

Kategori: Pasientbehandling/Fagprosedyrer/Kreft	Gyldig fra/til:27.06.2024/27.06.2026
Organisatorisk plassering: Helse Bergen HF/Avdeling for kreftbehandling og medisinsk fysikk	Versjon: 1.00
Godkjenner: Oddbjørn Straume	Retningslinje
Dok. ansvarlig: Einar Waldeland, +++	Dok.id: D78851

Innhold

1	Hensikt	2
2	Ansvar	3
3	Bildegrunnlag og fiksering.....	3
4	Inntegning av volumer	3
4.1	Risikoorgan og andre strukturer	3
4.2	Målvolum	4
5	Protonplanlegging.....	4
5.1	Forberedelser	4
5.1.1	Valg av planleggings-CT.....	4
5.1.2	Materialoverstyring	4
5.1.3	Kalibreringskurve	5
5.2	Strukturer	5
5.3	Planoppsett	5
5.3.1	Isosenter plassering	5
5.3.2	Planleggingsteknisk.....	5
5.3.3	Valg av feltvinkler.....	5
5.3.4	Generelle hensyn ved valg av feltvinkler	7
5.3.5	Generelle hensyn ved bordrotasjon.....	7
5.3.6	Range shifter og air gap	7
5.3.7	Skjøting av felter	7
5.4	Robust optimering.....	7
6	Planevaluering	8
6.1	Doser til målvolum	8
6.2	Doser til risikoorganer	8
6.3	Robust evaluering.....	9
6.3.1	Målvolum	9
6.3.2	Risikoorganer	9
7	Bildeveiledning.....	10
8	Kontrollbilder og adaptasjon.....	10
9	Tiltak og prioritering ved nedetid	10
10	Referanser.....	10
11	Endringer siden forrige versjon.....	11

OBS! Majoriteten av krav og anbefalinger i dette dokumentet, som f.eks. dekningskrav og planleggingsteknikker er tentative. Det kreves uttesting og diskusjoner for å etablere endelige anbefalinger.

1 Hensikt

Retningslinjen skal være til hjelp for stråleterapeuter, doseplanleggere, fysikere og leger som er involvert i planlegging av protonstrålebehandling ved sarkomer.

Det finnes mange sarkomentiteter hvor man ser for seg at protonbestråling vil være gunstig. De vanligste finner man under, men det er viktig å være klar over at diagnosene ikke er utfyllende og at det finnes andre sjeldnere sarkomentiteter hvor man også mener protonterapi kan være nyttig. Dosering og fraksjonering for disse pasientene bestemmes ut fra histologi og allmenntilstand. For andre entiteter vil dosering og fraksjonering bestemmes på bakgrunn av individuelle vurderinger som svulsttype, internasjonale retningslinjer, relevante publikasjoner og andre faktorer inkludert histologi og allmenntilstand. Dosering vil ofte være 1.8-2.0 Gy (RBE) x 25-36 til 50-72 Gy (RBE), men dette kan variere. Det er heller ikke gitt at noen av diagnosene under skal behandles med protonterapi. På generell basis vil det være mindre aktuelt med protonterapi for eldre og/eller allment påvirkede pasienter hvor man gir hypofraksjonert strålebehandling. Dette er imidlertid ikke i seg selv ekskluderende. For utfyllende informasjon om pasientseleksjon til protonterapi, se [[REF! <pasientseleksjon>](#)].

Ewing sarkom og rabdomyosarkom vil ofte inkluderes i studier (INTER-Ewing-1 og FAR-RMS). For de aller fleste bløtvevssarkomer vil fotonbehandling foretrekkes, men i trunkus lokaliserte, paraspinale, ØNH lokalisert og hos barn og unge voksne kan protoner vurderes.

Tabell 1: Oversikt over fraksjonering for de vanligste diagnosegruppene.

