

Voorbeelden van optimalisatie in de praktijk

J. Binst, H. Verhoeven, M. Dehairs, H. Bosmans

Motivatie optimalisering

- KB Medische blootstellingen [13/02/20]

Artikel 101

Elke dosis ten gevolge van blootstellingen bij niet-medische beeldvorming met medisch-radiologische uitrustingen moet zo laag worden gehouden als redelijkerwijze mogelijk is om toe te laten de vereiste informatie te bekomen, rekening houdend met economische en maatschappelijke factoren.

Artikel 38

§ 2

Onverminderd de bepalingen van artikel 14, moet de exploitant, voor medisch-radiologische handelingen met een computertomografie toestel of binnen de interventionele radiologie, beroep doen op een erkende deskundige in de medische stralingsfysica, voor de actieve medewerking binnen een multidisciplinair team, aan twee gedocumenteerde projecten rond optimalisatie, per jaar en per dienst waar minstens één van bovenstaande handelingen wordt uitgevoerd.

Een dergelijk project bestaat minimaal uit het verzamelen en analyseren van de gegevens, het identificeren van optimalisatiemogelijkheden en het implementeren van acties voor de optimalisatie van de desbetreffende medisch-radiologische handelingen.

Voorbeelden van optimalisatie

- Diagnostische Referentie Levels (DRL)
- Nieuw toestel
- Nieuwe technologie
- Naamgeving en verduidelijking van protocollen
- Protocol instellingen vergelijken
- Dosis modulatie technieken optimaliseren

Voorbeelden van optimalisatie

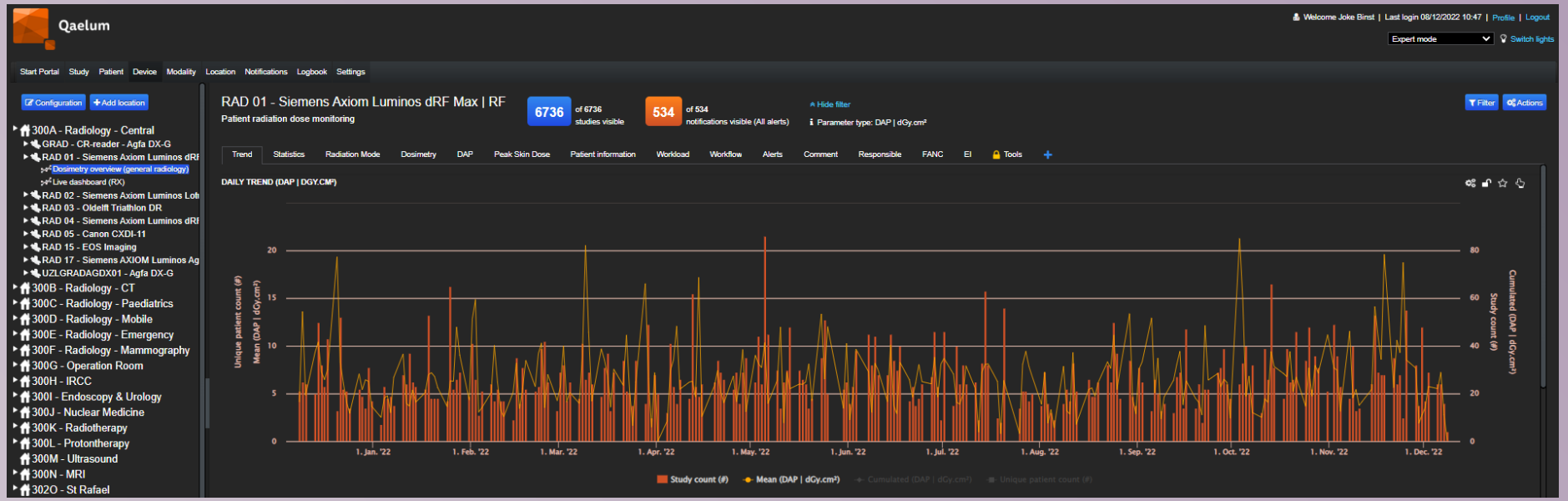


Fig: screenshot van het dosis monitoring programma DOSE (Qaelum, BE) dat gebruikt wordt in UZ Leuven.

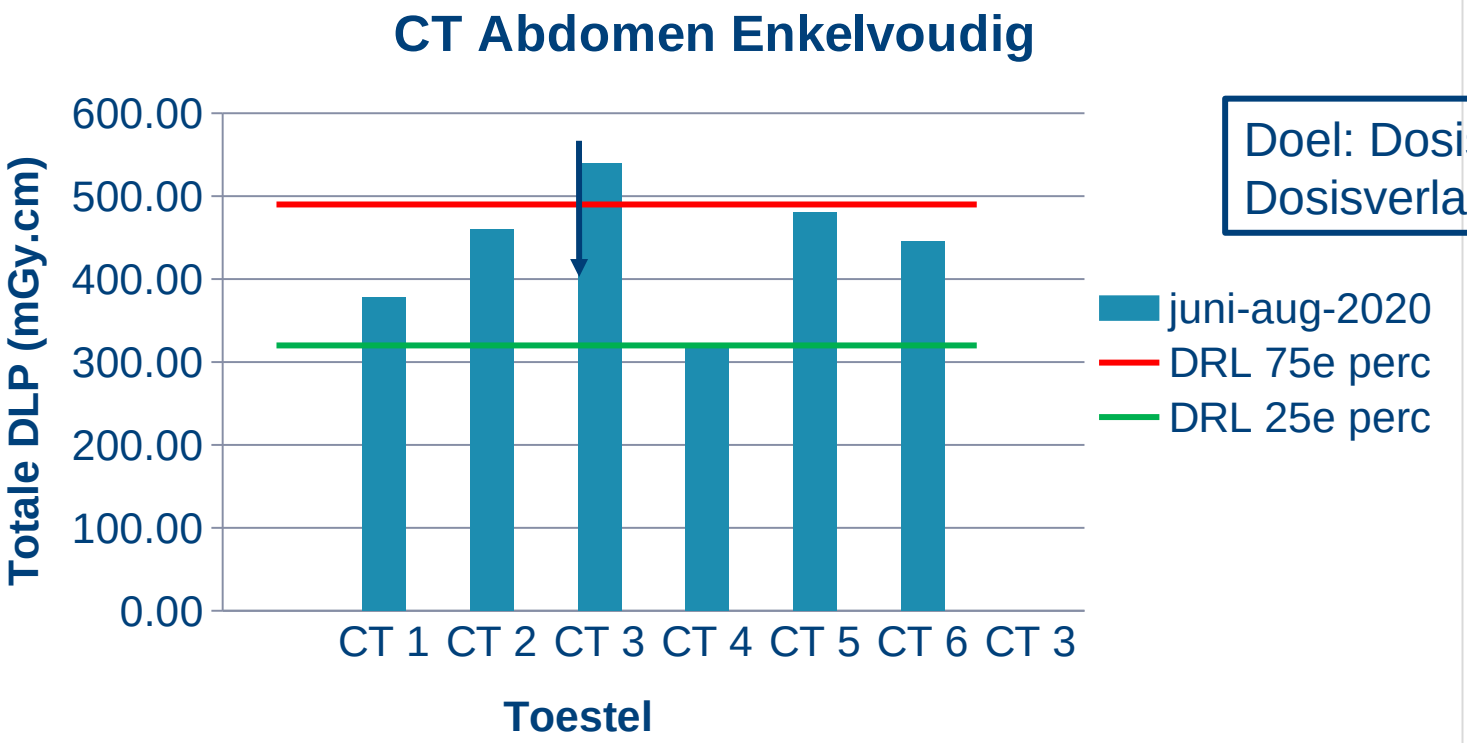
Voorbeelden van optimalisatie

- Diagnostische Referentie Levels (DRL)
- Nieuw toestel
- Nieuwe technologie
- Naamgeving en verduidelijking van protocollen
- Protocol instellingen vergelijken
- Dosis modulatie technieken optimaliseren

Voorbeeld: CT abdomen

- Jaarlijkse patiëntendosimetrie van FANC
  - Mediaan dosis van verschillende protocollen
- Opstellen van diagnostische referentie level (DRL)
  - DRL = 75^{e} percentiel van een grote reeks mediaan dosissen van CT Abdomen screening onderzoeken in Belgische ziekenhuizen
  - Als jouw mediaan dosis hoger is dan de DRL, betekent dit dat 75% van uw collega’s in andere ziekenhuizen kunnen werken met een lagere dosis dan die van u

Voorbeeld: CT abdomen



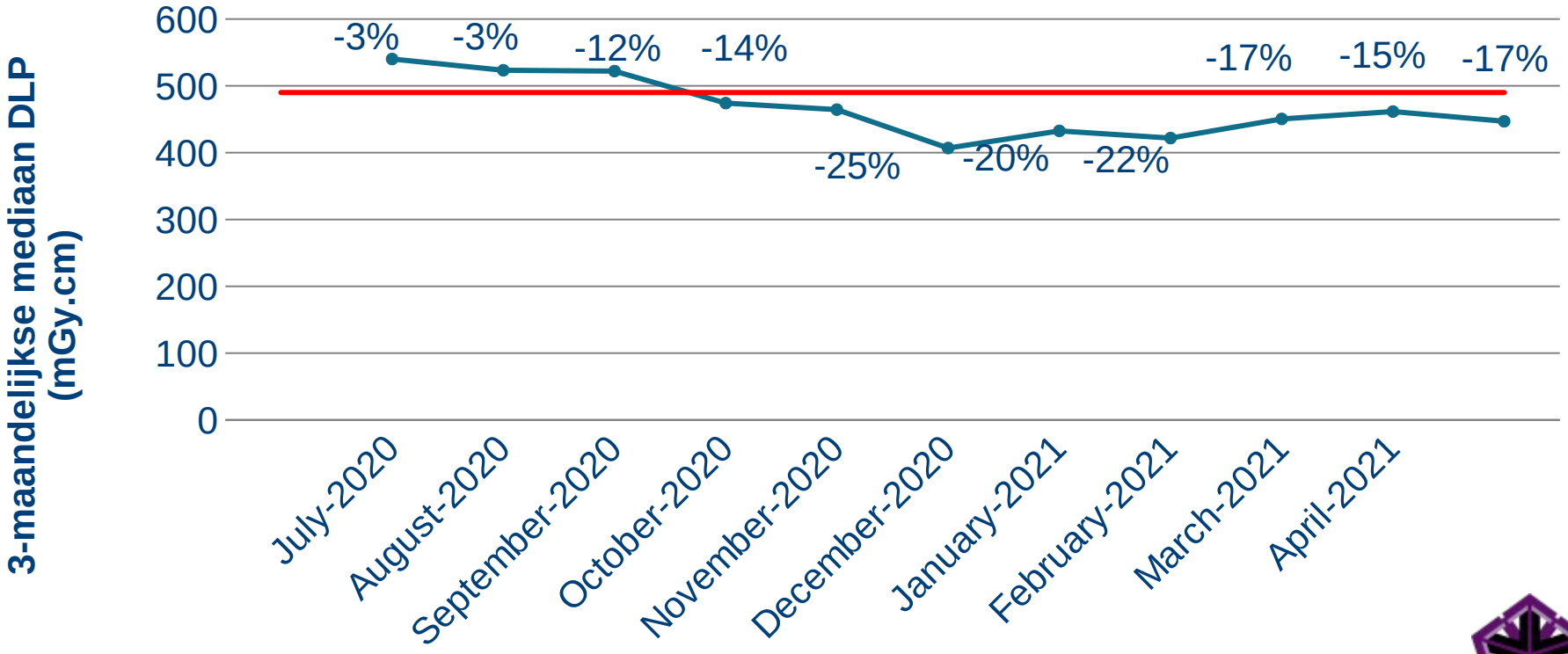
Doel: Dosis onder de DRL
Dosisverlaging: -9%

