATOM	Comunità europea dell'energia atomica
FRD	Focus Reference point Distance
FTGM	Fondazione Toscana Gabriele Monasterio
ICD9CM	International Classification of Diseases, revision Clinical Modification
ICRP	International Commission On Radiological Protection
L.R. 32/2003	Legge Regionale del 7 Luglio 2003, n. 32
L.R. 84/2015	Legge Regionale del 28 Dicembre 2015, n. 84
LNT	Linear No Threshold
MLO	Medio Laterale Obliqua

MG	MammoGrafia
MGD	Mean Glandular Dose
MN	Medicina Nucleare
NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurement
NRPB	National Radiological Protection Board
NTR	Nomenclatore Tariffario Regionale
PACS	Picture Archiving And Communication System
PSD	Peak Skin Dose
PTA	Percutaneous Transluminal Angioplasty
PTCA	Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty
RDSR	Radiation Dose Structured Reports
RIS	Radiology Information System
RX	Radiologia Tradizionale
SPA	Prestazioni Specialistiche Ambulatoriali
SDO	Scheda Dimissione Ospedaliera
SSN	Servizio Sanitario Nazionale
TAVI	Transcatheter Aortic Valve Implantation
TC	Tomografia Computerizzata
TSRM	Tecnico Sanitario di Radiologia Medica
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
XA	Radiologia interventistica

Indice

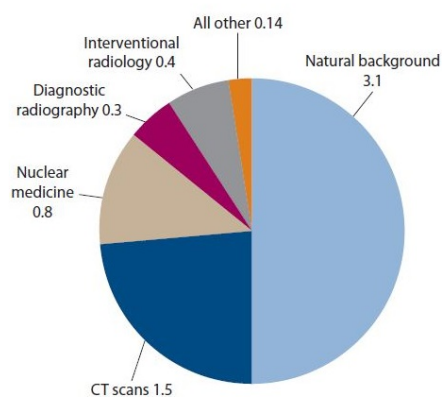
Introduzione	i
Presentazione del progetto	iii
Nota degli autori	v
Acronimi	vi
1 Dose alla popolazione: premesse	1
1.1 Il quadro legislativo	3
1.2 Il Progetto della Regione Toscana	5
1.3 Le grandezze radioprotezionistiche	6
1.4 Metodologia	8
1.5 Selezione dei presidi ospedalieri e dei referenti	9
2 Selezione e numerosità degli esami	12
2.1 Selezione dei codici esame utili all'indagine	12
2.2 Numerosità delle prestazioni	13
3 Strumenti per l'elaborazione dei dati	18
3.1 Selezione dei codici esami da inserire nei questionari	18
3.2 Questionari	19
3.3 Software di simulazione	21
3.3.1 PCXMC	21
3.3.2 ImPACT CTDosimetry	22
4 Dose efficace	24
4.1 Tomografia computerizzata	24
4.2 Radiologia tradizionale	28

<i>INDICE</i>	ix
4.3 Medicina nucleare	32
4.4 Mammografia	35
5 Radiologia interventistica	37
5.1 Stima della dose efficace mediante l'utilizzo dei RDSR e del software PCXMC	39
5.2 Stima della dose efficace mediante valori di DAP	41
6 Risultati e Conclusioni	45
6.1 Considerazioni	48
Appendice A	50
Appendice B	69
Bibliografia	75

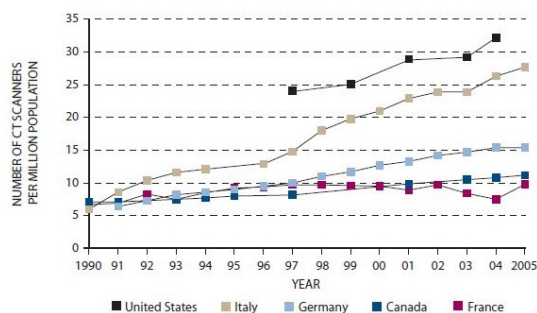
Capitolo 1

Dose alla popolazione: premesse

La principale fonte di esposizione artificiale a radiazioni ionizzanti a cui è soggetta la popolazione dei paesi sviluppati è legata alle esposizioni di tipo medico come confermato nella Pubblicazione UNSCEAR 2008 [1] (Fig.1.1A). Negli ultimi decenni, a seguito di un marcato sviluppo tecnologico, si è verificato un consistente miglioramento delle tecniche di imaging e un conseguente incremento del numero di procedure radiologiche effettuate in ambito sanitario.



(A)



(B)

Figura 1.1: (A) Dose efficace annua pro-capite (mSv) per la popolazione degli Stati Uniti nell'anno 2006 suddivisa tra fondo naturale di radiazione e fonti di esposizioni artificiali. (B) Incremento del numero di esami TC per milione di abitanti in 5 Paesi sviluppati relativo al periodo 1990-2005 [1]

Il ricorso sempre più frequente e sistematico alle tecniche di diagnostica per immagini ha fatto sì che queste abbiano assunto il ruolo di strumento indispensabile per definire il corretto percorso terapeutico dei pazienti. In particolare la tomografia computerizzata (TC) è la modalità che ha registrato il più imponente e rapido sviluppo tecnologico in conseguenza del quale è possibile oggi eseguire in pochi secondi esami con un elevato contenuto diagnostico. Di conseguenza, la TC è la tecnica per la quale si è verificato il più elevato incremento del numero di procedure eseguite ogni anno, come si vede in Fig.1.1B. Questo incremento nell'utilizzo delle radiazioni in ambito medico ha rafforzato la necessità di valutare le esposizioni dei pazienti in quanto legate al detrimento prodotto dalle radiazioni ionizzanti.

Gli effetti prodotti dalle radiazioni ionizzanti sono suddivisi in due categorie: danni deterministici e danni stocastici. I danni deterministici hanno una dose soglia al di sotto della quale l'effetto non si manifesta (circa 2 Gy) e possono verificarsi principalmente nelle procedure di radiologia interventistica, quando il paziente viene esposto a radiazioni di intensità elevata per lunghi periodi di tempo. I danni stocastici hanno invece carattere probabilistico, sono distribuiti casualmente tra individui esposti alla medesima dose e non richiedono il superamento di una dose soglia per la loro comparsa. La probabilità di insorgenza di un tumore solido o leucemia è proporzionale alla dose assorbita, mentre la gravità del danno è indipendente dalla dose stessa (a differenza dei danni deterministici).

La maggior parte delle esposizioni mediche a scopi diagnostici sono esposizioni a basse dosi di radiazioni (≤ 100 mSv) per cui è ritenuto valido il modello di relazione lineare senza soglia (LNT, Linear No Threshold) secondo il quale non esiste una dose sufficientemente piccola da non produrre un danno e a ogni incremento di esposizione si associa un proporzionale incremento del rischio di dar luogo a una neoplasia radioindotta. Sebbene sia difficile correlare le esposizioni mediche a radiazioni ionizzanti con il numero di neoplasie in eccesso rispetto a quelle statisticamente attese, è risaputo che tale rischio non è nullo. Per tale motivo è necessario stabilire una pratica di lavoro che tenga conto degli aspetti radioprotezionistici a tutela del paziente esposto a raggi X, come suggerito dalla Pubblicazione n. 103 dell'ICRP (International Commission of Radiological Protection) del 2007 [2].

Ogni esame radiologico deve essere giustificato e deve rispettare i criteri di appropriatezza necessari a garantire il più alto rapporto beneficio/rischio per il paziente. Inoltre ogni procedura deve essere ottimizzata al fine di ottenere immagini di adeguata qualità diagnostica utilizzando la minor dose possibile (principio ALARA, As Low As Reasonably Achievable).

1.1 Il quadro legislativo

Il fatto che le esposizioni mediche possano condurre a un detrimento per la collettività, per quanto di difficile quantificazione, ha portato il Consiglio della Comunità Europea a emanare la Direttiva 59/2013/EURATOM [3] che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. In tale Direttiva è prevista una valutazione delle dosi individuali connesse con le esposizioni mediche per scopi di radiologia diagnostica, interventistica e di medicina nucleare. In modo analogo, la valutazione delle dosi alla popolazione era prevista dalla precedente Direttiva Europea 43/1997/EURATOM [4] che è stata successivamente recepita dallo Stato Italiano con il Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 187 (D.Lgs. 187/2000) [5].

In particolare, l'articolo 12 del D.Lgs.187/2000 affida alle regioni il compito di effettuare tale valutazione relativamente alla popolazione regionale.

Art. 12 - Valutazione delle dosi alla popolazione

1. *L'esercente ed il responsabile dell'impianto radiologico, per quanto di rispettiva competenza, provvedono affinché le indagini ed i trattamenti con radiazioni ionizzanti vengano registrati singolarmente, anche in forma sintetica.*
2. *Le regioni provvedono a valutare le esposizioni a scopo medico con riguardo alla popolazione regionale e a gruppi di riferimento della stessa, tenendo conto sia dei dati complessivi dell'attività sanitaria in loro possesso sia predisponendo indagini campionarie sui dati registrati di cui al comma 1.*
3. *Le valutazioni di cui al comma 2, vengono comunicate al Ministero della Sanità entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto e successivamente con frequenza quinquennale.*
4. *La registrazione dei dati di cui al comma 1 può avvenire anche su supporto informatico.*

A sua volta tale articolo è stato recepito dalla Regione Toscana con l'Art. 14 della Legge Regionale 7 luglio 2003, n.32 (L.R. 32/2003) [6] sulla Disciplina dell'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti:

Art. 14 - Valutazione delle dosi alla popolazione - Compiti regionali

1. *La Regione provvede all'attuazione dei compiti previsti, con riferimento alla valutazione delle dosi alla popolazione, dall'articolo 12 del d.lgs. 187/2000. A tal fine, la Giunta Regionale disciplina, con il regolamento di cui all'art. 16, le modalità organizzative finalizzate alla valutazione delle esposizioni a scopo medico, con riguardo alla popolazione regionale ed ai gruppi di riferimento della stessa.*

Il regolamento citato nell'Art. 14 della L.R. 32/2003 che disciplina le modalità organizzative relative alla valutazione delle esposizioni è stato pubblicato sul BURT n. 17 del 7 giugno 2006 [7] ed è di seguito riportato:

**Capo IV Modalità organizzative e di finanziamento
per la valutazione delle esposizioni****Art. 16 - Valutazione della dose alla popolazione**

1. *La valutazione della dose alla popolazione dovuta a esposizioni a scopo medico ottempera agli obblighi previsti dall'articolo 12, comma 2, del decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 187 (Attuazione della direttiva 97/43/EURATOM in materia di protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse a esposizioni mediche).*
2. *La valutazione di cui al comma 1 costituisce, con riguardo alla popolazione della Regione Toscana ed ai gruppi di riferimento della stessa, l'adempimento previsto dall'articolo 14 della l.r. n. 32/2003.*
3. *La Regione Toscana, ai fini di cui al presente articolo, promuove e realizza progetti mirati, correlati alle direttrici del piano sanitario regionale. Al relativo finanziamento si provvede ai sensi dell'articolo 17-bis della L.R. n. 32/2003, introdotto dalla L.R. 70/2005.*
4. *La realizzazione dei progetti di cui al comma 3 è effettuata anche mediante la collaborazione delle strutture sanitarie territoriali, e dei soggetti istituzionali interessati, predisponendo altresì rapporti periodici sui risultati della valutazione di cui al comma 1.*

Art. 17 - Modalità organizzative

1. *La competente struttura amministrativa regionale individua, con apposito decreto, una struttura sanitaria di riferimento, per la valutazione disciplinata dall'articolo 16, garantendo ad essa altresì la disponibilità di tutte le informazioni necessarie all'attuazione delle disposizioni dettate dal presente capo.*
2. *La struttura sanitaria di riferimento, individuata ai sensi del comma 1, è tenuta a comunicare i risultati ottenuti alla competente struttura amministrativa regionale, mediante relazioni periodiche, ed altresì con apposita relazione tecnica finale.*

Art. 18 - Obbligo di informazione

1. *In attuazione dell'articolo 14 della L.R. n.32/2003, le strutture sanitarie, pubbliche e private, forniscono le informazioni richieste dalla competente struttura amministrativa regionale.*
2. *Le strutture sanitarie di cui al comma 1 sono inoltre tenute, ai fini della valutazione disciplinata dalle disposizioni del presente capo, ad autorizzare l'accesso alle apparecchiature detenute, per l'esecuzione di eventuali misure sperimentali.*

1.2 Il Progetto della Regione Toscana

La presente relazione tecnica è l'atto conclusivo del progetto *Valutazione della dose da esposizioni mediche alla popolazione della Regione Toscana* approvato con la Delibera n. 994 del 10 novembre 2014 (BURT n. 46 del 19 novembre 2014) al fine di ottemperare a quanto previsto dall'Art.12 del D.Lgs. 187/2000 sopra esposto. Tale progetto è stato coordinato dalla ASL 1 Massa-Carrara (dal 1 gennaio 2016 confluita nell'ASL Toscana Nord Ovest) come Azienda capofila e dall'Azienda Ospedaliero-Universitaria Pisana (AOUP) come Azienda partecipante. Il progetto ha riguardato tutto il territorio della Regione Toscana ed è stato realizzato nell'arco di un anno a partire dal 1 luglio 2015. Per la realizzazione del progetto la Commissione Regionale per la prevenzione dei rischi da radiazioni ionizzanti ha individuato 3 laureati in fisica ai quali ha fornito le linee guida per la realizzazione del lavoro e ha fatto da tramite per l'accesso al database delle prestazioni di radiodiagnostica e medicina nucleare erogate su tutto il territorio regionale nell'anno oggetto dell'analisi.

La precedente valutazione della dose da esposizioni mediche alla popolazione della Regione Toscana è stata fatta nell'anno 2006 [8] e secondo quanto previsto dal D.Lgs. 187/2000 tale stima deve essere ripetuta con cadenza quinquennale; pertanto il presente progetto prende in considerazione l'anno solare 2011. Lo scopo è quello di dare una stima della dose efficace collettiva e della dose efficace pro-capite da esposizioni mediche relative agli esami di radiodiagnostica e medicina nucleare alla popolazione toscana. I dati risultanti da tale progetto potranno essere utilizzati per attuare interventi volti a verificare l'appropriatezza delle indagini che impiegano radiazioni al fine di garantire ai cittadini un uso intelligente delle nuove tecnologie in ambito diagnostico, evitando rischi inutili per la salute e riducendo sprechi di risorse e liste di attesa.

1.3 Le grandezze radioprotezionistiche

La Pubblicazione n. 103 dell'ICRP del 2007 individua la dose efficace collettiva (S) come grandezza idonea a stimare la dose alla popolazione da esposizioni mediche. Questa grandezza, valutata in un determinato periodo di tempo, tiene conto dell'esposizione di tutti gli individui appartenenti a un determinato gruppo, in definite aree soggette a radiazioni ionizzanti. La dose efficace collettiva è calcolata come la somma di tutte le dosi efficaci individuali (nel periodo di tempo considerato); la sua unità di misura è il sievert uomo (Sv uomo).

Data una popolazione di riferimento di N individui in cui M persone (con $M \leq N$) sono sottoposte a indagini mediche con impiego di radiazioni ionizzanti, definita E_i la dose efficace complessiva assorbita dall'i-esimo individuo, si ricava:

$$S = \sum_{i=1}^M E_i$$

Tutte le grandezze che rientrano nella precedente formula devono essere valutate in un periodo di tempo determinato.

La dose efficace collettiva va intesa come strumento per l'ottimizzazione e per il confronto di tecnologie radiologiche e procedure mediche ma non come elemento utile a fare studi epidemiologici, ed è inappropriato usare questa grandezza nelle proiezioni di rischio. Ciò perché la definizione stessa di dose efficace comporta un'operazione di media sull'età e sul sesso del paziente esposto che non consente l'individualizzazione del rischio.

In particolare, si dovrebbe evitare di calcolare la letalità delle esposizioni mediche per neoplasie radioindotte basandosi sulla dose efficace collettiva.

Dalla dose efficace collettiva si può ricavare la dose efficace pro-capite (E_c) mediante la relazione:

$$E_c = \frac{S}{N}$$

dove N rappresenta il numero totale di individui che compone la popolazione di riferimento. Secondo la Pubblicazione UNSCEAR 2008 la dose efficace collettiva annua mondiale riferita al periodo 1997-2007 è pari a 4200000 Sv uomo come si può vedere in Tab.1.1.

Health-care level	Population (millions)	Annual collective effective dose (man Sv)			
		Medical	Dental	Nuclear medicine	Total
I	1 540	2 900 000	9 900	186 000	3 100 000
II	3 153	1 000 000	1 300	16 000	1 000 000
III	1 009	33 000	51		33 000
IV	744	24 000	38	82 ^a	24 000
World	6 446	4 000 000	11 000	202 000	4 200 000

^a Refers to health-care levels III-IV.

Tabella 1.1: Dose efficace collettiva annua da esposizioni di radiodiagnostica e medicina nucleare [1]. I paesi con una sanità di Livello I sono quelli con almeno un medico ogni 1000 abitanti; il Livello II si riferisce ai paesi con un medico ogni (1000÷2999) abitanti; i paesi con una sanità di Livello III hanno un medico ogni (3000÷10000) persone; il Livello IV è relativo ai paesi con meno di un medico ogni 10000 abitanti.

La maggior parte del contributo al totale proviene dai paesi con una sanità di Livello I che sono quelli con almeno un medico ogni 1 000 abitanti (tra cui è compresa anche l'Italia). Si vede che per questi paesi il valore di dose efficace collettiva pro-capite annua risulta essere pari a circa 2 mSv.

Per quanto riguarda la Regione Toscana, i dati ottenuti nel precedente lavoro di valutazione della dose da esposizioni mediche alla popolazione svolta nell'anno 2006 sono i seguenti:

$$S = (5.4 \pm 1.0) \cdot 10^3 \text{ Sv uomo}$$

$$E_c = (1.5 \pm 0.3) \text{ mSv}$$

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di ottenere l'analogo valore per l'anno 2011.

1.4 Metodologia

I fattori che determinano la dose efficace collettiva annua della popolazione della Regione Toscana sono i seguenti:

1. il numero di esami di ciascuna tipologia eseguiti in un anno da ogni apparecchiatura - sia di radiodiagnostica che di medicina nucleare - presente sul territorio regionale;
2. la dose efficace assorbita dal singolo paziente nell'esecuzione di una data tipologia di esame.

Inizialmente sono state selezionate le procedure di radiodiagnostica e medicina nucleare che prevedono l'impiego di radiazioni ionizzanti utilizzando come fonti il Nomenclatore Tariffario Regionale (NTR) delle prestazioni specialistiche ambulatoriali e il testo relativo alla Classificazione delle malattie, dei traumatismi, degli interventi chirurgici e delle procedure diagnostiche e terapeutiche (versione italiana del manuale ICD9CM) [9]. Identificati gli esami di interesse ai fini dell'indagine si è cercato di ricavare il dato sulla numerosità degli stessi sia dal Radiology Information System (RIS) di ciascuna Azienda Sanitaria Locale (ASL) e Azienda Ospedaliero Universitaria (AOU) della Regione sia dai flussi regionali delle Prestazioni Specialistiche Ambulatoriali (SPA) e delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO).

Parallelamente alla valutazione sulla numerosità degli esami, è stata condotta un'indagine sui parametri espositivi e dosimetrici associati a ciascun esame. Per tale scopo sono stati preparati tre questionari relativi ciascuno a una differente modalità diagnostica: tomografia computerizzata (TC), radiologia tradizionale (RX), mammografia (MG).

La dose efficace associata a ogni esame preso in considerazione è stata quindi valutata a partire dai parametri espositivi ricavati dai questionari, attraverso simulazioni con software dedicati.

Un quarto questionario inerente la medicina nucleare (MN) è stato utilizzato per conoscere il tipo di radionuclide e l'attività di radiofarmaco somministrata nei principali esami relativi a questa modalità diagnostica.

La radiologia interventistica (XA) è stata trattata separatamente per la complessità e la variabilità intrinseca delle procedure. Non è stato possibile strutturare un questionario per la raccolta dati; i parametri espositivi e dosimetrici sono stati estratti da database aziendali utilizzando dei software commerciali di monitoraggio della dose.

La dose efficace collettiva annua (S) è stata calcolata moltiplicando il numero di esami relativi a ciascuna procedura effettuati nell'anno 2011 (n_k) per il valore di dose

efficace associato a quello specifico esame (E_k):

$$S = \sum_{k=1}^T n_k E_k$$

dove T è il totale delle procedure prese in considerazione. La dose efficace pro-capite è stata calcolata dividendo il valore di dose efficace collettiva annua S per il numero di abitanti della Regione Toscana che nel 2011 ammontava a 3672202 abitanti.

In questo studio sono state considerate anche le prestazioni erogate a pazienti residenti in Toscana in strutture sanitarie extra-regionali e sono state escluse le prestazioni erogate in Toscana a pazienti provenienti da altre regioni.

1.5 Selezione dei presidi ospedalieri e dei referenti

La Regione Toscana è stata interessata da una recente riorganizzazione sanitaria approvata dal Consiglio regionale con la legge n. 84 del 28 dicembre 2015 (L.R. 84/2015) [10]. Dal 1 gennaio 2016 sono state costituite le tre grandi ASL, una per ciascuna Area vasta, che accorpano le 12 precedenti:

- ASL Toscana Centro (ex Asl 3 di Pistoia, ex Asl 4 di Prato, ex Asl 10 di Firenze, ex Asl 11 di Empoli);
- ASL Toscana Nord Ovest (ex Asl 1 di Massa e Carrara, ex Asl 2 di Lucca, ex Asl 5 di Pisa, ex Asl 6 di Livorno, ex Asl 12 di Viareggio);
- ASL Toscana Sud Est (ex Asl 7 di Siena, ex Asl 8 di Arezzo, ex Asl 9 di Grosseto).