Diagnosegruppe	Fraksjonering
Ewings sarkom	Preoperativ radioterapi <ul style="list-style-type: none"> • 50.4 Gy (RBE) / 28fx Postoperativ radioterapi <ul style="list-style-type: none"> • R1 reseksjon 54 Gy (RBE) / 30fx • R0 reseksjon 45 Gy (RBE) / 25 fx
Desmoid	56 Gy (RBE) / 28 fx
Osteosarkom	<ul style="list-style-type: none"> • 56-62 Gy (RBE) etter mikroskopisk ufri margin • 64-72 Gy (RBE) til makroskopisk tumor • 1.8-2 Gy (RBE) fraksjoner
Chordom	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 64Gy (RBE) i 1.8-2 Gy fraksjoner postoperativ • 70-72 Gy (RBE)
RMS	FaR-RMS protokoll, 3 randomiseringer: <ul style="list-style-type: none"> • RT1a preop vs. Postop RT til primær tumor/tumor site 41.4 Gy (RBE) / 23 fx • RT1b doseeskalering 41.4 Gy (RBE) / 23 fx vs. 50.4 Gy (RBE) / 28 fx for pasienter med høy risiko av lokalt residiv • RT1c doseeskalering 41.4 Gy (RBE) / 23 fx vs. 50.4 Gy (RBE) / 28 fx for definitiv RT
Bløtvevssarkom	<ul style="list-style-type: none"> • Preoperativ radioterapi 50-50.4 Gy (RBE) i 1.8-2 Gy (RBE) fraksjoner, unntak av myxoid liposarkom (36 Gy (RBE) i 2 Gy (RBE) fraksjoner) • Hypofraksjonert preoperativ radioterapi kan vurderes - Roohani et al. (2024) • Postoperativ radioterapi 50 Gy (RBE) i 1.8-2 Gy (RBE) fraksjoner • Definitiv radioterapi 64-66 Gy i 1.8-2 Gy (RBE) fraksjoner - Wiltink et al. (2024)

2 Ansvar

Denne retningslinjen er utviklet av en gruppe bestående av sentrale fagpersoner innenfor strålebehandling av sarkom ved Oslo Universitetssykehus og Haukeland Universitetssykehus. Retningslinjen er avstemt ved stråleterapimiljøer på St. Olavs hospital og Universitetssykehuset Nord-Norge.

3 Bildegrunnlag og fiksering

Se generelle prosedyrer for avbildning ([Nasjonal retningslinje for avbildning ved planlegging av protonterapi](#)) og fiksering ([Nasjonal overordnet oversikt for protonfiksering](#)). Pasienten skal fikseres med hensiktsmessig protonfiksering for det aktuelle behandlingsområde. Ved metallimplantater og/eller artefakter se generelle prosedyrer [[REF! <metall og artefakter>](#)].

NB: Ved sykehus som skal utføre sammenliknende doseplanlegging, men som ikke har tilgjengelig utstyr for fiksering til protonbehandling, brukes standard fikseringsutstyr som ved konvensjonell strålebehandling. Ved henvisning til protonbehandling tas ny CT og ny fiksering utføres ved behandlende protonsentersenter.

4 Inntegning av volumer

4.1 Risikoorgan og andre strukturer

Hvilke risikoorganer som skal tegnes må vurderes individuelt avhengig av diagnose, målvolumets lokalisasjon, behandlingsintensjon, fraksjonering og totaldose. Merk at tabell 2 ikke nødvendigvis er utfyllende og andre risikoområder som ikke dekkes her kan være aktuelle å tegne. I tabellen refereres det til andre diagnosespesifikke retningslinjer for protonplanlegging der det er aktuelt.

Tabell 2: Risikoorganer og strukturer som kan være aktuelt å tegne inn.

Region	Struktur	Beskrivelse/merknad	Retningslinje
Generelt	External	Skal tegnes	Inkluderer hele pasienten med all relevant fiksering inklusiv puter og bordtoppen. Kalles Body i Eclipse.
	Body	Skal tegnes	Inkluderer alt innenfor pasientens hud. Kalles BodySurface i Eclipse.
Hode	-	-	Se retningslinje for protonplanlegging av tumor cerebri
Hode-hals	-	-	Se retningslinje for protonplanlegging av hode-hals kreft
Thorax	SpinalCord	Skal tegnes	Feng, M. et al. (2011) Duane, F., et al. (2017)
	Lung_L/R	Skal tegnes	Feng, M. et al. (2011) Duane, F., et al. (2017)
	Lungs	Skal tegnes	Feng, M. et al. (2011) Duane, F., et al. (2017)
	Heart	Skal tegnes	Feng, M. et al. (2011) Duane, F., et al. (2017)
	Esophagus	Hele øsofagus tegnes ved nærhet til målvolum	Feng, M. et al. (2011) Duane, F., et al. (2017)
	BrachialPlexus_L/R	Tegnes dersom nært målvolum	Kong et al. (2011) ³
	Breast_L/R	Tegnes dersom nært målvolum	
	kVue One	Skal tegnes	[REF! <Fikseringsutstyr og bordtemplat ved doseplanlegging med protoner>