Voorbeeld: CT abdomen

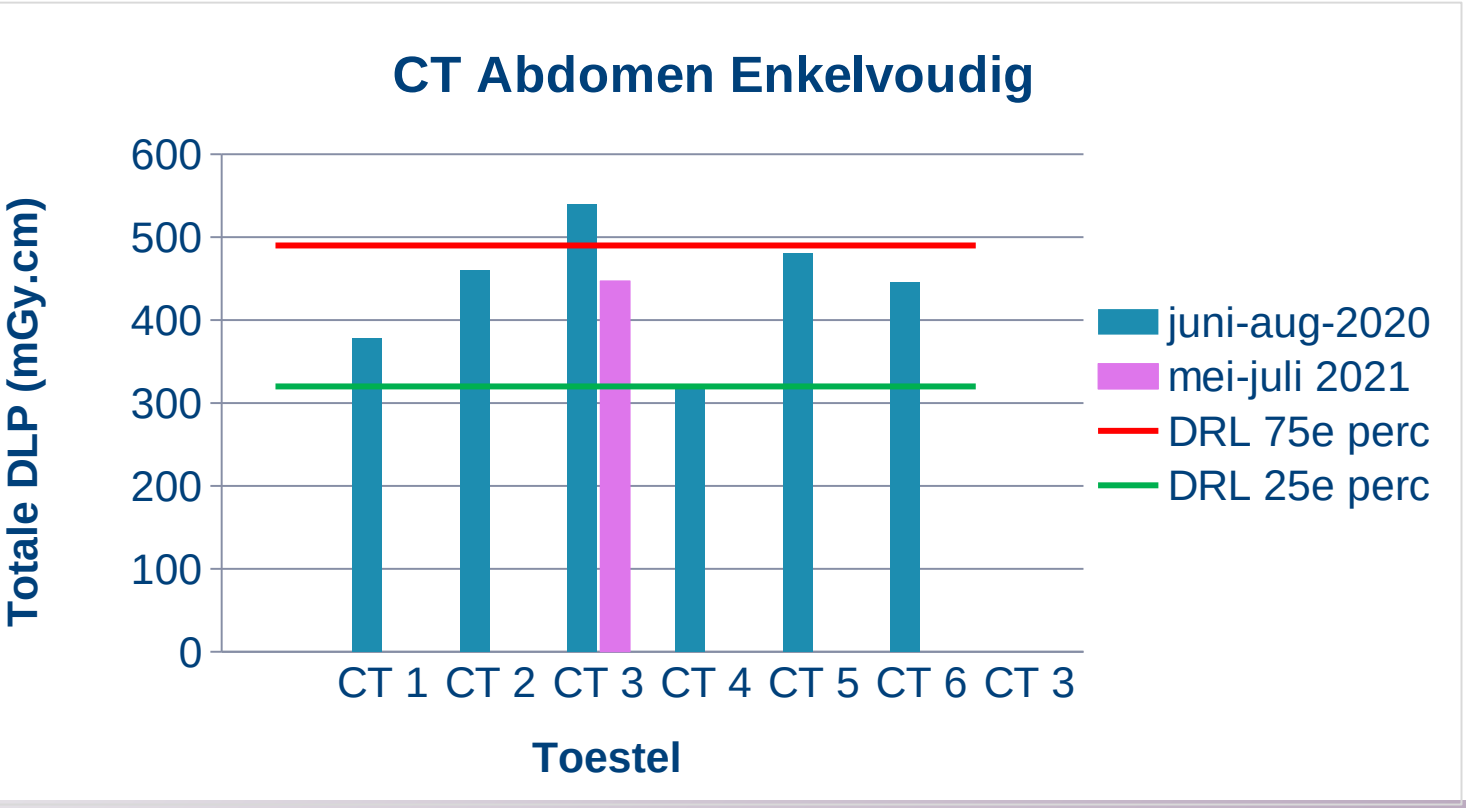
- Werkwijze: graduele dosisverlaging
  - Informeer staf
  - Verander dosisinstelling (ref. mAs) met 5-10%
  - Indien geen reactie na de aanpassing: verlaag nogmaals met 5-10%
  - …
  - Tot het moment dat er feedback komt van de radiologen over beeldkwaliteit

Volg het proces vanop afstand via het dosis monitoring programma

Voorbeeld: CT abdomen



Voorbeeld: CT abdomen



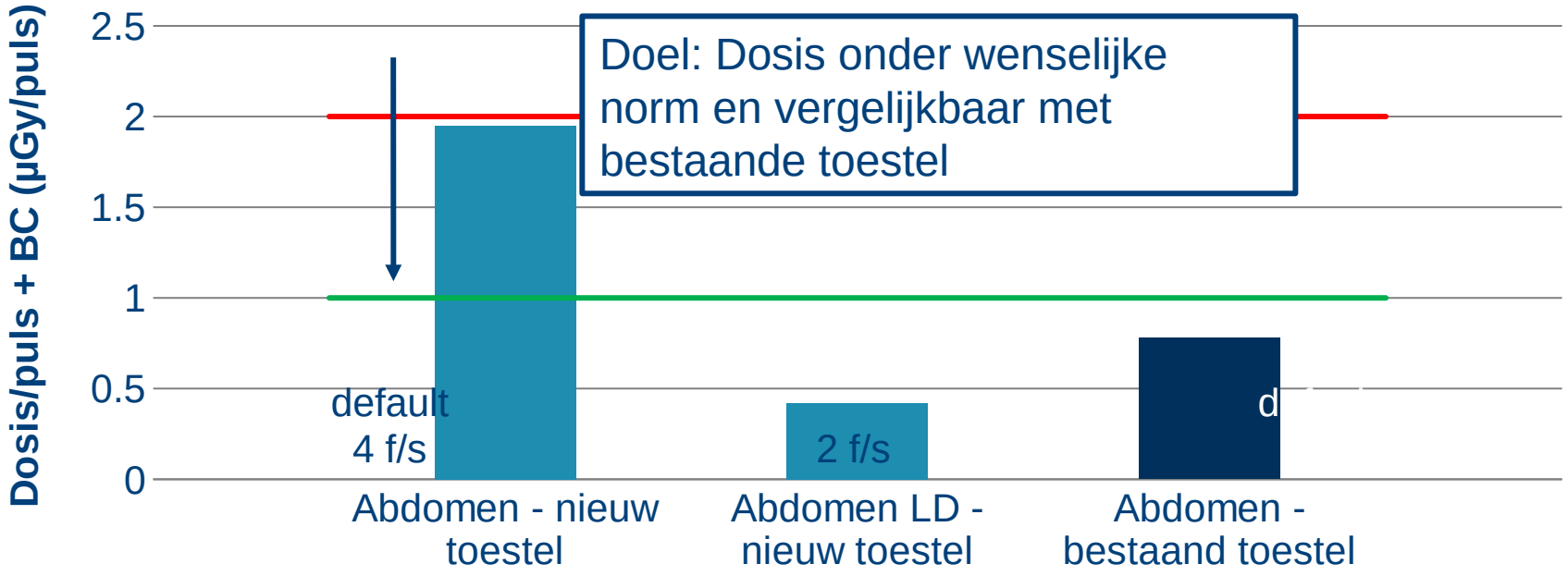
Voorbeelden van optimalisatie

- Diagnostische Referentie Levels (DRL)
- Nieuw toestel
- Nieuwe technologie
- Naamgeving en verduidelijking van protocollen
- Protocol instellingen vergelijken
- Dosis modulatie technieken optimaliseren

Voorbeeld: Interventionele radiologie

- Nieuw toestel geïnstalleerd voor interventionele radiologie met protocollen met fabrikantsinstellingen
- Op basis van technische metingen van patiënt intrededosis (op 20 cm PMMA) bij cinégrafie tijdens indienstelling door medische fysica
- Vergelijken met 2 bestaande toestellen op de dienst voor angiografie en cardiografie

