

Radiotherapie bij rectumtumoren op een Ethos - ervaringen in het Amsterdam UMC

Niek van Wieringen, klinisch fysicus, Amsterdam UMC

Karin Goudschaal, AP RTT IGART, Amsterdam UMC





Inhoud

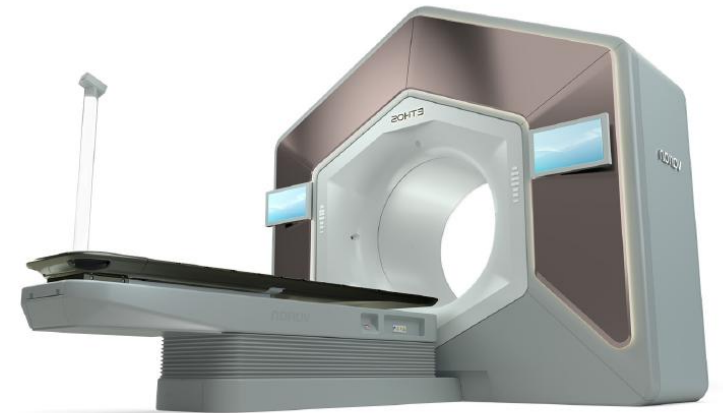
- Fusie, corona en Ethos
- Klinische workflow Ethos (rectum)
- Hypersight & Ethos 2.0
- Volledig geautomatiseerde workflow
- RTT-led workflow





Fusie, corona en ... Ethos

- Bestuurlijke fusie 2018
- Eind 2018: start vervanging van 6 Linacs
- Eisen voor nieuwe systemen
 - Online ART
 - CBCT
 - Snelle/eenvoudige workflow
 - RTT driven / RTT-only
- Een prachtig fusie project



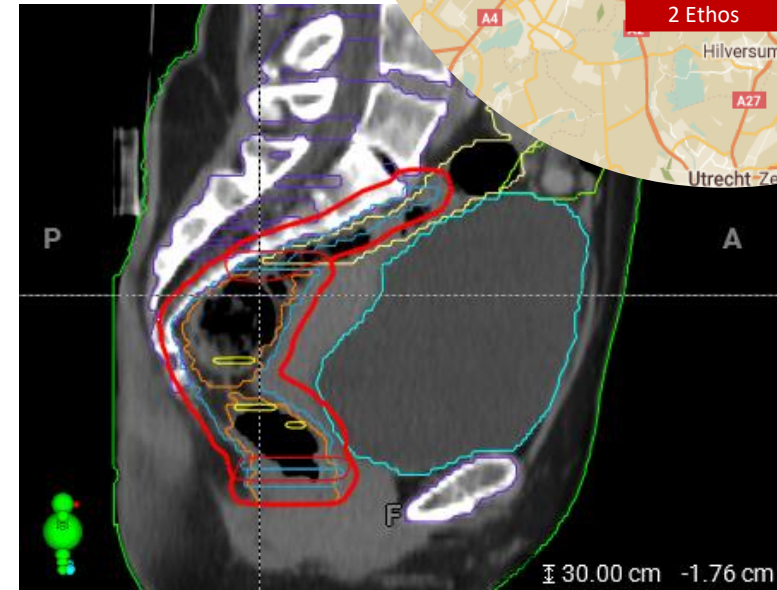


Fusie, corona en ... Ethos

- Eerste toestel april 2020



- Start oART met rectum





Fusie, corona en ... Ethos

- Juni 2020 eerste oART rectum



Niek van Wieringen • 1e

Klinisch Fysicus / Medical physicist at the Amsterda...
5 j •

First Ethos online adaptive radiotherapy treatment at Amsterdam UMC.

Today for the first time we successfully treated a rectum cancer patient using online adaptive radiotherapy on our new Ethos system. We surely did not select the easiest target to start with, rectum 5 x 5Gy with a target consisting of the upper and lower mesorectum and elective pelvic lymph nodes. Still, the entire procedure went smoothly and took 30 minutes in total including entering the bunker, positioning of the patient, CBCT imaging, AI based recontouring and replanning, plan QA, verification CBCT, plan delivery and leaving the bunker.

Many colleagues were involved in the preparation of this project and the help of our hospital's ICT department and Varian were indispensable to achieve our goal. I'm very proud of the result and of the great team who made this happen.

Team, thanks for the hard work and your enthusiasm.



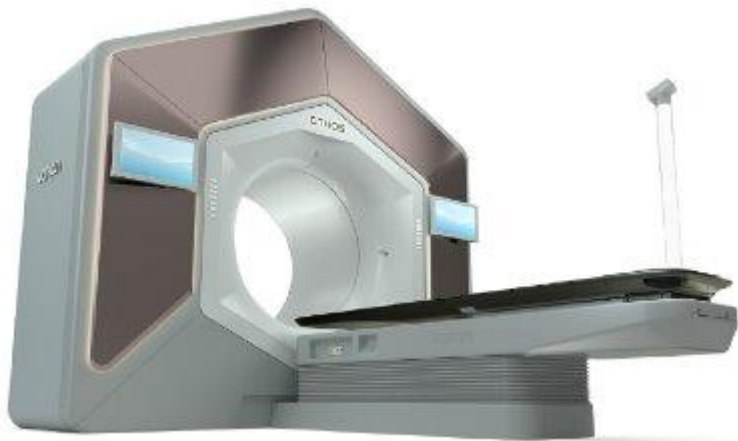
Klinische workflow

- Focus op workflow toestel
- Vooraf definitie referentie situatie
 - Targets en OAR's
 - Marges
 - Clinical goals
 - Bundelopzet





Klinische workflow on couch



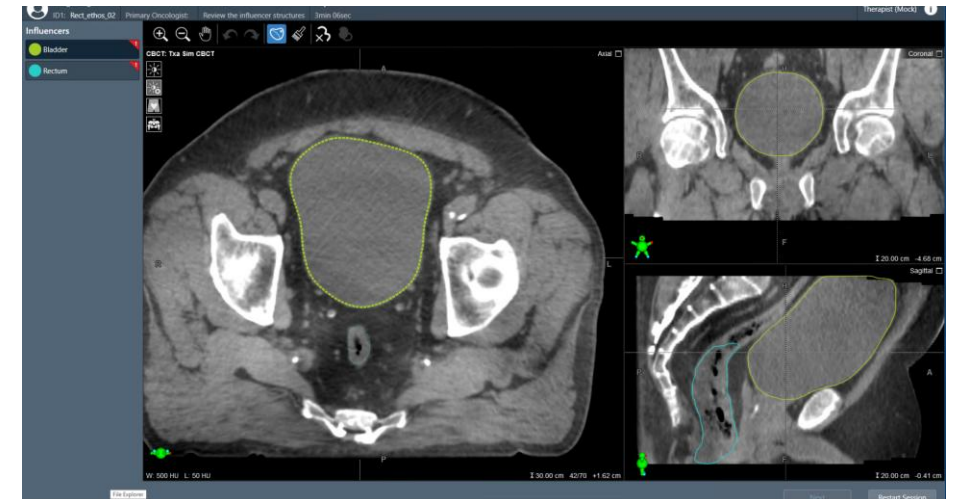


Klinische workflow on couch



Influencers zijn “anatomische structuren die de vorm van targets beïnvloeden”

- Voor rectum behandeling: rectum, blaas, darm
- Automatisch gegenereerd (AI) op CBCT
- Gebruikt bij structure guided deformable image registration
- Geëvalueerd en aangepast door gebruiker (indien nodig)





Klinische workflow on couch

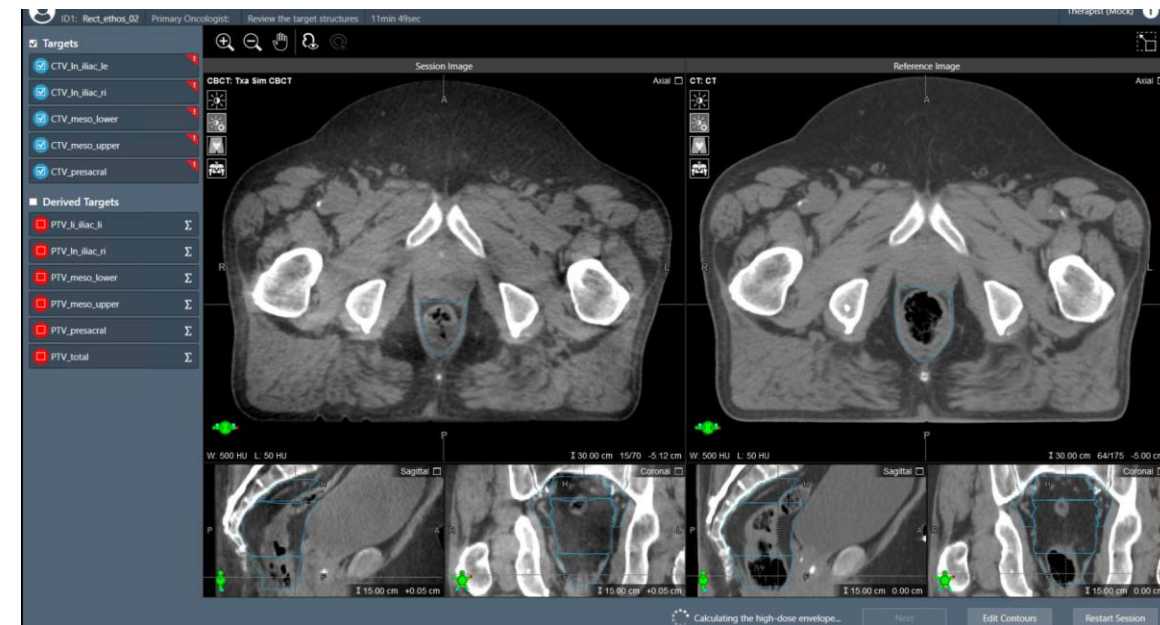


Targets (CTV) worden gevormd op basis van

1. structure guided deformation (influencers)
2. deformation vector field (grijswaarde match CT-CBCT)

Geëvalueerd en aangepast door gebruiker

PTV's zijn afgeleide structuren



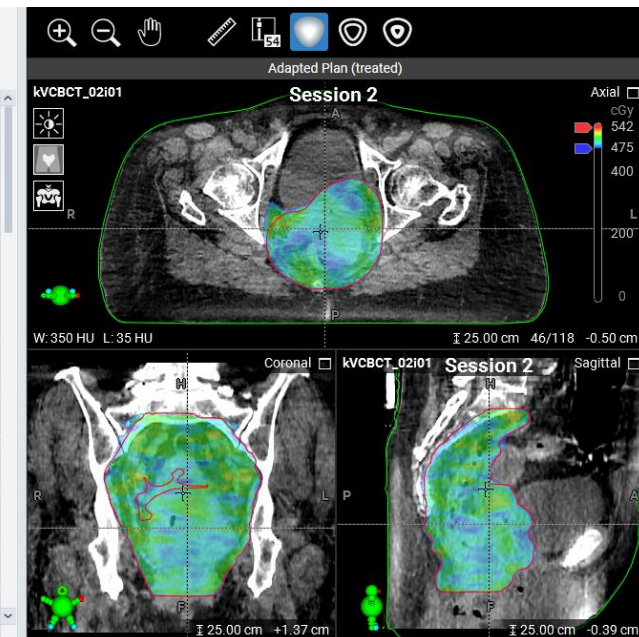
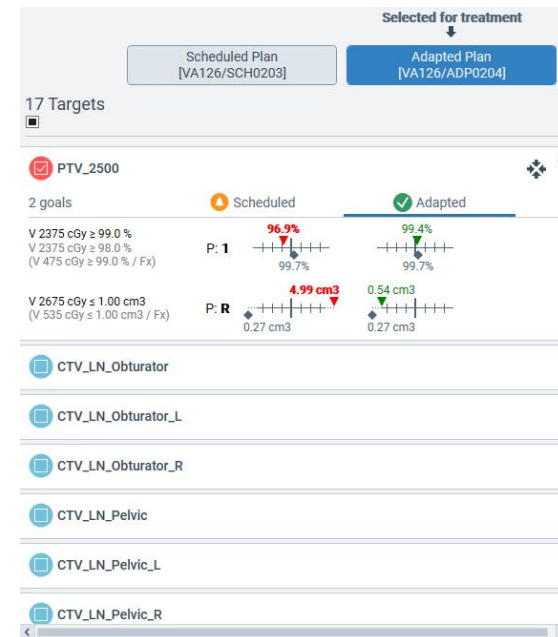