Abdomen / Bekken	Ovary_L/R	For alle kvinnelige pasienter under 40 år uavhengig av behandlingsregion, såfremt ovariene er med i CT-grunnlaget.	Gay et al. (2012b)
	Testis_L/R	For alle mannlige pasienter under 50 år uavhengig av behandlingsregion, såfremt testiklene er med i CT-grunnlaget. Ved strålebehandling mot bekkenregionen skal testikler alltid tegnes, uavhengig av pasientens alder.	Gay et al. (2012a)
	BowelBag	Tegnes dersom nært målvolum.	Gay et al. (2012a) Gay et al. (2012b) Gay et al. (2012c)
	Rectum	Tegnes dersom nært målvolum.	Gay et al. (2012a) Gay et al. (2012b) Gay et al. (2012c)
	Liver	Tegnes dersom nært målvolum.	Gay et al. (2012a) Gay et al. (2012b) Gay et al. (2012c)
	Bladder	Tegnes dersom nært målvolum.	Gay et al. (2012a) Gay et al. (2012b) Gay et al. (2012c)
	Kidney_L/R	Tegnes dersom nært målvolum.	Gay et al. (2012a) Gay et al. (2012b) Gay et al. (2012c)
	Kidneys	Tegnes dersom nært målvolum.	
	CaudaEquina	Tegnes dersom nært målvolum.	Volumet fra foramen magnum til sacrum som spinal cord. Overgang L2-L3, flere velger å definere hele
	kVue One	Skal tegnes	[REF! <Fikseringsutstyr og bordtemplat ved doseplanlegging med protoner>]

4.2 Målvolum

Målvolum for sarkom defineres etter tabell 3.

Tabell 3: Beskrivelse for inntegning av målvolum.

Struktur	Beskrivelse
GTVsb	Tumorseng (sb: surgical bed), når makroskopisk tumor er fjernet kirurgisk
GTV	Makroskopisk tumor
IGTV	GTV inklusiv bevegelse definert i alle pustefaser på 4DCT, eventuelt fra flere DIBH serier. Se [REF! <Retningslinje for protonplanlegging ved interfraksjonell bevegelse>].
CTV_xx	Område med mulighet for mikroskopisk sykdom. Margin fra tumorseng/GTV avhenger av blant annet vekstmønster og anatomiske barrierer i kroppen (som fascier og bein). CTV skal normalt tegnes 5 mm innenfor External.
ICTV_xx	CTV inklusiv bevegelse enten fra 4DCT eller andre øyeblikksopptak fra CT eller andre modaliteter. Se [REF! <Retningslinje for protonplanlegging ved interfraksjonell bevegelse>].

5 Protonplanlegging

5.1 Forberedelser

5.1.1 Valg av planleggings-CT

Det skal alltid planlegges på en CT-serie uten kontrast. Eventuelle CT-serier med kontrast er til støtte for inntegning. Ved metallartefakter i CT-serien skal det planlegges på CT-serien hvor MAR er tatt i bruk. Påse ellers at all relevant fiksering er tatt med i CT-serien.

5.1.2 Materialoverstyring

Materialer i doseplansystemet skal inntegnes og overstyres hvor det er hensiktsmessig ved for eksempel artefakter og/eller implantater som shunt, clips, craniofix, titan mesh og annet. Ved overstyring er det viktig at størrelse og materialkomposisjon er nøyaktig spesifisert slik at usikkerheter i inntegning og valg av materiale i doseplansystemet minimeres. Se [REF! <metall og artefakter>] for detaljer.

5.1.3 Kalibreringskurve

Ved sammenliknende doseplanlegging mellom protoner og fotoner skal det tas en kopi av CT-serien som skal brukes til planlegging i doseplansystemet. CT-seriene er identiske, men den ene serien skal knyttes til kalibreringskurve for fotonbehandling, mens den andre serien skal knyttes til kalibreringskurve for protonbehandling. Tilse at korrekt CT-serie, med korrekt kalibreringskurve, blir brukt ved protonplanleggingen. De to planleggings-CT-seriene skal navngis slik at de enkelt kan skilles fra hverandre.

