

Dragan Mijic
Neringa Stankeviciute
Miriam Paetzel

Lavdose vs. Standard dose ved CT-thorax av Covid-19 pasienter

En sammenligning av stråledose og bildekvalitet ved CT-thorax med lavdose protokoll og standard dose

Mai 2022

NTNU

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

Bacheloroppgave

2022



Dragan Mijic
Neringa Stankeviciute
Miriam Paetzel

Lavdose vs. Standard dose ved CT-thorax av Covid-19 pasienter

En sammenligning av stråledose og bildekvalitet ved CT-thorax med lavdose protokoll og standard dose

Bacheloroppgave
Mai 2022

NTNU

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



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne litteraturstudien ble gjennomført ved institutt for helsevitenskap, seksjon for radiografi ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) i Gjøvik, i våren av 2022.

Vi ønsker å takke de dyktige veilederne våre Astrid Berntsen, Tone Kristin Sørensen og Silje Sveen for god veiledning og godt samarbeid. I tillegg vil vi takke familie, venner og medstudenter for konstruktive tilbakemeldinger og god støtte underveis i arbeidet med bacheloroppgaven. Arbeidet med denne oppgaven har vært en svært lærerik og spennende tid, og vi sitter igjen med mye kunnskap og en bedre forståelse av den tekniske kompleksiteten til CT-undersøkelser, stråledose og bildekvalitet. Vi er stolte av å kunne presentere dette tema, og håper at det kan bli anvendt innen det radiograffaglige miljøet.

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Hensikt og relevans.....	4
2.0 Teori.....	6
2.1 CT Fysikk	6
2.1.1 Kilovolt (kV).....	6
2.1.2 Milliampere per sekund (mAs) og Skanntid.....	6
2.1.3 Pitch	6
2.1.4 Automatic exposure control (AEC).....	7
2.1.5 Computed Tomography Dose Index (CTDI).....	7
2.1.6 Støy	7
2.1.7 Bilderekonstruksjon	8
2.1.8 Doseoptimalisering og ALARA.....	9
2.2 Utviklingen av CT-maskiner	10
2.3 Annet relevant teori	10
2.3.1 eHåndboken	10
2.3.2 Tidsskriftet	11
2.4 Patologi i CT-bilder	12
3.0 Metode	14
3.1 Valg av metode.....	14
3.2 Søkeprosess	14
3.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier	16
3.4 Kontroll og analyse av data	18
4.0 Resultat.....	19
4.1 Presentasjon av forskningsartikler i tabell	19
4.2 Resultater for protokoller og parametre	27
Tabell 4	27
4.3 Resultater for anbefalt protokoll og bildekvalitet	29
Tabell 5	29
5.0 Diskusjon.....	32
5.1 Bildekvalitet og GGO	32
5.2 Diafragmabevegelser og Støy	33
5.3 Pitch, Skanntid og Snittykkelse	33
5.4 SNR ved Reduksjon av mAs	34
5.5 CT-Maskinalder og Rekonstruksjon	34
5.6 Stråledose	35
5.7 Strålereduksjon fra SDP til LDP.....	35
5.8 Anbefaling	36
6.0 Metodekritikk.....	37
7.0 Konklusjon	39
8.0 Litteraturliste	41
9.0 Vedlegg	46

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn

SARS-CoV-2-viruset ble først rapportert i Kina i desember 2019, og spredte seg raskt over hele verden (Tjernshaugen *et al.*, 2022). World Health Organization (WHO) erklærte virusutbruddet som en pandemi den 11. mars 2020, noe som medførte nedstenging i Norge og mange andre land rundt samme tidsperiode (WHO, u.å; Tjernshaugen *et al.*, 2022).

En pandemi blir definert som en sykdom som rammer mange mennesker, og sprer seg over store deler av verden (Braut, 2021). SARS-CoV-2, også kjent som Covid-19, tilhører en familie av koronavirus som primært forårsaker luftveissymptomer. Disse symptomene varierer fra mild forkjølelse til alvorlig sykdom, og i noen tilfeller, død. (Tjernshaugen *et al.*, 2022). I denne oppgaven ble alvorlig sykdomsforløp ved Covid-19 referert til progressiv og/eller livstruende tilstand.

Mellom 3. Januar 2020 og 4. April 2022, registrerte FHI (2022) 1 408 706 Covid-19 smittetilfeller, og 2518 dødsfall i Norge. I samme tidsperiode hadde totalt over 11 500 pasienter blitt innlagt på sykehus på grunn av Covid-19 relaterte komplikasjoner (FHI, 2022). Under pandemien ble hovedsakelig Polymerase Chain Reaction (PCR) tester brukt til å påvise Covid-19 viruset i kroppen (Tjernshaugen *et al.*, 2021). Pasienter med alvorlig sykdomsforløp av Covid-19 trengte likevel ofte videre oppfølging på bildediagnostisk avdeling for å kartlegge alvorlighetsgrad av sykdommen i lungene. Disse pasientene kunne bli henvist til undersøkelser ved bruk av røntgen-thorax eller CT-thorax (Aaløkken *et al.*, 2020). CT-thorax ble også brukt videre i sykdomsforløpet, med mål om å dokumentere progresjon av sykdommen og evaluering av behandlingseffektiviteten. (Krassnitzer, 2020). Aaløkken *et al.* (2020) anbefalte bruk av standard dose protokoll i Norge ved CT-thorax undersøkelser av pasienter med alvorlig Covid-19 sykdomsforløp.

1.2 Hensikt og relevans

CT ble benyttet i utstrakt grad gjennom pandemien til observasjon og dokumentasjon av sykdomsforløp (Krassnitzer, 2020). Pasientene som ble alvorlige syke kunne bli henvist til CT-thorax flere ganger i løpet av sykdomsforløpet, for å følge opp og eventuelt justere

behandlingen. (Krassnitzer, 2020). CT-undersøkelsene kunne gi en høy stråledose i lengden, og derfor ble CT bare brukt dersom legene mente at det absolutt var nødvendig (RadiologyInfo.org, 2021).

Siden CT-undersøkelser kunne gi en betydelig stråledose, var det viktig å tilpasse CT-thorax protokollene best mulig, slik at pasientdosen kunne holdes på lavest mulig nivå.

Radiologene trenger bilder med god bildekvalitet til å skrive en god beskrivelse. En god beskrivelse av bildene kan gjøre jobben til legene i videre ledd mye lettere, og pasienten kan få diagnose, behandling og oppfølging raskere. Dersom bildekvaliteten er for dårlig og bildene er for kornete, kan det oppstå forvirring om dette er patologi eller om bildekvaliteten er bare for dårlig. Dette kan føre til alvorlige konsekvenser, som feil eller forsinket behandling. (Dean Law Firm, 2021).

Radiografer har flere arbeidsoppgaver som inkluderer blant annet å kontrollere stråledose til pasienten og bildekvalitet. Dersom bildene blir alt for dårlige, må de tas på nytt, og for høye stråledoser må registreres. Direktoratet for Atomvern og Strålesikkerhet (DSA) oppdaterer anbefalinger for stråledose og andre hjelpemidler jevnlig, og sykehus skal ha et mål om å følge disse. Derfor er det viktig at både radiografer og annet relevant helsepersonell holder seg oppdatert på det nyeste fagstoffet som omhandlet stråledose og metoder for å redusere den. Denne oppgaven skal av den grunn diskutere rundt nyere forskning og annen faglitteratur og deres argumenter ved sammenligning av Lavdose protokoll (LDP) og Standard dose protokoll (SDP), med fokus på stråledose og bildekvalitet. Oppgaven belyser muligheter for forandringer av norske CT-thorax prosedyrer, som muliggjør reduksjon av stråledose samtidig som bildekvaliteten blir bevart.

Derfor er formålet med denne oppgaven å analysere og sammenligne flere artikler med lignende tema. Problemstillingen for denne oppgaven er:

«Standarddose vs. Lavdose CT-thorax protokoll ved oppfølging av alvorlig sykdomsforløp ved Covid-19 med fokus på stråledose og bildekvalitet»

For å svare på problemstillingen, ble det holdt fokus på å sammenligne CT-parametre som kV, mAs, CTDI_{vol}, Pitch og snittykkelse. Disse parameterne påvirker både stråledosen og bildekvaliteten, og er derfor fokusert på i denne oppgaven.

2.0 Teori

2.1 CT Fysikk

2.1.1 Kilovolt (kV)

kV er det elektriske potensialet som påføres hvert elektron når det akselererer i røntgenrøret, og dette avgjør penetreringskraften til fotonene som kommer ut ifra røntgenrøret. Høyere kV betyr at fotoner har høyere energi, og kan penetrere tykkere objekt. Ved en CT-thorax undersøkelse av en voksen og normalvektig pasient brukes det en kV som ligger rundt 120 kV. (Seeram, 2015).

2.1.2 Milliampere per sekund (mAs) og Skanntid

I følge Seeram (2015), bestemmer mAs mengden av fotoner som sendes ut av røntgenrøret under eksponeringen, og er derfor en av de viktigste parametre som kontrollerer mengden stråledose. Endring av mAs påvirker stråledosen proporsjonalt; dersom man dobler mAs, dobles også stråledosen. Ved øking av mAs og/eller skanntid, ses det positiv endring på bildekvaliteten og signal-støy forhold (SNR). Lengre skanntider er derimot ikke alltid optimalt. Som beskrevet i 2.3.1 *eHåndboken*, er det viktig at pasienter holder pusten mens bildene blir tatt. Dersom pasienten er dårlig eller har andre plager som gjør at det blir vanskelig å holde pusten, kan langt inspirasjonshold føre til enda verre bildekvalitet enn hvis det hadde blitt brukt kortere skanntider. (Seeram, 2015).

2.1.3 Pitch

I følge Seeram (2015) beskriver pitch bevegelsen av CT-bordet gjennom strålefeltet. Dersom pitch øker, betyr det at bordet beveger seg raskere gjennom strålefeltet, og skanntiden blir kortere for samme området. Dette fører til dosereduksjon. Pitch kan justeres til mindre, større eller lik 1. Dersom pitch er høyere enn 1 (>1), er det mellomrom mellom hvert snitt. Dette gjør at skanntiden er kortere og at stråledosen reduseres, men også at en del av anatomien ikke blir med i bildene. Dersom pitch er lavere enn 1 (<1), betyr det at snittene overlapper. Dette gjør at bildene blir bedre og all anatomi blir med på bildene, men overlapping fører også til større stråledose og lengre undersøkelsestid. Dersom pitch er satt til å være lik 1, overlapper ikke snitt, men samtidig er det ikke noe mellomrom mellom disse. Pitch kan

derfor ha mye å si for stråledosen og skanntiden. For eksempel, dersom alle andre faktorer holdes konstant og pitch endres fra 1 til 2, endres CTDIvol fra 1 mGy til 0.5 mGy. (Seeram, 2015).

2.1.4 Automatic exposure control (AEC)

I følge Seeram (2015) er AEC en av de viktigste teknikkene som reduserer stråledosen til pasienten og optimaliserer bildekvalitet. Dette blir gjort ved å bruke de forskjellige attenuasjonsverdiene som vev har i kroppen. Mye av stråledose kan bli spart samtidig som bildekvaliteten kan forbedres ved bruk av AEC, ved at mAs justeres automatisk ut fra attenuasjonen i vev (Webb, Brant og Major, 2015). Justering av mAs ved bruk av AEC gir mulighet for å redusere stråledosen med opptil 40%, og det anbefales for de fleste CT-protokoller (Seeram, 2015).