Klinische workflow on couch



Plan gebaseerd op CBCT met aangepaste structuren

- Adapted plan & Scheduled plan
- Plan evaluatie op basis clinical goals
- Plan aanpassing niet mogelijk



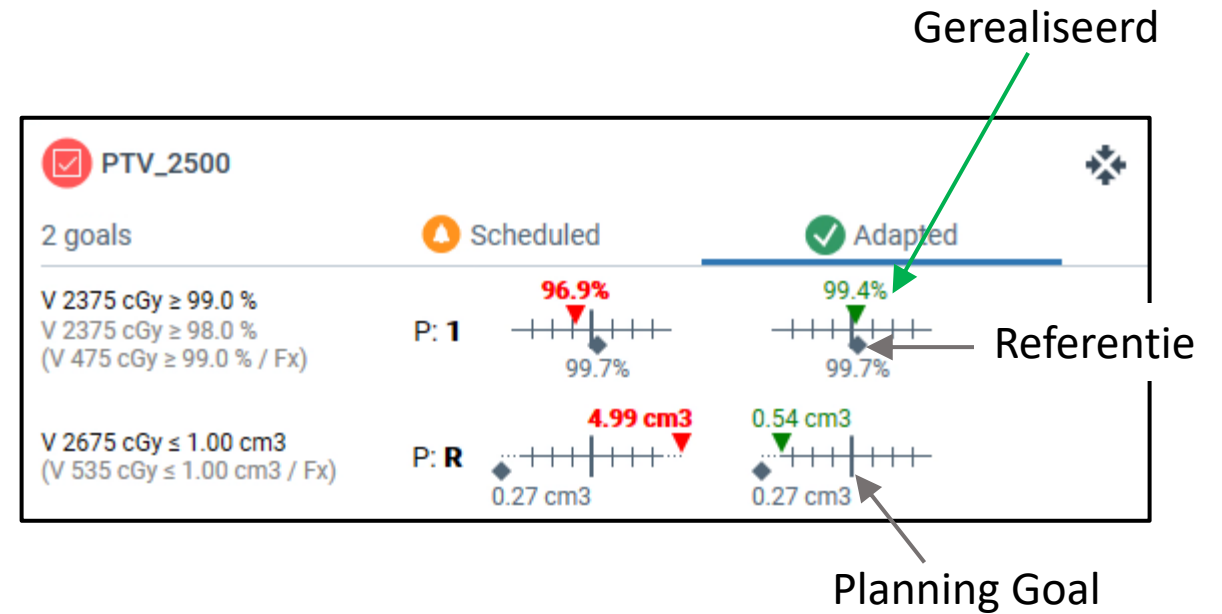


Klinische workflow on couch



Plan gebaseerd op CBCT met aangepaste structuren

- Adapted plan & Scheduled plan
- Plan evaluatie op basis clinical goals
- Aanpassing van plan niet mogelijk

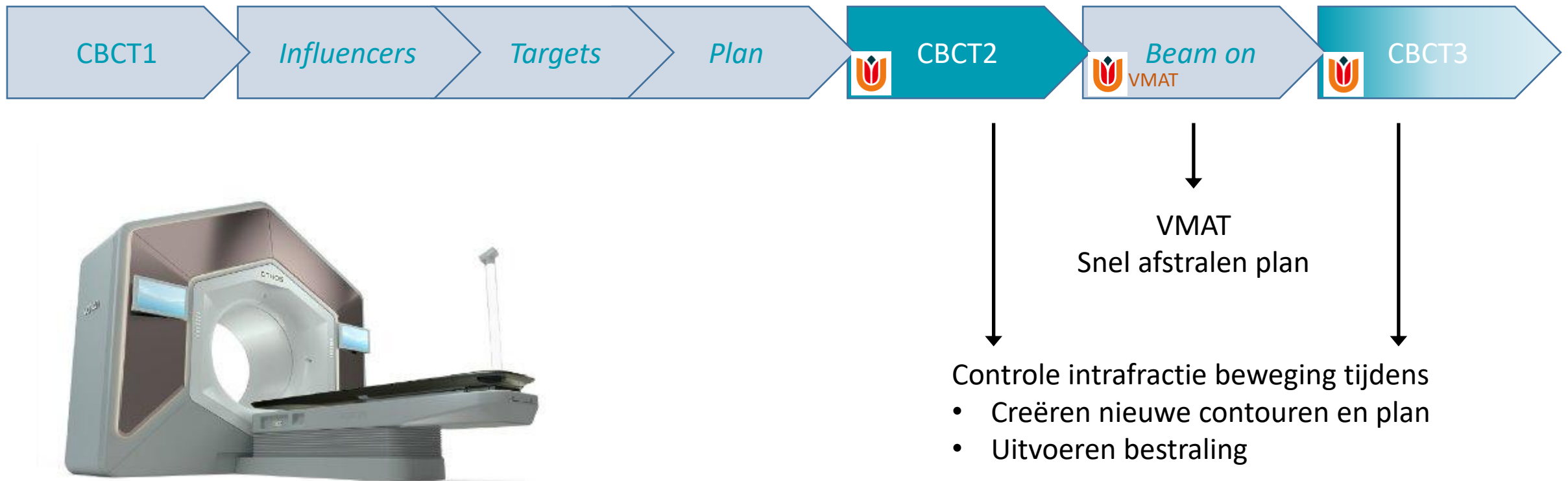


ETHOS1: rekenen synthetic CT, HU van planning CT



Klinische workflow on couch

- Klinische workflow met Amsterdam UMC keuzes (2020)

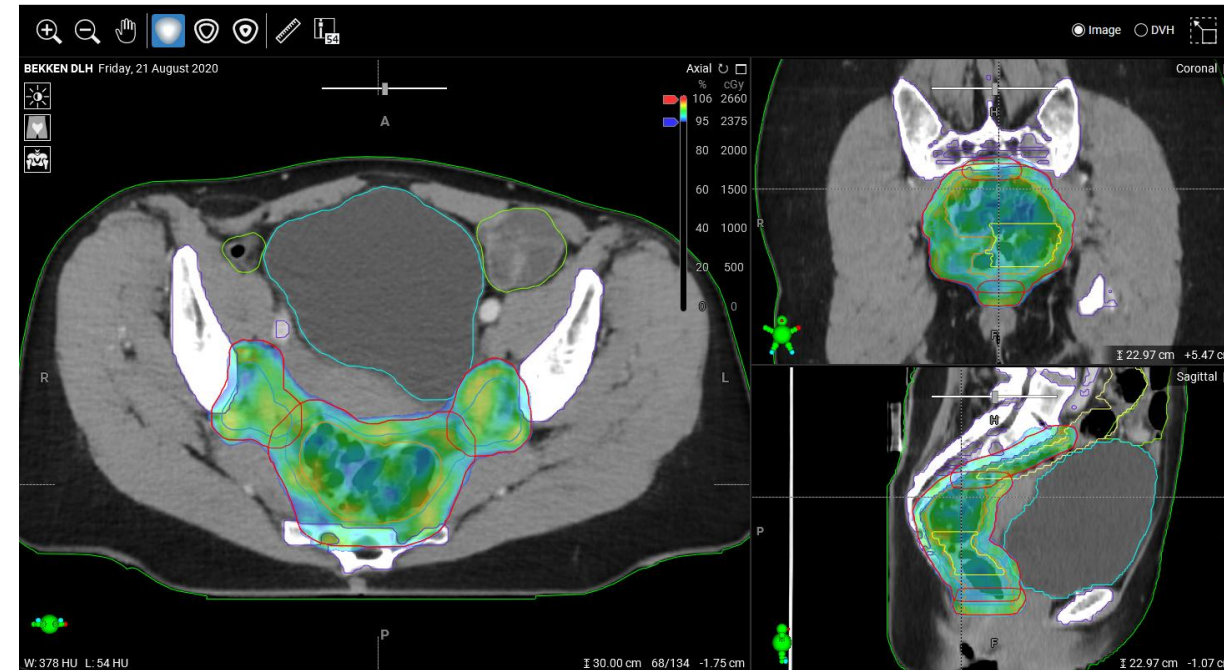




Klinische workflow rectum

- Klinische workflow met Amsterdam UMC keuzes (2020)
- Treatment planning (ETHOS1)
 - IMRT 9 of 12 velden 2900 ME@5Gy
 - VMAT 2 of 3 arcs 1900 ME@5Gy

Optimalisatie (IMRT sneller)
versus
Bestraling (VMAT sneller)





Klinische workflow rectum

- Start @ Amsterdam UMC
 - Rectum 5 x 5Gy (25 x 2Gy)
 - VMAT
 - CTV-PTV marge
 - 5 mm ventraal/dorsaal/lateraal
 - 8 mm craniaal/caudaal
- Bij introductie: sessie 45 min





Klinische workflow rectum

- Eerste twaalf rectum patienten

Time (Minutes) needed for:	AVG	min	max
1 Evaluation and adjustment system generated contours (Influencers)	4	1	11
2 Evaluation target volume without adjustments	4	2	11
3 Evaluation and adjustment target volume	9	4	21
4 Adaptive procedure before delivery (CB2 - CB1)	20	11	40
5 Plan calculation	8	6	11
6 Treatment delivery	4	3	6
7 On table (CB3 - CB1)	26	16	46
8 Patient leaving and entering changing room	34	20	54

