

VEDLEGG A1 Beregning av aktivitetsutslipp til luft

Utarbeidet 08.01.24 av Odd Harald Odland

Det vises til rapporten Air Activation Report Meissner Consulting GmbH, R-14.12.002, rev 01, datert 12.02.2021, når det gjelder beregning av aktivitet fra protonterapiaktiviteten i protonbygget.

Følgende forutsetninger gjelder for beregningene gjort for skjermingsbehov og for utslipp fra protonterapiaktiviteten;

- 1) Produksjon av høy-energetiske protoner med syklotronen i anlegget tar utgangspunkt i at man skal behandle 400 pasienter pr behandlingsrom, totalt 800 pasienter pr år i protonbygget ved stabil drift. I dette tallet ligger det inkludert en margin for å ta høyde for nødvendig service og vedlikeholdsarbeid som innebærer produksjon og ekstraksjon av høy-energetiske protoner ut fra syklotron og videre gjennom energijusteringsystemet («degrader»).
- 2) Protonproduksjonen («work load») danner utgangspunkt for de videre skjermingsberegninger som gir grunnlag for beregning av forventede doserater og årsdoser til personell, basert på en antagelse om hvor mange timer personellet (konservativt) forventes å arbeide i protonbygget pr år (2000 timer) og videre for utslippsberegninger med en tilhørende antagelse om hvor mange timer man (konservativt) antar at systemet er i drift (4000 timer for ventilasjonen).
- 3) Det er estimert en forventet pasientfordeling (tumorgrupper) behandlet ved stabil drift, dette innebærer antagelser om hvilke volumer, energier, strålevinkler og antall fraksjoner den forventede pasientfordelingen vil medføre. Dette har implikasjoner for hvilke gjennomsnittsverdier for behandlingsenergi man i beregningene har tatt utgangspunkt i og for hvor mange protoner ved hvilken energi anlegget skal levere til hvert behandlingsrom pr år ved stabil drift. Dette gir i sin tur en fordeling av antall protoner og energi gjennom energijusteringsystemet pr år, noe som gir grunnlag for å beregne aktivisering av luft i bunkersområdet gjennom et behandlingsår.
- 4) Ved aktivisering av luft har det blitt beregnet hvilken aktivitetsmengde pr kubikkmeter luft ut av anlegget, med kjennskap til ventilasjonsrater pr år, for alle de isotopene som blir aktivert. Den beregnede aktivitetsmengde pr kubikkmeter luft ut av ventilasjonen har blitt skalert med det samlede volum luft som ventilasjonssystemet slipper ut av de to pipene per år. Disse oppskalerte tallene for aktivitet er grunnlaget for hvilken utslippsgrense Helse Bergen HF søker om utslippstillatelse for.

Tabellen nedenfor som viser hvilke isotoper og hvilke aktivitetsmengder Helse Bergen HF søker om utslippstillatelse for, fremkommer utfra følgende betraktninger:

Ved å ta utgangspunkt i ventilasjonsraten for luft samlet ut av de to pipene, 9400 m³/time, og estimert tid for operasjon av syklotron og degrader pr år, 4000 timer/år, gir dette en luftmengde på 37.600.000 m³/år ut av pipene fra protonbunkersdelen av bygget. Aktivitetsmengden ut av ventilasjonen vil være det mettede aktivitetsnivå (Saturation Activity), som er avhengig av produksjonsrate og henfallsrate. Produksjonsraten vil variere i løpet av en normal arbeidsdag. Henfallsraten er konstant for de produserte radioaktive isotopene. I utslippsrapporten er det en gjennomsnittssituasjon som ligger til grunn når det gjelder produksjon; Beam On

tilsvarende 800 pasienter pr år for anlegget. I rapporten er utslipp av Tritium ^3H beregnet til bortimot 0. Sammenlignet med myndighetenes grenseverdi på 1000 Bq/m^3 er det ikke nødvendig med videre evaluering av utslipp av denne isotopen.

Isotop	Dominerende henfallskanal og dominerende gamma energi	Halveringstid	Mettet aktivitetsmengde ut av anlegget [Bq/m^3 luft]	Ventilasjonsmengde/ time [m^3 luft]	Arbeidstimer/ år	Aktivitetsmengde/ år	Det søkes om årlig utslipp av følgende aktivitetsmengde
H-3	b^- Ingen gammastråling	12,32 år	0	9400	4000		
Be-7	EC 0.5 MeV (10 %)	53,22 dager	0,03	9400	4000	1,128 MBq	1,2 MBq
C-11	EC, b^+ Ingen gammastråling	20,33 min	54,84	9400	4000	2,062 GBq	2,1 GBq
N-13	EC, b^+ Ingen gammastråling	9,965 min	1018,26	9400	4000	38,29 GBq	40 GBq
O-15	EC, b^+ Ingen gammastråling	2,037 min	634,02	9400	4000	23,84 GBq	25 GBq
Ar-41	b^- 1.3 MeV (99%)	1,83 time	20,24	9400	4000	761 MBq	1 GBq

1. Figurtekst: Oversikt over de radioaktive isotoper som Helse Bergen HF søker om utslippstillatelse for. Tall for den enkelte isotop aktivitet er tatt fra rapport Air Activation Report Meissner Consulting GmbH, R-14.12.002, rev 01, datert 12.02.2021.