Voorbeeld: Interventionele radiologie

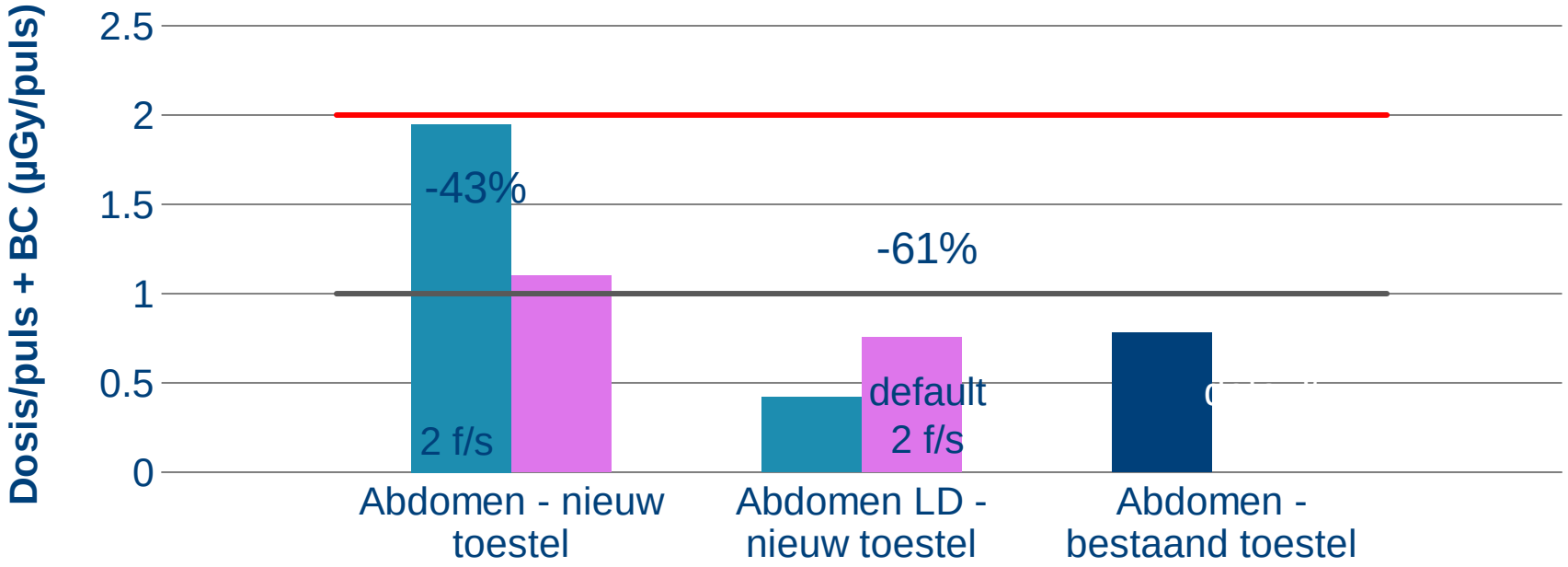


VOOR nieuw toestel
NA nieuw toestel
Bestaand toestel
Wenselijke limiet
Aanvaardbare limiet

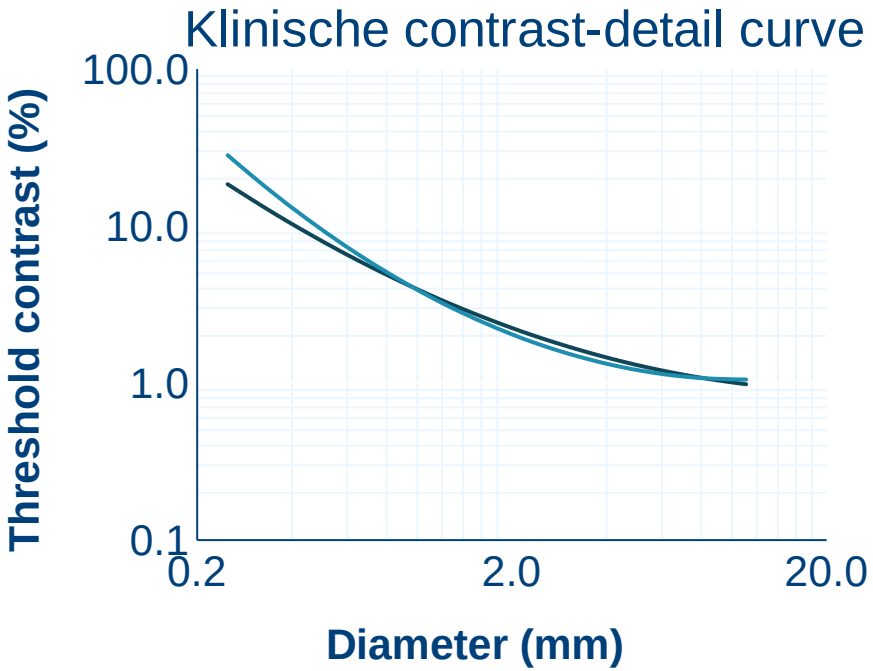
Voorbeeld: Interventionele radiologie

- Doel: Dosis onder wenselijke norm en vergelijkbaar met bestaande toestel
  - Dosis instelling van het protocol verlagen
  - Pulsrate verlagen van 4 f/s naar 2 f/s (zoals op het bestaande toestel)
  - Abdomen LD instellen als default programma bij het opstarten

Voorbeeld: Interventionele radiologie



Voorbeeld: Interventionele radiologie



Nieuw toestel – Abdomen LD

Bestaand toestel – Abdomen

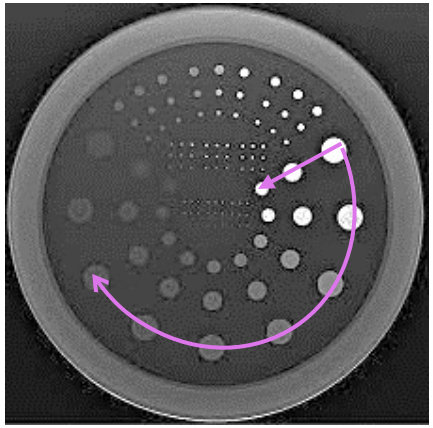
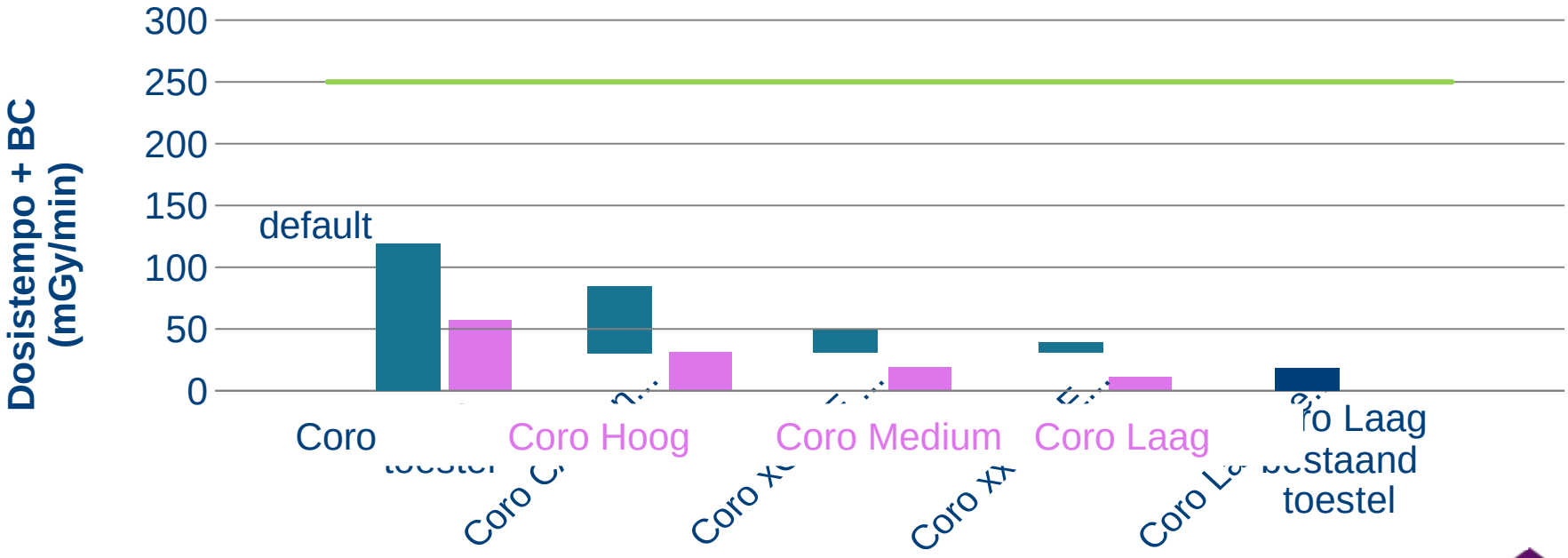