In 50% van de fracties zijn targets direct acceptabel



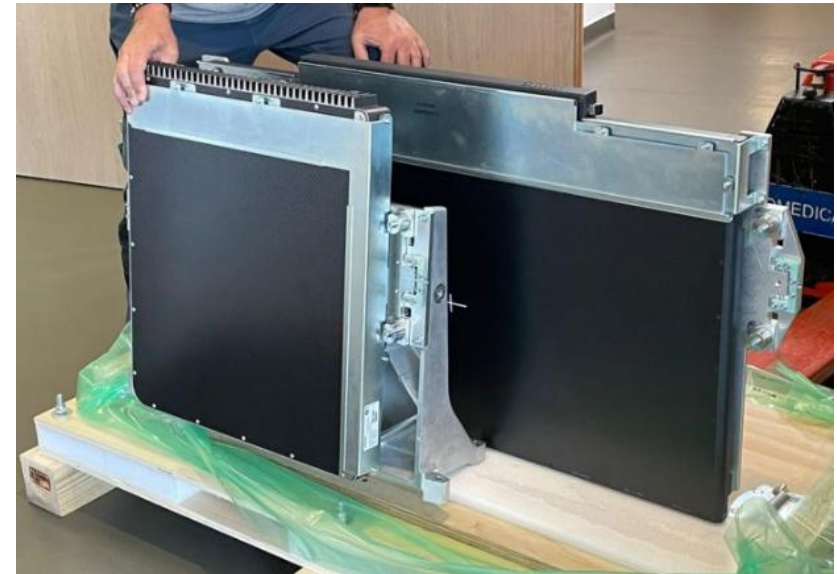
Klinische workflow rectum

- Klinische workflow aanpassingen
- Versnelling door
 - toch IMRT (ETHOS 2.0) → 2300 ME/5Gy
 - ‘Bowel bag’ niet meer als influencer gebruiken
 - geen post CBCT maken
 - ervaring gebruikers ? → invloed beperkt,
het systeem moet beter/sneller



Hypersight upgrade & ETHOS 2

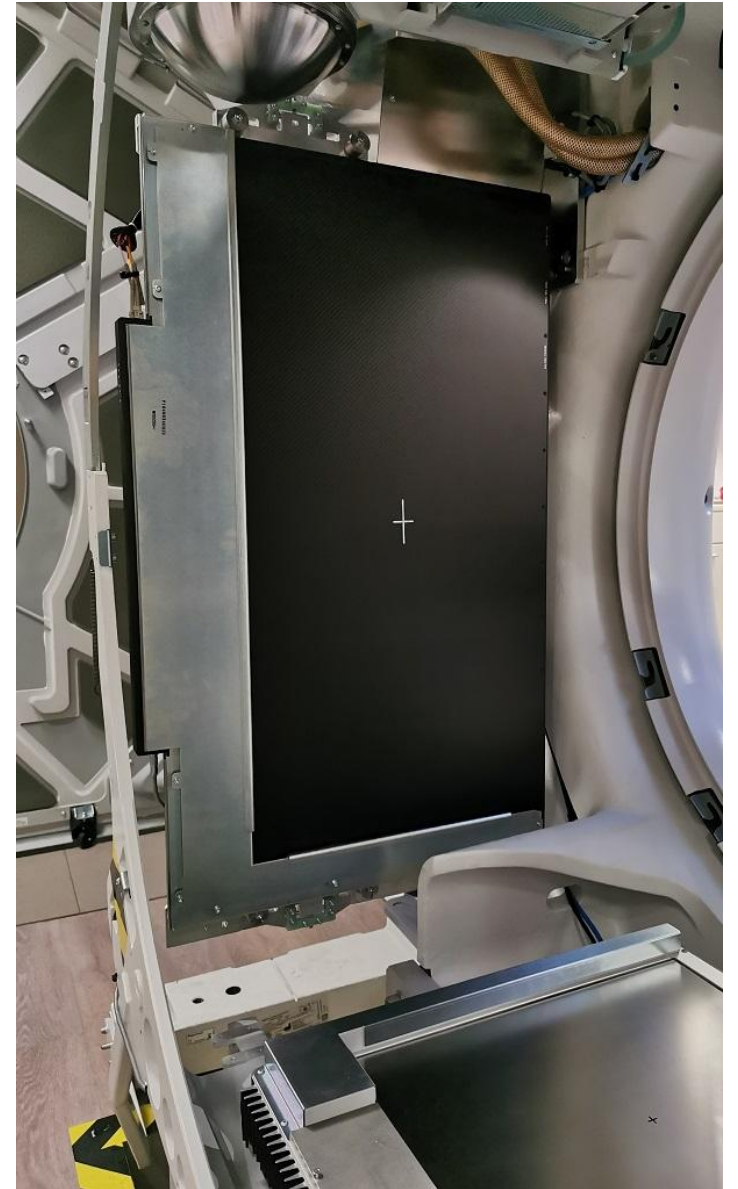
- Versnellen door minder correctie van influencer/targets → niet hoeven aanpassen scheelt gemiddeld minimaal 5 min
- Zou betere beeldkwaliteit helpen?
 - Werkt AI dan beter ?
 - Is beoordelen dan makkelijker ?
- Upgrades
 - Hypersight
 - ETHOS 2





Hypersight

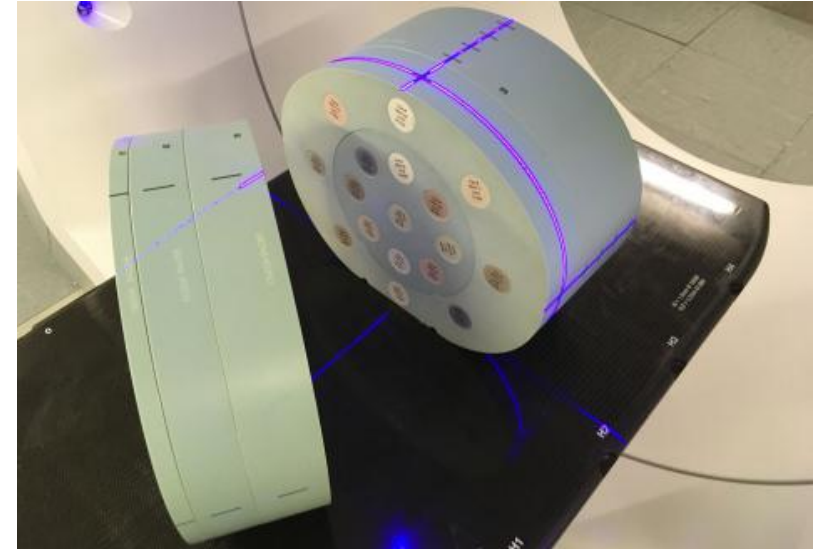
- Hardware
 - Panel 2 x zo groot (geen offset)
 - Scan in 5.9s (i.p.v. 16.1 - 40.6s)
 - Detector efficiënter (helpt dosis)





Hypersight

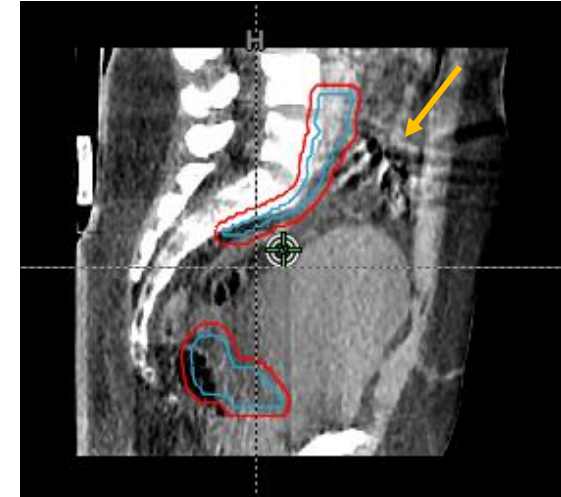
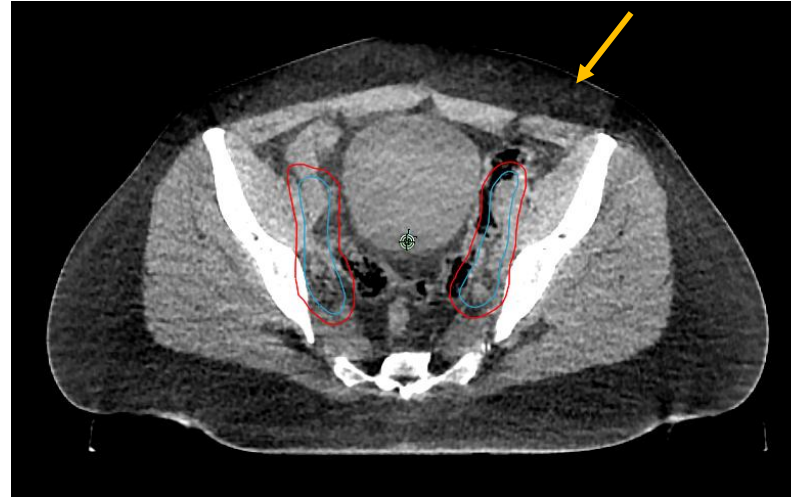
- Reconstruction algorithms
 - Standard (FDK)
 - iCBCT
 - iCBCT acuros
 - iCBCT acuros MAR
- “HU accuracy for dose calculation directly on CBCT”
 - iCBCT Acuros: HU ± 20 ; dose calculation within $\pm 2\%$ (Cai et al. 2022)
 - Ethos2 upgrade





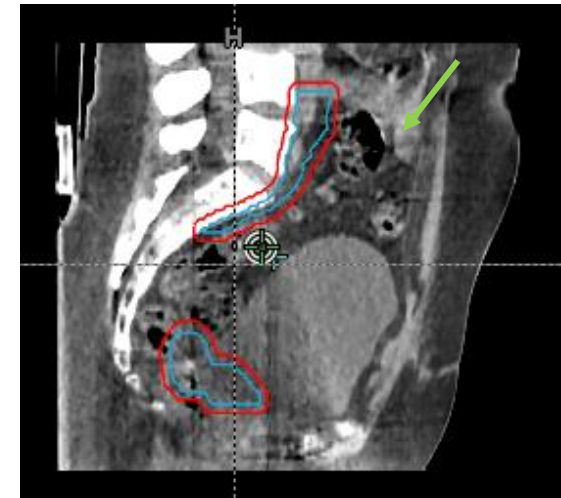
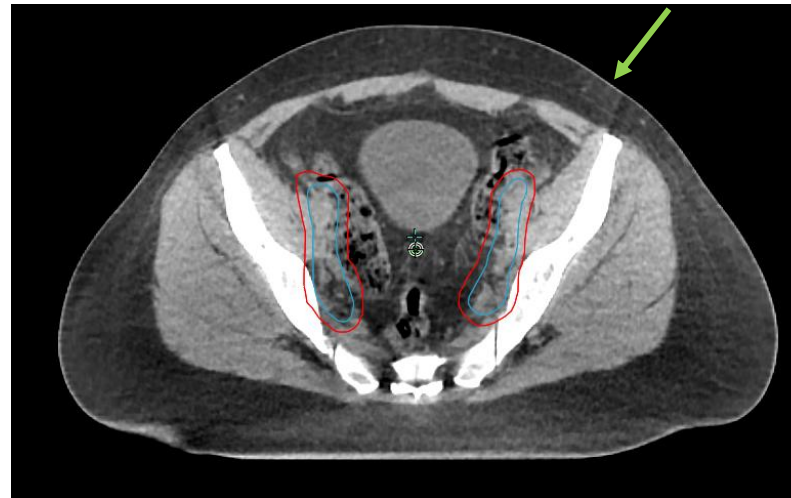
Hypersight