2.1.5 Computed Tomography Dose Index (CTDI)

Ifølge Kusk (2018) beskriver CTDI dosen som ett CT-snitt gir. CTDI for samme parameterkonfigurasjon kan variere fra skanner til skanner. Dette avhenger av blant annet geometri og filtrering. CTDI sier ikke noe om bildekvalitet, og brukes for å sammenligne stråledose ved forskjellige CT-maskiner og ved vurdering av hvordan endring av parametre som kV og mAs påvirker stråledose som pasienten får. Ved dobling av CTDI, dobles også stråledosen per snitt for samme pasient. Måleenheten for CTDI er mGy. (Kusk, 2018).

Webb, Brant og Major (2015) skriver at for å estimere stråledosen for en bestemt protokoll, er det nødvendig å ta hensyn til alle overlappinger mellom røntgenstråler forårsaket av påfølgende rotasjoner av røntgenrøret. Dette løses ved å introdusere en størrelsesenhet som beskriver stråledosen kalt CTDI volume (CTDIvol). (Webb, Brant og Major, 2015).

2.1.6 Støy

I følge Seeram (2015) er støy i CT en uønsket endring i pikselverdier i et ellers homogent bilde. Ofte defineres støy som det kornete utseendet på tverrsnittsbildning. Støy i CT måles via signal/støyforholdet (SNR); ved å sammenligne nivået av ønsket signal med nivået av bakgrunnsstøy. Jo høyere forhold, jo mindre støy er det i bildet. Støy i et tverrsnittsbilde vil tilsvare en reduksjon av bildekvaliteten og vil redusere kontrastopløsningen. (Seeram, 2015)

Noen av de viktigste faktorene som påvirker støy er mAs, snittykkelse og pasientstørrelse:

- **mAs** - mAs har en direkte sammenheng med antall fotoner som sendes ut gjennom undersøkelsen. Å øke mAs vil redusere mengden støy og dermed forbedre kontrastoppløsningen til bildet. (Seeram, 2015)
- **CT-snitt tykkelse** - Antall fotoner tilgjengelig for å generere et bilde har et lineært forhold til snittykkelsen. Tykkere snitt betyr at det er flere fotoner tilgjengelig, og dermed fører til bedre SNR. Øking av snittykkelse kan gjøre undersøkelsen raskere ved samme område, men den romlige oppløsningen reduseres, som kan videre føre til forverring av bildekvalitet. (Seeram, 2015)
- **Pasientstørrelse** - I følge Seeram (2015) kan pasientstørrelsen ha mye å si for en CT-undersøkelse. Større pasienter kan blant annet trenge lengre skanntid, høyere kV og høyere mAs. Større pasienter vil absorbere mer stråling enn mindre pasienter, noe som betyr at færre fotoner vil nå detektoren og dermed redusere SNR. Denne reduksjonen i SNR kan føre til at bildene blir av dårligere kvalitet, eller så kan det bli nødvendig å øke dosen for å få gode nok bilder. (Seeram, 2015)

2.1.7 Bilderekonstruksjon

Innen radiologi er bilderekonstruksjon en matematisk prosess som kan danne CT-bilder ved å sammensette data fra stråleprosjeksjoner gjennom pasienten fra mange forskjellige vinkler (Yu L. og Leng S., 2016). Ved CT finnes det to hoved kategorier av rekonstruksjonsmetoder; analytisk rekonstruksjon og iterativ rekonstruksjon (IR).

Den mest brukte analytiske rekonstruksjonen kalles for Filtered Back Projection (FBP). Denne typen rekonstruksjon ble først utviklet i 1970-årene, og har siden blitt forbedret og tilpasset til nyere CT-maskiner som fortsatt kan anvende denne. FBP bruker ligninger av strålesummer tatt ved forskjellige vinkler, for å beregne verdiene til attenuasjonskoeffisientene innenfor et tverrsnitt. Dessuten benytter FBP et konvolusjonsfilter for å fjerne uskarphet. (Yu L. og Leng S., 2016; Padole *et al.*, 2014).

IR ble utviklet og anvendt på CT-maskiner for første gang i 2009 (Padole *et al.*, 2014). IR blir definert som en repetisjon av en prosess for å produsere en sekvens av resultater. Hver iterasjon av prosessen er en enkelt iterasjon, og resultatet av hver iterasjon er utgangspunktet for neste iterasjon. (Padole *et al.*, 2014).

FBP har lenge blitt assosiert med mye bildestøy og artefakter ved CT med lavere stråledoser. IR har derimot muligheten til å produsere lavere bildestøy og høyere resolusjon, ved å holde på kontrasten og redusere artefakter. Dermed er IR blitt en populær type rekonstruksjon ved CT-protokoller med lavere stråledose, siden den i større grad kan bidra med å opprettholde bildekvaliteten, sammenlignet med FBP. (Padole *et al.*, 2014).

2.1.8 Doseoptimalisering og ALARA

Doseoptimalisering er et strålevernsprinsipp som skal sikre at stråledoser som påføres til pasienter holdes så lave som mulig (Seeram, 2015). International Commission of Radiological Protection (ICRP) skrev i en rapport fra 2006 at den årlige stråledosen mot befolkningen ikke burde overskride 50-100 mSv. Personer som ble utsatt for stråledoser over disse grensene hadde en økt risiko for å utvikle kreft, og denne risikoen økte parallelt med økt stråledose (ICRP, 2006).

Ifølge Wang *et al.* (2020) ville en CT-thorax med SDP gi en stråledose mellom 4-7 mSv. Det ble også estimert at en CT-undersøkelse kunne gi en estimert risiko for stråleindusert kreft på 0,05-0,7% (Wang *et al.*, 2020). Denne risikoen økte hvis samme pasient ble utsatt for flere CT-undersøkelser. Innen radiologi blir ALARA-prinsippet derfor benyttet; As Low As Reasonably Achievable. Dette prinsippet går ut på at pasienter alltid skal få minst mulig stråledose ved radiologiske undersøkelser, for å minske risiko for stråleindusert kreft (Andersen, 2017; ICRP, 2006).

Ifølge Connor (2019) er stokastiske effekter av ioniserende stråling oppstår ved en tilfeldighet, vanligvis uten et terskelnivå for dose. Kreftforekomst er et eksempel på stokastiske effekter Sannsynligheten for forekomst av stokastiske effekter er proporsjonal med stråledosen, men alvorlighetsgraden av effekten er uavhengig av dosen som mottas. (Connor, 2019)

Padole *et al.* (2014) skriver at det er særlig viktig å benytte ALARA-prinsippet ved CT-thorax, siden denne protokollen gir stråling mot noen av de mest strålesensitive vevene i kroppen, som thyroidea, brystene og lungene. I tillegg egner CT-thorax seg godt for dosereduksjon siden vevene i område gir høy kontrast og lav attenuasjon i bildene. Dette gjør at CT-thorax har en forhøyet støy-toleranse og potensial for stråledose-reduksjon sammenlignet med andre områder i kroppen. (Padole *et al.*, 2014) Centers for Disease

Control and Prevention (2015) skriver at ALARA har tre hovedfaktorer; avstand, skjerming, og tid. Ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter, er ett av de viktigste faktorene for strålereduksjon, tid. Ved å redusere skanntiden kan stråledosen reduseres betydelig. (CDC, 2015)

2.2 Utviklingen av CT-maskiner

Neurologica (u.å) skriver at teknologi blir forbedret konstant, og det samme gjelder for utvikling av CT-maskiner. Nye metoder for forbedring blir publisert hele tiden, som for eksempel at CT-maskiner har blitt opptil fire ganger raskere siden 2000-tallet.

Fornell D. (2015) skriver i tillegg til dette, at rekonstruksjonsmetodene har blitt bedre ved at FBP har blitt erstattet med IR, som gjør det mulig å få god bildekvalitet ved bruk av mye lavere stråledoser enn før. Et eksempel på dette er at 10 år siden, brukte et hjerteskanngjennomsnittlig 20-30 mSv i forhold til 5 mSv som brukes den dag i dag.

Neurologica (u.å) skriver også at nyere CT-maskiner har mange muligheter for oppdateringer, spesielt Artificial Intelligence (AI). Ved bruk av AI og andre oppdateringer kan CT-maskinen oppnå det mest optimale stråledosen, skanntiden og bildekvaliteten som CT-maskinen tillater.

2.3 Annet relevant teori

2.3.1 eHåndboken

eHåndboken (u.å.-a) er et elektronisk håndbokssystem der alle interne prosedyrer og andre styrende dokumenter ved Oslo universitetssykehus HF (OUS) blir samlet. OUS er et norsk helseforetak som er eid av staten ved Helse Sør-Øst. I tillegg er OUS Norges største sykehus og de samlede prosedyrene gir også en indikasjon på hvordan resten av landet utførte arbeid på sykehusene. (OUS, 2022).

Dokumentene i eHåndboken (u.å.-a) er rettet mot de ansatte og lederne ved sykehusene, og dette skal sikre god styring og støtte ved utføring av undersøkelse (eHåndboken, u.å.-a). Her

var det blant annet registrert ulike CT-thorax prosedyrer som ble laget for radiografer og leger (eHåndboken, u.å.-a).

I eHåndboken (u.å.-b) ble det forklart at CT-thorax LDP uten intravenøst kontrastmiddel (IVK) kunne bli benyttet ved visse indikasjoner, som lungesykdom, kontroll av lungenoduli eller kartlegging ved uklare forhold ved konvensjonell røntgen. Prosedyren poengter viktigheten av at pasienten skulle holde pusten i dyp inspirasjon under bildetakingen.

Skannparameterne ved denne prosedyren varierte noe basert på hvilken type CT-apparat som var i bruk. Ved LDP gjaldt det generelt å sette parameterne på; 120kV, 30mAs, 0,5s rotasjonstid og pitch på 0,9-1,2. (eHåndboken, u.å.-b)

eHåndboken (u.å.-c) skrev også at CT-thorax SDP uten IVK benyttes ved indikasjoner, som lungesykdom, emfysemkvantifisering eller karakterisering av mistenkt hamartom. Denne protokollen ble utført på lik måte som LDP med unntak av skanneparameterne. Disse varierte også med hvilken CT-maskin som bruktes, men generelt gjaldt det å sette parameterne på; 80-120 kV og 80-475 mA (AEC), 0,5s rotasjonstid og pitch på 0.5-0,6. (eHåndboken, u.å.-c)

2.3.2 Tidsskriftet

Tidsskrift for den norske legeforening, eller *Tidsskriftet*, er en medisinsk utskrift som blant annet publiserer fagartikler av helsefaglig relevans i Norge. I mai 2020 publiserte Tidsskriftet en fagartikkel med navn «Bilediagnostikk av pasienter med Covid-19» som var skrevet av Aaløkken *et al.*. Denne artikkelen omfattet retningslinjer og anbefalinger ved bruk av forskjellige bildediagnostiske modaliteter ved avbildning av pasienter med Covid-19 i Norge. Aaløkken *et al.* (2020) skrev også at CT-thorax skulle brukes ved Covid-19 smittede pasienter med uavklarte symptomer etter en systematisk klinisk vurdering. I tillegg skulle pasienter henvises til CT-thorax hvis det var indikasjon på alvorlig sykdomsforløp av Covid-19, som behandlingstrengende dyspnè, lungeemboluser, superinfeksjon, pneumothorax eller andre komplikasjoner.