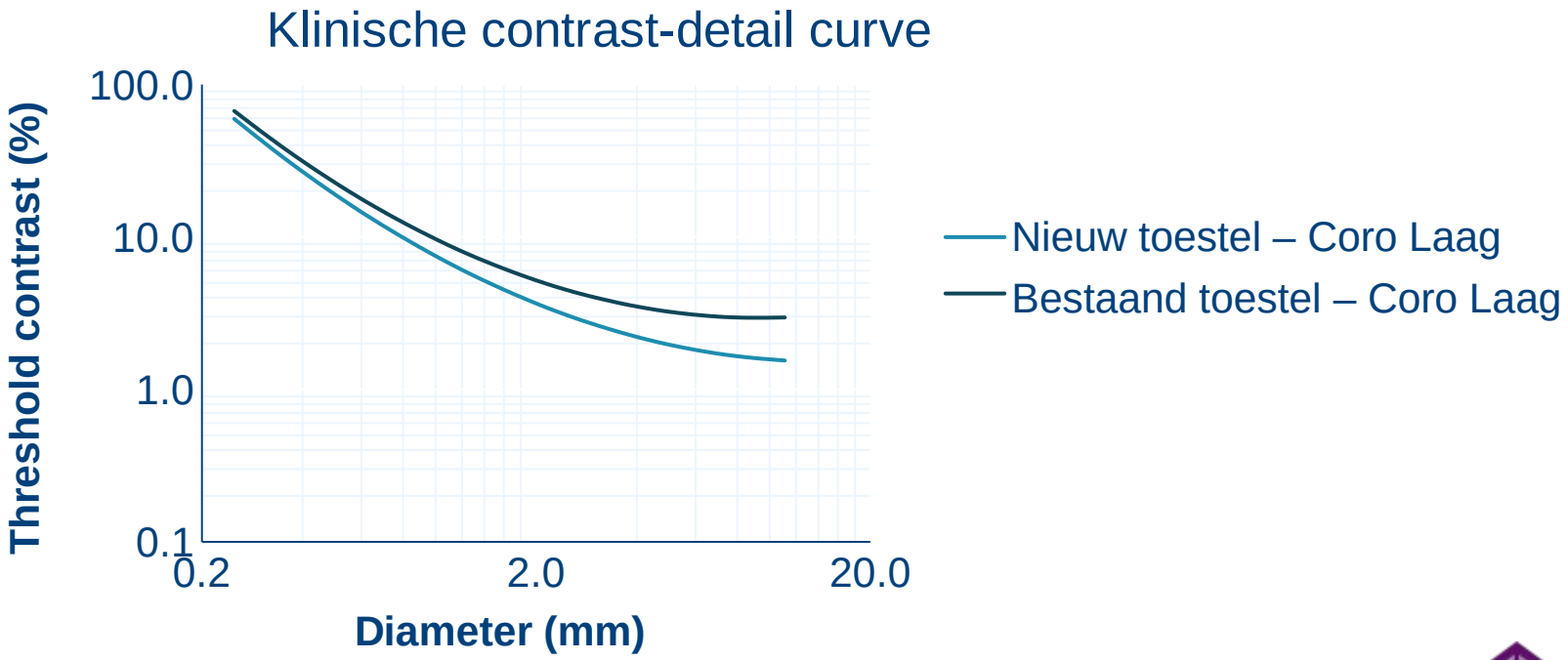
Fig: TO12 testobject

Voorbeeld: Interventionele radiologie

- Gelijkaardige aanpak voor cardio programma



Voorbeeld: Interventionele radiologie



Voorbeeld: CT wervelzuil kinderen

- Nieuw toestel geïnstalleerd met fabrieksparameters voor CT wervelzuil voor kinderen.
- In een eerste stap werd de referentie mAs / CTDI ingesteld gelijk aan het bestaande toestel voor volwassenen

Voorbeeld: CT wervelzuil kinderen

Bestaand toestel

	kV	IQ-level	Ref. mAs	CTDI (mGy)
volwassene	120	X	257	23.5

Voorbeeld: CT wervelzuil kinderen

Bestaand toestel

	kV	IQ-level	Ref. mAs	CTDI (mGy)
volwassene	120	X	257	23.5

Nieuw toestel

	kV	IQ-level	Ref. mAs	CTDI (mGy)
volwassene	120	285	X	20.3
Kind	90	285	X	10.9

Voorbeeld: CT wervelzuil kinderen

Bestaand toestel

	kV	IQ-level	Ref. mAs	CTDI (mGy)
volwassene	120	X	257	23.5
Kind	90	X		5.68

?

Nieuw toestel

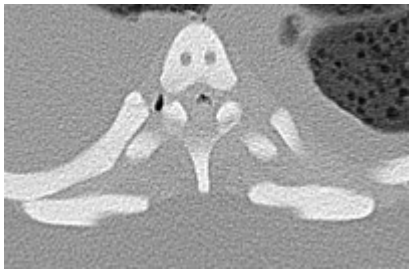
	kV	IQ-level	Ref. mAs	CTDI (mGy)
volwassene	120	285	X	20.3
Kind	90	285	X	10.9



Voorbeeld: CT wervelzuil kinderen







Voorbeeld: CT wervelzuil kinderen

Bestaand toestel

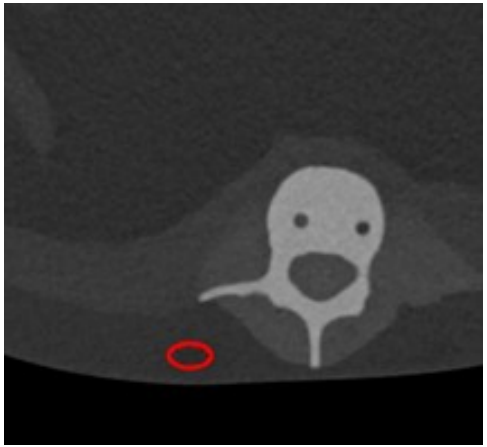
	kV	IQ-level	eff. mAs	CTDI (mGy)
Kind	90		237	5.15

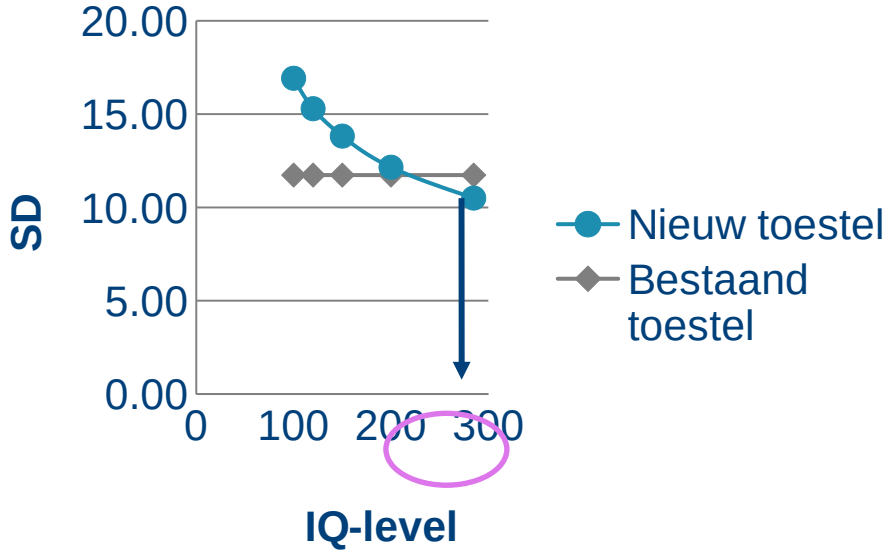
Nieuw toestel

	kV	IQ-level	eff. mAs	CTDI (mGy)
Kind	90	285	275	7.64
		200	193	5.36
		150	146	4.05
		120	117	3.24
		100	99	2.4

Voorbeeld: CT wervelzuil kinderen

Metingen van ruis (SD) in zacht weefsel en in bot





Metingen van ruis (SD) bevestigen het niveau van IQ-level 200

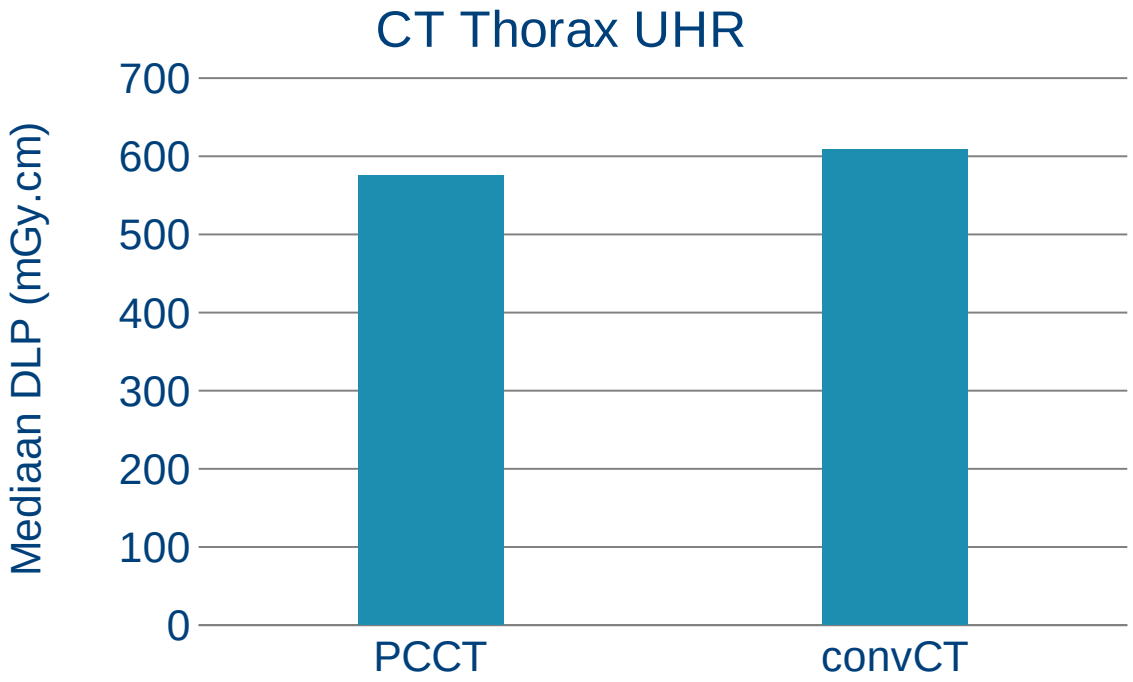
Voorbeelden van optimalisatie

- Diagnostische Referentie Levels (DRL)
- Nieuw toestel
- Nieuwe technologie
- Naamgeving en verduidelijking van protocollen
- Protocol instellingen vergelijken
- Dosis modulatie technieken optimaliseren

Voorbeeld: CT thorax

- Installatie van een nieuwe photon counting CT-scanner (PCCT)
  - Instellen van initiële protocols: vergelijkbare dosis met conventionele CT (convCT)