Ethos 36.7s



Minder ruis,
verbeterde body contour en
minder bewegingsartefacten

Ethos Hypersight 5.9s



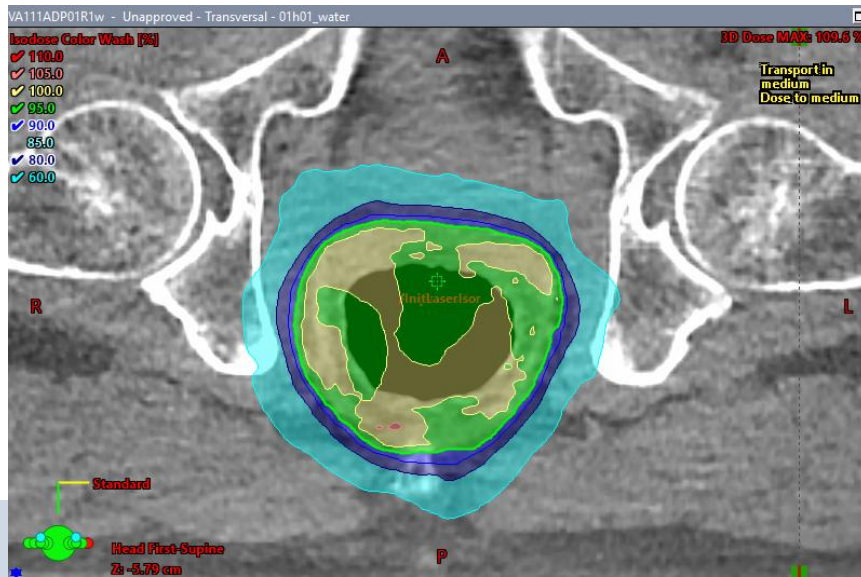


Hypersight & Ethos 2

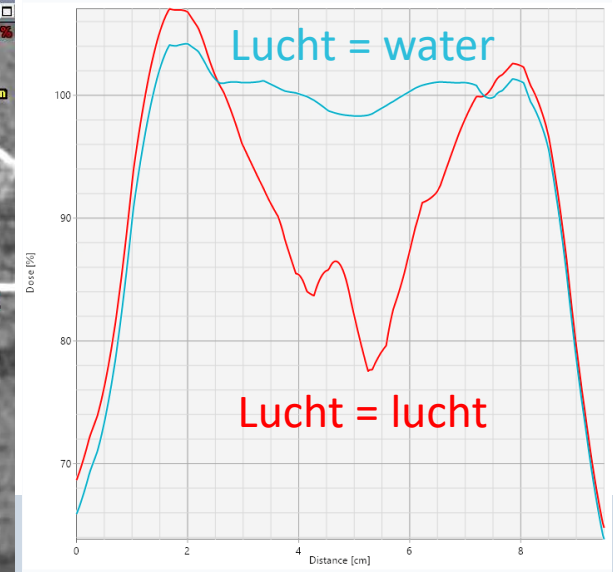
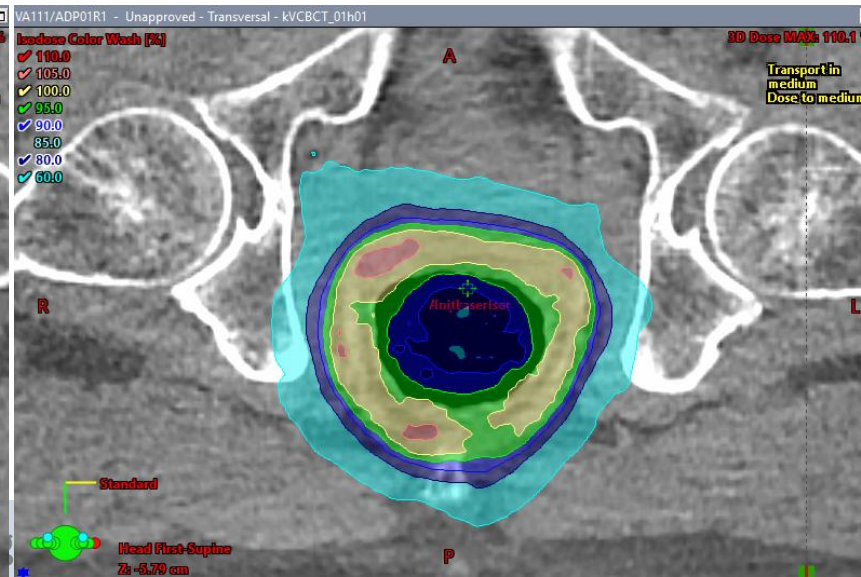
Rekenen en optimaliseren op HU CBCT: wat indien lucht in rectum ?

- Bij IGRT route: lucht in rectum op pCT → density override
 - Het is zeer onwaarschijnlijk dat die luchtbel daar gedurende (hele) serie zit

Lucht met density water



Lucht met density lucht

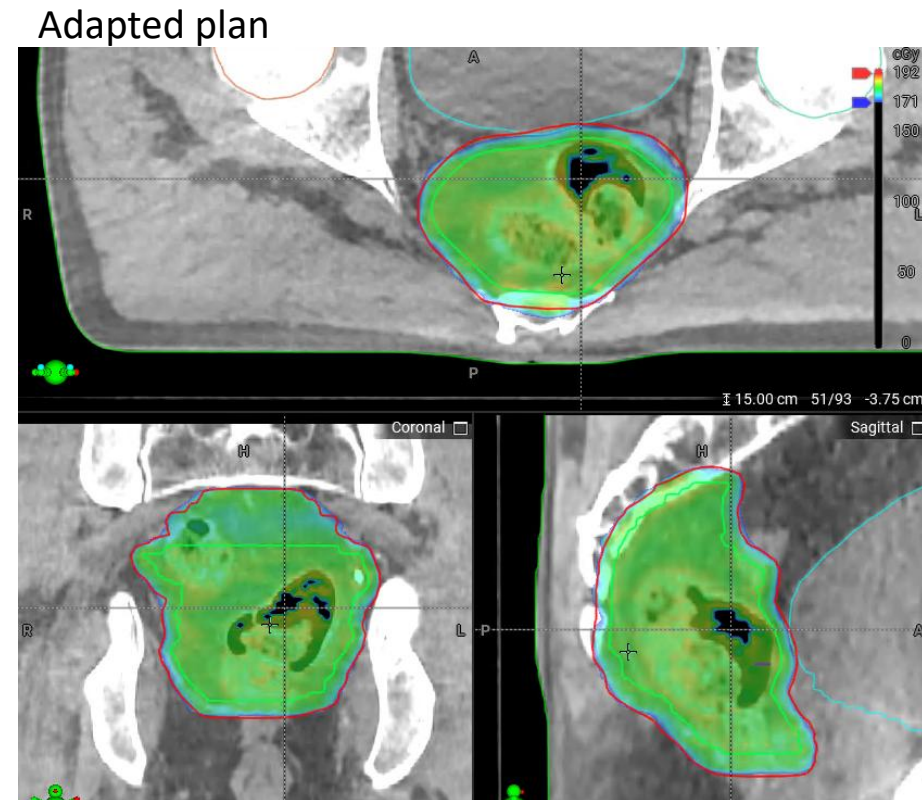
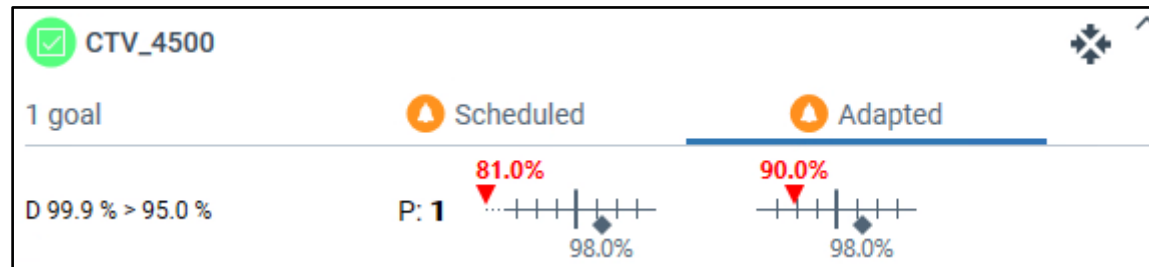




Hypersight & Ethos 2

Rekenen en optimaliseren op HU CBCT: wat indien lucht in rectum ?

- Bij adaptieve route: lucht binnen PTV
 - Geen density override mogelijk
 - Leidt tot veel ME
 - En alsnog tot onderdosering (in lucht)

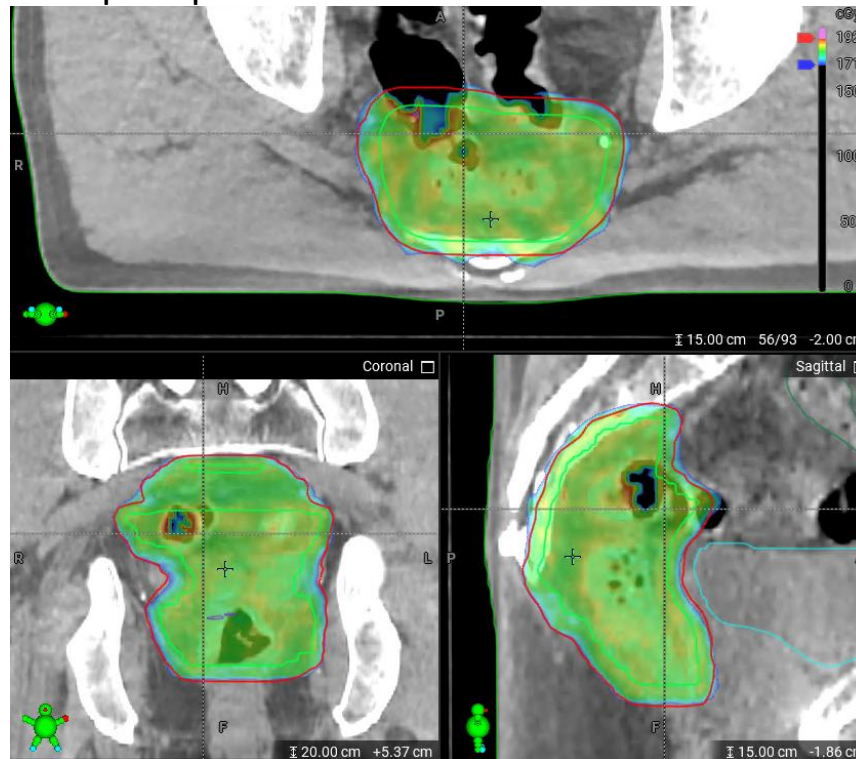




Hypersight & Ethos 2

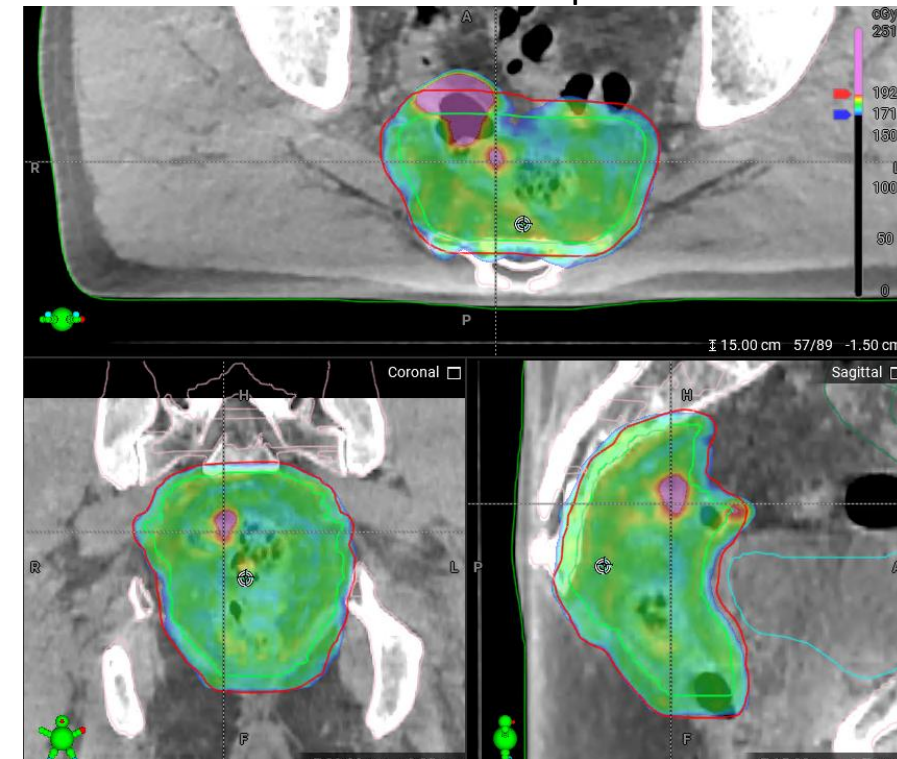
Rekenen en optimaliseren op HU CBCT: wat indien lucht in rectum verplaatst ?