5.2 Strukturer

External defineres til å inkludere all relevant fiksering inklusive puter og bordtoppen. Ev. utvidelse med margin brukes hvis hensiktsmessig. Se [REF! <Fikseringsutstyr og bordtemplat ved doseplanlegging med protoner>] for detaljer.

Ved behandling kaudalt for halsen må kVue One bordtoppen legges til struktursettet. Denne bordtoppen har en kileform ved enden slik at man får en helning. Det er viktig at denne havner i korrekt posisjon, spesielt hvis helningen på bordtoppen er i nærheten av målvolumet. Man kan benytte kort eller lang bordforlenger for å unngå at helningen kommer ved målvolum, se [REF! <Fikseringsutstyr og bordtemplat ved doseplanlegging med protoner>]. Ved overlapp mellom målvolum og dosebegrensede serielle risikoorganer kan det defineres en hjelpestruktur hvor disse er trukket fra CTV med margin. Margin bør vurderes individuelt.

5.3 Planoppsett

5.3.1 Isosenter plassering

Isosenter plasseres hensiktsmessig, fortrinnsvis sentralt i målvolumet som generelt sett tilsvarer i senter av CTV.

Unntak

Ved lange målvolum tilstrebes det at hele målvolumet dekkes av hvert felt for å unngå skjøting av felt. Den maksimale feltstørrelse er 25 x 25 cm og inkluderer den geometrisk robusthetsinnstilling. Er målvolumets størrelse nær den maksimale feltstørrelsen er det nødvendig med flere isosentre. Se kapittel 5.3.6 «Skjøting av felter» for veiledning i plasseringen av isosenterene.

Ved bruk av range shifter for kranielle tumorlokasjoner skal det vurderes om isosenter bør flyttes kranielt for å lettere unngå kollisjon med skuldre.

5.3.2 Planleggingsteknisk

Multi field optimization med robustoptimering bør fortrinnsvis brukes, spesielt hvor målvolumet ligger tett opp mot kritiske risikoorganer eller nært inhomogene områder. *Single field optimization* kan vurderes ved enkle feltoppsett i homogene områder med god avstand mellom målvolum og kritiske risikoorganer eller ved intrafraksjonell bevegelse ([REF! <Retningslinje for protonplanlegging ved intrafraksjonell bevegelse>]).

Endelig doseberegning skal gjøres med en dosegrid som tilsvarer vokselstørrelsen på CT bildet.

5.3.3 Valg av feltvinkler

Feltvinkler må bestemmes individuelt for hver pasient, da feltoppsettet kan variere i stor grad basert på tumorlokasjon, tumorstørrelse, rekvirert dose, nærhet til risikoorganer, inhomogeniteter osv. Anbefalinger av feltvinkler er kategorisert etter behandlingsregion. For målvolum i hjernen se [Nasjonal retningslinje for protonplanlegging av tumor cerebri – del av hjerne](#), for målvolum i hodehals se [Nasjonal retningslinje for protonplanlegging av ØNH](#), mens anbefalinger for målvolum i thorax og abdomen/bekken regionen dekkes i dette dokumentet (se tabell 3). Pasientspesifikke hensyn trumfer de generelle anbefalingene. Om det er vanskelig å velge gode feltvinkler bør fysiker involveres.

Tabell 4: Anbefaling for valg av feltvinkler per behandlingsregion.