È rimasto invece invariato l'assetto delle quattro Aziende Ospedaliero-Universitarie di riferimento:

- Azienda Ospedaliero-Universitaria Careggi (AOUC) per l'Area Vasta Centro;
- Azienda Ospedaliero-Universitaria Pisana (AOUP) per l'Area Vasta Nord Ovest;
- Azienda Ospedaliero-Universitaria Senese (AOUS) per l'Area Vasta Sud Est;
- Azienda Ospedaliero-Universitaria Meyer (AOUM) di riferimento regionale per l'ambito pediatrico.

Essendo questo studio riferito alla valutazione di dose efficace collettiva alla popolazione per l'anno 2011 risulta più facile fare riferimento al precedente assetto organizzativo secondo il quale il Servizio Sanitario Nazionale (SSN) nella Regione Toscana si articolava in 12 ASL e 4 Aziende Ospedaliero-Universitarie come illustrato in Fig.1.2.



Figura 1.2: Articolazione del SSN nella Regione Toscana prima della L.R. 84/2015. Sono presenti 12 ASL, una per Provincia più la ASL 11 di Empoli e la ASL 12 di Viareggio, 3 AOU di riferimento una per ciascuna Area Vasta e l'AOU Meyer di riferimento per tutto il territorio regionale per l'ambito pediatrico.

Ogni Azienda è composta a sua volta da uno o più presidi ospedalieri e strutture sanitarie, in ciascuno dei quali potrebbero essere presenti apparecchiature radiologiche e/o di medicina nucleare.

Al fine di svolgere questa indagine è stato selezionato un campione di strutture con cui lavorare. In particolare sono state scelte le 4 Aziende Ospedaliero-Universitarie della Regione (AOUC, AOUP, AOUS, AOUM) e un presidio ospedaliero per ciascuna delle 12 ex ASL utilizzando come criterio prioritario di inclusione la presenza del servizio di Medicina Nucleare (MN).

I presidi ospedalieri selezionati sono presentati in Tab.1.2.

Azienda	Ospedale	Città
ASL 1 Massa-Carrara	Ospedale Civico	Carrara
ASL 2 Lucca	Ospedale San Luca	Lucca
ASL 3 Pistoia	Ospedale San Jacopo	Pistoia
ASL 4 Prato	Ospedale Santo Stefano	Prato
ASL 5 Pisa	Ospedale Felice Lotti	Pontedera
ASL 6 Livorno	Spedali Riuniti	Livorno
ASL 7 Siena	Ospedale Valdelsa	Poggibonsi
ASL 8 Arezzo	Ospedale San Donato	Arezzo
ASL 9 Grosseto	Ospedale Misericordia	Grosseto
ASL 10 Firenze	Ospedale di Santa Maria Nuova	Firenze
ASL 11 Empoli	Ospedale San Giuseppe	Empoli
ASL 12 Viareggio	Ospedale Versilia	Viareggio
AOU Careggi	Policlinico di Careggi	Firenze
AOU Meyer	Ospedale Pediatrico Meyer	Firenze
AOU Pisana	Stabilimento di Santa Chiara e Cisanello	Pisa
AOU Senese	Policlinico Santa Maria alle Scotte	Siena

Tabella 1.2: Presidi ospedalieri selezionati per la raccolta dati al fine di poter valutare la dose alla popolazione.

In una fase successiva, tramite la Direzione Diritti di cittadinanza e coesione sociale della Regione Toscana, è stato chiesto ai Direttori Generali delle suddette Aziende di individuare all'interno delle proprie strutture sanitarie dei referenti per i seguenti ambiti professionali:

- Tecnici sanitari di radiologia medica
- Radiodiagnostica
- Fisica Sanitaria
- Medicina Nucleare
- Gestione dei sistemi RIS

Tali referenti sono stati contattati ognuno secondo le proprie competenze e con un differente grado di coinvolgimento per ottemperare alla raccolta dati, per facilitare l'accesso ai presidi ospedalieri e per favorire l'interazione con i professionisti delle diverse aree.

Capitolo 2

Selezione e numerosità degli esami

La prima parte del lavoro è stata dedicata alla valutazione del numero di esami sia di radiodiagnostica che di medicina nucleare eseguiti nell'anno 2011 sul territorio regionale. Trattandosi di dose efficace collettiva alla popolazione della Regione Toscana dal presente lavoro sono stati esclusi tutti i flussi relativi a pazienti provenienti da altre regioni che si sottopongono ad esami diagnostici in Toscana. Sono altresì state considerate le prestazioni che i residenti in Toscana hanno effettuato al di fuori della regione di residenza.

2.1 Selezione dei codici esame utili all'indagine

La selezione delle procedure di radiodiagnostica e medicina nucleare che prevedono l'utilizzo di radiazioni ionizzanti è stata fatta basandosi su due fonti:

1. Nomenclatore Tariffario Regionale delle Prestazioni Specialistiche Ambulatoriali (SPA)
2. testo relativo alla Classificazione delle malattie, dei traumatismi, degli interventi chirurgici e delle procedure diagnostiche e terapeutiche, (versione italiana del manuale ICD9CM) per i ricoveri ospedalieri (SDO).

Dall'attenta valutazione dei testi sopra citati, sono stati selezionati circa 300 esami e procedure che impiegano radiazioni ionizzanti.

Si è proceduto quindi a richiedere ai referenti regionali un'estrazione dei flussi SPA e SDO relativa all'anno 2011 per tutti i codici selezionati e per le sole prestazioni relative a soggetti residenti in Toscana erogate sia in Toscana che extra regione. Inoltre per ciascuna ASL e AOU sono stati contattati i referenti per la gestione dei sistemi

RIS secondo quanto segnalato in precedenza dai vari Direttori Generali. È stato chiesto loro di eseguire una query dal RIS per il periodo 01/01/2011 - 31/12/2011 relativa a tutte le prestazioni erogate all'interno dell'Azienda e contenenti le seguenti informazioni:

- Provincia di Residenza del soggetto
- Descrizione Esame
- Codice Ministeriale Esame
- Metodica
- Apparecchiatura
- Provenienza
- Gruppo Provenienza

Dai risultati integrati provenienti dai RIS e dai flussi regionali SPA/SDO sulla numerosità degli esami è stato deciso di escludere dall'indagine tutte le prestazioni con una numerosità inferiore a 10 prestazioni/anno considerandole irrilevanti ai fini della valutazione della dose collettiva. Seguendo questo criterio, è stato possibile ottenere un elenco definitivo di 230 codici di prestazioni, di cui 43 di medicina nucleare (MN), 4 di mammografia (MG), 69 di radiologia tradizionale (RX), 31 di tomografia computerizzata (TC), 83 di radiologia interventistica (XA).

2.2 Numerosità delle prestazioni

Valutando la numerosità degli esami suddivisa Azienda per Azienda e codice per codice, i dati estratti dai RIS e i dati provenienti dai flussi SPA/SDO non sono risultati concordi. La motivazione di tale differenza si spiega in buona parte con queste due considerazioni:

1. All'interno dei dati del RIS sono presenti tutte le prestazioni effettuate in strutture pubbliche appartenenti a una data Azienda, comprese quelle eseguite in regime di libera professione e per conto di enti esterni convenzionati (assicurazioni, istituti militari, ditte,...). Non sono invece presenti le prestazioni effettuate presso strutture private in convenzione con l'Azienda stessa e le prestazioni effettuate fuori dalla Regione Toscana.

2. All'interno dei flussi SPA/SDO sono registrate tutte le prestazioni specialistiche ambulatoriali effettuate in strutture pubbliche (escluse quelle svolte in regime di libera professione e per conto di enti esterni convenzionati). Gli esami eseguiti presso strutture private in convenzione con l'Azienda e quelli effettuati fuori dalla Regione Toscana sono registrati nei flussi SPA/SDO.

Alla luce di queste osservazioni, per tenere correttamente conto di tutte le informazioni sulla numerosità delle prestazioni è necessario integrare esami eseguiti in strutture pubbliche, in strutture private in convenzione e in strutture extra regione come mostrato in Fig.2.1.

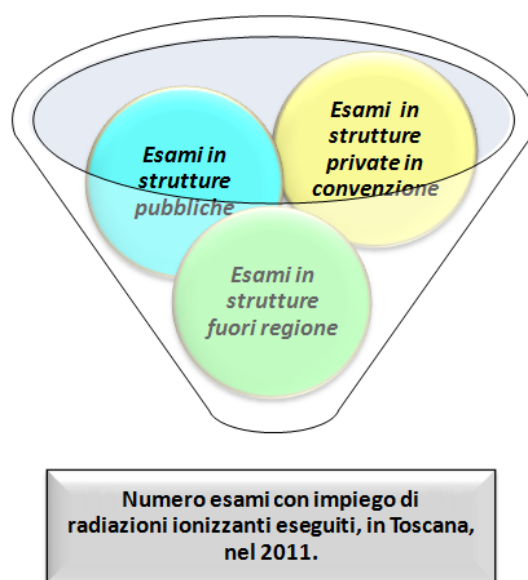


Figura 2.1: La numerosità delle prestazioni è ricavata tenendo in considerazione gli esami effettuati in: strutture sanitarie pubbliche della Regione Toscana; strutture private in convenzione con il Sistema Sanitario Nazionale; strutture sanitarie fuori dalla Regione Toscana (esclusivamente a soggetti residenti in Toscana).

Tenendo in considerazione le varie fonti di dati si è proceduto come segue:

1. Per le ASL e le AOU sono stati utilizzati i dati estratti dal RIS per le prestazioni effettuate in strutture pubbliche relative a RX, TC, MG e MN, a esclusione delle ASL 3, 6, 9, 11, 12 e dell'AOUM per le quali i dati del RIS sono risultati assenti o incompleti e quindi inutilizzabili. In questo caso sono stati utilizzati i flussi regionali SPA/SDO.

2. Per le pratiche di radiologia interventistica (XA) è stato ritenuto più completo il dato proveniente dai flussi SPA/SDO che è stato utilizzato per tutte le Aziende.
3. Il numero di prestazioni effettuate in centri privati toscani in convenzione e in strutture fuori Regione è stato ricavato dai flussi regionali SPA/SDO per tutte le modalità considerate.

Le fonti da cui sono stati ottenuti i dati per ciascuna Azienda sono riportate in Tab.2.1.

Provenienza dei dati sul numero di prestazioni			
Azienda	Strutture pubbliche	Strutture private in convenzione e strutture fuori regione	Radiologia Interventistica
ASL 1 Massa-Carrara	RIS	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 2 Lucca	RIS	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 3 Pistoia	SPA+SDO	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 4 Prato	RIS	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 5 Pisa	RIS	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 6 Livorno	SPA+SDO	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 7 Siena	RIS	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 8 Arezzo	RIS	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 9 Grosseto	SPA+SDO	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 10 Firenze	RIS	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 11 Empoli	SPA+SDO	SPA+SDO	SPA+SDO
ASL 12 Viareggio	SPA+SDO	SPA+SDO	SPA+SDO
AOU Careggi	RIS	-	SPA+SDO
AOU Meyer	SPA+SDO	-	SPA+SDO
AOU Pisana	RIS	-	SPA+SDO
AOU Senese	RIS	-	SPA+SDO

Tabella 2.1: I dati necessari a valutare la numerosità degli esami eseguiti nel 2011 in Toscana sono stati ottenuti da diverse fonti, questo metodo è stato valutato quello più attendibile e meno propenso alla perdita di dati.

Il numero totale di prestazioni erogate a persone residenti nella Regione Toscana nell'anno 2011 risulta essere pari a 3042291 esami, limitatamente ai 230 codici esame presi in considerazione.

Questa valutazione non tiene conto degli esami eseguiti in centri privati non convenzionati con il SSN in quanto, sebbene tutte le strutture private accreditate siano state contattate e invitate a partecipare al progetto tramite un questionario ad hoc, le risposte pervenute sono state inferiori al 15%. I dati a disposizione non sono stati ritenuti sufficienti a formulare un'ipotesi di contributo alla dose efficace collettiva

e pro-capite per cui, onde evitare assunzioni non corrette, si è preferito escludere i centri privati da questa valutazione.

In termini di numerosità delle prestazioni il settore dominante è quello della Radiologia tradizionale con il 72% delle prestazioni, seguito dalla TC con il 14% (Fig.2.2).

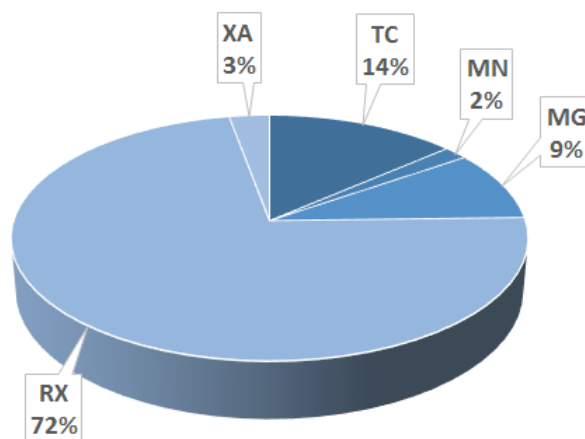


Figura 2.2: Percentuale degli esami eseguiti nell'anno 2011 in Toscana riferita alla sola numerosità divisa per modalità: TC (tomografia computerizzata), MN (medicina nucleare), MG (mammografia), RX (radiologia tradizionale), XA (radiologia interventistica).

Le prestazioni effettuate in strutture pubbliche toscane risultano essere l'88% del totale, quelle erogate in strutture private convenzionate sono pari all'11% mentre le prestazioni erogate fuori regione sono soltanto l'1% (Tab.2.2).

Numero Totale di Prestazioni		
Strutture pubbliche	Strutture private in convenzione	Strutture fuori regione
2679389	319665	43237
Totale: 3042291		

Tabella 2.2: Numero totale di prestazioni erogate alla popolazione della Regione Toscana nel 2011.

La numerosità degli esami suddivisa tra le 10 province della Regione Toscana vede un contributo del 27% di Firenze seguito da quello di Pisa, di Lucca e delle altre province (Fig.2.3).

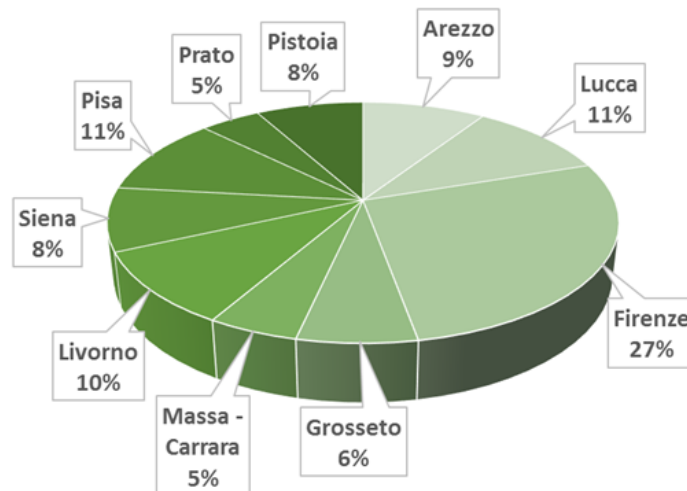


Figura 2.3: Contributo alla numerosità degli esami eseguiti nel 2011 suddiviso tra le 10 province della Regione Toscana.

Questi dati sulla numerosità verranno utilizzati per valutare il contributo della dose efficace collettiva proveniente da ciascuna modalità diagnostica.

Capitolo 3

Strumenti per l'elaborazione dei dati

Per la valutazione della dose efficace associata a ciascun esame sono stati utilizzati due differenti metodi, uno per le modalità TC, MG, RX e MN e un altro per la modalità XA. Per il primo gruppo si è proceduto alla valutazione della dose per mezzo di un questionario compilato dai referenti TSRM e medici nucleari con dati dosimetrici, parametri di esposizione e valori di attività somministrata.

La valutazione della dose in XA è trattata separatamente. Questa scelta metodologica deriva dalla complessità associata alle procedure XA che sono molto variabili in base alle peculiarità del paziente e al tipo di intervento. Sarebbe quindi risultato complicato richiedere ai referenti che hanno collaborato al progetto di individuare parametri standard riferiti a questo tipo di esami.

In questo capitolo verrà quindi illustrato il metodo di raccolta dati per le sole modalità TC, MG, RX e MN.

3.1 Selezione dei codici esami da inserire nei questionari

I dati dosimetrici ed espositivi relativi alle singole procedure diagnostiche e alle apparecchiature con cui queste vengono effettuate, sono stati rilevati attraverso dei questionari relativi ciascuno a una differente modalità diagnostica (TC, RX, MG, MN). Sebbene siano stati selezionati 230 esami che impiegano radiazioni ionizzanti, non tutti sono stati inseriti all'interno dei questionari per evitare di appesantirli troppo. Pertanto, sulla base della numerosità associata a ciascuno dei 230 codici esame (anno 2011) e prendendo in considerazione il valore di dose efficace associato a ciascuno di essi dal precedente Report del 2006, è stata ricavata la relativa dose

efficace collettiva. L'elenco è stato ordinato per valori decrescenti di dose in modo da poter individuare gli esami che contribuiscono maggiormente al totale della dose collettiva pesati per la numerosità.

In totale sono stati selezionati 67 codici nomenclatore che sono stati organizzati in base alle quattro aree corrispondenti alle diverse modalità diagnostiche (Tab.3.1).

Modalità diagnostica	Numero di esami
Mammografia	1
Medicina Nucleare	19
Radiologia	25
Tomografia Computerizzata	18

Tabella 3.1: Numero di esami presente nei questionari per ognuna delle modalità diagnostiche considerate.

Questi esami sono responsabili di circa il 98% della dose efficace collettiva ottenuta considerando i valori noti dal precedente report per cui l'insieme delle procedure escluse dai questionari contribuisce a circa il 2% della dose efficace collettiva.

3.2 Questionari

I questionari, relativi ciascuno a una determinata modalità diagnostica, sono riportati per intero in Appendice A e presentano la seguente organizzazione:

- *Intestazione*: vengono richieste informazioni generali sulla struttura di riferimento e sulle apparecchiature utilizzate.

VALUTAZIONE DELLA DOSE DA ESPOSIZIONI MEDICHE ALLA POPOLAZIONE DELLA REGIONE TOSCANA			
Raccolta dati esami di radiologia			
1. IDENTIFICAZIONE STRUTTURA			
Azienda U.S.L. ¹			
Azienda Ospedaliera ²			
Presidio ²			
Reparto/U.O. ³			
Sala Diagnostica ⁴			
2. IDENTIFICAZIONE APPARECCHIO			
Marca ⁵			
Modello ⁶			
S.E.V. ⁷	Filtrazione ⁷		kV ⁸

Figura 3.1: Questionario di radiologia: nell'intestazione vengono richieste informazioni generali sulla struttura di riferimento e sulle apparecchiature utilizzate.

- Dati: nel caso della medicina nucleare è richiesto di specificare il tipo e l'attività di radionuclide normalmente utilizzato mentre per le altre metodologie sono richiesti i parametri di esposizione e le grandezze dosimetriche necessarie alla valutazione della dose efficace media da associare alla relativa procedura.

Cod.Nom.	87.44.1	Descr.	radiografia del torace di routine, nas				
	Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)							
2)							
3)							
4)							

Figura 3.2: Questionario di radiologia: raccolta dati relativi alla radiografia del torace di routine.

- Legenda: sono spiegate, in dettaglio, le informazioni richieste nel questionario.
- Note e Osservazioni: spazio lasciato libero a disposizione di chi compila il questionario per eventuali precisazioni sui dati riportati.
- Fantocci: nel caso della radiologia e della tomografia computerizzata, viene richiesto di definire, per ogni procedura, la regione anatomica interessata disegnando i limiti del campo radiante su dei fantocci antropomorfi stilizzati.

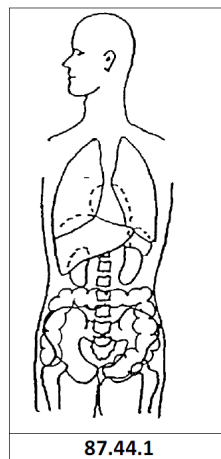


Figura 3.3: Questionario di radiologia: fantoccio stilizzato in cui si richiede di localizzare la regione anatomica di interesse per un dato esame (in questo caso la radiografia del torace).

I dati espositivi e dosimetrici richiesti si riferiscono a un paziente standard di 70 kg con uno spessore addominale di 20 cm.

Alcune informazioni richieste sono ridondanti ma permettono di avere dei dati per confrontare e se del caso correggere i valori mancanti o errati. I dati dosimetrici come il CTDI nei questionari di TC o il DAP nei questionari di RX non vengono utilizzati direttamente per la valutazione della dose ma permettono di avere un controllo sulla correttezza dei valori forniti nei questionari.

I fantocci si sono rivelati indispensabili nell'identificazione della regione anatomica interessata dal singolo esame diagnostico.

I questionari di TC, RX e MG sono stati distribuiti e compilati dai referenti TSRM delle strutture selezionate mentre i referenti medici nucleari hanno fornito i dati relativi alla medicina nucleare.

3.3 Software di simulazione

Per valutare la dose efficace da associare a ogni esame selezionato di RX e TC, sono stati utilizzati due software ampiamente citati in letteratura: PCXMC [11] e ImPACT CTDosimetry [12].