Adapted plan



**Conclusie: nog geen
5 x 5Gy via route
met direct rekenen
op HU CBCT**

Evaluatie lucht = weefsel: hotspot 130%





Volledig geautomatiseerde workflow

Anouk Maasland: Can we trust AI for fully automated CBCT-guided online adaptive radiotherapy in rectal cancer ?

- Retrospectieve data van 10 patiënten (25 x 2Gy)
- 5 fracties/patiënt
- OARs gesegmenteerd door AI
- Targets gepropageerd zonder aanpassing door RTT
- Plan met standaard template voor rectum ART (VMAT)

Evaluatie adaptieve plannen op klinisch geaccepteerde structuren.



Volledig geautomatiseerde workflow

Can we trust AI for fully automated CBCT-guided online adaptive radiotherapy in rectal cancer ?

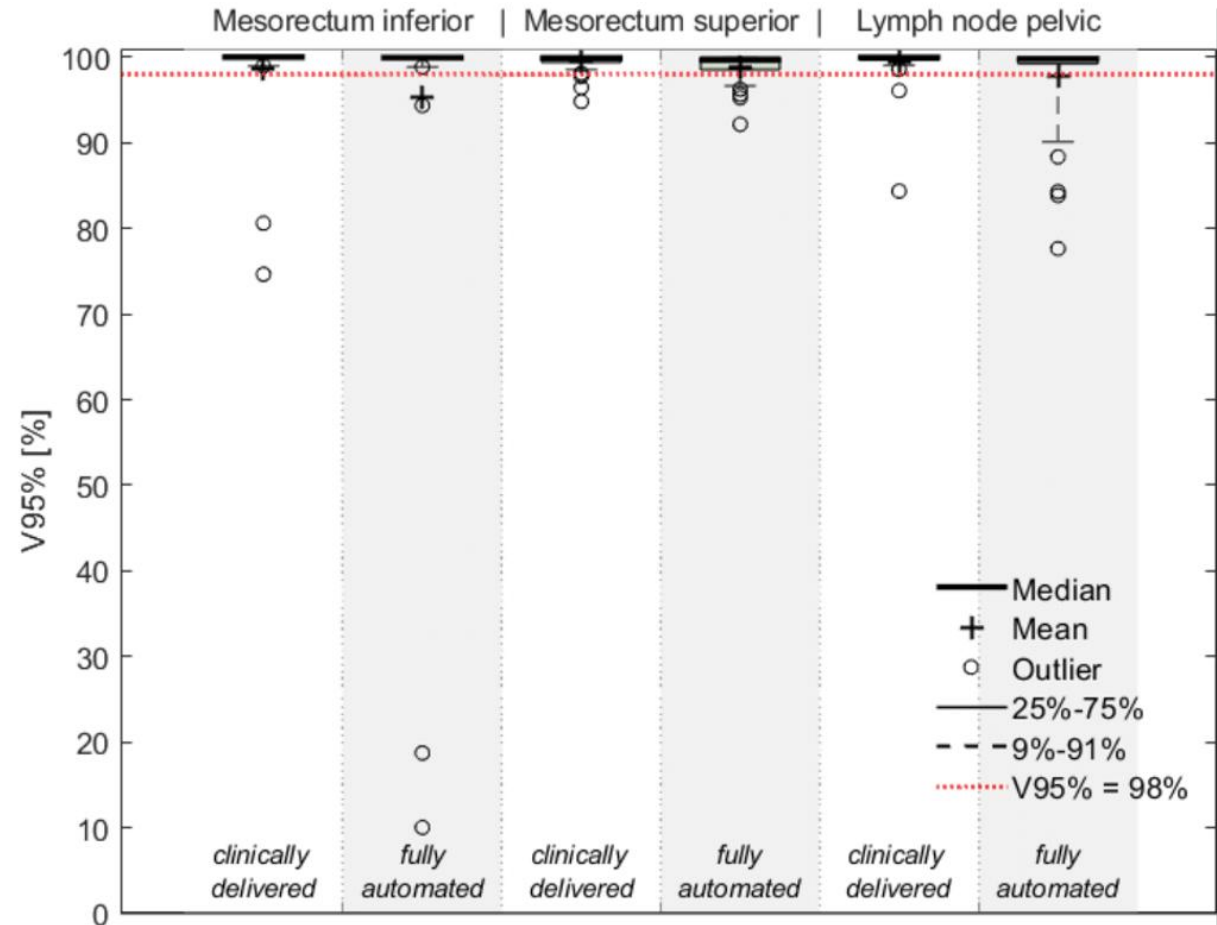
- Geometrisch: mediaan [min - max] van 50 fracties

Target volume	DSC	HD95 (cm)
Mesorectum inferior	0.83 [0.13–0.96]	0.35 [0.17–4.60]
Mesorectum superior	0.90 [0.66–0.95]	0.41 [0.28–5.40]
Lymph node pelvic	0.87 [0.53–0.93]	0.35 [0.22–1.00]



Volledig geautomatiseerde workflow

- Dosimetrisch: CTV coverage
- Studie vervolgd:
 - meer patiënten
 - dosis OAR
 - statistiek
 - evaluatie outliers





Take home message

- Adaptieve workflow uitvoerbaar
- Benodigde toesteltijd > dan bij Library of Plans
- Verdere versnelling moet vooral komen uit technische ontwikkelingen
- Technische ontwikkelingen kunnen leiden tot nieuwe uitdagingen (intrafractie beweging van lucht binnen PTV)
- Volledig automatische workflow ... een oplossing ?



RTT-led workflow

- Scholing
- Support tijdens RTT-led workflow
 - Ingepland
 - Ad-hoc
- QA procedures





Scholing RTT-led workflow

Infrastructure for oART training and support for each RTT/RO/MPE involved in oART	RTT Training ≥ 10 wks	RO	MPE
<u>Bladder target volume</u> training session by the RO	1 h	1 h (+prep time)	
<u>Treatment planning</u> by the MPE specialized on oART TP	1 h	1 h	1 h (+prep time)
<u>Practice</u> GTV/CTV/Organs of Interest delineation in-house training	2 h		
<u>Perform oART</u> in the Emulator	20 h	1-2 h with a specialist RTT	1-2 h
<u>Examination</u> of the oART workflow in the Emulator	1-2 h with a specialist RTT		
RTT performed <u>10 sessions of clinical training</u> under supervision of a trained RTT	5 h		
<u>Multidisciplinary briefing</u> before oART	10 min	10 min	10 min
<u>Case meetings held every two months</u>	1 h (+prep time)	1 h	1 h

RTT Radiation Therapist
RO Radiation Oncologist
MPE Medical Physics Expert

h=hour, min=minutes, prep=preparing

Basis oART workflow
training uitgebreid met
target volume training
voor elke nieuw
doelgebied.

Uitdaging:
Behouden van
bekwaamheid tijdens
implementatie en
verdere training



Support RTT-led workflow - Ingepland

28-10-2025		Blaas	Cervix	Rectum	Oesophagus	Fast Mets	Special case	Breast
Locatie		AMC DBL RALF	AMC DBL soms RALF	AMC RALF DBL > 14 dec 25	DBL RALF > nov 25	DBL RALF	AMC DBL RALF	Nu n.v.t.
Ondersteuning	MDT (naast RTT ook arts en fysicus aanwezig)	x	✓ #1-5	Bij start DBL > 14 dec 25 ✓ MDT eerste 10 pt DBL #1-5	✓ #1-5 in DBL Bij start RALF > nov 25 ✓ MDT eerste 10 pt RALF # 1-5	✓	✓	
	RTT-only	✓	✓ # 6-25	✓ AMC/RALF	✓ Na # 5 DBL	x	x	
Offline QA		*	*	*	*	x		
	#1-5	Arts	**	Arts	**			
	#6-10	IGART	Arts	IGART	Arts			
	#11-15	IGART	IGART	IGART	IGART			
	#16-20	IGART	IGART	IGART	IGART			
	#21-25		IGART	IGART	IGART			
Opmerkingen			Overleg #5: RTT only	Bij start rectum oART op DBL na 14 dec 2025 is voor de eerste 10 pt ondersteuning van arts en fysicus voor fractie 1-5.	Arts #1-5 Fysicus # 1 Bij start oes oART op RALF is voor de eerste 10 pt ondersteuning van arts en fysicus voor fractie 1-5.	DKF alleen oproep- baar aanwezig indien nodig.	Overleg bij meer fracties: RTT-only	

Startfase oART: 1e fractie +5 min extra vooraf ingepland multidisciplinair team: arts en indien nodig fysicus
 Standard of care oART: 30 minuten tijdslot zonder ingeplande ondersteuning arts&fysicus, ad hoc support volgens stoplichtprotocol



Support RTT-led workflow - Ad-hoc

Anatomy Review

- Blaas
- Rectum

Anatomy Review

- ✓ Contour aanpassingen noteren
- ✓ Contour lastig te beoordelen

✓ Noteer in Aria
✗ Direct contact

Target Review

Sagittaal

- Caudaal mesorectum_I
- Craniaal mesorectum_S
- Craniaal klieren

Axiaal

- Laterale & dorsale begrenzingen
- Ventrale begrenzingen

Target Review

- ✓ Contour aanpassingen noteren
- ✗ Contour niet te beoordelen

✓ Noteer in Aria
✗ Direct contact

Plan Review

- Isodose levels 95% en 107%
- Clinical goals
- ME controle
- Luchtbellen bij HS Acuro Workflow **25 fracties**
(kies indien mogelijk laagdrempelig voor ontlichten)

Plan Review

Clinical goals (z structuren negeren)

- ✓ Targets en/of OAR's oranje
- ✗ Targets en/of OAR's rood

✓ Na RT contact IGART/fysicus
✗ Direct contact arts/IGART/fysicus

Isodose 95%

- ✓ 95% ruim buiten PTV

ME verschil VMAT

- ✗ >20% verschil

ME verschil IMRT

- ✓ >20% verschil
- ✗ >50% verschil

Luchtbellen bij HS Acuro workflow **25 fracties** (rekenen op CBCTp)

- ✓ verdwijnend lucht > 3 cm bij 3 fracties, contact DKF na RT voor hotspot controle
- ✓ Verschijnend lucht > 5 cm bij 1 fractie, contact DKF na RT

Mobius

- 3D Gamma

Mobius

- ✓ 3D Gamma oranje
- ✗ 3D Gamma rood

✓ Na RT contact IGART/fysicus
✗ Direct contact arts/IGART/fysicus

IGRT workflow

- Pre RT CBCT:
 - Automatische botmatch
 - Controle CTV binnen PTV
- Post RT CBCT:
 - Ongematcht beoordelen
 - Screenshot maken indien *buiten* PTV

IGRT workflow

Pre CBCT

- ✓ CTV binnen PTV met tweak vanaf botmatch
- ✗ CTV buiten PTV

✓ Na RT contact IGART/fysicus
✗ Direct contact arts/IGART/fysicus

Post CBCT

- ✓ Ongematcht CTV binnen PTV
- ✗ Ongematcht CTV buiten PTV

Startfase oART: Stoplichtformulier en oART workflow ondersteuning afspraken multidisciplinair opgesteld
Standard of care oART: Remote view via teams mogelijk voor ad-hoc ondersteuning van arts & fysicus n.a.v. stoplichtafspraken



Support RTT-led workflow - ad-hoc

- AR (Anatomy review) contour aanpassingen noteren
- TR (Target review) doelgebied aanpassingen noteren
- PR (Plan review) bijv. Goals niet behaald, m...
- Pre CBCT CTV buiten PTV, bi...
- Post CBCT CTV buiten PTV, bi...