Region	Lokasjon av målvolumet	Feltoppsett	Kommentarer
Intrakranielt	-	Se [REF! <Retningslinje for protonplanlegging av tumor cerebri>]	
Hode-hals	Kaudalt	<p>Ta utgangspunkt i Nasjonal retningslinje for protonplanlegging av ØNH. Avhengig av lokasjon vil det som oftest være nødvendig med 2-5 felt, slett de som er unødvendige. Juster for individuelle variasjoner hvor det kan være lurt å:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unngå å stråle fra kontralateral side ved en lateral lokasjon av målvolumet. • Velg feltvinkler med kort veilengde til målvolumet • Unngå å stråle gjennom luftkaviteter, tenner, skuldre og hake om mulig 	Hvis det forventes anatomiske forandringer i behandlingsforløpet, bør alle deler av målvolumet dekkes av minimum to felt.
	Kranielt	Ta utgangspunkt i [REF! <Retningslinje for protonplanlegging av Hode-hals >]. Er målvolumet i nærhet til en luftkavitet se spesielt på anbefalingene for sinonasal cancer i dokumentet.	
Columna	-	Ta utgangspunkt i 2 skråfelt bakfra med minimum 30° vinkel, eventuelt legg til et tredje felt i 180°. Tilpass vinkel etter målvolum og OAR.	
Thorax	Utenfor lunge	<p>Feltene bør tilpasses etter målvolumets beliggenhet.</p> <p><i>Lateralt målvolum:</i> ipsilaterale feltvinkler, skråfelt og laterale felt.</p> <p><i>Posteriort målvolum:</i> ta utgangspunkt i 2 skråfelt bakfra og eventuelt et tredje felt i 180 grader.</p> <p><i>Anteriort målvolum:</i> ta utgangspunkt i 2 skråfelt forfra og eventuelt et tredje felt i 0 grader.</p> <p><i>Mediastinum/sentral beliggenhet:</i> ta utgangspunkt i AP-PA feltvinkler, eventuelt 2 skråfelt bakfra. Vurder et ekstra felt i 0 grader. Individuelle hensyn må tas basert på tumorplassering</p> <p><u>Målvolum i lunge</u> Se i [REF! <Retningslinje for protonplanlegging med interfraksjonell bevegelse>].</p>	
	Innenfor lunge	Se i [REF! <Retningslinje for protonplanlegging med interfraksjonell bevegelse>].	
Abdomen	-	Se i [REF! <Retningslinje for protonplanlegging med interfraksjonell bevegelse>].	
Bekken	-	<p>Feltene bør tilpasses etter målvolumets beliggenhet.</p> <p><i>Lateralt målvolum:</i> ta utgangspunkt i 3 felt med ipsilaterale feltvinkler. Ved gjennomgående målvolum (anterior-posterior) ta utgangspunkt i 2 posterior felt og 1 anterior felt med en liten vinkel. Er målvolumet posisjonert mer anterior/posterior ta utgangspunkt i 3 felt, to nærmest målvolumet og et lateralt.</p> <p><i>Sentralt målvolum (langs midtlinjen):</i> Er beliggenhet av målvolumet <u>posteriort</u> ta utgangspunkt i anbefalingene for columna.</p> <p>Er målvolumet <u>sentralt</u> ta utgangspunkt i 2 skråfelt bakfra og eventuelt et tredje felt i 180 grader. Alternativt kan posterior og laterale felt kombineres. Individuelle hensyn må tas basert på tumorplassering.</p>	<p>Unngå tarm og rektum grunnet risiko for anatomisk variasjon som luft, fyllingsgrad og posisjon.</p> <p>Vær varsom med bruk av anterior felt på pasienter med potensielt bevegelig fettvev interfraksjonelt.</p>

5.3.4 Generelle hensyn ved valg av feltvinkler

Det følgende er generelle anbefalinger av feltvinkler uavhengig av behandlingsregion. Rekkefølgen i listen sier ingenting om prioriteringer.

- Man bør bruke minst 2-3 felt adskilt med minimum 30° vinkel.
- Feltvinkler som fører til kortest veibane inn mot målvolum er ønskelig for å redusere dose til friskt vev.
- Det er ønskelig å unngå felt som går parallelt med inhomogene områder som f.eks. skallebasis o.l.
- Det er ønskelig med felt som er mest mulig vinkelrett på ytterkontur.

Felt som går gjennom områder med høy tetthet som metall og hardplast bør om mulig unngås. Se ellers dokumentet [REF! <metaller og artefakter>].

I tillegg må man også vurdere feltvinkler opp mot forhøyet LET distalt for protonstrålen samt generelle usikkerheter i rekkevidde. Derfor skal man så langt det lar seg gjøre unngå mer enn ett felt som stopper i, eller proksimalt for, risikoorgan, spesielt hvis dosen i risikoorganet er nær toleransedosen. Hvis man er bekymret for valg av feltoppsett og LET, bør en eksplisitt LET-evaluering gjøres [REF! <LET-evaluering>].

5.3.5 Generelle hensyn ved bordrotasjon

Rotasjon av behandlingsbordet kan gi enda mer gunstige feltvinkler. Samtidig kan det forårsake at pasienten beveger seg under rotasjonen. Man må derfor verifisere pasientposisjonen etter bordrotasjon med nye setup-felt, se [Nasjonal retningslinje for gjennomføring av strålebehandling med protoner](#). Derfor er det ønskelig at man tilstreber å lage planer uten bordrotasjon så fremt det ikke fører til en klinisk dårligere plan. Om man velger å bruke bordrotasjon bør man bruke færrest mulig rotasjoner.