3.3.1 PCXMC

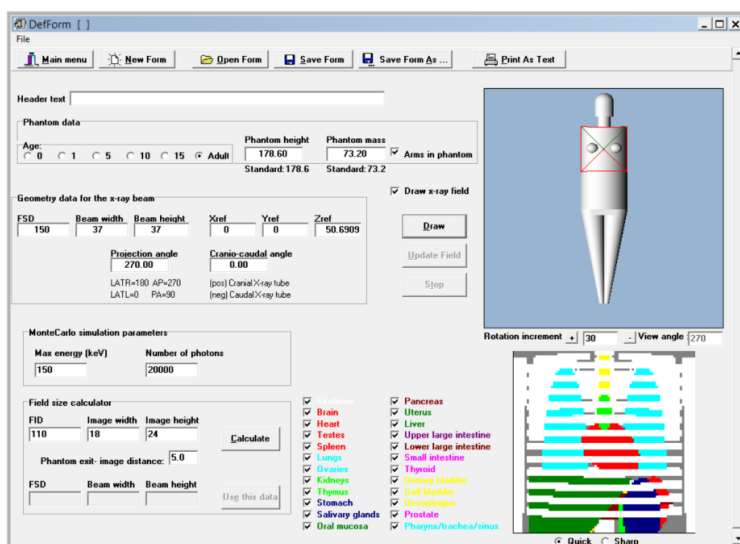


Figura 3.4: Esempio di interfaccia del software di simulazione PCXMC con fantoccio per l'individuazione del campo.

Sviluppato da STUK (Finlandia), PCXMC è un software per il calcolo della dose agli organi e della dose efficace al paziente negli esami radiologici (radiografia e fluoroscopia). Le dosi sono calcolate in 29 organi e tessuti; come fattori di peso sono stati considerati quelli della Pubblicazione n. 103 dell'ICRP del 2007.

I risultati forniti dal software PCXMC derivano da simulazioni Monte Carlo effettuate su un fantoccio ermafrodito basato sul modello anatomico proposto da Cristy and Eckerman (1987) (Fig.3.4). L'affidabilità dei dati è supportata da numerose pubblicazioni.

Il calcolo di PCXMC dell'output del tubo radiogeno si basa su misure effettuate su 46 diversi tipologie di tubi e/o scelte dei filtri. La deviazione standard tra i valori misurati e quelli calcolati è del 16%. Per effettuare la simulazione si devono inserire i parametri di esposizione quali, ad esempio, il carico anodico (mAs) e la tensione di picco del tubo (kVp) relativi ad un determinato esame radiologico; l'interfaccia grafica permette, inoltre, di definire visivamente le condizioni in cui viene svolto l'esame stesso (ad esempio la posizione del tubo rispetto al paziente e le dimensioni del campo).

3.3.2 ImPACT CTDosimetry

The screenshot displays the ImPACT CTDosimetry software interface. It is divided into several sections:

- Scanner Model:** Includes fields for Manufacturer, Scanner, kV (set to 120), Scan Region (Body), Data Set, and Current Data.
- Acquisition Parameters:** Lists Tube current (200 mA), Rotation time (0.7 s), Spiral pitch (0.984), mAs / Rotation (140 mAs), Effective mAs (142.2764 mAs), Collimation (40 mm), Rel. CTDI (0.86), CTDI (air) (30.0 mGy/100mAs), CTDI (soft tissue) (32.1 mGy/100mAs), and CTDI_w (9.5 mGy/100mAs).
- Organ weighting scheme:** Set to ICRP 103.
- Scan range:** Start Position (39.5 cm) and End Position (69.5 cm).
- Organ weighting table:**

Organ	w _r	H _r (mGy)	w _r ·H _r
Gonads	0.08	0.027	0.0021
Bone Marrow	0.12	5.7	0.68
Colon	0.12	0.18	0.021
Lung	0.12	21	2.5
Stomach	0.12	4.6	0.55
Bladder	0.04	0.01	0.00042
Breast	0.12	16	1.9
Liver	0.04	7.3	0.29
Oesophagus (Thymus)	0.04	24	0.98
Thyroid	0.04	3.9	0.16
Skin	0.01	4.2	0.042
Bone Surface	0.01	12	0.12
Brain	0.01	0.15	0.0015
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.15	0.0015
Remainder	0.12	6.4	0.77
Not Applicable	0	0	0
Total Effective Dose (mSv)			8.1
- Remainder Organs table:**

Remainder Organs	H _r (mGy)
Adrenals	11
Small Intestine	0.2
Kidney	1.4
Pancreas	5.5
Spleen	5.4
Thymus	24
Uterus / Prostate (Bladder)	0.024
Muscle	4.5
Gall Bladder	1.6
Heart	21
ET region (Thyroid)	3.9
Lymph nodes (Muscle)	4.5
Oral mucosa (Brain)	0.15
Other organs of interest	H_r (mGy)
Eye lenses	0.27
Testes	0.00066
Ovaries	0.052
Uterus	0.038
Prostate	0.01
- Summary values:** CTDI_w (13.3 mGy), CTDI_{air} (13.5 mGy), and DLP (406 mGy·cm).

Figura 3.5: Interfaccia del software di simulazione ImPACT CTDosimetry.

Sviluppato da ImPACT, gruppo inglese di valutazione degli scanner CT, ImPACT CTDosimetry è un software per il calcolo della dose agli organi e della dose efficace al paziente negli esami di tomografia computerizzata.

Le dosi sono calcolate in 31 organi e tessuti; come fattori di peso sono stati considerati quelli presenti nella Pubblicazione n. 103 dell'ICRP del 2007. Il calcolo della dose efficace per un determinato esame diagnostico di tomografia computerizzata viene eseguito dal programma attraverso una simulazione Monte Carlo dell'interazione tra lo spettro di raggi X e un fantoccio matematico, adulto ed ermafrodito, utilizzato come standard presso il National Radiological Protection Board (NRPB).

L'affidabilità del valore di dose efficace restituito dal software ImPACT CTDosimetry è ribadita da numerosi lavori in letteratura.

Per effettuare la simulazione devono essere inserite sia la marca e il modello del tomografo preso in considerazione sia i parametri di esposizione (ad esempio la corrente anodica e la tensione di lavoro del tubo) relativi a un determinato esame TC (Fig.3.5). Il programma consente inoltre di definire sui fantocci la lunghezza di scansione e la regione anatomica in cui viene svolto l'esame (Fig.3.6).

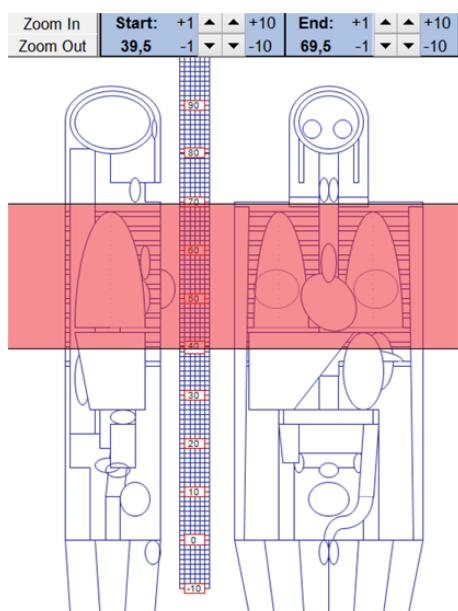


Figura 3.6: Fantoccio ermafrodito implementato in ImPACT CTDosimetry. Il box rosso viene impostato dall'utente e indica i limiti di estensione della scansione.

Capitolo 4

Dose efficace

In questo capitolo è spiegato il procedimento con cui si è associato un valore di dose efficace a ognuno dei 67 esami selezionati, partendo dai dati dei questionari.

Utilizzando i dati provenienti dalle diverse strutture ospedaliere prese in considerazione è stato stimato un valore medio di dose efficace per singolo esame con associata un'incertezza rappresentativa della variabilità con cui tale esame viene eseguito nel territorio regionale.

4.1 Tomografia computerizzata

I 18 esami TC considerati in questa valutazione sono riportati, con il relativo codice nomenclatore, in Tab.4.1. Per ognuno di questi esami sono stati raccolti i parametri di esposizione e i dati dosimetrici tramite questionari compilati principalmente dai referenti TSRM. La valutazione della dose efficace per singolo esame, su un paziente standard (circa 70 kg di peso e spessore addominale di 20 cm) è stata effettuata utilizzando il software ImPACT CTDosimetry.

Per ogni questionario, oltre al modello e alla marca del tomografo, sono stati utilizzati per le simulazioni Monte Carlo i seguenti parametri:

- Tipologia dell'acquisizione (sequenziale o elicoidale)
- Collimazione del fascio
- Numero di serie effettuate per l'esame specifico
- Tensione di picco
- Corrente del tubo

- Tempo di rotazione del tubo
- Valore del pitch¹
- Lunghezza della scansione o, alternativamente, campo individuato sui fantocci

ESAMI DI TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA SELEZIONATI	
CODICE	ESAME
87.03	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL CAPO
87.03.1	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL CAPO, SENZA E CON CONTRASTO
87.03.2	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL MASSICCIO FACCIALE
87.03.3	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL MASSICCIO FACCIALE, SENZA E CON CONTRASTO
87.03.7	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL COLLO
87.03.8	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL COLLO SENZA E CON CONTRASTO
87.41	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL TORACE
87.41.1	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL TORACE, SENZA E CON CONTRASTO
88.01.1	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL'ADDOME SUPERIORE
88.01.2	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL'ADDOME SUPERIORE, SENZA E CON CONTRASTO
88.01.3	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL'ADDOME INFERIORE
88.01.4	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL'ADDOME INFERIORE, SENZA E CON CONTRASTO
88.01.5	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL'ADDOME COMPLETO
88.01.6	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL'ADDOME COMPLETO, SENZA E CON CONTRASTO
88.38.1	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL RACHIDE E DELLO SPECO VERTEBRALE
88.38.2	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL RACHIDE E DELLO SPECO VERTEBRALE, SENZA E CON CONTRASTO
88.38.3	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL'ARTO SUPERIORE
88.38.5	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL BACINO

Tabella 4.1: Codice nomenclatore e relativa descrizione degli esami TC di cui è stata valutata la dose efficace.

Il valore del CTDI fornito nei questionari non è stato impiegato direttamente per la valutazione della dose efficace ma è stato richiesto come ulteriore controllo della correttezza degli altri parametri.

¹Il pitch è definito come rapporto tra lo scorrimento del lettino (in mm) durante una rotazione completa del tubo radiogeno e la collimazione.

Il valore di dose efficace ottenuto dalle simulazioni per ogni esame selezionato è stato moltiplicato per la numerosità dell'esame stesso. Così facendo si è valutata la dose efficace collettiva dovuta agli esami TC presi in considerazione come mostrato in Tab.4.2.

TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA			
CODICE	NUM.ESAMI	D.EFF. (mSv)	D.EFF.COL. (Sv uomo)
87.03	144467	2.3±0.1	(3.3±0.2)·10 ²
87.03.1	22697	4.5±0.3	(1.02±0.07)·10 ²
87.03.2	17074	1.0±0.1	(1.7±0.3)·10
87.03.3	1671	2.1±0.3	3.5±0.5
87.03.7	2069	2.4±0.3	5.0±0.6
87.03.8	13506	5.3±0.8	(7.2±1.1)·10
87.41	33191	7.3±0.6	(2.4±0.2)·10 ²
87.41.1	76356	15±1	(1.15±0.08)·10 ³
88.01.1	3807	5.8±0.6	(2.2±0.2)·10
88.01.2	10210	16±2	(1.6±0.2)·10 ²
88.01.3	1857	4.6±0.3	8.5±0.6
88.01.4	6670	12±2	(8.0±1.3)·10
88.01.5	13450	8.6±0.8	(1.16±0.11)·10 ²
88.01.6	75905	27±4	(2.0±0.3)·10 ³
88.38.1	40224	10±1	(4.0±0.4)·10 ²
88.38.2	1186	20±2	(2.4±0.2)·10
88.38.3	4467	4.6±0.6	(2.1±0.3)·10
88.38.5	3783	7±1	(2.6±0.4)·10

Tabella 4.2: Numero di esami, valore medio della dose efficace (mSv) e della dose efficace collettiva (Sv uomo) con i relativi errori standard per gli esami presenti nei questionari.

L'incertezza riportata in Tab.4.2 è l'errore standard² dovuto esclusivamente alla variabilità con cui gli esami vengono eseguiti nelle diverse strutture.

²l'errore standard è calcolato nel modo seguente:

$$\text{Errore Standard} = \frac{\text{Deviazione Standard}}{\sqrt{N}}$$

con N = numero di strutture ospedaliere considerate nella valutazione.

Nell'istogramma di Fig.4.1 si evidenzia il contributo per quanto riguarda la dose efficace collettiva degli esami TC selezionati.

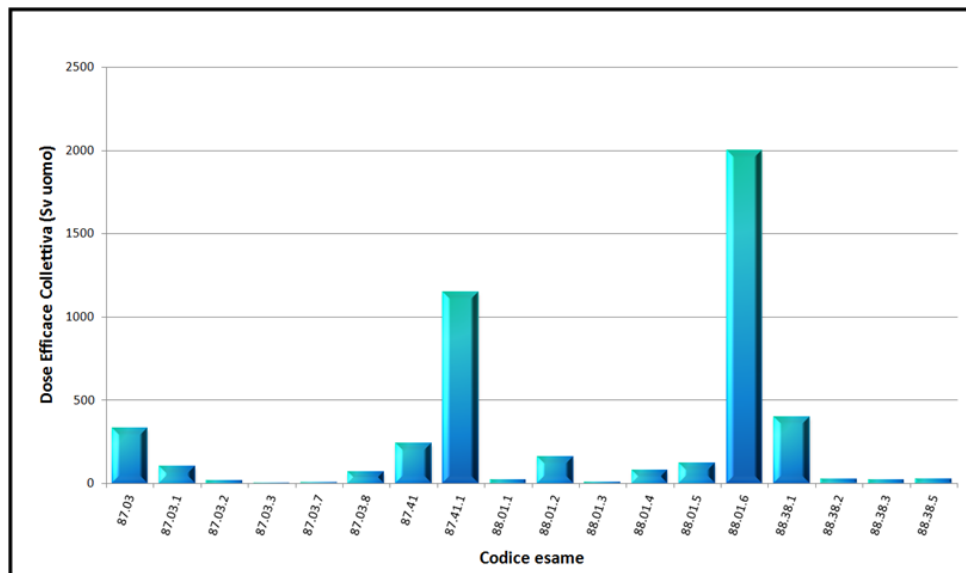


Figura 4.1: Confronto tra le dosi efficaci collettive dei singoli esami di tomografia computerizzata.

L'esame che maggiormente contribuisce alla dose efficace collettiva è quello individuato dal codice nomenclatore 88.01.06 e cioè la "tomografia computerizzata dell'addome completo, senza e con contrasto". A tale esame diagnostico è associata una dose efficace media di 27 mSv e la relativa numerosità è consistente (75 905).

L'errore standard sulla dose efficace collettiva e pro-capite è stato inizialmente valutato propagando l'errore standard trovato su singolo esame.

Non è stato possibile individuare l'incertezza sui parametri espositivi, pertanto si è utilizzata la tolleranza del 20% sulla misura del CTDI per stimare l'incertezza sulla dose efficace dovuta all'incertezza sulla misura di tali parametri. In particolare, nel software di simulazione si sono scelti dei valori dei parametri di esposizione tali da ottenere una variazione del 20% del CTDI e si è valutata la corrispondente variazione di dose efficace.

Le simulazioni mostrano che a un'incertezza sul CTDI del 20% corrisponde, in media, un'incertezza di circa il 20% sul valore di dose efficace; si è scelto, pertanto, di sommare in quadratura quest'ultima incertezza con quella relativa alla variabilità con cui vengono effettuati gli esami nei vari centri.

In Tab.4.3 sono riassunti i risultati di dose efficace annua collettiva e di dose efficace

media pro-capite dovuti ai soli esami TC presenti nei questionari.

DOSE EFFICACE TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA	
COLLETTIVA (Sv uomo)	PRO-CAPITE (mSv)
$(4.8 \pm 1.1) \cdot 10^3$	1.3 ± 0.3

Tabella 4.3: Dose efficace collettiva e dose efficace pro-capite con relativa incertezza dovuta agli esami di tomografia computerizzata considerati nella valutazione.

La dose efficace per quegli esami TC che non sono rientrati nel presente studio, a causa del contributo trascurabile alla dose efficace collettiva, è stata ricavata dalla letteratura ed è riportata nell'Appendice B.

4.2 Radiologia tradizionale

In Tab.4.4 sono riportati i 25 esami di radiologia tradizionale con relativo codice nomenclatore selezionati nella presente valutazione.

Nel caso in cui un determinato codice identifichi diversi esami radiologici (ad esempio il codice 87.43.2 corrispondente ad "altra radiografia di coste, sterno e clavicola") viene riportato, tra parentesi, l'esame su cui è stata effettuata la valutazione (in generale quello che viene eseguito con maggior frequenza).

I dati espositivi e dosimetrici per ciascun esame selezionato sono stati raccolti tramite i questionari compilati principalmente dai referenti TSRM.

La dose efficace è stata valutata utilizzando il software PCXMC che fa riferimento a un paziente standard (circa 70 kg di peso e spessore addominale di 20 cm).

Per ogni questionario, sono stati utilizzati per le simulazioni Monte Carlo i seguenti dati espositivi:

- Tipologia e numero di proiezioni (latero-laterali, antero-posteriori,...)
- Tensione di picco
- Carico anodico
- Distanza fuoco-pelle
- Filtrazione totale del fascio radiante
- Dimensioni del campo di radiazione

ESAMI DI RADIOLOGIA TRADIZIONALE SELEZIONATI	
CODICE	ESAME
87.09.2	RADIOGRAFIA DEL TRATTO FARINGO-CRICO-ESOFAGEO-CARDIALE
87.16.1	ALTRA RADIOGRAFIA DI OSSA DELLA FACCIA (ossa nasali)
87.22	RADIOGRAFIA DELLA COLONNA CERVICALE
87.23	RADIOGRAFIA DELLA COLONNA TORACICA
87.24	RADIOGRAFIA DELLA COLONNA LOMBOSACRALE
87.29	RADIOGRAFIA COMPLETA DELLA COLONNA
87.43.2	ALTRA RADIOGRAFIA DI COSTE, STERNO E CLAVICOLA (scheletro costale)
87.44.1	RADIOGRAFIA DEL TORACE DI ROUTINE, NAS
87.61	RADIOGRAFIA COMPLETA DEL TUBO DIGERENTE
87.62	RADIOGRAFIA DEL TRATTO GASTROINTESTINALE SUPERIORE
87.62.1	RADIOGRAFIA DELL'ESOFAGO CON CONTRASTO
87.62.2	RADIOGRAFIA DELL'ESOFAGO CON DOPPIO CONTRASTO
87.62.3	RADIOGRAFIA DELLO STOMACO E DEL DUODENO
87.63	STUDIO SERIATO DELL'INTESTINO TENUE
87.64	RADIOGRAFIA DEL TRATTO GASTROINTESTINALE INFERIORE
87.65.1	CLISMA OPACO SEMPLICE
87.65.2	CLISMA OPACO DOPPIO CONTRASTO
87.73	UROGRAFIA ENDOVENOSA
87.76	CISTOURETROGRAFIA RETROGRADA
87.76.1	CISTOURETROGRAFIA MINZIONALE
88.19	RADIOGRAFIA DELL'ADDOME
88.21	RADIOGRAFIA DELLA SPALLA E DELL'ARTO SUPERIORE (spalla)
88.26	RADIOGRAFIA DI PELVI E ANCA (pelvi, anca)
88.27	RADIOGRAFIA DEL FEMORE, GINOCCHIO E GAMBA (ginocchio)
88.29.1	RADIOGRAFIA COMPLETA DEGLI ARTI INFERIORI E DEL BACINO SOTTO CARICO

Tabella 4.4: Codici nomenclatore e relativa descrizione degli esami di radiologia presi in considerazione.

Il DAP richiesto nei questionari non è stato utilizzato direttamente per la valutazione della dose efficace ma è stato richiesto come ulteriore controllo della correttezza degli altri parametri.

La dose efficace ottenuta da simulazione per ogni esame selezionato è stata moltiplicata per il numero di volte in cui lo stesso esame è stato eseguito. Così facendo si è valutata la dose efficace collettiva dovuta agli esami di radiologia selezionati.

I risultati ottenuti sono riportati in Tab.4.5. L'errore standard (riportato in Tab.4.5) è calcolato considerando esclusivamente la variabilità con cui gli esami vengono eseguiti nelle diverse strutture.

RADIOLOGIA TRADIZIONALE			
CODICE	NUM.ESAMI	D.EFF. (mSv)	D.EFF.COL. (Sv uomo)
87.09.2	454	0.04±0.01	$(1.8±0.5)·10^{-2}$
87.16.1	12647	0.004±0.001	$(5.1±1.3)·10^{-2}$
87.22	95250	0.05±0.01	5±1
87.23	54106	0.5±0.2	$(2.7±1.1)·10$
87.24	135734	0.6±0.2	$(8±3)·10$
87.29	9139	0.52±0.07	4.8±0.6
87.43.2	63555	0.7±0.2	$(4.4±1.3)·10$
87.44.1	564451	0.14±0.04	$(8±2)·10$
87.61	3230	2.6±0.9	8±3
87.62	2950	1.71±0.06	5.0±0.2
87.62.1	1926	1.0±0.3	2.0±0.6
87.62.2	1405	1.0±0.3	1.4±0.4
87.62.3	1827	1.4±0.3	2.6±0.5
87.63	1246	0.9±0.3	1.1±0.4
87.64	210	1.3±0.6	$(2.7±1.3)·10^{-1}$
87.65.1	1928	2.0±0.8	3.9±1.5
87.65.2	3903	2.0±0.8	8±3
87.73	642	1.1±0.1	$(7.1±0.6)·10^{-1}$
87.76	1664	1.1±0.4	1.8±0.7
87.76.1	536	1.1±0.4	$(6±2)·10^{-1}$
88.19	67206	0.5±0.1	$(3.5±0.7)·10$
88.21	99612	0.029±0.006	2.9±0.6
88.26	202364	0.21±0.05	$(4.2±1.0)·10$
88.27	204991	0.0017±0.0003	$(3.5±0.6)·10^{-1}$
88.29.1	6989	0.19±0.07	1.3±0.5

Tabella 4.5: Numero di esami, valore medio della dose efficace (mSv) e della dose efficace collettiva (Sv uomo) con i relativi errori standard per gli esami presenti nei questionari.