Når en pasient med Covid-19 ble henvist til CT-thorax i Norge var det anbefalt å gjennomføre undersøkelsen med en CTDI verdi mellom 5–10 mGy uten IVK (Aaløkken *et al.*, 2020). Det var nødvendig å bruke tilstrekkelig stråledose ved undersøkelsene for å kunne framstille CT-bilder av god kvalitet. Aaløkken *et al.* (2020) skrev også at det ikke var nødvendig å benytte IVK, når indikasjon var utbredelse av lungesykdom. I artikkelen ble det

også forklart at IVK kunne forstyrre CT-bildene, og forviske lungeforandringer som mattglassfortetninger (GGO). Fagartikkelen nevnte også at LDP protokoller ikke ble anbefalt, siden bruk av denne protokollen kunne øke støynivået og gi dårligere bildeoppløsning. I følge Kalra *et al.* (2020) ville en CTDI_{vol} mellom 5-10 mGy tilsvare en SDP CT-thorax, og LDP CT-thorax tilsvare en CTDI_{vol} under 5 mGy. (Aaløkken *et al.*, 2020).

2.4 Patologi i CT-bilder

Dette delkapittelet beskriver patologiske tegn som kan ses på CT-thorax bilder. I denne sammenhengen var dette relatert til patologien som ble forårsaket av Covid-19. I følge Ye *et al.* (2020) er den mest vanlige patologien som man kunne se inkluderer blant annet Ground Glass Opacity, Konsolidering (consolidation), Crazy Paving Pattern og luftveisforandringer.

Ground Glass Opacity (GGO) ble definert som disige områder med litt økt tetthet i lungene. Dette var da uten obskurering av bronkiale og vaskulære marginer. I pasienter med Covid-19 kunne det være unilateralt eller bilateralt, som betyr at dette kunne sees i bare en av lungene, men begge lungene kunne også være affisert. Forskning viste at hele 98% av pasienter med Covid-19 hadde denne typen forandringer i lungene. GGO, sammen med konsolidering kunne gi mistanke om pneumoni. (Ye *et al.*, 2020)

Konsolidering (consolidation) ble definert som alveolær luft som ble erstattet av patologiske væsker, celler eller vev. Dette betyr at lungeparenkymal tetthet øker. Konsolidering i bildene kunne vises som multifokal, flekkvis eller segmentell fortetning, fordelt i subpleurale områder eller langs bronkovaskulære bunter. Det er også skrevet at konsolidering er en indikasjon for sykdommens progresjon mot en mer alvorlig stadie. Forekomstraten for konsolidering er 2-64%. (Ye *et al.*, 2020)

Crazy Paving Pattern (CPP) ble definert som fortykkede interlobulære septum og intralobulære linjer med overlegg på en GGO-bakgrunn, som lignet uregelmessige belegningssteiner. Ut ifra tidligere forskning av SARS, blir det antatt at dette kunne skyldes alveolært ødem og interstitiell inflammatorisk eller akutt lungeskade. CPP i tillegg til diffus GGO og/eller konsolisering, kunne være et tegn på at Covid-19 utviklet seg til et mer alvorlig sykdomsforløp. Forekomsten for CPP var 5-36%. (Ye *et al.*, 2020)

Luftveisforandringer i pasienter med Covid-19 kunne inkludere bronkiektasi og bronkialveggfortykkelse. (Kilde 1) poengter at bronkiektasi var observert i bare noen caser, mens bronkialveggfortykkelse var observert i 10-20% av Covid-19 caser. Det ble også skrevet at bronkialveggfortykkelse ble observert mye oftere i pasienter som hadde en alvorlig/kritisk sykdomstilstand, enn vanlige Covid-19 smittede pasienter. (Ye *et al.*, 2020)

I denne oppgaven ble disse fire patologiframstillingene fokusert på mest, fordi fagstoffet og artiklene som ble brukt, understrekte flere ganger at de forekom oftest hos alvorlig syke pasienter.

3.0 Metode

3.1 Valg av metode

Metodevalget for denne oppgaven var en litteraturstudie, med fokus på å sammenligne kvantitative forskningsstudier. Her ble det benyttet kunnskap som allerede er etablert ved å analysere eksisterende forskning. Dermed bygget denne oppgaven på tidligere forskning og relevant litteratur, for å kunne svare på problemstillingen. Det ble utført en grundig søkeprosess og en kritisk vurdering av litteratur, som ble presentert i oppgaven. (Dalland, 2012).

3.2 Søkeprosess

I forkant av litteratursøket ble det diskutert mulige tema til bacheloroppgaven. Her ble det også laget tankekart om aktuelle tema innenfor radiografi. Siden Covid-19 hadde preget samfunnet mye i studietiden mellom 2019 og 2022, ble det bestemt å skrive om akkurat dette tema. Tema falt deretter på CT og Covid-19 smittede pasienter. Det ble utført generelle litteratursøk på Google Scholar for å få en oversikt over hvilken litteratur som hadde blitt publisert innen CT og Covid-19. Tema ble spesifisert ut ifra dette. Et PICO-skjema ble også opprettet for å systematisere tema og søkeord, og en systematisk søkestrategi ble utviklet. Flere metodebøker ble det anbefalt av en bibliotekar, som kunne brukes til å få en god struktur på oppgaven. Disse metodebøkene ble hentet fra biblioteket på NTNU sammen med andre relevante pensumbøker. For å finne gratis og fulltekst-versjoner av artikler fra PubMed, ScienceDirect, Ovid Medline og SpringerLink, ble NTNU Oria benyttet.

Tabell 1. Oversikt av Pico-skjema

P:	Pasient/problem	Pasienter som har påvist Covid-19 infeksjon.
I:	Intervention	CT-thorax standard protokoll
C:	Comparison	CT-thorax lavdose protokoll
O:	Outcome	Stråledose og bildekvalitet.

Litteratursøkene gikk ut på å finne kvantitative studier, som kunne brukes til sammenligning av tall og statistikk fra en større populasjon.. Ved søk i de nevnte databasene, ble det også benyttet begrensinger for å spesifisere søket, som «advanced search». Vi begrenset også tidsperioden for publisering til februar i 2020 til 2022, for å finne nyest mulig forskning innen CT-protokoller og Covid-19. I tillegg hadde søket noen begrensinger som var knyttet til relevante kategorier eller subkategorier, som for eksempel «Subdiscipline: Imaging/radiology» i søkemotoren SpringerLink. Det ble også huket av bokser for «free text» og «full text», for å kunne lese fulltekst uten å måtte betale.

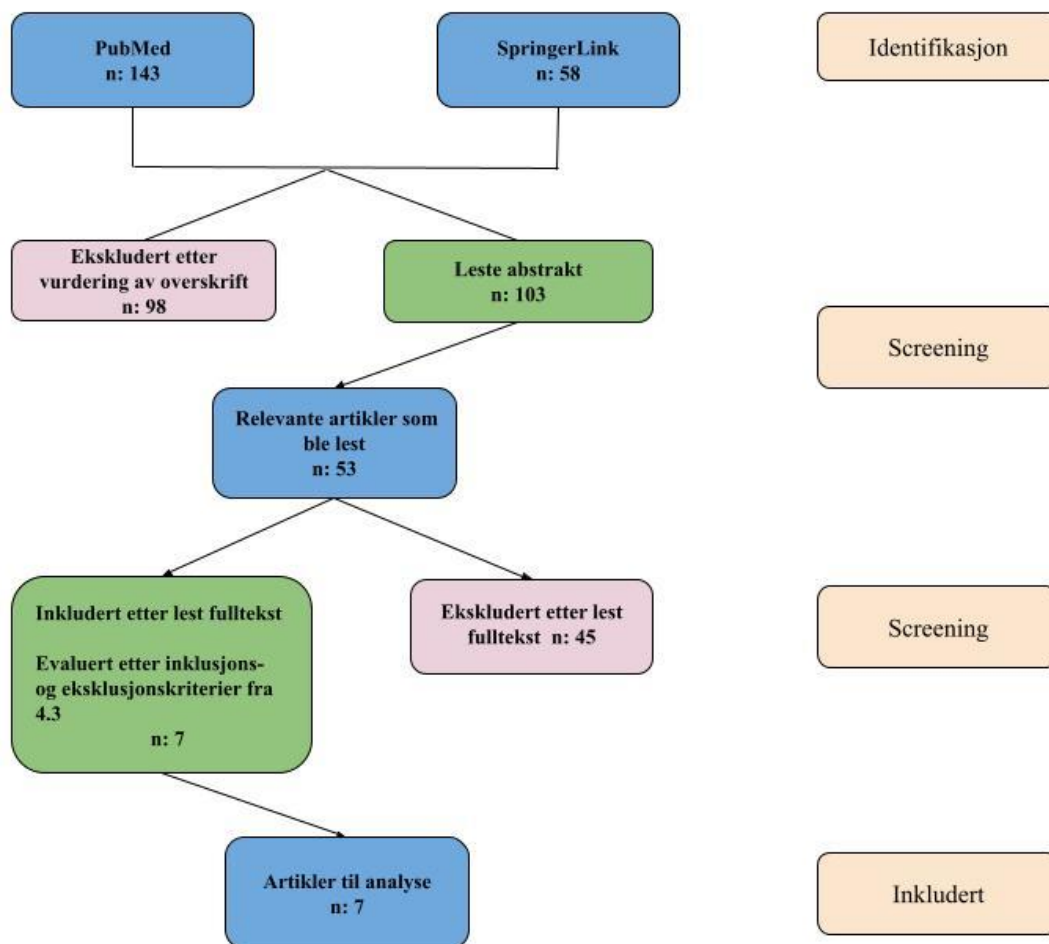
Søkeord som ble brukt til å finne forskningsartiklene var alle på engelsk, siden dette ville gi oss flere treff i databasene, samtidig som at det var lite forskning innen dette fagområde som var publisert på norsk. Mange av forskningsartiklene inneholdt også nøkkelord, som videre ble tatt i bruk for å søke på flere artikler. I tillegg refererte flere artikler til andre relevante artikler, som videre hjalp oss med å finne flere relevante studier og søkeord.

Tabell 2. Oversikt av brukte søkeord i søkeprosessen

Søkeord brukt i søkeprosessen:
Chest CT, COVID-19, CT protocol, Coronavirus disease 2019, CT Low-Dose, Standard-dose, Computed tomography, Radiation protection, Pneumonia, Radiation exposure, Scanning parameters

Oppgaven er basert på sju utvalgte artikler. Hver inkludert artikkel i denne oppgaven fikk et nummer for å lettere skille dem (Studie 1-7). Det ble også oppgitt i hvilken database som artiklene ble funnet i. (Se vedlegg 1 Søkehistorikk)

Figur 1. Flytskjema. Flytskjema viser en oversikt av søkeprosessen, som ble utført for å finne forskningsartikler til oppgaven.