5.3.6 Range shifter og air gap

Dersom målvolumet ligger ved nærhet til pasientoverflaten skal det vurderes om man må bruke range shifter, med enten 2 cm, 3 cm eller 5 cm tykkelse. Det er ønskelig å bruke så tynn range shifter som mulig. Siden range shiftere må manuelt legges i snouten skal det ikke brukes range shiftere med forskjellig tykkelse for samme behandlingsplan. Behandlingsfelt med og uten range shifter av samme tykkelse er akseptabelt, men det er ønskelig å unngå dette om mulig.

Dersom man bruker range shifter bør air gap settes slik at range shifteren kommer så nært som mulig på pasienten. Man bør likevel være obs på at pasientens skuldre ikke alltid tas med på CT-bildet og man bør derfor være oppmerksom på kollisjonsfare.

5.3.7 Skjøting av felter

Anbefalinger for skjøting av felter [[Avventer arbeid fra CNS gruppen med total CNS](#)].

5.4 Robust optimering

Planen skal robust optimeres med robusthetsparametere som er avhengig av målvolumets plassering, se Tabell 5.

Tabell 5: Robusthetsparametere for ulike behandlingsregioner.

Region	Robusthetsparametere [forskyvning ± tetthet]	Kommentarer
Intrakranielt	2 mm ± 3.5%	Se Nasjonal retningslinje for protonplanlegging av tumor cerebri – del av hjerne .
Hode-hals	2-4 mm ± 3.5%	Se Nasjonal retningslinje for protonplanlegging av ØNH . Små volumer og volumer som er plassert i antatt stabile områder kan med fordel ha mindre setup margin enn større volumer som strekker seg over lengre områder på hals.

Columna	Barn: 3-4 mm \pm 3.5% Voksne: 5 mm \pm 3.5%	Danish center for particle therapy (2024a)
Thorax	Thoraxvegg og mediastinum: 5 mm \pm 3.5% Lunge 5 mm \pm 4.5%	Danish center for particle therapy (2024b)
Abdomen	Lever: 5mm LR/AP og 7 mm CC \pm 4.5%	Danish center for particle therapy (2024b)
Bekken	5 mm og 3.5%	Danish center for particle therapy (2024b)

Om man ønsker en mer robust plan eller har vanskeligheter med å oppnå robusthet ved robust evaluering, kan verdiene over økes.

Det anbefales å velge robustoptimering på CTV, ev. croppet CTV der dette er aktuelt volum.

Ved metallimplantater og artefakter som kan påvirke dosefordelingen bør dette tas hensyn til. Se dokumentet [[REF! <metaller og artefakter>](#)].

6 Planevaluering

Planen skal evalueres både nominelt og robust. I tillegg bør dosen evalueres på feltbasis.

Alle dosevolumkrav er veiledende og må alltid vurderes individuelt.

6.1 Doser til målvolum

Alle doser er oppgitt i Gy (RBE), hvor RBE = 1.1.

Plandosen normeres til median ($D_{50\%}$) i CTV, alternativt i croppet CTV. Ved flere dosenivåer skal mediandosen være nær måldosene.

Store målvolum bør inspiseres visuelt da en lav prosentvis andel kan tilsvare et signifikant absolutt volum, spesielt hvis målvolument er stort.

Tabell 6: Nominelle dekningskrav til GTV og CTV.

Målvolum	Nominelt dekningskrav
GTV	$D_{99.9\%} \geq 95\%$
CTV_{xx}*	$D_{98\%} \geq 95\%$

* Gjelder croppet CTV der dette er aktuelt volum.

6.2 Doser til risikoorganer

Toleransedoser vurderes opp mot retningslinjer for andre diagnosegrupper med kurativ stråleterapi i den aktuelle behandlingsregionen. For behandling med høye doser skal toleransedosene til risikoorganer vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Global D_{2cc} bør være under 107% av rekvirert dose.

For ekstremiteter skal sparing av deler av sirkumferensen prioriteres høyt for å bevare lymfedrenasje. Dosen til vekt bærende skjelettstrukturer skal reduseres så langt det er mulig.

Ved serielle organer som nærmer seg dosegrensene i tabellen under skal det gjøres en eksplisitt vurdering av LET og variabel RBE, se [[REF! <LET-evaluering>](#)].