Nell'istogramma di Fig.4.2 si evidenzia il contributo alla dose efficace collettiva dei diversi esami di radiologia tradizionale considerati.

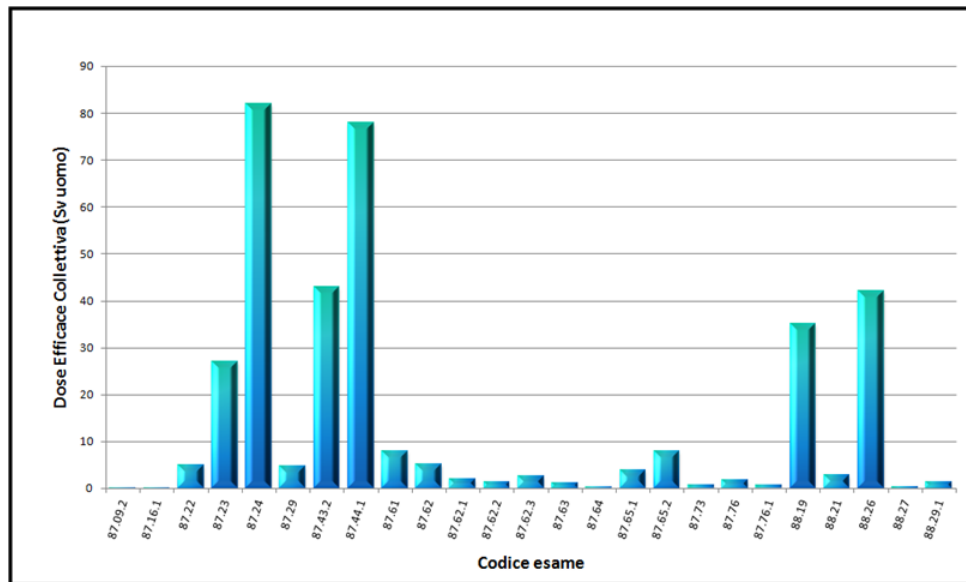


Figura 4.2: Confronto tra le dosi efficaci collettive dei singoli esami di radiologia tradizionale.

In questo caso l'esame che maggiormente contribuisce alla dose efficace collettiva è quello individuato dal codice nomenclatore 87.24 e cioè la "radiografia della colonna lombosacrale" cui è associata una dose efficace media di 0.6 mSv e una consistente numerosità di esami (135734).

In Tab.4.6 sono riassunti i risultati di dose efficace media collettiva e di dose efficace media pro-capite dovuti agli esami di radiologia tradizionale selezionati.

DOSE EFFICACE RADIOLOGIA TRADIZIONALE	
COLLETTIVA (Sv uomo)	PRO-CAPITE (mSv)
$(3.6 \pm 1.1) \cdot 10^2$	0.10 ± 0.03

Tabella 4.6: Dose efficace collettiva e dose efficace pro-capite con relativa incertezza dovuta agli esami di radiologia considerati nella valutazione.

L'errore standard sulla dose efficace collettiva e pro-capite è stato inizialmente valutato propagando l'errore standard trovato sul singolo esame. A quest'ultimo, che descrive la variabilità con cui vengono effettuati gli esami nei vari centri, si è sommata in quadratura l'incertezza del 16% dovuta all'utilizzo del software PCXMC.

La dose efficace per quegli esami RX che non sono rientrati nel presente studio a causa del contributo trascurabile alla dose efficace collettiva è stata ricavata dalla letteratura ed è riportata nell'Appendice B.

4.3 Medicina nucleare

Per quanto riguarda il calcolo della dose efficace per radiofarmaci impiegati in diagnostica, la ICRP ha presentato numerose Pubblicazioni.

La Pubblicazione n. 53 (1987) [13] contiene i dati utili al calcolo della dose per circa 120 radionuclidi. Nelle Pubblicazioni n. 62 (1991) [14] e n. 80 (1998) [15], sono stati aggiunti i dati di altri 16 radionuclidi. Successivamente, sono state integrate le informazioni sulla biocinetica e i dati di 25 nuovi radionuclidi con la Pubblicazione n. 106 (2008) [16]. Infine, si è aggiunta la Pubblicazione n. 128 (2015) [17] che include anche raccomandazioni in materia di allattamento al seno per le madri che hanno subito procedure di medicina nucleare.

La stima della dose efficace in medicina nucleare è subordinata alla conoscenza dei seguenti parametri:

- descrizione della prestazione erogata
- tipo di radiofarmaco impiegato
- attività di radiofarmaco somministrata
- forma chimica del radiofarmaco
- metabolismo del paziente

In letteratura, si trovano tabulati i coefficienti di conversione, ottenuti mediante simulazione Monte Carlo su fantoccio di taglia standard, che consentono di determinare, a partire dal valore di attività di radiofarmaco somministrata, il valore di dose efficace al paziente. Questi coefficienti tengono conto della forma chimica del radionuclide impiegato e del modo in cui esso viene metabolizzato dal paziente standard. L'elenco degli esami considerati e i relativi codici nomenclatore sono presentati in Tab.4.7.

Per ognuno di questi esami, attraverso dei questionari inviati ai referenti medici nucleari, è stato chiesto il tipo di radiofarmaco utilizzato e la quantità di attività somministrata.

ESAMI DI MEDICINA NUCLEARE	
CODICE	ESAME
92.01.3	SCINTIGRAFIA TIROIDEA
92.03.3	SCINTIGRAFIA SEQUENZIALE RENALE
92.05.1	SCINTIGRAFIA MIOCARDICA DI PERFUSIONE
92.05.4	ANGIOCARDIOSCINTIGRAFIA ALL'EQUILIBRIO
92.09.2	TOMOSCINTIGRAFIA MIOCARDICA (SPET) DI PERFUSIONE A RIPOSO O DOPO STIMOLO
92.11.5	TOMOSCINTIGRAFIA CEREBRALE (SPET)
92.11.6	TOMOSCINTIGRAFIA CEREBRALE (PET) - STUDIO QUALITATIVO
92.14.1	SCINTIGRAFIA OSSEA O ARTICOLARE SEGMENTARIA
92.14.2	SCINTIGRAFIA OSSEA O ARTICOLARE SEGMENTARIA POLIFASICA
92.15.1	SCINTIGRAFIA POLMONARE PERFUSIONALE (6 PROIEZIONI)
92.15.5	TOMOSCINTIGRAFIA POLMONARE
92.18.2	SCINTIGRAFIA OSSEA O ARTICOLARE
92.18.3	RICERCA DI METASTASI DI TUMORI TIROIDEI
92.18.4	SCINTIGRAFIA GLOBALE CORPOREA CON CELLULE AUTOLOGHE MARCATE
92.18.5	SCINTIGRAFIA GLOBALE CORPOREA CON TRACCIANTI IMMUNOLOGICI E RECETTORIALI
92.18.6	TOMOSCINTIGRAFIA GLOBALE CORPOREA (PET)
92.19.6	SCINTIGRAFIA SEGMENTARIA DOPO SCINTIGRAFIA TOTAL BODY
92.19.8	TOMOSCINTIGRAFIA (SPET) CON INDICATORI POSITIVI

Tabella 4.7: Codici nomenclatore e relativa descrizione degli esami di medicina nucleare presi in considerazione.

Qualora per una stessa procedura diagnostica venissero impiegati più radiofarmaci, è stato chiesto di elencarli tutti e di specificare anche la percentuale di impiego di ciascuno rispetto al totale.

Utilizzando i coefficienti di conversione da attività a dose efficace (presenti nella Pubblicazione n. 128 dell'ICRP) per ciascun radionuclide impiegato nelle procedure considerate, si è ottenuto un valore di dose efficace da associare a ogni esame.

La dose efficace ottenuta per ogni esame selezionato è stata moltiplicata per il numero di volte in cui lo stesso esame è stato eseguito. Così facendo si è valutata la dose efficace collettiva dovuta agli esami di medicina nucleare selezionati.

I risultati ottenuti sono riportati in Tab.4.8. L'errore standard (riportato in Tab.4.8) è calcolato considerando esclusivamente la variabilità con cui gli esami vengono eseguiti nelle diverse strutture.

MEDICINA NUCLEARE			
CODICE	NUM.ESAMI	D.EFF. (mSv)	D.EFF.COL. (Sv uomo)
92.01.3	2771	2.1±0.2	5.8±0.6
92.03.3	1590	0.8±0.1	1.3±0.2
92.05.1	175	7±1	1.22±0.18
92.05.4	929	3.55±0.05	3.30±0.05
92.09.2	6370	7.5±0.9	(4.8±0.6)·10
92.11.5	1505	4.5±0.4	6.8±0.6
92.11.6	634	3.9±0.2	2.47±0.13
92.14.1	413	3.60±0.03	1.487±0.011
92.14.2	1183	3.60±0.03	4.26±0.03
92.15.1	1363	2.7±0.4	3.7±0.5
92.15.5	195	2.7±0.5	0.53±0.10
92.18.2	10439	3.60±0.03	(3.76±0.03)·10
92.18.3	734	11.9±0.6	8.7±0.4
92.18.4	542	5.9±0.9	3.2±0.5
92.18.5	787	8.0±0.7	6.3±0.6
92.18.6	12332	4.9±0.4	(6.0±0.5)·10
92.19.6	2889	4.0±0.1	(1.16±0.03)·10
92.19.8	1091	9.2±0.9	(1.00±0.11)·10

Tabella 4.8: Numero di esami, valore medio della dose efficace (mSv) e della dose efficace collettiva (Sv uomo) con i relativi errori standard per gli esami presenti nei questionari.

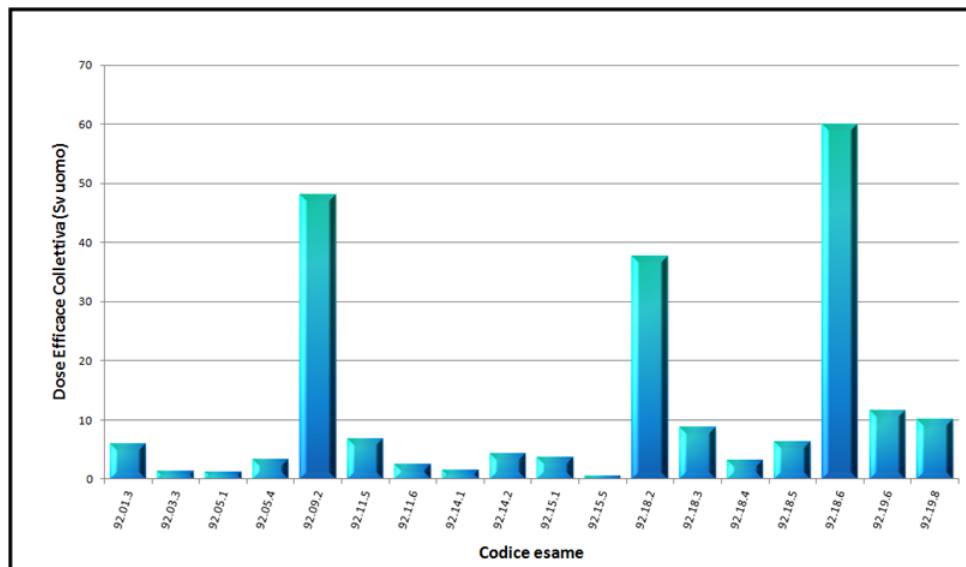


Figura 4.3: Confronto tra le dosi efficaci collettive dei singoli esami di medicina nucleare.

Nell'istogramma di Fig.4.3 si evidenzia il contributo alla dose efficace collettiva dei diversi esami di medicina nucleare considerati.

In questo caso l'esame che maggiormente contribuisce alla dose efficace collettiva è quello individuato dal codice nomenclatore 92.18.6 e cioè la "tomoscintigrafia globale corporea (PET)" cui è associata una dose efficace media di 4.9 mSv e una numerosità di 12332 esami. In Tab.4.9 sono riassunti i risultati di dose efficace media collettiva e di dose efficace media pro-capite dovuti agli esami di medicina nucleare selezionati.

DOSE EFFICACE MEDICINA NUCLEARE	
COLLETTIVA (Sv uomo)	PRO-CAPITE (mSv)
$(2.16 \pm 0.16) \cdot 10^2$	0.059 ± 0.004

Tabella 4.9: Dose efficace collettiva e dose efficace pro-capite con relativa incertezza dovuta agli esami di medicina nucleare considerati nella valutazione.

Per valutare l'incertezza sulla dose efficace collettiva e pro-capite, si è sommato in quadratura all'errore standard, l'incertezza (dell'ordine del 5%) con la quale viene determinata l'attività di radiofarmaco mediante calibratore di isotopi.

La dose efficace per quegli esami MN che non sono rientrati nel presente studio a causa del contributo trascurabile alla dose efficace collettiva è stata ricavata dalla letteratura ed è riportata nell'Appendice B.

4.4 Mammografia

Nel questionario relativo alla mammografia è presente un solo esame (Tab.4.10).

ESAMI DI MAMMOGRAFIA SELEZIONATI	
CODICE	ESAME
87.31.1	MAMMOGRAFIA BILATERALE

Tabella 4.10: Codice nomenclatore e relativa descrizione dell'unico esame di mammografia considerato.

Si è considerato l'esame standard, composto da due proiezioni (cranio-caudale e medio-laterale-obliqua) per ciascuna mammella per un totale di quattro esposizioni. Il dato dosimetrico richiesto nei questionari e utilizzato in questa valutazione è la dose ghiandola media (MGD).

Per stimare la dose efficace in mammografia si è proceduto seguendo la Pubblicazione

n. 103 dell'ICRP del 2007. La dose efficace, pertanto, è stata calcolata considerando la formula:

$$E = w_T H_T = w_T w_R D_{T,R}$$

dove w_T pari a 0.12 è il fattore di ponderazione per il tessuto della mammella (T), mentre H_T è la dose equivalente (in mSv). Quest'ultima grandezza è calcolata a partire dalla dose assorbita media ($D_{T,R}$), dovuta alla radiazione di tipo R, moltiplicata per il fattore di ponderazione per la radiazione (w_R) che, nel caso di radiazione X, è pari a 1. Per ottenere la dose efficace è sufficiente quindi moltiplicare la dose assorbita media (in questo caso la MGD) per il fattore di ponderazione della mammella. La dose efficace ottenuta per l'esame selezionato è stata moltiplicata per il numero di volte in cui l'esame è stato eseguito. Così facendo si è valutata la dose efficace collettiva dovuta alla mammografia.

I risultati ottenuti sono riportati in Tab.4.11. L'errore standard (riportato in Tab.4.11) è calcolato considerando esclusivamente la variabilità con cui gli esami vengono eseguiti nelle diverse strutture.

MAMMOGRAFIA			
CODICE	NUM.ESAMI	D.EFF. (mSv)	D.EFF.COL. (Sv uomo)
87.37.1	228497	0.74±0.06	(1.69±0.14)·10 ²

Tabella 4.11: Numero di esami, valore medio della dose efficace (mSv) e della dose efficace collettiva (Sv uomo) con i relativi errori standard per la mammografia bilaterale.

In Tab.4.12 sono riassunti i risultati di dose efficace media collettiva e di dose efficace media pro-capite dovuti all'esame di mammografia bilaterale.

DOSE EFFICACE MAMMOGRAFIA	
COLLETTIVA (Sv uomo)	PRO-CAPITE (mSv)
(1.69±0.14)·10 ²	0.046±0.004

Tabella 4.12: Dose efficace collettiva e dose efficace pro-capite con relativa incertezza dovuta all'esame di mammografia bilaterale.

L'errore standard sulla dose efficace collettiva e pro-capite è stato valutato propagando l'errore standard trovato sul singolo esame.

Capitolo 5

Radiologia interventistica

L'impiego delle tecniche di radiologia interventistica è molto cresciuto negli ultimi venti anni in quanto è stato dimostrato che, rispetto alla chirurgia tradizionale, riduce il rischio per il paziente e migliora i risultati clinici [18]. Tali procedure sono infatti meno invasive, presentano un ridotto rischio di infezioni e richiedono una degenza più breve rispetto alla chirurgia tradizionale. Tuttavia, esse aumentano il rischio stocastico per il paziente, ovvero il rischio di induzione di tumori e danni genetici, e possono produrre danni immediati a tessuti o organi (rischio deterministico) a causa delle consistenti dosi di radiazioni che possono essere impiegate durante l'intervento. Di conseguenza, grande attenzione è stata recentemente dedicata alla prevenzione di tali lesioni attraverso lo sviluppo di sistemi di imaging per la riduzione di dose e un aumento complessivo della consapevolezza per i medici che operano in questo settore. Nel 2011, ad esempio, il National Council on Radiation Protection and Measurement (NCRP) ha pubblicato il Report n. 168 [19]. Questo documento comprende 31 raccomandazioni, molte delle quali si riferiscono al monitoraggio della dose al paziente e pongono in rilievo la gestione del rischio radiologico e, in particolare, la gestione delle lesioni radioindotte di tipo deterministico a carico della cute. Nel 2013 la ICRP ha pubblicato il Report n. 120 [20] con la raccomandazione di creare un registro pazienti su cui annotare tutti i parametri di esposizione qualora durante la procedura interventistica si fossero superati i 3 Gy di dose alla cute. Del 2015 è invece il Rapporto ISTISAN 15/41 pubblicato dall'Istituto Superiore di Sanità [21] che si pone come obiettivo la sensibilizzazione "culturale" all'interno delle strutture del Servizio Sanitario Nazionale per ottimizzare e standardizzare le procedure di radiologia interventistica: le indicazioni operative riguardano gli aspetti legati alla radioprotezione del paziente, alla radioprotezione degli operatori e alle problematiche inerenti la formazione degli operatori. Si comprende dunque come sia a oggi

indispensabile operare un monitoraggio dosimetrico delle procedure interventistiche al fine di prevenire gli effetti deterministici alla cute e limitare quanto più possibile quelli stocastici.

Le grandezze utili al monitoraggio dell'esposizione del paziente in radiologia interventistica sono:

- Tempo di fluoroscopia (TF)
- KERMA in aria incidente cumulativo (CK) al punto di riferimento interventistico
- Prodotto dose-area (DAP)
- Dose massima alla cute (PSD)

Tuttavia, occorre specificare che il TF è un semplice indicatore della complessità della procedura interventistica ma, non essendo direttamente legato alla dose, non può essere visto come descrittore di dose al paziente. Il CK al punto di riferimento interventistico rappresenta la massima dose alla cute cui è soggetto il paziente. È un'informazione di tipo puntuale e non tiene conto della radiazione retrodiffusa dal paziente stesso; non può dunque essere considerata una grandezza rappresentativa della dose efficace su paziente. Un buon indicatore della dose al paziente è il DAP. Molti studi dimostrano la correlazione tra DAP e dose efficace e sono noti dalla letteratura dei coefficienti di conversione, ricavati mediante simulazione Monte Carlo su fantocci antropomorfi, che consentono di ottenere il valore di dose efficace a partire dal DAP misurato. Anche l'informazione sulla PSD può essere un utile strumento per la stima della dose efficace. Essa dipende dalla dose istantanea, dalla durata dell'esposizione, dalla dimensione e orientazione del fascio di raggi X. Può essere misurata direttamente, nel corso della procedura interventistica, mediante dosimetri di larga superficie (ad esempio, pellicole radiocromiche) che, oltre al dato sulla dose massima, consentono di ricavare anche una mappa della distribuzione della dose sulla cute del paziente. A partire da questa mappa di dose, con le opportune considerazioni, è possibile ricostruire in maniera retrospettiva la dose efficace cui è stato soggetto il paziente.

Dal 2005 è inoltre disponibile un nuovo strumento di monitoraggio della dose in radiologia interventistica: il Radiation Dose Structured Report (RDSR). Si tratta di un oggetto DICOM organizzato in una complessa struttura ad albero che contiene all'interno dei numerosi nodi tutte le informazioni relative ai dati anagrafici del paziente, al tipo di esame eseguito, ai parametri di esposizione utilizzati per singola scansione e ai dati dosimetrici. Il RDSR consente di eseguire valutazioni dosimetriche puntuali

ed accurate. Il maggiore limite è che non tutte le apparecchiature interventistiche sono configurate per generarlo.

Da quanto visto sino ad ora, si evince che non è definito in radiologia interventistica un indicatore dosimetrico univoco, definitivo e condiviso. È possibile stimare la dose efficace al paziente in modi diversi e con diversi livelli di accuratezza, in base ai dati a disposizione.

Per l'indagine in oggetto, data la variabilità intrinseca che caratterizza le procedure interventistiche (dovuta principalmente all'anatomia del paziente, al particolare quesito clinico, all'esperienza dell'operatore, a eventuali complicanze che possono incorrere nel corso dell'intervento), non è stato possibile strutturare un questionario per la raccolta dati. I parametri espositivi e dosimetrici utili all'indagine sono stati estratti quindi da database aziendali mediante l'utilizzo di software commerciali di monitoraggio della dose. Grazie alla collaborazione della Fondazione Monasterio di Massa, è stato possibile reperire i RDSR relativi ai principali esami di radiologia interventistica cardiovascolare.