Maak goede notities in ARIA zodat collega's daarvan kunnen profiteren in de volgende fractie(s).

Fractie	Starttijd	Initialen	AR	TR	PR	preCBCT	postCBCT	Opmerkingen	Eindtijd	Behandeltijd
1 18-2-2026 U4	14:30		GB	GB	GB	GB	GB		15:00	00:30
2 18-2-2026 U4	12:00		blaas, rectum	CTVp	hotspot bowel 113%	GB	GB	DKF akkoord hotspot bowel 1 fractie	12:30	00:30
3 18-2-2026										

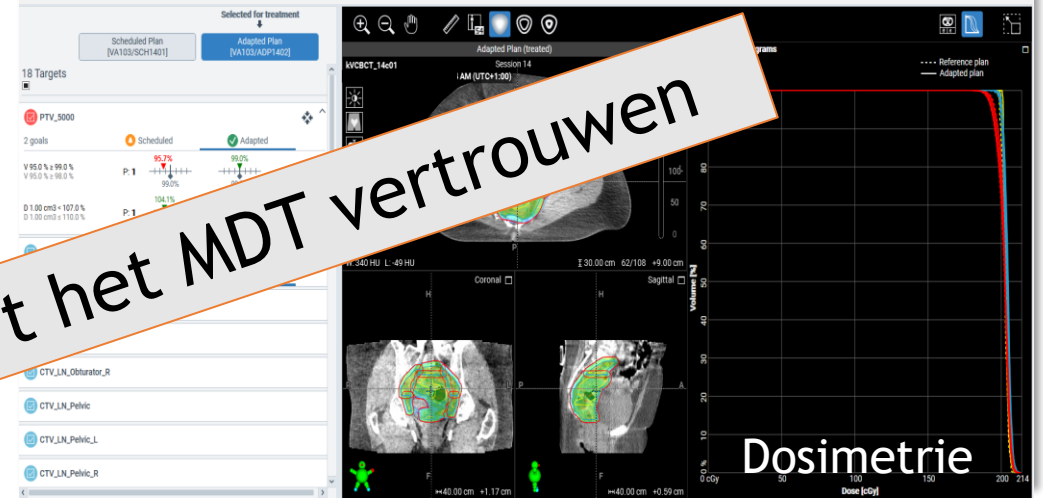


QA procedures

Arts



Fysicus

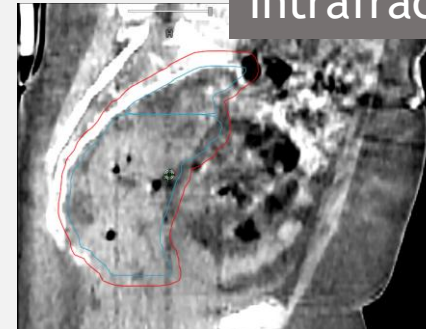


Quality Assurance (QA) geeft het MDT vertrouwen

Expert RTT



CBCT1



CBCT2 – pre-CBCT+15min



CBCT3 – post-CBCT+33min

Intrafractie variatie



QA procedures pre-treatment RTT-led workflow

Startfase

Extra pre-treatment QA: Metingen op een fantoom om vertrouwen te bouwen

Verder net zoals IGRT TP

- RTT werkt beeldvorming uit
 - controle OAR (Annotate)
- Arts tekent doelgebied in en controleert OAR
 - check door collega arts (second reading)
- TP-er plant referentieplan
 - controle door collega TP-er

Standard of care

Geen extra pre-treatment QA

Verder net zoals IGRT TP

- RTT werkt beeldvorming uit
 - controle OAR (Annotate)
- Arts tekent doelgebied in en controleert OAR
 - check door collega arts (second reading)
- TP-er plant referentieplan
 - controle door collega TP-er

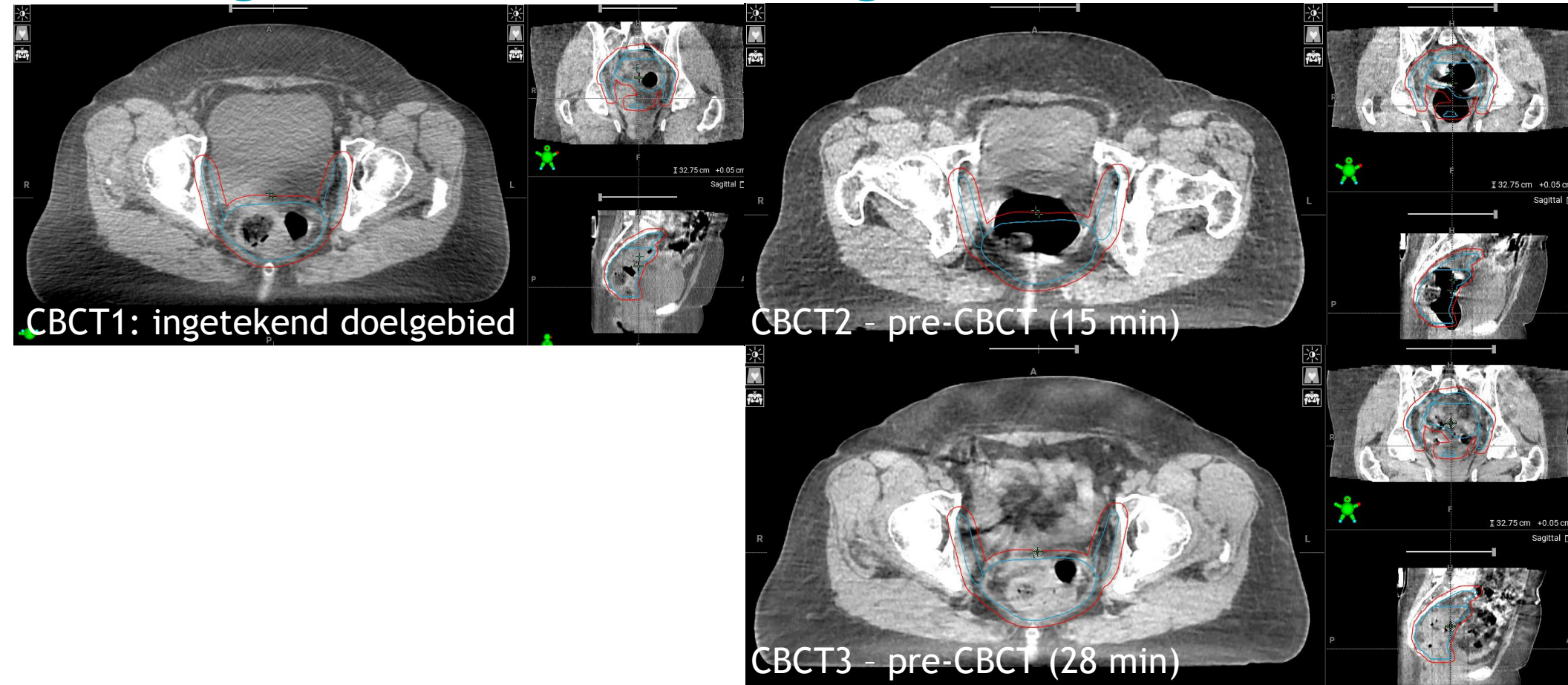
Bij commissioning van een nieuw doelgebied wordt nog wel eens een meting op een fantoom gedaan, maar dit is geen vaste werkwijze. Er is voldoende vertrouwen opgebouwd in IMRT op Ethos.



Offline QA RTT-led workflow - Controle doelgebied intekening

28-10-2025		Blaas	Cervix	Rectum	Oesophagus	Fast Mets	Special case	Breast
Locatie		AMC DBL RALF	AMC DBL soms RALF	AMC RALF DBL > 14 dec 25	DBL RALF > nov 25	DBL RALF	AMC DBL RALF	Nu n.v.t.
Ondersteuning	MDT (naast RTT ook arts en fysicus aanwezig)	x	✓ #1-5	Bij start DBL > 14 dec 25 ✓ MDT eerste 10 pt DBL #1-5	✓ #1-5 in DBL Bij start RALF > nov 25 ✓ MDT eerste 10 pt RALF # 1-5	✓	✓	
	RTT-only	✓	✓ # 6-25	✓ AMC/RALF	✓ Na # 5 DBL	x	x	
Offline QA		*	*	*	*	x		
	#1-5	Arts	**	Arts	**			
	#6-10	IGART	Arts	IGART	Arts			
	#11-15	IGART	IGART	IGART	IGART			
	#16-20	IGART	IGART	IGART	IGART			
	#21-25		IGART	IGART	IGART			
Opmerkingen			Overleg #5: RTT only	Bij start rectum oART op DBL na 14 dec 2025 is voor de eerste 10 pt ondersteuning van arts en fysicus voor fractie 1-5.	Arts #1-5 Fysicus # 1 Bij start oes oART op RALF is voor de eerste 10 pt ondersteuning van arts en fysicus voor fractie 1-5.	DKF alleen oproepbaar aanwezig indien nodig.	Overleg bij meer fracties: RTT-only	