Tabell 7: Toleransedoser til risikoorganer basert på faglige anbefalinger for doseplanlegging med protoner, Strålevernrapport 2017:6 og QUANTEC.

Region	Struktur	Toleransedose (EQD ₂)	Kommentar
Hode	-	-	Se Nasjonal retningslinje for protonplanlegging av tumor cerebri – del av hjerne .
Hode-Hals	-	-	Se Nasjonal retningslinje for protonplanlegging av ØNH .

Thorax	SpinalCord	$D_{0.03cc} \leq 50 \text{ Gy (RBE)}$	Marks et al. (2010)
	Lung_L/R	$D_{\text{mean}} \leq 20 \text{ Gy (RBE)}$	Marks et al. (2010)
	Lungs	$V_{20\text{Gy (RBE)}} \leq 30\%$	
	Heart	$D_{\text{mean}} \leq 26 \text{ Gy (RBE)}$ $V_{30\text{Gy (RBE)}} \leq 46\%$	Marks et al. (2010)
	Esophagus	$D_{\text{mean}} \leq 34 \text{ Gy (RBE)}$ $V_{70\text{Gy (RBE)}} < 20\%$ $V_{50\text{Gy (RBE)}} < 40\%$ $V_{35\text{Gy (RBE)}} < 50\%$	Marks et al. (2010)
	BrachialPlexus_L/R	$D_{\text{maks}} \leq 60 \text{ Gy (RBE)}$	Norsk Lunge Cancer Gruppe (2017)
	Breast_L/R	$V_{10\text{Gy (RBE)}} \leq 10\%$ (ønskelig) $V_{4\text{Gy (RBE)}} \leq 20\%$ (ønskelig)	ALARA
Abdomen / Bekken	Ovary_L/R	Så lavt som mulig	ALARA
	Testis_L/R	Så lavt som mulig	ALARA
	BowelBag	Så lavt som mulig	ALARA
	Rectum	$V_{75\text{Gy (RBE)}} < 15\%$ $V_{70\text{Gy (RBE)}} < 20\%$ $V_{65\text{Gy (RBE)}} < 25\%$ $V_{60\text{Gy (RBE)}} < 35\%$ $V_{50\text{Gy (RBE)}} < 50\%$	Marks et al. (2010)
	Liver	$D_{\text{mean}} \leq 28 \text{ Gy (RBE)}$	Marks et al. (2010)
	Bladder	$D_{0.03cc} < 65 \text{ Gy (RBE)}$ $V_{80\text{Gy (RBE)}} \leq 15\%$ $V_{75\text{Gy (RBE)}} \leq 25\%$ $V_{70\text{Gy (RBE)}} \leq 35\%$ $V_{65\text{Gy (RBE)}} \leq 50\%$	Marks et al. (2010)
	Kidney_L/R	$D_{\text{mean}} \leq 15 \text{ Gy (RBE)}$ $V_{28\text{Gy (RBE)}} \leq 20\%$ $V_{23\text{Gy (RBE)}} \leq 30\%$ $V_{20\text{Gy (RBE)}} \leq 32\%$ $V_{12\text{Gy (RBE)}} \leq 55\%$	Marks et al. (2010)
	CaudaEquina	$D_{\text{maks}} \leq 60 \text{ Gy (RBE)}$	ALARA

6.3 Robust evaluering

Planen skal robust evalueres ved å bruke robusthetsparametere i Tabell 5 og skal inkludere forskyvninger langs kardinalaksene og diagonalene. 0 mm forskyvning skal også inngå. Dette resulterer i total 30 scenarioer som skal evalueres. Ved metaller og artefakter må man vurdere om man skal øke tetthetsusikkerheten [REF! <metaller og artefakter>].

6.3.1 Målvolum

Tabell 8: Nominelle dekningskrav til GTV og PTV.

Målvolum	Dekningskrav	Robusthet
GTV	$D_{99\%} > 95\%$	Worst case scenario
CTV_xx*	$D_{98\%} > 95\%$	Worst case scenario

* Gjelder cropped CTV der dette er aktuelt volum.

6.3.2 Risikoorganer

Robusthet til risikoorganer bør evalueres tverrfaglig mellom leger, doseplanleggere og fysikere. Det er ikke mulig å konkretisere en spesifikk robusthet som gjelder for alle pasienter, men robustheten må bestemmes individuelt for hver pasient.