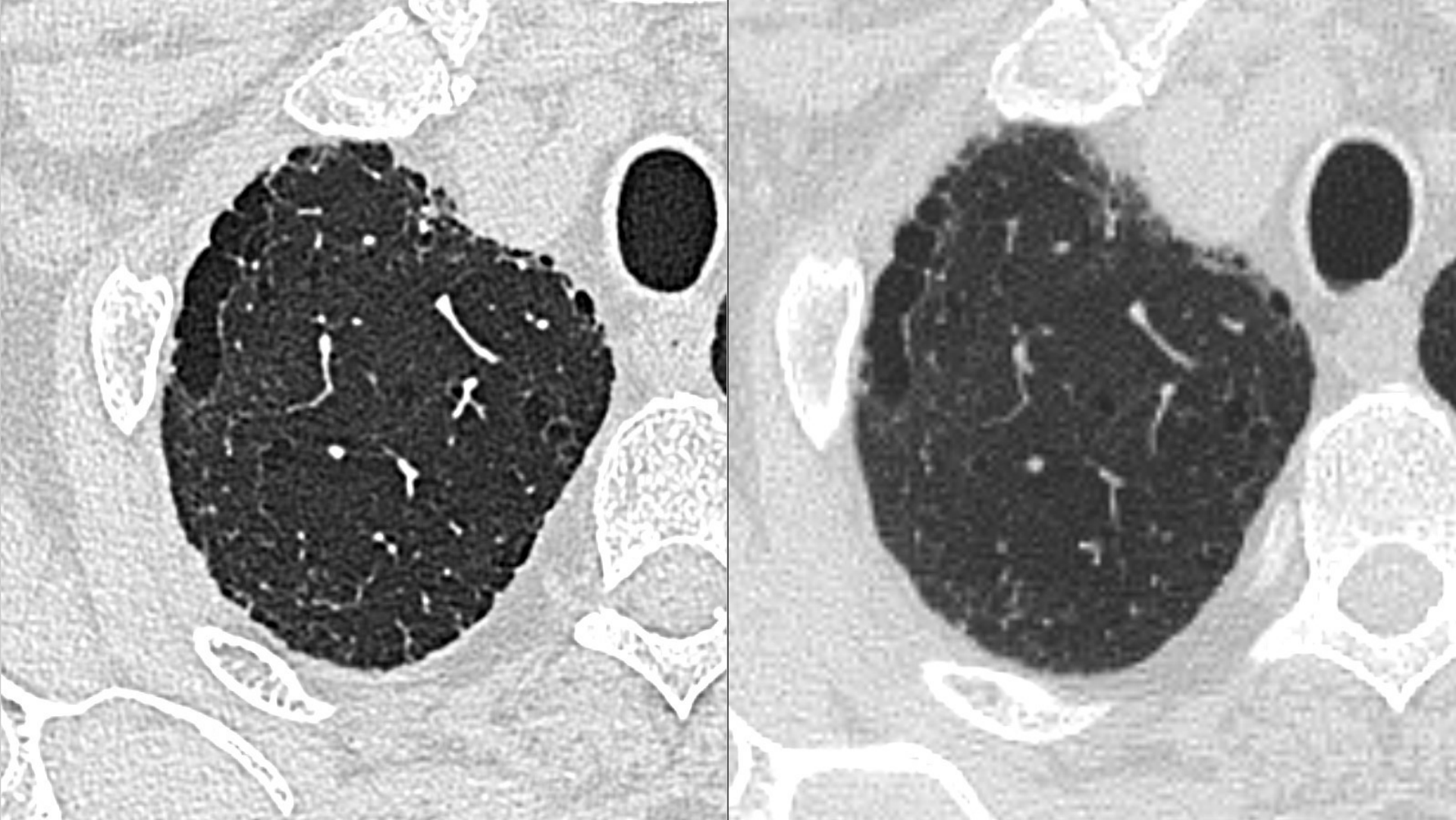
Voorbeeld: CT thorax



Voorbeeld: CT thorax

- Installatie van een nieuwe photon counting CT-scanner (PCCT)
  - Instellen van initiële protocols: vergelijkbare dosis met conventionele CT (convCT)
  - Vergelijking van beeldkwaliteit en impact op diagnostische interpretatie [1]

[1] V. Van Baellaer, A. Dubbeldam, E. Muscogiuri, L. Cockmartin, H. Bosmans, W. Coudyzer, J. Coolen, W. De Wever (ECR 2022)



Voorbeeld: CT thorax

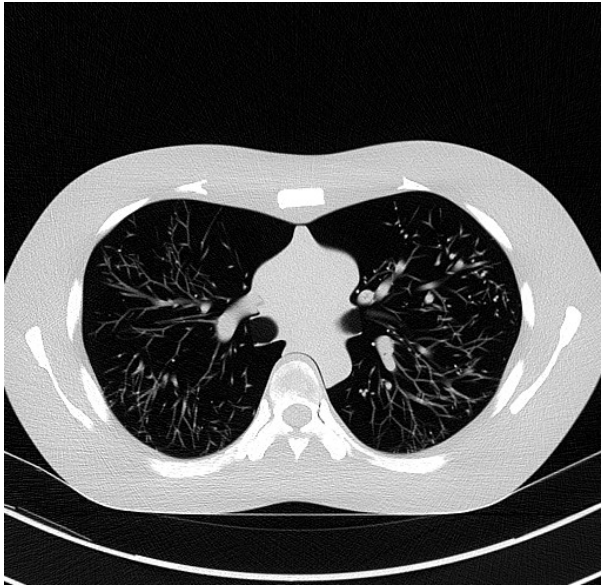
- Installatie van een nieuwe photon counting CT-scanner (PCCT)
  - Instellen van initiële protocols: vergelijkbare dosis met conventionele CT (convCT)
  - Vergelijking van beeldkwaliteit en impact op diagnostische interpretatie [1] → betere beeldkwaliteit, geen impact op diagnose
  - Dosisreductie mogelijk

[1] V. Van Baellaer, A. Dubbeldam, E. Muscogiuri, L. Cockmartin, H. Bosmans, W. Coudyzer, J. Coolen, W. De Wever (ECR 2022)

Voorbeeld: CT thorax

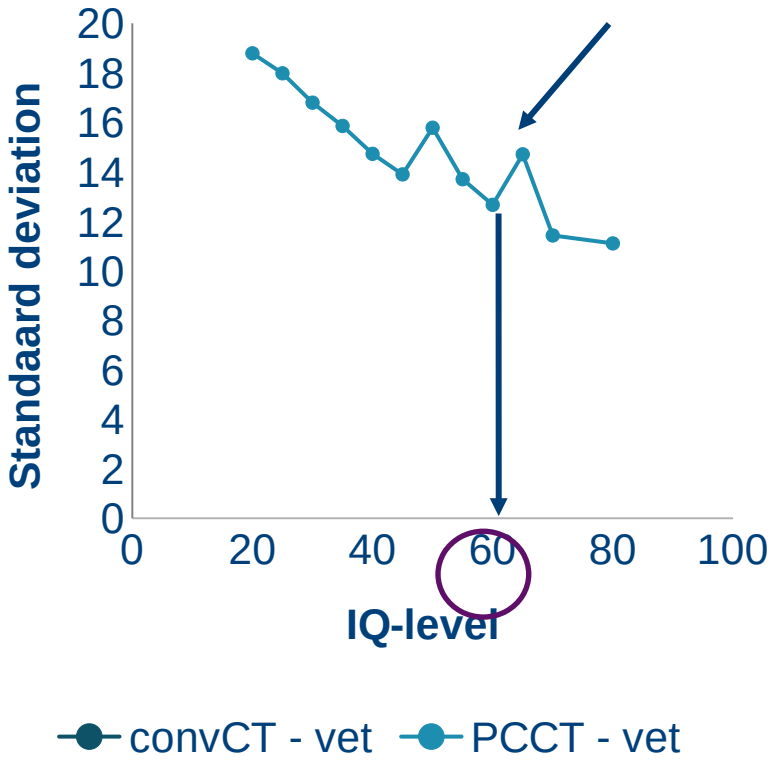
- Doel? Welke dosis met zonder verlies van diagnostische informatie?
  - Klinische beeldkwaliteit → technische beeldkwaliteit

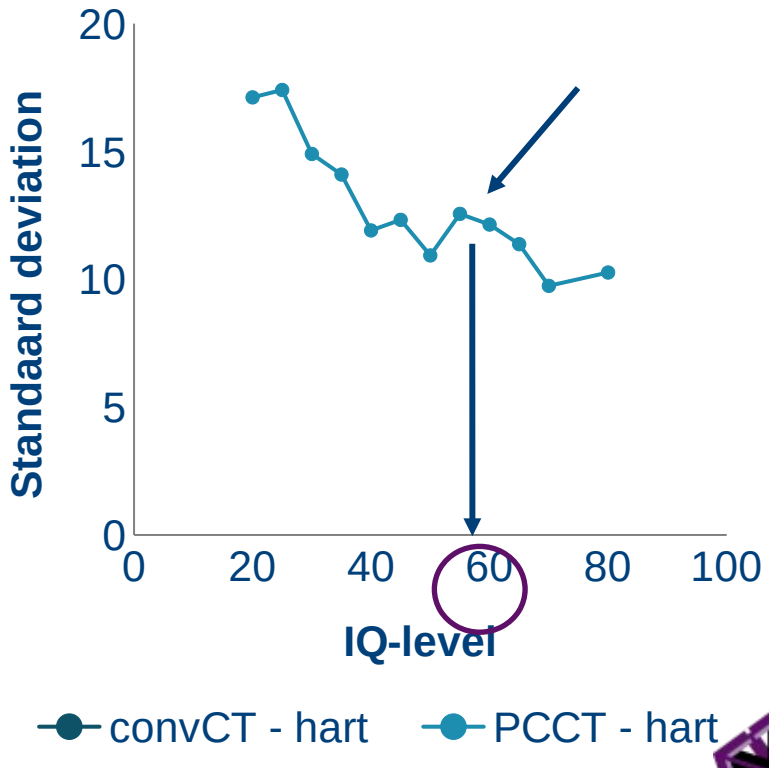






Voorbeeld: CT thorax

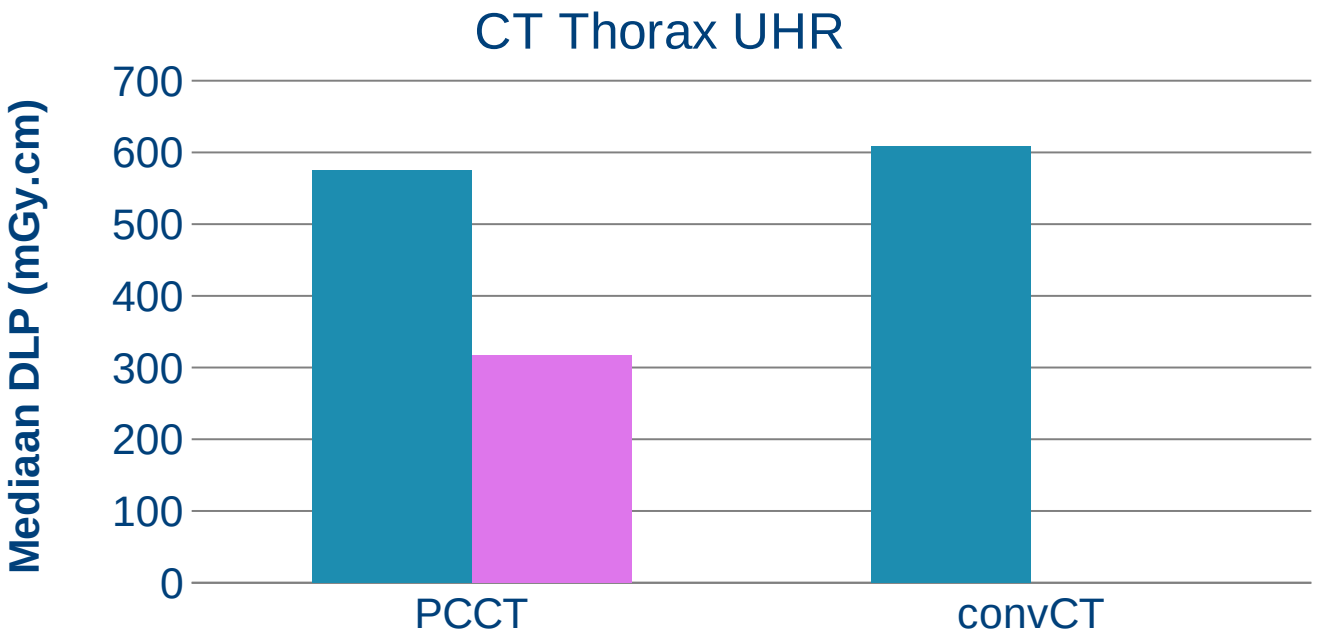




Voorbeeld: CT thorax

- Doel: IQ level 60
- Werkwijze: graduele dosisverlaging
  - IQ level 100 → 80 → 60
  - Tussentijdse evaluatie door de radioloog