3.3 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

Vi brukte Aveyard (2014) sine punkter for å komme fram til inklusjons- og eksklusjonskriterier og relevante og spesifikke søkeord.

Tabell 3. Inklusjons- og eksklusjonskriterier

	Inklusjonskriterier	Eksklusjonskriterier
Populasjon	<ul style="list-style-type: none"> • Pasienter med symptomer og indikasjoner for Covid-19 sykdom • Pasienter med Covid-19 diagnose • Pasienter med henvisning til CT-thorax uten IVK, for videre utredning av alvorlighetsgrad av Covid-19 • Utføring av CT-thorax med SDP, LDP og/eller tilsvarende protokoller • Sammenligning av pasientdose og diagnostisk verdi av CT-bildene • Gransking av CT-bilder utført av radiologer 	<ul style="list-style-type: none"> • Pasienter med en annen sykdom enn Covid-19 • CT-thorax med IVK. • CT-thorax med ultra lavdose protokoll • Andre protokoller • Andre modaliteter
Utfall	<ul style="list-style-type: none"> • Vitenskapelig litteratur som er fagfellevurdert • Litteratur hentet fra pålitelige databaser • Litteratur som er av radiograffaglig eller medisinsk forskning • Litteratur som er relevant for problemstillingen • Kvantitative forskningsartikler 	<ul style="list-style-type: none"> • Fagartikler
Alder	<ul style="list-style-type: none"> • Voksne og eldre pasienter over 18 år 	<ul style="list-style-type: none"> • Pasienter som er under 18 år • Gravide pasienter <p>Unntak: Studier som har separert statistikken fra pasientene som var under 18 år og pasientene som var over 18 år.</p>
Publisert tidsperiode	<ul style="list-style-type: none"> • Publiserte artikler fra februar i 2020 til februar 2022 	<ul style="list-style-type: none"> • Publiserte artikler tidligere enn februar 2020
Språk	<ul style="list-style-type: none"> • Engelsk eller norsk 	<ul style="list-style-type: none"> • Andre språk

3.4 Kontroll og analyse av data

Databasene PubMed og SpringerLink publiserer bare fagfellevurderte artikler.

Fagfellevurdering er en akademisk bedømming av en forskningsartikkel (Utdanningsforskning, 2016). Fagfellevurderte artikler er vurdert og godkjent av to til tre nøytrale og anonyme eksperter innenfor fagfeltet (Utdanningsforskning, 2016). For å kvalitetssikre resultatene, var det viktig at alle artiklene i denne oppgaven ble vurdert på denne måten.

I tillegg til å bruke databaser som kvalitetssikret innholdet deres, ble det også benyttet sjekklister fra Helsebiblioteket (2016). Her ble det brukt “Sjekkliste For Diagnosestudie” og “Sjekkliste For Prevalensstudie” til observasjons- og metastudien og “Sjekkliste For Randomisert Kontrollert Studie” til de randomiserte kontrollerte studiene. Disse sjekklisene hadde sentrale spørsmål som ble brukt som hjelpemiddel i denne oppgaven. Sentrale spørsmål i disse sjekklisene gikk blant annet ut på om artikkelen hadde en klart formulert problemstilling og om studietypen var velegnet for å svare på problemstillingen. Hvis disse to spørsmålene kunne besvares med “nei”, ble artikkelen ikke godkjent. Hvis de to spørsmålene kunne besvares med “ja”, gikk de videre til de neste sentrale spørsmålene. Disse gikk ut på om resultatene var troverdige, hva resultatene innebåret, og om de kunne brukes i oppgaven. Hvis besvarelsen av disse spørsmålene var tilfredsstillende, ble artikkelen godkjent og tatt opp til vurdering. Alle tre gruppelemmene leste gjennom alle artiklene, og brukte de samme sjekklisene til å vurdere påliteligheten deres. I tillegg ble det diskutert muntlig om artikkelen skulle inkluderes eller ikke. (Helsebiblioteket, 2016)

Det var også viktig å finne artikler som ble skrevet av flere fagfolk, og at CT-bildene ble gransket av flere uavhengige radiologer med erfaring. Antall pasienter i forskningslitteraturen ville også påvirke påliteligheten til studiene, fordi flere pasienter fører til en mer pålitelig statistikk og konklusjon.

Fagartikler ble sammenlignet med forskningsartiklene. Fagartiklene som ble inkludert i denne oppgaven inneholdt blant annet norske standardverdier for protokoller og parametere ved CT-thorax. Disse standardverdiene ble sammenlignet med verdiene fra forskningslitteraturen, for å sjekke om disse var realistiske og relevante i forhold.

4.0 Resultat

4.1 Presentasjon av forskningsartikler i tabell

Oppgaven er basert på sju utvalgte artikler som er presentert i tabeller, med overskrift Studie 1-7 for å gjøre det mer oversiktlig. Hver studie har fått tildelt et tall (1-7), og blir presentert med navn, forfatter, publiseringsdato og land. I tillegg blir hensikten med hver studie beskrevet, samt metodebruk og resultat av artikkelen. Til slutt blir det forklart hvorfor artikkelen er relevant for denne bacheloroppgaven.

Studie 1	“Radiation dose levels in chest computed tomography scans of coronavirus disease 2019 pneumonia.”
Forfatter	Zhou <i>et al.</i>
Publisert	August 2021
Land	Kina
Studiens hensikt	Forskningsartikkelen utførte en observasjonsstudie med mål om å finne ideelle referanseverdier for CT-thorax av pasienter med Covid-19.
Metode	<p>I denne retrospektive datainnsamlingen av observasjoner ble det samlet inn 2019 CT-thorax bilder av 550 pasienter med Covid-19 fra 92 ulike sykehus i Kina.</p> <p>Parametre fra disse bildene ble analysert og sammenlignet. Alle bilder som ikke hadde god nok diagnostisk verdi, i følge radiologene, ble ekskludert fra studien. Dermed ble det kun gjort analyse av verdiene til CT-bildene som radiologene hadde godkjent.</p> <p>Studien ble holdt fra januar til mai i 2020.</p>
Resultat av artikkelen	<p>Resultatet viste stor forskjell mellom sykehusene og verdiene på CT-thorax bildene. Særlig resultatet av total stråledose gikk langt ut over anbefalingene for den årlige stråledosen blant befolkningen. Gjennomsnittlig tok hver pasient 4 CT-undersøkelser (± 2.0) i løpet av et tidsintervall på inntil 12 dager. Den høyeste registrerte totalverdien for CTDIvol i denne studien lå på 33,8 mGy, på grunn av gjentatte undersøkelser med høy stråledose.</p> <p>Studien konkluderte med at stråledosen blant Covid-19 smittede pasienter som fikk CT-thorax gikk langt ut over anbefalingene for den årlige stråledosen blant befolkningen. I denne studien ble det dermed anbefalt å bruke en hurtig-skann LDP for å minimere stråledose og bevegelsesartefakter. Det ble påvist at LDP kunne gi en strålereduksjon med opptil 50% i forhold til SDP. Viktige faktorer som kunne gi redusert stråledose ved LDP var redusert kV og mAs, aktiv AEC, iterativ rekonstruksjon og høy pitch.</p>
Relevans for problemstilling	Denne forskningsartikkelen var relevant for oppgaven siden den sammenlignet verdier fra brukte parametre, som inkluderte både LDP og SDP CT-thorax. Studien fremhevet også at flere pasienter måtte gjennomføre flere CT-undersøkelser i løpet av en viss tid, noe som økte den totale stråledosen til disse pasientene. I følge studien ville LDP minke stråledose og bevegelsesartefakter.

Studie 2	“Variations in CT Utilization, Protocols, and Radiation Doses in COVID-19 Pneumonia: Results from 28 Countries in the IAEA Study.”
Forfatter	Homayounieh <i>et al.</i>
Publisert	November 2020
Land	Internasjonalt
Studiens hensikt	Hensikten med denne studien var å evaluere internasjonale variasjoner i bruk av CT-thorax på pasienter med Covid-19.
Metode	<p>The International Atomic Energy Agency (IAEA) arrangerte og utførte en retrospektiv datainnsamling av en surveyundersøkelse. Surveyundersøkelsen omhandlet CT-bruk, protokoller og stråledose blant forskjellige land ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter. Det var 54 sykehus fra 28 land blant fire forskjellige kontinenter som deltok i studien. Surveyundersøkelsen ble fylt ut av fysikere, radiografer og/eller radiologer. Hver helseinstitusjon leverte anonyme data fra minst 10 pasienter. Til sammen ble det samlet inn data fra 782 pasienter, som skulle brukes til å sammenligne de forskjellige protokollene som ble brukt ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter.</p> <p>Undersøkelsen ble gjennomført mellom mai og juli i 2020.</p>
Resultat av artikkelen	<p>Resultatet i denne artikkelen viste at hele 29% av pasientene i studien undergikk to til åtte CT-thorax undersøkelser innen en måned. Det ble også funnet store forskjeller i CTDI_{vol} verdier, antall detektorrader, installasjonsår av CT-maskiner og rekonstruksjonsteknikker blant de forskjellige landene. Artikkelen skrev at CT-maskiner eldre enn 2016 ga større stråledose sammen med dårligere bildekvalitet enn nyere maskiner ved like CT-parametre. I tillegg anbefalte studien å benytte iterative rekonstruksjoner for å redusere stråledosen.</p> <p>Studien konkluderte med at det var et stort behov for å etablere spesifikke internasjonale retningslinjer for hvilke CT-thorax protokoller som skulle anbefales ved undersøkelse av pasienter med Covid-19. Studien understrekte også at nasjonale retningslinjer kunne være med på å redusere og begrense stråledose mot pasienter over hele verden.</p>
Relevans for problemstilling	<p>Denne studien var relevant for oppgaven da den beskrev hvilke protokoller som ble brukt i Europa og andre kontinenter, og hvor ofte protokollene ble brukt. Samtidig understreket artikkelen at installasjonsår kunne ha mye å si for bildekvalitet og stråledose, og at det derfor ble anbefalt å benytte CT-maskiner fra etter 2016. I tillegg forklarte artikkelen at det var store variasjoner i blant annet CT-maskin alder og rekonstruksjonsteknikker, noe som kunne påvirke stråledosen. Det ble også argumentert at det var viktig å begrense stråledoser mot pasientene over hele verden.</p>

Studie 3	“Optimization of lung CT protocol for the diagnostic evaluation of Covid-19 lung disease.”
Forfatter	Hosseini Nasab <i>et al.</i>
Publisert	September 2021
Land	Iran
Studiens hensikt	Studiens hensikt var å lage forskjellige CT-thorax protokoller og evaluere hvilken som egnet seg best for diagnostisk evaluering ved bildetaking av Covid-19 smittede pasienter.
Metode	Denne randomiserte kontrollerte studien laget sju forskjellige CT-thorax protokoller (A-G), og hver protokoll ble utført på 70 pasienter. Pasientene ble diagnostisert med Covid-19 ved bruk av en RT-PCR-test. Etter datainnsamling ble bildeseriene anonymisert og vurdert av to uavhengige radiologer. Vurderingen ble deretter sammenlignet med protokollene og parametrene. Inkludert i denne studien var 490 pasienter med Covid-19 fra fem forskjellige sykehus.
Resultat av artikkelen	I følge denne studien ble det anbefalt å benytte LDP CT-thorax, siden den viste god nok bildekvalitet til å beskrive Covid-19 patologi i lungene, samtidig som den reduserte stråledose og estimert cancer risiko. Det ble påvist at LDP kunne gi en strålereduksjon med opptil 88% i forhold til SDP. I tillegg understreket artikkelen viktigheten av høy nok mAs og bruk av AEC i CT-thorax protokollen.
Relevans for problemstilling	Denne studien var relevant for oppgaven, fordi den sammenlignet flere LDP og SDP ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter. Studien konkluderte med at LDP egnet seg best, på grunn av god nok bildekvalitet, redusert stråledose og redusert cancer risiko.

Studie 4	“A low-dose chest CT protocol for the diagnosis of COVID-19 pneumonia: a prospective study.”
Forfatter	Tabatabaei <i>et al.</i>
Publisert	August 2020
Land	USA
Studiens hensikt	Studiens hensikt var å sammenligne LDP og SDP ved CT-thorax avbildning av pasienter med Covid-19.
Metode	<p>Denne forskningsartikkelen utførte en randomisert kontrollert studie der de tok CT-bilder av 20 Covid-19 smittede pasienter. Alle pasientene gjennomgikk først en CT-thorax med SDP, og deretter en LDP uten å flytte seg. Disse 40 bildeseriene ble anonymisert og gransket av tre uavhengige radiologer. Vurderingen ble deretter sammenlignet med protokollene og parametrene i studien. Studien inkluderte kun pasienter som testet positivt for Covid-19.</p> <p>LDP ble utført med 30 mAs og 120 kV, og SDP ble utført med 150 mAs og 120kV.</p> <p>Studien ble gjennomført mellom 15. mars og 31. mars i 2020.</p>
Resultat av artikkelen	Resultatet av studien viste at det var ingen statistisk signifikant forskjell i bildekvalitet ved granskning av CT-bildeseriene mellom LDP og SDP. Det ble likevel påvist at LDP kunne gi en strålereduksjon med opptil 73% i forhold til SDP. Dermed ble det anbefalt å benytte CT-thorax med LDP, siden den reduserte stråledose og estimert cancer risiko.
Relevans for problemstilling	Denne studien var relevant for oppgaven, fordi den direkte sammenlignet LDP og SDP CT-thorax på samme pasient. Studien konkluderte med at LDP ble anbefalt på grunn av redusert stråledose og cancer risiko.

Studie 5	“A review on chest CT scanning parameters implemented in COVID-19 patients: bringing low-dose CT protocols into play”
Forfatter	Azadbakht <i>et al.</i>
Publisert	Januar 2021
Land	Iran
Studiens hensikt	Hensikten ved denne studien var å sammenligne 11 studier som hadde utført forskning på bruk av parametere ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter, og finne de beste parametrene som ga best diagnostisk bildekvalitet, men samtidig lavest stråledose.
Metode	Metaanalysen sammenlignet ulike parametre ved CT-thorax hos Covid-19 smittede pasienter og vektla funn av stråledosereduksjon sammen med å beholde adekvate bilder til diagnostisk bruk. Studien ble sammensatt av leger og forskere ved flere sykehus.
Resultat av artikkelen	Studien konkluderte med at CT-thorax med LDP ble anbefalt ved diagnostisering og bildetaking av pasienter med Covid-19. I tillegg resulterte LDP i en strålereduksjon med opptil 89% i forhold til SDP, uten å senke den diagnostiske verdien i CT-bildene.
Relevans for problemstilling	Studien var relevant for oppgaven, fordi den sammenlignet flere ulike studier, som hadde tatt i bruk ulike protokoller ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter. Forskningsstudien konkluderte med at LDP var best, siden den reduserte stråledosen, samtidig som at den opprettholdt diagnostisk bildekvalitet.

Studie 6	“The reliability of low-dose chest CT for the initial imaging of COVID-19: comparison of structured findings, categorical diagnoses and dose levels”
Forfatter	Karakaş, Yıldırım, og Çiçek
Publisert	September 2021
Land	Tyrkia
Studiens hensikt	Hensikten i denne studien gikk ut på å sammenligne LDP og SDP CT-thorax protokoller ved Covid 19-pasienter.
Metode	<p>Denne studien gjennomførte en randomisert kontrollert studie med fokus på å sammenligne LDP og SDP ved CT-thorax. Det var 740 pasienter fra forskjellige sykehus som deltok i denne studien. Alle pasientene hadde indikasjon på Covid-19 og gjennomgikk CT-thorax både med LDP og SDP. Bildeseriene fra LDP og SDP ble anonymisert og vurdert av to radiologer. Vurderingen ble deretter sammenlignet med protokollene og parametrene</p> <p>LDP ble utført med 80kV og 40mA, mens ved SDP ble utført med 120kV og 300mA.</p> <p>Studien ble holdt mellom 21. mars og 2. april i 2020.</p>
Resultat av artikkelen	Studien konkluderte med at selv om LDP reduserte stråledosen, ble CT-bildeseriene av dårligere kvalitet enn ved SDP. Særlig ved funn av GGO, var bildekvaliteten ved LDP dårligere enn ved SDP. Dermed burde SDP bli brukt ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter, mens LDP kunne bli benyttet ved videre oppfølging. Det ble påvist at LDP kunne gi en strålereduksjon med opptil 92% i forhold til SDP.
Relevans for problemstilling	Denne forskningsstudien var relevant for oppgaven siden den direkte sammenlignet CT-thorax med LDP og SDP av de samme Covid-19 smittede pasientene. Studien konkluderte med at SDP egnet seg best, siden den diagnostiske bildekvaliteten var bedre enn ved LDP, særlig ved GGO funn.

Studie 7	“The Feasibility of Low-dose Chest CT Acquisition Protocol for the Imaging of COVID-19 Pneumonia”
Forfatter	Atlı <i>et al.</i>
Publisert	Juni 2021
Land	Tyrkia
Studiens hensikt	Målet med studien var å sammenligne nøyaktigheten av LDP og SDP ved CT-thorax av pasienter med Covid-19.
Metode	<p>Denne studien utførte en randomisert kontrollert studie i İstanbul Okan University Hospital. Studien inkluderte 141 pasienter som skulle ta LDP CT-thorax, og 92 pasienter som tok SDP CT-thorax. To radiologer gransket og vurderte alle bildeseriene. Vurderingen ble deretter sammenlignet med protokollene og parametrene.</p> <p>LDP ble utført med 100 kV og 50 mA, mens SDP ble utført med 120 kV og 90-400 mA (AEC).</p> <p>Studien ble holdt mellom 27. mars og 15. april i 2020.</p>
Resultat av artikkelen	Resultatet i denne studien viste at selv om LDP ved CT-thorax ga et høyere støy nivå, så var det ingen signifikant forskjell i diagnostisk nøyaktighet ved de to protokollene. Det var likevel stor forskjell i stråledose mot pasientene ved de to protokollene og det ble påvist at LDP kunne gi en strålereduksjon med opptil 90% i forhold til SDP. Studien konkluderte med at LDP anbefaltes.
Relevans for problemstilling	Denne studien var relevant for oppgaven fordi den sammenlignet LDP og SDP ved CT-thorax av Covid-19 pasienter. Studien anbefaler LDP da denne protokollen opprettholdt god nok bildekvalitet og diagnostisk nøyaktighet, samtidig som den reduserte stråledosen mot pasienten betraktelig i forhold til SDP.

4.2 Resultater for protokoller og parametre

Tabell 4

Tabell 4 viser en oversikt over de brukte protokollene til hver studie. Tabellen viser til hver studie (1-7) og viser hvilken protokoll og hvilke parametre som er brukt ved CT-thorax: kV, mAs, CTDIvol, pitch og snitt tykkelse. Kolonnen med studienummer viser til hvilken studie som informasjonen er hentet fra.

LDP står for lavdose protokoll som er markert blå, og SDP står for standard dose protokoll som er markert rødt. Andre protokoller som ikke er oppgitt som LDP eller SDP, er også farget med blå eller rød basert på om CTDIvol er over eller under 5 mGy.

Studie nummer	Protokoll	kV	mAs	CTDIvol (mGy)	Pitch	Snitt tykkelse (mm)
1 <i>Zhou et al., (2021)</i>	Gjennomsnitt	100	-	9.68	2.83	3.5
2 <i>Homayounieh, F. et al. (2021)</i>	Afrika	-	-	9	-	-
	Asia	-	-	8	-	-
	Europa	-	-	8	-	-
	Sør-Amerika	-	-	9	-	-
3 <i>Hosseini Nasab, S. M. B. et al. (2021)</i>	A	110	20	1.61	1.5	5
	B	110	100	6.82	1.5	5
	C	110	70	4.68	1.5	5
	D	110	50	3.49	1.35	5
	E	110	50	3.62	1.35	5
	F	120	50	2.96	1.188	5
	G	120	50	3.11	1.188	5
4 <i>Tabatabaei, S. et al. (2020)</i>	LDP	-	-	3,505 ± 0,83	-	3
	SDP	-	-	13,115 ± 2,48	-	3
5 <i>Azadbakht, J. et al. (2021)</i>	Min	120	30	-	1	0.65
	Max	120	250	8.4 ± 2.0	1,5	5
6 <i>Karakas, H. M., Yildirim, G. og Çiçek, E. D. (2021)</i>	LDP	80	20	15.59	0.5	-
	SDP	120	180	189.98	0.6	-
7 <i>Atli, E. et al. (2022)</i>	LDP	100	50	1.06 ± 0.76	1.4	5
	SDP	120	90 - 400	8.07 ± 3.16	1.4	2.5

Studie 1 sammenlignet flere brukte CT-thorax protokoller fra ulike sykehus, og oppga et gjennomsnitt av parametrene (Zhou *et al.*, 2021). I studien ble det både brukt LDP og SDP, og det ble ikke oppgitt separate CT-parametre for hver av disse protokollene, derfor er parameterne i tabellen oppgitt som gjennomsnitt.

Studie 2 sammenlignet protokoller fra ulike kontinenter, dermed er kontinentet angitt som protokoll (Homayounieh *et al.*, 2020). Det angitte kontinentet viser til hvilke parametre som er brukt i kontinentet. Alle ble kategorisert som SDP (rødt).

Studie 3 laget og sammenlignet sju ulike CT-thorax protokoller (A-G), som ble kategorisert som enten LDP (blå) eller SDP (rød) i tabellen basert på CTDIvol (Hosseini Nasab *et al.* 2021).

Studie 5 var en metaanalyse bestående av 11 forskningsartikler (Azadbakht. *et al.*, 2021). I tabellen under protokoll ble det oppgitt minsteverdi (Min) og maksimumsverdi (Max) for parameterne fra denne studien.

Noen av studiene hadde ikke oppgitt visse parametre i studiene deres. Dermed er det noen mangler av tall i tabellen

4.3 Resultater for anbefalt protokoll og bildekvalitet

Tabell 5

Tabell 5 viser en oversikt over de anbefalte protokollene i konklusjonen til hver studie, prosent av strålereduksjon og begrunnelsen for den anbefalte protokollen ved CT-thorax. Kolonnen med Studie viser til hvilken studie som informasjonen er hentet fra.

Studiene som hadde oppgitt strålereduksjon i prosent, hadde regnet dette ut ved hjelp av CTDIvol, Dose-Length-Product og Effektiv Dose ved LDP og SDP. Prosentene er rundet opp til nærmeste hele tall. Begrunnelsen for anbefalt protokoll ble hentet fra analysene og konklusjonene til de beskrivende radiologene og forfattere i studiene.

Studie	Anbefalt protokoll	Stråle-reduksjon fra SDP til LDP	Begrunnelse for anbefalt protokoll og bildekvalitet
1 Zhou <i>et al.</i> , 2021	Lavdose	50%	<ul style="list-style-type: none"> • LDP ga redusert stråledose, sammenlignet med SDP. Bildekvaliteten mellom begge protokollene var lik. • Selv om LDP kunne gi dårligere bildekvalitet i mediastinal vindu, var Covid-19 relaterte diagnoser mer avhengige av bra kvalitet i lungevindu ved CT-thorax. Lungevindu ved CT-thorax bildene ble ikke påvirket i like stor grad, og hadde god nok bildekvalitet ved LDP. • Gjennomsnittlig tok hver pasient 4 CT-bilder (± 2.0) i løpet av et tidsintervall på inntil 12 dager. Dette øket stråledosen til hver pasient, og dermed ble LDP anbefalt framfor SDP.
2 Hoday-ounieh <i>et al.</i> , 2020	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter burde det brukes en protokoll som påfører så lav stråledose som mulig. • Siden 29% av pasientene måtte undergå 2-8 CT-thorax undersøkelser i løpet av mindre enn en måned, var det viktig å begrense stråledosen. • CT-maskiner installert mellom 2016-2020 kunne også produsere bedre bildekvalitet med mindre stråledose sammenlignet med eldre maskiner.
3 Hosseini Nasab <i>et al.</i> , 2021	Lavdose	88%	<ul style="list-style-type: none"> • LDP reduserte stråledosen og estimert cancer risiko, sammenlignet med SDP. • Likevel anbefalte artikkelen å benytte en mAs mellom 20-50 med aktiv AEC for å sikre god nok bildekvalitet. CT-thorax protokollen med laveste mAs (20 mAs) hadde økt støynivå i bildene og hadde dårligere egenskap til å framstille typisk Covid-19 patologi sammenlignet med de andre protokollene. • Likevel var de fleste CT-bildene med denne protokollen gode nok til å gi en sikker beskrivelse, særlig ved bruk av AEC.
4 Tabatabaei <i>et al.</i> , 2020	Lavdose	73%	<ul style="list-style-type: none"> • LDP reduserte stråledosen og estimert cancer risiko, sammenlignet med SDP. • Det ble ikke påvist signifikante forskjeller i bildekvalitet mellom LDP og SDP ved CT-thorax.

<p>5 Azadbakht. <i>et al.</i>, 2021</p>	<p>Lavdose</p>	<p>89%</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Denne metaanalysen konkluderte med at LDP reduserte stråledosen, sammenlignet med SDP. • De fleste artiklene i studien understrekte at bildekvaliteten mellom begge protokollene holdt seg stabil. • AEC var også viktig å bruke for å kunne begrense stråledose.
<p>6 Karakas, Yildirim og Çiçek, 2021</p>	<p>Standard dose</p>	<p>92%</p>	<ul style="list-style-type: none"> • LDP reduserte stråledosen, men produserte også dårligere bildekvalitet enn SDP. • Ved GGO og annen patologi tilstedet, viste det seg at bildekvaliteten ved LDP var betydelig dårligere enn ved SDP. • Det var også mulig å redusere stråledosen betraktelig ved bruk av iterativ rekonstruksjon.
<p>7 Atlı <i>et al.</i>, 2021</p>	<p>Lavdose</p>	<p>90%</p>	<ul style="list-style-type: none"> • LDP reduserte stråledosen, sammenlignet med SDP. • CT-thorax bildene med LDP hadde lavere SNR sammenlignet med SDP. • Likevel var det ikke påvist dårligere diagnostisk bildekvalitet ved LDP enn ved SDP. • Støyet forårsaket av diafragmabevegelsene var lik i både LDP og SDP gruppene

Studie 2 konkluderer ikke med å anbefale en spesifikk protokoll, men understreker at stråledosen likevel burde være så lav som mulig. Derfor mangler Studie 2 anbefalt protokoll og prosent av strålereduksjon fra SDP til LDP i denne tabellen (Homayounieh *et al.*, 2020).

Studie 3 oppga ikke strålereduksjonen i prosent, dermed ble det regnet ut manuelt. Prosenten ble regnet ut ved å bruke det absolutt høyeste tallverdien av Effektiv Dose ($6.15+0.57=6,72$) og den absolutte laveste tallverdien av Effektiv Dose ($1.31-0.53=0,78$) som ble oppgitt i studien. Prosentreduksjonen ble beregnet ved å bruke disse tallene og denne formelen. Beregnet prosenten ble 88%. (Hosseini Nasab *et al.*, 2021)

$$\text{Prosent Reduksjon} = \left(\frac{\text{Startverdi} - \text{Sluttverdi}}{|\text{startverdi}|} \right) * 100$$

Tabellen viser at 5 av 6 studier anbefaler LDP. Studie 2 blir ikke tatt med i denne statistikken.

5.0 Diskusjon

Ved alvorlig Covid-19 sykdomsforløp, er CT-thorax en av de primære undersøkelsene som ble benyttet for oppfølging og kontroll av utviklingen (Aaløkken *et al.*, 2020; Zhou *et al.*, 2021). For at radiologene skulle ha muligheten til å skrive en god beskrivelse og leger i videre ledd skulle kunne sette riktig diagnose sammen med riktig behandling og oppfølging, måtte bildene være diagnostisk gode. Bildekvalitet spilte en stor rolle i oppfølging og behandling av Covid-19 smittede pasienter, men ved bruk av CT kunne store doser akkumuleres. Mange faktorer kunne påvirke CT-thorax bildekvalitet, som maskinens doseparametre, alder, støy, artefakter, og forskjellige variasjoner ved pasienter, som inkluderte blant annet vekt.

5.1 Bildekvalitet og GGO

Ifølge forskningen til Studie 1, kunne reduksjon av stråledose redusere bildekvaliteten vesentlig i både mediastinal vindu og lungevindu (Zhou *et al.*, 2021). Reduksjon av stråledose beskriver vanligvis reduksjon av blant annet mAs. Som beskrevet tidligere i 2.1.2 *Milliamperere per sekund (mAs) og Skanntid*, kunne reduksjon av mAs forårsake reduksjon i SNR. Reduksjon av SNR kunne føre til mindre kontrast i bildene og 'kornete bilder'. Dersom SNR ble for lav, kunne kontrasten bli så dårlig at noe av patologien ble oversett. Dette kan i noen tilfeller ha store konsekvenser, som forsinket eller feil behandling (Dean Law Firm, 2021). Som Studier 4 og 6 skrev, kunne GGO ofte være vag og vanskelig å se dersom SNR var lav og bildene var kornete (Tabatabaei *et al.*, 2020; Karakaş, Yıldırım og Çiçek, 2021). I følge Ye *et al.* (2020) i 2.3 *Patologi i CT-bilder* var GGO den mest vanlige bildepatologien som Covid-19 smittede pasienter hadde, opptil 98%. Crazy Paving Pattern, sammen med GGO kunne indikere en sykdomsprogress som ble mer alvorlig. Aaløkken *et al.* (2020) skrev også i sin artikkel at synligheten av GGO ble mye verre ved bruk av LDP sammenlignet med SDP. Derfor anbefalte de i artikkelen å bruke CT-thorax SDP, som hadde en CTDI mellom 5-10 mGy.

5.2 Diafragmabevegelser og Støy

En annen faktor som kan forårsake minket SNR, er artefakter. Spesifikt bevegelsesartefakter fra diafragma. Som Studie 7 beskrev, ble støyet forårsaket av diafragmabevegelserne lik i både LDP og SDP gruppene (Atli *et. al.*, 2021). Selv om støy alene kanskje ikke påvirket bildekvaliteten for mye, kunne støy som ble forårsaket av diafragmabevegelser i tillegg til dette utgjøre en utfordring i bildekvalitet. Studie 7 konkluderte derimot at selv om SNR var mindre ved LDP, var radiologene like sikre av beskrivelsen ved både LDP og SDP (Atli *et. al.*, 2021). Kriteriene som eHåndboken hadde ved en CT-thorax undersøkelse ved både LDP og SDP, var at pasienten måtte holde pusten i god inspirasjon. Pasienter med Covid-19 induisert lungeinfeksjon kunne ofte få vanskeligheter for å kontrollere pusten. (eHåndboken, u.å.-b; eHåndboken, u.å.-c). Studie 1 anbefalte LDP på grunn av at det kunne redusere bevegelsesartefakter, sammenlignet med SDP (Zhou *et al.*, 2021). Kortere undersøkelsestider kan redusere bevegelsesartefakter, og dette kan oppnås ved høyere pitch og/eller kortere skanntider; det kan også oppleves lettere for pasienter å holde pusten dersom skanntiden er kort.

5.3 Pitch, Skanntid og Snittykkelse

Snittykkelse, som beskrevet i 2.1.6 *Støy*, har snittykkelse en del å si for både stråledose og skanntiden under en undersøkelse. Ved øking av snittykkelse kan noe av anatomien og eventuelt patologien ikke bli med, men stråledosen blir mindre. I tillegg til det, kan den romlige oppløsningen reduseres ved å øke snittykkelse. Justering av pitch gir også muligheter for reduksjon av stråledose og undersøkelsestider. Ved å bruke en pitch >1 kan man redusere både stråledose og skanntiden (Seeram, 2015). eHåndboken skriver også at det er anbefalt å bruke høyere pitch ved CT-thorax LDP (0.9-1.2), og en lavere pitch ved SDP (0.5-0.6) (eHåndboken, u.å.-b; eHåndboken, u.å.-c). Dette kan skyldes av at høyere pitch (>1) ikke gir overlapping av snitt, noe som kan føre til redusert dose per undersøkelse ved bruk av samme skanneområder. Som referert i 2.1.3 *Pitch*, er kortere skanntider lønnsomme, fordi mindre stråledose blir brukt og ved undersøkelser som CT-thorax der pasientene må holde pusten, kan det oppleves lettere for pasientene. Dersom pasientene allerede er andpusten, kan inspirasjonshold oppleves som vanskelig og av og til uoppnåelig. Dette kan dermed føre til at pasientene ikke klarer å holde pusten så lenge som det er nødvendig, og

diafragmabevegelsesartefaktene kan bli betydelige, og noen undersøkelser må kanskje tas på nytt.

5.4 SNR ved Reduksjon av mAs

Redusert mAs kan skape utfordringer ved bildetaking av overvektige pasienter. Store pasienter har mer vev som røntgenstrålene skal gjennom, og dermed mer attenuasjon i vev. Lavere dose kan dermed føre til veldig redusert SNR og bildekvalitet, sammen med mer synlige artefakter. Ifølge Studie 3, gir 20-50 mAs god nok SNR (Hosseini Nasab *et al.*, 2021).

5.5 CT-Maskinalder og Rekonstruksjon

Studie 2 diskuterte dessuten at alderen på CT-maskinen kunne ha veldig mye å si på bildekvalitet (Homayounieh *et al.*, 2020). Det som ble diskutert er at CT-maskiner installert mellom 2016 og 2020 hadde bedre bildekvalitet og ga mindre stråledose til pasientene, enn CT-maskiner som ble installert før 2016. Dette kunne ha en sammenheng med at eldre maskiner måtte bruke høyere kV og mAs i sine protokoller for å kunne få lignende bildekvalitet som de nyere maskinene. Nyere CT-maskiner klarer nemlig å utnytte strålingen bedre, og kan dermed framstille bilder med god kvalitet med lavere stråledose. Dette fører til at pasientene kan få større stråledose i en eldre CT-maskin, selv om bildekvaliteten blir omtrent det samme som i en nyere maskin med mindre stråledose.

Det som kan også gi en stor forskjell på bildekvalitet mellom eldre og nyere CT-maskiner, er mulighet for rekonstruksjon. Rekonstruksjon har mye å si for bildekvalitet og hvor stor stråledose det må brukes for å få adekvate bilder. Iterativ rekonstruksjonsmetode ved LDP var anbefalt av både Studie 1 og Studie 2, slik at bildekvaliteten økes uten å øke stråledosen (Zhou *et al.*, 2021; Homayounieh *et al.*, 2020).

5.6 Stråledose

Som beskrevet i 2.1.8 *Doseoptimalisering og ALARA*, kan stråledose ha en betydelig innvirkning på de stokastiske effektene mot vevet. Det er derimot avhengig av dose og hvilket organ som blir bestrålt. Derfor oppdateres påbud og anbefalinger av DSA, slik at hver eneste pasient får individuell dose ved hjelp av AEC og andre hjelpemidler. I følge ICRP (2006), skal alle klinikker og avdelinger som bruker medisinsk stråling bruke ALARA prinsippet. Dette omhandler at så lite dose skal brukes som mulig uten at bildekvaliteten blir påvirket i for stor grad. Ved flere CT-thorax undersøkelser kan en høyere totalstråledose akkumuleres. Studie 1 skrev at gjennomsnittlig tok hver pasient 4 CT-bilder i løpet av 12 dagers intervall, mens Studie 2 fant at 29% av pasientene måtte ta 2-8 CT-thorax undersøkelser i løpet av mindre enn en måned (Zhou *et al.*, 2021; Homayounieh *et al.*, 2020). Derfor har Studie 1 har dermed en anbefaling om at ved oppfølging av pasientene burde dosen reduseres til <3mGy for å forhindre at det samlede dosen blir for høy (Zhou *et al.*, 2021).

5.7 Strålereduksjon fra SDP til LDP

Studie 4 diskuterte at bilder ved LDP var gode nok til å stille en sikker diagnose (Tabatabaei *et al.*, 2020). Ifølge *Tabell 5* kunne stråledosen fra SDP til LDP reduseres med mellom 50-92%. Zhou *et al.* (2021) i Studie 1 fikk den laveste prosenten av strålereduksjon (50%), mens Karakaş, Yıldırım og Çiçek (2021) i Studie 6 fikk den høyeste prosenten av strålereduksjon (92%). Studie 7 mente at LDP var tilstrekkelig ikke bare i evalueringen av lungeparenkymet, men også mediastinum og pleura (Atlı *et al.*, 2021). Selv om det ble registrert en stor reduksjon av stråledose mot pasienten, var ikke Studie 6 enig med at LDP var tilstrekkelig for god bildekvalitet (Karakaş, Yıldırım og Çiçek, 2021). Det kan derimot ikke utelukkes at Studie 6 reduserte stråledosen for mye, som førte til for lav bildekvalitet og dermed anbefaling av SDP.

5.8 Anbefaling

Aaløkken *et al.* (2020) anbefalte bruk av SDP ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter. Ifølge denne studien kunne LDP føre til dårligere bildekvalitet. Studie 6 anbefalte også SDP, fordi patologiske forandringer i lungene, som GGO, kunne være vanskelig å se ved LDP (Karakaş, Yıldırım og Çiçek, 2021). Likevel skrev Studie 6 at LDP kunne brukes ved videre oppfølgingsundersøkelser ved CT.

Alle forskningsartiklene mente at bildekvaliteten ved bruk av SDP var bedre enn ved LDP. Det ble allikevel anbefalt å bruke LDP i stedet for SDP av 5 av 6 artikler. LDP ble anbefalt på grunn av at bildekvaliteten var god nok til diagnostisk bruk selv om det var av dårligere kvalitet sammenlignet med SDP. I tillegg til dette, ble det argumentert at dersom pasienten trengte flere CT-thorax undersøkelser, var det best å bruke LDP for å ikke akkumulere en høy stråledose. Studie 6 mente derimot at LDP ikke ga gode nok bilder til å stille en diagnose, og derfor anbefalte de CT-thorax med SDP istedenfor (Karakaş, Yıldırım og Çiçek, 2021).

6.0 Metodekritikk

Det kan ikke utelukkes at oppgaven er blitt påvirket av personlig bias. Dette kunne føre til at relevante forskningsartikler eller annen litteratur ble oversett eller tolket feil. I tillegg kunne dette ha påført en ubevisst favorisering ved selektivitet av artikler som anbefalte LDP, siden dette gikk imot den nåværende anbefalte protokollen i Norge som er SDP.

Andre begrensninger i denne oppgaven handlet om at Covid-19 var en ny virusmutasjon da denne oppgaven ble skrevet. Det første tilfelle av bekreftet Covid-19 sykdom ble registrert i desember av 2019 (Tjernshaugen *et al.*, 2021). Dermed var det ikke et stort utvalg av relevante forskningsartikler som hadde blitt publiserte mens denne oppgaven ble skrevet. Den maksimale alderen på publiserte artikler som kunne tas i bruk i denne oppgaven var 2 år gammel. I tillegg var det også mye usikkerhet rundt bruk av protokoller og avbildning av Covid-19 smittede pasienter i starten av pandemien. Dermed ble det forsøkt å finne nyest mulig forskningsartikler.

I tillegg til det, ble det ikke funnet Norske eller Nordiske forskningsstudier innen dette fagområdet, som ble utført og publisert i tiden som denne oppgaven ble skrevet, og derfor ble det tatt i bruk forskningsartikler fra hele verden. Alle disse forskningsartikklene var skrevet på engelsk, som var et fremmedspråk for alle i gruppen. Her var det mulighet for mistolkninger. Oppgaven inkluderte likevel noen norske fagartikler og prosedyrer som ble sammenlignet med forskningsartikklene. Det var også et begrenset antall publiserte norske fagartikler og prosedyrer som omhandlet tema. Dette kunne også føre til at de brukte prosedyrene i oppgaven ikke var relevante for alle sykehus i Norge.

For å få nok tid til å analysere forskningsartikklene og deres resultater, ble en frist for søk av artikler etablert, og dette kunne ha ført til at flere gode og relevante artikler ikke ble med i denne studien. Noen av forskningsartikklene manglet noen CT-parametere. Dermed ble noen av tabellene i resultatet ufullstendig. Dette kunne også videre påvirke resultatet og konklusjonen i denne oppgaven. Flere av artiklene inkluderte ikke Dose-Length-Product (DLP) og Effektiv Dose (ED) i sine resultater. Derfor ble det gjort et valg om å ikke ta disse med, siden det ikke var nok statistikk til å si noe sikkert om dette. Likevel kan det ikke sees bort i fra at dette kunne ha påvirket resultatet og konklusjonen i oppgaven.

Det viste seg også at de forskjellige forskningsartiklene hadde forskjellige definisjoner på hva som var LDP og SDP. Parameterne ved de to protokollene var ikke identiske i studiene, og dette kunne påvirke resultatet for prosent av strålereduksjon fra SDP til LDP. I tillegg nevnte ikke alle studiene hvilke CT-maskiner som ble benyttet eller hvor gamle de var. Dette kunne også ha ført til ulike resultater.

7.0 Konklusjon

I denne oppgaven anbefalte 5 av 6 forskningsartikler bruken av LDP ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter. Herved argumenterte de fleste artiklene at LDP ga en betraktelig redusert stråledose til pasienten, i forhold til SDP. Ved bruk av CT-thorax med LDP, sammenlignet med SDP, kunne stråledosen reduseres med mellom 50-92%.

For å oppnå en CTDI_{vol} verdi som var <5 mGy kunne det benyttes et redusert mAs og omtrent lik kV, sammenlignet med SDP (Kalra *et al.*, 2020). Eksempelvis var det benyttet 30 mAs og 120 kV ved LDP, og 150 mAs og 120 kV ved SDP i Tabatabaei *et al.* (2020) sin forskningsstudiet. I følge Hosseini Nasab *et al.* (2021) ga en mAs verdi mellom 20 og 50 et akseptabelt støynivå, stråledose og bildekvalitet.

Likevel var det viktig at mAs verdien ikke var så lav at bildekvaliteten ble for dårlig i CT-bildene. Dersom SNR ble for lav kunne kontrasten bli så dårlig at noe av patologien ble oversett. Flere av studiene understreket at det var vanskelig å tyde GGO ved CT-bilder som hadde for lav SNR. Siden GGO var den mest vanlige bildepatologien som kunne bli sett ved Covid-19 smittede pasienter, kunne det ha store konsekvenser hvis GGO i tillegg til annet patologi ble oversett og pasienten dermed ikke fikk riktig behandling.

I følge Hosseini Nasab *et al.* (2021) var det viktig å benytte AEC ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter. AEC ville nemlig sikre at CT-bilder var av bedre kvalitet og redusert støy, selv om det var brukt LDP (Hosseini Nasab *et al.*, 2021). Noen av forskningsartiklene, som Zhou *et al.* (2021) poengterte at det også var viktig å redusere undersøkelsestiden, for å kunne begrense bevegelsesartefakter. Dette kunne oppnås ved å blant annet bruke tykke snitt og høy pitch (>1).

I tillegg ville alderen på CT-maskinen kunne påvirke stråledose og bildekvalitet. I følge Homayounieh *et al.* (2021) ville CT-maskiner som var installert etter 2016 gi en bedre bildekvalitet med mindre stråledose, enn eldre maskiner. Dermed ble LDP regnet som en bra nok protokoll ved CT-thorax av Covid-19 smittede pasienter, hvis CT-maskinen var av en nyere modell (Homayounieh *et al.*, 2021). Samtidig var rekonstruksjons-algoritmene ved nyere CT-maskiner mer utviklet, og kunne gi økt bildekvalitet selv om det ble brukt LDP, sammenlignet med LDP på eldre CT-maskiner (Homayounieh *et al.*, 2021). Både studiene til Zhou *et al.* (2021) og Homayounieh *et al.* (2021) anbefalte bruken av iterativ

rekonstruksjonsmetode ved bruk av LDP, siden dette ville øke bildekvaliteten uten å endre på stråledosen.

Ut ifra forskningen fra de utvalgte artiklene ville det dermed være lønnsomt å benytte en CT-thorax protokoll ved Covid-19 smittede pasienter med:

- LDP (CTDIvol <5mGy)
- CT-maskin installert etter 2016
- Iterativ rekonstruksjon
- 20-50 mAs
- 100-120 kV
- Tykke snitt
- Pitch som er lik eller større enn 1
- Aktiv AEC

5 av 6 forskningsartikler anbefalte LDP framfor SDP. LDP viste potensial for stor strålereduksjon og god nok bildekvalitet for gransking.

Det kan likevel være interessant å utføre videre forskning for å undersøke påvisbarheten av GGO ved LDP av CT-thorax, siden dette er noe omdiskutert blant forskningslitteraturen. I tillegg til det kan det være nyttig å undersøke hvor mye CT-maskin alderen har å si for stråledose i forhold til bildekvalitet ved de ulike protokollene.

8.0 Litteraturliste

- Andersen, K. A. (2017) Stråling og kreft – årsak og kur. Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/kjemi/forskning/grupper/miljovitenskap/miljovitenskapbloggen/straling-og-kreft-%E2%80%93-arsak-og-kur.html> (Hentet: 08. mars 2022)
- Atli, E. et. al. (2022) The Feasibility of Low-dose Chest CT Acquisition Protocol for the Imaging of COVID-19 Pneumonia. *Current Medical Imaging*, 18 (1), s. 38–44. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34165410/> (Hentet: 17. januar 2022)
- Aveyard, H. (2014) *Doing a Literature Review in Health and Social Care A practical guide*. 3. utg. Oxford: Open University Press.
- Azadbakht J. et al. (2021) A review on chest CT scanning parameters implemented in COVID-19 patients: bringing low-dose CT protocols into play, *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 52 (1), s. 13. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1186/s43055-020-00400-1> (Hentet: 11. desember 2021).
- Braut, G. S. (2021) Pandemi, *Store medisinske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/pandemi> (Hentet: 04. mai 2022)
- Centers for Disease Control and Prevention (2015) *ALARA - As Low As Reasonably Achievable*. Tilgjengelig fra: <https://www.cdc.gov/nceh/radiation/alara.html> (Hentet: 08. mai 2022)
- Charles, T. (2019) Slice Thickness and Interval Explained. Tilgjengelig fra: <https://www.radtrain.com.au/post/copy-of-ct-slice-thickness-and-interval-explained>. (Hentet: 04. mai 2022).
- Connor, N. (2019) What is Stochastic Effect – Ionizing Radiation – Definition. Tilgjengelig fra: <https://www.radiation-dosimetry.org/what-is-stochastic-effect-ionizing-radiation-definition/> (Hentet: 06. mai 2022).
- Dalland, O. (2012) *Metode og oppgaveskriving*. 5. utg. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Dean Law Firm (2021) Misread Radiology Reports. Tilgjengelig fra: <https://www.deanfirm.com/misread-radiology-reports.html> (Hentet: 05. mai 2022).

eHåndboken, (u.å.-a) Velkommen til eHåndbok for Oslo universitetssykehus - internettutgaven. Tilgjengelig fra:

<https://ehandboken.ous-hf.no/> (Hentet:16. mars 2022).

eHåndboken, (u.å.-b) CT 2L: Thorax uten kontrast, lavdose, (Thorax seksjon), UL.

Tilgjengelig fra:

<https://ehandboken.ous-hf.no/document/11161> (14. mars 2022).

eHåndboken, (u.å.-c) CT 2L: CT 2U: Thorax uten IVK, normaldose. Tilgjengelig fra:

<https://ehandboken.ous-hf.no/document/11165> (14. mars 2022).

FHI (2022) Statistikk om koronavirus og covid-19. Tilgjengelig fra:

<https://www.fhi.no/sv/smittsomme-sykdommer/corona/dags--og-ukerapporter/dags--og-ukerapporter-om-koronavirus/> (Hentet: 03. mai 2022).

Fornell D. (2015) Technology Improvements in Current Generation CT Machines & Systems, Imaging Techology News. Tilgjengelig fra:

<https://www.itnonline.com/article/technology-improvements-current-generation-ct-machines-systems>. (Hentet: 09. mai 2022)

Helsebiblioteket (2016) Sjekklistor. Tilgjengelig fra:

<https://www.helsebiblioteket.no/kunnskapsbasert-praksis/kritisk-vurdering/sjekklistor> (Hentet: 11. desember 2021).

Henriksen T. *et al.* (2013) Radiation and Health, Universitetet i Oslo, 2009, Oppdatert 2013.

Tilgjengelig fra: <https://www.mn.uio.no/fysikk/tjenester/kunnskap/straling/radiation-and-health-2013.pdf>. (Hentet: 01. april 2022).

Homayounieh, F. *et al.* (2021) Variations in CT Utilization, Protocols, and Radiation Doses in COVID-19 Pneumonia: Results from 28 Countries in the IAEA Study, *Radiology*, 298 (3), s. E141-E151. Tilgjengelig fra:

<https://doi.org/10.1148/radiol.2020203453> (Hentet: 11. desember 2021).

Hosseini Nasab, S. M. B. *et al.* (2021) OPTIMIZATION OF LUNG CT PROTOCOL FOR THE DIAGNOSTIC EVALUATION OF COVID-19 LUNG DISEASE, *Radiation Protection Dosimetry*, 196 (1-2), s. 120-127. Tilgjengelig fra:

<https://doi.org/10.1093/rpd/ncab140> (Hentet: 11. desember 2021).

ICRP (2006) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.

Tilgjengelig fra:

https://www.icrp.org/docs/ICRP_Recs_02_276_06_web_cons_5_June.pdf (Hentet: 20. april 2022)

ICRP (2020) International Commission on Radiological Protection. Tilgjengelig fra:

<https://www.icrp.org/index.asp> (Hentet: 11. mars 2022)

Kalra, M. K. *et al.* (2020) Chest CT practice and protocols for COVID-19 from radiation dose management perspective, *European Radiology*, 30 (12), s. 6554-6560. Tilgjengelig fra:

<https://doi.org/10.1007/s00330-020-07034-x> (Hentet: 11. desember 2021).

Karakaş, H. M., Yıldırım, G. og Çiçek, E. D. (2021) The reliability of low-dose chest CT for the initial imaging of COVID-19: comparison of structured findings, categorical diagnoses and dose levels, *Diagnostic and Interventional Radiology*, 27 (5), s. 607–614. Tilgjengelig fra:

<https://www.dirjournal.org/en/the-reliability-of-low-dose-chest-ct-for-the-initial-imaging-of-covid-19-comparison-of-structured-findings-categorical-diagnoses-and-dose-levels-168290> (Hentet: 11. desember 2021)

Krassnitzer, M. (2020) Covid-19: Is CT more sensitive than PCR testing? Tilgjengelig fra:

<https://healthcare-in-europe.com/en/news/Covid-19-is-ct-more-sensitive-than-pcr-testing.html> (Hentet: 08. desember 2021).

Neurologica (u.å), Recent Advances in CT Scan Technology. Tilgjengelig fra:

https://www.neurologica.com/blog/advances-ct-scan-technology?fbclid=IwAR0OK1jOfAWApEFjYpujUzjMrccONXGkdra1IQWNA5yFpJebfDm_FouTKs (Hentet: 09. mai 2022)

OUS, (2022) Velkommen til Oslo universitetssykehus. Tilgjengelig fra: <https://oslo-universitetssykehus.no/> (Hentet: 16. mars 2022).

Padole, A. *et al.* (2014) CT Radiation Dose and Iterative Reconstruction Techniques.

Tilgjengelig fra:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25794087/>. (Hentet: 02. mai 2022).

RadiologyInfo.org (2021) Radiation Dose in X-Ray and CT Exams. Tilgjengelig fra:

<https://www.radiologyinfo.org/en/info/safety-xray> (Hentet: 08. desember 2021).

Seeram, E. (2016) *Computed tomography - Physical principles, clinical-applications, and quality control*. 4 utg. Colombia: Saunders.

Tabatabaei, S. *et al.* (2020) A low-dose chest CT protocol for the diagnosis of COVID-19 pneumonia: a prospective study, *Emergency Radiology*, 27 (6), s. 607-615. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1007/s10140-020-01838-6> (Hentet: 11. desember 2021).

Tjernshaugen, A. *et al.* (2021) koronapandemien, *Store Medisinske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/koronapandemien> (Hentet: 11. desember 2021).

Utdanningsforskning (2016) Hva er en fagfelleverdert artikkel? Tilgjengelig fra: <https://utdanningsforskning.no/artikler/2016/hva-er-fagfelleverdert-artikkel/> (Hentet: 11. desember 2021).

Wang, Y., Liu, W. H., Yang, M., & Chen, W. (2020). The role of CT for Covid-19 patient's management remains poorly defined, *Annals of Translational Medicine*, 8 (4), s. 145.

Tilgjengelig fra:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7048972/> (Hentet: 08. mai 2022)

Webb, W. R., Brant, W. E. og Major, N. M. (2015) *Fundamentals of body CT*. 4 utg. Philadelphia: Saunders.

WHO (u.å) WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (Hentet: 04. april 2022).

Ye, Z. *et al.* (2020) Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019, *European Radiology*, 30 (8), s. 4381-4389. Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00330-020-06801-0> (Hentet: 29. november 2021).

Yu L. og Leng S. (2016) *Image Reconstruction Techniques*. Tilgjengelig fra: <https://www.imagewisely.org/Imaging-Modalities/Computed-Tomography/Image-Reconstruction-Techniques> (Hentet: 06. mai 2022)

Zhou, Y. *et al.* (2021) Radiation dose levels in chest computed tomography scans of coronavirus disease 2019 pneumonia: A survey of 2119 patients in Chongqing, southwest China, *Medicine*, 100 (31), s. e26692. Tilgjengelig fra:

<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026692> (Hentet: 11. desember 2021).

Aaløkken, T. M. *et al.* (2020) Bildediagnostikk av pasienter med Covid-19, *Tidsskrift for den Norske Legeforening*, 140 (8). Tilgjengelig fra:
<https://tidsskriftet.no/2020/05/kronikk/bilediagnostikk-av-pasienter-med-Covid-19> (Hentet: 17. mars 2022)

9.0 Vedlegg

Vedlegg 1 Søkeshistorikk

Søkeord	Database	Begrensninger	Antall treff	Antall leste abstrakter	Antall leste artikler	Artikler som er inkludert
Coronavirus disease 2019 AND computed tomography AND low dose AND radiation exposure	PubMed	Free full text, 2020-2022	11	8	3	2 aktuelle Studie 1, 6
Covid-19 AND Radiation protection AND Tomography	PubMed	Free full text, 2020-2021	9	9	6	1 aktuell Studie 2
CT protocol AND Covid AND radiation dose	PubMed	Free full text, 2020-2022	6	6	4	1 aktuell Studie 3
Pneumonia AND low-dose AND Chest CT AND Covid-19 AND Standard-dose	PubMed	Free full text, 2020-2022	3	3	3	1 aktuell Studie 4
Chest CT, scanning parameters, COVID, low-dose	Springer Link	Article, Medicine & Public Health, Imaging / Radiology	58	35	20	1 aktuell Studie 5
Pneumonia AND low-dose AND Chest CT AND COVID-19	PubMed	Free full text, 2020-2022	55	20	5	1 aktuell Studie 7