Non è stato tuttavia possibile risalire ai registri dell'anno 2011: la dose efficace relativa al singolo esame è stata ricavata dai dati relativi agli anni 2014, 2015 e 2016.

5.1 Stima della dose efficace mediante l'utilizzo dei RDSR e del software PCXMC

In Tab.5.1 sono riportati i 17 esami di radiologia interventistica con relativo codice nomenclatore selezionati nella valutazione di dose efficace a partire dai RDSR attraverso l'utilizzo del software PCXMC. I RDSR contengono molte delle informazioni utili alla valutazione della dose efficace per le procedure in radiologia interventistica. In particolare, è possibile estrarre, separatamente per ogni "evento di irradiazione", i seguenti parametri:

- Tensione di picco
- Corrente anodica
- Tempo di irradiazione
- Spessore e materiale della filtrazione aggiuntiva
- Dimensioni del campo di irradiazione sul rivelatore
- Parametri geometrici sulla posizione del tubo radiogeno

- DAP

La distanza sorgente-paziente e le dimensioni del campo di irradiazione in ingresso al paziente devono essere determinate manualmente dall'operatore tenendo in considerazione le caratteristiche tecniche e geometriche dell'angiografo con cui sono stati generati i RDSR.

ESAMI DI RADIOLOGIA INTERVENTISTICA SELEZIONATI	
CODICE	ESAME
00.45	INSERZIONE DI UNO STENT VASCOLARE
00.46	INSERZIONE DI DUE STENT VASCOLARI
00.47	INSERZIONE DI TRE STENT VASCOLARI
00.48	INSERZIONE DI QUATTRO O PIU' STENT VASCOLARI
00.66	ANGIOPLASTICA PERCUTANEA CORONARICA TRANSLUMINARE (PTCA)
35.21	VALVULOPLASTICA AORTICA IMPIANTO VALVOLA AORTICA (TAVI)
35.23	VALVULOPLASTICA MITRALICA
37.61	CONTROPULSAZIONE AORTICA
37.80	IMPIANTO PACEMAKER
88.41	CAROTIDOGRAFIA
88.42.1	AORTOGRAFIA TORACICA
88.42.2 (A)	AORTOGRAFIA ADDOMINALE
88.42.2 (B)	ARTERIOGRAFIA SELETTIVA PERIFERICA
88.42.2 (C)	POSIZIONAMENTO DI ENDOPROTESI IN AORTA ADDOMINALE
88.52	ATRIOGRAFIA DESTRA
88.55	ARTERIOGRAFIA CORONARICA CON CATETERE SINGOLO
88.56	ARTERIOGRAFIA CORONARICA CON CATETERE DOPPIO

Tabella 5.1: Codici nomenclatore e relativa descrizione degli esami di radiologia interventistica presi in considerazione.

Una volta definiti tutti i parametri utili all'indagine, la stima della dose efficace è stata fatta mediante simulazione Monte Carlo utilizzando il software PCXMC. Si è analizzato un campione di 258 RDSR relativi ad altrettante procedure su pazienti cardiologici. Il valore medio di dose efficace \bar{E} associato al singolo esame è stato ricavato nel seguente modo:

$$\bar{E} = \frac{\text{Valore massimo di dose calcolato} + \text{Valore minimo di dose calcolato}}{2} \quad (5.1)$$

La valutazione dell'incertezza sulla misura si ottiene sommando in quadratura i seguenti due fattori:

- l'incertezza del 16% intrinseca all'utilizzo del software PCXMC
- l'incertezza massima $\text{err}(\bar{E})$ sulla misura

$$\text{err}(\bar{E}) = \frac{\text{Valore massimo di dose calcolato} - \text{Valore minimo di dose calcolato}}{2} \quad (5.2)$$

I risultati ottenuti sono riportati in Tab.5.2.

RADIOLOGIA INTERVENTISTICA			
CODICE	NUM.ESAMI	D.EFF. (mSv)	D.EFF.COL. (Sv uomo)
00.45	4209	9±3	(3.8±1.3)·10
00.46	1972	18±4	(3.5±0.8)·10
00.47	759	28±7	(2.1±0.5)·10
00.48	437	(6±2)·10	(2.6±0.9)·10
00.66	7504	12±5	(9±4)·10
35.21	669	29±6	(1.9±0.4)·10
35.23	150	27±7	4.1±1.1
37.61	210	3±1	(6±2)·10 ⁻¹
37.80	154	3±1	(4.6±1.5)·10 ⁻¹
88.41	1774	2.6±0.7	4.6±1.2
88.42.1	12	6±3	(7±4)·10 ⁻²
88.42.2 (A)	131	14±8	1.8±1.0
88.42.2 (B)	330	9±5	3.0±1.7
88.42.2 (C)	8	(3±2)·10	(2.4±1.6)·10 ⁻¹
88.52	178	11±4	2.0±0.7
88.55	651	10±5	7±3
88.56	14834	15±5	(2.2±0.7)·10

Tabella 5.2: Numero di esami, valore medio della dose efficace (mSv) e della dose efficace collettiva (Sv uomo) con i relativi errori standard ottenuti mediante l'utilizzo dei RDSR.

5.2 Stima della dose efficace mediante valori di DAP

Sono stati estratti, mediante apposita query, dai software di monitoraggio della dose disponibili, tutti i dati utili alla valutazione della dose in radiologia interventistica relativi agli anni 2014 e 2015. Molti dei dati estratti sono risultati incompleti e

quindi non idonei ai fini della valutazione della dose efficace. Si è ritenuto valido per l'indagine in oggetto un campione di 2017 procedure.

In questo caso non si hanno a disposizione i parametri espositivi come nel caso dei RDSR, ma l'informazione utile alla valutazione della dose efficace è rappresentata dal DAP. Sono dunque stati utilizzati i coefficienti di conversione da DAP a dose efficace riportati nella Pubblicazione n. 160 dell'NCRP. In Fig.5.1 sono illustrati alcuni dei coefficienti utilizzati.

Groups/Subgroups	Examinations	Dose Conversion Coefficient [mSv·(Gy·cm ²) ⁻¹]
Urinary studies	Cystometrography, Cystography, Excretory urography, micturating cysto-urethrography, Urethrography	0.18
Endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP)		0.26
Arthrograms		0.1
Orthopedic procedures		0.01
Vertebroplasty		0.2
Obstetrics and gynaecology procedure	Pelvimetry	0.29
	Hysterosalpingogram	0.29
<i>Noncardiac diagnostic procedures</i>		
Peripheral vascular	Arteriography (all types)	0.26
	Peripheral phlebography/venography	0.1
	Carotid and cerebral angiography	0.087
Renal	Antegrade pyelography; Retrograde pyelography	0.18
	Renal angiogram, Abdominal aortography	0.26
	Thoracic aortography, arch angiogram	0.12
Other peripheral Neurological	Cervical spine	0.13
	Thoracic spine	0.19
	Lumbar spine	0.21
	Pulmonary angiography, Venacavogram	0.12
<i>Noncardiac interventional vascular procedures</i>		
Percutaneous transluminal angioplasty (PTA)		0.26
Stent placement	Renal/visceral PTA with stent, Iliac PTA with stent, Bile duct, dilation and Stenting	0.26
	Carotid stent	0.087
Inferior vena cava filters Embolization	Filter placement only, Hepatic	0.26
	Chemoembolization, Pelvic arterial Embolization, Pelvic vein embolization: ovarian vein,	0.26
	Other tumor embolization, Embolization	
	Pulmonary angiography with filter, Bronchial artery embolization	0.12
	Thrombolytic therapy	0.26
	Transjugular intrahepatic portosystemic shunt (TIPS)	0.26
<i>Cardiac procedures</i>		
Diagnostic coronary angiography		0.12
Interventional procedures	Angioplasty	0.20-0.26
	Percutaneous transluminal coronary angioplasty	0.18-0.28
	Embolization	0.26
	Cardiac radiofrequency ablation	0.1-0.23

Figura 5.1: Coefficienti di conversione da DAP a dose efficace estratti dal Report NCRP n. 160.

In questo caso, la valutazione della dose efficace non presenta particolari criticità: è sufficiente moltiplicare il valore di DAP misurato per l'opportuno coefficiente di conversione tabulato e si ottiene la dose efficace per il particolare esame diagnostico considerato.

La dose efficace media per il singolo esame si ottiene operando una media fra i dati disponibili mentre per la valutazione dell'incertezza della misura si sommano in quadratura i seguenti fattori:

- l'incertezza sul DAP fornito dall'angiografo che da letteratura risulta avere un'incertezza del 35% [22];

- l'incertezza associata ai coefficienti di conversione utilizzati che è pari al 25% [23].
- l'errore standard sulla misura che tiene conto della variabilità con cui un esame viene effettuato nelle diverse strutture selezionate.

I risultati ottenuti sono presentati in Tab.5.3.

RADIOLOGIA INTERVENTISTICA				
CODICE	ESAME	NUM. ESAMI	D.EFF. (mSv)	D.EFF.COL. (Sv uomo)
00.50	IMPIANTO DI PACEMAKER PER LA RISINCRONIZZAZIONE CARDIACA SENZA MENZIONE DI DEFIBRILLAZIONE, SISTEMA TOTALE (CRT-P)	110	1.5±0.7	(1.7±0.8)·10 ⁻¹
00.51	IMPIANTO DI DEFIBRILLATORE PER LA RISINCRONIZZAZIONE CARDIACA, SISTEMA TOTALE (CRT-D)	424	6±3	2.6±1.3
00.52	IMPIANTO O SOSTITUZIONE DI ELETTRODI TRANSVENOSI NEL SISTEMA VENOSO CORONARICO DEL VENTRICOLO SINISTRO	94	1.5±0.9	(1.4±0.8)·10 ⁻¹
00.53	IMPIANTO O SOSTITUZIONE DEL SOLO PACEMAKER PER LA RISINCRONIZZAZIONE CARDIACA (CRT-P)	70	0.7±0.4	(5±3)·10 ⁻²
00.54	IMPIANTO O SOSTITUZIONE DEL SOLO DEFIBRILLATORE PER LA RISINCRONIZZAZIONE CARDIACA (CRT-D)	219	6±4	1.3±0.9
00.63	INSERZIONE PERCUTANEA DI STENT NELL'ARTERIA CAROTIDEA	434	1.4±0.8	(6±3)·10 ⁻¹
37.21	CATETERISMO CARDIACO DEL CUORE DESTRO	523	11±6	6±3
37.22	CATETERISMO CARDIACO DEL CUORE SINISTRO	2641	11±6	(2.9±1.6)·10
37.78	INSERZIONE DI PACE-MAKER TRANSVENOSO TEMPORANEO	249	0.4±0.2	(1.0±0.5)·10 ⁻¹
37.81	INSERZIONE INIZIALE DI APPARECCHIO A CAMERA SINGOLA, NON SPECIFICATO COME FREQUENZA DI RISPOSTA	83	1.4±0.6	(1.2±0.5)·10 ⁻¹
37.87	SOSTITUZIONE DI EVENTUALE APPARECCHIO DI PACE-MAKER CON CAMERA DOPPIA	62	2±1	(1.2±0.6)·10 ⁻¹
38.7	POSIZIONAMENTO FILTRO CAVALE	64	5±2	(1.4±0.6)·10 ⁻¹
38.94	INSERZIONE/POSIZIONAMENTO DI CATETERE VENOSO CENTRALE	2558	0.08±0.05	(2.0±1.3)·10 ⁻¹
39.50	ANGIOPLASTICA O ATRECTOMIA DI ALTRO/I VASO/I NON CORONARICO/I	2586	12±7	(3.1±1.8)·10
55.92	EMBOLIZZAZIONE DI FISTOLE A-V RENALI	4	(2±1)·10	(8±4)·10 ⁻²
	EMBOLIZZAZIONE DI TUMORI RENALI	16	(2±1)·10	(3.2±1.6)·10 ⁻¹
88.42.1	ANGIOGRAFIA ARCO E VASI EPIAORTICI	8	1±1	(8±8)·10 ⁻³
	ANGIOPLASTICA ACCESSI EMODIALITICI	3	0.5±0.3	(1.5±1.0)·10 ⁻³
	ARTERIOGRAFIA SELETTIVA CAROTIDE COMUNE DX	10	5±2	(5±2)·10 ⁻²
	ARTERIOGRAFIA SELETTIVA CAROTIDE COMUNE SN	11	10±5	(1.1±0.6)·10 ⁻¹
	FISTOLOGRAFIA ACCESSI EMODIALITICI	8	0.09±0.04	(7±3)·10 ⁻⁴
	POSIZIONAMENTO DI ENDOPROTESI IN AORTA TORACICA	7	(5±3)·10	(4±2)·10 ⁻¹
	POSIZIONAMENTO DI STENT INTRACRANICO	5	1.4±0.7	(7±4)·10 ⁻³
	PTA ARTERIE INTRACRANICHE	167	12±7	2.0±1.2

88.42.2	ANGIOPLASTICA ARTERIOSA FEMORO-POPLITEA	56	6±6	$(3±3)·10^{-1}$
	ANGIOPLASTICA DI ACCESSI EMODIALITICI	6	0.5±0.3	$(3.0±1.8)·10^{-3}$
	AORTOGRAFIA ADDOMINALE E DEI DISTRETTI INFERIORI	131	14±8	1.8±1.0
	ARTERIOGRAFIA VASI ILIACI	64	11±7	$(7±4)·10^{-1}$
	EMBOLOGIA ARTERIOSA SANGUINAMENTI TRAUMATICI	7	$(3±2)·10$	$(2.1±1.4)·10^{-1}$
	POSIZIONAMENTO DI PORT-A-CATH (O ALTRO CATETERE TUNNELIZZAT) ARTERIOSO	1	0.08±0.05	$(8±5)·10^{-5}$
	POSIZIONAMENTO DI PORT-A-CATH (O ALTRO CATETERE TUNNELIZZAT) VENOSO	75	0.08±0.05	$(6±4)·10^{-3}$
	POSIZIONAMENTO ENDOPROTESI AORTICHE O AORTO-ILIACHE PER ANEURISMA	25	$(2±1)·10$	$(5±3)·10^{-1}$
	PTA E STENT DELLA CAROTIDE CON DISPOSITIVO ANTIEMBOLOGIA	27	1.4±0.8	$(4±2)·10^{-2}$
	RIMOZIONE FILTRO CAVALE	6	5±2	$(3.0±1.2)·10^{-2}$
88.47	ARTERIOGRAFIA DI ALTRE ARTERIE INTRAADDOMINALI	286	11±6	3.1±1.7
88.48	ARTERIOGRAFIA DELL'ARTO INFERIORE	1952	4±3	8±6
	ARTERIOGRAFIA DELL'ARTO SUPERIORE	81	0.9±0.5	$(7±4)·10^{-2}$
88.53	ANGIOCADIOGRAFIA DEL CUORE SINISTRO	1241	6±4	7±5
88.60	FLEBOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO, SEDE NON SPECIFICATA	24	0.2±0.2	$(5±5)·10^{-3}$
88.63	CAVOGRAFIA SUPERIORE	6	1.1±0.6	$(7±4)·10^{-3}$
	FLEBOGRAFIA DELL'ARTO SUPERIORE	18	0.2±0.1	$(3.6±1.8)·10^{-3}$

Tabella 5.3: Numero di esami, descrizione, valore medio della dose efficace (mSv) e della dose efficace collettiva (Sv uomo) con i relativi errori standard ottenuti mediante l'utilizzo del DAP.

In Tab.5.4 sono riassunti i risultati di dose efficace media collettiva e di dose efficace media pro-capite dovuti agli esami di radiologia interventistica selezionati.

DOSE EFFICACE RADIOLOGIA INTERVENTISTICA	
COLLETTIVA (Sv uomo)	PRO-CAPITE (mSv)
$(6±2)·10^2$	0.16±0.06

Tabella 5.4: Dose efficace collettiva e dose efficace pro-capite con relativa incertezza dovuta agli esami di radiologia interventistica considerati nella valutazione.

La dose efficace per quegli esami di radiologia interventistica che non sono rientrati in questo studio è stata ricavata dalla letteratura [24] ed è riportata nell'Appendice B.

Capitolo 6

Risultati e Conclusioni

Lo studio presentato in questa relazione tecnica si è proposto di effettuare una valutazione della dose efficace collettiva e pro-capite dovuta a esposizioni mediche al fine di ottemperare all'obbligo che il D.Lgs. 187/2000 pone alle Regioni.

Tale dato può essere di supporto per una valutazione sull'appropriatezza delle indagini diagnostiche che utilizzano radiazioni ionizzanti in quanto una proliferazione indiscriminata di esami si traduce in uno spreco di risorse, in un allungamento dei tempi di attesa e in un'irradiazione indebita dei pazienti.

Per raccogliere i dati necessari alla valutazione sono stati utilizzati i questionari riportati in Appendice A e la procedura descritta nel Capitolo 1. Il grado di copertura del questionario, inteso come rapporto tra la dose efficace collettiva dovuta agli esami presenti nei questionari e la dose efficace collettiva totale, è risultato di circa il 98%. Questa valutazione non tiene conto degli esami eseguiti in centri privati non convenzionati con il SSN in quanto, sebbene tutte le strutture private accreditate siano state contattate e invitate a partecipare al progetto tramite un questionario, le risposte pervenute sono state inferiori al 15%. I dati a disposizione non sono stati ritenuti sufficienti a fare un'ipotesi di contributo alla dose efficace collettiva e pro-capite per cui, onde evitare assunzioni non corrette, si è preferito escludere i centri privati da questa valutazione.

In Appendice B è riportata la tabella riepilogativa con la dose efficace per ciascuna delle pratiche diagnostiche considerate nella presente relazione e il relativo contributo alla dose efficace collettiva.

Sono state considerate le seguenti modalità:

- tomografia computerizzata
- radiologia tradizionale

- mammografia
- medicina nucleare
- radiologia interventistica

Si ottengono in tal modo i dati riportati in Fig.6.1. Si vede che il contributo principale è quello dovuto alla TC che determina il 77% della dose efficace collettiva, seguita dalla radiologia interventista con il 10%. Contributi progressivamente decrescenti sono dati dalla radiologia tradizionale, dalla medicina nucleare e dalla mammografia.

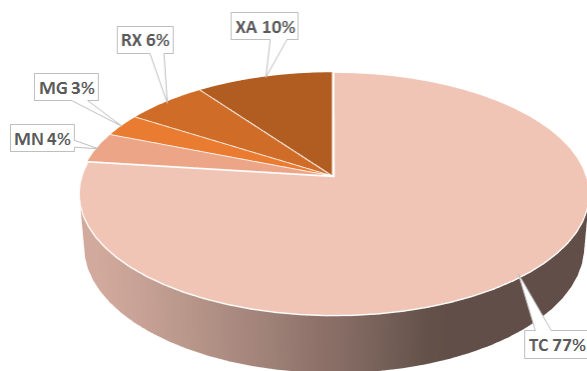


Figura 6.1: Contributo percentuale alla dose efficace collettiva presentato per modalità diagnostica.

La dose efficace collettiva e la dose efficace pro-capite da esposizioni mediche alla popolazione della Regione Toscana per l'anno 2011 sono risultate essere:

DOSE EFFICACE COLLETTIVA :

$(6.3 \pm 1.4) \cdot 10^3$ Sv uomo

DOSE EFFICACE PRO-CAPITE :

(1.7 ± 0.4) mSv

6.1 Considerazioni

La Pubblicazione Radiation Protection n. 180 della Commissione Europea dell'anno 2014 [25] presenta la dose efficace pro-capite alla popolazione residente in diverse nazioni europee. In Tab.6.1 vengono riportati i valori medi di dose efficace ottenuti considerando solo il contributo di tutti gli esami radiologici che prevedono utilizzo di raggi X (esclusa, quindi, la medicina nucleare). Questi valori sono stati confrontati con il dato stimato per la Regione Toscana.

Dose alla popolazione dovuta a esami di radiologia	
Paese	Dose Efficace pro-capite (mSv)
Belgio	1.96
Danimarca	0.89
Francia	1.25
Germania	1.67
Lussemburgo	1.79
Paesi Bassi	0.63
Norvegia	1.25
Svezia	0.77
Svizzera	1.18
Regno Unito	1.04
Regione Toscana: 1.6 mSv	

Tabella 6.1: Dose efficace pro-capite valutata in 10 nazioni europee e confrontata con quella relativa alla popolazione della Regione Toscana.

Particolare attenzione è stata rivolta alla variazione dei valori di numerosità, di dose efficace media (calcolata come media aritmetica delle dosi efficaci relative ai singoli esami), collettiva e pro-capite dovuti agli esami di tomografia computerizzata rispetto al precedente Report [8]. La tomografia computerizzata infatti ha un ruolo determinante nella stima della dose efficace collettiva e pro-capite alla popolazione dovuta a prestazioni di diagnostica medica. In Tab.6.2 vengono riportati i risultati ottenuti in questo lavoro e quelli del Report 2006.

TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA				
FONTE	NUM.ESAMI	D.EFF. MEDIA (mSv)	D. EFF.COL. (Sv uomo)	D. EFF. PRO-CAPITE (mSv)
PROGETTO 2016	499554	5.7	$4.8 \cdot 10^3$	1.3
REPORT 2006	243341	4.0	$3.5 \cdot 10^3$	0.96

Tabella 6.2: Numerosità, dose efficace media, collettiva e pro-capite, derivanti dai soli esami TC, confrontati con quelli riportati nel precedente Report del 2006.