Voorbeeld: CT thorax



Voorbeelden van optimalisatie

- Diagnostische Referentie Levels (DRL)
- Nieuw toestel
- Nieuwe technologie
- Naamgeving en verduidelijking van protocollen
- Protocol instellingen vergelijken
- Dosis modulatie technieken optimaliseren

Voorbeeld: Cathlab

Toestel 1				
Programma	**DAP (mGy.cm²)**		**Programma**	**DAP (mGy.cm²)**
FL HDR	204	-33%	FL Laag	136
Coro HDR CARE	957	-21%	Coro Laag	753

Toestel 2				
Programma	**DAP (mGy.cm²)**		**Programma**	**DAP (mGy.cm²)**
FL LD	180	-64%	FL Laag	66
Coro LD	959	-17%	Coro Laag	799



[2] M. Dehairs, H. Bosmans, W. Desmet, N. Bergans, M. Vanesch, N. Marshall (ECR 2019)

Voorbeelden van optimalisatie

- Diagnostische Referentie Levels (DRL)
- Nieuw toestel
- Nieuwe technologie
- Naamgeving en verduidelijking van protocollen
- Protocol instellingen vergelijken
- Dosis modulatie technieken optimaliseren

Voorbeeld: CT Rotsbeenderen kind

- CT rotsbeenderen geoptimaliseerd voor volwassenen door radioloog [3]

	CARE keV IQ Level	kV	Quality ref. mAs	CTDIvol (mGy) [16 cm]	Collimatie	Pitch	Rot. Tijd (s)
Volwassene	75	120	68	11.7	120 x 0.2	0.35	0.5



[3] R. Hermans

Voorbeeld: CT Rotsbeenderen kind

- CT rotsbeenderen geoptimaliseerd door radioloog [3]

	CARE keV IQ Level	kV	Quality ref. mAs	CTDIvol (mGy) [16 cm]	Collimatie	Pitch	Rot. Tijd (s)
Volwassene	75	120	68	11.7	120 x 0.2	0.35	0.5
Kind	160	90	311	25.7	120 x 0.2	0.35	0.5



[3] R. Hermans

Voorbeeld: CT Rotsbeenderen kind

- CT rotsbeenderen geoptimaliseerd door radioloog [3]

	CARE keV IQ Level	kV	Quality ref. mAs	CTDIvol (mGy) [16 cm]	Collimatie	Pitch	Rot. Tijd (s)
Volwassene	75	120	68	11.7	120 x 0.2	0.35	0.5
Kind	160	90	311	25.7	120 x 0.2	0.35	0.5
Kind nieuw	75	90	146	12.1	120 x 0.2	0.35	0.5



[3] R. Hermans

Voorbeeld: CT Rectum (radiotherapie)

- CT Rectum protocol
  - CT Rectum: Controle of blaas en rectum leeg zijn, zonder contrast
  - CT Abdomen-Pelvis
- Kan het huidige CT Rectum protocol verlaagd worden?

Voorbeeld: CT Rectum (radiotherapie)

Radiotherapie

	kV	Quality ref. mAs	Mediaan CTDIvol (mGy)	Collimatie	Pitch
Rectum	CarekV	150 @100kV	4.88	32x1.2	0.6
Abd-Pelv	120	250 @120kV	15.63	64x0.6	1.2

Voorbeeld: CT Rectum (radiotherapie)

Radiotherapie

	kV	Quality ref. mAs	Mediaan CTDIvol (mGy)	Collimatie	Pitch
Rectum	CarekV	150 @100kV	4.88	32x1.2	0.6
Abd-Pelv	120	250 @120kV	15.63	64x0.6	1.2

Radiologie

	kV	Quality ref. mAs	Mediaan CTDIvol (mGy)	Collimatie	Pitch
Uro low dose	CarekV	30 @120 kV	1.6	128x0.6	0.6

Voorbeeld: CT Rectum (radiotherapie)

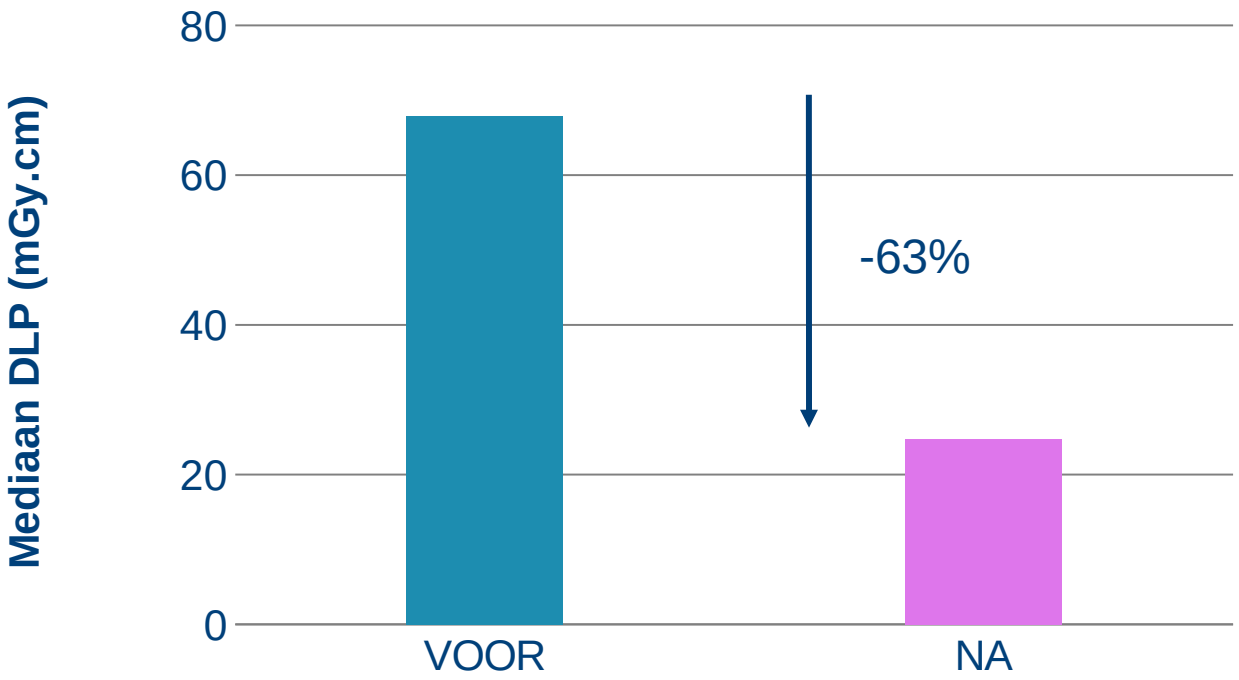
Radiotherapie

	kV	Quality ref. mAs	Mediaan CTDIvol (mGy)	Collimatie	Pitch
Rectum	CarekV	150 @100kV	4.88	32x1.2	0.6
Abd-Pelv	120	250 @120kV	15.63	64x0.6	1.2

Rectum nieuw

Uro low dose	CarekV	30 @120 kV	1.6	128x0.6	0.6

Voorbeeld: CT Rectum (radiotherapie)



Voorbeelden van optimalisatie

- Diagnostische Referentie Levels (DRL)
- Nieuw toestel
- Nieuwe technologie
- Naamgeving en verduidelijking van protocollen
- Protocol instellingen vergelijken
- Dosis modulatie technieken optimaliseren

Voorbeeld: CT DIEP flap

- Pre-operatieve CT angiografie voor ‘deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap’ borst reconstructie chirurgie

Voorbeeld: CT DIEP flap

“Voor dikke patiënten zijn de beelden te ruisig. De beeldkwaliteit is onvoldoende voor goede pre-operatieve planning”
- Radioloog angiografie