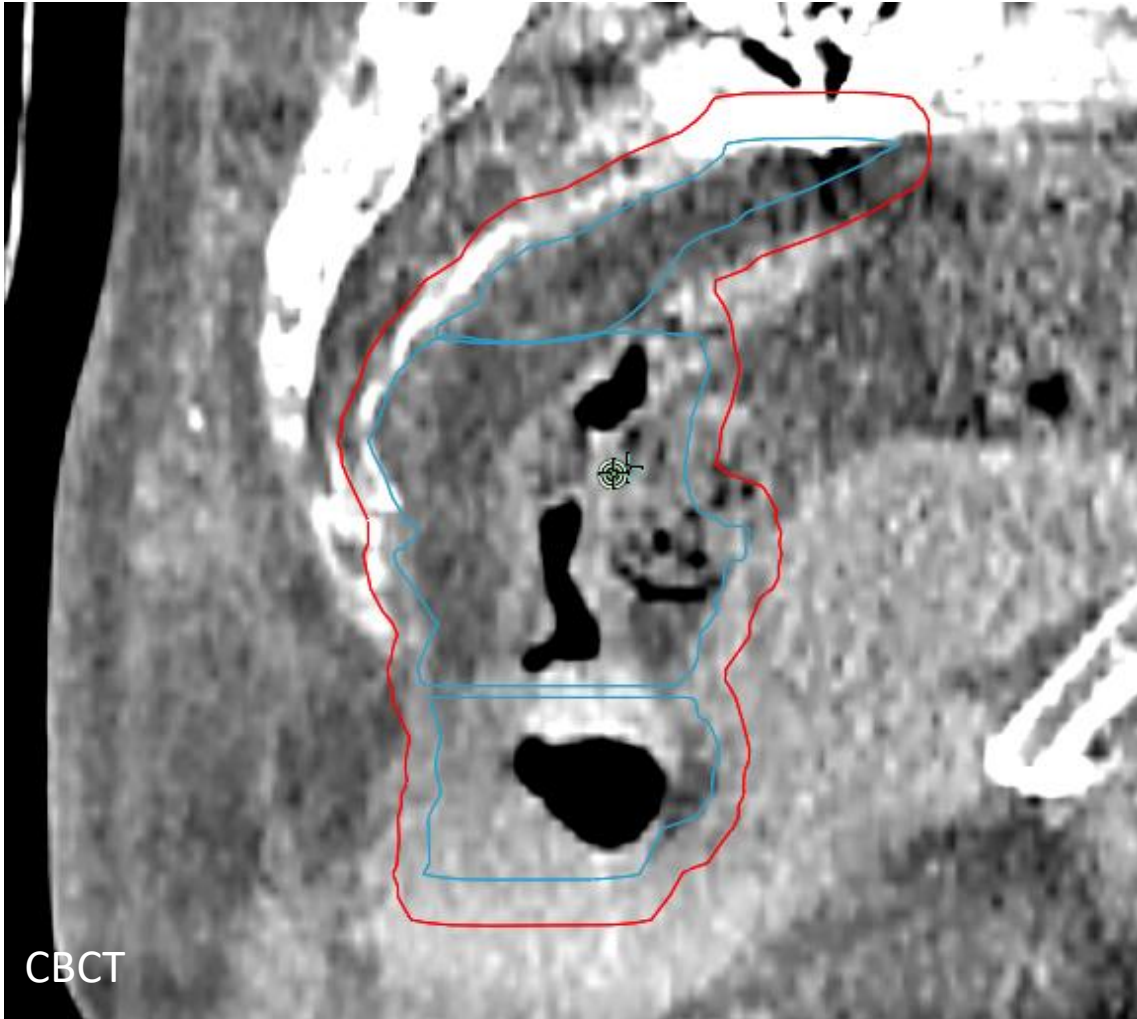
Offline QA RTT-led workflow - Controle doelgebied intekening



Lucht

Patient van tafel
Naar toilet
Lucht weg
Blaas leeg
CTV binnen PTV
Start oART

Offline QA RTT-led workflow - Controle doelgebied intekening



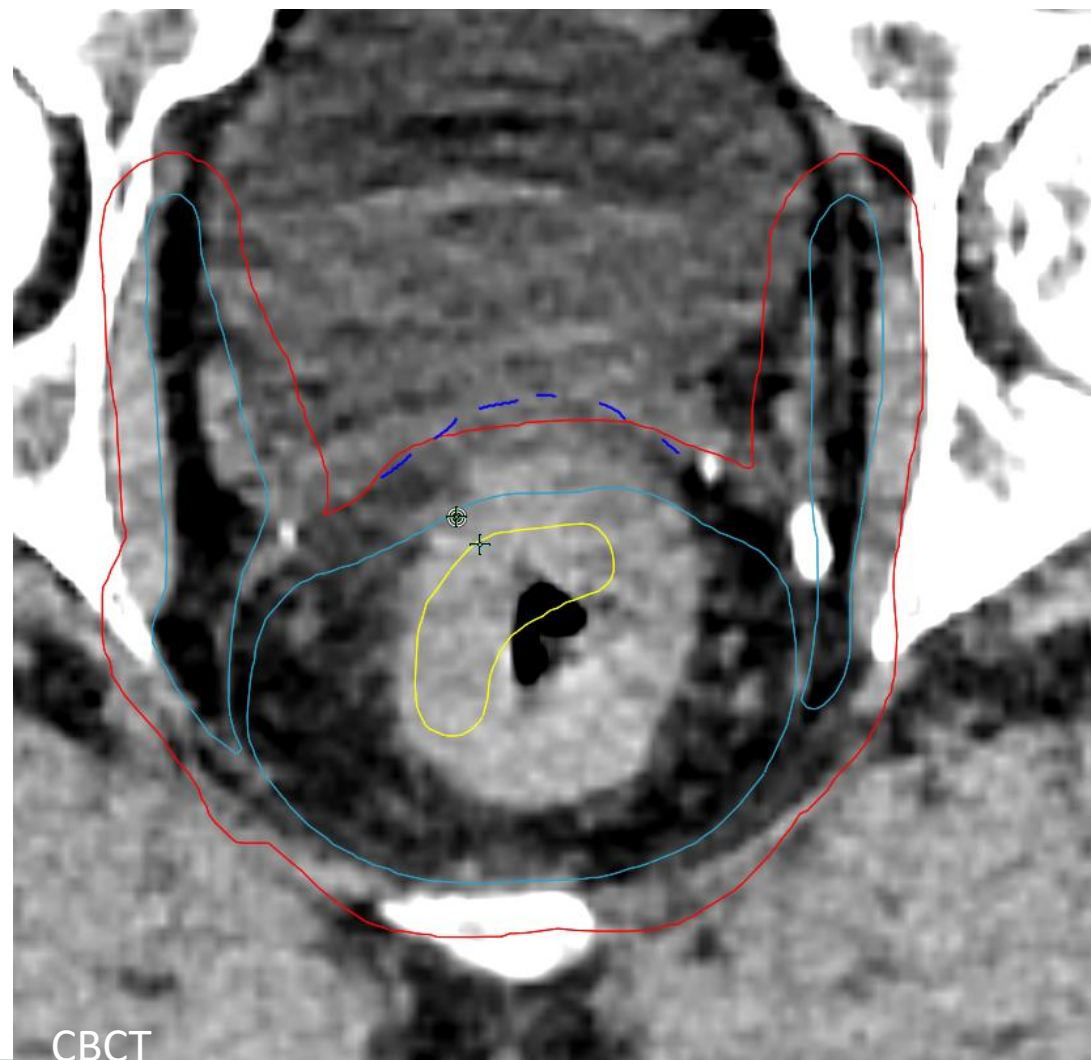
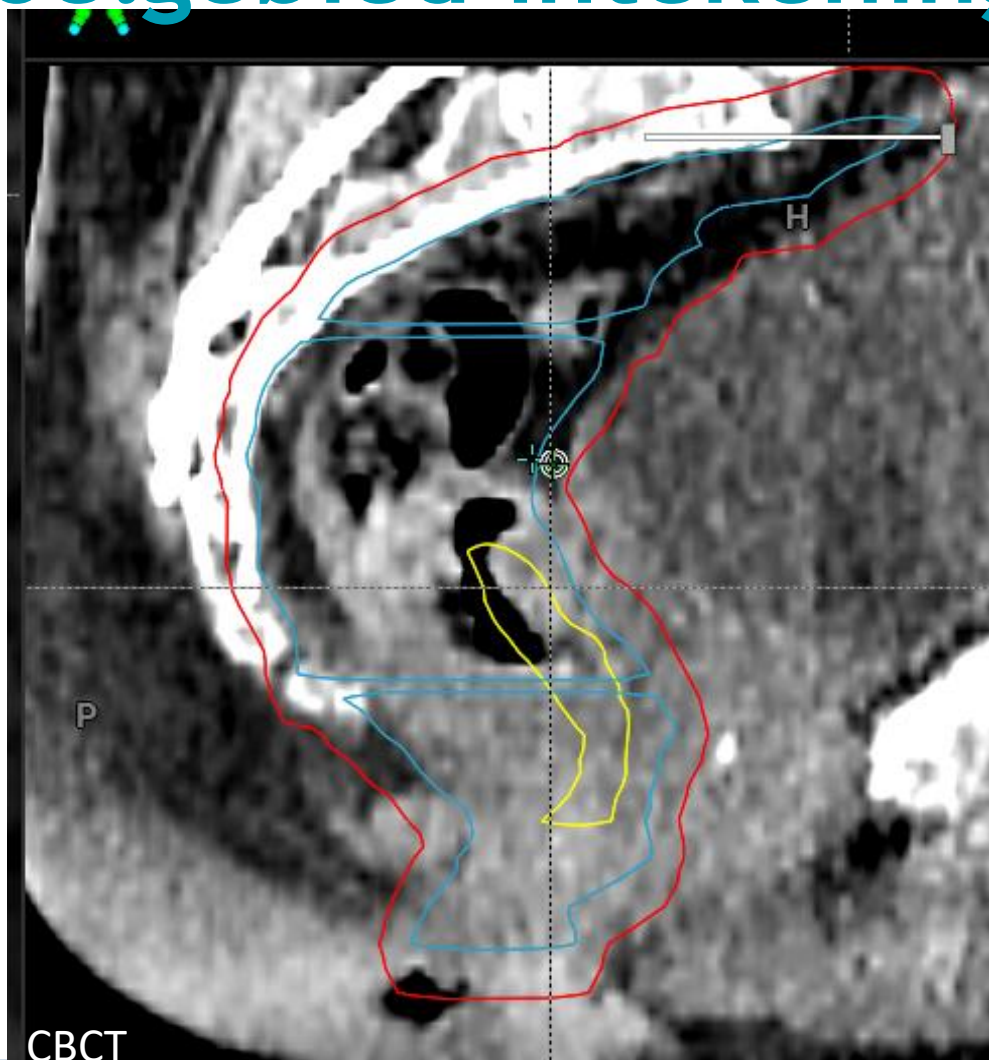
CBCT



Ref CT

Sigmoid
GTV
CTV
PTV

Offline QA RTT-led workflow - Controle doelgebied intekening



GTV
CTV
PTV



Offline QA RTT-led workflow - Tips and Tricks

Interfractie variatie

📌 Rectum vol vs leeg

Probleem:

- Influencer rectum $\approx$ CTV_meso_I bij volle situatie
- Leeg rectum $\rightarrow$ CTV meegetrokken naar binnen
- Veel onnodige aanpassingen tijdens oART workflow