Il numero di esami, il valor medio di dose efficace media, collettiva e pro-capite sono aumentati rispetto al Report precedente.

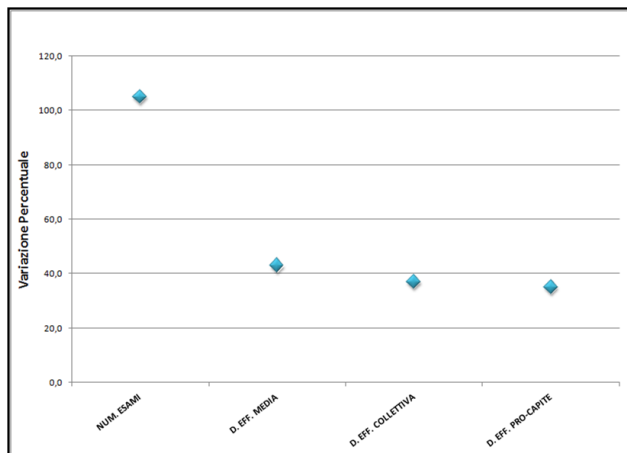


Figura 6.2: Variazione percentuale di numerosità, di dose efficace media, collettiva e pro-capite, per i soli esami di tomografia computerizzata, rispetto ai dati presenti nel Report del 2006.

Nel grafico in Fig.6.2 si sottolinea la variazione percentuale, rispetto al Report del 2006, delle grandezze appena citate. L'aumento consistente della numerosità degli esami TC rispetto al dato del 2006 dimostra come la tomografia computerizzata sia una metodologia diagnostica sempre più utilizzata nella pratica clinica. D'altro lato, l'incremento della dose efficace associata alle diverse indagini TC evidenzia la necessità di una valutazione attenta e continua delle procedure e dei protocolli diagnostici adottati nelle diverse strutture.

Appendice A

**VALUTAZIONE DELLA DOSE DA ESPOSIZIONI MEDICHE
ALLA POPOLAZIONE DELLA REGIONE TOSCANA**

Raccolta dati apparecchi per mammografia

1.IDENTIFICAZIONE STRUTTURA	
<i>Azienda U.S.L.</i> ¹	
<i>Azienda Ospedaliera</i> ¹	
<i>Presidio</i> ²	
<i>Reparto/U.O.</i> ³	
<i>Sala Diagnostica</i> ⁴	

2.IDENTIFICAZIONE APPARECCHIO				
<i>Marca</i> ⁵				
<i>Modello</i> ⁶				
<i>S.E.V.</i> ⁷		<i>Filtrazione</i> ⁷		<i>kV</i> ⁸

3.DATI DI ESPOSIZIONE							
Cod. Nomenclatore	87.37.1	Descrizione	Mammografia bilaterale				
Numero Proiezione	Tipo Proiezione ⁹	Spessore standard ¹⁰	anodo ¹¹	filtro ¹²	kV _p ¹³	mAs ¹⁴	M.G.D. ¹⁵
1							
2							
3							
4							
5							

LEGENDA

¹ Inserire il numero identificativo dell'Unità Sanitaria Locale (nel campo **Azienda U.S.L.**) oppure la denominazione dell'Azienda Ospedaliera (nel campo **Azienda Ospedaliera**). Esempio: inserire "4" nel campo **Azienda USL** se l'apparecchiatura fa parte di una struttura sanitaria dell'Azienda U.S.L. 4 di Prato; inserire "Siena" nel campo **Azienda Ospedaliera** se l'apparecchiatura fa parte dell'Azienda Ospedaliera senese.

² Se l'Unità Sanitaria Locale si articola in più presidi, inserire il nome del presidio nel campo **Presidio** . Esempio: inserire "Distretto Firenze 4" nel campo **Presidio** per un'apparecchiatura della U.S.L. n. 10 dislocata nel Distretto Socio Sanitario Firenze 4.

³ Inserire nel campo **Reparto/U.O.** il nome del reparto o dell'unità operativa cui l'apparecchiatura è in carico. Esempio: scrivere "Radiodiagnostica 2" nel campo **Reparto/U.O.** per un'apparecchiatura dell'Azienda Ospedaliera Pisana dislocata presso la U.O. di Radiodiagnostica 2

⁴ Inserire il numero o il nome della sala dove si trova l'apparecchiatura per mammografia. Esempio: scrivere "4" nel campo **Sala Diagnostica** per un'apparecchiatura dislocata nella sala diagnostica numero 4.

⁵ Inserire il nome della ditta costruttrice dell'apparecchiatura.

⁶ Inserire il nome del modello dell'apparecchiatura se assegnato.

⁷ Inserire nel campo **S.E.V.** lo spessore emivalente, in millimetri di alluminio (mm Al), e/o nel campo **Filtrazione** la filtrazione totale. Il S.E.V. è misurato nei controlli di qualità sull'apparecchiatura o durante la verifica dei criteri minimi di accettabilità.

La filtrazione (del complesso guaina-tubo radiogeno) è un dato di targa dell'apparecchiatura.

⁸ Inserire la tensione di picco, in kilovolt, a cui sono stati misurati lo spessore emivalente e/o la filtrazione.

⁹ Inserire la tipologia di proiezione. Esempio: scrivere "cranio-caudale sinistra" o "LCC" nel campo **Tipo Proiezione** per un'acquisizione cranio-caudale sinistra.

¹⁰ Inserire il valore medio (per tipo di proiezione) dello spessore irraggiato, in centimetri.

¹¹ Inserire il tipo di materiale dell'anodo usato più frequentemente per la corrispondente proiezione. Esempio: scrivere "Mo" nel campo **anodo** se, di solito, è impiegato un anodo di Molibdeno.

¹² Inserire il tipo di materiale del filtro usato più frequentemente per la corrispondente proiezione. Esempio: scrivere "Mo" nel campo **filtro** se, di solito, è impiegato un filtro di Molibdeno.

¹³ Inserire la tensione di picco (in kilovolt) più frequente con la quale viene effettuata la corrispondente proiezione.

¹⁴ Inserire il carico anodico (in milliampere per secondo) più frequente con cui si effettua la corrispondente proiezione.

¹⁵ Acronimo di Mean Glandular Dose (dose ghiandolare media). Inserire il valore più frequente dell'M.G.D., in milligray (mGy), per la corrispondente proiezione.

4. NOTE E OSSERVAZIONI

DATA.....

FIRMA DEL REFERENTE.....

**VALUTAZIONE DELLA DOSE DA ESPOSIZIONI MEDICHE
ALLA POPOLAZIONE DELLA REGIONE TOSCANA**

Raccolta dati esami di radiologia

1.IDENTIFICAZIONE STRUTTURA

<i>Azienda U.S.L.</i> ¹	
<i>Azienda Ospedaliera</i> ¹	
<i>Presidio</i> ²	
<i>Reparto/U.O.</i> ³	
<i>Sala Diagnostica</i> ⁴	

2.IDENTIFICAZIONE APPARECCHIO

<i>Marca</i> ⁵	
<i>Modello</i> ⁶	
<i>S.E.V.</i> ⁷	
<i>Filtrazione</i> ⁷	
<i>kV</i> ⁸	

3.DATI DI ESPOSIZIONE

<i>Cod.Nom.</i>	87.09.2	<i>Descr.</i>	radiografia del tratto faringo-crico-esofageo-cardiale					
	<i>Tipo Proiezione</i> ⁹		<i>kVp</i> ¹⁰	<i>mAs</i> ¹¹	<i>SSD</i> ¹²	<i>Filtr.Agg.</i> ¹³	<i>Campo</i> ¹⁴	<i>DAP</i> ¹⁵
1)								
2)								
3)								
4)								

<i>Cod.Nom.</i>	87.11.3	<i>Descr.</i>	ortopantomica delle arcate dentarie					
	<i>Tipo Proiezione</i> ⁹		<i>kVp</i> ¹⁰	<i>mAs</i> ¹¹	<i>SSD</i> ¹²	<i>Filtr.Agg.</i> ¹³	<i>Campo</i> ¹⁴	<i>DAP</i> ¹⁵
1)								
2)								
3)								
4)								

<i>Cod.Nom.</i>	87.12.2	<i>Descr.</i>	radiografia dentaria (endorale)					
	<i>Tipo Proiezione</i> ⁹		<i>kVp</i> ¹⁰	<i>mAs</i> ¹¹	<i>SSD</i> ¹²	<i>Filtr.Agg.</i> ¹³	<i>Campo</i> ¹⁴	<i>DAP</i> ¹⁵
1)								
2)								
3)								
4)								

<i>Cod.Nom.</i>	87.16.1	<i>Descr.</i>	radiografia ossa nasali					
	<i>Tipo Proiezione</i> ⁹		<i>kVp</i> ¹⁰	<i>mAs</i> ¹¹	<i>SSD</i> ¹²	<i>Filtr.Agg.</i> ¹³	<i>Campo</i> ¹⁴	<i>DAP</i> ¹⁵
1)								
2)								
3)								
4)								

Cod.Nom.	87.22	Descr.	radiografia della colonna cervicale			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Aqq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	87.23	Descr.	radiografia della colonna dorsale			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Aqq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						

Cod.Nom.	87.24	Descr.	radiografia della colonna lombosacrale			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Aqq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						

Cod.Nom.	87.29	Descr.	radiografia completa della colonna			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Aqq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	87.43.2	Descr.	radiografia scheletro costale			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Aqq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	87.44.1	Descr.	radiografia del torace di routine, nas			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Aqq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	87.61	Descr.	radiografia completa del tubo digerente			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Aqq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						
8)						

Cod.Nom.	87.62	Descr.	radiografia del tratto gastrointestinale superiore			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						

Cod.Nom.	87.62.1	Descr.	radiografia dell'esofago con contrasto			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						

Cod.Nom.	87.62.2	Descr.	radiografia dell'esofago con doppio contrasto			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						

Cod.Nom.	87.62.3	Descr.	radiografia dello stomaco e del duodeno con doppio contrasto			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						

Cod.Nom.	87.63	Descr.	studio seriato dell'intestino tenue			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agq. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						

Cod.Nom.	87.64	Descr.	radiografia del tratto gastrointestinale inferiore			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Ag. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						

Cod.Nom.	87.65.1	Descr.	clisma opaco semplice			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Ag. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						

Cod.Nom.	87.65.2	Descr.	clisma con doppio contrasto			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Ag. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						
6)						
7)						
8)						
9)						
10)						

Cod.Nom.	87.69.1	Descr.	defecografia			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Ag. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	87.73	Descr.	urografia endovenosa			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Ag. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						

6)						
7)						

Cod.Nom.	87.76	Descr.	cistouretrografia retrograda			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						

Cod.Nom.	87.76.1	Descr.	cistouretrografia minzionale			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						
5)						

Cod.Nom.	87.83	Descr.	isterosalpingografia			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	88.19	Descr.	radiografia dell'addome			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	88.21	Descr.	radiografia della spalla			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	88.26	Descr.	radiografia di pelvi e anca			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	88.27	Descr.	radiografia del ginocchio			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	88.29.1	Descr.	radiografia completa degli arti inferiori e del bacino sotto carico			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	88.99.2	Descr.	densitometria ossea con assorbimento a raggi x - lombare, femorale, ultradistale			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

Cod.Nom.	88.99.3	Descr.	densitometria ossea con tecnica di assorbimento a raggi x - totalbody			
Tipo Proiezione ⁹	kVp ¹⁰	mAs ¹¹	SSD ¹²	Filtr.Agg. ¹³	Campo ¹⁴	DAP ¹⁵
1)						
2)						
3)						
4)						

LEGENDA

¹ Inserire il numero identificativo dell'Unità Sanitaria Locale (nel campo **Azienda U.S.L.**) oppure la denominazione dell'Azienda Ospedaliera (nel campo **Azienda Ospedaliera**). Esempio: inserire "4" nel campo **Azienda U.S.L.** se l'apparecchiatura fa parte di una struttura sanitaria dell'Azienda U.S.L. 4 di Prato; inserire "Meyer" nel campo **Azienda Ospedaliera** se l'apparecchiatura fa parte dell'Azienda Ospedaliera Meyer.

² Se l'Unità Sanitaria Locale si articola in più presidi, inserire il nome del presidio nel campo **Presidio** . Esempio: inserire "Distretto Firenze 4" nel campo **Presidio** per un'apparecchiatura della U.S.L. n. 10 dislocata nel Distretto Socio Sanitario Firenze 4.

³ Inserire nel campo **Reparto/U.O.** il nome del reparto o dell'unità operativa cui l'apparecchiatura è in carico. Esempio: scrivere "Radiodiagnostica 2" nel campo **Reparto/U.O.** per un'apparecchiatura dell'A. O. Pisana dislocata nella U. O. di Radiodiagnostica 2

⁴ Inserire il numero o il nome della sala dove si trova l'apparecchiatura. Esempio: scrivere "4" nel campo **Sala Diagnostica** per un'apparecchiatura dislocata nella sala diagnostica numero 4.

⁵ Inserire il nome della ditta costruttrice dell'apparecchiatura.

⁶ Inserire il nome del modello dell'apparecchiatura se assegnato.

⁷ Inserire nel campo **S.E.V.** lo spessore equivalente, in millimetri di alluminio (mm Al), e/o nel campo **Filtrazione** la filtrazione totale. Il S.E.V. è misurato nei controlli di qualità sull'apparecchiatura o durante la verifica dei criteri minimi di accettabilità. La filtrazione (del complesso guaina-tubo radiogeno) è un dato di targa dell'apparecchiatura.

⁸ Inserire la tensione di picco, in kilovolt, a cui sono stati misurati lo spessore equivalente e/o la filtrazione.

⁹ Inserire la tipologia di proiezione. Esempio: scrivere "antero-posteriore" o "AP" nel campo **Tipo Proiezione** per un'acquisizione

antero-posteriore.

¹⁰ Inserire la tensione di picco (in kilovolt) mediamente impiegata per la corrispondente proiezione su paziente adulto normotipo (70 kg e 20 cm di spessore addominale).

¹¹ Inserire il carico anodico (in milliampere per secondo) mediamente impiegata per la corrispondente proiezione su paziente adulto normotipo (70 kg e 20 cm di spessore addominale).

¹² Inserire nel campo **SSD** il valore tipico di distanza pelle-sorgente (in cm) per la corrispondente proiezione.

¹³ Inserire nel campo **Filtr.Ag.** la filtrazione aggiuntiva (in mm specificando anche l'elemento chimico del filtro) utilizzata tipicamente per la corrispondente proiezione.

¹⁴ inserire nel campo **Campo** le dimensioni del campo utilizzato tipicamente per la corrispondente proiezione. Tali dimensioni devono essere riportate nel seguente modo: lunghezza (cm) x larghezza (cm)

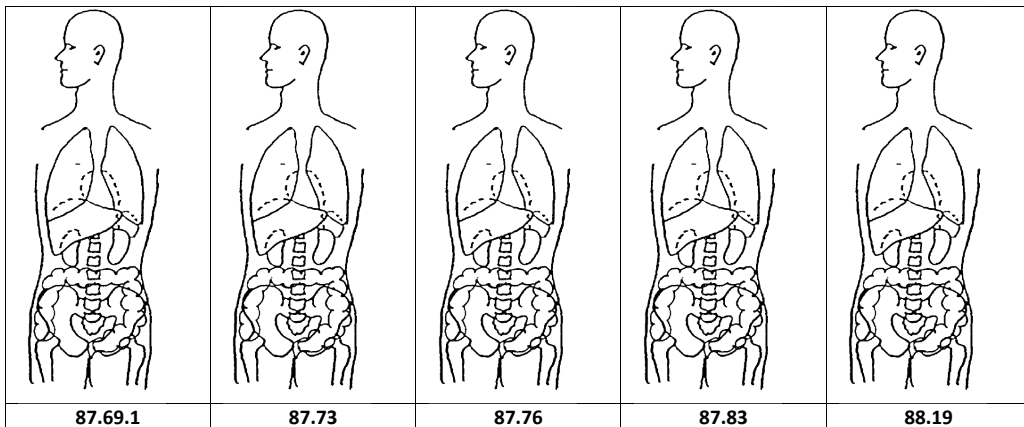
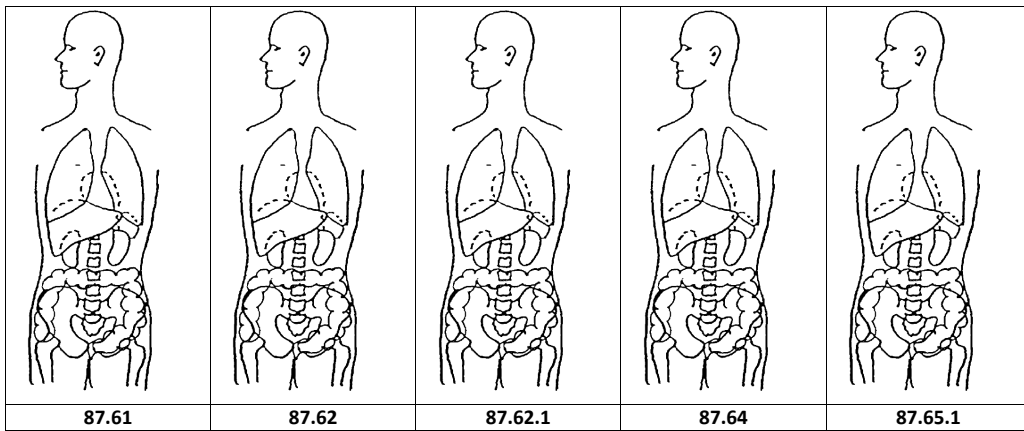
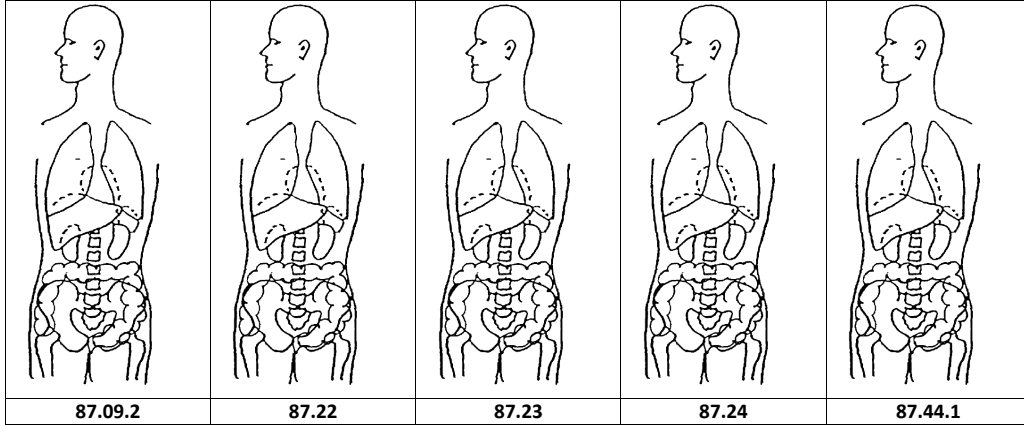
¹⁵ inserire nel campo **DAP** il valore più frequente, per singola proiezione, di Dose (mGy) x Area (cm²)

4.NOTE E OSSERVAZIONI

DATA.....

FIRMA DEL REFERENTE.....

RIPORTARE PER SINGOLO ESAME DI RADIOLOGIA LA POSIZIONE DEL CAMPO IN AP



**VALUTAZIONE DELLA DOSE DA ESPOSIZIONI MEDICHE
ALLA POPOLAZIONE DELLA REGIONE TOSCANA**

Raccolta dati esami di Tomografia Computerizzata

1.IDENTIFICAZIONE STRUTTURA	
Azienda U.S.L. ¹	
Azienda Ospedaliera ¹	
Presidio ²	
Reparto/U.O. ³	
Sala Diagnostica ⁴	

2.IDENTIFICAZIONE APPARECCHIO		
Marca ⁵		
Modello ⁶		
S.E.V. ⁷	Filtrazione ⁷	

3.DATI DI ESPOSIZIONE									
Cod.Nom.	87.03	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del capo						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	87.03.2	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del massiccio facciale						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	87.03.7	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del collo						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	87.03.8	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del collo, senza e con contrasto						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	87.41	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del torace						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	87.41.1	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del torace, senza e con contrasto						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.01.1	Descr.	tomografia computerizzata (tc) dell'addome superiore						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.01.2	Descr.	tomografia computerizzata (tc) dell'addome superiore, senza e con contrasto						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.01.3	Descr.	tomografia computerizzata (tc) dell'addome inferiore						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.01.4	Descr.	tomografia computerizzata (tc) dell'addome inferiore, senza e con contrasto						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.01.5	Descr.	tomografia computerizzata (tc) dell'addome completo						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.01.6	Descr.	tomografia computerizzata (tc) dell'addome completo, senza e con contrasto						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.38.1	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del rachide e dello speco vertebrale (cervicale)						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.38.1	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del rachide e dello speco vertebrale (dorsale)						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.38.1	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del rachide e dello speco vertebrale (lombare)						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.38.3	Descr.	tomografia computerizzata (tc) dell'arto superiore						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.38.5	Descr.	tomografia computerizzata (tc) del bacino						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

Cod.Nom.	88.38.6	Descr.	tomografia computerizzata (tc) dell'arto inferiore						
Acquisizione ⁸	Coll. ⁹	N° serie ¹⁰	kVp ¹¹	mA ¹²	Lung. Scansione ¹³	T. rot. ¹⁴	CTDI ¹⁵	Pitch ¹⁶	

LEGENDA

¹ Inserire il numero identificativo dell'Unità Sanitaria Locale (nel campo **Azienda U.S.L.**) oppure la denominazione dell'Azienda Ospedaliera (nel campo Azienda Ospedaliera). Esempio: inserire "4" nel campo **Azienda USL** se l'apparecchiatura fa parte di una

struttura sanitaria dell'Azienda U.S.L. 4 di Prato; inserire "Meyer" nel campo **Azienda Ospedaliera** se l'apparecchiatura fa parte dell'Azienda Ospedaliera Meyer.

² Se l'Unità Sanitaria Locale si articola in più presidi, inserire il nome del presidio nel campo **Presidio**. Esempio: inserire "Distretto Firenze 4" nel campo **Presidio** per un'apparecchiatura della U.S.L. n. 10 dislocata nel Distretto Socio Sanitario Firenze 4.

³ Inserire nel campo **Reparto/U.O.** il nome del reparto o dell'unità operativa cui l'apparecchiatura è in carico. Esempio: scrivere "Radiodiagnostica 2" nel campo **Reparto/U.O.** per un'apparecchiatura dell'A. O. Pisana dislocata nella U. O. di Radiodiagnostica 2

⁴ Inserire il numero o il nome della sala dove si trova l'apparecchiatura. Esempio: scrivere "4" nel campo **Sala Diagnostica** per un'apparecchiatura dislocata nella sala diagnostica numero 4.

⁵ Inserire il nome della ditta costruttrice dell'apparecchiatura.

⁶ Inserire il nome del modello dell'apparecchiatura se assegnato.

⁷ Inserire nel campo **S.E.V.** lo spessore emivalente, in millimetri di alluminio (mm Al), e/o nel campo **Filtrazione** la filtrazione totale. Il S.E.V. è misurato nei controlli di qualità sull'apparecchiatura o durante la verifica dei criteri minimi di accettabilità. La filtrazione (del complesso guaina-tubo radiogeno) è un dato di targa dell'apparecchiatura.

⁸ Inserire il tipo di Acquisizione utilizzata per l'esecuzione dell'esame in questione scegliendo tra assiale e volumetrica

⁹ Inserire la collimazione totale del fascio utilizzato (in mm) per il dato esame.

¹⁰ Inserire il numero di serie effettuate per il dato esame

¹¹ Inserire la tensione di picco (in kilovolt) mediamente impiegata per il corrispondente esame su paziente adulto normotipo (70 kg e 20 cm di spessore addominale).

¹² Inserire la corrente del tubo (in milliampere) mediamente impiegata per l'intera serie su paziente adulto normotipo (70 kg e 20 cm di spessore addominale).

¹³ Inserire la lunghezza media della scansione (in cm) per la corrispondente acquisizione.

¹⁴ Inserire il tempo medio di rotazione del tubo (in s) con cui si effettua la scansione

¹⁵ inserire il valore medio del CTDI (in mGy) per l'esame specifico.

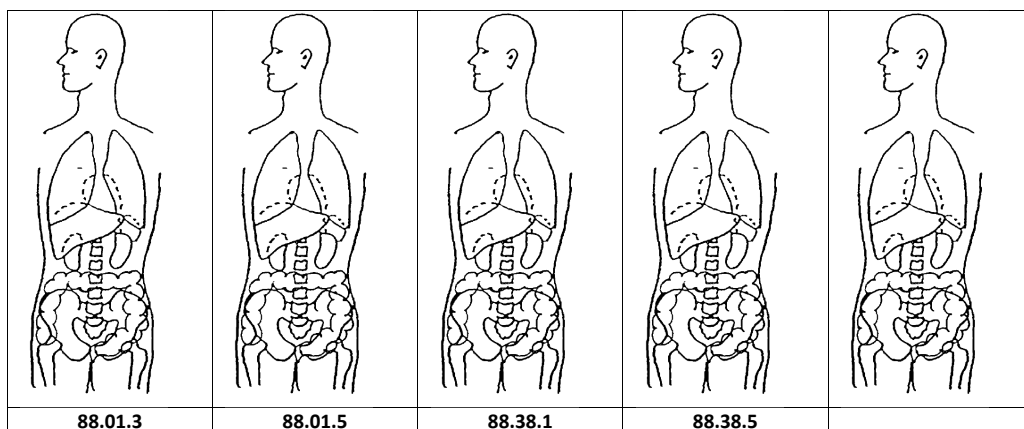
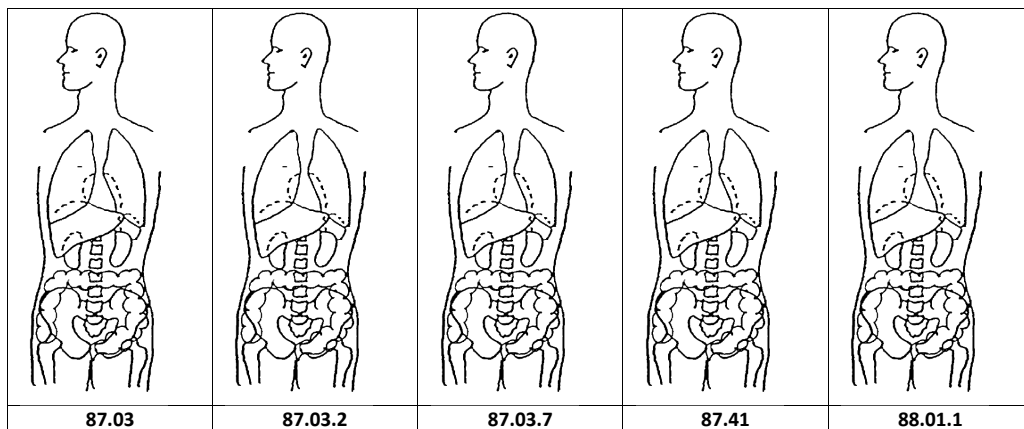
¹⁶ inserire il valore medio del pitch per l'esame specifico.

4.NOTE E OSSERVAZIONI

DATA.....

FIRMA DEL REFERENTE.....

RIPORTARE PER SINGOLO ESAME CT LA LUNGHEZZA TIPICA DELLA SCANSIONE



**VALUTAZIONE DELLA DOSE DA ESPOSIZIONI MEDICHE
ALLA POPOLAZIONE DELLA REGIONE TOSCANA**

Raccolta dati esami di medicina nucleare

1.IDENTIFICAZIONE STRUTTURA

<i>Azienda U.S.L.</i> ¹	
<i>Azienda Ospedaliera</i> ¹	
<i>Presidio</i> ²	
<i>Reparto/U.O.</i> ³	
<i>Sala Diagnostica</i> ⁴	

2.IDENTIFICAZIONE APPARECCHIO

<i>Numero</i>	<i>Tipo</i> ⁵	<i>Marca</i> ⁶	<i>Modello</i> ⁷
1			
2			
3			
4			
5			

3.DATI DI ESPOSIZIONE

<i>Cod. Nomenclatore</i>		<i>Descr.</i>	
	92.01.3		scintigrafia tiroidea
		<i>Radionuclide/Radiofarmaco</i> ⁸	<i>Attività</i> ⁹ <i>% utilizzo singolo radionuclide</i> ¹⁰

<i>Cod. Nomenclatore</i>		<i>Descr.</i>	
	92.03.3		scintigrafia sequenziale renale
		<i>Radionuclide/Radiofarmaco</i> ⁸	<i>Attività</i> ⁹ <i>% utilizzo singolo radionuclide</i> ¹⁰

<i>Cod. Nomenclatore</i>		<i>Descr.</i>	
	92.05.1		scintigrafia miocardica di perfusione
		<i>Radionuclide/Radiofarmaco</i> ⁸	<i>Attività</i> ⁹ <i>% utilizzo singolo radionuclide</i> ¹⁰

<i>Cod. Nomenclatore</i>		<i>Descr.</i>	
	92.05.2		scintigrafia miocardica con indicatori di lesione
		<i>Radionuclide/Radiofarmaco</i> ⁸	<i>Attività</i> ⁹ <i>% utilizzo singolo radionuclide</i> ¹⁰

<i>Cod. Nomenclatore</i>		<i>Descr.</i>	
	92.05.4		angiocardioscintigrafia all'equilibrio
		<i>Radionuclide/Radiofarmaco</i> ⁸	<i>Attività</i> ⁹ <i>% utilizzo singolo radionuclide</i> ¹⁰

--	--	--

Cod. Nomenclatore	92.09.2	Descr.	
		tomoscintigrafia miocardica (spet) di perfusione a riposo o dopo stimolo	
		Radionuclide/Radiofarmaco⁸	Attività⁹
			% utilizzo singolo radionuclide¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.11.5	Descr.	
		tomoscintigrafia cerebrale (spet)	
		Radionuclide/Radiofarmaco⁸	Attività⁹
			% utilizzo singolo radionuclide¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.11.6	Descr.	
		tomoscintigrafia cerebrale (pet) - studio qualitativo	
		Radionuclide/Radiofarmaco⁸	Attività⁹
			% utilizzo singolo radionuclide¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.14.1	Descr.	
		scintigrafia ossea o articolare segmentaria	
		Radionuclide/Radiofarmaco⁸	Attività⁹
			% utilizzo singolo radionuclide¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.14.2	Descr.	
		scintigrafia ossea o articolare segmentaria polifasica	
		Radionuclide/Radiofarmaco⁸	Attività⁹
			% utilizzo singolo radionuclide¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.15.1	Descr.	
		scintigrafia polmonare perfusionale (6 proiezioni)	
		Radionuclide/Radiofarmaco⁸	Attività⁹
			% utilizzo singolo radionuclide¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.15.5	Descr.	
		tomoscintigrafia polmonare	
		Radionuclide/Radiofarmaco⁸	Attività⁹
			% utilizzo singolo radionuclide¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.18.2	Descr.	
		scintigrafia ossea o articolare	
		Radionuclide/Radiofarmaco⁸	Attività⁹
			% utilizzo singolo radionuclide¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.18.3	Descr.	ricerca di metastasi di tumori tiroidei
Radionuclide/Radiofarmaco ⁸		Attività ⁹	% utilizzo singolo radionuclide ¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.18.4	Descr.	scintigrafia globale corporea con cellule autologhe marcate
Radionuclide/Radiofarmaco ⁸		Attività ⁹	% utilizzo singolo radionuclide ¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.18.5	Descr.	scintigrafia globale corporea con traccianti immunologici e recettoriali
Radionuclide/Radiofarmaco ⁸		Attività ⁹	% utilizzo singolo radionuclide ¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.18.6	Descr.	tomoscintigrafia globale corporea (pet)
Radionuclide/Radiofarmaco ⁸		Attività ⁹	% utilizzo singolo radionuclide ¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.19.6	Descr.	scintigrafia segmentaria dopo scintigrafia total body
Radionuclide/Radiofarmaco ⁸		Attività ⁹	% utilizzo singolo radionuclide ¹⁰

Cod. Nomenclatore	92.19.8	Descr.	tomoscintigrafia (spet) con indicatori positivi
Radionuclide/Radiofarmaco ⁸		Attività ⁹	% utilizzo singolo radionuclide ¹⁰

LEGENDA

¹ Inserire il numero identificativo dell'Unità Sanitaria Locale (nel campo **Azienda U.S.L.**) oppure la denominazione dell'Azienda Ospedaliera (nel campo **Azienda Ospedaliera**). Esempio: inserire "4" nel campo **Azienda USL** se l'apparecchiatura fa parte di una struttura sanitaria dell'Azienda U.S.L. 4 di Prato; inserire "Senese" nel campo **Azienda Ospedaliera** se l'apparecchiatura fa parte dell'Azienda Ospedaliera Senese.

² Se l'Unità Sanitaria Locale si articola in più presidi, inserire il nome del presidio nel campo **Presidio** . Esempio: inserire "Distretto Firenze 4" nel campo **Presidio** per un'apparecchiatura della U.S.L. n. 10 dislocata nel Distretto Socio Sanitario Firenze 4.

³ Inserire nel campo **Reparto/U.O.** il nome del reparto o dell'unità operativa cui l'apparecchiatura è in carico. Esempio: scrivere "Radiodiagnostica 2" nel campo **Reparto/U.O.** per un'apparecchiatura dell'Azienda Ospedaliera Pisana dislocata presso la U.O. di Radiodiagnostica 2

⁴ Inserire il numero o il nome della sala dove si trova l'apparecchiatura. Esempio: scrivere "4" nel campo **Sala Diagnostica** per un'apparecchiatura dislocata nella sala diagnostica numero 4.

⁵ Inserire la tipologia dell'apparecchiatura. Esempio: inserire "gamma camera a due teste" nel caso sia a disposizione tale strumentazione.

⁶ Inserire il nome della ditta costruttrice dell'apparecchiatura.

⁷ Inserire il nome del modello dell'apparecchiatura se assegnato.

⁸ Inserire gli isotopi radioattivi utilizzati per lo specifico esame e la forma chimica impiegata nei radiofarmaci.

Esempio: inserire "131I-ioduro" e "123I-ioduro" nel campo Radionuclide/Radiofarmaco relativo alla captazione tiroidea.

⁹ Inserire l'attività del singolo radionuclide/radiofarmaco normalmente somministrata per l'esecuzione dell'esame su paziente adulto di taglia media, espressa in megabecquerel (MBq).

¹⁰ Inserire, per ogni radionuclide/radiofarmaco relativo a un determinato esame, la percentuale di utilizzo dello specifico radionuclide/radiofarmaco rispetto al numero totale di volte in cui viene eseguito l'esame di riferimento.

Esempio: nel caso in cui lo "131I-ioduro" venga impiegato l'85% delle volte in cui si esegue un esame di captazione tiroidea inserire "85" nel campo % *utilizzo singolo radionuclide*.

4. NOTE E OSSERVAZIONI

DATA.....

FIRMA DEL REFERENTE.....

Appendice B

CODICE	ESAME	D.EFF. (mSv)	D.EFF.COL. (Sv uomo)
00.45	INSERZIONE DI UNO STENT VASCOLARE	9	38
00.46	INSERZIONE DI DUE STENT VASCOLARI	18	35
00.47	INSERZIONE DI TRE STENT VASCOLARI	28	21
00.48	INSERZIONE DI QUATTRO O PIÙ STENT VASCOLARI	60	26
00.50	IMPIANTO DI PACEMAKER PER LA RISINCRONIZZAZIONE CARDIACA SENZA MENZIONE DI DEFIBRILLAZIONE, SISTEMA TOTALE (CRT-P)	1.5	0.17
00.51	IMPIANTO DI DEFIBRILLATORE PER LA RISINCRONIZZAZIONE CARDIACA, SISTEMA TOTALE (CRT-D)	6	2.6
00.52	IMPIANTO O SOSTITUZIONE DI ELETTRODI TRANSVENOSI NEL SISTEMA VENOSO CORONARICO DEL VENTRICOLO SINISTRO	1.5	0.14
00.53	IMPIANTO O SOSTITUZIONE DEL SOLO PACEMAKER PER LA RISINCRONIZZAZIONE CARDIACA (CRT-P)	0.7	0.05
00.54	IMPIANTO O SOSTITUZIONE DEL SOLO DEFIBRILLATORE PER LA RISINCRONIZZAZIONE CARDIACA (CRT-D)	6	1.3
00.55	INSERZIONE DI STENT MEDICATI IN VASI PERIFERICI	3	0.06
00.61	ANGIOPLASTICA PERCUTANEA O ATRECTOMIA DI VASI PRECEREBRALI [EXTRACRANICI]	12	5.40
00.62	ANGIOPLASTICA PERCUTANEA O ATRECTOMIA DEI VASI INTRACRANICI	12	0.18
00.63	INSERZIONE PERCUTANEA DI STENT NELL'ARTERIA CAROTIDEA	1.4	0.6
00.64	INSERZIONE PERCUTANEA DI STENT IN ALTRE ARTERIE PRECEREBRALI (EXTRACRANICHE)	1.4	0.06
00.65	INSERZIONE PERCUTANEA DI STENT VASCOLARI INTRACRANICI	1.4	0.04
00.66	ANGIOPLASTICA PERCUTANEA CORONARICA TRANSLUMINALE (PTCA) O ATRECTOMIA CORONARICA	12	90
35.21	SOSTITUZIONE DELLA VALVOLA AORTICA CON BIOPROTESI	29	19
35.22	ALTRA SOSTITUZIONE DI VALVOLA AORTICA CON PROTESI	29	5.4
35.23	SOSTITUZIONE DELLA VALVOLA MITRALE CON BIOPROTESI	27	4.1
35.24	ALTRA SOSTITUZIONE DI VALVOLA MITRALE CON PROTESI	27	2.7
35.96	VALVULOPLASTICA PERCUTANEA	28	3.5
36.06	INSERZIONE DI STENT NON MEDICATO NELL'ARTERIA CORONARICA	1.4	2.6
36.07	INSERZIONE DI STENT MEDICATO IN ARTERIA CORONARIA	1.4	7.4
36.09	ALTRA RIMOZIONE DI OSTRUZIONE DELL'ARTERIA CORONARICA	1.4	0.5
37.21	CATERISMO CARDIACO DEL CUORE DESTRO	11	6
37.22	CATERISMO CARDIACO DEL CUORE SINISTRO	11	29
37.23	CATERISMO CARDIACO COMBINATO DEL CUORE DESTRO E SINISTRO	11	3
37.61	IMPIANTO DI CONTROPULSATORE AORTICO	3	0.6
37.71	INSERZIONE INIZIALE DI ELETTRODO TRANSVENOSO NEL VENTRICOLO	1.5	0.7
37.72	INSERZIONE INIZIALE DI ELETTRODI TRANSVENOSI NELL'ATRIO E NEL VENTRICOLO	1.5	1
37.73	INSERZIONE INIZIALE DI ELETTRODO TRANSVENOSO NELL'ATRIO	1.5	0.07
37.75	REVISIONE DI ELETTRODO	1.5	0.03
37.76	RIPOSIZIONAMENTO DI ELETTRODO TRANSVENOSO ATRIALE E/O VENTRICOLARE	1.5	0.04
37.77	RIMOZIONE DI ELETTRODO SENZA RIPOSIZIONAMENTO	1.5	0.04
37.78	INSERZIONE DI PACE-MAKER TRANSVENOSO TEMPORANEO	0.4	0.1
37.79	REVISIONE O RIPOSIZIONAMENTO DI TASCA DI DISPOSITIVO CARDIACO	1.5	0.2
37.80	INSERZIONE DI PACE-MAKER PERMANENTE, INIZIALE O SOSTITUZIONE, TIPO DI STRUMENTO NON SPECIFICATO	3.0	0.46

37.81	INSERZIONE INIZIALE DI APPARECCHIO A CAMERA SINGOLA, NON SPECIFICATO COME FREQUENZA DI RISPOSTA	1.4	0.12
37.82	INSERZIONE INIZIALE DI APPARECCHIO A CAMERA SINGOLA, FREQUENZA DI RISPOSTA	1.4	0.4
37.83	INSERZIONE INIZIALE DI APPARECCHIO A CAMERA DOPPIA, APPARECCHIO SEQUENZIALE ATRIO-VENTRICOLO	1.5	1
37.85	SOSTITUZIONE DI UN EVENTUALE PACE-MAKER CON APPARECCHIO A CAMERA SINGOLA NON SPECIFICATO COME FREQUENZA DI RISPOSTA	2.4	0.03
37.86	SOSTITUZIONE DI EVENTUALE PACE-MAKER CON APPARECCHIO A CAMERA SINGOLA, FREQUENZA DI RISPOSTA	2.4	0.03
37.87	SOSTITUZIONE DI EVENTUALE APPARECCHIO DI PACE-MAKER CON CAMERA DOPPIA	2	0.12
37.89	REVISIONE O RIMOZIONE DI PACE-MAKER	2.4	0.11
37.90	INSERZIONE DI DISPOSITIVO NELL'APPENDICE ATRIALE SINISTRA	1.4	0.04
37.94	IMPIANTO O SOSTITUZIONE DI DEFIBRILLATORE AUTOMATICO, SISTEMA TOTALE [AICD]	6	3
37.95	IMPIANTO DI SOLI ELETTRODI DI DEFIBRILLATORE AUTOMATICO	1.5	0.09
38.7	POSIZIONAMENTO FILTRO CAVALE	5	0.14
38.94	INSERZIONE/POSIZIONAMENTO DI CATETERE VENOSO CENTRALE	0.08	0.2
39.50	ANGIOPLASTICA O ATRECTOMIA DI ALTRO/I VASO/I NON CORONARICO/I	12	31
39.71	IMPIANTO ENDOVASCOLARE DI GRAFT NELL'AORTA ADDOMINALE	16	8
39.73	IMPIANTO DI GRAFT ENDOVASCOLARE NELL'AORTA TORACICA	16	1
39.90	INSERZIONE DI STENT NON MEDICATO IN VASO PERIFERICO	8	8
51.10	COLANGIOPANCREATOGRAFIA RETROGRADA ENDOSCOPICA [ERCP]	4	5
51.11	COLANGIOGRAFIA RETROGRADA ENDOSCOPICA [ERC]	4	1
54.91	DRENAGGIO PERCUTANEO ADDOMINALE	16	40
55.92	ASPIRAZIONE PERCUTANEA RENALE	20	1.3
81.65	VERTEBROPLASTICA	11	0.6
81.66	CIFOPLASTICA	4	0.07
87.03	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL CAPO	2.3	330
87.03.1	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL CAPO, SENZA E CON CONTRASTO	4.5	102
87.03.2	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL MASSICCIO FACCIALE	1	17
87.03.3	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL MASSICCIO FACCIALE, SENZA E CON CONTRASTO	2.1	3.5
87.03.4	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELLE ARCADE DENTARIE (DENTALSCAN)	0.1	0.6
87.03.5	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ORECCHIO	0.3	0.9
87.03.6	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ORECCHIO, SENZA E CON CONTRASTO	0.61	0.1
87.03.7	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL COLLO	2.4	5
87.03.8	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL COLLO, SENZA E CON CONTRASTO	5.3	72
87.05	DACRIOCISTOGRAFIA	0.11	0.01
87.06	FARINGOGRAFIA	0.017	0.001
87.09.1	RADIOGRAFIA DEI TESSUTI MOLLI DELLA FACCIA, DEL CAPO E DEL COLLO	0.034	0.01
87.09.2	RADIOGRAFIA DEL TRATTO FARINGO-CRICO-ESOFAGEO-CARDIALE	0.04	0.02
87.11.1	RADIOGRAFIA DI ARCATA DENTARIA	0.47	0.1
87.11.2	RADIOGRAFIA CON OCCLUSALE DI ARCATA DENTARIA	0.0072	0.002
87.11.3	ORTOPANORAMICA DELLE ARCADE DENTARIE	0.06	5

