

Akutte effekter av QR på søvn og kognitiv fungering

En eksperimentell tilnærming

Malika Elise Hansen



MAPSYK345

Masterprogram i psykologi

Studieretning: Arbeids- og organisasjonspsykologi

ved

UNIVERSITETET I BERGEN

DET PSYKOLOGISKE FAKULTET

VÅREN 2022

Veileder: Øystein Holmelid, Stipendiat Institutt for samfunnspsykologi

Biveileder: Erlend Sunde, Postdoktor Institutt for samfunnspsykologi

Abstract

Quick returns (QR) refer to changeovers with less than 11 hours of free time between consecutive shifts. The impact of QR has received less attention than other types of shift work, yet newer studies have found that QR is associated with negative outcomes on sleep and health, and uncovered a relationship between QRs and workplace accidents. Therefore, QR deserves more attention. The present study is the first to use simulated shiftwork design to investigate acute effects of QR on sleep and cognitive functioning. In a counterbalanced crossover study participants (N=14) worked two consecutive shift conditions; evening shift followed by a morning shift (QR) and morning shift followed by a morning shift (normal rest), separated by four weeks. Subjective sleepiness (KSS) and cognitive performance (PVT) were assessed five times during each shift. The simulated shifts were conducted in a laboratory. The participants slept at home with Somnofy sleep monitor recording sleep parameters. Results showed that QR significantly shortened sleep duration to only 4.9 hours, relative to normal rest period, which reduced the amount of light sleep, but did not affect deep sleep. Furthermore, subjective sleepiness was increased and cognitive performance was decreased on the morning shift after QR, compared to morning shift after morning shift. QR caused increased response time and higher number of lapses. Thus, the results suggest that sleep and cognitive functioning are important factors in the relationship between QR and increased risk of work accidents. The study emphasizes the need for sufficient time for rest between shifts.

Key words: shift work, quick return, sleep, sleepiness, cognitive performance

Sammendrag

Quick return (QR) innebærer at skiftarbeidere har mindre enn 11 timer fri mellom påfølgende skift. Sammenliknet med andre skiftarbeidskarakteristikker har QR mottatt betydelig mindre forskningsoppmerksomhet. Nyere forskning har funnet at QR er assosiert med negative konsekvenser for søvn og helse, og det har blitt avdekket et forhold mellom QR og arbeidsulykker. QR burde derfor motta mer oppmerksomhet. Inneværende studie er den første som undersøker akutte effekter av QR på søvn og kognitiv fungering med et simulert skiftarbeidsdesign. I et kryssbalansert repetert målingsdesign gjennomførte deltakerne (N=14) to skiftbetingelser bestående av to påfølgende skift; kveldsskift etterfulgt av morgenskift (QR) og morgenskift etterfulgt av morgenskift (ordinær hviletid), med fire ukers separasjon. Subjektiv søvnighet (KSS) og kognitiv prestasjon (PVT) ble målt fem ganger per skift. De simulerte skiftene ble gjennomført i et laboratorium. Deltakerne sov hjemme der Somnofy søvnradar målte søvnparametere. Resultat avdekket at QR førte til signifikant kortere søvnlengde på 4.9 timer, sammenliknet med ordinær hviletid, som førte til redusert andel lett søvn, men påvirket ikke dyp søvn. Videre var subjektiv søvnighet økt, og kognitiv prestasjon redusert på morgenskiftet etter QR, sammenliknet med morgenskiftet etter morgenskift. QR førte til økt respons tid og økning i antall lapses. Funnene til inneværende studie indikerer at søvn og kognitiv prestasjon er viktige faktorer i forholdet mellom QR og økt risiko for arbeidsulykker. Studien understreker viktigheten av tilstrekkelig hviletid mellom skift.

Nøkkelord: skiftarbeid, quick return, søvn, søvnighet, kognitiv prestasjon

Forord

Etter ett spennende og utrolig lærerikt år er jeg stolt av å kunne presentere min masteroppgave innen arbeids- og organisasjonspsykologi. Arbeidet har gitt meg mye ny kunnskap om fagområder jeg ikke kunne så mye om fra før og det har vært spennende med utfordringene som kom med eksperimentelt forskningsdesign. Det har også vært kjekt å bli kjent med den nye APA 7. Jeg har lært utrolig mye fra arbeidet med masteroppgaven som jeg gleder meg til å ta med videre. Jeg vil derfor takke alle som har hjulpet meg og støttet meg i arbeidet med oppgaven og som har gjort denne oppgaven mulig. Først vil jeg takke deltakerne som var med i studien for deres bidrag. Uten dere hadde det ikke vært mulig å skrive denne oppgaven.

Jeg ønsker å rette en stor takk til min hovedveileder Øystein Holmelid. Takk for at jeg fikk mulighet til å være med på prosjektet. Det har tillatt meg å utvikle meg med nye kunnskaper og ferdigheter og arbeidet med masteroppgaven har vært mer spennende, utfordrende og lærerikt enn jeg hadde forventet. Øysteins genuine nysgjerrighet og entusiasme for fagfeltet sitt er virkelig inspirerende. Han har lært meg mye om søvn og kognitiv fungering og har alltid vært åpen for å diskutere teoretiske aspekter med meg, samt gitt meg gode tilbakemeldinger underveis i skriveprosessen. Tusen takk!

Jeg vil også rette en stor takk til min biveileder Erlend Sunde. Takk for at du har delt dine ferdigheter og ekspertise, før jeg møtte deg visste jeg ikke en gang hva syntax i SPSS var. Takk for din tilgjengelighet og at du alltid svarte raskt når jeg trengte hjelp, selv når du jobbet med andre ting. Tusen takk for gode forslag og tilbakemeldinger underveis i skriveprosessen. Din hjelp med mine spørsmål om statistikk har vært uvurderlige. Tusen takk!

Jeg vil også takke Bergen Søvn og Kronobiologinettverk som inviterte meg med på noen av forskningsgruppemøtene deres. Det var kjempekjekt å se hvordan en faktisk jobber i en forskningsgruppe.

Til slutt vil jeg si tusen takk til min samboer Michael for all støtten du har gitt meg. Tusen takk for at du kjøpte AASM manual til meg når jeg prøvde å sette meg inn i søvn, selv om det ikke var nødvendig. Tusen takk for alle gode middager du har laget mens jeg var stresset med å skrive, og minnet meg på viktigheten av en pause i ny og ne.

Mitt bidrag til datasettet

Jeg har bidratt aktivt til datasettet som er brukt i inneværende studie. Jeg har deltatt aktivt i datainnsamlings prosessen og hatt ansvar for å selvstendig gjennomføre flere av de simulerte skiftene i laboratoriet. Mine hovedoppgaver var i den forbindelse å påse at alt var klargjort til deltakerne ankom laboratoriet og jeg hadde ansvar for at eksperimentprotokollen ble fulgt og at deltakerne gjennomførte riktig test til riktig tidspunkt. Jeg har også gjennomført informasjonsmøte der jeg holdt presentasjon med informasjon om studien og gjennomførte en testrunde med de kognitive testene, samt utdeling av Somnofy søvnradar og innsamling av samtykke skjema. Jeg har også bidratt aktivt med databehandling og forberedelse av data til statistiske analyser. Jeg har digitalisert spørreskjema data som blant annet bestod av KSS for alle deltakerne. Databehandling ble gjennomført i Excel der rådata ble behandlet og transformert. Jeg har også klargjort oppsett av data for bruk av mixed models, og utført analyser i SPSS.

Innholdsfortegnelse

Abstract	i
Sammendrag	ii
Forord	iii
Mitt bidrag til datasettet	iv
1. Innledning	1
2. Teoretisk rammeverk.....	3
2.1 Skiftarbeid og QR	3
2.1.1 QR, sikkerhet og arbeidsulykker.....	5
2.2 Søvn	6
2.2.1 Søvnstadier.....	6
2.2.2 Søvnarkitektur- fordeling av søvn gjennom natten.....	7
2.2.3 Søvnregulering	8
2.2.4 Søvn i QR.....	10
2.2.5 Alternative metoder for måling av søvn	13
2.3 Dagtidfungering - QR og kognitiv prestasjon.....	14
2.3.1 Søvnighet	14
2.3.2 Opprettholdt årvåkenhet – PVT	15
2.3.3 Nedsatt prestasjon	16
2.3.4 Prestasjon i eksperimentelle og naturalistiske skiftarbeidskontekster	18
2.3.5 Samspillet mellom QR, søvn, dagtidfungering og risiko for arbeidsulykker.....	19
2.4 Mål og hypoteser	20
2.4.1 Hypoteser om søvn	20
2.4.2 Hypoteser om dagtidfungering.....	21
3. Metode	21
3.1 Design og prosedyre	21
3.2 Deltakere og utvalg.....	23
3.3 Måleinstrument	23
3.4 Statistiske analyser	25
3.4.1 Søvn	25
3.4.2 Dagtidfungering.....	26
3.5 Etikk.....	27
4. Resultater	27
4.1 Søvn.....	27

4.1.1 Tid i sengen og total søvnlengde.....	29
4.1.2 Lett søvn.....	29
4.1.3 REM søvn	30
4.1.4 Dyp søvn	30
4.1.5 Andre søvnparametere	31
4.2 Dagtidfungering	31
4.2.1 Subjektiv søvnighet.....	33
4.2.2 Prestasjon på PVT.....	33
5. Diskusjon.....	34
5.1 Akutt effekt av QR på søvn	35
5.1.1 QR innskrenker søvnmulighet og reduserer total søvnlengde	35
5.1.2 QR reduserer lett søvn, mens dyp søvn og REM søvn ikke er påvirket	37
5.1.3 Effekten av QR skyldes den innskrenkede søvnmuligheten.....	40
5.2 Akutt effekt av QR på dagtidfungering.....	41
5.2.1 QR fører til økt subjektiv søvnighet.....	42
5.2.2 QR svekker evnen til å opprettholde årvåkenhet	43
5.2.3 QR øker søvntrykk og svekker prestasjon utover skiftet	45
5.3 Gjensidig påvirkning av QR, søvnrestriksjon, kognitiv fungering og arbeidsulykker ...	46
5.4 Metodiske betraktninger	47
5.4.1 Forskningsdesign	48
5.4.2 Deltakere og utvalg	49
5.4.3 Måleinstrument og statistiske analyser	50
5.5 Praktiske implikasjoner	51
5.6 Fremtidig forskning	51
6. Konklusjon.....	52
Referanseliste.....	54

1. Innledning

Vårt samfunn er avhengig av at noen arbeidsplasser og tjenester er operative og tilgjengelige døgnet rundt. Helsevesen, politi, brannvesen og transport er eksempler på sektorer der arbeidsplasser må ha kontinuerlig drift. På grunn av kommersielle interesser og samfunnsmessig endring kjennetegnet av nedgang i produksjon og økning i serviceøkonomien er kontinuerlig drift også brukt i andre sektorer, som for eksempel kundeservice, reiseliv og media (Johnson & Lipscomb, 2006). Med økte økonomiske og sosiale krav har det moderne samfunnet blitt ett «24-timers samfunn» (Lockley & Foster, 2012; Rajaratnam & Arendt, 2001), som er avhengig av at arbeidstakere har en arbeidstidsordning med forskjellige skift for å sikre kontinuerlig bemanning.

Skiftarbeid er definert av Den internasjonale arbeidsorganisasjonen (International Labour Organization [ILO], 1990, p. 1) som «en måte å organisere arbeidstid der arbeidstakere etterfølger hverandre slik at den totale driftstiden overstiger arbeidstiden til den enkelte arbeidstaker». Skiftarbeid kan derfor forstås som arbeid som deles opp i ulike skift der arbeidstakere eller grupper med arbeidstakere settes opp på ulike skift på tvers av arbeidsdagen. På denne måten avløser arbeidstakerne hverandre og dermed muliggjøres det at total arbeidstid kan overstige de enkelte arbeidstakernes arbeidstid. Skiftarbeid kan dermed innebære arbeid på tider som er helt eller delvis utenfor ordinær arbeidstid. Ordinær arbeidstid er estimert å være mandag til fredag mellom klokken 06-18 (Statistisk sentralbyrå, 2020). Det er vanlig at skiftarbeid deles inn i morgen-, kveld- og nattskift. Morgenskift overlapper i stor grad med ordinær arbeidstid, mens kveldsskift kan defineres som å arbeide minst tre timer mellom klokken 18-02. Store deler av kveldsskift faller dermed utenom ordinær arbeidstid. Nattskift kan defineres som arbeid på minst tre timer mellom klokken 23-06, altså arbeid på tider som er fullstendig utenfor ordinær arbeidstid (Garde et al., 2020).

I 2020 jobbet over 640 000 norske arbeidstakere skift (Statistisk sentralbyrå, 2020). Det tilsvarer over 25 % av den norske arbeidsstyrken. Ifølge den europeiske undersøkelsen av arbeidsvilkår (EWCS) jobber over 20 % av arbeidstakere skift (Eurofond, 2017). De sektorene med høyest prevalens av skiftarbeid er helsesektoren (40 %) og transport (33 %), etterfulgt av industri (28 %) og servicenæringen (27 %). Ifølge EWCS er skiftarbeidere mer sannsynlig å rapportere at arbeidet påvirker helsen negativt (Eurofond, 2017). I litteraturen har skiftarbeid blitt assosiert med en rekke negative helsemessige konsekvenser, som gastrointestinale sykdommer (Knutsson & Bøggild, 2010), diabetes og overvekt (Gan et al., 2015; Kervezee et al., 2020; Monk & Buysse, 2013), kardiovaskulær sykdom (Kervezee et al.,

2020; Torquati et al., 2018; Vyas et al., 2012), samt brystkreft og prostatakreft (Costa et al., 2010; Kecklund & Axelsson, 2016). Skiftarbeid er også assosiert med psykologiske lidelser som angst og depresjon, samt lavere livskvalitet (Brown et al., 2020; Pati et al., 2001). I forhold til konsekvenser av skiftarbeid er det naturlig å trekke et skille mellom akutte og langsiktige effekter (Bjorvatn, 2019). De overnevnte helseeffektene inngår i sistnevnte kategori og inntreffer gjerne etter mange år. Imidlertid er skiftarbeid også assosiert med akutte effekter som er umiddelbare konsekvenser av skiftarbeid. Denne kategorien kan innebære søvnproblemer, søvnighet, nedsatt arbeidsevne og konsentrasjonsvansker (Bjorvatn, 2019).

Det finnes en rekke aspekter ved skiftarbeid som kan påvirke arbeidstakere og som kan adresseres vitenskapelig i et samfunnsnytte-perspektiv. Type skiftordning, med faste eller roterende skift, retning og hastighet på rotasjon med mer, kan påvirke individet (Kecklund et al., 2017). I tillegg er det nødvendig at tiden mellom skift muliggjør hvile og tilstrekkelig søvnlengde. Når det er mindre enn 11 timer mellom påfølgende skift, kalles det quick return (QR) (Vedaa et al., 2016). Hvilke effekter QR har er et mindre forstått aspekt ved skiftarbeid ettersom QR ikke har mottatt like mye oppmerksomhet som for eksempel nattarbeid. Et enkelt søk på «shift work» gav over 5000 treff på PubMed og nesten 1800 på PsycINFO. Mye av denne litteraturen har fokusert på nattarbeid (3296 treff på PubMed, 1090 på PsycINFO). Et søk på «quick return» viser at dette aspektet har mottatt betydelig mindre oppmerksomhet, med 55 treff på PubMed og 29 på PsycINFO.

EWCS viste at QR praksisen er hyppigst anvendt i de nordiske landene (Eurofond, 2017) og en undersøkelse av 1990 norske sykepleiere fant at 36% hadde 1-30 QRs og 45% rapporterte å ha flere enn 30 QRs i løpet av det siste året (Eldevik et al., 2013). Forskere ved UiB har funnet at QR kan øke risikoen for sykefravær (Vedaa et al., 2017a), predikere tilfeller av skiftarbeidslidelse (Flo et al., 2014), svekke hverdagshukommelse (Thun et al., 2021) og er assosiert med økt risiko for arbeidsulykker (Vedaa et al., 2020). I disse studiene ble det funnet at frekvensen av nattskift ikke predikerte de negative utfallene i samme grad som frekvensen av QR. I tråd med dette har andre studier funnet at QR er assosiert med negative konsekvenser som kortere søvnlengde, lavere søvnkvalitet, insomni, utmattelse og lavere tilfredshet med arbeidstid (Dahlgren et al., 2016; Eldevik et al., 2013). Nåværende data indikerer at QR er et aspekt ved skiftarbeid som påvirker individer annerledes enn nattskift. Videre belysning av QRs effekter kan bidra til ny innsikt og tilnærming som kan bidra til å redusere de negative konsekvensene knyttet til skiftarbeid.

I en gjennomgang av litteraturen fant Vedaa et al. (2016) en systematisk assosiasjon mellom QR og kort søvnlengde, økt søvnighet og fatigue. Forskerne understreket at det er

behov for videre forskning og oppfordret til å undersøke både akutte og langvarige konsekvenser av QR. Siden da har det blitt gjort mye på feltet, og de overnevnte studiene har bidratt til å belyse et mindre forstått område av skiftarbeid, men de har primært undersøkt langsiktige konsekvenser. Målet med denne studien er å bidra til litteraturen på QR ved å undersøke de akutte effektene.

Inneværende studie er første studie som anvender et simulert skiftarbeidsdesign til å undersøke de akutte effektene av QR på søvn og kognitiv fungering. Forskning innen arbeids- og organisasjonspsykologi har i hovedsak benyttet tverrsnittstudier (Ohly et al., 2010), mens eksperimentelle studier har vært mindre vanlig. I en gjennomgang av metodiske begrensninger fra tre anerkjente tidsskrift ble det funnet at utfordringer med intern validitet, spesielt kausalitet ble hyppigst nevnt (Brutus et al., 2010). Ved å anvende et eksperimentelt forskningsdesign i en kontrollert studie vil en kunne si noe om årsakssammenhenger mellom QR, søvn og kognitiv fungering.

På denne bakgrunn ønsker jeg i inneværende studie å belyse et område av skiftarbeidslitteraturen som har mottatt lite oppmerksomhet. Første mål med studien er å undersøke akutte effekter av QR på søvn, og belyse hvordan søvnen mellom et kveldsskift og påfølgende morgenskift påvirkes sammenliknet med søvnen mellom to påfølgende morgenskift. Det andre målet med studien er å undersøke akutte effekter av QR på kognitiv prestasjon, og belyse hvordan dagtidfungering på morgenskiftet er påvirket av QR.

2. Teoretisk rammeverk

2.1 Skiftarbeid og QR

Til tross for at begrepet skiftarbeid er definert av ILO, er det lite presist ettersom alle arbeidstidsordninger som plasserer arbeid utenfor ordinær arbeidstid kan kalles for skiftarbeid (Sallinen & Kecklund, 2010). Det er vanlig å skille mellom permanent og roterende skiftarbeid. Ved permanent skiftarbeid vil arbeidstaker alltid arbeide kveldsskift eller nattskift. Ved roterende skiftarbeid, som er den mest anvendte skiftordningen (Eurofond, 2017), vil arbeidstaker bytte mellom eksempelvis morgenskift, kveldsskift og nattskift (Kecklund et al., 2017). Roterende skiftarbeid kan videre deles inn i et tredelt system, der arbeidstakeren roterer mellom morgen-, kveld- og nattskift, eller et todelt system der arbeidstakeren roterer mellom to av skiftene (Kecklund et al., 2017; Sallinen & Kecklund, 2010). Roterende skiftarbeid varierer videre utfra rotasjonsretning og rotasjonshastighet. En foroverroterende skiftordning innebærer at rekkefølgen på skiftene går fra morgen til kveld til natt, mens ved bakoverrotering går rekkefølgen på skiftene fra natt, til kveld, til morgen.

Forskning tyder på at foroverrotasjon er fordelaktig (Bambra et al., 2008; Driscoll et al., 2006; Shiffer et al., 2018). Rotasjonshastighet referer til hvor mange skift arbeidstaker har av samme type, der en til tre skift beskrives som hurtig rotasjon, mens fem eller flere skift beskrives som langsom rotasjon (Kecklund et al., 2017). Det eksisterer dermed en rekke skiftordninger kjennetegnet av ulike karakteristikk. Inneværende studie anvender simulert skiftarbeid der deltakerne har en hurtig bakoverrotering med kveldsskift etterfulgt av morgenskiift eller ordinær arbeidstid med morgenskiift etterfulgt av morgenskiift.

Ulike skiftordninger vil gi ulike muligheter og betingelser for søvn og hvile. QR kan finne sted mellom overgangen fra kveldsskiift til morgenskiift, nattskiift til kveldsskiift eller morgenskiift til nattskiift. Vedaa et al. (2016) fant i sin gjennomgang av litteraturen på QR at den vanligste formen er mellom kveldsskiift og morgenskiift. Inneværende studie benytter derfor simulert QR mellom kveldsskiift og morgenskiift. Ifølge EWCS har nesten en fjerdedel (23%) av arbeidstakere opplevd å ha QR minst en gang i løpet av forrige måned (Eurofond, 2017). Undersøkelsen viser at QR er spesielt vanlig i Norge (32%) og Sverige (26%) og at praksisen er hyppigst funnet i helsesektoren etterfulgt av transport. I to studier av norske sykepleiere ble det funnet at henholdsvis 81% (Eldevik et al., 2013) og 83% (Vedaa et al., 2017a) rapporterte å jobbe QR. I to svenske studier ble det funnet at prevalens av QR blant sykepleiere var 68% (Dahlgren et al., 2016) og blant leger 64% (Tucker et al., 2013). Selv om mindre enn 11 timer mellom skift definerer øvre grense for hva som betraktes som QR, er det også mulig med QR på bare 8 eller 9 timer (Vedaa et al., 2016). Det finnes imidlertid lovverk som regulerer arbeidstid og adgangen til redusert hviletid.

EUs Arbeidstidsdirektiv 2003/88/EF (Arbeidstidsdirektivet, 2003) er implementert i arbeidsmiljøloven kapittel 10. Hovedregelen for hviletid følger av §10-8 (1) der arbeidstaker skal ha minst 11 timer sammenhengene arbeidsfri i løpet av 24 timer (Arbeidsmiljøloven, 2005). Det kan imidlertid eksistere behov for å redusere hviletiden, eksempelvis for å sikre kontinuerlig bemanning. Dette er blant annet regulert i §10-12 (4) som gir fagforeninger med innstillingsrett (mer enn 10 000 medlemmer) adgang til å inngå tariffavtale med redusert hviletid (Arbeidsmiljøloven, 2005). Et eksempel er overenskomsten mellom Spekter og Legeforeningen (overenskomstens del A2, 2020-2022) der minimum 8 timers hviletid er avtalt. Mulighet til å redusere hviletid er derimot begrenset av et forsvarlighetskrav. Etter §10-2 (1) følger det at arbeidstidsordninger ikke skal utsette arbeidstaker for uheldige fysiske eller psykiske belastninger, og ivareta sikkerhetshensyn (Arbeidsmiljøloven, 2005). Det er dermed hensynet til arbeidstakerne og arbeidssikkerhet som ligger til grunn for hviletidsreguleringen.

2.1.1 QR, sikkerhet og arbeidsulykker

I forskningslitteraturen har det blitt beskrevet sammenhenger mellom arbeidstidsordninger, sikkerhet og arbeidsulykker. Kecklund og Axelsson (2016) viste i en oversiktsartikkel at tidligere studier har funnet en sammenheng mellom skiftarbeid og arbeidsulykker. Eksempelvis konkluderte Wagstaff og Lie (2011) i en systematisk gjennomgang av litteraturen at skiftarbeid utgjør en negativ effekt på sikkerhet og at dette særlig gjør seg gjeldende i sikkerhetskritiske sektorer. At QR potensielt er assosiert med arbeidsulykker ble studert allerede på slutten av 1990-tallet der MacDonald et al. (1997) undersøkte om to skiftordninger, en med og en uten QR, hadde sammenheng med arbeidsulykker i stålindustrien. Funnene antydte at det var høyere risiko for arbeidsulykker etter QR og forskerne konkluderte med at QR hadde en negativ effekt på arbeidssikkerhet. I ettertid ble det imidlertid foreslått at forskjellen kan ha skyldtes de forskjellige skiftsekvensene og ikke den reduserte hviletiden (Spencer et al., 2006).

Det finnes noen nyere studier som har undersøkt QR og arbeidsulykker i helsesektoren. En longitudinell studie av amerikanske sykepleiere fant at sykepleiere med QR i sin skiftordning hadde høyere risiko for å rapportere arbeidsulykker som involverte nålestikk enn sykepleiere som ikke jobbet QR (Trinkoff et al., 2007). I en nyere studie av sykehuspersonell i Danmark undersøkte Nielsen et al. (2019a) sammenhengen mellom QR og arbeidsskader ved å benytte objektive registerdata fra over 69 000 arbeidstakere. Resultatene avdekket at QR førte til en 39% høyere risiko for skader sammenliknet med ordinær hviletid de to første dagene etter QR. Det ble konkludert med en anbefaling om at QR burde unngås for å forhindre skader. Basert på de samme registerdataene ble det i en annen studie funnet at QR primært var assosiert med ulykker på arbeidsplassen, heller enn ulykker som oppstår under pendling til og fra jobb (Nielsen et al., 2019b), som er funnet for nattarbeid (Åkerstedt, 2019).

I en studie av norske sykepleiere fant Vedaa et al. (2019) at antall QR i løpet av ett år hadde en positiv sammenheng med skade og nesten skade på seg selv, pasienter/andre og utstyr, samt å duppe av på jobb. Ettersom det var en tverrsnittstudie er det imidlertid problematisk å trekke kausale slutninger. I en nyere studie undersøkte Vedaa et al. (2020) hvordan endringer i antall QR var assosiert med risiko for arbeidsulykker over en to-års periode. Resultatene viste at en økning eller reduksjon i antall QR over tidsperioden var assosiert med en tilsvarende økning eller reduksjon i risiko for arbeidsulykker. Et interessant funn var at økning i QR primært økte risikoen for ulykker som involverte å skade pasienter/andre og utstyr (Vedaa et al., 2020). En nyere artikkel i VG viser hvor store

konsekvenser arbeidsfeil og ulykker i en sikkerhetskritisk sektor som helsesektoren potensielt kan ha. Helsepersonell mente det kunne ha skjedd feil i 1845 saker der pasienter døde eller fikk alvorlige skader på norske sykehus og trekker frem feil som forveksling av en kreftprøve og operasjon av feil lunge (Huuse et al., 2021).

Forskning viser at det eksisterer bred empirisk støtte for en sammenheng mellom QR og arbeidsulykker. Basert på overnevnt forskning indikeres det at redusert hviletid ikke bare påvirker arbeidstakerens helse, men også hvordan individet fungerer og presterer på jobb og en kan undres om reduksjon av hviletid er i tråd med forsvarlighetskravet i §10-2 (1) (Arbeidsmiljøloven, 2005). Til tross for at forskningen har identifisert en sammenheng mellom QR og arbeidsulykker forteller imidlertid ikke studiene noe om hva som ligger i denne sammenhengen eller hvorfor den eksisterer. For å videre forstå den økte risikoen for arbeidsulykker er det viktig å undersøke og belyse akutte effekter QR har på søvn og kognitiv prestasjon.

2.2 Søvn

Kecklund et al. (2017) påpeker at lengden på fritiden mellom to påfølgende skift er blant de aspektene ved skiftordninger som i størst grad påvirker søvnen til arbeidstakerne. QR fra kveldsskift til morgenskift, innebærer en reduksjon av arbeidstakernes fritid og reduserer arbeidstakerne sin mulighet for å sove på natten. I påfølgende avsnitt vil det bli redegjort for hva søvn er og søvnregulering, da dette er viktig for forståelsen av hvordan søvn påvirkes av QR.

Søvn kan defineres som «en reversibel atferdstilstand av perseptuell frakobling og redusert respons på miljøet» (Carskadon & Dement, 2017, p. 15). Til tross for at mennesker bruker rundt en tredjedel av livet sitt på å sove, er ikke alle funksjonene til søvn forstått (Frank & Heller, 2019). Flere teorier og hypoteser har foreslått at søvnen er viktig for immun funksjon, fjerning av metabolsk avfall, synaptisk plastisitet og kognitiv prestasjon (Frank & Heller, 2019; Krueger et al., 2016). Søvn tjener mange forskjellige funksjoner og det er ingen tvil om at søvn er avgjørende for individets fungering, arbeidsevne og helse (Luyster et al., 2012; Ramar et al., 2021).

2.2.1 Søvnstadier

Søvnen opptrer i to hovedstadier; non-rapid eye movement- (NREM) og rapid eye movement (REM) søvn (Carskadon & Dement, 2017; Lockley & Foster, 2012). Gjennom en søvnperiode veksles det mellom NREM og REM søvn (Carskadon & Dement, 2017). Gullstandarden for måling av søvn kalles Polysomnografi (PSG) og er basert på målinger av

elektroencefalografi (EEG), elektromyografi (EMG) og elektrookulografi (EOG) (Toften et al., 2020; Van De Water et al., 2011). PSG gjør det mulig å objektivt klassifisere søvn inn i NREM- og REM søvn, siden søvnstadiene har distinkte mønstre i hjerneaktivitet, muskelspenning og øyebevegelser (Berry et al., 2020).

The American Academy of Sleep Medicine (AASM) definerer tre understadier av NREM søvn inn i N1, N2 og N3 (Berry et al., 2020). Hvert stadium representerer en gradvis dypere søvn med redusert hjerneaktivitet og høyere vekketerskel (Carskadon & Dement, 2017). N1 er en overgangsfase mellom våkenhet og søvn. Ved normal søvn er individet kun noen minutter i N1 før søvnen går videre til N2. N2 kalles også lett søvn, og hjernebølgene er karakterisert av nedgang i aktivitet (lavere frekvens) og blir høyere (større amplitude). Karakteristiske søvnspindler og K-komplekser kan sees på EEG-målinger (Berry et al., 2020). N3 kalles også dyp søvn, og karakteriseres av slow-wave aktivitet (SWA) der langsomme, høye hjernebølger sees i EEG-målinger (Berry et al., 2020). For at et søvnstadium skal regnes som N3 må SWA være til stede i over 20% av en epoke (30 sekunders intervall). Det andre hovedstadiet, REM søvn, kjennetegnes av EEG aktivitet som viser høy frekvens og lav amplitude hjernebølger som likner våken tilstand, muskelatoni og hurtige øyebevegelser (Berry et al., 2020).

2.2.2 Søvnarkitektur- fordeling av søvn gjennom natten

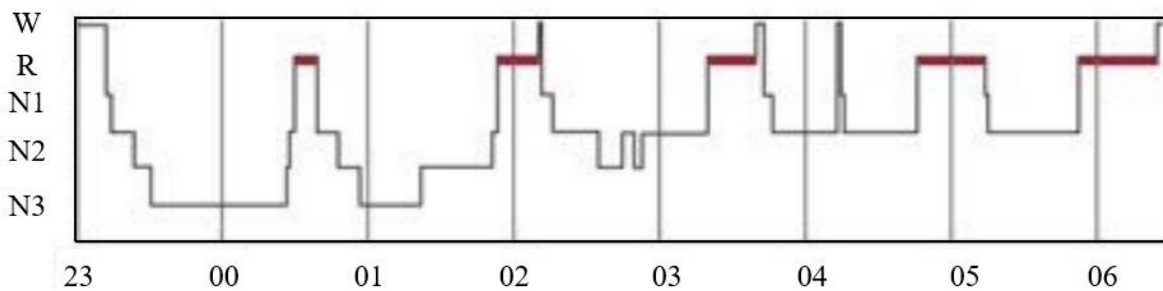
Søvnarkitektur defineres som den grunnleggende strukturelle organiseringen av søvnstadier, over en søvnperiode (Institute of Medicine, 2006). Undersøkelse av søvnarkitektur gir mulighet for å objektivt vurdere hvordan søvn avviker fra en normal natt med søvn. AASM legger til grunn at sunn søvn innebærer adekvat søvnlengde, god søvnkvalitet og fravær av søvnforstyrrelser (Ramar et al., 2021).

Ved normal søvnarkitektur begynner søvnperioden (som hypnogram i figur 1 viser) med NREM søvn (N1, N2, N3). Etter hvert vil hjernen reaktiveres og gå over til REM søvn (Carskadon & Dement, 2017). Første REM episode begynner vanligvis ikke før 80 minutter etter søvn inntraff. I løpet av natten veksles det mellom NREM og REM søvn i sykluser på rundt 90 minutter. Det er også vanlig å ha korte ubevisste oppvåkninger etter at en søvnscyklus er avsluttet (Carskadon & Dement, 2017). I løpet av søvnperioden endres imidlertid strukturen i søvnscyklusene. Dyp søvn dominerer i de første søvnscyklusene og første tredjedel av natten mens de siste søvnscyklusene og siste tredjedel av natten består primært av lett NREM søvn og lengre REM søvn episoder (Carskadon & Dement, 2017). Den første REM episoden er vanligvis kort (under 10 minutter) men blir lengre i de senere syklusene. Det er

også vanlig å våkne opp fra REM søvn. Ved normal søvnarkitektur fordeler søvnstadiene i løpet av natten seg med under 5% N1, rundt 50% N2, 20-25% N3 og 20-25% REM (Carskadon & Dement, 2017).

Figur 1.

Hypnogram som viser normal søvnarkitektur



Merk. Søvnperiode på 7.5 timer med fordeling av søvnstadiene hos en frisk, ung voksen. Hentet og modifisert fra Grønli and Ursin (2009). W = våken tilstand. R = REM søvn.

Hvor mange søvnzykluser som finner sted i løpet av en natt, og fordelingen av søvnstadier, er blant annet avhengig av søvnlengde, men ved normal søvnarkitektur er fire til seks NREM-REM sykluser vanlig (Carskadon & Dement, 2017). I forhold til søvnlengde viser figur 1 en søvnperiode på 7.5 timer. Det er imidlertid utfordrende å karakterisere normal søvnlengde ettersom flere faktorer som atferd, lengde av våkenhet og circadian rytme påvirker. Unge voksne rapporterer vanligvis å sove rundt 7.5 timer i hverdager og 8.5 timer i helger (Carskadon & Dement, 2017; Sivertsen et al., 2019). Mens individuelle variasjoner i søvnbehov eksisterer, er det anbefalt av AASM, Sleep Research Society (SRS) og National Sleep Foundation (NSF) at passende søvnlengde for voksne (18-60 år) er mellom 7 og 9 timer (Hirshkowitz et al., 2015; Watson et al., 2015).

2.2.3 Søvnregulering

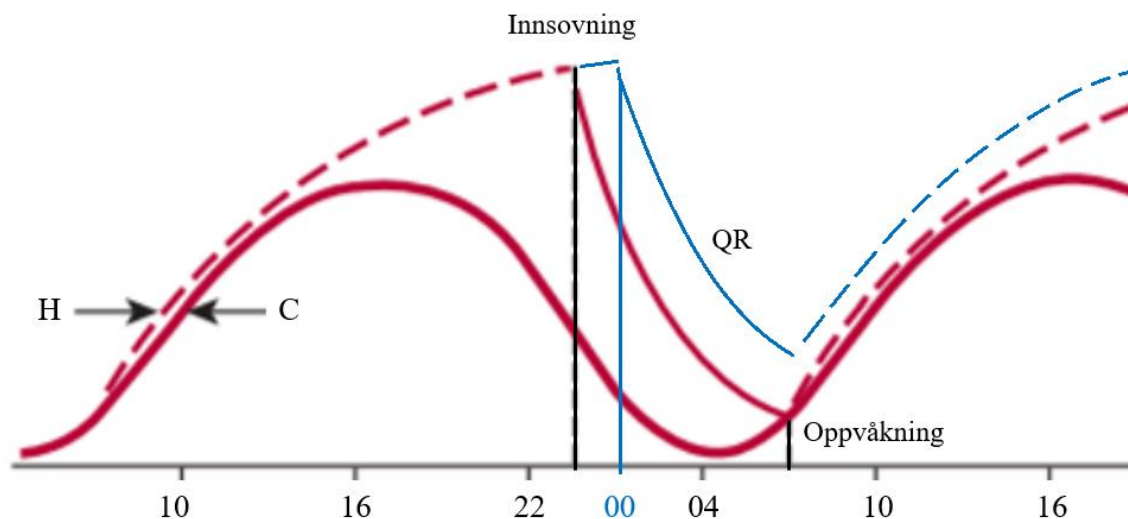
Søvnregulering referer til hva som påvirker når individet sover og når individet er våken, samt søvnlengde og kvalitet. Ifølge to-prosess modellen (Borbély, 1982; Borbély et al., 2016), er søvn og våkenhet regulert av to prosesser som interagerer, en homeostatisk prosess (H) og en circadian prosess (C), se figur 2. Prosess H er søvn-avhengig og innebærer at søvntrykk øker under tid i våkenhet og dempes under tid i søvn (Borbély, 1982). Ettersom homeostatiske mekanismer motvirker avvik fra et referansenivå er søvnhomeostase det aspektet ved søvnregulering som er avhengig av tid i søvn og tid i våkenhet (Achermann & Borbély, 2017). Søvn deprivasjon (SD) øker derfor søvntrykket, mens tid i søvn demper det.

Økt søvntrykk på grunn av SD kan observeres som økt søvnighet i våken tilstand og kortere innsøvningstid ved en søvnmulighet (Dijk & Landolt, 2019). Under søvn, markerer endringer i dyp søvn den homeostatiske prosessen, da en rekke studier har funnet at andel dyp søvn øker under restitusjonssøvn etter SD og reduseres under søvn på natten etter en lur på ettermiddagen (Borbely & Achermann, 1999; Dijk & Beersma, 1989; Tilley et al., 1987; Werth et al., 1996). Modellen legger dermed til grunn at søvn er homeostatisk regulert, der tid i dyp søvn har en dempende effekt og tid i våkenhet har en forsterkende effekt på søvntrykk.

Søvntrykk (prosess H) er imidlertid ikke en utelukkende lineær prosess, ettersom den interagerer med prosess C, den cirkadiane prosessen. Prosess C relateres til rytmen i søvntrykk som er generert av det endogene circadiane systemet, og er i hovedsak uavhengig av søvn (Borbely, 1982). Circadiane rytmer gjentar seg selv etter rundt 24 timer og opprettholder rytmen i søvntrykk uavhengig av prosess H. I eksperimentelle SD studier har det blitt funnet circadian rytme i søvntrykk, der subjektiv søvnighet varierte utfra når målinger ble foretatt relativ til den circadiane rytmen, og var tidvis lavere selv om individet ikke hadde sovet (Babkoff et al., 1991).

Figur 2.

To-prosess modellen for søvnregulering



Merk. Hentet og modifisert fra Grønli and Ursin (2009). Tallene viser klokkeslett.

H = homeostatisk prosess og C = circadian prosess.

Scenario 1, markert med svarte streker viser vanlig innsøvning og oppvåkningstidspunkt

Scenario 2, markert med blått illustrerer QR

Figur 2 illustrerer forholdet mellom prosess H og C. Scenario 1 (markert med svarte streker) viser vanlige tidspunkter for innsøvning og oppvåkning ved en normal søvnperiode,

mens scenario 2 (markert med blått) eksemplifiserer QR med forsinket innsovning, og blir utdypet i neste avsnitt. Når innsovning finner sted forårsaker det en demping i H, frem til den når skjæringspunktet med C og oppvåkning finner sted. Avstanden mellom H og C indikerer søvntrykk der større avstand indikerer høyere søvntrykk (Borbély, 1982). Borbély et al. (2016) presiserte i et senere verk at nyere studier indikerer at prosessene har en større gjensidig påvirkning på hverandre enn først antatt i den originale modellen. I en ny litteratur gjennomgang ble det funnet støtte for at søvnhomeostase kan påvirke circadiane systemer (Deboer, 2018). Ettersom den homeostatisk og den circadiane prosessen samhandler vil tidspunktet for optimal søvn være når den circadiane rytmen er synkronisert med forhøyet homeostatisk søvntrykk, dette vil være under den biologiske natten etter en full dag med våkenhet. Dette er også tilfellet ved QR (scenario 2) da både prosess H og C fremmer søvn på natten. Søvn lengde er i stor grad påvirket av prosess H og C, da søvnperiodens plassering burde finne sted når det er lite aktivering i den circadiane rytmen, ettersom det blir vanskeligere å få tilstrekkelig søvn lengde dersom det er kort tid til den circadiane rytmen begynner å stige (Åkerstedt, 1995).

To-prosess modellen er et nyttig konseptuelt rammeverk for forståelsen av søvnregulering, men andre faktorer kan også påvirke søvnregulering, som atferd og miljø. Atferd kan for eksempel overstyre både det homeostatisk søvntrykket og påvirkningen til circadian rytme, som muliggjør at skiftarbeidere for eksempel kan holde seg våken under et nattskift. Miljømessig stimuli kan ha ulike effekter på circadian rytme, for eksempel er det funnet at eksponering for blått lys kan påvirke søvnregulering ved å ha en faseforsinkende effekt på den circadiane rytmen (Sunde et al., 2020a).

2.2.4 Søvn i QR

Søvnforstyrrelser er en av de primære akutte effektene av skiftarbeid (Kecklund & Axelsson, 2016; Åkerstedt, 2003), og ulike skiftordninger vil produsere ulike søvnbetingelser for arbeidstakerne. QR er et aspekt ved skiftarbeid som har blitt vist å forkorte søvnen til arbeidstakere. I en gjennomgang av litteraturen som inkluderte seks artikler fra 1983 frem til 2014, ble det funnet at QR fra kveldsskift til morgenskift reduserer søvn lengden til mellom 5.5-6.5 timer (Vedaa et al., 2016). Denne trenden er også funnet i nyere studier der søvn lengde i QR var redusert til 5.6 (Vedaa et al., 2017b), 5.3 (Ikeda et al., 2021) og 5.2 timer (Ganesan et al., 2019). Dette er i tråd med Åkerstedt (2003) som påpekte at QR praksisen uunngåelig vil begrense søvn, og at data begynner å vise at dette finner sted allerede når hviletiden mellom skift begrenses til <11 timer.

Når arbeidstakernes hviletid blir redusert i forbindelse med QR, er det viktig å understreke at tiden mellom kveldsskiftet og morgenskiftet ikke representerer arbeidstakerens reelle mulighet for hvile og søvn. Hviletiden vil bli ytterligere forkortet av faktorer som reisevei, sosiale forpliktelser og tid til personlig hygiene (Kecklund et al., 2017; Vedaa et al., 2016). Et eksempel fra en sykepleier som har QR på 9 timer illustrerer dette. I løpet av 9-timers vinduet må hun reise hjem (30 min), spise, roe ned og ivareta hygiene (1 time). På morgningen må hun gjøre seg og barn klar, levere i barnehage (1 time) og reise til jobb (30 min) (Fagbladet, 2020, 07 oktober). Reell søvnmulighet er bare 6 timer selv om hviletid er 9 timer. Den reduserte søvnlengden på 5.2-6.5 timer som følge av QR er betraktelig mindre enn anbefalte 7-9 timer for voksne (Hirshkowitz et al., 2015; Watson et al., 2015).

Scenario 2 i figur 2 illustrerer søvn i QR der det homeostatiske søvntrykket ikke møter skjæringspunktet med den circadiane rytmen på grunn av forkortet søvnlengde ettersom QR fører til senere innsovning, men ikke senere oppvåkning. Potensialet for at arbeidstakeren ikke får tilstrekkelig søvn, og kommer på morgenskiftet med underskudd på søvn er stort. Søvn lengde har også blitt funnet å øke første natten etter QR, sammenliknet med selvrappert normalt søvnbehov, som kan indikere et behov for å restituere fra QR (Axelsson et al., 2004). Videre er det nærliggende at QR også har akutte effekter på andre søvnkarakteristikker utover reduksjon av søvnlengde. Vedaa et al. (2017b) fant at QR var forbundet med en rekke søvnproblemer i tillegg til kort søvnlengde, som brå oppvåkning fra søvnperioden og økt søvnighet. I sammenlikning med andre vanlige skiftoverganger (natt-natt, kveld-kveld og morgen-morgen) var QR assosiert med flest ugunstige konsekvenser for søvnen (Vedaa et al., 2017b). I andre studier som har undersøkt langtidseffekter av QR ble det funnet at QR var assosiert med insomni og skiftarbeidslidelse (Eldevik et al., 2013; Flo et al., 2014). I en nyere studie ble det også funnet at søvnkvalitet, søvnlengde og utmattelse ble predikert av frekvensen av QR de siste tre årene, men ikke frekvensen av nattskift (Dahlgren et al., 2016).

Tidligere forskning antyder dermed at effektene av QR på søvnrelaterte utfall er like eller mer alvorlige enn ved nattskift. Basert på litteraturen om QRs påvirkning på søvn, er det naturlig å anta at QR kan ha akutte effekter på søvnarkitektur. Det er imidlertid ikke tidligere undersøkt hvordan QR påvirker fordelingen av søvnstadier. Det finnes dog noen studier på søvnarkitektur etter nattskift. Det har eksempelvis blitt funnet at arbeidstakere bruker kort tid på innsovning og at søvnen går raskt videre til dyp søvn ettersom søvntrykket er høyt på grunn av den utvidede våkenheten, men søvnlengden er vanligvis forkortet med 2-4 timer ettersom den circadiane rytmen fremmer våkenhet når arbeidstakeren sover etter skiftet

(Åkerstedt, 1995). På grunn av at dyp søvn hovedsakelig dominerer den første delen av søvnperioden er nattarbeidere sin dype søvn marginalt påvirket av den forkortede søvnlengden, men andelen lett søvn og REM søvn er funnet å bli redusert (Pedersen et al., 2022; Åkerstedt, 2003; Åkerstedt et al., 1991). Studier på effekten av nattskift har imidlertid begrenset overføringsverdi for å belyse effekten av QR ettersom nattarbeid innebærer at arbeidstakere må være våkne på tidspunkt de normalt ville sovet, og sove på tidspunkt de normalt ville vært våken. Dette er ikke tilfelle i QR mellom kveldsskift og morgenskift, da arbeidstakerne sover når både det homeostatiske søvntrykket og den circadiane rytmen fremmer søvn.

Ettersom søvn er regulert av samspillet mellom en homeostatisk prosess og en circadian prosess (Borbély, 1982) og atferd, er dette faktorer som også er avgjørende for søvn i QR. Siden dyp søvn finner sted første del av natten (Carskadon & Dement, 2017) er det lite sannsynlig at forkortelse av søvnlengde til 5.2-6.5 timer i forbindelse med QR vil innebære reduksjon av den dype søvnen. På grunn av at QR utsetter leggetid uten å utsette oppvåkningstid reduseres søvnmulighet og søvnperioden blir avkortet. Det er derfor mer trolig at QR reduserer andelen lett søvn og REM søvn ettersom forskning på søvnarkitektur viser at lett søvn og REM søvn dominerer i siste del av søvnperioden (Carskadon & Dement, 2017). Ved dagtidssøvn etter nattarbeid avkortes gjerne arbeidstakerens søvn fordi kurven til søvntrykket møter en oppadgående circadian rytme som fremmer våkenhet. I QR mellom kveldsskift og morgenskift vil prosessene potensielt ikke krysses, og oppvåkning finner trolig sted på grunn av en vekkerklokke. Dette er i tråd med resultater fra skiftarbeidsstudier der tidlig start på morgenskift reduserte søvnlengde til 5 timer, som reduserte lett søvn og REM søvn (Kecklund et al., 1997). Eksperimentelle SD studier som begrenser søvnlengde, og likner på QR, komplimenterer resonnementet og har funnet at redusert søvnlengde førte til reduksjon av lett søvn og REM søvn, men påvirket ikke andelen dyp søvn (Banks & Dinges, 2007; Brunner et al., 1993).

Basert på teori og empiri om søvnmønster og søvnregulering er det grunnlag for å anta at QR fører til forkortet søvnlengde og dermed reduksjon av andel lett søvn og REM søvn, mens den dype søvnen ikke påvirkes. Imidlertid må det påpekes at det er mulig QR også påvirker søvnen på andre måter. Det kan tenkes at arbeidstakere har høyere aktivering i forbindelse med QR enn vanlig, for eksempel på grunn av et fokus på at man har lite tid til å sove og derfor må sovne fort. Dette kan trolig forstyrre søvnen, med å øke perioden fra man legger seg til man sovner (søvnlatens) eller forårsake flere eller for tidlige oppvåkninger da det er vist at høy intensjon om å sovne fører til høyere aktivering og mer fragmentert søvn

(Rasskazova et al., 2014). Nøyaktig hvilke akutte og spesifikke søvnrelaterte konsekvenser QR har finnes det ikke et klart svar på i litteraturen i dag, men det finnes indikasjoner på de negative effektene. I første omgang er det mulig at QR reduserer søvnlengde, som videre kan føre til økt søvnighet og redusert kognitiv prestasjon neste arbeidsdag, som igjen kan ha implikasjoner for arbeidssikkerhet.

2.2.5 Alternative metoder for måling av søvn

Gullstandarden for måling av søvn, PSG, innebærer at individet sover med elektroder plassert på hodebunnen og ved kjeve- og øye musklene. Dette foregår ofte ved en søvnklinikk eller søvnlaboratorium, og dataene må skåres manuelt. PSG er svært nøyaktig, men det har vært behov for å finne alternative metoder som måler søvn nøyaktig og er mindre påtrengende og mindre ressurskrevende. I en gjennomgang av litteraturen fant Van De Water et al. (2011) at aktigrafi var en mye brukt og validert målemetode, som bruker aktivitet-inaktivitet som en proxy for våken-søvn. Aktigrafi tillater vanligvis ikke inndeling av søvnstadier (Stone & Ancoli-Israel, 2017). Det konkluderes med at alternative metoder for å måle søvn er på vei, men de fleste forblir på prototype stadiet og er utilstrekkelig validert (Van De Water et al., 2011).

Somnofy er en nyutviklet norsk søvnradar med en kontaktløs sensor som samler inn puste- og bevegelsesdata via doppler radarteologi og bruker maskinlæring til å automatisk klassifisere søvnparametere fra disse rådataene. Somnofy kan med dette automatisk tyde variabler som leggetid, søvnlatens, total søvnlengde, oppvåkninger og tid i ulike søvnstadier. Med 30 sekunders epoker registrer Somnofy søvnstadiene: våken, lett søvn (N1+N2), dyp søvn (N3) og REM søvn. I en valideringsstudie undersøkte Toften et al. (2020) om Somnofy produserte valide mål, sammenlignet med PSG. Søvn til 71 friske deltakere ble undersøkt med både PSG og Somnofy ved en natts søvn. Resultatene viste at Somnofy hadde en robust evne til å estimere søvn og våkenhet, og deteksjon av søvnstadier viste godt samsvar med PSG ved epoke-for-epoke sammenligning. Det var en forskjell på 8 minutter mellom PSG og Somnofy i total søvnlengde, men gitt at total søvnlengde var 405 minutter betraktes 8 minutter som ubetydelig. Somnofy identifiserte korrekt lett søvn i 75%, dyp søvn i 74% og REM søvn i 78% av epokene. Dette tilsvarte en forskjell mellom Somnofy og søvnteknikernes skåring av PSG på respektivt 1, 12 og 11 minutter. Forfatterne argumenterte for at en slik diskrepans ansees som tolererbar. Toften et al. (2020) konkluderte med at Somnofy gir valid informasjon om søvn og våkenhet, og klassifisering av søvnstadier. Somnofy er dermed et ikke-

påtrengende og mindre ressurskrevende alternativ til PSG som kan gi relativt presise målinger av både søvnlangde og søvnarkitektur/søvnstadier.

2.3 Dagtidfungering - QR og kognitiv prestasjon

Det er antatt at kvalitet på våkenhet er relatert til kvalitet på søvn (Dijk & Landolt, 2019). I tråd med dette er det funnet at SD har betydelige implikasjoner for kognitiv prestasjon under våkenhet (Van Dongen et al., 2017). I litteraturen trekkes det et skille mellom total SD der søvn uteblir i ett eller flere døgn, og delvis SD, også kalt søvnrestriksjon, som innebærer en reduksjon av søvnlangde, ofte over flere døgn (Doran et al., 2001; Lo et al., 2012; Lowe et al., 2017; Pilcher & Huffcutt, 1996; Van Dongen et al., 2003). I nyere studier har også begrepet akutt mild søvnrestriksjon blitt brukt om en natt der søvn begrenses til ≤ 5 timer (Gibbins et al., 2021; Stojanoski et al., 2019). Denne studien vil fokusere på akutt søvnrestriksjon ettersom arbeidstakere med QR i sin skiftordning kan oppleve forkortet søvnlangde mellom kveldsskift og morgenskift.

Hvordan søvn er relatert til kvaliteten på våkenhet, er et sentralt spørsmål i undersøkelse av hvordan en natt med QR kan påvirke dagtidfungering under det påfølgende morgenskiftet. Det er for eksempel funnet at akutt mild søvnrestriksjon øker søvnighet og svekker nevrokognitive funksjoner i våken tilstand (Gibbins et al., 2021). Studier som har undersøkt akutte effekter av skiftarbeid på kognitiv prestasjon, har primært fokusert på nattarbeid. Det har blitt funnet at nattarbeid gjennomgående er assosiert med nedsatt kognitiv prestasjon (Kecklund & Axelsson, 2016; Sunde et al., 2020b). Til forskjell for nattarbeid, hvor den circadian rytmen står for mye av den reduserte fungeringen ettersom arbeidstakeren er våken når de normalt ville sovet, er det per i dag ingen studier som har undersøkt de akutte effektene av QR på kognitiv prestasjon, der nedsatt fungering i hovedsak vil skyldes økt søvntrykk. Allikevel finnes det empiri som vil være relevant for å belyse kognitiv prestasjon i en QR kontekst.

2.3.1 Søvnighet

Hvordan søvnen er påvirket av QR vil være relatert til kvaliteten på våkenhet neste dag. I en gjennomgang av litteraturen fant Vedaa et al. (2016) at QR gjennomgående var assosiert med økt søvnighet. Dette ble også funnet i en nyere studie (Vedaa et al., 2017b). Det har vært flere diskusjoner om hvordan søvnighet burde operasjonaliseres og evalueres. Både subjektive, atferdsmessige og fysiologiske mål slik som subjektive søvnighetsskalaer, kognitive prestasjonstester, og EEG målinger, er mye brukt i SD- og skiftarbeidsstudier.

Ved å bruke PSG kan en måle presist hvor lang tid det tar før en deltaker sovner ved

mulighet for en lur (multiple sleep latency test) og på den måten få et objektivt mål på søvnighet (Hirshkowitz & Sharafkhaneh, 2017). Trege øyebevegelser, målt med EOG og søvnliknende EEG karakteristikk kan også indikere søvnighet (Åkerstedt & Gillberg, 1990). Objektiv søvnighet skiller derimot fra subjektiv søvnighet ettersom sistnevnte er en oppfattet tilstand mellom våkenhet og søvn (Shen et al., 2006). Subjektiv søvnighet impliserer at våkenhet kan bli klassifisert i forhold til kvalitet på et søvnhets-våkenhets kontinuum (Dijk & Landolt, 2019).

Ettersom subjektive søvnhetskalaer er enkle å administrere er det mye brukt i SD- og skiftarbeidsstudier. Karolinska Sleepiness Scale (KSS), utviklet av Åkerstedt og Gillberg (1990), spør om en øyeblikks vurdering av deltakerens tilstand, fra 1 «svært opplagt» til 9 «svært søvnig». Åkerstedt og Gillberg (1990) validerte KSS opp mot fysiologisk søvnighet (EEG) og fant at subjektiv søvnighet målt med KSS var reflektert i EEG endringer i våken tilstand. Nyere valideringsstudier støtter dette. Kaida et al. (2006) og Åkerstedt et al. (2014) fant at KSS var relatert til både fysiologisk søvnighet og atferdsmessig søvnighet der økt søvnighet reflekterte svekket kognitiv prestasjon.

På den annen side har studier som har undersøkt delvis SD over flere dager funnet at subjektiv søvnighet øker, men stabiliserer seg, mens søvnighet målt med kognitive tester fortsetter å akkumulere (Van Dongen et al., 2003). Dette er også sett i studier av nattarbeid der helsepersonell rapporterte økt subjektiv søvnighet på første nattskift sammenliknet med påfølgende nattskift, men prestasjon var like svekket på de resterende nattskiftene (Ganesan et al., 2019). I slike omstendigheter er subjektiv søvnighet ikke reflektert i oppgaveprestasjon. Selv om subjektive søvnhetskalaer er nyttige mål burde de ideelt bli fulgt av andre mål, for eksempel atferds-baserte kognitive prestasjonstester. I litteraturen er det svært vanlig å kombinere KSS og Psychomotor Vigilance Test (PVT) i SD- og skiftarbeidsstudier.

2.3.2 Opprettholdt årvåkenhet – PVT

Hvordan QR påvirker dagtidfungering kan måles ved å undersøke atferdsmessig søvnighet/årvåkenhet og kognitiv prestasjon. Det er tydelig demonstrert i litteraturen at nevroatferdsmessige konsekvenser av SD kan måles med kognitive tester (Banks & Dinges, 2007; Goel et al., 2009; Lim & Dinges, 2010; Lowe et al., 2017). Svekkelser i kognitiv fungering kan bli observert i en rekke kognitive domener som blant annet oppmerksomhet, hukommelse, beslutningstaking og eksekutive funksjoner. Den mest konsistente svekkelsen under SD viser seg i redusert evne til å opprettholde årvåkenhet (vigilant attention) (Goel et al., 2009; Lim & Dinges, 2008, 2010). Opprettholdt årvåkenhet referer til evnen til å

oppretholde oppmerksomhet over en tidsperiode ved å respondere tidsriktig og korrekt på stimuli (Hudson et al., 2020; Lim & Dinges, 2008; Oken et al., 2006). Lim og Dinges (2008) har foreslått at prestasjonssvekkelsene som er sett under SD på en rekke kognitive tester primært skyldes den svekkede evnen til å opprettholde årvåkenhet. På den annen side stiller Tucker et al. (2010) spørsmål ved påstanden om at svekkelse i kognitiv fungering under SD er generisk for alle domener, da deres studie fant at noen kognitive funksjoner ikke var sårbare.

PVT, originalt utviklet av Dinges og Powell (1985), er ansett som gullstandarden og er den mest brukte testen for å måle opprettholdt årvåkenhet i studier av søvntap/SD (Arsintescu et al., 2017; Basner & Dinges, 2011; Basner et al., 2018; Lim & Dinges, 2008). PVT er en enkel reaksjonstidstest der deltakere skal respondere på stimulus, visuell eller auditorisk, så raskt som mulig ved å trykke på en responsknapp. Prestasjon på PVT er basert på responstid (RT) som er tiden det tar fra stimulus gis til responsen blir registrert. En rekke utfallsmål kan rapporteres fra PVT; gjennomsnitt RT, gjennomsnitt 1/RT (resiprokalsk/invers transformert), 10% tregeste og raskeste RT, lapses/glipper i oppmerksomheten ($RT \geq 500\text{ms}$) og feilstart (respons uten stimulus). Basner og Dinges (2011) argumenterer for at gjennomsnitt 1/RT og antall lapses burde ansees som de primære utfallsmålene til PVT.

Flere egenskaper ved PVT gjør den nyttig i SD- og skiftarbeidsstudier. PVT har demonstrert gode evner til å differensiere mellom søvnige og årvåkne individer og har gode psykometriske egenskaper (Basner & Dinges, 2011). PVT har og minimalt med læringseffekter, noe som gjør testen egnet for gjentatt administrasjon/repeterte målinger (Basner et al., 2018). Det er også argumentert for at PVT har økologisk validitet ettersom det å opprettholde årvåkenhet er et arbeidskrav i en rekke yrker, som for eksempel bilkjøring og overvåkning av systemer (Basner & Dinges, 2011; Basner et al., 2018; Lim & Dinges, 2008). PVT kan således brukes for å kvantifisere kvalitet på våkenhet ved å vurdere søvnighetsrelaterte endringer i opprettholdt årvåkenhet assosiert med søvntap (Dijk & Landolt, 2019; Lim & Dinges, 2008).

2.3.3 Nedsatt prestasjon

Søvntap fører til økt søvnighet og redusert årvåkenhet i våken tilstand og har betydelige negative effekter på kognitiv prestasjon, spesielt opprettholdt årvåkenhet, som kan øke risikoen for feil og arbeidsulykker (Van Dongen et al., 2017). Total SD produserer konsistente svekkelser i PVT prestasjon kjennetegnet av økning i RT og økning i antall lapses (Doran et al., 2001; Lim & Dinges, 2008). For de fleste vil det være mer realistisk å oppleve delvis SD, og det har blitt stilt spørsmål ved den økologiske validiteten til total SD studier

(Lowe et al., 2017). I forhold til effekter av delvis SD har to studier funnet et dose-avhengig forhold mellom søvnlengde og svekkelser i opprettholdt årvåkenhet. Belenky et al. (2003) randomiserte lastebilsjåførere til 7 netter med enten 3, 5, 7, eller 9 timer søvn, og fant at deltakere i 3 og 5 timers betingelsen hadde en nedgang i prestasjon, sammenliknet med baseline, med både økning i RT og antall lapses. En økning i RT ble også funnet for 7 timers betingelsen, mens prestasjonen i 9 timers betingelsen var stabil over hele forsøksperioden. Lignende resultater ble identifisert av Van Dongen et al. (2003), der deltakere ble delt inn i grupper med 4, 6, eller 8 timer søvn over en periode på 14 netter. Svekkelser i opprettholdt årvåkenhet ble funnet å akkumulere over perioden for deltakerne med under 8 timer søvn. Disse funnene understreker viktigheten av å ikke begrense søvnmulighet til mindre enn 8 timer, og hvor viktig tilstrekkelig søvnlengde er for å opprettholde kognitiv fungering.

Lowe et al. (2017) fant også i en meta-analyse at delvis SD svekket kognitiv prestasjon, og særlig evnen til å opprettholde årvåkenhet, hvorav den største effekten ble observert for lapses. Økning i antall lapses er sett på som et hovedkjennetegn ved den søvndepriverte tilstanden og har blitt knyttet til episoder med mikrosøvn i våken tilstand (Goel et al., 2009). Mikrosøvn referer til en episode der individet sovner, ofte uten å være klar over det selv, med noen sekunders varighet (Lim & Dinges, 2008). Lapses kan finne sted når individet opplever mikrosøvn. I spørsmål om lapses grunnleggende er en langsommere respons eller er kvalitativt distinkt, har det blitt funnet at SD ikke fundamentalt endrer vanlig respons, men heller bremser den og fører til ustabil prestasjon (Doran et al., 2001).

Den temporale dynamikken i årvåkenhet er, i tråd med søvn-våken regulering, påvirket av et samspill mellom homeostatisk og circadian prosess. Doran et al. (2001) fant i en total SD studie at prestasjonssvekkelser på PVT økte med økning i homeostatisk søvntrykk, men ble delvis gjenopprettet på ettermiddagen når circadiane prosesser fremmer våkenhet/årvåkenhet. I forhold til delvis SD er økningen i prestasjonssvekkelser over flere dager ikke tilstrekkelig belyst av homeostatisk og circadiane prosesser (Gabelhart & Van Dongen, 2017). En tredje allostatisk prosess som også regulerer prestasjonsdynamikken har blitt foreslått (Hudson et al., 2020). Eksempelvis undersøkte Rupp et al. (2009) om utvidet søvnlengde (10 timer i sengen) sammenliknet med habituell søvnlengde (7 timer) hadde en beskyttende effekt på kognitiv prestasjon under delvis SD. Det ble funnet at gruppen med utvidet søvnlengde hadde signifikant færre lapses. Prestasjon varierer dermed også som en funksjon av mengden søvn før SD.

Funnene fra eksperimentelle SD studier avdekker at søvntap fører til prestasjonssvekkelser kjennetegnet av ustabil evne til å opprettholde årvåkenhet. Disse

funnene ble sammenfattet i wake-state-instability rammeverket, som postulerer at ulike systemer konkurrerer for å påvirke atferd under søvntap. Søvntrykk fører til en ufrivillig trang til å sovne, circadian press for våkenhet/søvnighet og en anstrengelse for å opprettholde årvåkenhet samspiller og resulterer i atferd kjennetegnet av høyere prestasjonsvariasjon (Doran et al., 2001; Lim & Dinges, 2008). I en senere tilnærming ble det foreslått at neurale grupper involvert i visse oppgaver kan sovne lokalt (lokal søvn) uavhengig av global tilstand (D'Ambrosio et al., 2019). Det kan derfor tenkes at lokal søvn kan være den primære årsaken til variabilitet i PVT prestasjon (Hudson et al., 2020).

2.3.4 Prestasjon i eksperimentelle og naturalistiske skiftarbeidskontekster

Hvordan skiftarbeid påvirker søvnighet/årvåkenhet har blitt undersøkt med både eksperimentelt design og i naturalistiske settinger. I hovedsak har nattarbeid blitt undersøkt i simulerte skiftarbeidskontekster. McHill og Wright (2019) gjennomførte en simulert nattskiftprotokoll der søvnighet og kognitiv prestasjon ble sammenliknet med baseline morgenskift og to påfølgende nattskift. Nattarbeid økte subjektiv søvnighet og førte til nedsatt PVT prestasjon (både økt RT og antall lapses) uavhengig om det var første nattskift eller påfølgende nattskift, sammenliknet med morgenskiftet. I to simulerte nattarbeidsstudier undersøkte Sunde og kolleger hvordan nattarbeid påvirket søvnighet og kognitiv prestasjon, blant annet på PVT. Det ble funnet at nattarbeid gjennomgående førte til økning i subjektiv søvnighet og prestasjonssvekkelse i form av økt RT og økning i antall lapses. I tillegg ble det funnet at ulike lysbetingelser signifikant reduserte disse negative effektene på prestasjon (Sunde et al., 2020b; Sunde et al., 2020a). I de nevnte studiene har funnene blitt attribuert til forskjøvet circadian rytme og økt søvntrykk på grunn av utvidet våkenhet, og en får effekt av hvordan disse prosessene samhandler, i tråd med total SD studier. Hvordan prestasjonsnivået påvirkes av QR har ikke tidligere blitt undersøkt i simulert skiftarbeidskontekst. Studiene danner imidlertid grunnlag for å organisere kveld- og morgenskift i tilsvarende laboratoriesetting for å undersøke effekter av QR.

Generelt er det godt samsvar mellom funnene fra eksperimentelle og naturalistiske studier. Ganesan et al. (2019) undersøkte prestasjon blant helsearbeidere på morgenskift og nattskift, og rapporterte at både RT og antall lapses økte fra begynnelsen til slutten av nattskift, mens prestasjonen på morgenskift forble stabil under hele skiftet. I forbindelse med QR rapporterte de at subjektiv søvnighet ved starten av morgenskiftet ikke var påvirket av å jobbe kveldsskift, sammenliknet med morgenskift dagen før. I en ny litteratur gjennomgang evaluerte Ferris et al. (2021) 16 tidligere naturalistiske studier som anvendte PVT for å

vurdere prestasjon som respons på ulike skiftordninger. Det ble konkludert med at nedsatt PVT prestasjon var konsekvent demonstrert som respons på ulike skiftordninger til tross for en rekke ulike studieprotokoller.

2.3.5 Samspillet mellom QR, søvn, dagtidfungering og risiko for arbeidsulykker

Søvntap, uavhengig om det er forårsaket av eksperimentell manipulering eller er en konsekvens av skiftarbeid, vil resultere i en redusert årvåken tilstand. Det er nærliggende at dette kan ha konsekvenser for arbeidssikkerheten. For lite søvn og søvnighet i våken tilstand har blitt foreslått å øke risikoen for feil og arbeidsulykker (Folkard & Tucker, 2003; Goel et al., 2009; Van Dongen et al., 2017). I en gjennomgang av skiftarbeidslitteraturen konkluderte Folkard og Tucker (2003) med at arbeidstakere var mer utsatt for å gjøre feil på nattskift og at denne risikoen økte for hvert påfølgende nattskift. Svekkelsene som er sett i årvåkenhet og prestasjon på nattskift har blitt relatert til økt risiko for arbeidsulykker også i andre studier (Fischer et al., 2017; Vedaa et al., 2019). I en meta-analyse fant Uehli et al. (2014) at arbeidere med søvnproblemer hadde en 62% høyere risiko for skade sammenliknet med arbeidere uten søvnproblemer. Det indikeres at søvn er en viktig faktor å forstå for å ivareta arbeidssikkerheten. Van Dongen et al. (2017) trekker frem at mange arbeidsrelevante oppgaver sannsynligvis er sårbare for søvntap da disse oppgavene krever opprettholdt årvåkenhet.

Til tross for at total SD- og skiftarbeidsstudier på nattarbeid ikke er direkte overførbare til QR, er det nærliggende å anta at det også eksisterer et samspill mellom søvn, kognitiv fungering og risiko for arbeidsulykker i forbindelse med QR. Både studier av nattarbeid og total SD er påvirket av den circadiane rytmen hvor prestasjon er svekket på natten. Dette er ikke nødvendigvis tilfelle for studier av delvis SD, hvor deltakerne vanligvis sover på natten og er våken på dagen. Slike protokoller går imidlertid ofte over flere dager, men det er ikke vanlig praksis med flere QR på rad. I undersøkelse av QR vil effektene på dagtidfungering trolig skyldes økt søvntrykk på grunn av avkortet søvn. Det finnes grunnlag for å tenke at søvntrykk kan føre til svekket kognitiv fungering og øke risikoen for arbeidsulykker.

I nyere studier har det blitt funnet at til og med tilsynelatende «mild» SD, med bare noen timers begrensning av søvnlengde én natt (akutt) kan føre til signifikante svekkelser i nevrokognitive funksjoner i våken tilstand. Stojanoski et al. (2019) påpekte at kognitive konsekvenser av total SD og delvis SD er godt dokumentert, men at det eksisterer kunnskapshull i litteraturen når det gjelder akutt mild søvnrestriksjon. I deres studie ble det funnet at etter bare en natt med søvn begrenset til 5 timer presterte deltakerne dårligere på

PVT (både økning i RT og antall lapses) sammenliknet med deltakere som sov 9 timer. Det ble konkludert med at en natt med søvnlengde begrenset til 5 timer hadde en signifikant negativ påvirkning på kognitiv prestasjon den påfølgende dagen. Gibbings et al. (2021) undersøkte også konsekvenser av akutt mild søvnrestriksjon. Det ble funnet at deltakere i søvnrestriksjons betingelsen (5 timer i sengen) hadde økt søvnighet og nedsatt PVT prestasjon sammenliknet med normalt uthvilte deltakere (9 timer i sengen). Disse studiene indikerer at en natt med begrenset søvn fører til svekket dagtidfungering for oppgaver som krever opprettholdt årvåkenhet, som i neste omgang kan være en viktig faktor å forstå for sikkerheten på arbeid, også på kort sikt.

I tråd med dette er det som beskrevet i 2.1.1, empirisk støtte for en sammenheng mellom QR og arbeidsulykker. Økt søvnighet og redusert evne til å opprettholde årvåkenhet grunnet søvntap er mulige faktorer som kan belyse den empiriske sammenhengen mellom QR og arbeidsulykker. Dette er særlig bekymringsfullt gitt at yrkene som hyppigst anvender QR er helsesektoren og transport der kognitiv fungering er kritisk for sikkerhet og prestasjonssvekkelser kan føre til arbeidsulykker med svært skadelige utfall. Det kan stilles spørsmål ved om en skiftarbeider med QR i sin skiftordning, som derfor opplever innskrenket søvnmulighet, evner å opprettholde kognitiv prestasjon under morgenskiftet. Empirien indikerer at en bør vurdere om adgangen til å avtale redusert hviletid i §10-12 (4) er i tråd arbeidsmiljølovens forsvarlighetskrav i §10-2 (1) og de grunnleggende sikkerhetshensyn den bygger på (Arbeidsmiljøloven, 2005).

2.4 Mål og hypoteser

Dette er den første studien som undersøker akutte konsekvenser av QR med et simulert skiftarbeids-design. QR er en mye brukt praksis, til tross for at det har vært frarådet i lang tid (Kecklund et al., 2017; Knauth, 1996; Nielsen et al., 2019a). Nåværende forskning indikerer at QR er et aspekt som påvirker individer annerledes enn andre aspekter ved skiftarbeid, slik som nattskift. Ettersom QR er assosiert med negative effekter på søvn, fungering og økt risiko for arbeidsulykker, burde QR motta mer forskningsoppmerksomhet som kan bidra til nye innsikter og tilnærmelser for å redusere de negative konsekvensene av skiftarbeid. Inneværende studie har som formål å bidra til forskning på akutte konsekvenser av QR på søvn og dagtidfungering, som kan ha implikasjoner for arbeidssikkerhet.

2.4.1 Hypoteser om søvn

Studiens første mål er å undersøke de akutte effektene av QR på søvn. Basert på søvnteori og empiri er det antatt at QR har en innskrenkende effekt på søvnlengde og

potensielt fører til reduksjon i andelen lett søvn og REM søvn, mens dyp søvn i mindre grad blir påvirket, sammenliknet med søvnen mellom to morgenskiift (ordinær hviletid). Det er også antatt at QR ikke vil øke søvnlatens eller oppvåkninger. Følgende hypoteser formuleres: Hypotese 1a: Tid i sengen og total søvnlengde vil være kortere natten i QR sammenliknet med natten mellom morgenskiift-morgenskiift.

Hypotese 1b: Andel lett søvn og REM søvn vil være redusert natten i QR sammenliknet med natten mellom morgenskiift-morgenskiift.

Hypotese 1c: Andel dyp søvn vil ikke være redusert natten i QR sammenliknet med natten mellom morgenskiift-morgenskiift.

Hypotese 1d: Søvnlatens og antall oppvåkninger vil ikke være økt natten i QR sammenliknet med natten mellom morgenskiift-morgenskiift.

2.4.2 Hypoteser om dagtidfungering

Studiens andre mål er å belyse de akutte effektene av QR på dagtidfungering, ved å undersøke subjektiv søvnighet og kognitiv prestasjon. Det er basert på tidligere forskning antatt at dagtidfungering på morgenskiiftet etter QR vil være redusert sammenliknet med dagtidfungering på morgenskiiftet etter morgenskiift, på grunn av økt søvnighet og nedsatt kognitiv prestasjon sett som økning i RT og lapses på PVT. Følgende hypoteser formuleres: Hypotese 2a: Subjektiv søvnighet (KSS) vil være økt på morgenskiiftet etter QR sammenliknet med morgenskiiftet etter morgenskiift.

Hypotese 2b: PVT reaksjonstid (gjennomsnitt $1/RT$ og tregeste 10% $1/RT$) vil være økt på morgenskiiftet etter QR sammenliknet med morgenskiiftet etter morgenskiift.

Hypotese 2c: Antall PVT lapses vil være økt på morgenskiiftet etter QR sammenliknet med morgenskiiftet etter morgenskiift.

3. Metode

3.1 Design og prosedyre

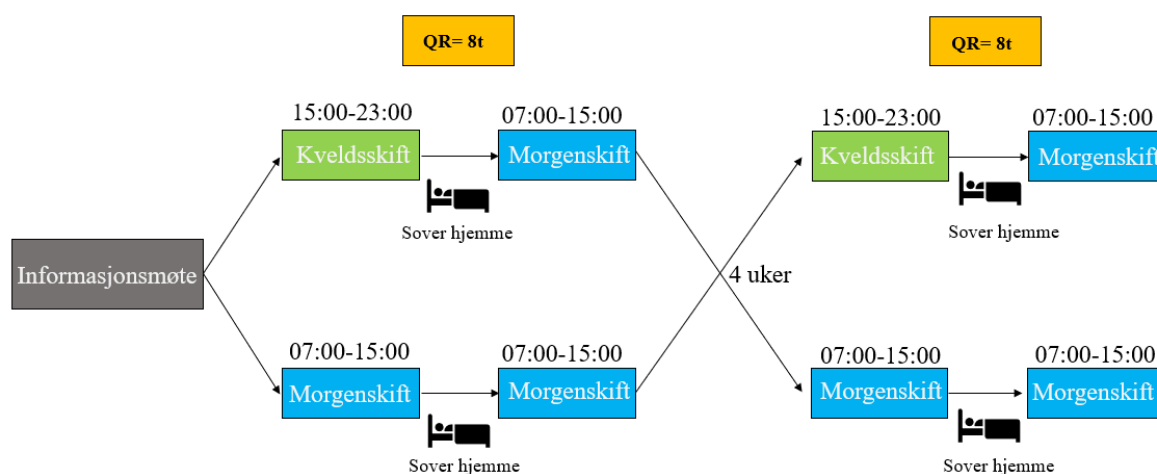
Inneværende studie anvender et eksperimentelt forskningsdesign med simulert skiftarbeid i laboratorium. Studien bestod av to studieperioder der deltakerne ble tildelt eksperimentell betingelse (simulert QR) eller kontroll betingelse (simulert ordinær arbeidstid) (figur 3). Begge betingelsene bestod av to påfølgende skift: morgenskiift-morgenskiift og kveldsskiift-morgenskiift. Morgenskiift startet kl. 07:00 og sluttet kl. 15:00. Kveldsskiift startet kl. 15:00 og sluttet kl. 23:00. Simulert QR hadde 8 timer mellom skiftene mens simulert ordinær arbeidstid hadde 16 timer. Studien anvender et repetert målingsdesign der samme

deltaker gjennomfører begge betingelsene, total fire simulerte skift. Rekkefølgen på betingelsene var kryssbalansert med fire uker separasjon for å minimere carry-over effekter.

Datainnsamling foregikk oktober 2021 – mai 2022. Det var 6 separate grupper med 1 til 6 deltakere i hver gruppe. Gruppene hadde forskjellige datoer for gjennomføring av skiftene og deltakerne valgte selv grupper basert på deres tilgjengelighet for å delta. Tildeling av grupper er derfor basert på bekvemmelighet, men rekkefølgen på betingelsene er i seg selv randomisert.

Figur 3.

Forskningsprosedyre med repetert målingsdesign



Merk. Etter informasjonsmøte gjennomføres to studieperioder; morgenskift-morgenskift eller kveldsskift-morgenskift, etter fire uker gjennomføres motsatt betingelse.

Blå boks=morgenskift. Grønn boks=kveldsskift. Somnofy måler søvnen hjemme.

Studien er et semi-kontrollert naturalistisk eksperiment som simulerer skiftarbeid i et laboratorium mens deltakerne sov hjemme med Somnofy søvnradar som målte søvn. Når deltakerne hadde skift i laboratoriet ble arbeid simulert med kognitive tester på faste tidspunkt. KSS og PVT ble gjennomført 5 ganger per skift, på følgende klokkeslett under morgenskift/kveldsskift: 07:30/15:30, 09:00/17:00, 10:30/18:30, 12:30/20:30 og 14:30/22:30. Mellom disse utførte deltakerne andre tester og hadde pauser de kunne benytte til andre stille aktiviteter. Deltakerne oppholdt seg i laboratoriet hele skiftet, foruten om å benytte toalett som var i samme bygg. Mat og vann var tilgjengelig «ad libitum». Det var tillat å drikke koffeinholdig væsker, i tråd med naturalistisk skiftarbeid, men det ble presisert at deltakerne ikke skulle drikke uvanlige mengder. Ettersom ulike lysbetingelser kan påvirke kognitiv

prestasjon (Sunde et al., 2020b), ble lysforholdene holdt konstant ved at blendingsgardiner var trukket for vinduene. En forsker/student var til stede ved alle skiftene for å sikre at eksperiment protokollen ble fulgt.

Før studieperiodene startet, ble det gjennomført et informasjonsmøte med deltakerne i laboratoriet. På informasjonsmøtene ble det presentert grundig informasjon om studien og deltakerne ga skriftlig samtykke til å delta. En øvelsesøkt med de kognitive testene ble også gjennomført. Dette er vanlig praksis for å minimere læringseffekter og sørge for at deltakerne er lik i sin forkunnskap til testene (Sunde et al., 2020a).

3.2 Deltakere og utvalg

Deltakere var hovedsakelig rekruttert blant studenter ved UiB via fagsider på læringsplattformen Mitt UiB, felles-eposter sendt ut på universiteter/høyskoler i Bergen, medborgerlaben sitt deltaker panel, plakater, grupper på sosiale medier og pitcher i forelesninger ved studieinstitusjoner rundt om i Bergen. Deltakerne meldte seg på ved å gå inn på en nettside via en oppgitt lenke, hvor de kunne registrere seg.

Ved påmelding svarte deltakerne på et digitalt spørreskjema som ble brukt for inklusjon og eksklusjon. Inklusjonskriteriene var: 19-30 år, ingen nåværende eller nylig historie med psykiatriske-, nevrologiske-, eller søvnforstyrrelser, ikke gikk på medisiner som kan påvirke søvn og/eller kognitive funksjoner, og beherske norsk på høyt nivå. Videre måtte deltakerne rapportere habituell søvnlengde mellom 6 og 10 timer, og oppvåkningstidspunkt mellom kl. 06:00 og kl. 10:00. Ekstreme kronotyper i henhold til kortversjonen av Morningness-Eveningness Questionnaire (MEQ) (Adan & Almirall, 1991) ble ekskludert. Deltakerne måtte og forstå alkoholbruk fra baseline søvn startet til andre skift var ferdig i begge studieperiodene. Gravide ble også ekskludert.

Totalt var det 27 (23 kvinner) påmeldte som deltok på informasjonsmøte og gav skriftlige samtykke. Av disse frafalt 13 deltakere, hvorav 8 skyldtes koronasmitte/nærkontakt. 1 deltaker sin søvnradar manglet data på grunn av tekniske problemer. Datasettet for analyse av hypoteser om søvn bestod av 13 deltakere (12 kvinner, gjennomsnitt alder 22.5 år, SE = 0.9). Datasettet for analyse av hypoteser om dagtidsfungering bestod av 14 deltakere (13 kvinner, gjennomsnitt alder 22.2 år, SE = 0.8).

3.3 Måleinstrument

Et digitalt spørreskjema ble brukt for inkluderings/ekskluderings formål. Relevant informasjon, som selvrapportert helse, nåværende og tidligere sykdommer, bruk av medikamenter, og habituell søvn, ble samlet inn. MEQ ble brukt for å evaluere kronotype.

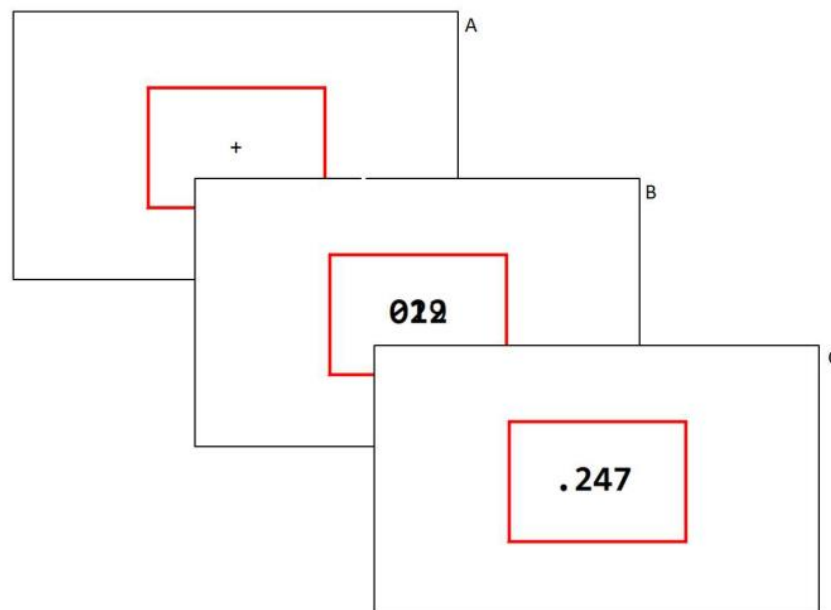
Somnofy søvnradar ble brukt for å undersøke søvn. Somnofy samler inn puste- og bevegelsesdata via doppler radarteologi og bruker maskinlæring til å automatisk klassifisere søvnparametere som søvnlengde og søvnstadier. Somnofy er et valid mål med godt samsvar med PSG (Toften et al., 2020).

Karolinska Sleepiness Scale (KSS) (Åkerstedt & Gillberg, 1990) ble brukt for å evaluere subjektiv søvnighet. KSS består av ett ledd der deltakere indikerer søvnighet på en 9-punkts Likert skala med følgende punkter: 1) veldig opplagt, 3) opplagt, 5) verken opplagt eller søvnig, 7) søvnig, men ikke anstrengende å være våken, 9) veldig søvnig, kamp mot søvnen, anstrengende å være våken. Punktene 2, 4, 6, 8 kunne også brukes, men hadde ikke deskriptive navn.

Psychomotor Vigilance Task (PVT) måler opprettholdt årvåkenhet (vigilant attention) (Dinges & Powell, 1985; Lim & Dinges, 2008). 10-minutter versjonen av PVT for datamaskin ble anvendt med E-Prime 3.0, i tråd med Basner og Dinges (2011) sine anbefalinger for design og oppsett (se figur 4, nedenfor). Deltakerne ble instruert til å overvåke et kryss «+» i en rød firkantet boks på midten av skjermen, og respondere med sin dominante hånd ved å presse mellomromstasten så raskt som mulig når stimulus (tidtaker/klokke) ble presentert på skjermen. Interstimulus intervallet var 2-10 sekunder, inkludert 1 sekund tilbakemelding på RT. Gjennomsnittlig var det 95 (SE=0.2) stimulus per runde. Studien anvender de primære utfallsmålene gjennomsnitt $1/RT$ og antall lapses. I tillegg ble tregeste 10 % $1/RT$ analysert. RT ble resiprokalsk transformert til $1/RT$ for bedre statistiske egenskaper (Basner & Dinges, 2011).

Figur 4.

Eksempel på PVT stimulus



Merk. (A) Ingen stimulus (2-10 sekunder). (B) Stimulus (tidtaker). (C) RT tilbakemelding (1 sekund).

3.4 Statistiske analyser

For å undersøke effekt av QR på søvn og datidsfungering ble linear mixed model (LMM) og generalized linear mixed model (GLMM) analyser brukt ettersom mixed models er særlig egnet for å ta hensyn til avhengigheten mellom observasjoner i repetert målingsdesign og har en robust evne til å håndtere manglende data i de ulike betingelsene (Heck et al., 2014).

3.4.1 Søvn

Separate LMMs ble anvendt for utfallsvariablene; tid i sengen, total søvn tid, tid i lett søvn, tid i REM søvn, tid i dyp søvn og søvnlatens. Analyse-strategien innebar å lage tre LMMs for hver av de avhengige variablene: (1) En randomeffekt modell med *deltaker* inkludert som random faktor. (2) En hovedeffekt modell der *skift* (ordinær vs QR) og *søvnperiode* (1= baseline søvn, 2= søvn til første skift (enten morgenskift eller kveldsskift) vs. 3=søvn mellom påfølgende skift (morgen-morgen eller kveld-morgen)) ble lagt til som fixed faktorer. (3) En interaksjonseffekt modell der *skift*søvnperiode* interaksjonen ble lagt til som fixed faktor. Modellene ble kjørt med maximum likelihood estimation (ML) som muliggjør sammenlikning av model fit for modellene ved å bruke -2 times the log of the likelihood (-2LL) til å gjennomføre en likelihood ratio test (LRT). Forskjellen i -2LL mellom

random_effekt modellen og hovedeffekt modellen, samt mellom hovedeffekt modellen og interaksjonseffekt modellen, ble sammenliknet med chi-kvadrat distribusjonen.

Frihetsgradene (df: med Satterthwaite approximation) som ble brukt i sammenlikningen var lik forskjellen i antall parametere mellom de sammenliknede modellene. Normaliteten til residualer for modellen med best fit ble vurdert med Shapiro-Wilk test og normalitets Q-Q plots for å sikre at forutsetningene for LMMs var møtt. F-statistikk er rapportert og pseudo R^2 -statistikk ble kalkulert og representerer reduksjon i varians gitt som % forklart varians. Post hoc sammenlikninger ble gjennomført uten korrigerende Least Significant Difference (LSD) for å evaluere forskjeller mellom nivåer av *skift* betingelser og *søvnperioder*. Estimated marginal means (EMM) og standard error (SE) rapporteres grafisk for å visualisere funnene.

For den avhengige variabelen, antall oppvåkninger, ble GLMMs med negativ binominal fordeling brukt, ettersom det er en tellevariabel som var skjev mot null. En liknende analyse strategi som er beskrevet for LMMs (randomeffekt modell, hovedeffekt modell og interaksjonseffekt modell) ble brukt for GLMM. Satterthwaite approximation for frihetsgrader og robust estimation av SE ble brukt. GLMM analyse bruker restricted maximum likelihood estimation som gjør at LRT tilnærmelsen for å evaluere model fit ikke er passende (Heck et al., 2014). Isteden ble Akaike's information criterion (AIC) og Schwarz's Bayesian information criterion (BIC) brukt for å sammenlikne modellene (små verdier er foretrukket). EMM og SE er grafisk fremstilt

3.4.2 Dagtidfungering

Separate LMMs analyser ble anvendt for utfallsvariablene; KSS, PVT gjennomsnitt 1/RT og tregeste 10% 1/RT. Analyse-strategien er lik som for hypotese 1 med tre LMMs for hver utfallsvariabel: (1) En randomeffekt modell med *deltaker* inkludert som random faktor. (2) En hovedeffekt modell der *skift* (morgenskiftet etter ordinær hviletid vs morgenskiftet etter QR) og *runde* (07:30 vs. 09:00, 10:30, 12:30 og 14:30) ble lagt til som fixed faktorer. (3) En interaksjonseffekt modell der *skift*runde* interaksjonen ble lagt til som en fixed faktor. *Runde* ble behandlet som en fixed faktor ettersom testene ble gjennomført på faste tidspunkter, og ved å analysere *runde* som fixed faktor tillates det å undersøke prestasjonsdynamikken innad i skift i tillegg til mellom skift. Modellene ble også her kjørt med ML. Model fit, residualer, pseudo R^2 og post hoc sammenlikninger ble vurdert på tilsvarende måte som beskrevet tidligere. EMM og SE rapporteres grafisk. Cohens d er kalkulert som et målt på effekt størrelse for forskjellen mellom *skift* betingelsene per *runde* der interaksjonseffekten ikke var signifikant, der 0.8, 0.5 og 0.2 betraktes som stor, moderat

og liten effekt (Cohen, 2013).

For den avhengige variabelen, antall PVT lapses, ble GLMMs med negativ binominal fordeling brukt, ettersom det er en tellevariabel med høy varians som var skjev mot null. Liknende analyse-strategi som er beskrevet for LMMs (randomeffekt modell, hovedeffekt modell og interaksjonseffekt modell) ble brukt for GLMM. GLMM for antall lapses ble kjørt og evaluert på samme måte som beskrevet for antall oppvåkninger. EMM og SE rapportertes grafisk.

Alle statistiske analyser ble gjennomført i IBM SPSS Statistics, versjon 27.

3.5 Etikk

Studien er godkjent av Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK) (Nr. 234184). Ettersom jeg arbeidet med databehandlingen skrev jeg under databehandleravtale i tråd med UiB sine retningslinjer for personopplysninger i forskning. Når deltakere ble inkludert i studien ble hver deltaker tildelt et unikt ID-nummer som ble brukt gjennom studieperioden. En kodenøkkel som kunne brukes for å identifisere deltakere ble oppbevart separat fra dataene. Det var nødvendig å kunne identifisere deltakere under studieperioden for organisering av deltakelse ved de to studieperiodene og for å adressere spørsmål mottatt underveis. Alle deltakere gav sitt skriftlige informerte samtykke til å delta og kunne avbryte deltakelsen på ethvert tidspunkt.

Simulert QR innebærer en reduksjon av hviletid til 8 timer. Det er i tråd med hvordan QR kan anvendes i skiftordninger i Norge i dag. Det er antatt at eksperimentet ikke utgjør en større risiko for deltakerne enn hva som generelt er akseptert. Deltakerne måtte derimot bruke en del tid (fire 8 timers arbeidsdager) på å delta, og ble derfor finansielt kompensert. Ved fullførelse av alle fire skift mottok deltakere 1600 kroner.

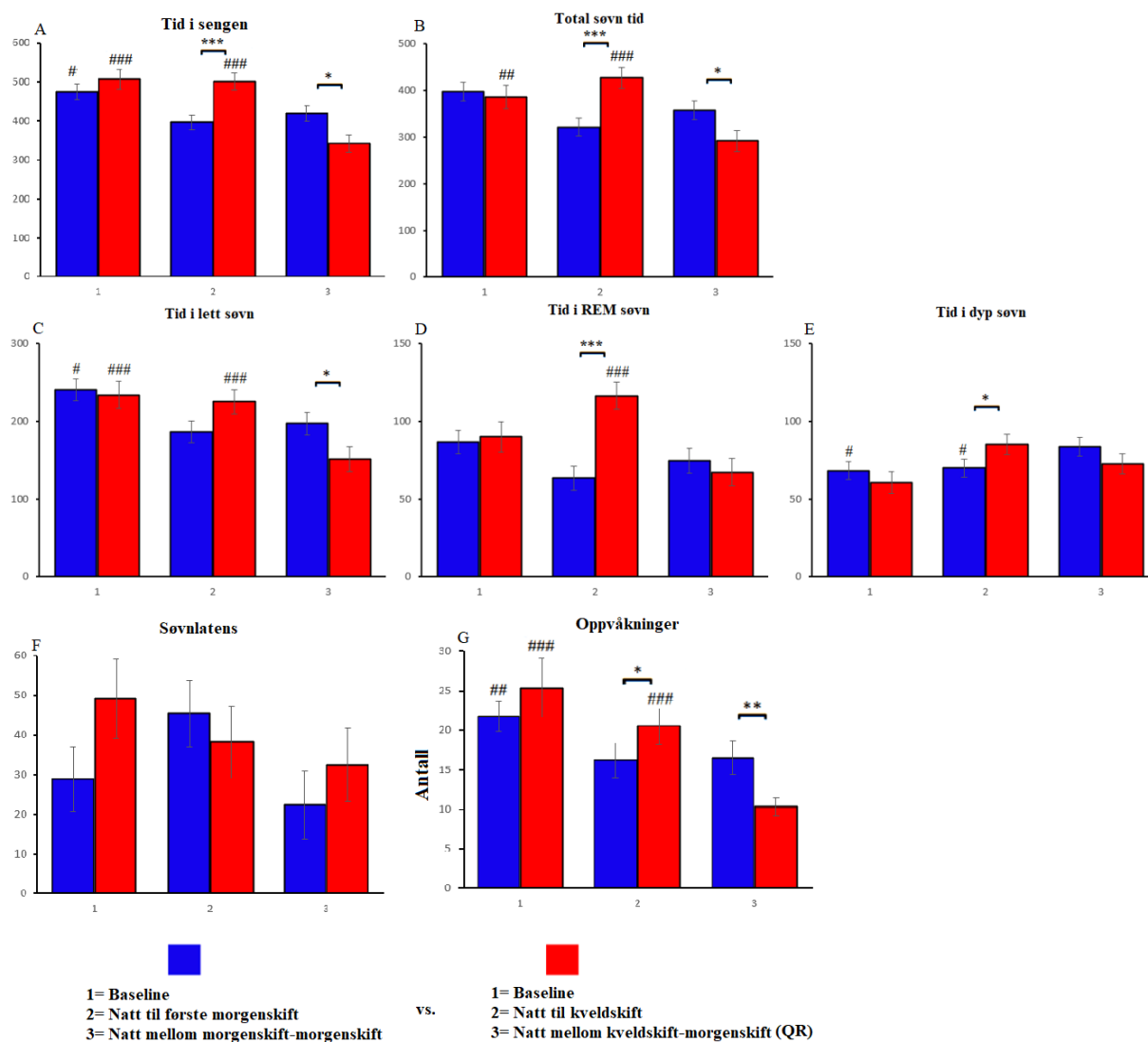
4. Resultater

4.1 Søvn

Ved deskriptiv undersøkelse av søvndataene ble det funnet at gjennomsnitt (SE minutter) leggetid var 23:08 (19) i baseline, 23:02 (22) natt til kveldsskift, 22:20 (18) natt til første morgenskift, 23:51 (7) natt mellom kveldsskift-morgenskift (QR) og 22:19 (30) natt mellom morgenskift-morgenskift (ordinær arbeidstid). Gjennomsnitt for oppvåkningstid var 07:45 (22) i baseline, 08:13 (37) natt til kveldsskift, 05:41 (6) natt til første morgenskift, 05:44 (5) i QR og 05:46 (7) i ordinær arbeidstid. Resultater for hypoteser om søvn er visuelt presentert i figur 5.

Figur 5.

Resultater for søvn



Merk. Søvnparametere: tid i sengen (A), total søvn lengde (B), lett søvn (C), REM søvn (D), dyp søvn (E), søvnlatens (F) og antall oppvåkninger (G) for tre søvnperioder i morgenskiift-morgenskiift betingelsen (blå) og QR betingelsen (rød).

Søvnperiode 1= baseline søvn, 2= søvn til første skift (søvn før første morgenskiift/kveldsskiift) og 3= søvn mellom påfølgende skift (natten mellom morgenskiift-morgenskiift/natten mellom kveldsskiift-morgenskiift (QR)). Data presentert som verdi i minutter hvis ikke annet er oppgitt, og uttrykt som estimated marginal mean \pm SE. Signifikante forskjeller er indikert for variabler med signifikant *skift*søvnperiode* interaksjonseffekt. Nummer symbol (#) over stolper indikerer søvnperioder som var signifikant forskjellig sammenliknet med søvn mellom påfølgende skift (*søvnperiode* 3), og asterisk symbol (*) indikerer en signifikant

forskjell mellom *skift* betingelser. Signifikans nivå er indikert ved antall symboler: et symbol = $p < .05$; to symboler = $p < .01$; tre symboler = $p < .001$.

4.1.1 Tid i sengen og total søvnlengde

For tid i sengen (figur 5A) var det ingen signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1, 58}=1.328$; $p=.254$), men det var en signifikant hovedeffekt av *søvnperiode* ($F_{2, 48}=13.346$; $p < .001$) med reduksjon av tid i sengen natten mellom to påfølgende skift sammenliknet med baseline tid i sengen ($p < .001$) og natt til første skift ($p=.002$). Det var signifikant interaksjonseffekt av *skift*søvnperiode* ($F_{2, 48}=9.517$; $p < .001$), med kortere tid i sengen natten i QR sammenliknet med natten mellom morgenskiift-morgenskiift ($p=.014$). Det var og økt tid i sengen natt til kveldsskiift sammenliknet med natt til første morgenskiift ($p < .001$). Post hoc sammenlikninger av tid i sengen mellom påfølgende skift avdekket i ordinær hviletid betingelsen signifikant reduksjon sammenliknet med baseline, men ikke natt til første morgenskiift ($p=.049$; $p=.414$), mens for QR betingelsen var det signifikant reduksjon av tid i sengen sammenliknet med både baseline og natt til kveldsskiift ($p < .001$ for begge). Interaksjonseffekt modellen hadde best model fit ($df=2$, $LRT=16.31$) og forklarte 39.3% av variansen i tid i sengen. Merk, analysen ble kjørt uten random intercept ettersom feilmeldingen «Hessian matrix was not positive definite» indikerte at random intercept var overflødig i modellen

For total søvn tid (figur 5B) var det ingen signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1, 60}=0.318$; $p=.575$), men det var en signifikant hovedeffekt av *søvnperiode* ($F_{2, 53}=5.495$; $p=.007$) med reduksjon av total søvnlengde natten mellom to påfølgende skift sammenliknet med baseline søvnlengde ($p=.003$) og natt til første skift ($p=.018$). Det var signifikant interaksjonseffekt av *skift*søvnperiode* ($F_{2, 53}=9.202$; $p < .001$), med kortere søvnlengde natten i QR sammenliknet med natten mellom morgenskiift-morgenskiift ($p=.030$). Det var og økt søvnlengde natt til kveldsskiift sammenliknet med natt til første morgenskiift ($p < .001$). Post hoc sammenlikninger av søvnlengde mellom påfølgende skift avdekket i ordinær hviletid betingelsen ikke signifikant forskjell sammenliknet med baseline og natt til første morgenskiift ($p=.152$; $p=.192$), mens for QR betingelsen var det signifikant reduksjon i søvnlengde sammenliknet med både baseline og natt til kveldsskiift ($p=.005$; $p < .001$). Interaksjonseffekt modellen hadde best model fit ($df=2$, $LRT=15.76$) og forklarte 28.4 % av variansen i total søvntid.

4.1.2 Lett søvn

For tid i lett søvn (figur 5C) var det ingen signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1, 58}=0.166$; $p=.685$), men det var en signifikant hovedeffekt av *søvnperiode* ($F_{2, 52}=9.943$; $p < .001$) med redusert tid i lett søvn natten mellom to påfølgende skift sammenliknet med lett

søvn i baseline ($p < .001$) og natt til første skift ($p = .024$). Det var en signifikant interaksjonseffekt av *skift*søvnperiode* ($F_{2, 52} = 4.749$; $p = .013$), med reduksjon i andel lett søvn natten i QR sammenliknet med natten mellom morgenskiift-morgenskiift ($p = .025$). Post hoc sammenlikninger av tid i lett søvn mellom påfølgende skift avdekket i ordinær hviletid betingelsen signifikant reduksjon fra baseline, men ikke natt til første morgenskiift ($p = .019$; $p = .576$), mens for QR betingelsen var det signifikant reduksjon av andel lett søvn sammenliknet med både baseline og natt til kveldsskiift ($p < .001$ for begge). Interaksjonseffekt modellen hadde best model fit ($df = 2$, $LRT = 8.72$) og forklarte 26,4% av variansen i andel lett søvn.

4.1.3 REM søvn

For tid i REM søvn (figur 5D) var det signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1, 61} = 5.623$; $p = .021$) med økt tid i REM søvn for QR betingelsen sammenliknet med ordinær hviletid betingelsen. Det var og signifikant hovedeffekt av *søvnperiode* ($F_{2, 53} = 3.172$; $p = .050$) med redusert tid i REM søvn natten mellom påfølgende skift sammenliknet med baseline ($p = .047$) og natt til første skift ($p = .026$). Det var en signifikant interaksjonseffekt av *skift*søvnperiode* ($F_{2, 53} = 7.707$; $p = .001$), med økt andel REM søvn natt til kveldsskiift sammenliknet med natt til første morgenskiift ($p < .001$). Post hoc sammenlikninger av tid i REM søvn mellom påfølgende skift avdekket i ordinær hviletid betingelsen ikke signifikant reduksjon sammenliknet med baseline og natt til første morgenskiift ($p = .281$; $p = .303$), mens for QR betingelsen var det ikke signifikant reduksjon sammenliknet med baseline, men signifikant reduksjon sammenliknet med natt til kveldsskiift ($p = .087$; $p < .001$). Interaksjonseffekt modellen hadde best model fit ($df = 2$, $LRT = 13.71$), og forklarte 29.3% av variansen i andel REM søvn. Merk, analysen ble kjørt uten random intercept ettersom feilmeldingen «Hessian matrix was not positive definite» indikerte at random intercept var overflødig i modellen.

4.1.4 Dyp søvn

For tid i dyp søvn (figur 5E) var det ingen signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1, 57} = 0.063$; $p = .803$), men det var signifikant hovedeffekt av *søvnperiode* ($F_{2, 52} = 4.177$; $p = .021$) med økt andel dyp søvn natten mellom påfølgende skift sammenliknet med baseline ($p = .013$), men ingen forskjell sammenliknet med natt til første skift ($p = .905$). Det var en signifikant interaksjonseffekt av *skift*søvnperiode* ($F_{2, 52} = 3.822$; $p = .028$), med økt andel dyp søvn natt til kveldsskiift sammenliknet med natt til første morgenskiift ($p = .042$). Det eksisterte ikke en signifikant reduksjon av andel dyp søvn natten i QR sammenliknet med natten i morgenskiift-morgenskiift ($p = .144$). Post hoc sammenlikninger av tid i dyp søvn mellom

påfølgende skift avdekket i ordinær hviletid betingelsen økt dyp søvn sammenliknet med baseline og natt til første morgenskiift ($p=.028$; $p=.050$), mens for QR betingelsen var det ingen signifikant endring i dyp søvn sammenliknet med både baseline og natt til kveldsskiift ($p=.148$; $p=.108$). Interaksjonseffekt modellen hadde best model fit ($df=2$, $LRT=7.14$) og forklarte 12.8 % av variansen i tid i dyp søvn.

4.1.5 Andre søvnparametere

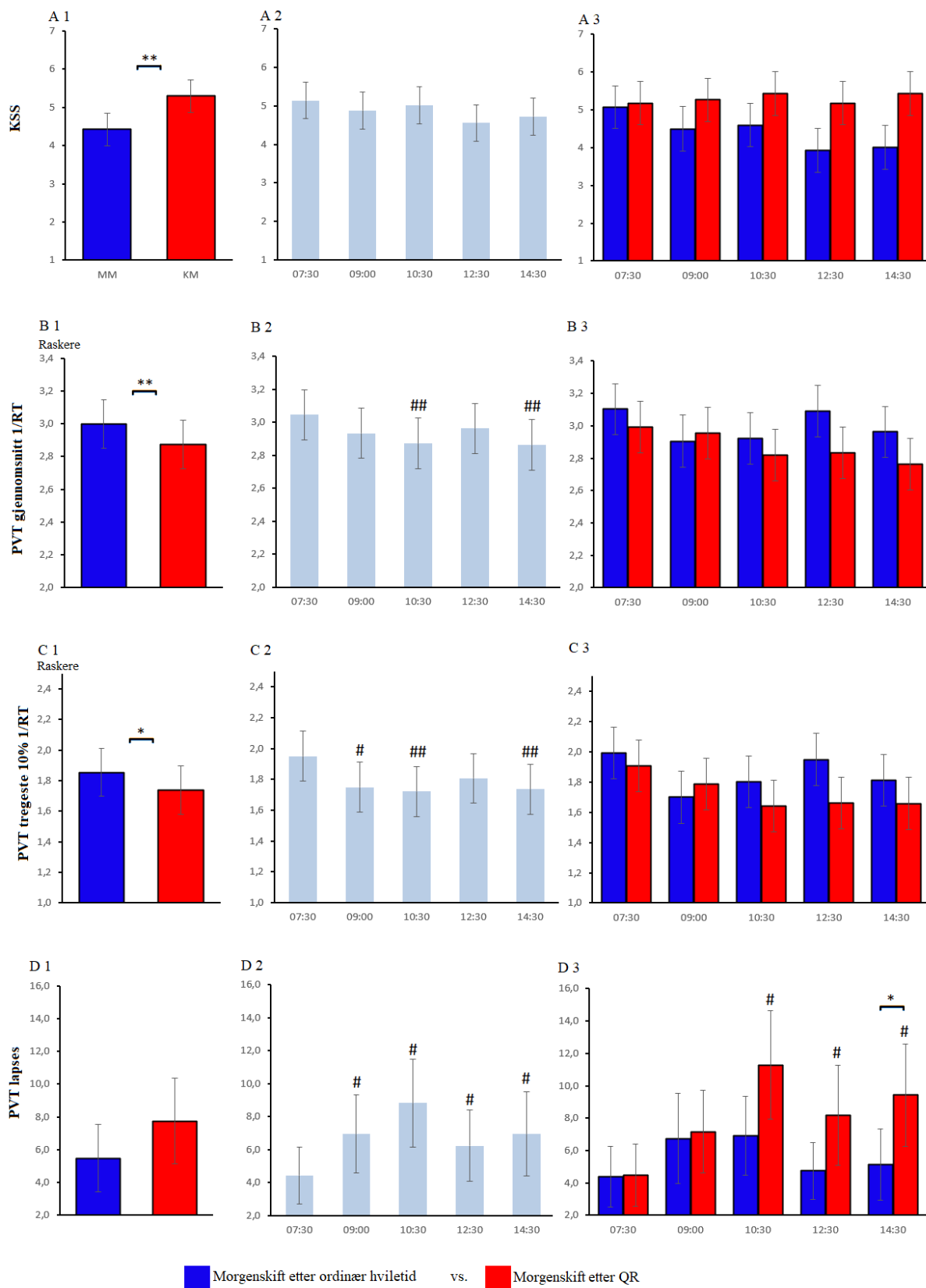
For søvnlatens (figur 5F) var det ikke signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1, 58}=1.453$; $p=.233$) eller *søvnperiode* ($F_{2, 54}=2.098$; $p=.132$). LRT indikerte at interaksjonsmodellen ikke hadde bedre model fit sammenliknet med hovedeffekt modellen.

For antall oppvåkninger (figur 5G) var det ikke signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1, 60}=0.138$; $p=.711$), men det var signifikant hovedeffekt av *søvnperiode* ($F_{2, 60}=19.733$; $p < .001$) med redusert antall oppvåkninger natten mellom påfølgende skift sammenliknet med både baseline ($p=.004$), og natt til første skift ($p < .001$). Det var signifikant interaksjonseffekt av *skift*søvnperiode* ($F_{2, 60}=16.877$; $p < .001$) med færre oppvåkninger natten i QR sammenliknet med natten i morgenskiift-morgenskiift ($p=.004$). Det var og flere oppvåkninger natt til kveldsskiift sammenliknet med natt til første morgenskiift ($p=.037$). Post hoc sammenlikninger av antall oppvåkninger mellom påfølgende skift avdekket i ordinær hviletid betingelsen færre oppvåkninger sammenliknet med baseline, men ikke sammenliknet med natt til første morgenskiift ($p=.003$; $p=.834$), mens for QR betingelsen avdekkes det færre oppvåkninger sammenliknet med både baseline og natt til kveldsskiift ($p < .001$ for begge). Interaksjonseffekt modellen (AIC, BIC =71, 73) hadde lavere AIC/BIC verdier enn hoved- (AIC, BIC =81, 83) og random- (AIC, BIC =91, 93) effekt modellene.

4.2 Dagtidfungering

Resultater for hypoteser om dagtidfungering er presentert visuelt i figur 6, nedenfor.

Figur 6.
Resultater for dagtidfungering



Tidspunkt (tt:mm) for start av testrunder

Merk. Subjektiv søvnighet KSS (A1-3), PVT reaksjonstid; gjennomsnitt 1/RT (B1-3) og tregeste 10% 1/RT (C1-3), PVT antall lapses (D1-3) for fem testrunder på morgenskiift etter morgenskiift (ordinær hviletid) (blå) og morgenskiift etter kveldsskiift (QR) (rød).

1 A/B/C/D= hovedeffekt av *skift*, 2 A/B/C/D= hovedeffekt av *runde*,

3 A/B/C/D= interaksjonseffekt av *skift*runde*. Data presentert som estimated marginal mean±SE. Nummer symbol (#) over stolper indikerer test runder som var signifikant forskjellig sammenliknet med første testrunde (07:30), og asterisk symbol (*) indikerer en signifikant forskjell mellom skift betingelser. Signifikans nivå er indikert ved antall symboler: et symbol = $p < .05$; to symboler = $p < .01$.

4.2.1 Subjektiv søvnighet

For subjektiv søvnighet (figur 6, A1-3) var det en signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1,111}=9.835$; $p=.002$) med økt søvnighet på morgenskiiftet etter QR. Det var ikke en signifikant hovedeffekt av *runde* ($F_{4,105}=0.658$; $p=.623$). Det var ikke en signifikant interaksjonseffekt ($F_{4,105}=0.824$; $p=.513$). Hovedeffekt modellen hadde best model fit ($df=5$, $LRT=11.49$) og forklarte 0.3% av variansen i KSS skår. Cohens d for forskjellen mellom *skift* per *runde* er: 07:30 = -0.05, 09:00 = -0.37, 10:30 = -0.40, 12:30 = -0.60 og 14:30 = -0.68.

4.2.2 Prestasjon på PVT

For PVT gjennomsnitt 1/RT (figur 6, B1-3) var det signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1,107}=8.041$; $p=.005$) med økt RT på morgenskiiftet etter QR, og *runde* ($F_{4,105}=2.809$; $p=.029$) med økt RT klokken 10:30 og 14:30 ($p=.007$; $p=.005$) sammenliknet med 07:30. Det var ikke en signifikant interaksjonseffekt ($F_{4,105}=1.709$; $p=.153$). Hovedeffekt modellen hadde best model fit ($df=5$, $LRT=17.79$) og forklarte 3.6 % av variansen i gjennomsnitt 1/RT. Cohens d for forskjellen mellom *skift* per *runde* er: 07:30 = 0.19, 09:00 = -0.08, 10:30 = 0.17, 12:30 = 0.43 og 14:30 = 0.33.

For tregeste 10% 1/RT (figur 6, C1-3) var det signifikant hovedeffekt av *skift* ($F_{1,107}=5.128$; $p=.026$) med en økning i tregeste 10% 1/RT på morgenskiiftet etter QR, og *runde* ($F_{4,105}=2.952$; $p=.023$) med økning i tregeste 10% 1/RT klokken 09:00 ($p=.012$), 10:30 ($p=.004$) og 14:30 ($p=.007$) sammenliknet med 07:30. Det var ikke en signifikant interaksjonseffekt ($F_{4,105}=1.609$; $p=.177$). Hovedeffekt modellen hadde best model fit ($df=5$, $LRT=15.88$) og forklarte 2,1% av variansen i tregeste 10% 1/RT. Cohens d for forskjellen mellom *skift* per *runde* er: 07:30 = 0.13, 09:00 = -0.14, 10:30 = 0.25, 12:30 = 0.45 og 14:30 = 0.24.

For antall PVT lapses (figur 6, D1-3) var det ikke signifikant hovedeffekt av *skift*

($F_{1, 110}=2.378$; $p=.126$), men det var en signifikant hovedeffekt av *runde* ($F_{4, 110}=4.896$; $p=.001$) med flere lapses klokken 09:00 ($p=.047$), 10:30 ($p=.013$), 12:30 ($p=.045$) og 14:30 ($p=0.046$) sammenliknet med 07:30. Det var signifikant interaksjonseffekt av *skift*runde* ($F_{4, 110}=7.588$; $p <.001$) med flere lapses 14:30 på morgenskiftet etter QR sammenliknet med morgenskift etter ordinær hviletid ($p=.021$). Post hoc sammenlikninger av prestasjonsdynamikk gjennom morgenskiftene avdekket at ingen runder var signifikant forskjellig fra første på morgenskiftet etter ordinær hviletid. På morgenskiftet etter QR var det signifikant flere lapses klokken 10:30 ($p=.013$), 12:30 ($p=.031$) og 14:30 ($p=.013$) sammenliknet med 07:30. Interaksjonseffekt modellen (AIC, BIC = 345, 348) hadde lavere AIC/BIC verdier enn hoved- (AIC, BIC = 351, 353) og random- (AIC, BIC = 350, 52) effekt modellene.

5. Diskusjon

Inneværende studie er den første studien som har simulert QR i et laboratorium for å undersøke de akutte effektene på søvn og kognitiv fungering. Formålet med studien var å bidra til å belyse et lite forstått aspekt av skiftarbeid ved å undersøke akutte effekter av QR på ulike søvnkarakteristikker og påfølgende dagtidfungering. Inneværende studie svarer således på Vedaas et al. (2016) sin oppfordring om mer forskning på de akutte effektene av QR. Basert på teori og tidligere empiri var det nærliggende å forvente at QR ville, gjennom å innskrenke søvnmulighet, føre til redusert søvnlengde og dermed redusere andelen lett søvn og REM søvn mens dyp søvn ikke ville påvirkes. Ettersom kvalitet på våkenhet er relatert til søvn ble det videre forventet at QR ville føre til økt søvnighet og redusert kognitiv prestasjon på morgenskiftet etter kveldsskift, sammenliknet med morgenskiftet etter morgenskift. I tråd med studiens første hypotese avdekket resultatene at QR reduserte tid i sengen og total søvnlengde sammenliknet med natten mellom morgenskift-morgenskift. Videre ble det funnet at andel lett søvn var redusert, men REM søvn var imidlertid ikke påvirket av QR slik som forventet. Tid i dyp søvn ble i tråd med hypotesen ikke redusert i QR sammenliknet med natten mellom morgenskift-morgenskift. Det ble også funnet at QR ikke førte til økt søvnløst eller flere oppvåkninger. Det er dermed støtte for hypotese 1a, 1c og 1d med delvis støtte for 1b. I tråd med studiens andre hypotese ble det funnet at subjektiv søvnighet var økt og kognitiv prestasjon, i form av økt RT og antall lapses, var nedsatt på morgenskiftet etter QR sammenliknet med morgenskiftet etter morgenskift. Det er dermed støtte for hypotese 2a-c, men det påpekes at forskjellene var små.

Det ser ut til at QR har akutte negative effekter på individets søvn og

dagtidsfungering. Dette fremstår som viktige faktorer å forstå for å ivareta sikkerheten på arbeidsplassen, og som kan belyse det empirisk støttede forholdet mellom QR og arbeidsulykker. I det videre vil studiens resultater bli diskutert ytterligere i lys av relevant teori og tidligere studier. Deretter diskuteres metodiske begrensninger samt praktiske implikasjoner og forslag til retning for fremtidige studier.

5.1 Akutt effekt av QR på søvn

Åkerstedt (2003) påpekte at QR uunngåelig vil føre til begrensninger for arbeidstakernes søvn. Inneværende studie simulerte QR på 8 timer mellom et kveldsskift og påfølgende morgenskift, som er i tråd med praksis i helsesektoren der QR er hyppig anvendt (Eurofond, 2017). Resultatene viste at QR innskrenker søvnmulighet ved å utsette leggetid med over halvannen time fra 22:20, som var gjennomsnittet natten i morgenskift-morgenskift overgangen, til 23:51 natten i QR. Gjennomsnittlig oppvåkningstidspunkt var derimot likt for begge betingelsene, med 05:46 i ordinær hviletid og 05:44 i QR. Dette er i tråd med tidligere studier fra helsesektoren som har funnet at gjennomsnittlig leggetid i QR var senere enn i morgenskift-morgenskift overgangen mens oppvåkningstid fortsatt er lik (Vedaa et al., 2017b). Den korte hviletiden som var tilgjengelig for deltakerne i QR betingelsen ble funnet å innskrenke søvnmulighet og dermed redusere tid i sengen og total søvnlengde.

5.1.1 QR innskrenker søvnmulighet og reduserer total søvnlengde

Resultatene for hypotese 1 avdekket, i samsvar med at QR forsinket leggetid og opprettholdt oppvåkningstid, redusert tid i sengen i QR (5.7 timer) sammenliknet med morgenskift-morgenskift overgangen (7.0 timer). Tid i sengen ble også funnet å være redusert natten i QR sammenliknet med natt til kveldsskiftet (8.4 timer) og baseline (8.2 timer). QR reduserer dermed søvnmulighet, og resultatene for total søvnlengde avdekket videre at søvnlengde var begrenset til 4.9 timer i QR. Det var en signifikant reduksjon i søvnlengde natten i QR sammenliknet med morgenskift-morgenskift (6.0 timer), natt til kveldsskiftet (7.1 timer) og baseline (6.5 timer). Ettersom resultatene for tid i sengen og total søvnlengde nærmest speiler hverandre (figur 5, A og B) indikeres det at QRs effekt på søvnlengde er relatert til innskrenkning av søvnmulighet og i mindre grad skyldes aktivering i individet, i tråd med hva som var forventet. Det har tidligere blitt foreslått at QR kan føre til vanskeligheter med å roe ned etter endt kveldsskift (Dahlgren et al., 2016) og dermed føre til redusert søvnlengde. Dersom tid i sengen natten i QR hadde vært noenlunde lik morgenskift-morgenskift betingelsen mens total søvnlengde hadde vært redusert, kunne det pekt på en slik

utfordring. Samsvaret mellom tid i sengen og total søvnlengde indikerer heller at QR reduserer søvnlengde igjennom innskrenkning av søvnmulighet.

Resultatene komplimenterer eksisterende kunnskap og er i tråd med en rekke studier som har vist at QR reduserer søvnlengde (Dahlgren et al., 2016; Ganesan et al., 2019; Ikeda et al., 2021; Vedaa et al., 2016; Vedaa et al., 2017b). Det virker naturlig å sammenlikne søvnen i QR med søvnen som finner sted i morgenskift-morgenskift overgangen, og med baseline søvn for å belyse hvordan søvn er endret i QR. Inneværende studie bidrar således også til litteraturen med sammenlikning av søvnlengde mellom ulike skiftoverganger; QR vs. ordinær hviletid og QR vs. baseline.

Vedaa et al. (2017b) sammenliknet også søvnlengde i QR med andre vanlige skiftoverganger som morgen-morgen og kveld-kveld. En sammenlikning av resultatene fra disse to studiene kan derfor være belysende. I studien til Vedaa et al. (2017b) ble søvnen til sykepleiere målt med selvrapportert søvndagbok, og resultatene avdekket at søvnlengde i QR ble begrenset til 5.6 timer og var signifikant kortere enn 6.2 timer mellom morgenskift-morgenskift. Det ble også funnet at søvnen mellom to påfølgende kveldsskift var den lengste søvnperioden med 7.6 timer. Søvn data fra inneværende studie målt med Somnofy stemmer godt overens med Vedaa et al. (2017b) da QR signifikant reduserer søvnlengde sammenliknet med morgenskift-morgenskift. I inneværende studie ble ikke søvnen mellom to påfølgende kveldsskift målt, men søvnen til ett kveldsskift ble målt. Resultatene avdekket den samme trenden der den lengste søvnperioden er tilknyttet kveldsskiftet (7.1 timer). Dette er også i tråd med tidligere studier som har vist at kveldsskift vanligvis er assosiert med en lengre søvnperiode (Vedaa et al., 2017b; Åkerstedt, 2003; Åkerstedt et al., 1991).

Ganesan et al. (2019) undersøkte også søvnlengde blant helsepersonell i ulike skiftoverganger, ved bruk av aktigrafi. Det ble funnet at QR fra kveld- til morgenskift begrenset søvnlengde til 5.2 timer som var en reduksjon sammenliknet med søvnlengde på 5.8 timer i morgenskift-morgenskift overgangen, men ikke statistisk signifikant. Ganesan et al. (2019) rapporterte også baseline søvn, i form av søvnlengde mellom to fridager, på 7.4 timer. I andre studier som har undersøkt søvnlengde i ulike skiftoverganger rapporterte Vedaa et al. (2016) i sin gjennomgang av litteraturen, at baseline søvnlengde varierte mellom 7 og 8 timer. I inneværende studiene ble det funnet at baseline søvnlengde var 6.5 timer og at søvnen natten i QR var signifikant redusert. Resultatene fra inneværende studie komplimenterer dermed eksisterende kunnskap og empiri som viser at QR reduserer søvnlengde.

Inneværende studie skiller seg imidlertid ut med at søvnlengde nesten gjennomgående er kortere enn det som er rapportert i tidligere studier. Selv om målemetodene er annerledes

(selvrapportert søvndagbok, aktigrafi, Somnofy søvnradar) som vanskeligjør direkte sammenlikning, er mønsteret gjennomgående. Søvn lengde natten i QR var 4.9 timer som er vesentlig kortere enn tidligere observerte 5.2-6.5 timer (Ganesan et al., 2019; Ikeda et al., 2021; Vedaa et al., 2016; Vedaa et al., 2017b). I forhold til baseline søvn lengde på 6.5 timer er det og kortere enn tidligere observert 7-8 timer (Ganesan et al., 2019; Vedaa et al., 2016). Søvn lengde mellom morgenskiift-morgenskiift var 6.0 timer som er i tråd med tidligere observert 5.8-6.2 timer (Ganesan et al., 2019; Vedaa et al., 2017b) samt at den lengste søvnperioden, på 7.1 timer, var natten til kveldsskiift som er i tråd med tidligere studier. Et interessant funn som understrekes er sammenlikningen av søvn i skiftoverganger med de to foreløpende søvnperiodene. For den ordinære morgenskiift-morgenskiift betingelsen (figur 5B, blå) eksisterte det ikke en forskjell mellom søvn i morgenskiift-morgenskiift overgangen sammenliknet med verken baseline eller natt til første morgenskiift. For QR betingelsen (figur 5B, rød) var det en signifikant reduksjon i søvn lengde sammenliknet med både baseline og natt til kveldsskiiftet. Til tross for at total søvn lengde generelt er kortere enn det som er funnet i tidligere studier avdekker resultatene at QR forkortet søvn lengde.

Resultatene viste at QR reduserte tid i sengen, og reduserte søvn lengden med over en time sammenliknet med søvn i morgenskiift-morgenskiift overgangen, og over halvannen time sammenliknet med baseline søvn lengde. Natten i QR reduserte søvn lengden til 4.9 timer, som ikke bare er langt mindre enn de rådende anbefalingene til AASM og NSF om 7-9 timers søvn (Hirshkowitz et al., 2015; Watson et al., 2015), men som ifølge nyere litteratur kan betraktes som akutt mild søvnrestriksjon (en natt med $5 \leq$ timer søvn) (Gibbings et al., 2021; Stojanoski et al., 2019). Ved å redusere fritiden til skiftarbeidere til 8 timer, innskrenkes derfor søvnmulighet i en så stor grad at skiftarbeidere med QR i sin skiftordning kan eksponeres for akutt mild søvnrestriksjon. Denne studien bidrar dermed også til å undersøke effekt av akutt (bare en natt) mild (bare noen timers reduksjon) søvnrestriksjon, som er et område av SD litteraturen som er mindre forstått, enn for eksempel effekt av total SD eller delvis SD (Stojanoski et al., 2019).

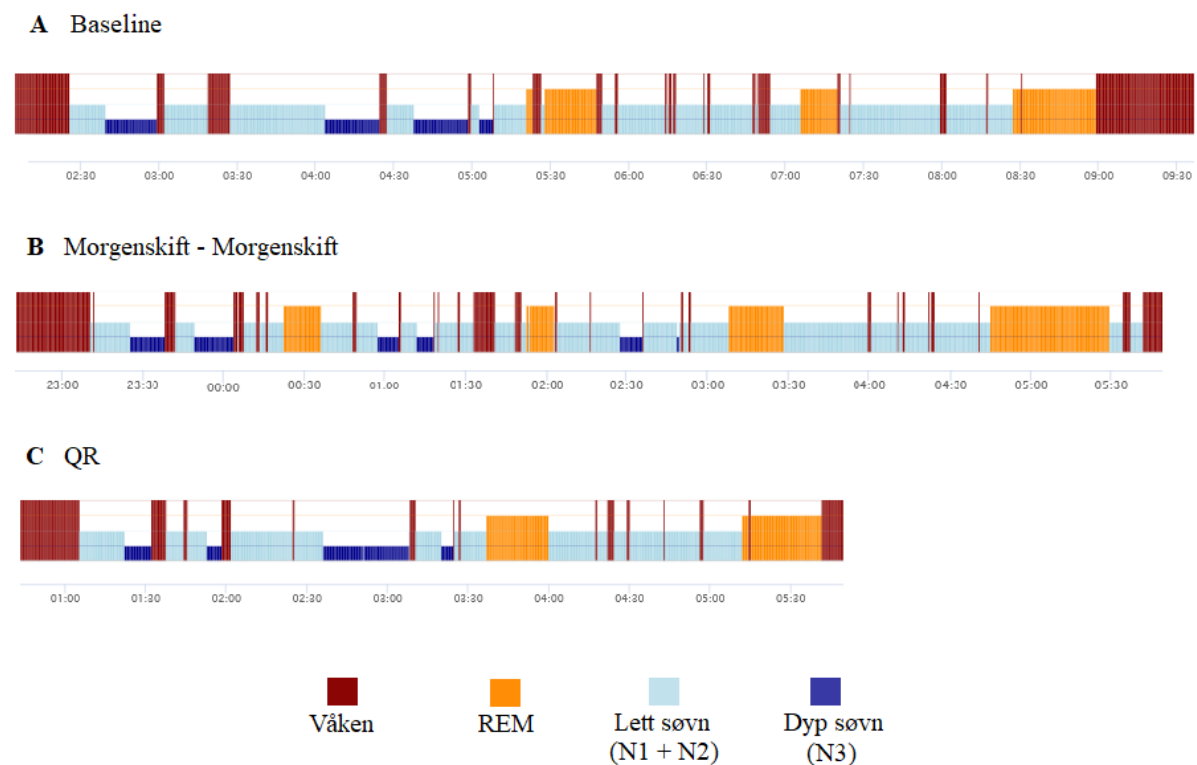
5.1.2 QR reduserer lett søvn, mens dyp søvn og REM søvn ikke er påvirket

Hvordan QR påvirker søvn utover reduksjon av søvn lengde er i mindre grad blitt undersøkt tidligere. Ved å undersøke søvnarkitektur og den strukturelle organiseringen av søvnstadier kan det bidra til å gi en dypere forståelse av hvordan søvn i en natt med QR avviker fra en normal natt med søvn. Det har ikke blitt funnet noen tidligere studier som har undersøkt hvordan QR påvirker søvnarkitekturen og fordeling av søvnstadier. Inneværende

studie bidrar dermed til helt nye innsikter i litteraturen med hvordan QR påvirker søvnarkitektur sammenliknet med ordinær hviletid i morgenskift-morgenskift overgangen og baseline søvn ved å bruke måling av søvnstadier med Somnofy. Figur 7, viser et eksempel på hypnogram fra Somnofy for natten i QR, natten i morgenskift-morgenskift og en natt med baseline søvn for én deltaker. Hypnogram fra Somnofy gir et presist mål på søvnstadier sammenliknet med gullstandarden PSG (Toften et al., 2020) og vil brukes for å eksemplifisere resultatene.

Figur 7.

Hypnogram med eksempel på søvnarkitektur



Merk. A= natt i baseline, B= natt i ordinær hviletid og C=natt i QR, for én deltaker.

Grunnleggende strukturell organisering av normal søvnarkitektur, innebærer at dyp søvn i hovedsak finner sted i de tidlige søvnsyklusene mens lett NREM og REM søvn dominerer siste tredjedel av natten (Carskadon & Dement, 2017). Dette mønsteret er tydelig fremtredende i figur 7. Tidligere empiri på hvordan skiftarbeid påvirker søvnarkitektur har fokusert på nattarbeid, der det har blitt funnet at søvn på dagtid reduserer søvnlengde og at denne reduksjonen påvirker andelen lett søvn og REM søvn mens dyp søvn er lite påvirket (Pedersen et al., 2022; Åkerstedt, 2003; Åkerstedt et al., 1991). Studier på dagtidssøvn er ikke direkte overførbare til QR konteksten da søvnperioden er på et ugunstig tidspunkt i den

circadiane rytmen (Åkerstedt, 1995), men for QR er ikke dette tilfelle. Tidligere studier fra SD litteraturen, særlig delvis SD studier likner mer på QR, og har vist at restriksjon av søvnlengde på natten fører til en reduksjon i andel lett søvn og REM søvn, men påvirker ikke dyp søvn (Banks & Dinges, 2007; Brunner et al., 1993). Søvn teori og empiri gav grunnlag for å forvente, selv om fordeling av søvnstadier ikke tidligere har blitt studert i en QR kontekst, at en natt i QR ville, gjennom den reduserte søvnlengden, redusere andelen lett søvn og REM søvn, men ikke dyp søvn.

En natt i QR førte til en statistisk signifikant reduksjon i lett søvn sammenliknet med både natten i morgenskift-morgenskift og baseline. Dette mønsteret sees også i figur 7. Den observerte reduksjonen i lett søvn er i tråd med forventningene fra den overordnede argumentasjonen basert på teori og empiri, og belyser at reduksjon i total søvnlengde medfører en påfølgende reduksjon i andelen lett søvn. Det merkes at det var nær å eksistere en statistisk signifikant økning i andel lett søvn natt til kveldsskiftet sammenliknet med natt til første morgenskift ($p=.051$). Dette kan også belyses basert på samme argumentasjon, og samsvarer med tidligere funn om at den lengste søvnperioden er natt til kveldsskiftet (Vedaa et al., 2017b; Åkerstedt, 2003) som da tillater at søvnen progresser utover natten til de senere søvnsyklusene der lett søvn tar over for dyp søvn (Carskadon & Dement, 2017).

Resultatene for dyp søvn avdekket i tråd med hypotesen at det ikke eksisterte en statistisk signifikant forskjell natten i QR sammenliknet med natten i morgenskift-morgenskift overgangen, ei heller i sammenlikning med baseline. Dette er i tråd med søvn teori, nattarbeidsstudier og SD studier der reduksjon i total søvnlengde ikke påvirker dyp søvn ettersom den dype søvnen finner sted første del av en søvnperiode (tydelig observert i figur 7) (Banks & Dinges, 2007; Carskadon & Dement, 2017; Åkerstedt, 2003; Åkerstedt et al., 1991). Det bemerkes at andre forfattere, i tillegg til å undersøke tid i dyp søvn, har undersøkt de restituerende effektene av søvnen med PSG/EEG målinger. Pedersen et al. (2022) fant, til tross for at tid i dyp søvn var preservert, at de restituerende effektene til dyp søvn var svekket og dagtidssøvn etter nattskift begrenset i hvilken grad søvnen dempet det homeostatiske søvntrykket. Ergo, selv om tid i dyp søvn ikke er påvirket i QR er det uvisst, ettersom det ikke er målt, om den restituerende effekten ved dyp søvn er påvirket. Imidlertid skyldes resultatene til Pedersen et al. (2022) i stor grad effekten av circadian påvirkning. Det motsatte er tilfelle i QR der søvnperioden er på natten når både søvntrykk og circadian rytme fremmer søvn, noe som taler for at den dype søvnen og dens restituerende effekter trolig er beskyttet i QR.

Resultatene for lett søvn og dyp søvn samsvarer med og kan belyses av søvn teori og tidligere empiri. For tid i REM søvn ble det ikke funnet støtte for hypotesen. Det var ikke en

statistisk signifikant reduksjon i andelen REM søvn natten i QR sammenliknet med natten i morgenskiift-morgenskiift, ei heller med baseline. Det ble derimot funnet en signifikant økning i andel REM søvn natt til kveldsskiiftet sammenliknet med natten i QR. Dette var ikke overraskende, da den lengste søvnperioden var natt til kveldsskiiftet. Ettersom lengden på REM episodene blir lengre utover natten, og særlig i de tidlige morgentimene er REM søvn fremmet av en stigende aktivering i den circadiane rytmen (Carskadon & Dement, 2017; Czeisler et al., 1980), var det forventet at QR, ved å forsinke leggetid og opprettholde oppvåkningstid, ville kutte den delen av søvnperioden REM søvn dominerer. Denne argumentasjonslinjen ble ikke støttet av resultatene og funnet skiller seg fra tidligere empiri som har funnet at søvnrestriksjon reduserer REM søvn (Banks & Dinges, 2007; Brunner et al., 1993). Det var allikevel en antydning til reduksjon selv om det ikke var statistisk signifikant, med en trend mot mindre REM søvn i QR (1.1 timer natten i QR vs. 1.3 timer i morgenskiift-morgenskiift og 1.5 timer i baseline). En mulig forklaring på resultatet kan knyttes til studiens utvalg da deltakerne sov gjennomsnittlig 1 time mindre i baseline enn hva som er gjennomsnittet for norske studenter (Sivertsen et al., 2019). Ettersom deltakerne allerede har kortere søvnlengde kan det ha ført til at de REM tunge syklusene allerede er kuttet i baseline. Dette er derimot usikkert og krever mer empiri for å trekke en klarere slutning.

Resultatene for hypotese 1 indikerer dermed at QR, gjennom søvnrestriksjon, endrer søvnarkitekturen, men har ulik påvirkning på ulike søvnstadier. Resultatene komplimenterer i stor grad søvnteori og tidligere empiri, og avdekker at QR primært reduserer andelen lett søvn, mens dyp søvn er preservert.

5.1.3 Effekten av QR skyldes den innskrenkede søvnmuligheten

Tidligere forskning på søvnforstyrrelser i forbindelse med QR har produsert motstridende funn. I Vedaa et al. (2017b) sin studie ble det funnet at en natt med QR var kjennetegnet av en liten økning i søvnlatens, men ikke søvnforstyrrelser i form av flere oppvåkninger. I stedet hadde QR en tendens til å være assosiert med betydelig færre oppvåkninger i løpet av natten, sammenliknet med natten i morgenskiift-morgenskiift. Andre studier har funnet at QR var assosiert med selvrapportert redusert søvnkvalitet, samt rastløs og forstyrret søvn (Vedaa et al., 2016). I inneværende studie ble det forventet at QR ikke ville øke innsovningstid og antall oppvåkninger, men det ble påpekt at det kunne være QR påvirket søvnen på andre måter enn antatt. Det ble derfor presentert som en mulighet at QR kunne forstyrre søvnen på grunn av høyere aktivering i individet da tidligere studier har funnet at høy intensjon om å sovne, som kan tenkes å være tilfelle i QR, fører til høyere aktivering og

mer fragmentert søvn med flere oppvåkninger (Rasskazova et al., 2014). Resultatene avdekket at QR ikke signifikant påvirket søvnlatens og at QR var assosiert med en statistisk signifikant reduksjon i antall oppvåkninger sammenliknet med natten i morgenskiift-morgenskiift og baseline, som komplimenterer Vedaa et al. (2017b) sine funn. Tatt sammen med funnet om at dyp søvn ikke er påvirket og at tid i sengen og total søvnlengde avdekket liknende mønster, ser det i inneværende studie ikke ut til at QRs påvirkning på søvn skyldes høyere aktivering.

Ved å innskrenke søvnmulighet og forkorte søvnlengde førte QR til at deltakerne opplevde akutt mild søvnrestriksjon. I henhold til to-prosess modellen (Borbély, 1982; Borbély et al., 2016) for søvnregulering kan dette peke på at natten i QR blir avsluttet med høyere homeostatisk søvntrykk, ettersom prosess H potensielt ikke rekker å møte skjæringspunktet med den circadiane prosessen. Dette kan føre til at søvntrykk ikke er tilstrekkelig dempet i en natt med QR, til tross for at tid i dyp søvn er preservert. Den første muligheten skiftarbeidere har til å hente inn eventuelt underskudd på søvn fra QR er ved en lur etter morgenskiiftet eller ved å utvide søvnlengde ved neste natts søvn. I inneværende studie har ikke søvn etter QR blitt undersøkt, men andre forfattere har funnet at søvnlengde er utvidet natten etter QR (Axelsson et al., 2004) og at antall lurer etter QR er høyere enn for andre skiftoverganger som kveldsskiift-kveldsskiift (Vedaa et al., 2017b). Dette kan indikere et behov for å restituere fra søvntap i QR, og funn fra andre forfattere støtter resonnementet om at søvntrykk ikke blir tilstrekkelig dempet i en natt med QR.

Som første studie til å undersøke hvordan QR påvirker søvn utover reduksjon av søvnlengde og søvnforstyrrelser avdekker resultatene, i tillegg til at QR begrenset søvnlengde til 4.9 timer, at denne reduksjonen i størst grad påvirker den lette søvnen mens den dype søvnen er preservert. Det er tydelig demonstrert at ulik organisering av skift, ordinær arbeidstid vs. kveldsskiift etterfulgt av morgenskiift (QR), produserer ulike søvnbetingelser for arbeidstakere. I tråd med Kecklund et al. (2017) understrekes det at reduksjon i hviletiden mellom påfølgende skift er et aspekt ved skiftarbeid som i stor grad legger føringer på søvnen. Funnene til inneværende studie viser at QR, til tross for at dyp søvn er preservert og søvnlatens/søvnfragmentering ikke er påvirket, produserer negative rammer for søvn, som i neste omgang kan påvirke fungering på dagtid.

5.2 Akutt effekt av QR på dagtidfungering

Innenfor skiftarbeidsforskningen har mye av litteraturen fokusert på nattarbeid. Innenfor SD forskningen har mye oppmerksomhet blitt rettet mot total SD (> 24 timer uten søvn) og delvis SD (flere døgn med begrenset søvnlengde). Lite er visst om de akutte

effektene av QR, eller akutt mild søvnrestriksjon (≤ 5 timer søvn, 1 natt) til tross for at dette er en form for søvntap som er mer utbredt og mer økologisk valid (Stojanoski et al., 2019; Vedaa et al., 2016). Hvordan QR påvirker kognitiv fungering er fortsatt uklart. Inneværende studie undersøkte effektene av QR på 8 timer, sammenliknet med ordinær hviletid på 16 timer, på subjektiv søvnighet og kognitiv prestasjon målt som evnen til å opprettholde årvåkenhet. Til min kunnskap er dette den første studien som har anvendt kognitive prestasjonstester for å undersøke akutt effekt av QR, og studien bidrar dermed med helt nye innsikter i skiftarbeidslitteraturen. Ved å anvende gjentatt administrasjon av subjektiv søvnighetsskala og PVT testen ble dynamikk i deltakernes fungering, ikke bare mellom skiftene, men også innad i skiftene, undersøkt. Resultatene støttet hypotese 2 og avdekket økt subjektiv søvnighet og nedsatt kognitiv prestasjon, i form av økt RT og økning i antall lapses, på morgenskiftet etter QR sammenliknet med morgenskiftet etter ordinær hviletid. Det påpekes imidlertid at det er stor variasjon i dataene, og selv om det er signifikante forskjeller forklarer modellene for dagtidfungering lite.

5.2.1 QR fører til økt subjektiv søvnighet

QR førte til at deltakerne rapporterte høyere nivåer av subjektiv søvnighet, som er i tråd med tidligere studier som har funnet at QR er assosiert med økt søvnighet (Vedaa et al., 2016). Vedaa et al. (2017b) fant i sin studie at sykepleiere rapporterte et høyere nivå av subjektiv søvnighet på det andre skiftet i QR enn på det andre skiftet i morgenskift-morgenskift og kveldsskift-kveldsskift, hvor søvnighetsnivået i QR var sammenliknbart med det andre skiftet i nattskift-nattskift. Nattskift er vanligvis assosiert med KSS skårer rett under 7 (søvnig, men ikke anstrengende å være våken) (Åkerstedt et al., 2014). Inneværende studie fant at KSS skårer på morgenskiftet etter QR var noe lavere, rundt 5.5. Akutt effekt av QR på subjektiv søvnighet ser i inneværende studie ikke ut til å være like stor som ved nattarbeid, i motsetning til funnene til Vedaa et al. (2017b). Andre forfattere har imidlertid funnet at de langvarige effektene av QR på søvnighet er like alvorlige som ved nattarbeid (Dahlgren et al., 2016; Eldevik et al., 2013; Flo et al., 2014). I en litteratur gjennomgang konkluderte Åkerstedt et al. (2014) med at det kreves en relativt stor akutt reduksjon i søvnlengde, ned til 4 timer, for å påvirke søvnighets skår på KSS. Funn fra inneværende studiene står i kontrast til dette da resultatene viste at akutt mild søvnrestriksjon på 4.9 timer (nesten 1 time mer), produserer signifikant høyere KSS skår på rundt 5.5 sammenliknet med 4.4 på morgenskiftet etter ordinær hviletid.

Dynamikken i nivå av subjektiv søvnighet gjennom morgenskiftene avdekket en

interessant trend (se figur 6, A3). Det ble observert noe ulik trend i dynamikken til subjektiv søvnighet. I løpet av morgenskiftet etter ordinær hviletid startet skiftet med KSS skårer rund 5 (verken opplagt eller søvning). Gjennom skiftet synker skåren med ca. en enhet, til rund 4 mot slutten av skiftet klokken 12:30 og 14:30. I løpet av morgenskiftet etter QR starter skiftet med KSS skårer rund 5, men det er ikke observert en slik synkende trend da KSS skåren på rundt 5 er relativt konstant igjennom hele skiftet. Cohens d avdekket, selv om det ikke var statistisk signifikant forskjell, en moderat effekt (0.6) mot slutten av skiftet klokken 12:30 og 14:30 i forskjellen mellom KSS skår i de ulike betingelsene. Dynamikken i nivå av subjektiv søvnighet for deltakerne på morgenskiftet etter ordinær hviletid kan belyses utfra grunnleggende circadiane rytmer i søvn-våken reguleringen (se figur 2, to-prosess modellen). Når første testrunde starter klokken 07:30 er det fortsatt lav aktivering i den circadiane rytmen, men utover dagen når den begynner å stige kvikner deltakerne opp og rapporterer lavere subjektiv søvnighet. Dette er i tråd med tidligere studier som har vist at subjektiv søvnighet varierer utfra circadian rytme (Babkoff et al., 1991). Dynamikken i nivå av subjektiv søvnighet for deltakerne på morgenskiftet etter QR starter med lik KSS skår i tråd med Ganesan et al. (2019), men den oppkvikkelsen som finner sted etter ordinær hviletid ser ikke ut å finne sted for deltakerne i QR. En mulig forklaring kan peke på et høyere søvntrykk for deltakerne i QR, og kan sammen med resultatene for hypotese 1 indikere at akutt mild søvnrestriksjon har ført til at søvntrykket ikke har blitt tilstrekkelig dempet i løpet av natten. Et høyere søvntrykk kan potensielt ha redusert den subjektive opplevelsen av oppkvikkelse når aktivering i den circadiane rytmen øker utover skiftet, og ført til at deltakerne i QR opplever seg mer søvning gjennom hele skiftet. Dette er i tråd med nyere forskning som har funnet at homeostatisk søvntrykk kan påvirke circadiane rytmer, der sensitivitet til miljømessig stimuli som for eksempel lys er redusert når søvntrykk er høyt (Borbély et al., 2016; Deboer, 2018).

5.2.2 QR svekker evnen til å opprettholde årvåkenhet

Resultatene for prestasjon på PVT avdekket at kognitiv fungering, målt som evnen til å opprettholde årvåkenhet var nedsatt på morgenskiftet etter QR sammenliknet med morgenskiftet etter morgenskiift. Inneværende studie ser ut til å være den første til å demonstrere akutt effekt av QR på evnen til å opprettholde årvåkenhet på det påfølgende skiftet. Resultatene komplimenterer dog tidligere studier som har funnet at en natt med akutt mild søvnrestriksjon (som i stor grad likner en QR) fører til nedsatt prestasjon på PVT (Gibbings et al., 2021; Lowe et al., 2017; Stojanoski et al., 2019).

I forhold til RT på PVT støttet resultatene hypotesen da det var signifikant økt RT (lavere gjennomsnitt $1/RT$) på morgenskiftet etter QR sammenliknet med morgenskiftet etter ordinær hviletid. Prestasjonsdynamikk i løpet av skiftene viste at evnen til å opprettholde årvåkenhet ble redusert i løpet av dagen for begge skift betingelsene, da deltakerne hadde økt RT klokken 10:30 og 14:30 sammenliknet med første runde klokken 07:30. Selv om det ikke er statistisk signifikant ble det observert en trend mot prestasjonssvekkelse fra midten av skiftet for deltakerne i QR betingelsen (se figur 6, B3). Den største forskjellen var klokken 12:30 med en nesten moderat effekt størrelse ifølge Cohens d (0.4). Liknende resultater ble funnet for tregeste 10% $1/RT$, med redusert prestasjon på morgenskiftet etter QR og prestasjonssvekkelse i løpet av skiftene for begge betingelsene med dårligere prestasjon klokken 09:00, 10:30 og 14:30 sammenliknet med 07:30. Det ser ut til at de siste tre rundene klokken 10:30, 12:30 og 14:30 er kjennetegnet av dårligere prestasjon i QR betingelsen (se figur 6, C3). Det er noe utfordrende å evaluere de praktiske implikasjonene av en liten økning i RT, da det å respondere eksempelvis 50ms tregere har liten praktisk betydning. Lapses er derimot direkte sikkerhetskritisk særlig i yrkessektorer der opprettholdt årvåkenhet er avgjørende og glipper i oppmerksomheten kan få katastrofale utfall.

Resultatene for antall PVT lapses trekkes derfor frem som særlig relevant, og har i litteraturen blitt foreslått å være et hovedkjennetegn på søvndeprivert tilstand (Goel et al., 2009; Lim & Dinges, 2008; Lowe et al., 2017). For både morgenskiftet etter ordinær hviletid og etter QR var antall lapses rundt 4.5 ved første runde klokken 07:30. Antall lapses økte betydelig gjennom morgenskiftet etter QR, til rundt 9.4 ved siste runde klokken 14:30. Prestasjonsdynamikken avdekket en redusert evne til å opprettholde årvåkenhet på morgenskiftet etter QR (se figur 6, D3) med signifikant flere lapses klokken 10:30, 12:30 og 14:30 sammenliknet med 07:30. Prestasjonsdynamikken for morgenskiftet etter ordinær hviletid avdekket ikke en slik økning i antall lapses. For den siste runden av skiftene, klokken 14:30, var det statistisk signifikant flere lapses i QR betingelsen med 9.4 sammenliknet med 5.1 for morgenskiftet etter ordinær hviletid. Økning i antall lapses i løpet av morgenskiftet etter QR kan tyde på mer ustabil prestasjon slik tidligere studier har vist er tilfelle under SD (Doran et al., 2001; Lim & Dinges, 2008). Andre studier har også funnet at akutt mild søvnrestriksjon fører til svekket kognitiv prestasjon, og økning i antall lapses, den påfølgende dagen (Gibbings et al., 2021). Dette kan indikere at QR svekket evnen til å opprettholde årvåkenhet gjennom å begrense søvnlengde til 4.9 timer og dermed skapte akutt mild søvnrestriksjon. Funnene fra inneværende studie har således direkte implikasjoner for arbeidsoppgaver som krever opprettholdt årvåkenhet, og kan relateres til sikkerhet.

5.2.3 QR øker søvntrykk og svekker prestasjon utover skiftet

Resultatene fra hypotese 2 understreker at evnen til å opprettholde årvåkenhet i stor grad er påvirket av søvn og funnene indikerer at prestasjon på PVT svekkes med økning i homeostatisk søvntrykk. Dynamikkene i reguleringen av opprettholdt årvåkenhet har blitt funnet, i tråd med søvn-våken regulering, å være påvirket av et samspill mellom homeostatisk og circadian prosess (Doran et al., 2001; Gabehart & Van Dongen, 2017; Lim & Dinges, 2008). For inneværende studie kan det antas at effektene av QR skyldes søvntrykk på grunn av akutt mild søvnrestriksjon, som har ført til at søvntrykket i natten med QR ikke er tilstrekkelig dempet, og ikke effekt av circadian rytme ettersom deltakerne sov på natten og gjennomførte skiftene på dagtid i tråd med den endogene circadiane rytmen. En observasjon fra sammenlikning av prestasjon på morgenskiftet etter ordinær hviletid og morgenskiftet etter QR, per runde, gir et bilde av prestasjonsdynamikken igjennom skiftene. For prestasjon på PVT ser det gjennomgående ut som at den svekkelsen i kognitiv prestasjon QR medfører, trolig på grunn av økt søvntrykk og dermed ustabilitet i kognitive funksjoner i våken tilstand, finner sted fra midten av skiftet, klokken 10:30, og ut (se figur 6, B3; C3; D3). De første to testrundene, klokken 07:30 og 09:00 ser det ut som at deltakerne i QR betingelsen klarer å prestere på noenlunde lik linje med deltakerne i ordinær hviletid betingelsen.

Hvorfor effekt av QR, og dermed effekt av akutt mild søvnrestriksjon, sees i de siste tre rundene og ikke første to peker på et høyere søvntrykk i QR betingelsen. Imidlertid har tidligere litteratur identifisert endringer i dyp søvn som en markør for den homeostatiske prosessen, der tid i dyp søvn har en dempende effekt og tid i våkenhet har en forsterkende effekt på søvntrykket (Borbély, 1982; Borbely & Achermann, 1999; Dijk & Beersma, 1989). Ettersom tid i dyp søvn er beskyttet i QR kan funnene til inneværende studie indikere at det potensielt er noe mer til homeostatisk søvntrykk, utover tid i dyp søvn. Dette er i tråd med resonnementer fra andre forfattere. Skorucak et al. (2018) argumenterer for at ettersom delvis SD over flere døgn, ikke fører til betydelig reduksjon i andel dyp søvn, men hovedsakelig reduksjon i lett søvn og REM søvn, peker dette på at kognitive svekkelser ikke kan tilskrives dyp søvn, men heller burde tilskrives total søvnlengde eller REM søvn. Ettersom QR førte til søvnrestriksjon på 4.9 timer, men ikke påvirket dyp søvn eller REM søvn, er det likevel indikasjoner på at deltakerne i QR hadde et høyere søvntrykk enn deltakerne i ordinær hviletid betingelsen. Dette er også reflektert i KSS skårene. Dette gir grunnlag for å indikere at total søvnlengde og eventuelt tid i lett NREM søvn også spiller en rolle i regulering av homeostatisk søvntrykk. En annen mulighet kan peke på at «post-lunch dip» fenomenet, der

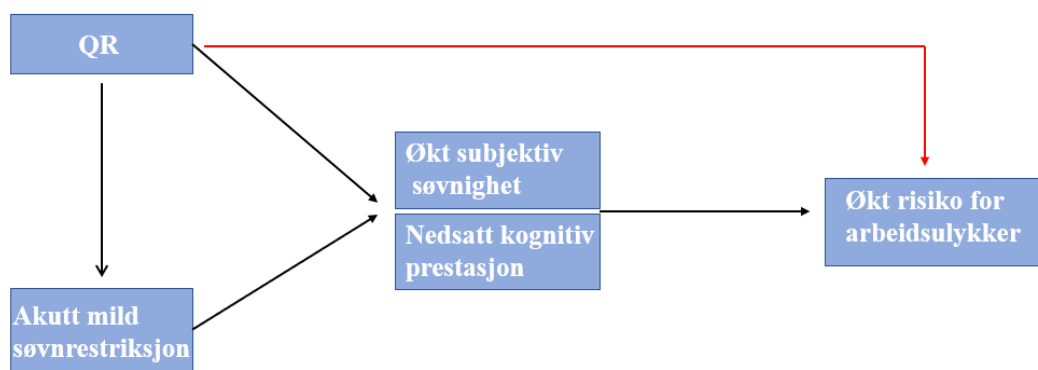
timene mellom klokken 13-16 er assosiert med nedsatt prestasjon (Monk, 2005), potensielt er mer uttalt i forbindelse med økt søvntrykk. Dette er også støttet av andre studier som har funnet at kognitiv prestasjon er mer svekket under post-lunch dip etter søvnrestriksjon (Romdhani et al., 2019).

5.3 Gjensidig påvirkning av QR, søvnrestriksjon, kognitiv fungering og arbeidsulykker

Resultatene fra hypotesene om søvn og dagtidfungering er visuelt fremstilt i et flyt diagram sammen med kunnskap fra tidligere empiri i figur 8 nedenfor. Den røde linjen representerer det empirisk støttede forhold mellom QR og økt risiko for arbeidsulykker (Nielsen et al., 2019a; Vedaa et al., 2019; Vedaa et al., 2020). I inneværende studie ble det funnet at QR førte til akutt mild søvnrestriksjon på 4.9 timer, som i hovedsak påvirket andelen lett søvn, i mindre grad REM søvn, men ikke dyp søvn. Det ble funnet at QR førte til økt subjektiv søvnighet og nedsatt kognitiv prestasjon på morgenskiftet sammenliknet med morgenskiftet etter ordinær hviletid. Tidligere studier har også funnet at akutt mild søvnrestriksjon fører til økt subjektiv søvnighet og nedsatt kognitiv prestasjon (Gibbings et al., 2021; Stojanoski et al., 2019). I litteraturen har det også blitt beskrevet et forhold mellom søvnighet og risiko for arbeidsulykker (Uehli et al., 2014; Van Dongen et al., 2017). Resultatene fra inneværende studie understreker viktigheten av å forstå hvordan søvn og påfølgende svekket dagtidfungering er viktige variabler å forstå i forholdet mellom QR og arbeidsulykker.

Figur 8.

Flyt diagram med resultat fra hypotese 1 og 2



Merk. Forholdet mellom QR, akutt mild søvnrestriksjon, økt subjektiv søvnighet og nedsatt kognitiv prestasjon. Den røde linjen representerer det empirisk støttede forholdet mellom QR og arbeidsulykker.

Ettersom QR praksisen er hyppigst anvendt i sikkerhetskritiske yrkessektorer som helsesektoren og transport (Eurofond, 2017) der evnen til å opprettholde årvåkenhet er spesielt viktig, vil ustabil prestasjon og økning i antall lapses være særlig alvorlig og kunne føre til arbeidsulykker. Eksempelvis er det funnet at det eksiterer et empirisk støttet forhold mellom QR og arbeidsulykker i helsesektoren (Nielsen et al., 2019b; Nielsen et al., 2019a; Trinkoff et al., 2007; Vedaa et al., 2019; Vedaa et al., 2020). Lapses har også blitt funnet å predikere plassering i veibanen i en kjøresimulator (Jackson et al., 2013). Arbeidsulykker i disse sikkerhetskritiske sektorene kan potensielt ha katastrofale utfall. Særlig vil lapses kunne utgjøre en risiko for sikkerheten, og 9.4 lapses klokken 14:30 ved slutten av morgenskiftet etter QR er et relativt høyt antall. Eksempelvis fant en studie som undersøkte PVT prestasjon hos mennesker under påvirkning av alkohol rundt 6 lapses med en promille på 0.5 (Howard et al., 2007). Funn fra inneværende studie indikerer at søvn og kognitiv fungeringen er variabler som er viktig å forstå i disse sammenhengene.

QR og akutt mild søvnrestriksjon har betydelig påvirkning på dagtidfungering under det påfølgende morgenskiftet. Resultatene i inneværende studie viser at QR øker subjektiv søvnighet og svekker nevrokognitive funksjoner i våken tilstand ved å redusere evnen til å opprettholde årvåkenhet. Dette er til min kunnskap den første studien som har undersøkt akutt effekt av QR på PVT prestasjon. Studiens resultater komplimenterer tidligere kunnskap og empiri og understreker at søvn tjener en viktig funksjon i opprettholdelsen av kognitiv fungering og arbeidssikkerhet. Det er derfor viktig å ikke begrense søvnmulighet til mindre enn 8 timer og gi arbeidstakerne tilstrekkelig søvnmulighet og fasilitere adekvat søvnlengde for å opprettholde normal fungering og ivareta hensynet til arbeidstaker og sikkerhet. Forståelse av hvordan kognitiv fungering er assosiert med søvnspesifikke variabler er sentralt for å belyse den empiriske sammenhengen mellom QR og arbeidsulykker. Resultatene er i tråd med en rekke andre studier og forfattere som har argumentert for at bruken av QR burde begrenses eller fjernes (Kecklund et al., 2017; Knauth, 1996; Nielsen et al., 2019a) og studien slutter seg til rådene til et ekspertpanel med 15 skiftarbeids forskere om å ikke redusere hviletid til mindre enn 11 timer (Garde et al., 2020). Resultatene indikerer også at en bør vurdere om adgangen til å avtale redusert hviletid ned til 8 timer er i tråd med de grunnleggende sikkerhetshensyn arbeidsmiljølovens forsvarlighetskrav bygger på (Arbeidsmiljøloven, 2005).

5.4 Metodiske betraktninger

For å kunne evaluere resultatene i inneværende studie i et helhetlig perspektiv er det nødvendig å trekke frem og vurdere metodiske begrensninger og styrker ved studien.

5.4.1 Forskningsdesign

Studien anvendte et eksperimentelt forskningsdesign med simulert skiftarbeid i laboratorium med QR som eksperimentell betingelse og ordinær hviletid som kontroll/sammenliknings betingelse. Forskningsdesignet tillot dermed eksperimentell kontroll under de simulerte arbeidsskiftene mens det naturalistiske aspektet ved skiftarbeid ble ivaretatt ved at deltakerne sov hjemme og gjorde hva de ville utenom laboratorieskiftene. Forskningsdesignet er dermed semi-kontrollert naturalistisk simulering av QR. En fordel med å simulere skiftarbeid er kontroll over potensielle forstyrrende faktorer som arbeidstid, arbeidsoppgaver og lyseksponering, som er vanskelig å oppnå i naturalistiske studier av skiftarbeid (Kantermann et al., 2012). Å studere QR med et eksperimentelt design er derfor svært verdifullt for å belyse årsakssammenhenger mellom QR og utfall. At det tillates å trekke konklusjoner om kausale forhold om den akutte effekten av QR på søvn og dagtidsfungering, er en sentral styrke ved forskningsdesignet. Det må imidlertid nevnes at potensielle forstyrrende faktorer utenfor laboratoriet kan ha påvirket resultatene, for eksempel er det ikke kontrollert for bruk av elektroniske enheter før leggetid som kan påvirke søvnparametere (Grønli et al., 2016; Hysing et al., 2015).

Et sentralt spørsmål ved inneværende studie er om det simulerte skiftarbeidsdesignet, med høy intern validitet, er overførbart til QR konteksten i praksis (ekstern validitet). En svakhet ved laboratoriestudier, sammenliknet med naturalistiske skiftarbeidsstudier er naturligvis at studien ikke er gjennomført i naturalistiske omgivelser (Kantermann et al., 2012). Arbeidsoppgavene under de simulerte skiftene innebar i hovedsak å sitte i ro foran en datamaskin, mens arbeidsoppgaver i naturalistiske skiftarbeidsstudier innebærer gjerne mer variert stimulering, for eksempel gå rundt og sosial interaksjon med kollegaer. Det kan tenkes at laboratorieomgivelsene førte til en lavere aktivering hos individet enn hva et naturalistisk skift med fysisk og sosial stimulering ville medført, som kan ha påvirket resultatene (Åkerstedt et al., 2014). Det argumenteres imidlertid for at en styrke ved studien er at forskningsdesignet inkluderer dynamikkene mellom arbeidstid, fritid og søvn som er overførbare til naturalistiske arbeidsbetingelser, og derfor allikevel har en relativt høy grad av økologisk validitet, som bidrar til å belyse QR konteksten også i praksis.

Det er kjent at det eksisterer individuelle forskjeller i toleranse for skiftarbeid og i sårbarhet for SD (Saksvik et al., 2011; Van Dongen et al., 2004). På grunn av det repeterte

målingsdesignet, hvor de samme deltakerne testes flere ganger i begge betingelsene, kan det antas at resultatene i liten grad er påvirket av de interindividuelle forskjellene. Videre var rekkefølgen på studieperiodene kryssbalansert, og studieperiodene ble separert med fire uker som kontrollerte for carry-over effekter. Studiens faste måletidspunkt innad i hvert skift nevnes også som en styrke ettersom det gir et mer nyansert bilde av dynamikkene i søvnighet og kognitiv prestasjon gjennom skiftene. Repeterte målinger øker også den statistiske styrken, da en får flere observasjoner per deltaker.

5.4.2 Deltakere og utvalg

En sentral begrensning ved studien er lite utvalg ($N = 13$ for søvn- og $N = 14$ for dagtidsmål). Få deltakere er nevnt som en kjent utfordring med simulert skiftarbeidsstudier (Kantermann et al., 2012). Koronapandemien og smittesituasjonen i Bergen under datainnsamlingsperioden har videre hatt betydelig påvirkning og bidratt til lav deltakelse i dette eksperimentet. Det kan tenkes at ønske om å delta på noe som krever fysisk oppmøte var lavt og at deltakelse i et forskningsprosjekt ikke var prioritert. Det var også et tilfelle av koronasmitte i en gruppe som førte til at den ble avlyst som reduserte antall deltakerne i relativt stor grad. Små utvalg kan føre til at studier ikke har tilstrekkelig statistisk styrke (power) til å fange opp forskjeller mellom betingelser, som kan øke sannsynligheten for type II feil (falsk negativ) (Button et al., 2013). Lav statistisk styrke kan og svekke tiltro til at en signifikant forskjell indikerer en ekte effekt, som kan øke sannsynligheten for type I feil (falsk positiv) (Button et al., 2013). For lav statistisk styrke øker dermed risikoen for feil i resultatene. I litteraturen har det for eksempel blitt foreslått at et eksperiment med to betingelser analysert med paret t-test vil kreve et utvalg på $N=26$ for å detektere en medium effekt (Cohens $d = 0.5$) med styrke på 0.8 og signifikans nivå .05 (Souman et al., 2018). Basert på styrkeberegning rapporterte Sunde et al. (2020a) at et eksperiment med to betingelser og repeterte målinger ($=5$) analysert med analyse av varians, krevde et utvalg på $N= 21$ for å detektere en medium effekt (Cohens $d = 0.5$) med styrke 0.8, signifikans nivå .05. Inneværende studie har dermed et mindre utvalg enn hva som kan sies å være anbefalt. Sammenliknet med tidligere laboratoriestudier på søvnrestriksjon og kognitiv fungering har innværende studie færre deltakere enn for eksempel Gibbings et al. (2021) og Stojanoski et al. (2019) der et utvalg på 23 og 18 deltakere ble bruk. Det kan derfor være tilfelle at innværende studie har for lav statistisk styrke på grunn av lite utvalg, som kan ha økt risikoen for feil i resultatene som knytter noe usikkerhet til funnene. Funnene i innværende studie burde derfor ansees som preliminare.

En ytterligere begrensning knyttet til studiens utvalg er begrenset generalisering fra studiens utvalg, som i hovedsak utgjorde studenter, til skiftarbeidere. Etersom skiftarbeidere er funnet å håndterer søvntap i laboratoriesettinger bedre enn ikke-skiftarbeidere (Wehrens et al., 2012), er ikke funnene direkte overførbare. Videre kan inklusjonskriteriene, frisk ung voksen, også begrense overføringsverdien, da det ikke er representativt for den skiftarbeidende populasjonen. Dette ble gjort for å unngå aldersforskjeller, samt forskjeller i søvn- og helse problemer, som kan påvirke individers søvn og kognitive prestasjon. Å anvende et homogent utvalg reduserer derfor forstyrrende faktorer og øker intern validitet, men medfører begrensninger for generalisering av funnene til skiftarbeidere. Det påpekes også at utvalget i hovedsak bestod av kvinner som gjør at generalisering til andre kjønnsfordelinger er begrenset.

5.4.3 Måleinstrument og statistiske analyser

Måleinstrumentene som er anvendt i studien er standardiserte mål, som er mye brukt i SD- og skiftarbeidsstudier, og deres reliabilitet og validitet har blitt etablert i tidligere studier. Studien er den første til å bruke søvnradaren Somnofy til å undersøke effekt av skiftarbeid på søvnarkitektur, men Somnofy har tidligere blitt validert opp mot PSG (Toften et al., 2020). Det bemerkes imidlertid at Toften et al. (2020) ikke validerte utfallsmålet antall oppvåkninger. Målene for dagtidfungerings, KSS og PVT, er valide og svært mye brukt. PVT er beskrevet som gullstandarden for måling av opprettholdt årvåkenhet og er passende å bruke ved gjentatt administrering da PVT viser lite læringseffekter (Basner et al., 2018). I tillegg er det en styrke at studien har anvendt de primære utfallsmålene, gjennomsnitt 1/RT og antall lapses, i tråd med anbefalingene til Basner og Dinges (2011). Kombinasjonen av KSS og PVT anses som en styrke ettersom selvrapportert søvnighet og kognitiv prestasjon ikke alltid samsvarer. Mål på både subjektiv søvnighet og kognitiv prestasjon styrker tiltroen til resultatene. På den ene siden er relevansen av PVT, en enkel prestasjonstest gjennomført i laboratoriesetting, for faktisk arbeidssikkerhet muligens begrenset. På et naturalistisk skift vil arbeiderne ha mer variert stimulering og mer komplekse oppgaver. Arbeidstakeren vil trolig benytte flere kognitive funksjoner, ikke bare opprettholdt årvåkenhet, der noen er mindre sårbar for søvntap (Tucker et al., 2010). På den andre siden har det blitt argumentert for at PVT har god økologisk validitet ettersom den reflekterer realistiske arbeidskrav for en rekke yrker, i form av tidsriktig reaksjon og opprettholdt årvåkenhet (Basner & Dinges, 2011; Basner et al., 2018; Lim & Dinges, 2008).

En videre styrke ved inneværende studie er dataanalyse strategien. Bruken av LMM

og GLMM øker antall observasjoner som kan inkluderes i analysen, og dermed øker den statistiske styrken til tross for lite utvalg. LMM og GLMM tillater å kontrollere for avhengigheten mellom observasjoner og tillater manglende data i ulike betingelser uten å ekskludere deltakere (Heck et al., 2014). I tillegg anses bruken av effektstørrelse, pseudo R^2 oppgitt som prosent forklart varians og Cohens d , som en styrke.

5.5 Praktiske implikasjoner

Arbeidsfeil kan forårsake alvorlige ulykker som i verste fall kan ha katastrofale konsekvenser i sikkerhetskritiske yrkessektorer som helsesektoren og transport. At QR praksisen er hyppigst anvendt i disse sektorene spiller en viktig rolle i forhold til arbeidssikkerhet. Det eksisterer et empirisk støttet forhold mellom QR og økt risiko for arbeidsulykker. Ved å undersøke de akutte effektene av QR på søvn og kognitiv prestasjon avdekket studien nye innsikter og viktig kunnskap. QR reduserte søvnlengde og førte til økt søvnighet og nedsatt evne til å opprettholde årvåkenhet det påfølgende morgenskiiftet. Resultatene indikerer at søvn tjener en viktig funksjon i å opprettholde individets kognitive prestasjon og i neste omgang arbeidssikkerhet. Dette impliserer at forståelse av hvordan kognitiv prestasjon er assosiert med søvntap kan bidra til å forhindre potensielt farlige, søvnighetsrelaterte arbeidsulykker. Kunnskap om dette kan i praksis føre til nye tilnærmelser til skiftarbeid og ha stor betydning for design av fremtidens skiftordninger. Ettersom samfunnet er avhengig av at noen jobber skift for å sikre kontinuerlig drift, for eksempel i helsevesenet, burde det bli lagt stor vekt på bærekraftige skiftordninger som reduserer de negative konsekvensene med fokus på helsefremmende tiltak for individet og ivaretagelse av arbeidssikkerhet. Studien indikerer at tilstrekkelig hviletid mellom påfølgende skift er avgjørende for å oppnå dette. Resultatene gir preliminær støtte til å stille spørsmål ved om dagens adgang til å redusere arbeidstakernes hviletid til 8 timer mellom påfølgende skift er i tråd med de grunnleggende sikkerhetshensyn reguleringen av arbeidstid bygger på (Arbeidsmiljøloven, 2005). De nye innsiktene som er funnet burde brukes for å informere beslutningstakere og myndigheter. Ved å måle akutte effekter av QR i et eksperimentelt design har inneværende studie bidratt med ny verdifull kunnskap om et lite forstått område av skiftarbeidslitteraturen.

5.6 Fremtidig forskning

Det er fortsatt et stort behov for videre forskning på QR da nyere forskning og inneværende studie viser at QR er assosiert med negative konsekvenser. Ettersom studiens

resultater er preliminære på grunn lite utvalg og potensielt for lav statistisk styrke, er det behov for replikasjon av studiens funn med et større utvalg. Inneværende studie anvendte også et homogent utvalg med friske unge voksne primært bestående av kvinner. Replikasjon med andre populasjoner som flere menn og eldre arbeidstakere er nødvendig. Videre burde fremtidige studier vurdere andre mål, som for eksempel mer komplekse kognitive prestasjonsoppgaver, for å vurdere om de akutte effektene av QR er oppgave spesifikke, og om ulike kognitive domener påvirkes ulikt. Et sentralt spørsmål som videre forskning burde adressere er betydningen av individuelle forskjeller i forholdet mellom QR, søvn og dagtidsfungering. Det er behov for å undersøke om personlighets variabler som predikerer toleranse for skiftarbeid også kan predikerer toleranse for QR. Et viktig område for videre forskning er å undersøke hvordan å motvirke de negative konsekvensene. Det hadde vært interessant å se om eksponering for lysbetingelser som er blitt funnet å redusere prestasjonssvekkelser på nattskift, også kan motvirke prestasjonssvekkelser på morgenskiftet etter QR.

6. Konklusjon

Inneværende studie har bidratt til å belyse et mindre forstått område av skiftarbeidsfeltet med å undersøke hvilke akutte effekter QR har på søvn og påfølgende dagtidsfungering. Studien er den første til å benytte simulert skiftarbeid i laboratorium til å undersøke QR. Resultatene avdekket at QR forsinket leggetid, sammenliknet med ordinær hviletid, og forårsaket akutt mild søvnrestriksjon med å forkorte søvnlengde til kun 4.9 timer. Studien er også den første som har undersøkt hvordan QR påvirker søvnarkitektur, og avdekket at den forkortede søvnen førte til reduksjon i andelen lett søvn, men påvirket i mindre grad andelen REM søvn og dyp søvn.

Ved å sammenlikne morgenskiftet etter QR med morgenskiftet etter morgenskift, avdekket resultatene at QR førte til økt subjektiv søvnighet og nedsatt kognitiv prestasjon. At QR øker subjektiv søvnighet er i tråd med tidligere studier, men inneværende studie er den første til å undersøke akutt effekt av QR med kognitive prestasjonstester. Resultatene avdekket at QR førte til nedsatt dagtidsfungering i form av både økt RT og økning i antall lapses med repeterte PVT tester. Ved å analysere prestasjonsdynamikk gjennom skiftene ble det funnet at effekten av QR på kognitiv prestasjon fant sted fra midten av skiftet og ut. Et særs viktig funn var økningen i antall lapses i siste runde på morgenskiftet etter QR. Funnene indikerer at søvn og kognitiv prestasjon er viktige faktorer å forstå i forhold til det empirisk støttede forhold mellom QR og arbeidsulykker.

Studiens resultater burde ansees som preliminære og det er behov for replikasjon av studiens funn i fremtidige studier med flere deltakere. Studien bidrar med helt nye innsikter i skiftarbeidslitteraturen og understreker viktigheten av tilstrekkelig hviletid mellom skift. Det konkluderes med at QR har akutte negative effekter på søvn og ser ut til å svekke dagtidfungering.

Referanseliste

- Achermann, P., & Borbély, A. A. (2017). Sleep Homeostasis and Models of Sleep Regulation. In M. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (6 ed., pp. 377-387). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24288-2.00036-2>
- Adan, A., & Almirall, H. (1991). Horne & Östberg Morningness–Eveningness questionnaire: A reduced scale. *Personality and Individual Differences*, 12(3), 241-253. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(91\)90110-W](https://doi.org/10.1016/0191-8869(91)90110-W)
- Arbeidsmiljøloven. (2005). Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (LOV-2005-06-17-62). <https://lovdata.no/lov/2005-06-17-62>
- Arbeidstidsdirektivet. (2003). Europaparlaments- og rådsdirektiv 2003/88/EF om visse aspekter ved organisering av arbeidstiden. *Lovdata*. <https://lovdata.no/static/NLX3/3200310088.pdf>
- Arsintescu, L., Mulligan, J. B., & Flynn-Evans, E. E. (2017). Evaluation of a psychomotor vigilance task for touch screen devices. *Human factors*, 59(4), 661-670. <https://doi.org/10.1177/0018720816688394>
- Axelsson, J., Åkerstedt, T., Kecklund, G., & Lowden, A. (2004). Tolerance to shift work-how does it relate to sleep and wakefulness? *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 77(2), 121-129. <https://doi.org/10.1007/s00420-003-0482-1>
- Babkoff, H., Caspy, T., & Mikulincer, M. (1991). Subjective sleepiness ratings: the effects of sleep deprivation, circadian rhythmicity and cognitive performance. *Sleep*, 14(6), 534-539. <https://doi.org/10.1093/sleep/14.6.534>
- Bambra, C. L., Whitehead, M. M., Sowden, A. J., Akers, J., & Petticrew, M. P. (2008). Shifting schedules: the health effects of reorganizing shift work. *American Journal of Preventive Medicine*, 34(5), 427-434. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2007.12.023>
- Banks, S., & Dinges, D. F. (2007). Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 3(5), 519-528. <https://doi.org/10.5664/jcsm.26918>
- Basner, M., & Dinges, D. F. (2011). Maximizing sensitivity of the psychomotor vigilance test (PVT) to sleep loss. *Sleep*, 34(5), 581-591. <https://doi.org/10.1093/sleep/34.5.581>

- Basner, M., Hermosillo, E., Nasrini, J., McGuire, S., Saxena, S., Moore, T. M., Gur, R. C., & Dinges, D. F. (2018). Repeated Administration Effects on Psychomotor Vigilance Test Performance. *Sleep*, *41*(1). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsx187>
- Belenky, G., Wesensten, N. J., Thorne, D. R., Thomas, M. L., Sing, H. C., Redmond, D. P., Russo, M. B., & Balkin, T. J. (2003). Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. *Journal of Sleep Research*, *12*(1), 1-12. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2003.00337.x>
- Berry, R. B., Quan, S. F., Abreu, A. R., Bibbs, M. L., DelRosso, L., Harding, S. M., Mao, M.-M., Plante, D. T., Pressman, M. R., Troester, M. M., & Vaughn, B. V. (2020). *The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology and technical specifications, version 2.6*. American Academy of Sleep Medicine. <https://aasm.org/clinical-resources/scoring-manual/>
- Bjorvatn, B. (2019). *Skiftarbeid og søvn - slik mestrer du nattarbeid og uregelmessig arbeidstid* Fagbokforlaget.
- Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology*, *1*(3), 195-204.
- Borbély, A. A., & Achermann, P. (1999). Sleep Homeostasis and Models of Sleep Regulation. *Journal of Biological Rhythms*, *14*(6), 559-570. <https://doi.org/10.1177/074873099129000894>
- Borbély, A. A., Daan, S., Wirz-Justice, A., & Deboer, T. (2016). The two-process model of sleep regulation: a reappraisal. *Journal of Sleep Research*, *25*(2), 131-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jsr.12371>
- Brown, J. P., Martin, D., Nagaria, Z., Verceles, A. C., Jobe, S. L., & Wickwire, E. M. (2020). Mental Health Consequences of Shift Work: An Updated Review. *Current Psychiatry Reports*, *22*(2), 7. <https://doi.org/10.1007/s11920-020-1131-z>
- Brunner, D. P., Dijk, D. J., & Borbély, A. A. (1993). Repeated partial sleep deprivation progressively changes in EEG during sleep and wakefulness. *Sleep*, *16*(2), 100-113. <https://doi.org/10.1093/sleep/16.2.100>
- Brutus, S., Gill, H., & Duniewicz, K. (2010). State of Science in Industrial and Organizational Psychology: A Review of Self-Reported Limitations. *Personnel Psychology*, *63*(4), 907-936. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2010.01192.x>
- Button, K. S., Ioannidis, J. P. A., Mokrysz, C., Nosek, B. A., Flint, J., Robinson, E. S. J., & Munafò, M. R. (2013). Power failure: why small sample size undermines the

- reliability of neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(5), 365-376.
<https://doi.org/10.1038/nrn3475>
- Carskadon, M. A., & Dement, W. C. (2017). Normal Human Sleep: An Overview. In M. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (6 ed., pp. 15-24). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24288-2.00002-7>
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic press.
<https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Costa, G., Haus, E., & Stevens, R. (2010). Shift work and cancer – considerations on rationale, mechanisms, and epidemiology. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*(2), 163-179. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2899>
- Czeisler, C. A., Zimmerman, J. C., Ronda, J. M., Moore-Ede, M. C., & Weitzman, E. D. (1980). Timing of REM sleep is coupled to the circadian rhythm of body temperature in man. *Sleep*, 2(3), 329-346. <https://doi.org/10.1093/sleep/2.3.329>
- D'Ambrosio, S., Castelnovo, A., Guglielmi, O., Nobili, L., Sarasso, S., & Garbarino, S. (2019). Sleepiness as a Local Phenomenon. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 1086.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01086>
- Dahlgren, A., Tucker, P., Gustavsson, P., & Rudman, A. (2016). Quick returns and night work as predictors of sleep quality, fatigue, work-family balance and satisfaction with work hours. *Chronobiology International*, 33(6), 759-767.
<https://doi.org/10.3109/07420528.2016.1167725>
- Deboer, T. (2018). Sleep homeostasis and the circadian clock: Do the circadian pacemaker and the sleep homeostat influence each other's functioning? *Neurobiology of Sleep and Circadian Rhythms*, 5, 68-77.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nbscr.2018.02.003>
- Dijk, D. J., & Beersma, D. G. (1989). Effects of SWS deprivation on subsequent EEG power density and spontaneous sleep duration. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 72(4), 312-320. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(89\)90067-9](https://doi.org/10.1016/0013-4694(89)90067-9)
- Dijk, D. J., & Landolt, H. P. (2019). Sleep Physiology, Circadian Rhythms, Waking Performance and the Development of Sleep-Wake Therapeutics. In H. P. Landolt & D. J. Dijk (Eds.), *Sleep-Wake Neurobiology and Pharmacology* (pp. 441-481). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/164_2019_243
- Dinges, D. F., & Powell, J. W. (1985). Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 17(6), 652-655. <https://doi.org/10.3758/BF03200977>

- Doran, S. M., Van Dongen, H. P., & Dinges, D. F. (2001). Sustained attention performance during sleep deprivation: evidence of state instability. *Archives Italiennes de Biologie*, 139(3), 253-267. <https://doi.org/10.4449/AIB.V139I3.503>
- Driscoll, T. R., Grunstein, R. R., & Rogers, N. L. (2006). A systematic review of the neurobehavioural and physiological effects of shiftwork systems. *Sleep Medicine Reviews*, 11(3), 179-194. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2006.11.001>
- Eldevik, M. F., Flo, E., Moen, B. E., Pallesen, S., & Bjorvatn, B. (2013). Insomnia, excessive sleepiness, excessive fatigue, anxiety, depression and shift work disorder in nurses having less than 11 hours in-between shifts. *PLoS One*, 8(8), e70882. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070882>
- Eurofond. (2017). *Sixth European Working Conditions Survey – Overview report (2017 update)*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2806/422172>
- Fagbladet. (2020, 07 oktober). *Hva klarer du å yte av tjenester etter fem timers søvn?* <https://fagbladet.no/meninger/hva-klarere-du-a-yte-av-tjenester-etter-fem-timers-sovn-6.115.715850.e6a4147bcc>
- Ferris, M., Bowles, K.-A., Bray, M., Bosley, E., Rajaratnam, S. M. W., & Wolkow, A. P. (2021). The impact of shift work schedules on PVT performance in naturalistic settings: a systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94(7), 1475-1494. <https://doi.org/10.1007/s00420-021-01668-0>
- Fischer, D., Lombardi, D. A., Folkard, S., Willetts, J., & Christiani, D. C. (2017). Updating the "Risk Index": A systematic review and meta-analysis of occupational injuries and work schedule characteristics. *Chronobiology International*, 34(10), 1423-1438. <https://doi.org/10.1080/07420528.2017.1367305>
- Flo, E., Pallesen, S., Moen, B. E., Waage, S., & Bjorvatn, B. (2014). Short rest periods between work shifts predict sleep and health problems in nurses at 1-year follow-up. *Occupational and Environmental Medicine*, 71(8), 555. <https://doi.org/10.1136/oemed-2013-102007>
- Folkard, S., & Tucker, P. (2003). Shift work, safety and productivity. *Occupational Medicine*, 53(2), 95-101. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqg047>
- Frank, M. G., & Heller, H. C. (2019). The Function(s) of Sleep. In H. P. Landholt & D. J. Dijk (Eds.), *Sleep-Wake Neurobiology and Pharmacology* (pp. 3-34). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/164_2018_140
- Gabehart, R. J., & Van Dongen, H. P. A. (2017). Circadian Rhythms in Sleepiness, Alertness, and Performance. In M. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and*

- Practice of Sleep Medicine* (6 ed., pp. 388-395). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24288-2.00037-4>
- Gan, Y., Yang, C., Tong, X., Sun, H., Cong, Y., Yin, X., Li, L., Cao, S., Dong, X., Gong, Y., Shi, O., Deng, J., Bi, H., & Lu, Z. (2015). Shift work and diabetes mellitus: a meta-analysis of observational studies. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(1), 72-78. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102150>
- Ganesan, S., Magee, M., Stone, J. E., Mulhall, M. D., Collins, A., Howard, M. E., Lockley, S. W., Rajaratnam, S. M. W., & Sletten, T. L. (2019). The Impact of Shift Work on Sleep, Alertness and Performance in Healthcare Workers. *Scientific Reports*, 9(1), 4635. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40914-x>
- Garde, A. H., Begtrup, L., Bjorvatn, B., Bonde, J. P., Hansen, J., Hansen Å, M., Härmä, M., Jensen, M. A., Kecklund, G., Kolstad, H. A., Larsen, A. D., Lie, J. A., Moreno, C. R., Nabe-Nielsen, K., & Sallinen, M. (2020). How to schedule night shift work in order to reduce health and safety risks. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 46(6), 557-569. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3920>
- Gibbins, A., Ray, L. B., Berberian, N., Nguyen, T., Shahidi Zandi, A., Owen, A. M., Comeau, F. J. E., & Fogel, S. M. (2021). EEG and behavioural correlates of mild sleep deprivation and vigilance. *Clinical Neurophysiology*, 132(1), 45-55.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.10.010>
- Goel, N., Rao, H., Durmer, J. S., & Dinges, D. F. (2009). Neurocognitive consequences of sleep deprivation. *Seminars in neurology*, 29(4), 320-339. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1237117>
- Grønli, J., Byrkjedal, I. K., Bjorvatn, B., Nødtvedt, Ø., Hamre, B., & Pallesen, S. (2016). Reading from an iPad or from a book in bed: the impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial. *Sleep Medicine*, 21, 86-92.
<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.02.006>
- Grønli, J., & Ursin, R. (2009). Basale søvnmekaniser. *Tidsskrift for Den norske legeförening*, 129, 1758-1761. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.08.0465>
- Heck, R. H., Thomas, S. L., & Tabata, L. N. (2014). *Multilevel and Longitudinal Modeling with IBM SPSS* (2nd ed.). Routledge.
- Hirshkowitz, M., & Sharafkhaneh, A. (2017). Evaluating Sleepiness. In M. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (6 ed., pp. 1651-1658). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24288-2.00169-0>

- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Hillard, P. J. A., & Katz, E. S. (2015). National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations. *Sleep Health, 1*(4), 233-243.
<https://doi.org/10.1016/j.sleh.2015.10.004>
- Howard, M. E., Jackson, M. L., Kennedy, G. A., Swann, P., Barnes, M., & Pierce, R. J. (2007). The interactive effects of extended wakefulness and low-dose alcohol on simulated driving and vigilance. *Sleep, 30*(10), 1334-1340.
<https://doi.org/10.1093/sleep/30.10.1334>
- Hudson, A. N., Van Dongen, H. P. A., & Honn, K. A. (2020). Sleep deprivation, vigilant attention, and brain function: a review. *Neuropsychopharmacology 45*(1), 21-30.
<https://doi.org/10.1038/s41386-019-0432-6>
- Huuse, C., Bakken, J., Berg, R., Norman, M., Johannessen, N., & Oddstad, G. (2021, 2021, 14 november). Fire av fem alvorlige sykehus-hendelser varsles aldri. *Verdens Gang*.
<https://www.vg.no/nyheter/innenriks/i/g6JB9B/fire-av-fem-alvorlige-sykehus-hendelser-varsles-aldri>
- Hysing, M., Pallesen, S., Stormark, K. M., Jakobsen, R., Lundervold, A. J., & Sivertsen, B. (2015). Sleep and use of electronic devices in adolescence: results from a large population-based study. *BMJ Open, 5*(1), e006748. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-006748>
- Ikeda, H., Kubo, T., Sasaki, T., Liu, X., Matsuo, T., So, R., Matsumoto, S., & Takahashi, M. (2021). Daytime Workers with Longer Daily Rest Periods Have Smaller Sleep Debt and Social Jetlag: A Cross-Sectional Web Survey. *Behavioral Sleep Medicine, 19*(1), 99-109. <https://doi.org/10.1080/15402002.2020.1714623>
- Institute of Medicine. (2006). Sleep Physiology. In H. R. Colten & B. M. Altevogt (Eds.), *Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem* (pp. 33-55). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11617>
- International Labour Organization. (1990). *Conditions of Work and Employment Programme* (Vol. Information Sheet No. WT-8). International Labour Office.
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---travail/documents/publication/wcms_170713.pdf
- Jackson, M. L., Croft, R. J., Kennedy, G. A., Owens, K., & Howard, M. E. (2013). Cognitive components of simulated driving performance: Sleep loss effects and predictors. *Accident Analysis & Prevention, 50*, 438-444.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.05.020>

- Johnson, J. V., & Lipscomb, J. (2006). Long working hours, occupational health and the changing nature of work organization. *American Journal of Industrial Medicine*, 49(11), 921-929. <https://doi.org/10.1002/ajim.20383>
- Kaida, K., Takahashi, M., Åkerstedt, T., Nakata, A., Otsuka, Y., Haratani, T., & Fukasawa, K. (2006). Validation of the Karolinska sleepiness scale against performance and EEG variables. *Clinical Neurophysiology*, 117(7), 1574-1581. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.03.011>
- Kantermann, T., Wehrens, S. M. T., Ulh a, M. A., Moreno, C., & Skene, D. J. (2012). Noisy and individual, but doable: Shift-work research in humans. In A. Kalsbeek, M. Merrow, T. Roenneberg, & R. G. Foster (Eds.), *Progress in Brain Research* (Vol. 199, pp. 399-411). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59427-3.00022-8>
- Kecklund, G., & Axelsson, J. (2016). Health consequences of shift work and insufficient sleep. *BMJ*, 355, i5210. <https://doi.org/10.1136/bmj.i5210>
- Kecklund, G., Sallinen, M., & Axelsson, J. (2017). Optimizing Shift Scheduling. In M. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (6 ed., pp. 742-749). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24288-2.00078-7>
- Kecklund, G., Åkerstedt, T., & Lowden, A. (1997). Morning work: effects of early rising on sleep and alertness. *Sleep*, 20(3), 215-223. <https://doi.org/10.1093/sleep/20.3.215>
- Kervezee, L., Kosmadopoulos, A., & Boivin, D. B. (2020). Metabolic and cardiovascular consequences of shift work: The role of circadian disruption and sleep disturbances. *European Journal of Neuroscience*, 51(1), 396-412. <https://doi.org/10.1111/ejn.14216>
- Knauth, P. (1996). Designing better shift systems. *Applied Ergonomics*, 27(1), 39-44. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(95\)00044-5](https://doi.org/10.1016/0003-6870(95)00044-5)
- Knutsson, A., & B ggild, H. (2010). Gastrointestinal disorders among shift workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*(2), 85-95. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2897>
- Krueger, J. M., Frank, M. G., Wisor, J. P., & Roy, S. (2016). Sleep function: Toward elucidating an enigma. *Sleep Medicine Reviews*, 28, 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2015.08.005>
- Lim, J., & Dinges, D. F. (2008). Sleep Deprivation and Vigilant Attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129(1), 305-322. <https://doi.org/10.1196/annals.1417.002>
- Lim, J., & Dinges, D. F. (2010). A meta-analysis of the impact of short-term sleep deprivation on cognitive variables. *Psychological bulletin*, 136(3), 375-389. <https://doi.org/10.1037/a0018883>

- Lo, J. C., Groeger, J. A., Santhi, N., Arbon, E. L., Lazar, A. S., Hasan, S., von Schantz, M., Archer, S. N., & Dijk, D.-J. (2012). Effects of partial and acute total sleep deprivation on performance across cognitive domains, individuals and circadian phase. *PLoS One*, 7(9), e45987-e45987. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045987>
- Lockley, S. W., & Foster, R. G. (2012). *Sleep: a very short introduction*. Oxford University Press.
- Lowe, C. J., Safati, A., & Hall, P. A. (2017). The neurocognitive consequences of sleep restriction: A meta-analytic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 586-604. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.07.010>
- Luyster, F. S., Strollo, P. J., Jr., Zee, P. C., & Walsh, J. K. (2012). Sleep: a health imperative. *Sleep*, 35(6), 727-734. <https://doi.org/10.5665/sleep.1846>
- MacDonald, I. I., Smith, L., Lowe, S. L., & Folkard, S. (1997). Effects on Accidents of Time into Shift and of Short Breaks between Shifts. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 3(Supplement 2), s40-45.
- McHill, A. W., & Wright, K. P. (2019). Cognitive Impairments during the Transition to Working at Night and on Subsequent Night Shifts. *Journal of Biological Rhythms*, 34(4), 432-446. <https://doi.org/10.1177/0748730419848552>
- Monk, T. H. (2005). The post-lunch dip in performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), e15-23, xi-xii. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2004.12.002>
- Monk, T. H., & Buysse, D. J. (2013). Exposure to Shift Work as a Risk Factor for Diabetes. *Journal of Biological Rhythms*, 28(5), 356-359. <https://doi.org/10.1177/0748730413506557>
- Nielsen, H. B., Dyreborg, J., Hansen, Å. M., Hansen, J., Kolstad, H. A., Larsen, A. D., Nabe-Nielsen, K., & Garde, A. H. (2019b). Shift work and risk of occupational, transport and leisure-time injury. A register-based case-crossover study of Danish hospital workers. *Safety Science*, 120, 728-734. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.07.006>
- Nielsen, H. B., Hansen, Å. M., Conway, S. H., Dyreborg, J., Hansen, J., Kolstad, H. A., Larsen, A. D., Nabe-Nielsen, K., Pompeii, L. A., & Garde, A. H. (2019a). Short time between shifts and risk of injury among Danish hospital workers: a register-based cohort study. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*(2), 166-173. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3770>
- Ohly, S., Sonnentag, S., Niessen, C., & Zapf, D. (2010). Diary studies in organizational research: An introduction and some practical recommendations. *Journal of Personnel Psychology*, 9(2), 79-93. <https://doi.org/10.1027/1866-5888/a000009>

- Oken, B. S., Salinsky, M. C., & Elsas, S. M. (2006). Vigilance, alertness, or sustained attention: physiological basis and measurement. *Clinical Neurophysiology*, *117*(9), 1885-1901. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.01.017>
- Pati, A. K., Chandrawanshi, A., & Reinberg, A. (2001). Shift work: Consequences and management. *Current science*, *81*(1), 32-52. <http://www.jstor.org/stable/24105001>
- Pedersen, T. T., Sunde, E., Wisor, J., Mrdalj, J., Pallesen, S., & Grønli, J. (2022). Sleep Homeostasis and Night Work: A Polysomnographic Study of Daytime Sleep Following Three Consecutive Simulated Night Shifts. *Nature and science of sleep*, *14*, 243-254. <https://doi.org/10.2147/NSS.S339639>
- Pilcher, J. J., & Huffcutt, A. I. (1996). Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. *Sleep*, *19*(4), 318-326. <https://doi.org/10.1093/sleep/19.4.318>
- Rajaratnam, S. M. W., & Arendt, J. (2001). Health in a 24-h society. *Lancet*, *358*(9286), 999-1005. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)06108-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)06108-6)
- Ramar, K., Malhotra, R. K., Carden, K. A., Martin, J. L., Abbasi-Feinberg, F., Aurora, R. N., Kapur, V. K., Olson, E. J., Rosen, C. L., Rowley, J. A., Shelgikar, A. V., & Trotti, L. M. (2021). Sleep is essential to health: an American Academy of Sleep Medicine position statement. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *17*(10), 2115-2119. <https://doi.org/10.5664/jcsm.9476>
- Rasskazova, E., Zavalko, I., Tkhostov, A., & Dorohov, V. (2014). High intention to fall asleep causes sleep fragmentation. *Journal of Sleep Research*, *23*(3), 297-303. <https://doi.org/10.1111/jsr.12120>
- Romdhani, M., Hammouda, O., Chaabouni, Y., Mahdouani, K., Driss, T., Chamari, K., & Souissi, N. (2019). Sleep deprivation affects post-lunch dip performances, biomarkers of muscle damage and antioxidant status. *Biology of sport*, *36*(1), 55-65. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2018.78907>
- Rupp, T. L., Wesensten, N. J., Bliese, P. D., & Balkin, T. J. (2009). Banking sleep: realization of benefits during subsequent sleep restriction and recovery. *Sleep*, *32*(3), 311-321. <https://doi.org/10.1093/sleep/32.3.311>
- Saksvik, I. B., Bjorvatn, B., Hetland, H., Sandal, G. M., & Pallesen, S. (2011). Individual differences in tolerance to shift work – A systematic review. *Sleep Medicine Reviews*, *15*(4), 221-235. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2010.07.002>
- Sallinen, M., & Kecklund, G. (2010). Shift Work, Sleep, and sleepiness-differences between Shift Schedules and Systems. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, *36*(2), 121-133. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2900>

- Shen, J., Barbera, J., & Shapiro, C. M. (2006). Distinguishing sleepiness and fatigue: focus on definition and measurement. *Sleep Medicine Reviews*, *10*(1), 63-76.
<https://doi.org/10.1016/j.smr.2005.05.004>
- Shiffer, D., Minonzio, M., Dipaola, F., Bertola, M., Zamuner, A. R., Dalla Vecchia, L. A., Solbiati, M., Costantino, G., Furlan, R., & Barbic, F. (2018). Effects of Clockwise and Counterclockwise Job Shift Work Rotation on Sleep and Work-Life Balance on Hospital Nurses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(9), 2038. <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/9/2038>
- Sivertsen, B., Vedaa, Ø., Harvey, A. G., Glozier, N., Pallesen, S., Aarø, L. E., Lønning, K. J., & Hysing, M. (2019). Sleep patterns and insomnia in young adults: A national survey of Norwegian university students. *Journal of Sleep Research*, *28*(2), e12790.
<https://doi.org/10.1111/jsr.12790>
- Skorucak, J., Arbon, E. L., Dijk, D. J., & Achermann, P. (2018). Response to chronic sleep restriction, extension, and subsequent total sleep deprivation in humans: adaptation or preserved sleep homeostasis? *Sleep*, *41*(7). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsy078>
- Souman, J. L., Tinga, A. M., Te Pas, S. F., van Ee, R., & Vlaskamp, B. N. S. (2018). Acute alerting effects of light: A systematic literature review. *Behavioural Brain Research*, *337*, 228-239. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.09.016>
- Spencer, M., Robertson, K., & Folkard, S. (2006). The development of a fatigue/risk index for shiftworkers. *Health and safety executive report. Report No: 446*, p 40-41.
<https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr446.pdf>
- Statistisk sentralbyrå. (2020). *Statistikkbanken: Arbeidskraftundersøkelsen*. Statistisk sentralbyrå. Retrieved 06.10.2021 from <https://www.ssb.no/statbank/table/09733/>
- Stojanoski, B., Benoit, A., Van Den Berg, N., Ray, L. B., Owen, A. M., Shahidi Zandi, A., Quddus, A., Comeau, F. J. E., & Fogel, S. M. (2019). Sustained vigilance is negatively affected by mild and acute sleep loss reflected by reduced capacity for decision making, motor preparation, and execution. *Sleep*, *42*(1).
<https://doi.org/10.1093/sleep/zsy200>
- Stone, K. L., & Ancoli-Israel, S. (2017). Actigraphy. In M. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (6 ed., pp. 1671-1678). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24288-2.00171-9>
- Sunde, E., Mrdalj, J., Pedersen, T., Thun, E., Bjorvatn, B., Grønli, J., Harris, A., Waage, S., & Pallesen, S. (2020b). Role of nocturnal light intensity on adaptation to three

- consecutive night shifts: a counterbalanced crossover study. *Occupational and Environmental Medicine*, 77(4), 249-255. <https://doi.org/10.1136/oemed-2019-106049>
- Sunde, E., Pedersen, T., Mrdalj, J., Thun, E., Grønli, J., Harris, A., Bjorvatn, B., Waage, S., Skene, D. J., & Pallesen, S. (2020a). Alerting and Circadian Effects of Short-Wavelength vs. Long-Wavelength Narrow-Bandwidth Light during a Simulated Night Shift. *Clocks & Sleep*, 2(4), 502-522. <https://doi.org/10.3390/clockssleep2040037>
- Thun, E., Waage, S., Bjorvatn, B., Moen, B. E., Vedaa, Ø., Blytt, K. M., & Pallesen, S. (2021). Short sleep duration and high exposure to quick returns are associated with impaired everyday memory in shift workers. *Nursing Outlook*, 69(3), 293-301. <https://doi.org/10.1016/j.outlook.2020.09.008>
- Tilley, A., Donohoe, F., & Hensby, S. (1987). Homeostatic changes in slow wave sleep during recovery sleep following restricted nocturnal sleep and partial slow wave sleep recovery during an afternoon nap. *Sleep*, 10(6), 600-605.
- Toften, S., Pallesen, S., Hrozanova, M., Moen, F., & Grønli, J. (2020). Validation of sleep stage classification using non-contact radar technology and machine learning (Somnofy®). *Sleep Medicine*, 75, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2020.02.022>
- Torquati, L., Mielke, G. I., Brown, W. J., & Kolbe-Alexander, T. (2018). Shift work and the risk of cardiovascular disease. A systematic review and meta-analysis including dose-response relationship. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*(3), 229-238. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3700>
- Trinkoff, A. M., Le, R., Geiger-Brown, J., & Lipscomb, J. (2007). Work schedule, needle use, and needlestick injuries among registered nurses. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 28(2), 156-164. <https://doi.org/10.1086/510785>
- Tucker, A. M., Whitney, P., Belenky, G., Hinson, J. M., & Van Dongen, H. P. (2010). Effects of sleep deprivation on dissociated components of executive functioning. *Sleep*, 33(1), 47-57. <https://doi.org/10.1093/sleep/33.1.47>
- Tucker, P., Bejerot, E., Kecklund, G., Aronsson, G., & Åkerstedt, T. (2013). Doctors' work hours in Sweden: their impact on sleep, health, work-family balance, patient care and thoughts about work. *Stressforskningsrapport*, 325. https://www.stressforskning.su.se/polopoly_fs/1.233341.1429526778!/menu/standard/file/sfr325.pdf
- Uehli, K., Mehta, A. J., Miedinger, D., Hug, K., Schindler, C., Holsboer-Trachsler, E., Leuppi, J. D., & Künzli, N. (2014). Sleep problems and work injuries: a systematic

- review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 18(1), 61-73.
<https://doi.org/10.1016/j.smr.2013.01.004>
- Van De Water, A. T. M., Holmes, A., & Hurley, D. A. (2011). Objective measurements of sleep for non-laboratory settings as alternatives to polysomnography – a systematic review. *Journal of Sleep Research*, 20, 183-200. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2009.00814.x>
- Van Dongen, H. P., Maislin, G., Mullington, J. M., & Dinges, D. F. (2003). The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep*, 26(2), 117-126. <https://doi.org/10.1093/sleep/26.2.117>
- Van Dongen, H. P. A., Balkin, T. J., & Hursh, S. R. (2017). Performance Deficits During Sleep Loss and Their Operational Consequences. In M. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (6 ed., pp. 682-688). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24288-2.00071-4>
- Van Dongen, P. A., Baynard, M. D., Maislin, G., & Dinges, D. F. (2004). Systematic Interindividual Differences in Neurobehavioral Impairment from Sleep Loss: Evidence of Trait-Like Differential Vulnerability. *Sleep*, 27(3), 423-433.
<https://doi.org/10.1093/sleep/27.3.423>
- Vedaa, Ø., Harris, A., Bjorvatn, B., Waage, S., Sivertsen, B., Tucker, P., & Pallesen, S. (2016). Systematic review of the relationship between quick returns in rotating shift work and health-related outcomes. *Ergonomics*, 59(1), 1-14.
<https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1052020>
- Vedaa, Ø., Harris, A., Erevik, E. K., Waage, S., Bjorvatn, B., Sivertsen, B., Moen, B. E., & Pallesen, S. (2019). Short rest between shifts (quick returns) and night work is associated with work-related accidents. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 92(6), 829-835. <https://doi.org/10.1007/s00420-019-01421-8>
- Vedaa, Ø., Harris, A., Waage, S., Bjorvatn, B., Thun, E., Buchvold, H. V., Djupedal, I. L. R., & Pallesen, S. (2020). A longitudinal study on the association between quick returns and occupational accidents. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 46(6), 645-649. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3906>
- Vedaa, Ø., Mørland, E., Larsen, M., Harris, A., Erevik, E., Sivertsen, B., Bjorvatn, B., Waage, S., & Pallesen, S. (2017b). Sleep Detriments Associated With Quick Returns in Rotating Shift Work: A Diary Study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 59(6), 522-527. <https://doi.org/10.1097/jom.0000000000001006>

- Vedaa, Ø., Pallesen, S., Waage, S., Bjorvatn, B., Sivertsen, B., Erevik, E., Svensen, E., & Harris, A. (2017a). Short rest between shift intervals increases the risk of sick leave: a prospective registry study. *Occupational and Environmental Medicine*, *74*(7), 496. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-103920>
- Vyas, M. V., Garg, A. X., Iansavichus, A. V., Costella, J., Donner, A., Laugsand, L. E., Janszky, I., Mrkobrada, M., Parraga, G., & Hackam, D. G. (2012). Shift work and vascular events: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, *345*, e4800. <https://doi.org/10.1136/bmj.e4800>
- Wagstaff, A. S., & Sigstad Lie, J. A. (2011). Shift and night work and long working hours--a systematic review of safety implications. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, *37*(3), 173-185. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3146>
- Watson, N. F., Badr, M. S., Belenky, G., Bliwise, D. L., Buxton, O. M., Buysse, D., Dinges, D. F., Gangwisch, J., Grandner, M. A., