

Asmund L. Tutanrud og Fredrik Ø. Sperre

Sammenligning av bildekvalitet mellom portabel og stasjonær CT ved CT Caput

Comparison of image quality between portable CT and stationary CT in CT caput.

Bacheloroppgave i Radiografi
Veileder: Jacqueline Kirsti Andersen
Medveileder: Ingunn Aabel
Mai 2023



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Asmund L. Tutanrud og Fredrik Ø. Sperre

Sammenligning av bildekvalitet mellom portabel og stasjonær CT ved CT Caput

Comparison of image quality between portable CT
and stationary CT in CT caput.

Bacheloroppgave i Radiografi
Veileder: Jacqueline Kirsti Andersen
Medveileder: Ingunn Aabel
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for medisin og helsevitenskap
Institutt for helsevitenskap i Gjøvik



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne bacheloroppgaven tar for seg faktorer som påvirker bildekvalitet ved portabel CT, for å undersøke om portabel CT er tilfredsstillende nok til å ta i bruk ved CT caput undersøkelser. Arbeidet med oppgaven startet høsten 2022, frem til våren 2023. arbeidet med oppgaven har vært en lærerik opplevelse spesielt rundt portabel CT oppbygning av CT, samt kunnskap om faktorer som påvirker bildekvalitet.

Vi vil takke vår veileder Jacqueline Kirsti Andersen, som har veiledet oss. Hun har hjulpet oss ved å ta viktige beslutninger ved oppgaven samt gitt gode konstruktive tilbakemeldinger. Takk til Ingunn Aabel for hjelp med det radiograffaglige. Takk til alle som har lest gjennom oppgaven. Vi vil også takke hverandre for godt samarbeid og tålmodighet.

Gjøvik 25. Mai 2023

Asmund L. Tutanrud og Fredrik Ø. Sperre

BRAD20 – NTNU i Gjøvik

Innholdsfortegnelse

1.0 – Innledning	6
1.1 – Bakgrunn for valg av tema	6
1.2 – Problemstilling	7
1.3 – Radiograffaglig relevans	7
1.4 – Avgrensning	7
1.5 – Avklaring av sentrale begreper	8
2.0 – Teori	10
2.1 – Bildekvalitet	10
2.1.1 Støy – kV, mAs og SD	10
Figur 1: Eksempel på hvordan måle med ROI i hjernevev	12
Figur 2: Eksempel på støy ved måling på fantom	12
Figur 3: Eksempel på måling av linjepar	13
Figur 4: Eksempel på måling av lavkontrastopløsning i fantom	14
2.1.3 – Måling på fantom	14
2.1.4 – Artefakter	15
2.1.5 – Detektor, pitch, snittykkelse, focal spot og rekonstruksjonsalgoritmer	16
2.1.6 – Retningslinjer American College of Radiology (ACR) og Europeiske retningslinjer for CT ..17	
2.2 – Stasjonær CT	17
2.3 – Portabel CT	18
2.4 – CT Caput	19
3.0 – Metode	20
3.1 – Litteraturstudie	20
3.1.1 – Fremgangsmåte og PICO skjema	20
Tabell 1: PICO skjema	21
3.1.2 – Inkluderings og eksklusjonskriterier	21
Tabell 2: Oversikt over inklusjons og eksklusjonskriterier	22
3.1.3 – Utvalgsprosessen	22
Figur 5: Figur over utvalgsprosessen	23
3.2 – Kritikk og kvalitetsvurdering av utvalgte studier	24
3.3 – Analyse	24

3.4 – Utrekningsmetode	25
4.0 – Resultat	26
4.1 – Presentering av utvalgte artikler	26
Studie 1: Rumboldt, Z <i>et al.</i> (2009)	26
Studie 2: Oliver, A.J <i>et al.</i> (2017)	27
Studie 3: Chong, A.A <i>et al.</i> (2017)	27
Studie 4: Andersson, H <i>et al.</i> (2022)	28
Studie 5: Weir, J.V <i>et al.</i> (2015)	29
4.2 – Faktorer belyst i studiene	30
Tabell 3: Oversikt over temaene i de inkluderte studiene	30
4.3 – Støy – kV, mAs og SD	30
4.4 – Kontrast – SNR og CNR	31
4.4.1 – SNR	31
4.4.2 – CNR	32
4.5 – Artefakter	33
5.0 – Diskusjon	34
5.1 – Støy – kV, mAs og SD	34
5.2 – Kontrast – SNR og CNR	35
5.2.1 – SNR	35
5.2.2 – CNR	36
5.3 – Artefakter	37
5.4 – Metodekritikk	38
6.0 – Konklusjon	40
7.0 – Litteraturliste	41
Vedlegg:	48
Vedlegg 1: Søkehistorikk	48
Vedlegg 2: Litteraturmatriser	49

Abstrakt

Problemstillingen: Sammenligning av bildekvalitet mellom portabel CT og stasjonær CT ved CT caput.

Hensikt: Hensikten med studiet er å undersøke om bildekvaliteten på portabel CT er tilfredsstillende for å stille nøyaktige diagnoser ved CT caput undersøkelser.

Metode: Oppgaven er ett kvalitativt litteraturstudie. Vi søker oss frem til relevante artikler som omhandler tema, og sammenligner resultater i form av støy, kontrast, artefakter og ekspertvurderinger for å vurdere bildekvalitet.

Resultat: Resultatene fra studiene er en sammensatt vurdering gjort ved utgangspunkt i faktorene som påvirker bildekvaliteten. Studiene ble presentert i korte sammendrag, samt at resultater som ikke er sammenlignbare ble diskutert under.

Konklusjon: Oppgaven konkluderer med at portabel CT har dårligere bildekvalitet enn stasjonær CT, men at bildekvaliteten er nøyaktig nok til å stille diagnoser.

Nøkkelord: Portabel CT, Stasjonær CT bildekvalitet, sammenligning

Antall ord: 9319

Abstract

Topic: Comparison of image quality between portable CT and stationary CT in CT caput.

Purpose: The purpose of this study is to evaluate if the image quality of portable CT is satisfactory to accurately diagnose CT caput examinations.

Method: This assignment is a qualitative literature review. We search for relevant articles addressing the topic and compare results such as noise, contrast, artifacts and expert assessment to evaluate image quality.

Results: The results from the studies are a composite assessment based on the factors influencing image quality. The studies were presented in brief summaries, and non-comparable results were discussed separately.

Conclusion: The assignment concludes that portable CT exhibits inferior image quality compared to stationary CT, but the image quality is accurate enough for diagnostic purposes.

Keywords: Portable CT, stationary CT, image quality, comparison

Word count: 9319

1.0 – Innledning

Bra bildekvalitet er svært viktig for å stille korrekt diagnose, spesielt i akutte situasjoner. Korrekt diagnose er avgjørende for å gi riktig behandling. Ved kliniske undersøkelser kan det være vanskelig å stille en sikker diagnose på apoplexia cerebri (hjerneslag), altså hjerneinfarkt eller hjerneblødning. Computed Tomography (CT) er en viktig del av behandlingsforløpet til slike pasienter, ettersom radiologer raskt kan stille en diagnose, slik at pasient får begynt behandling.

Nyere teknologi har gjort det mulig å bygge CT maskiner som tradisjonelt er store stasjonære maskiner, til å bygge mindre portable maskiner. Hensikten med portable maskiner er å redusere tiden til behandling, ved å frakte CT maskinen til pasienten og utføre raske undersøkelser, i tilfeller der rask behandling er svært viktig for pasientens prognose. For at dette skal være mulig, er det viktig at bildekvaliteten er av høy nok kvalitet til å stille en sikker diagnose. I denne oppgaven skal vi derfor undersøke om bildekvaliteten på de nye portable CT maskinene er tilstrekkelig til å stille korrekt diagnose.

1.1 – Bakgrunn for valg av tema

I nyere tid har portabel CT blitt tatt i bruk på større sykehus flere steder i verden, samt blitt bygd inn i spesialbygde ambulanser. Portabel CT i ambulanse reduserer tiden det tar før pasienten får avklart en sikker diagnose og kan begynne riktig behandling. (Audebert, 2015)

I praksissammenheng har vi observert tidsbruken bak transport av pasienter. Denne tidsbruken forsinker behandlingsforløpet til pasienter med tidskrisiske tilstander. Portabel CT i ambulanse og sykehus kan redusere tiden det tar for å starte behandling. Ideen for valg av tema kom fra en radiograf som introduserte oss til portabel CT. Etter å ha lest vitenskapelige artikler rundt tema, så vi at dette er nyere teknologi som det ikke er gjort mye forskning på. Derfor valgte vi å se nærmere på portabel CT og hvilke faktorer som innvirker i bildekvaliteten, for å vurdere om den er tilstrekkelig til å stille diagnose.

1.2 – Problemstilling

Vår problemstilling er: Sammenligning av bildekvalitet mellom portabel og stasjonær CT ved CT caput.

1.3 – Radiograffaglig relevans

Temaet for oppgaven er relevant for radiografer, ettersom portabel CT kan bli en del av arbeidshverdagen vår i nær fremtid. Ved at radiografer i dag er operatører på transportable apparater, vil det være logisk at radiografer blir operatører på portabel CT. Temaet er interessant for radiografer som jobber eller ønsker å jobbe på større sykehus, der portabel CT kan bli en del av hverdagen i fremtiden.

1.4 – Avgrensning

Det er flere faktorer som påvirker bildekvalitet. For at oppgaven ikke skal bli for omfattende har vi avgrenset og samlet de viktigste faktorene som inngår i bildekvalitet, som vi vil ha fokus på i denne oppgaven.

For å sammenligne bildekvalitet mellom stasjonær og portabel CT, er det flere faktorer som er relevant. Parametere som kiloVolt (kV), milliamperesekund (mAs), Signal to Noise Ratio (SNR), Contrast to Noise Ratio (CNR) og hyppighet av artefakter er viktige faktorer som bestemmer bildekvalitet (Goldman, 2007).

De overnevnte faktorene kan oppsummeres under begrepene støy, kontrast og artefakter. Under støy inngår kV og mAs og under kontrast inngår SNR og CNR. Støy blir målt ved måleenheten Standard Deviation (SD), og er ett resultat av innstillingene på kv og mAs. (Rumboldt, Z, 2009).

1.5 – Avklaring av sentrale begreper

kV – kiloVolt

Mål som bestemmer gjennomsnittstyrken av strålefotonene som kommer ut av røntgenrøret.

mAs – milli Ampere * sekund

Mål som bestemmer antall fotoner som blir sendt fra røntgenrøret over en viss tid.

SD - Standard Deviation

Måleenhet for støy.

Støy

Uønsket endring i pixelverdier som ikke reflekterer virkeligheten.

CNR – Contrast to Noise Ratio

Forholdet mellom mengde kontrast og mengde støy, høy CNR vil gi god kontrast og dermed bedre bilder.

SNR – Signal to Noise Ratio

Forholdet mellom mengde signal og støy. Desto høyere SNR verdi, desto bedre kvalitet vil bilder ha.

Artefakt

Artefakt er uønskede visuelle effekter i bilder som ødelegger bildeinformasjon. Artefakter kan forekomme som følge av metall som tannfyllinger, aneurisme clips og metallimplantater.

Andre artefakter som blurring kan forekomme av bevegelse under eksponeringen.

SFOV – Scan Field Of View

SFOV er området i gantry som en avbilder. SFOV kan ikke være større enn selve gantry, men en kan gjøre området mindre for å unngå å få med anatomi en ikke ønsker å få med, spesielt i pasientens lengde for å spare dose.

HU – Hounsfield Unit

Hounsfield unit er ett mål på gråtoneverdien i en pixel. Verdi på 1000 vil være hvit, verdi på 0 grå og -1000 svart. HU verdien i en pixel er bestemt av attenuasjonskoeffisienten, slik at tykt vev som bein får høy verdi, og luft får lav verdi.

DQE – Detector Quantum Efficiency

Ett mål på evnen detektor har til å gjøre om røntgenstråler til digitale bildesignaler, som deretter blir framstilt i form av pixler eller voxler.

MTF – Modulation Transfer Frequency

MTF er evnen detektor har til å beholde signalstyrke eller oppløsning. MTF er altså ett mål på hvor nøyaktig detektor beholder kontrasten i objektet som blir avbildet.

2.0 – Teori

I teorikapittelet skal vi ha med teori som er relevant for problemstillingen. Teorien vil presentere temaer som bildekvalitet, portabel CT, stasjonær CT og apoplexia cerebri.

2.1 – Bildekvalitet

Flere bildeparametere inngår i bildekvaliteten på CT. Dette kan være parametere på selve maskinen eller innstillinger på datamaskinen som bestemmer eksponeringsparametere. Detektor er ett eksempel på utstyr som påvirker bildekvalitet. Evnen detektoren har til å gjøre om røntgenstråler til digitale signaler heter Detective Quantum Efficiency (DQE) eller detektor effektivitet. De digitale signalene blir gjort om til bits, som igjen fremvises på en skjerm som pixler med en bestemt gråtone. Evnen detektor har til å digitalisere røntgenstråler er bestemt av oppbygningen til detektoren, materialet, mengde stråling og Modulation Transfer Function (MTF) (El-Feky, 2023). Noen moderne detektorer er i stand til å lage DQE på rundt 70% (Monnin, 2020), som vil si at 70% av strålingen fra røret blir gjort om til signaler. Faktorer som avstand mellom detektor element og spredt stråling er med på å redusere DQE.

MTF er evnen detektor har til å beholde signalstyrken fra attenuerte røntgenstråler, som bestemmer kontrasten. En annen måte å definere MTF på, er å dele signalstyrken fra røntgenstrålene før og etter detektor har omgjort røntgenstrålene til digitale signaler. Dersom bildet har svært dårlig kontrast vil det si at detektor har dårlig evne til å beholde signalstyrke, altså MTF (Chieng, 2023).

2.1.1 Støy – kV, mAs og SD

Eksponeringsparametere er innstillinger som varierer for enhver gitt undersøkelse. Anatomi som skal bli undersøkt, pasientstørrelse og alder bestemmer innstillingsparametere. Det kan være kV, mAs, pitch eller kollimering, altså størrelse på lysfeltet (Feger, 2021). kV er målet

som bestemmer «styrken» på strålene som sendes, altså rørstrømmen. Bare en brøkdel av strålene vil ha den kV verdien som blir satt, men gjennomsnittstyrken på strålene øker. Det vil si at høyere kV resulterer i flere stråler med høy attenuasjonsevne (Feger, 2021).

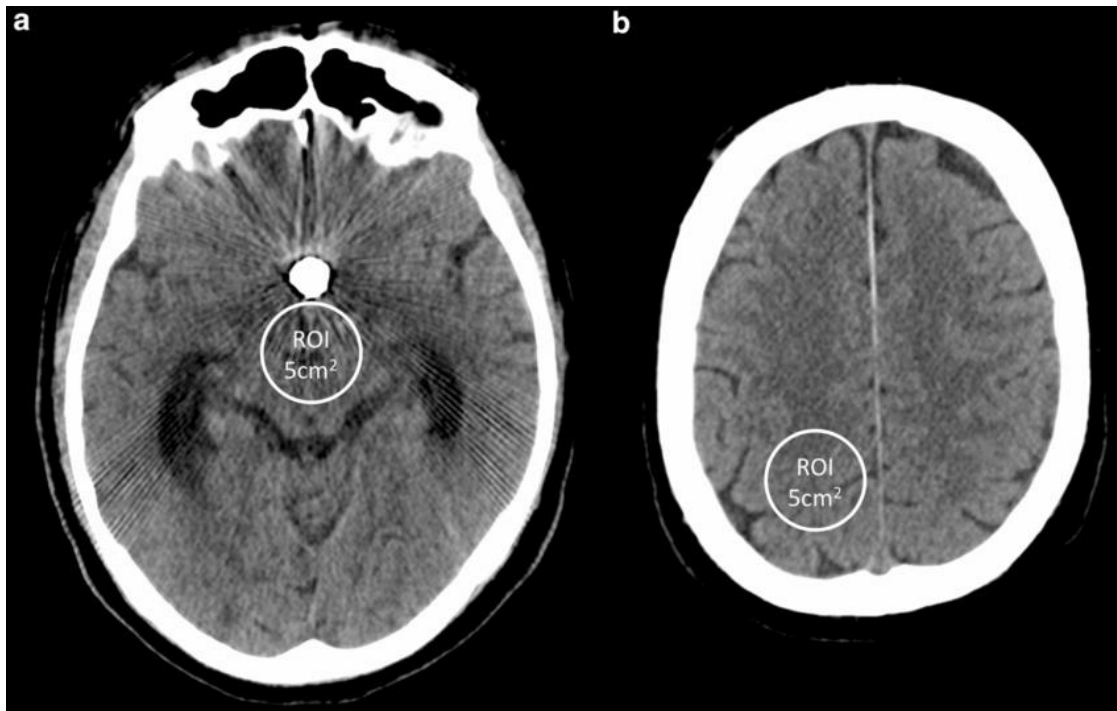
Strålepartiklene må ha en viss mengde energi for å slå ut elektroner, altså ioniserende stråling (Mellam, 2023). Derfor må en balansere eksponeringsparametere som kV og mAs for å få god bildekvalitet, men samtidig ikke gi unødig stråledose (U.S.NRC, 2021).

mAs er målet på mengde stråler som blir eksponert over en gitt tid. Både kV og mAs er dermed med på å danne stråledose og kvalitet i røntgenbilder, der mAs er målet på mengde stråler, og kV er styrken på strålene (Bell, 2021). mAs kontrolleres gjerne automatisk ved Automatic Exposure Control (AEC). Ved konvensjonell røntgen skjer dette ved bruk av kammer som måler stråledose. CT bruker derimot lavdose skan for å beregne nødvendig stråledose. Dette gjør at bildene ikke blir under eller overeksponert, slik at bildene får best mulig kvalitet (Murphy, 2023).

Hounsfield Unit (HU) er en måleenhet som beskriver gråtoneverdien i en pixel. Ett røntgenbilde er sammensatt av en bildematrise med pixler. Alle pixelene har en egen HU verdi. Ved at røntgenstråler treffer målvolum og vekselvirker, vil strålene som treffer detektorelementene få HU verdier som reflekterer målvolumet de har vekselvirket med (Murphy, 2023). Dersom HU verdien i en pixel ikke reflekterer den virkelige anatomien, regnes dette som støy.

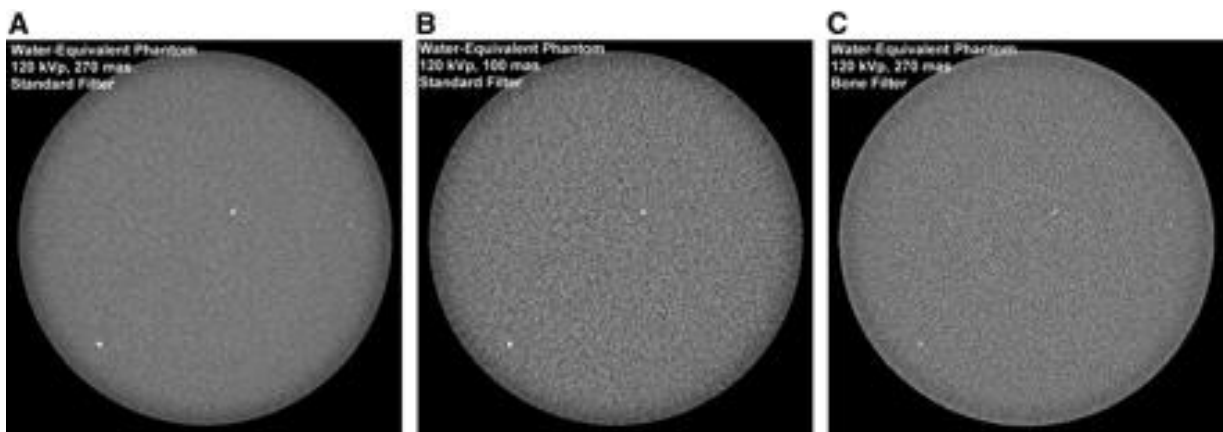
Støy er endring i pixelverdier som ikke reflekterer virkeligheten. Det kan for eksempel være overganger mellom beinvev og bløtvev, som fremstilles som en jevn overgang istedenfor en definert kant (Bell, 2023). SD er ett mål på støy og sier noe om støyfordelingen. Støy blir målt ved å bruke en Region Of Interest (ROI) sirkel i ett område med lik vev sammensetning, som for eksempel i beinvev eller bløtvev (Figur 1). Desto høyere SD verdien er, desto større er forskjellene i HU verdi. Ved å måle forskjellene kan en altså beregne mengden støy.

Figur 1: Eksempel på hvordan måle med ROI i hjernevev



Fitsiori, A et al. (2019) Her ser vi eksempler på hvordan en ROI sirkel kan bli plassert i bildet for å regne ut gjennomsnittsverdien i HU units i sirkelen. Dermed er det mulig å måle SD. Her ser vi dessuten at aneurismeklips danner metallartefakter i bilde til venstre (a).

Figur 2: Eksempel på støy ved måling på fantom



Goldman, L, W. (2007) Her ser vi ett eksempel på hvordan mAs påvirker støy, samt hvordan filter kan hjelpe med å fjerne støy. Bildet til venstre (A) ser vi mAs verdi på 270, og midterste (B) en mAs verdi på 100. Det midterste bildet (B) er tydelig mer kornete, altså støy. Bildet til høyre (C) viser hvordan støy forsterkes ved bruk av skarphetsfilter.

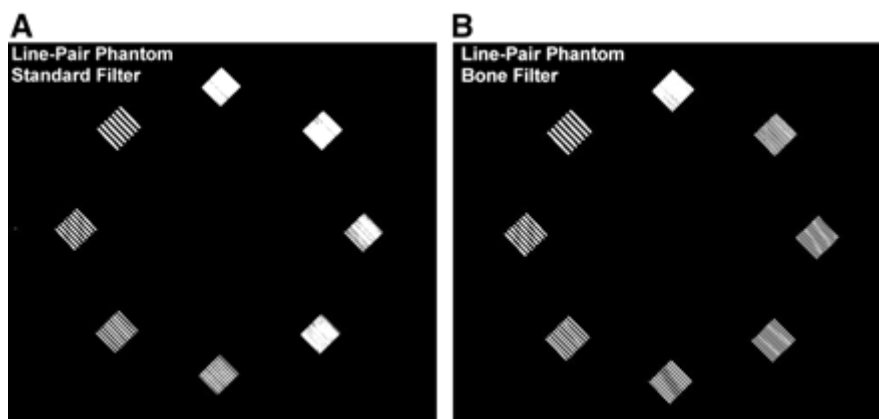
2.1.2 – Kontrast – SNR og CNR

2.1.2.1 – SNR

Høy kontrastoppløsning eller romlig oppløsning er evnen til å fremstille skarpe linjer mellom strukturer som ligger nærme hverandre, som gjerne har forskjellige tettheter. Dette er viktig for å skille tettliggende anatomiske strukturer med forskjellig tetthet (Murphy, 2020). Evnen CT maskiner har til å lage bilder med romlig oppløsning måles ved å gjennomføre en undersøkelse på ett fantom. I fantomet er det satt opp linjer som har varierende grad av avstand mellom seg, der kontrasten blir oppgitt i linjer per centimeter (lp/cm). Hver figur er 1cm, og den figuren med mest linjer som øyet klarer å skille blir gjeldende. Dersom kontrasten ikke blir bra nok, vil en ikke klare å se mellomrommet mellom linjene, eller skillet blir uklart.

Kvantestøy er en fundamental utfordring i digital bildediagnostikk. Dersom en undersøker ett fantom som bare inneholder vann, vil ikke alle CT-tallene være like. Dette forårsakes av kvantestøy, som er unngåelig. Ved økt mAs reduseres kvantestøy, da gjennomsnittsverdien av signalene jevnes ut. Summen av disse signalene bestemmer HU verdien til pixlene. Dermed vil økning av samplingen gjøre at gjennomsnittsverdien til enhver pixel blir mer nøyaktig. (Goldman, 2007).

Figur 3: Eksempel på måling av linjepar

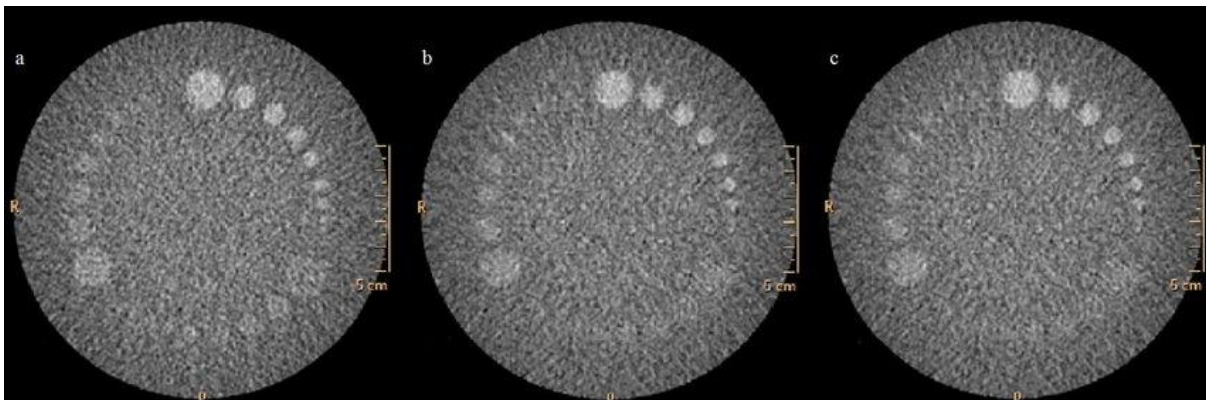


Goldman, L. W. (2007) *Figuren viser to eksempel på fantom som måler romlig oppløsning.*

2.1.2.2 – CNR

Lavkontrastoppløsning er ett mål på hvor godt vi kan skille strukturer med liten forskjell i HU-units fra hverandre. Eksempler på slike strukturer kan være organer i abdomen. Bra lavkontrastoppløsning er viktig for å skille organer, slik at de ikke «smelter» sammen. Lavkontrastoppløsning er spesielt utsatt for støy, ettersom bløtorganer er svært like i tetthet og dermed liten forskjell i HU. Dersom SD verdien overstiger HU forskjellen mellom organene, vil støy drastisk redusere kontrasten mellom bløtvevene. For å måle lavkontrastoppløsning blir det gjort en kalibreringstest på ett fantom. Fantomet har forskjellige sylindere med stigende gråtoner, som forsvinner gradvis desto mer støy det er i bildet. (Goldman, 2007)

Figur 4: Eksempel på måling av lavkontrastoppløsning i fantom



Baskan, O. et al (2015) Her ser vi ett eksempel på en fantomtest for å måle lavkontrastoppløsning. På figuren til venstre (a) er det eksponert 300mAs, på midten (b) 250 mAs og 200 mAs til høyre (c). Vi ser at de allerede mørke strukturene forsvinner desto mer støy det er i bildet.

2.1.3 – Måling på fantom

Bildekvalitet på CT blir målt ved å bruke kalibreringsfantom. Fantomet er ett objekt, ofte formet som en sylinder, som har forhåndsbestemte verdier (Baba, 2021). Fantomet's hensikt er å etterligne vev som en finner i mennesker, slik at en kan teste faktorer uten å eksponere mennesker for unødig stråling. Dette er faktorer som HU-units, samt høy og lav-

kontrastopløsning. Ved å allerede vite hvilke verdier fantomet har, kan en gjennomføre en undersøkelse og sammenligne resultatene med de forhåndsbestemte verdiene til fantomet.

Det finnes flere typer fantomer. Noen har flere typer vev de skal etterligne, og andre vannfantomer blir brukt for å kalibrere stråledose. Fantomer med flere tykkelser egner seg bedre til å se etter feilmarginer ved støy og kontrast (Zou, 2013). Hensikten med fantomer er å måle CT maskinens evne i de forskjellige bildeparameterne som inngår i bildekvaliteten.

2.1.4 – Artefakter

Artefakter er endring i pixelverdier som ikke reflekterer anatomien i virkeligheten. Vanlige artefakter som oppstår på CT er beam hardening, bevegelsesartefakt og strekartefakt. Beam hardening artefakt oppstår når strålepartikler vekselvirker i vev med høy tetthet og absorberer de strålene med lav energi, slik at bare stråler med høy energi kommer frem til detektor. En reduksjon i strålemengden bak beinevet vil resultere i beam hardening artefakt (Goldman, 2007). Metallartefakt er artefakter som oppstår i form av lyse streker på bilder. Artefakter fra metall kommer av stråler som vekselvirker med metall. Noen av disse strålene vil bli til spredt stråling, som treffer andre detektorelement. Resultatet av spredt stråling er at flere pixler får feil pixelverdi (Fleischmann, 2012).

Ett annet vanlig artefakt er bevegelsesartefakt. Bevegelsesartefakt oppstår både når pasienten beveger på seg, men også ved bevegelse i organer som hjerte eller tarmperistaltikk (Murphy, 2023). Lengre undersøkelser er mer utsatt for bevegelsesartefakter. Dette ser vi for eksempel ved stasjonær CT og portabel CT, der stasjonær CT bruker mindre tid på å gjennomføre undersøkelsen. En av faktorene som bestemmer dette er pitch. På stasjonær CT beveges pasienten gjennom gantry ved at bordet beveger seg, der portabel CT beveger selve maskinen. Dette fører til økt hyppighet av artefakter på portabel CT.

Noen artefakter kommer av feil på selve maskinen. Ett slikt artefakt er ring artefakt som forårsakes av feil i detektorelement eller utilstrekkelig mengde dose (Murphy, 2023). Ring artefaktene oppstår som ringer i bildet, som kan ødelegge den diagnostiske verdien til bildene.

2.1.5 – Detektor, pitch, snittykkelse, focal spot og rekonstruksjonsalgoritmer

Pitch er ett mål som bestemmer hastigheten på bordbevegelsen. Pitch er avstanden bordet bevegges på en gantry rotasjon, delt på bredden av snittykkelsen. En pitch på 1 vil si at «strålekantene» ligger helt inntil hverandre, og ingen informasjon går tapt til bildedannelsen. Dersom pitch er under 1 vil strålefeltene overlappe og en vil få økt bildekvalitet ved at støy blir redusert, men lengre skantid og økt dose. Pitch på over 1 vil føre til «hull» i Scan Field Of View (SFOV), som avanserte algoritmer dekker ved hjelp av matematiske rekonstruksjoner (Murphy, 2023). Rekonstruksjonen blir likevel ikke perfekt og vil resultere i noe økt, støy men også redusert skantid og stråledose. Pitch er derfor en viktig faktor i bildekvalitet.

Snittykkelse er ett viktig eksponeringsparameter å vurdere når en skal undersøke anatomi. Tykke snitt gir klare bilder, men verdifull informasjon kan gå tapt. Tynne snitt beholder all informasjonen, men på bekostning av økt mengde støy (Ford, 2015). Det er altså viktig å holde en balanse på snittykkelse, både for å beholde informasjon og ikke ødelegge informasjonen med støy.

Focal spot er området på anoden som elektroner fra katoden treffer. Størrelsen på focal spot er viktig for bildekvalitet. Focal spot er med andre ord størrelsen på strålekilden, der mindre focal spot gir skarpere bilder. Ved at strålekilden blir mindre blir altså romlig oppløsning bedre, som følge av mindre spredt stråling (Jones, 2021).

Stasjonære CT maskiner benytter seg i dag av multi-slice CT (MSCT), som vil si at detektorer er delt opp i «slices». Flere detektorrader gjør det mulig å skanne større områder samtidig, ved at detektorradene øker området som blir skannet i pasientens lengderetning. En CT-maskin

med 8-slice har åtte rader med detektorer som fanger opp data for hver rotasjon i gantry, der en maskin med 128-slice fanger opp 128 rader med data. Flere detektorrader gjør det mulig å få mindre snittykkelse, men samtidig beholde en kort skantid (Neurologica, 2022).

Iterative rekonstruksjonsalgoritmer blir brukt på moderne CT maskiner. Hensikten med iterativ rekonstruksjon er å forbedre bildekvaliteten ved å redusere støy uten å øke dose. Innovasjon innenfor datateknologi har gjort at rekonstruksjoner er mulige, da algoritmene krever store mengder datakraft. Iterative rekonstruksjonsalgoritmer virker ved å bruke rådata og rekonstruere flere ganger, til en får ønsket mengde variasjon i dataen. Altså kan en justere hvor mye en ønsker å rekonstruere, ved å for eksempel sette en ønsket SD verdi (Murhpy, 2023).

2.1.6 – Retningslinjer American College of Radiology (ACR) og Europeiske retningslinjer for CT

For å kvalitetssikre CT maskiner, blir de testet utfra flere kriterier mot retningslinjene til American College of Radiology (ACR). For å teste CT maskiner, blir fantomer brukt til å teste CT maskinens bildekvalitet. Ved at testene er standardiserte med faste parametere, kan en sammenligne resultatene mellom forskjellige maskiner. Hensikten med testene er å sikre at CT maskinen lager tilfredsstillende bildekvalitet og gir riktig mengde dose (Albus, 2022).

I likhet med de amerikanske retningslinjene, er det også europeiske retningslinjer for kvalitetskontroll av CT. Hensikten ved retningslinjene er å sette en standard, slik at alle maskiner samt protokoller produserer bilder av høy kvalitet og riktig mengde dose (European guidelines, 2000).

2.2 – Stasjonær CT

Stasjonær CT følger de samme prinsippene som konvensjonell røntgen. Altså ved bruk av røntgenstråling. Maskinen sender strøm gjennom røntgenrøret, som danner stor

spenningsforskjell mellom den positive ladede anoden og den negative ladede katoden. Elektronene fra katoden vekselvirker i anoden, som frigjør energi i form av fotoner. Strålene sendes ut gjennom røret og vekselvirker med målvolumet, altså pasientens kropp. På motsatt side av røntgenrøret er detektor montert. Den fanger opp røntgenstrålene og gjør de om til elektriske digitale signaler. Dermed kan signalene få en tallverdi som kan vises på en dataskjerm i form av gråtoner. Som følge av forskjeller ved attenuasjon i vev, vil en få forskjell i gråtoner og dermed danne en avbildning av pasienten (Foster, 2022).

2.3 – Portabel CT

Portabel CT er mindre CT maskiner som er laget for å være flyttbare. Portable CT maskiner egner seg til å avbilde hode og hals. Dette fordi gantry, altså åpningen i maskinen som pasienten kjøres inn i, er svært liten. Eksempel på en portabel CT maskin som er egnet for hodeundersøkelser er Ceretom. Det er flere grunner for dette, som for eksempel strømtilgjengelighet og størrelse. For å gjøre det mulig å lage en portabel CT som kan transporteres på hjul, må størrelsen bli redusert. Ved at gantry er mindre vil en også få lavere energikrav, da en vil trenge mindre stråling ettersom avstanden fra røret til detektor er lavere. Som vi vet ifølge den inverse kvadratloven, når en dobler avstand minsker man stråledosen med $\frac{1}{4}$. Dermed vil en få mer ut av strålingen som sendes ved lavere avstand. Evnen til å ha liten snittykkelse blir redusert for å spare plass, da detektorradene som en finner på stasjonær maskin tar større plass. Hjerneblødningene er heldigvis ofte stor nok til at man ser de tydelig uten å ha svært tynne snitt (Medical-professions, 2022).

Portable CT maskiner med større gantry åpninger er også tilgjengelig. Slike maskiner er laget for å veilede under kirurgiske inngrep. Eksempel på en slik maskin er den portable AIRO CT maskinen.

I nyere tid har Mobile Stroke Unit (MSU) blitt lansert. MSU er ambulanse med integrert CT, som også har vært testet i Norge (Hov, 2017). Hensikten med MSU er å redusere tid til behandling for slagpasienter. CT maskinen i ambulansene er begrenset til hode og hals undersøkelser. Ved at de nødvendige undersøkelsene blir gjort i ambulansen og radiolog får tilsendt bildene, vil en kunne gi behandling raskere, ettersom en sparer den tiden det tar å frakte pasienten til sykehuset (Seby, 2015). Dermed vil pasienten være under behandling

allerede når de kommer frem på sykehuset. Dette er viktig for prognosen til pasienten, da skaden på hjernevev øker med tid før behandling (Mason, 2017).

For å overvåke slagpasienter og pasienter med hodetraume, blir portabel CT brukt for å ta kontrollbilder med jevne mellomrom. Portabel CT er ett viktig hjelpemiddel til behandling av slike pasienter, da diagnosen de har kan være kritisk og kompliserer forflytning til CT på bildediagnostisk avdeling. Forskning viser at forflytning gir en økt risiko for akutt sykdom ved forflytning av pasienter i kritisk tilstand (Seby, 2015).

Ett begrep innenfor litteraturen for behandling av slagpasienter er “The golden hour”. For å minimere vevsskaden, burde behandling av pasienten begynne iløpet av en time etter ambulanser kommer frem til pasienten (Andersson, 2016). Ved at CT maskinen blir fraktet til pasienten, kan en raskt utelukke blødning og starte trombolyse behandling. MSU gjør altså slik at pasienter får behandling tidligere, som øker sannsynligheten for en god prognose.

2.4 – CT Caput

CT caput er en viktig undersøkelse for å avklare skadeomfanget ved traume, eller for å påvise apoplexia cerebri; hjerneinfarkt eller blødning. CT caput er en rask undersøkelse som blir brukt for å bestemme behandlingsforløpet til pasienter. Rask diagnose og startet behandling er avgjørende for prognosen ved hoderelaterte fysiologiske skader som traume, slag eller blødning.

3.0 – Metode

Metodekapittelet i denne oppgaven tar for seg fremgangsmåten som ble brukt for å innhente, analysere og sammenligne kunnskap fra de forskjellige forskningsartiklene. I kapittelet beskriver vi søkeprosessen, analyseringen og sammenligningen av artiklene, for at resultatene skal være etterprøvbare.

Det er flere metoder som kunne egnet seg til å besvare problemstillingen til denne oppgaven. Vi har valgt litteraturstudie, da dette er metoden som vi mener er best for å besvare problemstillingen. Metoder som observasjon, intervju eller spørreundersøkelser ble valgt bort, da de ikke svarer like godt på problemstillingen som litteraturstudie. Spørreskjema og intervju egnet seg ikke til å besvare oppgaven, og observasjon ville blitt svært omfattende, da det ville vært for tidskrevende.

3.1 – Litteraturstudie

Litteraturstudie er ett studie som ser på tidligere forskning, systematiserer og sammenligner kunnskap. Litteraturstudie er en kvalitativ metode som kategoriserer informasjon som vi henter fra tidligere forskning. Metoden danner altså ikke nye forskningsresultater men ser på tidligere forskning, og danner ny kunnskap, som kan bli brukt til ny forskning (Malterud, 2002).

3.1.1 – Fremgangsmåte og PICO skjema

I begynnelsen av arbeidet til denne oppgaven gjorde vi et generelt litteratursøk i Google Scholar rundt temaet vi valgte. Dette gjorde at vi fikk et godt innblikk i hvor mye informasjon som lå ute rundt temaet. Ved å lese aktuelle artikler, fant vi noen nøkkelord og rettet søkene våre ut ifra disse. Etter dette lagde vi et PICO-skjema med søkeordene våre. Ifølge Helsebiblioteket (2021), så kan PICO-skjema bidra til å gi struktur og tydeliggjøre problemstillingen. Det gir muligheten til å strukturere de søkeordene vi har valgt etter hva studiet handler om (**Problem P**), hvilke tiltak som gjøres (**Intervention, I**), hva vi sammenligner (**Comparison, C**) og utfallet (**Outcome, O**).

Tabell 1: PICO skjema

Problem (P)	Intervention (I)	Comparison (C)	Outcome (O)
CT Caput Brain imaging Stroke	Portable CT Mobile CT Conventional CT Fixed CT Radiologist- Evaluation	Image Quality	Diagnostic image

Tabell 1: Tabellen inneholder søkeordene som ble brukt i de strukturerte søkene.

Ved hjelp fra bibliotekar fulgte vi PICO formatet, slik at søkene ble målrettet og strukturert. Søkeord som «CT Caput», «image quality» og «Radiologist evaluation» ble brukt. Grunnlaget for valg av søkeordene må være noe som tilspisser søkene mot temaet. Vi ønsker å dekke alle pasienter som blir avbildet på portabel CT, da det er bildekvaliteten som fokuseres på og ikke diagnosen.

Ved å bruke søkeordene i PICO-skjemaet, gjorde vi strukturerte søk. Vi søkte i databaser NTNU anbefaler, som Pubmed, Oria og Medline. Vi gjorde også søk i Google Scholar og Sciencedirect. Dette er databaser som spesialiserer seg på helsefaglig innhold og er bygd opp av vitenskapelige artikler. Tre av artiklene ble hentet fra Pubmed, en fra Oria og en fra ustrukturert søk. Mange av de samme artiklene kom opp i flere databaser som duplikater, der artiklene fra Pubmed også var i andre databaser.

3.1.2 – Inkluderings og eksklusjonskriterier

Inklusjon og eksklusjonskriterier er en viktig del av søkeprosessen for å avgrense søket og for å finne relevante artikler. Ved å bruke gode og fornuftige kriterier blir utvalget av artikler mer relevant og rettet mot tema.

Tabell 2: Oversikt over inklusjons og eksklusjonskriterier

Inklusjonskriterier	Eksklusjonskriterier
Artikkelen utgitt mellom 2008 og 2023	Artikkelen utgitt før 2008
Hele artikkelen tilgjengelig som full tekst	Artikkelen ikke tilgjengelig i full tekst
Artikkelen er fagfellevurdert	Artikkelen er ikke fagfellevurdert
Artikkelen er skrevet på Engelsk eller norsk	Artikkel er på andre språk enn engelsk og norsk
Artikkelen inneholder portabel CT og bildekvalitet eller parametere som bidrar til bildekvalitet	Artikkelen omhandler portabel CT som er spesifikk mot andre undersøkelser enn CT caput

Tabell 3: Tabell over inklusjon og eksklusjonskriterier.

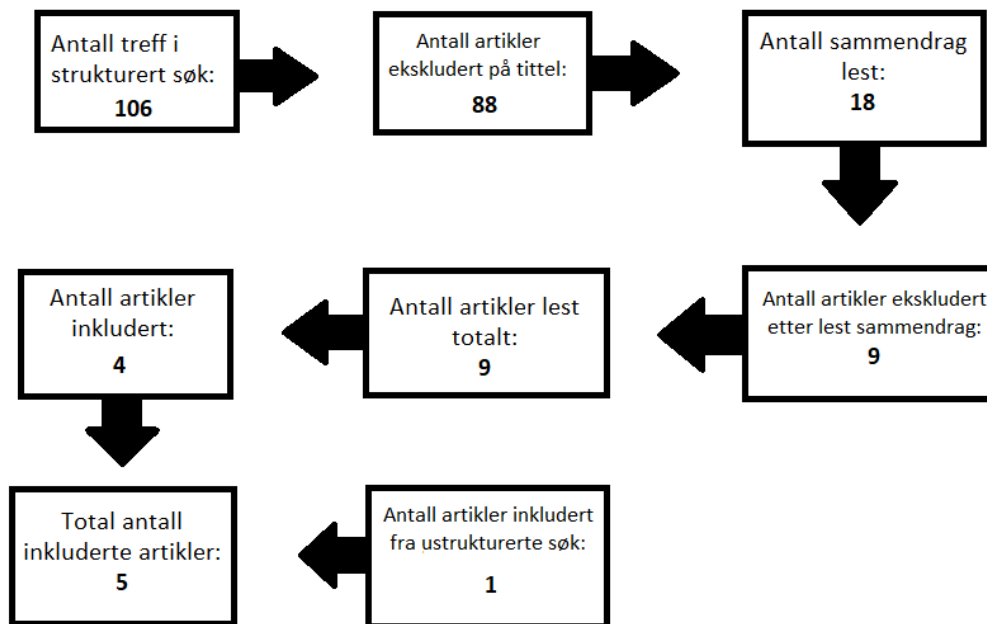
Artikler som ble utgitt før 2008 ble ikke inkludert. Portabel CT er en nyere teknologi som er under stadig utvikling. Dette medfører at resultater fra eldre maskiner vil ikke være sammenlignbare med moderne maskiner. For at artiklene skal være troverdige, ble bare fagfellevurderte artikler inkludert. Dette er artikler som er troverdige både i resultat og etikk. En fagfellevurdert artikkel er en artikkel som har blitt vurdert av to til tre anonyme upartiske eksperter innenfor fagfeltet artikkelen går under, som har blitt godkjent (Utdanningsforskning, 2016). Artikler på andre språk ble ikke inkludert, altså ble bare artikler skrevet på Engelsk eller Norsk inkludert. Alle artiklene som ble valgt var skrevet på Engelsk. Bare artikler tilgjengelig i full tekst samt inneholdt en eller flere av bildeparameterne oppgaven setter søkelys på ble inkludert.

3.1.3 – Utvalgsprosessen

Søkeordene som ble brukt ble satt inn i ett søkeskjema (Vedlegg 1), hvor vi satt inn database, dato, avgrensning, antall treff og tittel på benyttede artikler. Dette førte til en ryddig oversikt over aktuelle artikler og hvor vi fant de. For å filtrere søkeresultatene leste vi først overskrifter, og deretter abstrakt på de relevante overskriftene. Videre filtrerte vi utfra inklusjon og eksklusjonskriteriene. Artikler som ble filtrert ut var artikler som ikke oppfylte

kriteriene eller som ikke handlet om vårt tema. Deretter leste vi gjennom hele artiklene og valgte ut de som var relevant for oss.

Figur 5: Figur over utvalgsprosessen



Figur 5: Denne tabellen viser utvalgsprosessen for inkludering og ekskludering av studier.

De strukturerte søkene fikk totalt 106 treff. Etter ekskludering basert på tittel var 18 aktuelle artikler igjen. Ved å lese gjennom sammendragene på de 18 artiklene, ble ni ekskludert bort. Videre leste vi gjennom artiklene og valgte ut fire som passet inn i oppgaven. En artikkel ble inkludert fra ustrukturerte søk, slik at totalt fem artikler var igjen etter søket. Artikkelen vi fant ved ustrukturerte søk fant vi ved bruk av Google Scholar.

3.2 – Kritikk og kvalitetsvurdering av utvalgte studier

Det er viktig å vurdere kvalitet av utført forskning og innhold i vitenskapelige artikler. For å kvalitetsvurdere artiklene, har vi brukt helsebibliotekets sjekkliste for kvalitative studier, der sjekklisten tar for seg formålet, metoden, resultatene og hvorvidt de er relevant for vår oppgave. Slike spørsmål i sjekklisten kan for eksempel være; «Er formålet med studien klart formulert?» eller «hvor nyttige er funnene fra denne studien?» (Helsebiblioteket, 2020). Etter kritisk gjennomgang av spørsmålene fra sjekklisten mener vi at artiklene vi har valgt ut er relevante for oss.

Etiske hensyn i denne oppgaven omhandler hovedsakelig valg av artikler til oppgaven, da det ikke er pasienter vi må ta hensyn til. Det er ikke mulig å være sikker på at vi har funnet alt av relevant forskning, eller at artiklene som ble valgt ut reflekterer virkeligheten. Database, nøkkelord og kriteriene som ble brukt kan resultere i at bare noen av artiklene som er skrevet kommer opp i våre søk. Vi kan for eksempel ikke vite hvilke artikler som er skrevet på andre språk enn Engelsk og Norsk.

3.3 – Analyse

Ifølge Dalland (2017, s.221), er analyse granskning av innhentet data, for så å systematisere og forstå dataen. Det vil si at innsamlet data sorteres og settes sammen for å belyse problemstillingen og fremhever likheter og ulikheter. Den overordnede planen vår for analyse var å; Finne studier, identifisere hovedfunn som er relevante, identifisere fellesnevner og trekke linjer mellom studiene til å finne svar på problemstillingen. Evans analysemetode ble brukt for å analysere data i disse fire trinnene (Evans, 2022).

Det første trinnet i analysen er å finne studier (Evans, 2022). Som tidligere nevnt i metodekapittelet, ble disse funnet ved å lage PICO-skjema, lese overskrifter, filtrere ut ved hjelp av eksklusjonskriterier og inklusjonskriterier, samt lese gjennom de resterende artiklene.

Trinn to i analysen er å identifisere de mest relevante resultatene i de inkluderte artiklene, som passer vår problemstilling (Evans, 2022). For å gjøre dette skrev vi sammendrag av hver artikkel. I sammendragene står studienes hensikt, resultat, metode og relevans til vår problemstilling (Vedlegg 2).

Det tredje trinnet er å identifisere likheter og ulikheter mellom de forskjellige studiene. Sammendragene gjør det oversiktlig og enkelt å sammenligne forskjeller og likheter mellom studiene. Som vi ser i sammendragene, er det flere faktorer artiklene har til felles som støy, kontrast og artefakter. Det er disse hovedtemaene vi har valgt ut.

Trinn fire er siste del i analysen. I denne delen blir funnene sammenlignet med hverandre og presentert som tall med tilhørende tekst. Deretter blir likheter og ulikheter i de utvalgte artiklene beskrevet (Evans, 2022)

3.4 – Utrekningsmetode

I studiene til Rumboldt *et al.* (2009), Chong *et al.* (2017) og Andersson *et al.* (2022) ble faktorene støy, CNR og artefakter vurdert. Dette ble gjort ved at radiologer vurderte bildene utfra en poengskala. Studiene hadde forskjellige poengskalaer, og ved å gjøre vurderingene om til prosent, ble resultatene sammenlignbare. For å gjøre dette tok vi vurderingene, og delte det på høyeste mulige vurdering, for så å multiplisere dette med 100 for å få det i prosent.

Formelen for utregning:
$$\frac{\text{Vurdering}}{\text{Høyeste mulig vurdering}} \times 100$$

4.0 – Resultat

I resultatkapittelet presenteres de utvalgte artiklene i sammendrag. Deretter presenteres hovedfaktorene som er belyst i studiene, samt resultatene fra artiklene. Oversiktlige tabeller for de utvalgte artiklene er under vedlegg 2, som beskriver kort studienes innhold og oppbygning.

4.1 – Presentering av utvalgte artikler

Studie 1: Rumboldt, Z *et al.* (2009)

Review of portable CT with assessment of a dedicated head CT scanner.

Studiet ser på fordeler og ulemper på bildekvalitet ved forskjellige typer CT maskiner, som multislice CT (MSCT) og conebeam CT (CBCT) maskiner. CBCT egner seg ikke til å undersøke bløtvev. Derfor ble ikke resultatene fra CBCT inkludert senere i oppgaven. Faktorene som ble vurdert var bildekvalitet, stråledose og kostnad. I artikkelen går de i detalj på flere stasjonære CT maskiner fra forskjellige produsenter, og en portabel CT maskin. Disse stasjonære maskinene sammenlignes med den portable CT maskinen, der de ser på størrelse, bildekvalitet og bruksområde.

Bildekvalitet ble testet ved å skanne ett fantom som har forhåndsbestemt HU verdi. De målte støy, kontrast og artefakter, ved å sammenligne resultatene med de forhåndsbestemte HU verdiene. Måleverdiene sammenlignes deretter med retningslinjene til ACR for bildekvalitet, i form av kontrast og støy.

I artikkelen ser de også på klinisk prestasjonsnivå. De har brukt ett system der bilder blir vurdert ut fra bildekvalitet og får en poengsum fra 1-3. To observatører vurderer, og danner en poengsum sammenlagt. I vurderingen var 1 dårligst og 3 best. Vurderingen 1-3 ble gitt på tre forskjellige punkter i CT caput bildene. Punktene som ble målt var pedunculi cerebellares medii, ganglia basalia og i centrum semiovale. Pasientene i studiet ble undersøkt på både stasjonær CT og portabel CT på under 48 timer. Resultatene viste at stasjonær CT hadde

bedre bildekvalitet basert på støy, kontrast og hyppighet av artefakter, men at bildekvaliteten fra portabel CT var likevel av bildediagnostisk kvalitet.

Studie 2: Oliver, A.J et al. (2017)

The mobius AIRO mobile CT for image-guided proton therapy: Characterization & commissioning.

I denne artikkelen ser de på bildekvalitet på en portabel CT *AIRO*, og sammenligner den med bildekvaliteten fra flere stasjonære CT maskiner. Hensikten med studiet er å se om bildekvaliteten til *AIRO* maskinen er tilfredsstillende nok til å bruke innenfor proton terapi, altså en type stråleterapi. Dette er relevant fordi stråleterapi benytter CT for å sikre at pasienten er posisjonert riktig før hver behandling. For å måle bildekvaliteten, ble fantomer avbildet på *AIRO* og flere andre maskiner. Faktorene de har valgt å sammenligne er MTF, romlig oppløsning, CNR, kontrast og SD.

Resultatene viste at *AIRO* hadde dårligere romlig oppløsning, lavere MTF og generelt dårligere bildekvalitet enn de andre stasjonære maskinene. De stasjonære maskinene hadde også bedre CNR i forhold til *AIRO*. *AIRO* maskinen var den som ga høyest dose i forhold til de stasjonære maskinene. Forskjellene i bildekvalitet var minimale, og *AIRO* maskinen ble vurdert som nøyaktig og pålitelig til klinisk bruk.

Studie 3: Chong, A.A et al. (2017)

Limited evaluation of image quality produced by a portable head CT scanner (Ceretom) in a Neurosurgery Centre.

I dette studiet sammenlignes bildekvalitet mellom portabel CT og stasjonær CT. Dette ble gjort ved å få to nevrologer og en radiolog til å evaluere kvaliteten på bildene fra 1-3, der tre er bra, to er ok og en er dårlig. Vurderingen 1-3 tre ble gitt på tre forskjellige punkter i bildene. Punktene som ble målt var centrum semiovale, ganglia basalia og pedunculi cerebellares medii. Dermed kunne bildene få alt fra 3-9 poeng totalt. Disse vurderingene ble gitt ved tre forskjellige faktorer: Forekomsten av strek artefakter, forskjellen mellom grå og

hvit hjernesubstans og visualiseringen av lesjoner. Pasienter som ble inkludert i studiet ble undersøkt på både stasjonær CT og portabel CT i løpet av 48 timer. Poengsummen legene ga bildene sammenlagt, Danner ett bilde på forskjeller i bildekvalitet mellom maskinene. For å vurdere bildekvalitet ble det sett på støy, hyppighet av artefakter og kontrast. Ved å sette ROI på luft, vann og beinvev kan en måle mengde støy. Støymengden ble målt i SD. Deretter ble verdiene satt opp mot ACR sine anbefalte verdier. Resultatene viste at portabel CT har mer støy i bildene og høyere hyppighet av artefakter. Artefakter som bevegelsesartefakter og strekartefakter kommer gjerne av at pasienten beveger på seg, eller at billedata får utilstrekkelig mengde dose.

Totalt ble 224 CT caput bilder av 112 pasienter vurdert, der halvparten av bildene ble tatt på hver maskin. Konklusjonen var at stasjonær CT gir bedre bildekvalitet, ved at stasjonær hadde bedre kontrast, mindre støy og mindre artefakter. Bildekvaliteten fra portabel CT var likevel diagnostisk tilfredsstillende nok til å stille en diagnose, og følger ACR sine retningslinjer.

Studie 4: Andersson, H *et al.* (2022)

Comparison of image quality between a novel mobile CT scanner and current generation stationary scanners.

I dette studiet ser de på bildekvalitet mellom stasjonær CT og portabel CT. Den portable CT maskinen som ble brukt var Somatom on.site. Flere forskjellige stasjonære CT maskiner ble brukt for å gjøre undersøkelser, Maskinene brukte like innstillinger for å oppfylle krav og retningslinjer fra Europeiske retningslinjer for bildekvalitet.

Støy ble vurdert utfra ROI markører som ble plassert i bildene i forskjellige materialer, for å måle gjennomsnittsverdi på støy. De forskjellige materialene som ble målt var cerebrospinal væske, luft, grå hjernematerie og hvit hjernematerie. Til sammen ble målingene regnet ut til et gjennomsnittlig standardavvik av ROI markørene.

For å måle kontrast, ble både ekspertvurdering og målinger brukt. Ekspertvurdering ble gjort ved at fire radiologer vurderte kontrastoppløsningen mellom hvit og grå hjernematerie. De anatomiske strukturene som ble vurdert var ganglia basalia, centrum semiovale og i cerebellum. En poengskala fra 1-4 ble brukt, der gjennomsnittvurderingen ble regnet ut og presentert.

De samme ROI markørene ble brukt for å gjøre målinger, der CNR ble regnet ut på bildene tatt på portabel CT og stasjonær CT. Totalt 50 pasienter ble inkludert i studiet. Pasientene ble avbildet både på stasjonær CT og portabel CT. Resultatene viste liten forskjell i stråledose mellom portabel CT og stasjonær CT. Resultatene viste derimot at den portable CT maskinen produserte merkbart mer støy i bildene, samt redusert kontrast mellom grå og hvit hjernematerie. Selv ved redusert bildekvalitet på portabel CT i forhold til den stasjonære CT maskinen, konkluderte artikkelen med at bildekvaliteten fra den portable CT maskinen var tilfredsstillende.

Studie 5: Weir, J.V et al. (2015)

Dosimetric characterization and image quality evaluation of the AIRO mobile CT scanner.

I dette studiet blir bildekvaliteten på AIRO portabel CT og stasjonær CT sammenlignet. For å sammenligne maskinene, ble det brukt ett CATPHAN fantom. Begge maskinene brukte like innstillinger, som pitch, snittykkelse og kollimering for å kompensere for størrelsen på gantry. Ved å bruke det samme fantomet, har de målt lav og høy kontrastoppløsning. Undersøkelsen viser at romlig oppløsning oppgitt i lp/cm, er merkverdig bedre på stasjonær CT enn portabel CT. Lav kontrastoppløsning var høyere på den portable CT maskinen, men evnen til å skille strukturene var likevel bedre på den stasjonære CT maskinen. Årsaken til dette var at det oppstod artefakter på strukturene i bildet fra den portable CT maskinen.

Konklusjonen i studiet sier at den portable AIRO CT maskinen kan bli brukt til operasjoner og traumer. AIRO har en fordel over stasjonære CT maskiner ved at den er portabel, men likevel er det noen utfordringer. Hyppigheten av artefakter som ring artefakter og strekartefakter var høy, da AIRO ikke har rekonstruksjonsalgoritmer som fjerner artefakter. Bildekvaliteten fra AIRO ble vurdert som akseptabel, selv om bildekvaliteten var dårligere enn på den stasjonære motparten.

4.2 – Faktorer belyst i studiene

Faktorene vi sammenligner i de utvalgte studiene er de faktorene vi mener er mest relevante for bildekvalitet, og det er disse de utvalgte artiklene tar for seg.

Faktorene som ble brukt er støy oppgitt i kV, mAs og SD; kontrast i SNR og CNR; og artefakter. SNR er mål romlig oppløsning, der studiene måler dette ved lp/cm på fantomer. CNR blir målt ved bruk av ROI markør. Artefakter blir målt ved å måle grad av hyppigheten.

Studiene til Rumboldt *et al.* (2009), Chong *et al.* (2017) og Andersson *et al.* (2022), har brukt poengskala til å fremstille resultatene sine på de forskjellige faktorene fra uavhengige radiologvurderinger. Rumboldt *et al.* (2009) sin studie hadde en poengskala fra 1-3 Chong *et al.* (2017) hadde en skala fra 3-9 og Andersson *et al.* (2022) hadde en skala på 1-4 poeng.

Tabell 3: Oversikt over temaene i de inkluderte studiene

<u>Studier:</u>	<u>Støy</u>	<u>Kontrast - SNR</u>	<u>Kontrast - CNR</u>	<u>Artefakter</u>
Rumboldt <i>et al.</i> (2009)				
Oliver <i>et al.</i> (2017)				
Chong <i>et al.</i> (2017)				
Andersson <i>et al.</i> (2022)				
Weir <i>et al.</i> (2015)				

Tabellen viser hvilke studier som inneholder resultater om de ulike faktorene. De blå rutene er de som inneholder resultater om aktuell faktor.

4.3 – Støy – kV, mAs og SD

For å måle støy har Rumboldt *et al.* (2009) brukt radiologvurderinger hvor radiologene har gitt en vurdering fra 1-3, der 1 er mye støy, og 3 er lite støy. Ut ifra disse vurderingene ble det funnet en gjennomsnittvurdering for stasjonær CT og portabel CT. For stasjonær CT ble gjennomsnittvurderingen 2,95 som utgjorde 98,33% av høyeste mulige vurdering, og for portabel ble gjennomsnittvurderingen 2,38 som ble 79,33% av høyeste mulige vurdering.

I studiet til Oliver *et al.* (2017) presenterte de HU for forskjellige materiale som f.eks. luft og teflon. For å kvantifisere forskjellene mellom maskinene, beregnet vi den gjennomsnittlige forskjellen i HU verdi mellom den portable AIRO maskinen og den stasjonære CT maskinen. Med denne tilnærmingen ble det mulig å visualisere forskjellene. Gjennomsnittsavviket på de stasjonære var 21.39, og 16.83 på AIRO-maskinen. I studiet til Oliver *et al.* (2017) viste resultatene altså at det var mindre støy på bildene fra AIRO maskinen enn de stasjonære CT maskinene.

Studiet til Andersson *et al.* (2022) presenterer støy som et gjennomsnittlig SD. Resultatet fra studiet var 1,9 SD ved stasjonær CT, og 3,7 SD ved portabel CT. Studiet viste altså at stasjonær CT hadde mindre støy i bildene enn det portabel CT hadde.

For å vurdere støy, ser studiene på faktorer som HU, kV, mAs, pitch, snittykkelse og rekonstruksjonsalgoritmer for å gi en samlet vurdering.

4.4 – Kontrast – SNR og CNR

4.4.1 – SNR

Studien til Rumboldt *et al.* (2009) nevner at Ceretom maskinen var i stand til å fremstille 7 lp/cm etter bildene var rekonstruert, men de har ingen tall fra de stasjonære maskinene.

Studiet til Oliver *et al.* (2009) resulterte i 3,73 lp/cm for stasjonær CT og 2,10 lp/cm for portabel CT.

I studiet til Weir *et al.* (2015) ble det målt 7 lp/cm ved stasjonær CT og 4 lp/cm ved portabel CT.

Altså viste både Oliver *et al.* (2009) og Weir *et al.* (2015) at stasjonær CT hadde bedre romlig oppløsning.

4.4.2 – CNR

Rumboldt *et al.* (2009) har ut ifra radiologvurderinger fra 1-3, kommet frem til at gjennomsnittvurderingen for stasjonær CT ble 2,90 som tilsvarer 96,6% av høyeste mulige vurdering. For portabel CT ble vurderingen 2,75 som tilsvarer 91,6% av høyeste mulige vurdering.

I studiet til Oliver *et al.* (2017) måler de lav og høy CNR, men de har ingen tall vi kunne sammenligne. Derfor har vi valgt å ikke inkludere de resultatene de hadde på CNR.

Studiet til Chong *et al.* (2017) fremstilte CNR ved radiologvurdering fra 3-9.

Gjennomsnittvurderingen for stasjonær CT ble 8,30 som er 92,2% av høyeste mulige vurdering. Gjennomsnittvurderingen for portabel CT ble 6,98 som tilsvarer 77,5% av best mulig vurdering.

I studiet til Andersson *et al.* (2022) ga radiologene vurdering fra 1-4 hvor gjennomsnittvurderingen på stasjonær CT ble 2,30 som tilsvarer 57,5% av høyeste mulige vurdering. Portabel CT fikk en gjennomsnittvurdering på 2,10 som vil si 52,5% av beste mulige vurdering.

I studiet til Weir *et al.* (2015) er CNR regnet ut ved bruk av matematisk formel. Weir *et al.* (2015) fikk ut ifra utregningene CNR på 1,39 ved stasjonær CT og 2,86 på portabel CT.

Andersson *et al.* (2022) har både evalueringer gjort av radiologer og utregnet CNR, dette ble henholdsvis 3,6 på stasjonær CT og 1,9 på portabel CT.

Formelen som ble brukt for å regne ut CNR i studiene til Weir *et al.* (2015) og Andersson *et al.* (2022) var:

$$\text{CNR} = \frac{HU_o - HU_b}{SD_b}$$

HU_o er HU av objektet som tas bilde av. HU_b står for HU av bakgrunnen og SD_b betyr standardavviket av bakgrunnen.

Faktorene som studiene har brukt for å vurdere kontrast, er det blant annet, lav CNR, høy CNR, MTF, forskjell mellom grå og hvit hjernematerie og visualisering av lesjoner.

4.5 – Artefakter

Observatørene som evaluerte bildene i studiet til Rumboldt *et al.* (2009) så hovedsakelig på strekartefakter når de ga en vurdering på portabel og stasjonære CT, og det samme ble gjort i studiet til Chong *et al.* (2017). Studiet til Andersson *et al.* (2022) nevner at det er mer strekartefakter på den portable maskinen, men har ingen tall på det. Weir *et al.* (2015) ser på ringartefakter og båndartefakter på AIRO maskinen, men har heller ingen tall vi kan hente ut fra studiet.

I studiet til Rumboldt *et al.* (2009) er det gitt en gjennomsnittvurdering fra 1-3 ved artefakter hvor stasjonær CT har fått 2,83 som tilsvarer 94,33% av høyeste mulige vurdering. Portabel CT fikk en vurdering på 2,57 som vil si 85,66% av høyest mulige vurdering.

I Chong *et al.* (2017) ga radiologene en rangering fra 3-9 hvor stasjonær CT fikk 8,37 som tilsvarer 93% av høyeste mulige vurdering. Portabel CT fikk en vurdering på 7,25 som vil si 80,55% av høyeste mulige vurdering.

Når radiologene har gitt en høy vurdering så vil det si at det er lite artefakter i bildene, hadde radiologene gitt en lav vurdering så ville det betydd at det var mye artefakter i bildene. Så ut ifra resultatene til artiklene så er det mer artefakter i bildene på de portable maskinene.

5.0 – Diskusjon

Vi har valgt å dele diskusjonskapittelet i diskusjon og metodekritikk. I diskusjonen skal vi se på faktorer som påvirker bildekvalitet. I metodekritikk skal vi vurdere prosessen bak litteratursøk og kriteriene for inkludering av artikler.

5.1 – Støy – kV, mAs og SD

Ifølge Andersson *et al.* (2022), er det mer støy i bildene på portabel CT enn de på stasjonær. Mer støy fra portabel CT kan komme av flere årsaker, som eksponeringsinnstillinger og forskjellig oppbygning. Støy er en viktig faktor som påvirker bildekvalitet. Støy kan gjøre bilder utydelige og føre til at verdifull diagnostisk informasjon går tapt. Dette kan gjøre at radiologer overser patologi.

I studiene til Rumboldt, *et al.* (2009), Oliver *et al.* (2017), Andersson *et al.* (2022) og Weir *et al.* (2015) viser resultatene at det er mer støy på portable CT maskiner enn på de stasjonære. I studiene er eksponeringsparametere som kV, mAs, pitch og snittykkelse satt til å være lik. Likevel blir det mer støy fra portabel CT.

Portable CT maskiner er mindre enn de stasjonære, og har da mindre detektorrader. En maskin som er brukt i Rumboldt *et al.* (2009) og Chong *et al.* (2017) sine studier, er CereTom. Dette er en maskin med bare 8-slice. Ettersom den portable Ceretom maskinen er laget for å undersøke hoder, vil ikke antall rader påvirke skantiden mye ved tykke snitt. Dersom bildene skal ha tynne snitt, vil dette medføre økt skantid som øker risiko for artefakter, men samtidig øker informasjonen fra bildene. Andre portable maskiner som Somatom har 32-slice. Dette er en portabel CT som egner seg for hele kroppen, ved at den kan skanne større område på kortere tid.

For å teste bildekvaliteten mellom stasjonær og portabel CT, blir parameterne satt til samme verdi, for at resultatet skal være sammenlignbart. Dette er faktorer som snittykkelse, mAs, kV og pitch. Kvantestøy blir også lik, ved at samme mengde dose blir brukt. Ved at faktorene er like, vil ikke maskinene vise hva de er i stand til, da innstillingene optimaliseres for den enkelte maskinen ved klinisk bruk.

Stasjonære CT maskiner har post-prosessering som behandler bildene og hjelper med å redusere støy. Eksempler på slik post-prosessering er iterative rekonstruksjon algoritmer. Ved at portable CT maskiner ikke har like bra algoritmefunksjon til post-prosessering, vil stasjonære CT maskiner kunne fjerne mer støy fra bildene. Dette kan være en av grunnene til at portabel CT har mer støy.

De første portable CT maskinene hadde dårligere bildekvalitet enn de moderne maskinene som nå er i bruk. Ettersom portabel CT teknologi er i stadig utvikling, er det sannsynlig at bildekvaliteten vil fortsette å utvikle seg til å bli bedre. Derfor vil portabel CT være fornuftig å investere i fremtiden (Rumboldt, Z. 2009)

5.2 – Kontrast – SNR og CNR

5.2.1 – SNR

Resultatene viser at stasjonær har bedre romlig oppløsning enn portabel CT. Dette ser vi ved at studiene til Rumboldt *et al.* (2009), Oliver *et al.* (2017), Weir *et al.* (2015) har benyttet seg av fantom som måler lp/cm. Studiene viste at de stasjonære fikk høyere lp/cm ved fantomtester. En viktig faktor for dette er detektorelementets størrelse. Størrelsen på detektorelementene bestemmer evnen detektor har til å fange opp signaler og gi de gråtoneverdier i en fast matrisestørrelse. Det vil si at mindre detektorelement reduserer størrelsen på pixler, slik at den romlige oppløsningen blir bedre (Oostveen, 2020). Portable CT maskiner som Ceretom (Neurologica, 2023) har 0.5mm mens nyere stasjonære som Somatom x.cite har 0.3mm (Siemens, 2023). Ceretom har også 1mm x 1mm focal spot, der den stasjonære har 0.6mm x 0.7mm. Liten focal spot vil gjøre at røntgenstrålene fra anoden

kommer fra ett mindre punkt, som fører til skarpere bilder. Dette skjer ved at strålene i større grad treffer “riktig” detektor, slik at HU verdien i pixlene blir nærmere virkeligheten (Jones, J. 2021).

I studiet til Weir *et al.* (2015) fikk AIRO portabel CT lavere lp/cm resultater enn stasjonær CT, selv om det ble brukt like innstillinger. Denne studien viser at den stasjonære har bedre rekonstruksjonsalgoritmer, som fjerner støy og gjøre bildene skarpere. Flere faktorer på selve apparatet kan også påvirke resultatene. Dette kan være størrelse på focal spot og detektorelement størrelse, der både focal spot og størrelsen på detektorelement er mindre på stasjonær CT.

5.2.2 – CNR

Resultatene fra Rumboldt *et al.* (2009), Chong *et al.* (2017), og Andersson *et al.* (2022), viser at CNR var bedre på stasjonær CT enn på portabel CT. Ett resultat som skiller seg ut, er resultatet i studiet til Weir *et al.* (2015) der CNR var høyere på portabel CT enn på stasjonær CT. De andre studiene brukte subjektive vurderinger, der Weir *et al.* (2015) brukte målinger for å regne ut CNR. Resultatene i dette studiet var at portabel CT hadde høyere CNR enn de stasjonære CT maskinene. I studiet forklares resultatet ved at den portable maskinen hadde større stråledose, og fikk likevel dårligere evne til å skille strukturer fra hverandre som følge av ringartefakter.

Nedsatt CNR kan føre til at kontrasten mellom strukturer forsvinner. Rumboldt *et al.* (2009), Chong *et al.* (2017), og Andersson *et al.* (2022) viser at portabel CT har generelt mer støy, som videre påvirker CNR på bildene. Derfor er det som forventet at de stasjonære CT maskinene har bedre CNR i sine bilder, ved lik dose.

I studiet til Weir *et al.* (2015) viste resultatene at den portable AIRO CT maskinen hadde både mindre støy og bedre CNR. Dette resultatet strider med funnene fra studiene til Rumboldt *et al.* (2009), Chong *et al.* (2017), og Andersson *et al.* (2022). Ved nærmere granskning av resultatet kommer det frem at AIRO maskinen hadde større stråledose, da den har mer mGy/100mAs. Det kommer ikke frem noen god forklaring på hvorfor det er slik. Den økte stråledosen kan forklare lavere SD. Ved at SD var lavere, ble også CNR høyere. Likevel viste AIRO maskinen dårligere lavkontrast enn den stasjonære, da strukturene i fantomet forsvant i ringartefakt.

5.3 – Artefakter

I teorien blir det nevnt at strekartefakter er noen av de mest vanlige artefaktene på CT. Det oppstår ofte ved materialer med høy tetthet som f.eks metall. Vi ser i studiene til Rumboldt *et al.* (2009) og Chong *et al.* (2017) at det er strekartefakter som går mest igjen på portable CT.

I studiet til Rumboldt *et al.* (2009) ser vi at stasjonær CT fikk en vurdering som sa at det var 10% mindre artefakter enn på portabel CT, mens i studiet til Chong *et al.* (2017) så hadde stasjonær 15% mindre artefakter enn på portabel CT. Dette kan komme av flere årsaker. Som Chong *et al.* (2017) nevner så kommer det gjerne av at objektet som avbildes beveger seg. En annen faktor som kan ha noe å si er rekonstruksjonsmulighetene. For eksempel nevner studiet til Weir *et al.* (2015) at AIRO maskinen ikke har noen post-rekonstruksjonsmuligheter for å fjerne artefakter og dermed er det kanskje ikke så rart at det forekommer mer artefakter på portabel CT enn på stasjonær.

Bilder tatt på portabel CT er i større grad utsatt for posisjoneringsartefakter og bevegelsesartefakter. Ved at gantry på portable maskiner som Ceretom er svært lite, vil mindre feil i posisjonering utfra isosenter gi store utfall i form av artefakter. Årsaken til artefakter kan være at doseberegning blir feil som følge av feil posisjonering i høyden, eller ujevn fordeling av dose dersom posisjonering i sideplan er feil.

Portabel CT er også utsatt for bevegelsesartefakter, da røntgenrøret er svært nærme pasienten. Ettersom strålekilden er svært nærme pasienten i forhold til stasjonær, vil dette øke hyppigheten for bevegelsesartefakter. Nærheten til strålekilden vil også minimere energikravet til undersøkelsene, som i stor grad gjør portabel CT drevet av batteri mulig. Likevel vil bevegelsesartefakter være vanligere, ved at skantiden ofte er lengre på portabel, og at nærheten til strålekilden fra pasienten skaper en forstørrelseseffekt. Det vil si at når pasienten er nærme strålekilden, vil “skyggen” av den totale attenuasjonen av stråler som treffer detektor forstørres, slik at eventuelle bevegelsesartefakter i større grad ødelegger bildekvalitet. Bevegelsesartefakter kan oppstå som “ghosting” eller “blurring” (Murphy, 2023).

Bevegelsesartefakter er mulig å unngå ved hodeundersøkelser, ved at pasienten ligger rolig under eksponering. Traume pasienter er spesielt utsatt for bevegelsesartefakter, ettersom de ofte ikke er i stand til å ta imot/oppfatte beskjeder om å ligge stille under eksponering. Dette kan være bevegelser som øyebevegelser, pust eller hodebevegelser. Ved portabel CT blir denne risikoen økt, ved at skantiden er lengre.

En type artefakt som blir omtalt i studiet til Weir *et al.* (2015) er ringartefakter. De oppsto på alle bildene fra portabel CT som ble tatt på CATPHAN vannfantomet. Forekomsten av ringartefakter kan potensielt svekke den diagnostiske verdien. Den stasjonære CT maskinen viste ingen ringartefakter. Dette førte til at den portable CT skanneren hadde dårligere lavkontrastoppløsning, til tross for at den fikk høyere CNR.

Ifølge Rumboldt, *et al.* (2009), oppfylder portabel CT kravene til ACR. Andersson *et al.* (2022) sier også at portabel CT oppfylder kravene til European guidelines. Studiene til Chong *et al.* (2017) og Weir *et al.* (2015) nevner at Ceretom maskinen og AIRO maskinen er innenfor ACR kravene i forhold til HU verdier. Til tross for at portabel CT måler høyere på støy enn de stasjonære CT testene, er bildekvaliteten fra portabel CT tilfredsstillende. Portabel CT er altså kommet for å bli, og vil trolig bli en viktig del av behandlingsforløpet til hoderelaterte skader, da portabel CT kompenserer for lavere bildekvalitet, ved å redusere ventetiden for å starte behandling.

5.4 – Metodekritikk

Opgaven vår er ett litteraturstudie, som betyr at innholdet begrenses til forskning som allerede er gjort fra før av. Oppgaven vår bygges hovedsakelig på tall hentet fra både kvalitative og kvantitative studier og baseres på både tall, målinger og observasjoner. Når det er tabeller og tall i studiene, så tolkes dette av oss, som er en mulig feilkilde. For å forhindre dette mest mulig, har vi lest grundig igjennom og diskutert tallene og tabellene. Studiene hadde forskjellige måter å måle/regne ut resultatene på, som gjorde det vanskelig å finne en god måte å fremstille resultatene for at de skulle bli mulig å sammenligne.

Vi søkte hovedsakelig etter artikler i Pubmed. Vi brukte også Oria og Google Scholar til en viss grad. Dette er også en mulig feilkilde, ved at andre databaser kunne inneholdt artikler som var relevante for temaet vårt og som ikke ble inkludert. Vi kunne også tilpasset andre søkeord i starten av søkeprosessen som kunne gjort at vi fikk opp andre treff på artikler som kunne vært relevante for oppgaven. En annen feilkilde kunne vært at artikler er låst bak en betalingsmur, som potensielt kunne vært relevante for oppgaven.

Ettersom portabel CT er nyere teknologi, er det ikke gjort mye forskning rundt tema. Dette gjør at utvalget av artikler å velge mellom er begrenset og at det er lite tilgjengelig forskning innen temaet. Det eldste studiet vi har er fra 2009 og teknologien har blitt bedre siden den gangen. Sammenlignet med moderne resultat, kan altså eldre resultat gi unøyaktige resultat.

Andre feilkilder kan være inklusjons og eksklusjonskriteriene vi valgte. Hadde vi ikke hatt et krav om at artiklene måtte være på norsk eller engelsk, så kunne vi fått opp flere relevante artikler. Men samtidig måtte vi oversatt disse artiklene slik at vi kan tolke de, og det ville tatt lang tid og vært krevende. Vi kunne også mistet viktige deler av innholdet i oversettelsen.

Det er ikke satt noen standard for vurdering av alle parametere som påvirker bildekvalitet. Fantomtester som lp/cm eller SD gir sammenlignbare resultater. Vurderinger der radiologer gir sin subjektive mening er derimot vanskelig å sammenligne. Ingen av studiene vi har funnet har brukt samme poengskala. For å gjøre resultatene fra subjektive ekspertevalueringer fra radiologer sammenlignbare, gjorde vi om resultatene til prosent. Likevel er det ikke mulig å sammenligne disse vurderingene med faste målinger på fantomer eller ved ROI sirkel. Dette har gjort det vanskelig å få et eksakt sammenligningsgrunnlag.

Evalueringene fra radiologer er subjektive vurderinger og er erfaringsbasert. Radiologenes erfaring, personlig mening og synspunkter kan ha innvirkning på resultatene de gir. Likevel ser vi en trend ved at radiolog vurderingene foretrekker bildekvaliteten fra stasjonær CT, som samsvarer med de matematiske/tekniske målingene. Disse måler også bedre bildekvalitet ved støy, kontrast og hyppighet av artefakter på stasjonær CT.

6.0 – Konklusjon

Som vi har sett viser forskningen at portabel CT har dårligere bildekvalitet ved at både støy og kontrast er dårligere på portabel CT enn på stasjonær CT. Portabel CT har dessuten høyere hyppighet av artefakter som kan ødelegge den diagnostiske verdien i bildene. Portabel CT scorer dårligere enn stasjonær CT på nesten alle faktorer i nesten alle artiklene vi har sett på. Der hvor faktorene ved portabel CT scorer bedre enn stasjonær CT, fant vi ut at dosen også er betraktelig høyere.

Til tross for at portabel CT har dårligere bildekvalitet enn stasjonær i artiklene, så konkluderer artiklene med at bildekvaliteten er nøyaktig nok til å stille riktige diagnoser. Portabel CT er altså kommet for å bli, da det er sannsynlig at teknologien blir forbedret og at bildekvaliteten til portable CT maskiner vil bli enda bedre i fremtiden.

7.0 – Litteraturliste

Albus, K. (2022) Complete Accreditation information: CT (Revised 12-16-2022) *American College of Radiology*. Tilgjengelig fra:

<https://accreditationsupport.acr.org/support/solutions/articles/11000061279-complete-accreditation-information-ct> (Hentet 19.05.2023)

Andersson, J.A. (2016) Acute ischemic stroke the golden hour, *Nursing2020 Critical Care*, Volum 11, s. 28-36. Tilgjengelig fra:

https://journals.lww.com/nursingcriticalcare/fulltext/2016/05000/acute_ischemic_stroke_the_golden_hour.7.aspx (Hentet 28.04.2023)

Andersson, H. *et al.* (2022). Comparison of image quality between a novel mobile CT scanner and current generation stationary CT scanners. *Neuroradiology*, Volum 65, s 503-513.

Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00234-022-03089-3> (Hentet 15.04.2023)

Audebert, H.J (2015) Mobile computed tomography prehospital diagnosis and treatment of stroke, *Current Opinion in Neurology*, Volum 28, s.4-9. Tilgjengelig fra:

https://journals.lww.com/coneurology/Fulltext/2015/02000/Mobile_computed_tomography_prehospital_diagnosis.3.aspx (Hentet 19.1.2023)

Baba, Y. (2021) Phantom. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra: <https://radiopaedia.org/articles/phantom> (Hentet 21.04.2023)

Baskan, O. *et al.* (2015) Effect on radiation dose reduction on image quality in adult head CT with noise-suppressing reconstruction system with a 256 slice MDCT. *Fig 2*. Tilgjengelig fra:

https://www.researchgate.net/publication/281704543_Effect_of_radiation_dose_reduction_on_image_quality_in_adult_head_CT_with_noise-suppressing_reconstruction_system_with_a_256_slice_MDCT (Hentet 28.04.2023)

Bell, D.J (2021) Milliampere-seconds (mAs). *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:
<https://radiopaedia.org/articles/milliampere-seconds-mas?lang=us> (Hentet 21.04.2023)

Bell, D.J (2021) Quantum noise. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:
<https://radiopaedia.org/articles/quantum-noise> (Hentet 28.04.2023)

Bell, D.J (2023) Noise (CT). *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra: <https://radiopaedia.org/articles/noise-ct?lang=us> (Hentet 21.04.2023)

Chieng, R. (2023) Modulation transfer function. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:
<https://radiopaedia.org/articles/modulation-transfer-function?lang=us> (Hentet 28.04.2023)

Chong, A. *et al.* (2017) Limited evaluation of image quality produced by a portable head CT skanner (Ceretom) in a Neurosurgery Centre, *The Malaysian journal of medical sciences*, Volum 24, s.104-112. Tilgjengelig fra: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5346008/>
(Hentet 27.04.2023)

El-Feky, M. (2023) Detective quantum efficiency. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:
<https://radiopaedia.org/articles/detective-quantum-efficiency-1> (Hentet 28.04.2023)

European Guidelines (2000) *European Guidelines on quality criteria for Computed Tomography*.
Tilgjengelig fra: <https://www.dr.dk/guidelines/ct/quality/htmlindex.htm> (hentet: 23.05.2000)

Evans, D. (2022) *Systematic Reviews of interpretive research: Interpretive data synthesis of processed data*. PhD. Adelaide University, Australia. Tilgjengelig fra:
<https://www.ajan.com.au/archive/Vol20/Vol20.2-4.pdf> (Hentet 28.04.2023)

Feger, J. (2021) Kilovoltage peak. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:
<https://radiopaedia.org/articles/kilovoltage-peak> (Hentet 03.03.2023)

Fitsiori, A. *et al.* (2019) Iterative algorithms applied to treated intracranial aneurysms. *Fig 1*.
Tilgjengelig fra:
https://www.researchgate.net/publication/325856304_Iterative_Algorithms_Applied_to_Treated_Intracranial_Aneurysms (Hentet 28.04.2023)

Fleishmann, D. Boas, E, F. (2012) CT artifacts: causes and reduction techniques.
Openaccessjournals, Volum 4. Tilgjengelig fra:
<https://www.openaccessjournals.com/articles/ct-artifacts-causes-and-reduction-techniques.html> (Hentet 28.04.2023)

Ford, M.J *et al.* (2015) Computed tomography slice thickness and its effects on three-dimensional reconstruction of anatomical structures, *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, Volum 4, s. 43-46. Tilgjengelig fra:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212478015300204?token=AACE21B2F8A26B3436503B9BFFDDC8A64DE942FBBE6BA3958F1E2FED2753BCFC5B3585D923E154D16AF7A0177B655552&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230519122323> (Hentet 19.05.2023)

Foster, T. (2022) Computed Tomography, *Radiopaedia*, Tilgjengelig fra:
<https://radiopaedia.org/articles/computed-tomography> (Hentet 03.03.2023)

Goldman, W, L. (2007) Principles of CT: Radiation dose and image quality, *Journal of nuclear medicine technology*, Volum 35, s. 213-225. Tilgjengelig fra:
<https://tech.snmjournals.org/content/35/4/213> (Hentet 28.04.2023)

Graverholt, B. (2021) *Kunnskapsbasert praksis*. Tilgjengelig fra:

<https://www.helsebiblioteket.no/innhold/artikler/kunnskapsbasert-praksis/kunnskapsbasertpraksis.no> (Hentet 04.05.2023)

Helsebiblioteket (2020) *4.1 Sjekklist*. Tilgjengelig fra:

<https://www.helsebiblioteket.no/innhold/artikler/kunnskapsbasert-praksis/kunnskapsbasertpraksis.no/4.kritisk-vurdering/4.1-sjekklist> (Hentet 27.04.2023)

Hov, R. M. *et al.* (2017) Interpretation of brain CT scans in the field by Critical Care Physicians in a Mobile Stroke Unit: Brain CT Scan in Acute Stroke på Critical Care Physicians. *Journal of neuroimaging: official journal of the American Society of Neuroimaging*, Volum 28.

Tilgjengelig fra:

https://www.researchgate.net/publication/318734126_Interpretation_of_Brain_CT_Scans_in_the_Field_by_Critical_Care_Physicians_in_a_Mobile_Stroke_Unit_Brain_CT_Scan_in_Acute_Stroke_by_Critical_Care_Physicians (Hentet 19.05.2023)

Jones, J. (2021) Focal spot. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra: <https://radiopaedia.org/articles/focal-spot> (Hentet 19.05.2023)

Malterud, K. (2002) Kvalitative metoder i medisinsk forskning – forutsetninger, muligheter og begrensning, *Tidsskriftet for den norske legef*erning, Volum 25, Tilgjengelig fra:

<https://tidsskriftet.no/2002/10/tema-forskningsmetoder/kvalitative-metoder-i-medisinsk-forskning-forutsetninger-muligheter> (Hentet 17.2.23)

Mason, J. (2017) Mobile stroke units for prehospital care of ischemic stroke, *CADTH issues in emerging health technologies*. Tilgjengelig fra:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK481475/> (Hentet 03.03.2023)

Mellam, Y. (2023) Ionizing radiation. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:

<https://radiopaedia.org/articles/ionising-radiation> (Hentet 26.04.2023)

Monnin, P. *et al.* (2020) Slice NEQ and system DQE to assess CT imaging performance, *Physics in Medicine & Biology*, Volum 65. Tilgjengelig fra:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6560/ab807a> (Hentet 28.04.2023)

Murphy, A. (2020) Spatial resolution (CT). I *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra

<https://radiopaedia.org/articles/spatial-resolution-ct> (Hentet: 03.03.2023)

Murphy, A. (2023) Hounsfield unit. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:

<https://radiopaedia.org/articles/hounsfield-unit> (Hentet 09.05.2023)

Murphy, A. (2023) Iterative reconstruction (CT). *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:

<https://radiopaedia.org/articles/iterative-reconstruction-ct> (Hentet 19.05.2023)

Murphy, A. (2023) Motion artifact. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:

<https://radiopaedia.org/articles/motion-artifact-2> (Hentet 28.04.2023)

Murphy, A. (2023) Automatic exposure control. *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra:

<https://radiopaedia.org/articles/automatic-exposure-control> (hentet 23.05.2023)

Murphy, A. (2023) Pitch (CT). *Radiopaedia*. Tilgjengelig fra: <https://radiopaedia.org/articles/pitch-ct?lang=us> (Hentet 21.04.2023)

Neurologica, (2022). Slice of CT scanners. *Neurologica*. Tilgjengelig fra:

<https://www.neurologica.com/blog/slice-of-ct-scanners> (Hentet 19.05.2023)

Neurologica, (2023). Ceretom Technical specifications. Tilgjengelig fra:

<https://delec.com.ar/panel/wp-content/uploads/CereTom-Especificaciones-Tecnicas.pdf>

(Hentet 19.05.2023)

Oliver, A. J. *et al.* (2017) The mobius AIRO mobile CT for image-guided proton therapy: Characterization & commissioning, *Journal of applied clinical Medical Physics*, Volum 18, s. 130-136. Tilgjengelig fra: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5689854/> (Hentet 10.05.2023)

Oostveen, J. L *et al.* (2020) Physical evaluation of an ultra-high-resolution CT skanner. *European Radiology*, Volum 30, s. 2552-2560. Tilgjengelig fra: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7338809/> (Hentet 19.05.2023)

Rahma, K. (2022) *Portable CT Scanner: An Overview for RT's*. Tilgjengelig fra: <https://www.medical-professionals.com/en/portable-ct-scanner/> (Hentet 03.03.2023)

Rumboldt, Z. *et al.* (2009) Review of portable CT with assessment of a dedicated head CT skanner, *American journal of neuroradiology*, Volum 30, s. 1630-1636. Tilgjengelig fra: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7051518/> (Hentet 03.03.2023)

Seby, J. *et al.* (2015) Brain imaging using Mobile CT: Current status and future prospects, *Journal of neuroimaging*, Volum 26, s. 5-15. Tilgjengelig fra: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jon.12319> (Hentet 03.03.2023)

Siemens (2023). *Somatom x.cite*. Tilgjengelig fra: <https://www.siemens-healthineers.com/no/computed-tomography/single-source-ct-scanner/somatom-xcite> (Hentet 19.05.2023)

Utdanningsforskning (2016) *Hva er en fagfelleverdertartikkel?*. Tilgjengelig fra: <https://utdanningsforskning.no/artikler/2016/hva-er-fagfelleverdert-artikkel/> (Hentet 20.04.2023)

Weir, J. *et al.* (2015) Dosimetric characterization and image quality of the AIRO mobile CT skanner, *Journal of X-ray science and technology*, Volum 23, s. 373-381. tilgjengelig fra:

https://bibsys-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_webofscience_primary_000355981500008CitationCount&context=PC&vid=NTNU_UB&lang=no_NO&search_scope=default_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&tab=default_tab&query=any,contains,%E2%80%9CDosimetric%20characterization%20and%20image%20quality%20evaluation%20of%20the%20AIRO%20mobile%20CT%20scanner%E2%80%9D&offset=0 (Hentet: 15.04.2023)

Zou, J. *et al.* (2013) An investigation of calibration phantoms for CT scanners with tube voltage modulation. *International Journal of Biomedical imaging*. Tilgjengelig fra: <https://www.hindawi.com/journals/ijbi/2013/563571/> (Hentet 21.04.2023)

Vedlegg:

Vedlegg 1: Søkehistorikk

Søkeord	Dato	Database	Avgrensing	Antall treff	Abstrakt artikler	Inkluderte artikler
CT Caput AND Portable CT AND Image Quality	23/02/23	Pubmed	Full Free text English 2008 or newer Peer Reviewed	13	7	«Review of portable CT with assessment of dedicated head CT scanner».
CT Caput AND Portable CT AND Image Quality	23/02/23	Pubmed	Full free text English 2008 or newer Peer Reviewed	13	7	«Limited evaluation of image quality produced by a portable head CT skanner (Ceretom) in a neurosurgery centre»
CT Caput AND Mobile CT AND Image Quality	01/03/23	Pubmed	Full Free text English 2008 or newer Peer Reviewed	36	14	«Comparison of image quality between a novel mobile CT skanner and current generation stationary scanners»
Mobile CT AND Image Quality AND Conventional CT	04/05/23	Oria	Full Free text English 2008 or newer Peer Reviewed	83	2	“Dosimetric characterization and image quality evaluation of the AIRO mobile CT scanner”

Vedlegg 2: Litteraturmatriser

Studie 1:	“Review of Portable CT with Assessment of a Dedicated Head CT Scanner”
Forfattere:	Rumboldt.Z, Huda.W og All.J.W
Årstall:	2009
Tidsskrift:	American Journal of Neuroradiology
Studiens hensikt:	Denne studiens hensikt er å se om portabel CT har evnen til å gi ett alternativ til pasienter som har stor risiko knyttet til forflytning, uten å øke stråledose eller ofre bildekvalitet.
Nøkkelord:	Portable CT, Image Quality, Contrast
Metode:	Denne artikkelen er en deskriptiv litteraturgjennomgang hvor forfatterne har gått igjennom eksisterende artikler om noen av de mest kjente og brukte portable CT’ene som Ceretom og Tomoscan. De snakker også om det tekniske aspektet ved de forskjellige maskinene. De sammenligner også ceretom maskinen med en vanlig stasjonær CT.
Resultat/konklusjon:	Artikkelen kommer frem til at Ceretom maskinen oppfyller kliniske krav og at den er diagnostisk presis i alle casene den ble testet i.
Relevans:	Denne artikkelen er relevant for oss da den tar for seg forskjellige portable CT’er og det tekniske aspektet rundt dem. Den går også ganske dypt i hvordan Ceretom maskinen og fungerer.

Studie 2:	“The Mobius AIRO mobile CT for image-guided proton therapy: Characterization & commissioning”
Forfattere:	Jasmine A. Oliver, Omar A. Zeidan, Sanford L. Meeks, Amish P. Shah, Jason Pukala, Patrick Kelly, Naren R. Ramakrishna, Twyla R. Willoughby
Årstall:	2017
Tidsskrift:	Journal of applied clinical medical physics
Studiens hensikt:	Hensikten til dette studiet var å se nærmere på en portabel CT maskin som heter «Mobius AIRO Mobile CT System» ved bildeveiledet proton terapi.
Nøkkelord:	Proton therapy, mobile CT, AIRO, IGPT
Metode:	Dette studiet er et retrospektivt studie som har sammenlignet bilder fra den portable CT'en AIRO og andre stasjonære CT'er. Det ble brukt et CATPHAN fantom for å samle bildenes egenskaper på de forskjellige maskinene.
Resultat/konklusjon:	Studien resulterer i at AIRO maskinen har dårligere bildekvalitet i forhold til de andre maskinene. Men tross den litt dårligere bildekvalitet så resulterer studien i at AIRO maskinen fint kan brukes til proton terapi.
Relevans:	Denne studien er relevant for oss da den sammenligner bildekvalitet på en portabel CT og en stasjonær CT.

Studie 3:	“Limited Evaluation of Image Quality Produced by a Portable Head CT Scanner (CereTom) in a Neurosurgery Centre”
Forfattere:	Abdullah.A, Adnan.J, Rahman.N, Palur.R
Årstall:	2017
Tidsskrift:	The Malaysian Journal of medicalsciences
Studiens hensikt:	Hensikten med denne studien var å sammenligne kvaliteten på CT bilder produsert av en stasjonær CT og en portable CT.
Nøkkelord:	Portabel CT, Bildekvalitet, Ceretom, Hounsfield unit
Metode:	Denne studien er et retrospektivt studie hvor CT caput bilder fra 112 pasienter ble sett på med et fokus på bildekvalitet. Tre bedømmere evaluerte så bildene og ga en score fra 1-3.
Resultat/konklusjon:	Resultatene viste en stor relativt stor forskjell i bildekvalitet mellom den portable CT'en og den stasjonære. Men bildekvaliteten til den portable CT'en oppfylte kravene til ACR.
Relevans:	Denne studien er relevant for oss da den sammenligner bildekvaliteten mellom den portable CT'en Ceretom og en vanlig stasjonær CT.

Studie 4:	“Comparison of image quality between a novel mobile CT scanner and current generation stationary CT scanners”
Forfattere:	Andersson.H, Tamaddon.A, Malekian.M, Ydström.K, Siemund.R, Ullberg.T, Wasselius.J
Årstall:	2022
Tidsskrift:	Springer link
Studiens hensikt:	Denne studiens hensikt var å sammenligne bildekvalitet mellom en mobil CT og stasjonær CT for pasienter på intensivavdeling.
Nøkkelord:	Bildekvalitet, Portabel CT, Stasjonær CT, CNR
Metode:	Dette er en retrospektiv studie som inkluderte pasienter som skulle til CT caput. Pasienter under 18 år ble ekskludert fra studien. Så ble bildene fra de forskjellige maskinene sammenlignet med fokus på bildekvalitet. Så var det 4 radiologer som sammenlignet bildene fra de to forskjellige maskinene og sa hvem de syntes ga best bilde.
Resultat/konklusjon:	Studien resulterte med at det var en forskjell på stråledose fra portabel til stasjonær CT. Når det gjelder bedømmingen til radiologene så var det 2 av de som sa stasjonær CT ga best resultat, 1 som var nøytral og 1 som sa portabel CT ga best resultat. Konklusjonen var at portabel CT generelt sett hadde litt dårligere kvalitet.
Relevans:	Denne studien er relevant for oss da den sammenligner stasjonær og portabel CT med fokus på bildekvalitet.

Studie 5:	“Dosimetric characterization and image quality evaluation of the AIRO mobile CT scanner”
Forfattere:	Victor J. Weir, Jie Zhang, Angela P. Bruner
Årstall:	2015
Tidsskrift:	Journal of X-Ray Science & Technology
Studiens hensikt:	Denne studiens hensikt var å undersøke dose til pasient og bildekvalitet ved bruk av den portable CT'en AIRO. Samt å sammenligne bildekvalitet og dose med en stasjonær CT.
Nøkkelord:	CT dosimetry, AIRO image quality, AIRO mobile CT scanner, AIRO
Metode:	Dette er en retrospektiv studie som fokuserer på bildekvalitet og dose mellom den portable CT'en AIRO og en stasjonær CT. Det ble brukt et fantom for å få frem tall på dose og kontrast fra begge maskinene som ble sammenlignet.
Resultat/konklusjon:	Studien resulterer med at AIRO maskinen har en akseptabel bildekvalitet. Den har en høy CNR, men også en høyere dose til pasienten enn en vanlig CT har. Det var også flere tilfeller av ring artefakter ved bruk av den portable CT'en. Konklusjonen var at bildekvaliteten burde vært bedre med tanke på den høye dosen maskinen gir.
Relevans:	Denne studien er relevant for oss da den sammenligner den portable CT'en AIRO med en stasjonær CT med et fokus på bildekvalitet.