Generelt sett er det ønskelig at serielle risikoorganer er under nominelle krav ved robust evaluering i worst case. Dette vil ofte ikke være mulig og heller ikke nødvendigvis hensiktsmessig. Det er likevel ønskelig at det tilstrebes å minimere doser til risikoorganer i robusthetsscenarioene, med høyest prioritet på scenarioer med systematiske usikkerheter.

7 Bildeveiledning

Bildeveiledning utføres ved hjelp av CBCT og/eller to ortogonale setup-felt. Se [Nasjonal retningslinje for gjennomføring av strålebehandling med protoner](#) for utførelse på apparat.

8 Kontrollbilder og adaptasjon

Ved sarkom vil behovet for adaptasjon variere. Det kan for eksempel inntreffe at større anatomiske endringer bemerkes på CBCT. Om slike tilfeller kan påvirke dosedekning eller doser til risikoorganer bør det tas ny doseplan-CT for replanlegging. Se prosedyren [[REF! Behandling/adapsjon](#)] for detaljer.

9 Tiltak og prioritering ved nedetid

Prioritering av pasienter vil være lik som for fotoner. Vurdering av hvilke pasienter som skal avvente, behandles med fotoner eller sendes til OUS/HUS bør gjøres av en egen gruppe.

10 Referanser

- [1] Feng, M. et al. (2011) "Development and validation of a heart atlas to study cardiac exposure to radiation following treatment for breast cancer." *International journal of radiation oncology, biology, physics* vol. 79,1: 10-8. doi:10.1016/j.ijrobp.2009.10.058
- [2] Duane, F., et al. (2017). "A cardiac contouring atlas for radiotherapy". *Radiotherapy and Oncology* 122: 416–422. doi:10.1016/j.radonc.2017.01.008.
- [3] Gay, H. A., et al. (2012c). "Pelvic normal tissue contouring guidelines for radiation therapy: a Radiation Therapy Oncology Group consensus panel atlas." *International journal of radiation oncology, biology, physics* vol. 83,3 (2012): e353-62. doi:10.1016/j.ijrobp.2012.01.023.
- [4] Gay, H.A., et al. (2012a). "MALE PELVIS Normal Tissue RTOG Consensus Contouring Guidelines". <https://www.nrgoncology.org/Portals/0/Scientific%20Program/CIRO/Atlases/Male%20RTOG%20Normal%20Pelvis%20Atlas.pdf>
- [5] Gay, H.A., et al. (2012b). "FEMALE PELVIS Normal Tissue RTOG Consensus Contouring Guidelines". <https://www.nrgoncology.org/Portals/0/Scientific%20Program/CIRO/Atlases/Female%20RTOG%20Normal%20Pelvis%20Atlas.pdf>
- [6] Kong, F.-M., et al. (2011). "Consideration of Dose Limits for Organs at Risk of Thoracic Radiotherapy: Atlas for Lung, Proximal Bronchial Tree, Esophagus, Spinal Cord, Ribs, and Brachial Plexus." *International Journal of Radiation Oncology*Biography*Physics* 81(5): 1442-1457.
- [7] Marks, L. B., et al. (2010). "Radiation Dose–Volume Effects in the Lung." *International Journal of Radiation Oncology*Biography*Physics* 76(3, Supplement): S70-S76
- [8] Danish center for particle therapy. (2024a). DP: Spinal – DCPTwiki. <https://www.dcptwiki.dk/index.php/DP: Spinal>
- [9] Danish center for particle therapy. (2024b). Eclipse: Robusthetsparametere - DCPTwiki. <https://www.dcptwiki.dk/index.php/Eclipse: Robusthetsparametre>
- [10] Wiltink, L. M., et al. (2024). "Unraveling the Myth of Radiation Resistance in Soft Tissue Sarcomas." *Semin Radiat Oncol* 34(2): 172-179.

- [11] Roohani, S., et al. (2024). "Update on Dosing and Fractionation for Neoadjuvant Radiotherapy for Localized Soft Tissue Sarcoma." Curr Treat Options Oncol.
- [12] Norsk Lunge Cancer Gruppe, KVIST-gruppen. Faglige anbefalinger for strålebehandling ved ikke-småcellet lunge-cancer. Oppdatert versjon 2016. StrålevernRapport 2017:6. Østerås: Statens strålevern, 2017.

11 Endringer siden forrige versjon

Første versjon.