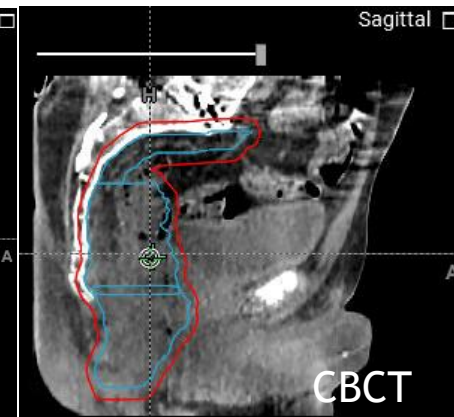
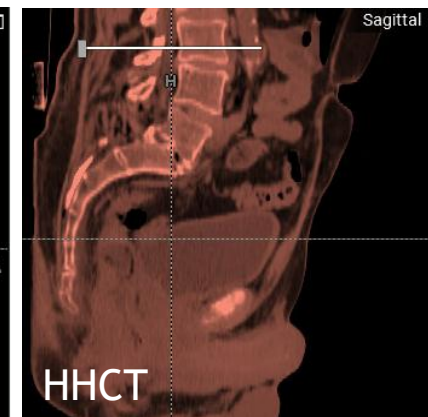
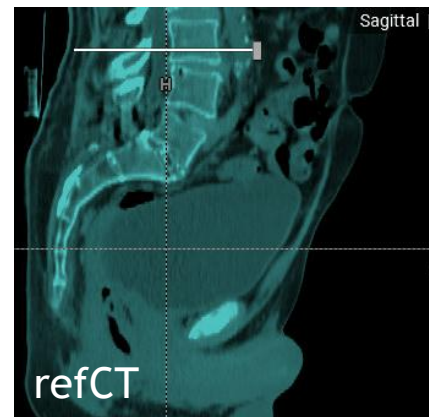


CTV
PTV

💧 Blaasproblematiek

Probleem:

- Overvolle blaas op referentie CTV
- Dorsale blaas grenst aan CTV
- Kleinere blaas tijdens RT richting CTV getrokken
- Kans op veel workflow-correcties

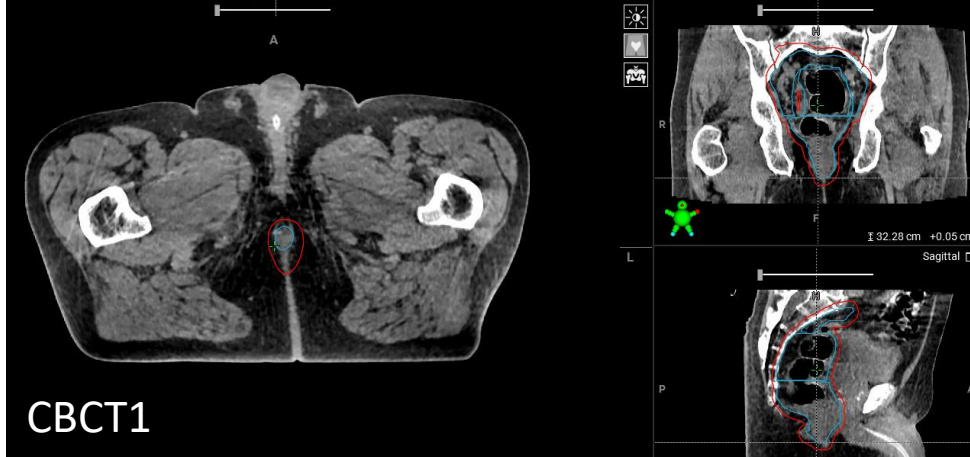


Oplossing: Overweeg nieuwe referentie CT bij overvolle blaas of rectum! Gedeeld nav QA in oART casusbespreking



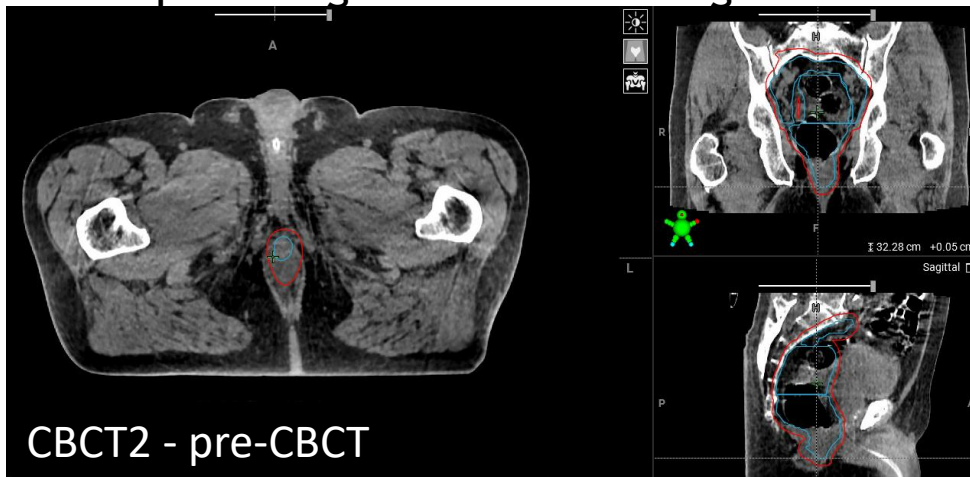
Offline QA RTT-led workflow - Tips and Tricks

Intrafractie variatie ⚠ Ontspanning / uitzakken anusgebied



Wat gebeurt er?

- Verplaatsing in AP/CC richting



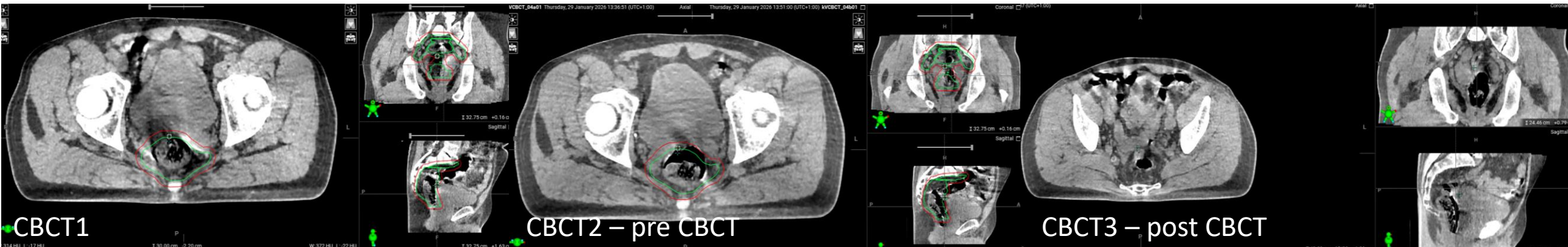
Wat kun je doen?

- Match aanpassen in AP en CC
- Let op ventrale & craniale positieve klieren
- CB1 pas na ± 5 minuten starten
→ Ontspanning vaak begin fractie





QA post-treatment CBCT check RTT-led workflow



Lucht verplaatst, aanpassing naar dorsaal (rectum krap binnen PTV)

Post CBCT ter controle lucht, doelgebied binnen PTV

IGRT workflow

Pre CBCT

- ✓ CTV binnen PTV met tweak vanaf botmatch
- ✗ CTV buiten PTV

Post CBCT

- ✓ Ongematcht CTV binnen PTV
- ✗ Ongematcht CTV buiten PTV

- ✓ Na RT contact IGART/fysicus
- ✗ Direct contact arts/IGART/fysicus

Startfase oART: adaptor evalueert post treatment intrafractie beweging meteen (na 1000 fracties 3x bij 3 pt anders).
Standard of care oART: indien nodig maakt adaptor post CBCT ter controle intrafractie beweging, niet meer standaard.
Indien actie nodig is volgens stoplichtprotocol wordt dit in gang gezet.



Take home message RTT-led workflow

- ✓ Goede scholing van RTTs
- ✓ Geplande en ad-hoc support beschikbaar
- ✓ Ingebouwde QA-procedures *niet allemaal afwijkend van IGRT*

'veilige en efficiënte manier om rectum behandelingen uit te voeren'



Discussie

💡 Wat herkennen jullie?

🔍 Waar zit volgens jullie de grootste uitdaging?

💡 Wat werkt op jullie afdeling goed?

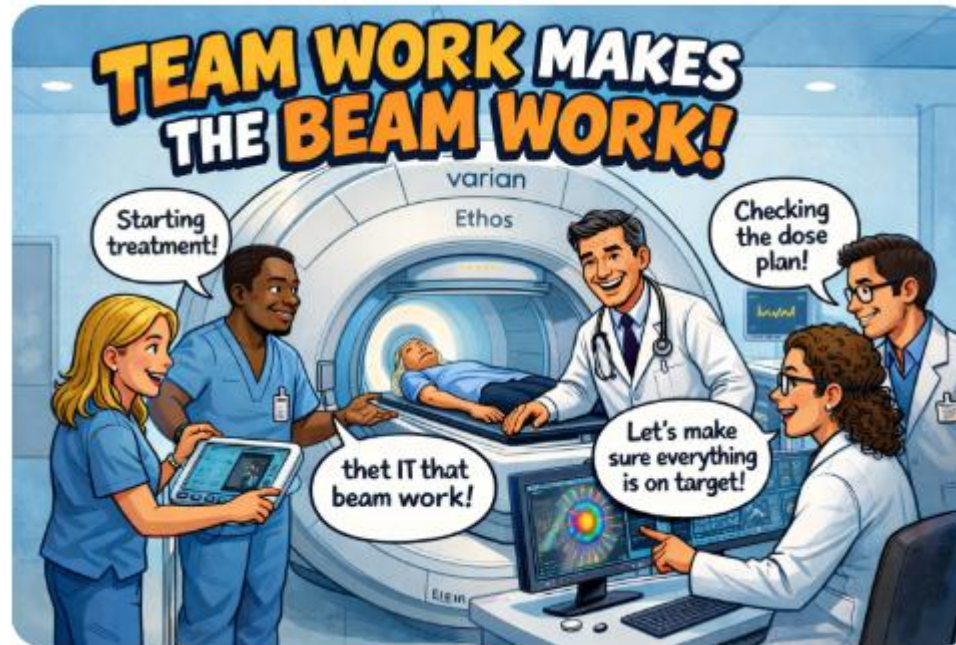
↪ Wat zouden jullie anders aanpakken?





Dank aan alle collega's betrokken bij oART @ Amsterdam UMC

- Breast ART
- Bladder oART
- Cervix oART
- Esophagus oART
- Fast METS
- Rectum oART
- Special cases



Niek van Wieringen, klinisch fysicus
n.vanwieringen@amsterdamumc.nl

Karin Goudschaal, AP RTT IGART
k.n.goudschaal@amsterdamumc.nl



Extra slides



Fusie, corona en ... Ethos

- Juni 2020 eerste oART rectum

	1 ^e patiënt	# patiënten
Rectum	juni 2020	➤ 110
Blaas	april 2021	➤ 110
Palliatie	dec 2021	➤ 150
Mamma	juni 2022	80
Cervix	okt 2023	➤ 40
Slokdarm	juli 2024	➤ 15



Niek van Wieringen • 1e
Klinisch Fysicus / Medical physicist at the Amsterda...
5 j • 5

First Ethos online adaptive radiotherapy treatment at Amsterdam UMC.
Today for the first time we successfully treated a rectum cancer patient using online adaptive radiotherapy on our new Ethos system. We surely did not select the easiest target to start with, rectum 5 x 5Gy with a target consisting of the upper and lower mesorectum and elective pelvic lymph nodes. Still, the entire procedure went smoothly and took 30 minutes in total including entering the bunker, positioning of the patient, CBCT imaging, AI based recontouring and replanning, plan QA, verification CBCT, plan delivery and leaving the bunker.

Many colleagues were involved in the preparation of this project and the help of our hospital's ICT department and Varian were indispensable to achieve our goal. I'm very proud of the result and of the great team who made this happen.
Team, thanks for the hard work and your enthusiasm.