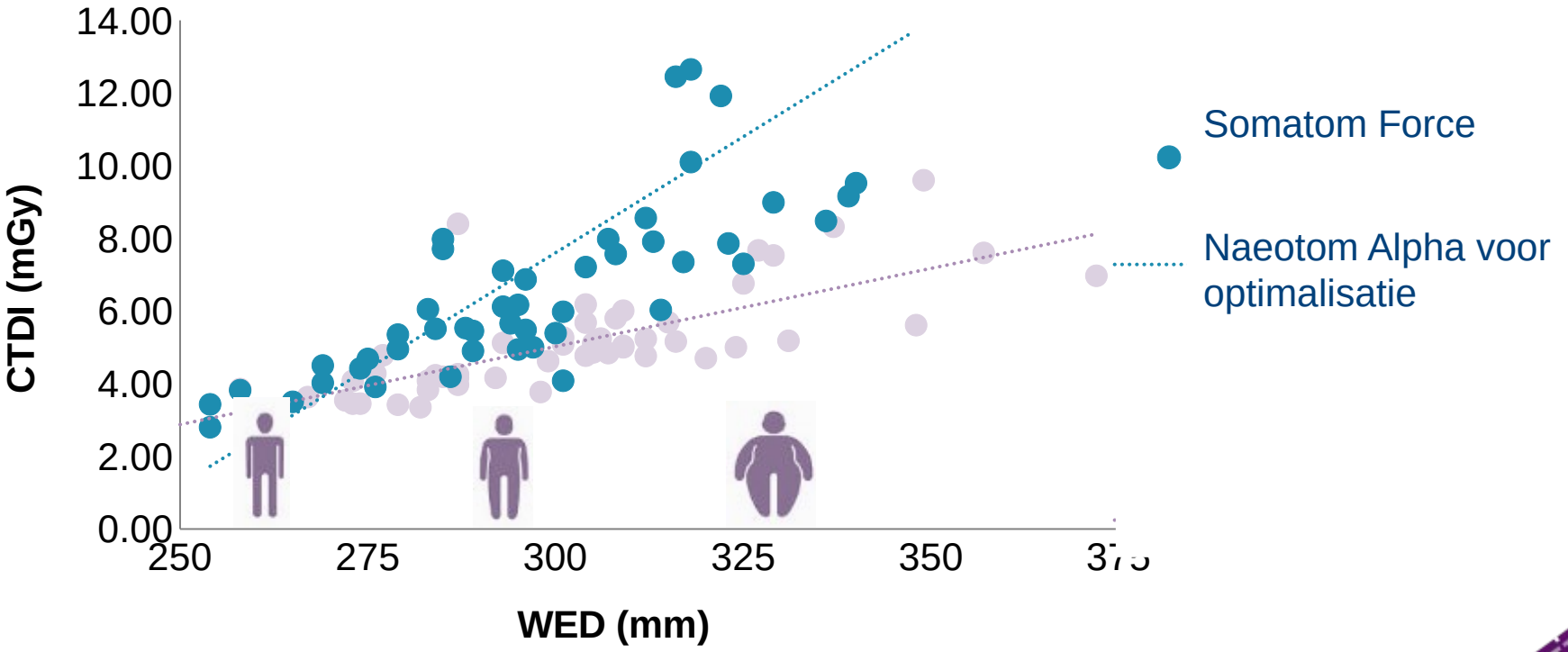
Water equivalente diameter (WED)

Dosis (CTDI)

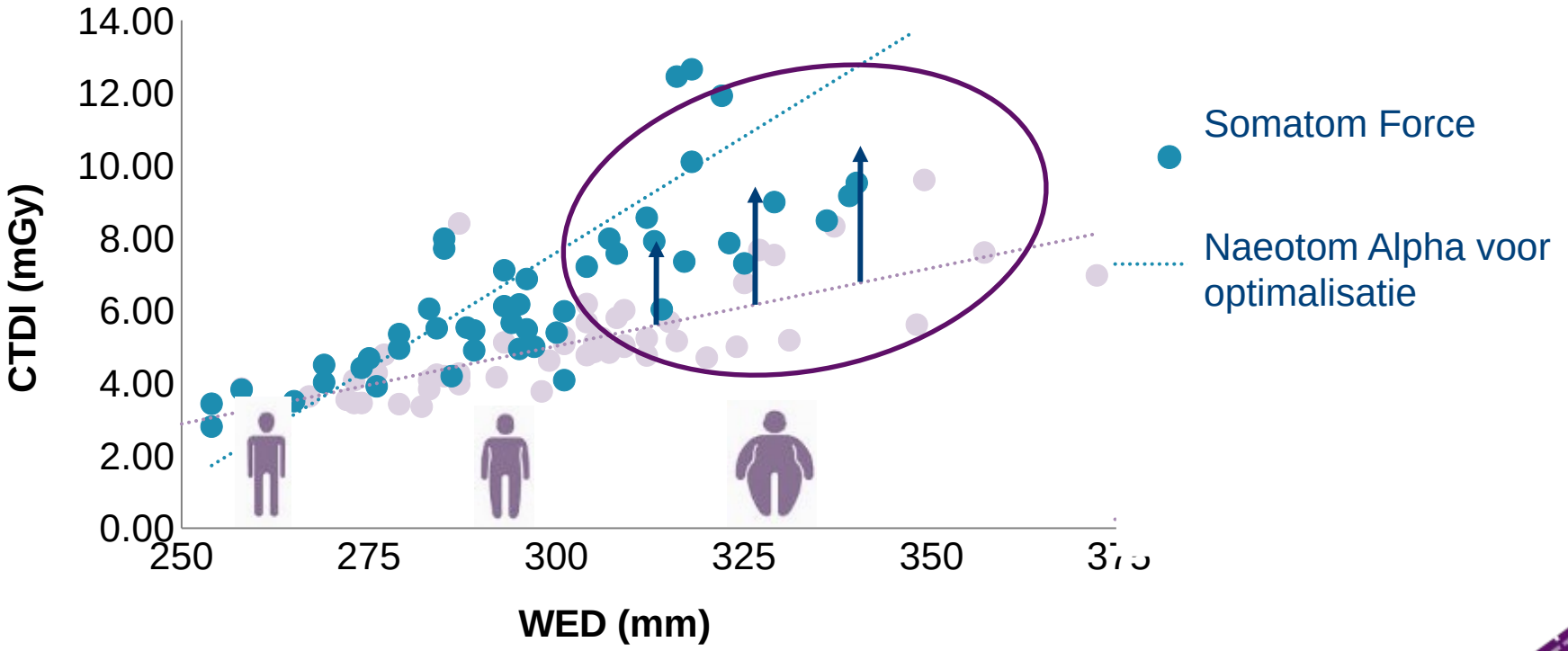
Voorbeeld: CT DIEP flap

- Alle CT DIEP flap onderzoeken gedurende 6 maanden:
  - Siemens Somatom Force: 53 studies
  - Siemens Naeotom Alpha: 52 studies
- CTDI en WED verzameld uit dosis monitoring programma DOSE (Qaelum)

Voorbeeld: CT DIEP flap



Voorbeeld: CT DIEP flap



Voorbeeld: CT DIEP flap

Orgaan	Kind	Volwassene dun	Volwassene obese
Hersenen	Average	Average	Average
Thorax	Average	Average	Average
Abdomen	Average	Average	Average
Pelvis	Average	Average	Average
Extremities	Average	Average	Average
AngioBody	Average	Average	Average

Tabel: Instellingen op CT-scanner voor sterkte van buisstroommodulatie

Voorbeeld: CT DIEP flap

Orgaan	Kind	Volwassene dun	Volwassene obese
Hersenen	Average	Average	Average
Thorax	Average	Average	Average
Abdomen	Average	Average	Average
Pelvis	Average	Average	Average
Extremities	Average	Average	Average
AngioBody	Average	Average	Average

Tabel: Instellingen op CT-scanner voor sterkte van buisstroommodulatie

CT DIEP flap

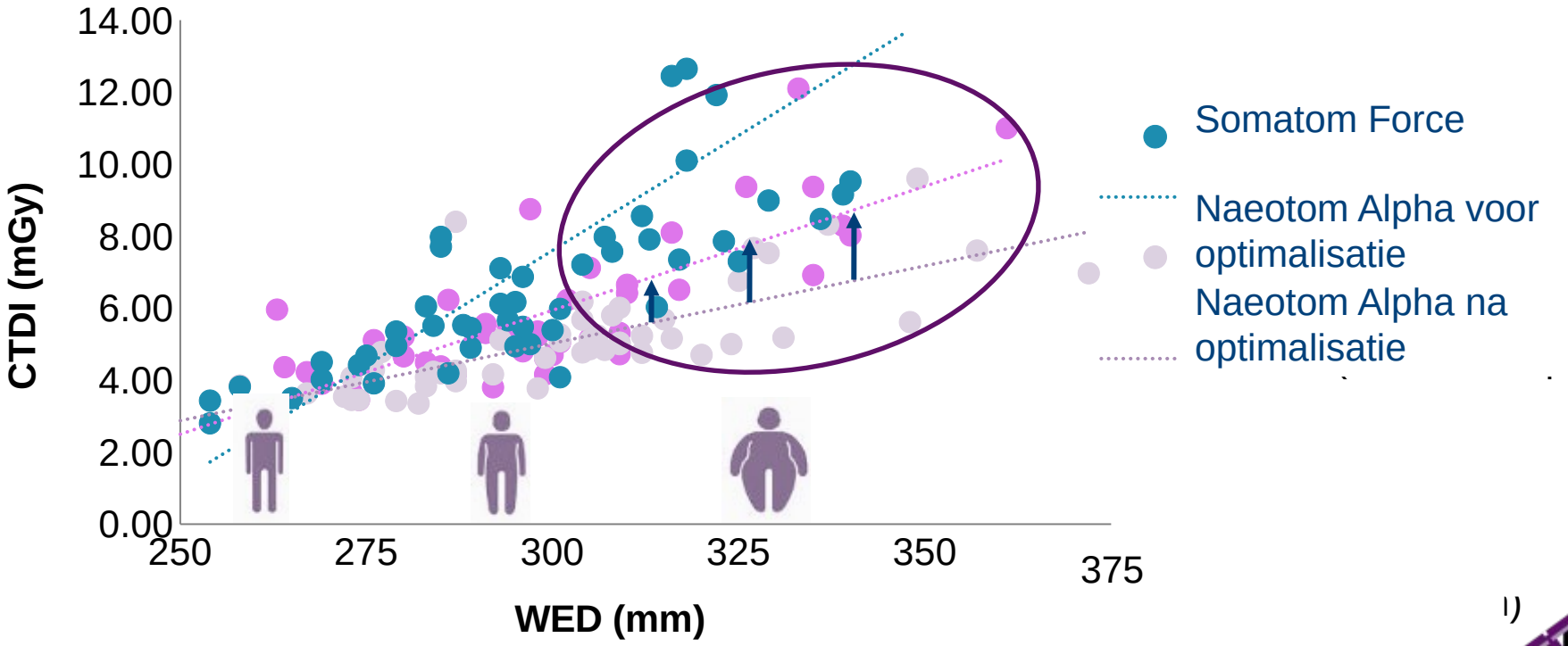
Orgaan	Kind	Volwassene dun	Volwassene obese
Hersenen	Average	Average	Average
Thorax	Average	Average	Average
Abdomen	Average	Average	Average
Pelvis	Average	Average	Average
Extremities	Average	Average	Average
AngioBody	Average	Average	

Tabel: Instellingen op CT-scanner voor sterkte van buisstroo

Very Weak
Weak
Average
Strong
Very Strong



Voorbeeld: CT DIEP flap

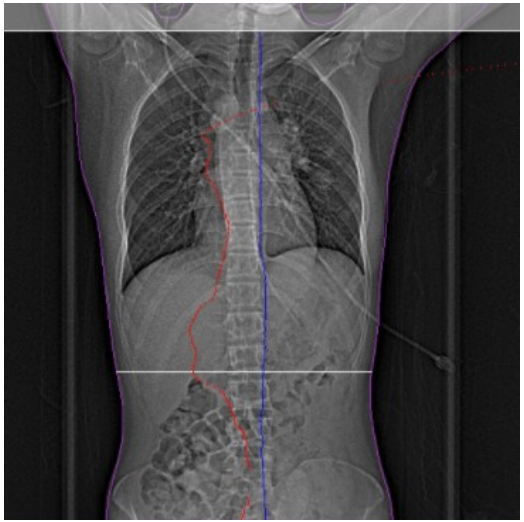


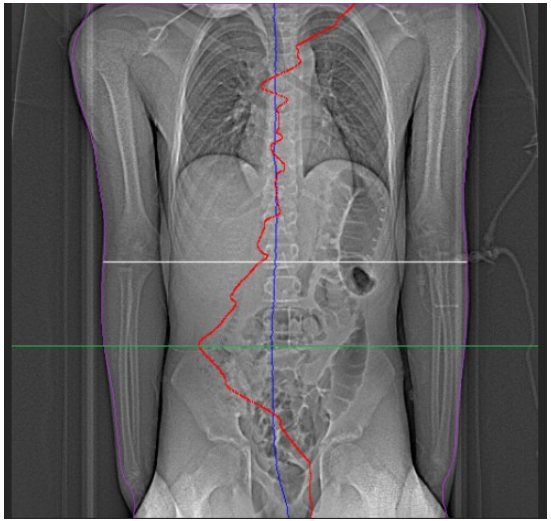
Voorbeeld: CT Thorax-Abdomen bij kinderen

- Feedback van radioloog over enkele scans:
  - Zeer veel streaking waardoor valse beelden in de bloedvaten
  - Zeer veel ruis waardoor leverbeoordeling moeilijk is
- Bestuderen van mogelijke aanpassingen die nodig/mogelijk zijn?
- Vergelijk onderzoeken met afwijkende beeldkwaliteit met onderzoeken met goede beeldkwaliteit
- Aantal onderzoeken kinderen is beperkt, dus gebruik maken van literatuur

Voorbeeld: CT Thorax-Abdomen bij kinderen

- Moeilijkheden?

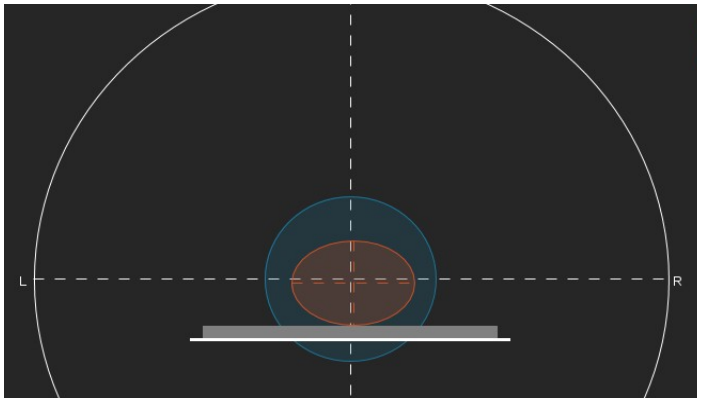


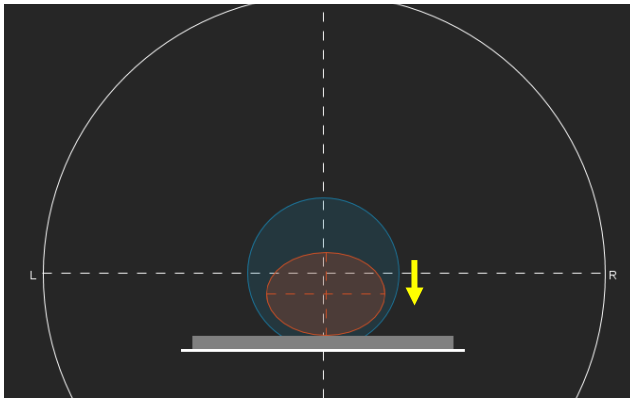


Armen in de scan – Goede modulatie?

Voorbeeld: CT Thorax-Abdomen bij kinderen

- Patient positioning?



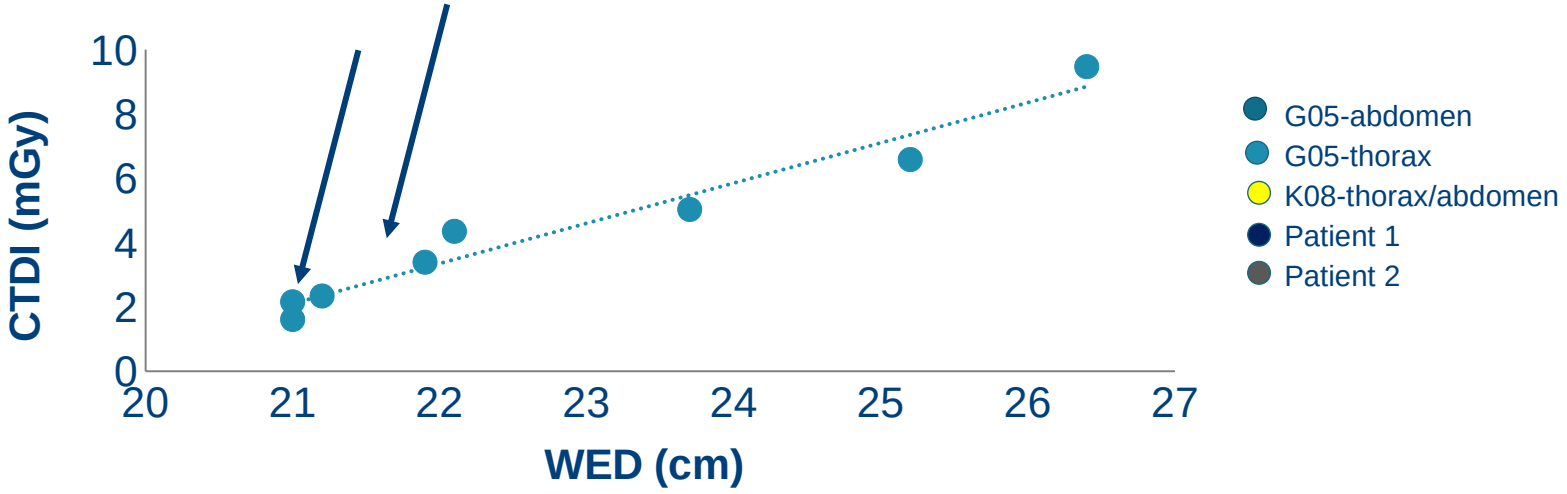




Patient werd te laag gepositioneerd – is dit systematisch?

Voorbeeld: CT Thorax-Abdomen bij kinderen

- Dosis versus WED



Algemeen goed verband tussen CTDI en WED

Voorbeeld: CT Thorax-Abdomen bij kinderen

- Parameters vergelijken met aanbevelingen AAPM [4]

	Aanbeveling thorax	Aanbeveling abdomen	Huidig protocol thorax-abdomen
Scan type	Spiraal	Spiraal	Spiraal
Rotatie tijd	0.5	0.5	0.5
Pitch	1.4	1.4	1.4
kV	100 (CarekV)	100 (CarekV)	CarekV

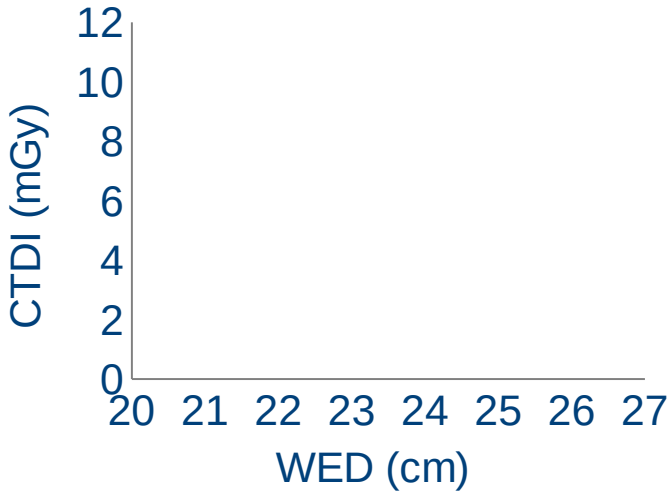


[4] AAPM report on Pediatric Routine Abdomen and Pelvis CT Protocol (2017)

Voorbeeld: CT Thorax-Abdomen bij kinderen

- Parameters vergelijken met aanbevelingen AAPM [4]

	Effectieve diameter (cm)	kV door CarekV
Patiënt 1	21.9	90
Patiënt 2	21.2	70



[4] AAPM report on Pediatric Routine Abdomen and Pelvis CT Protocol (2017)

Voorbeeld: CT Thorax-Abdomen bij kinderen

- Samengevat
  - Positionering eerder te laag → beter positioneren
  - Protocol zorgt algemeen voor goede modulatie, maar dosis ter hoogte van abdomen is eerder laag voor kinderen met armen in de scan met een lage kV

- Eerste actie:
  - CarekV beperken tot minimaal 100 kV
  - Nadien ook toegepast op andere protocollen zoals CT trauma
  - Tot op heden geen klachten gekregen voor de aangepaste protocollen.

Conclusie

- Optimalisatie is nodig en is een onderdeel van de indienststelling van een nieuw toestel of nieuwe technologie, maar ook bij het instellen van nieuwe protocollen en is een continu proces.
- Optimalisatie is een samenwerking tussen radiologen, technologen en medische stralingsfycisi

Bedankt!