87.11.4	TOMOGRAFIA (STRATIGRAFIA) DELLE ARCADE DENTARIE	0.73	0.03
87.12.1	TELERRADIOGRAFIA DEL CRANIO	0.012	0.1
87.12.2	ALTRA RADIOGRAFIA DENTARIA	0.0047	0.001
87.13.1	ARTROGRAFIA TEMPOROMANDIBOLARE CON CONTRASTO - MONOLATERALE	0.017	0.0004
87.16.1	ALTRA RADIOGRAFIA DI OSSA DELLA FACCIA	0.004	0.051
87.16.2	TOMOGRAFIA (STRATIGRAFIA) ARTICOLAZIONE TEMPOROMANDIBOLARE - BASALE E DINAMICA BILATERALE	0.89	0.1
87.16.3	TOMOGRAFIA (STRATIGRAFIA) ARTICOLAZIONE TEMPOROMANDIBOLARE - MONOLATERALE	0.44	0.1
87.16.4	TOMOGRAFIA (STRATIGRAFIA) ARTICOLAZIONE TEMPOROMANDIBOLARE - BILATERALE	0.89	0.2
87.17.1	RADIOGRAFIA DEL CRANIO E DEI SENI PARANASALI	0.038	0.4
87.17.2	RADIOGRAFIA DELLA SELLA TURCICA	0.015	0.001
87.22	RADIOGRAFIA DELLA COLONNA CERVICALE	0.05	5
87.23	RADIOGRAFIA DELLA COLONNA TORACICA (DORSALE)	0.5	27
87.24	RADIOGRAFIA DELLA COLONNA LOMBOSACRALE	0.6	80
87.29	RADIOGRAFIA COMPLETA DELLA COLONNA	0.52	4.8
87.35	GALATTOGRAFIA	0.15	0.02
87.37.1	MAMMOGRAFIA BILATERALE	0.74	169
87.37.2	MAMMOGRAFIA MONOLATERALE	0.37	4.1
87.39	ALTRA RADIOGRAFIA DEI TESSUTI MOLLI DELLA PARETE TORACICA	0.14	0.004
87.41	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL TORACE	7.3	240
87.41.1	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL TORACE, SENZA E CON CONTRASTO	15	1150
87.42.1	TOMOGRAFIA (STRATIGRAFIA) TORACICA BILATERALE	1.3	0.05
87.43.1	RADIOGRAFIA DI COSTE, STERNO E CLAVICOLA	0.2	2
87.43.2	ALTRA RADIOGRAFIA DI COSTE, STERNO E CLAVICOLA	0.7	44
87.44.1	RADIOGRAFIA DEL TORACE DI ROUTINE, NAS	0.14	80
87.49.1	RADIOGRAFIA DELLA TRACHEA	0.072	0.1
87.51	COLANGIOGRAFIA EPATICA PERCUTANEA	8.1	0.2
87.52	COLANGIOGRAFIA INTRAVENOSA	8.8	0.2
87.53	COLANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA	3	1
87.54.1	COLANGIOGRAFIA TRANS-KEHR	2.8	3
87.61	RADIOGRAFIA COMPLETA DEL TUBO DIGERENTE	2.6	8
87.62	RADIOGRAFIA DEL TRATTO GASTROINTESTINALE SUPERIORE	1.71	5
87.62.1	RADIOGRAFIA DELL'ESOFAGO CON CONTRASTO	1	2
87.62.2	RADIOGRAFIA DELL'ESOFAGO CON DOPPIO CONTRASTO	1	1.4
87.62.3	RADIOGRAFIA DELLO STOMACO E DEL DUODENO CON DOPPIO CONTRASTO	1.4	2.6
87.63	STUDIO SERIATO DELL' INTESTINO TENUE	0.94	1.1
87.64	RADIOGRAFIA DEL TRATTO GASTROINTESTINALE INFERIORE	1.3	0.27
87.65.1	CLISMA OPACO SEMPLICE	2	3.9
87.65.2	CLISMA CON DOPPIO CONTRASTO	2	8
87.65.3	CLISMA DEL TENUE CON DOPPIO CONTRASTO	1.97	0.1
87.69.1	ALTRE PROCEDURE DIAGNOSTICHE SULL' APPARATO DIGERENTE	0.49	0.5
87.72	TOMOGRAFIA (STRATIGRAFIA) RENALE	5.2	0.7
87.73	UROGRAFIA ENDOVENOSA	1.1	0.71
87.74.1	PIELOGRAFIA RETROGRADA MONOLATERALE	2.8	1

87.74.2	PIELOGRAFIA RETROGRADA BILATERALE	3.4	0.3
87.75.1	PIELOGRAFIA TRANSPIELOSTOMICA	1	0.3
87.76	CISTOURETROGRAFIA RETROGRADA	1.1	1.8
87.76.1	CISTOURETROGRAFIA MINZIONALE	1.1	0.6
87.77.1	CISTOGRAFIA CON DOPPIO CONTRASTO	1.8	0.5
87.79.1	URETROGRAFIA	0.83	0.2
87.83	ISTEROSALPINGOGRAFIA	0.26	0.4
88.01.1	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ADDOME SUPERIORE	5.8	22
88.01.2	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ADDOME SUPERIORE, SENZA E CON CONTRASTO	16	160
88.01.3	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ADDOME INFERIORE	4.6	8.5
88.01.4	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ADDOME INFERIORE, SENZA E CON CONTRASTO	12	80
88.01.5	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ADDOME COMPLETO	8.6	116
88.01.6	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ADDOME COMPLETO, SENZA E CON CONTRASTO	27	2000
88.03.1	FISTOLOGRAFIA DELLA PARETE ADDOMINALE E/O DELL' ADDOME	1.4	0.1
88.19	RADIOGRAFIA DELL' ADDOME	0.5	35
88.21	RADIOGRAFIA DELLA SPALLA E DELL' ARTO SUPERIORE	0.029	2.9
88.22	RADIOGRAFIA DEL GOMITO E DELL' AVAMBRACCIO	0.0016	0.06
88.23	RADIOGRAFIA DEL POLSO E DELLA MANO	0.00046	0.09
88.24	RADIOGRAFIA DELL'ARTO SUPERIORE SAI	0.0008	0.00004
88.25	PELVIMETRIA	2.5	0.04
88.26	RADIOGRAFIA DI PELVI E ANCA	0.21	42
88.27	RADIOGRAFIA DEL FEMORE, GINOCCHIO E GAMBA	0.0017	0.35
88.28	RADIOGRAFIA DEL PIEDE E DELLA CAVIGLIA	0.00086	0.1
88.29.1	RADIOGRAFIA COMPLETA DEGLI ARTI INFERIORI E DEL BACINO SOTTO CARICO	0.19	1.3
88.29.2	RADIOGRAFIA ASSIALE DELLA ROTULA	0.00064	0.01
88.31	RADIOGRAFIA DELLO SCHELETRO IN TOTO	0.13	0.1
88.31.1	RADIOGRAFIA COMPLETA DEL LATTANTE	0.029	0.002
88.32	ARTROGRAFIA CON CONTRASTO	0.043	0.001
88.33.1	STUDIO DELL' ETA' OSSEA	0.00023	0.001
88.37.1	FISTOLOGRAFIA DELL' ARTO INFERIORE	0.018	0.0004
88.38.1	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL RACHIDE E DELLO SPECO VERTEBRALE	10	400
88.38.2	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL RACHIDE E DELLO SPECO VERTEBRALE, SENZA E CON CONTRASTO	20	24
88.38.3	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ARTO SUPERIORE	4.6	21
88.38.4	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ARTO SUPERIORE, SENZA E CON CONTRASTO	3	1
88.38.5	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DEL BACINO	7	26
88.38.6	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ARTO INFERIORE	0.4	6
88.38.7	TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC) DELL' ARTO INFERIORE, SENZA E CON CONTRASTO	0.8	1
88.38.8	ARTRO TC	0.062	0.01
88.39	ALTRA RADIOGRAFIA NON SPECIFICATA	0.71	0.05
88.39.1	LOCALIZZAZIONE RADIOLOGICA CORPO ESTRANEO	0.27	0.1
88.39.5	PROIEZIONE SPECIALE AGGIUNTIVA RADIOGRAFICA	0.06	1

88.40	ARTERIOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO, SEDE NON SPECIFICATA	9	0.8
88.41	ARTERIOGRAFIA DI ARTERIE CEREBRALI	2,6	4,6
88.42	AORTOGRAFIA	12,0	23
88.43	ARTERIOGRAFIA DELLE ARTERIE POLMONARI	5,6	0,8
88.44	ARTERIOGRAFIA DI ALTRI VASI INTRATORACICI	8,9	0,8
88.45	ARTERIOGRAFIA DELLE ARTERIE RENALI	18	2
88.47	ARTERIOGRAFIA DI ALTRE ARTERIE INTRAADDOMINALI	11	3,1
88.48	ARTERIOGRAFIA DELLE FEMORALI E DI ALTRE ARTERIE DELL'ARTO INFERIORE	4,0	8,3
88.49	ARTERIOGRAFIA DI ALTRE SEDI SPECIFICATE	5,6	0,8
88.50	ANGIOCARDIOGRAFIA, SAI	6,6	0,3
88.51	ANGIOCARDIOGRAFIA DELLA VENA CAVA	6,6	0,1
88.52	ANGIOCARDIOGRAFIA DEL CUORE DESTRO	11	2
88.53	ANGIOCARDIOGRAFIA DEL CUORE SINISTRO	6	7
88.54	ANGIOCARDIOGRAFIA COMBINATA DEL CUORE DESTRO E SINISTRO	17	2
88.55	ARTERIOGRAFIA CORONARICA CON CATETERE SINGOLO	10	7
88.56	ARTERIOGRAFIA CORONARICA CON CATETERE DOPPIO	15	220
88.57	ALTRA E NON SPECIFICATA ARTERIOGRAFIA CORONARICA	12,5	7
88.60	FLEBOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO, SEDE NON SPECIFICATA	0,2	0,005
88.61	FLEBOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO DELLE VENE DEL CAPO E DEL COLLO	0,37	0,05
88.63	FLEBOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO DI ALTRE VENE INTRATORACICHE	0,4	0,02
88.64	FLEBOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO DEL SISTEMA PORTALE	0,37	0,01
88.65	FLEBOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO DI ALTRE VENE INTRAADDOMINALI	0,54	0,04
88.66	FLEBOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO DELLA FEMORALE E DI ALTRE VENE DEGLI ARTI INFERIORI	3,0	0,07
88.67	FLEBOGRAFIA CON MEZZO DI CONTRASTO DI ALTRE SEDI SPECIFICATE	0,37	0,06
88.99.1	DENSITOMETRIA OSSEA CON TECNICA DI ASSORBIMENTO A FOTONE SINGOLO O DOPPIO	0,035	0,01
88.99.2	DENSITOMETRIA OSSEA CON TECNICA DI ASSORBIMENTO A RAGGI X - LOMBARE, FEMORALE, ULTRADISTALE	0,0014	0,1
88.99.3	DENSITOMETRIA OSSEA CON TECNICA DI ASSORBIMENTO A RAGGI X - TOTALBODY	0,0035	0,01
88.99.4	DENSITOMETRIA OSSEA CON TC - LOMBARE	0,01	0,003
92.01.1	CAPTAZIONE TIROIDEA	3,8	0,3
92.01.2	SCINTIGRAFIA TIROIDEA CON CAPTAZIONE, CON O SENZA PROVE FARMACOLOGICHE	3,8	0,4
92.01.3	SCINTIGRAFIA TIROIDEA	2,1	5,8
92.02.3	SCINTIGRAFIA SEQUENZIALE EPATOBILIARE, INCLUSA COLECISTI,	3,2	0,1
92.03.1	SCINTIGRAFIA RENALE	1,1	0,1
92.03.3	SCINTIGRAFIA SEQUENZIALE RENALE	0,8	1,3
92.03.4	STUDIO DEL REFLUSSO VESCICO-URETERALE	0,54	0,04
92.03.5	TOMOSCINTIGRAFIA RENALE	1,1	0,01
92.04.1	SCINTIGRAFIA SEQUENZIALE DELLE ghiandole SALIVARI CON STUDIO FUNZIONALE	2,4	0,3
92.04.2	STUDIO DEL TRANSITO ESOFAGO-GASTRO-DUODENALE	2,3	0,4
92.04.4	VALUTAZIONE DELLE GASTROENTERORRAGIE	3,7	0,5
92.05.1	SCINTIGRAFIA MIocardica DI PERFUSIONE,	7	1,22

92.05.2	SCINTIGRAFIA MIOCARDICA CON INDICATORI DI LESIONE	18	3
92.05.3	ANGIOCARDIOSCINTIGRAFIA DI PRIMO PASSAGGIO (FIRST PASS)	3.6	0.1
92.05.4	ANGIOCARDIOSCINTIGRAFIA ALL'EQUILIBRIO	3.55	3.3
92.05.6	SCINTIGRAFIA DEL MIDOLLO OSSEO TOTAL BODY	3	0.4
92.09.1	TOMOSCINTIGRAFIA MIOCARDICA (PET) DI PERFUSIONE A RIPOSO E DOPO STIMOLO	7.6	0.6
92.09.2	TOMOSCINTIGRAFIA MIOCARDICA (SPET) DI PERFUSIONE A RIPOSO O DOPO STIMOLO	7.5	48
92.11.1	SCINTIGRAFIA CEREBRALE, STATICA, STUDIO COMPLETO	5.2	0.2
92.11.5	TOMOSCINTIGRAFIA CEREBRALE (SPET)	4.5	6.8
92.11.6	TOMOSCINTIGRAFIA CEREBRALE (PET) - STUDIO QUALITATIVO	3.9	2.47
92.11.7	TOMOSCINTIGRAFIA CEREBRALE (PET) - STUDIO QUANTITATIVO	7.6	0.4
92.13	SCINTIGRAFIA DELLE PARATIROIDI	1.6	0.6
92.14.1	SCINTIGRAFIA OSSEA O ARTICOLARE SEGMENTARIA	3.6	1.487
92.14.2	SCINTIGRAFIA OSSEA O ARTICOLARE SEGMENTARIA POLIFASICA	3.6	4.26
92.14.3	TOMOSCINTIGRAFIA OSSEA	4.5	0.6
92.15.1	SCINTIGRAFIA POLMONARE PERFUSIONALE (6 PROIEZIONI)	2.7	3.7
92.15.2	SCINTIGRAFIA POLMONARE VENTILATORIA	5.4	1
92.15.3	STUDIO QUANTITATIVO DIFFERENZIALE DELLA FUNZIONE POLMONARE	1.8	0.1
92.15.4	SCINTIGRAFIA POLMONARE CON INDICATORE POSITIVO	7.8	0.4
92.15.5	TOMOSCINTIGRAFIA POLMONARE	2.7	0.53
92.16.1	SCINTIGRAFIA LINFATICA E LINFOGHIANDOLE SEGMENTARIA	0.38	1
92.18.1	SCINTIGRAFIA GLOBALE CORPOREA CON INDICATORI POSITIVI	7.8	0.8
92.18.2	SCINTIGRAFIA OSSEA O ARTICOLARE	3.6	37.6
92.18.3	RICERCA DI METASTASI DI TUMORI TIROIDEI	11.9	8.7
92.18.4	SCINTIGRAFIA GLOBALE CORPOREA CON CELLULE AUTOLOGHE MARCATE	5.9	3.2
92.18.5	SCINTIGRAFIA GLOBALE CORPOREA CON TRACCIANTI IMMUNOLOGICI E RECETTORIALI	8	6.3
92.18.6	TOMOSCINTIGRAFIA GLOBALE CORPOREA (PET)	4.9	60
92.19.1	SCINTIGRAFIA SURRENALICA CORTICALE	13	0.4
92.19.2	SCINTIGRAFIA SURRENALICA MIDOLLARE	3	0.4
92.19.6	SCINTIGRAFIA SEGMENTARIA DOPO SCINTIGRAFIA TOTAL BODY	4.0	11.6
92.19.7	SCINTIGRAFIA SEGMENTARIA CON INDICATORI POSITIVI	3	0.4
92.19.8	TOMOSCINTIGRAFIA (SPET) CON INDICATORI POSITIVI	9.2	10

Bibliografia

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and effects of ionizing radiation*. UNSCEAR 2008, Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I. United Nations, New York 2010.
- [2] International Commission on Radiological Protection (ICRP). *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 103. Annals of ICRP 2007; 37:1-332.
- [3] Direttiva Europea 59/2013/EURATOM del Consiglio del 5 Dicembre 2013. *Norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti*. Gazzetta Ufficiale n. L 13 del 17/01/2014.
- [4] Direttiva Europea 43/1997/EURATOM del Consiglio del 30 giugno 1997. *Protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse a esposizioni mediche*. Gazzetta Ufficiale n. L 180 del 09/07/1997 Pag. 22-27.
- [5] Decreto Legislativo n. 187 del 26 Maggio 2000. *Attuazione della direttiva 97/43/EURATOM in materia di protezione sanitaria delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse ad esposizioni mediche*.
- [6] Legge Regionale del 7 Luglio 2003, n.32 (L.R. 32/2003). *Disciplina dell'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti*. Bollettino Ufficiale della Regione Toscana (BURT) n. 27 del 10 Luglio 2003.
- [7] Decreto del Presidente della Giunta Regionale 1 Giugno 2006, n. 21/R. *Regolamento di attuazione della legge regionale 7 luglio 2003, n. 32 (Disciplina dell'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti)*. Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 17 del 7 Giugno 2006.
- [8] A. Tofani, A. Del Corona, A. Marchi, V. Marzulli, A. Niespolo, R. Raffo. *Valutazione dose alla popolazione della Regione Toscana*. Anno 2006.

- [9] Ministero del Lavoro, della Salute e delle Politiche Sociali. *Classificazione delle malattie, dei traumatismi, degli interventi chirurgici e delle procedure diagnostiche e terapeutiche, (versione italiana del manuale ICD9CM)*; Anno 2007.
- [10] Legge Regionale del 28 Dicembre 2015, n.84 (L.R. 84/2015). *Riordino dell'assetto istituzionale e organizzativo del sistema sanitario regionale. Modifiche alla L.R. 40/2005*. Bollettino Ufficiale della Regione Toscana (BURT) n. 58; 31 Dicembre 2015.
- [11] M. Tapiovaara, T. Siiskonen. *PCXMC A Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations*. STUK-A231 (Radiation and Nuclear Safety Authority); Novembre 2008.
- [12] www.impactscan.org/ctdosimetry.htm (ultimo accesso Giugno 2016).
- [13] ICRP, 1988. *Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals*. ICRP Publication 53. Ann. ICRP 18(1-4).
- [14] ICRP, 1992. *Radiological Protection in Biomedical Research*. ICRP Publication 62. Ann. ICRP 22(3).
- [15] ICRP, 1998. *Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals (Addendum to ICRP Publication 53)*. ICRP Publication 80. Ann. ICRP 28(3).
- [16] ICRP, 2008. *Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals - Addendum 3 to ICRP Publication 53*. ICRP Publication 106. Ann. ICRP 38(1-2).
- [17] ICRP, 2015. *Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances*. ICRP Publication 128. Ann. ICRP 44(2S).
- [18] Bradley, S. M., Rao, S. V., Curtis, J. P., Parzynski, C. S., Messenger, J. C., Daugherty, S. L., Rumsfeld, J. S. and Gurm, H. T. *Change in Hospital-Level Use of Transradial Percutaneous Coronary Intervention and Periprocedural Outcomes*. Circoutcomes 114, 10-20 (2014).
- [19] NCRP, *Radiation dose management for fluoroscopically guided interventional medical procedures* NCRP Report n. 168 (NCRProtection, Bethesda, MD, 2010).

- [20] ICRP, 2013. *Radiological Protection in Cardiology*. ICRP Publication n. 120. Ann. ICRP 42(1).
- [21] Gruppo di Studio per l'Assicurazione di Qualità in radiologia interventistica. *Indicazioni operative per l'ottimizzazione della radioprotezione nelle procedure di radiologia interventistica*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2015. (Rapporti ISTISAN 15/41).
- [22] International Electrotechnical Commission. *Medical Electrical Equipment-Part 2-43: Particular requirements for the safety of X-ray equipment for interventional procedures*. Geneva: IEC; 2010. (IEC 60601-2-43:2010).
- [23] Hart D., Jones D. G. and Wall B. F., *Estimation of Effective Dose in diagnostic Radiology from Entrance Surface Dose and Dose-Area Product Measurements*, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ, UK, NRPB-R262, 1994.
- [24] ICRP, 2010. *Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures Performed Outside the Imaging Department*. ICRP Publication n. 117. Ann. ICRP 40(6).
- [25] Commissione Europea, *Medical Radiation Exposure of the European Population* RP n. 180; 2014.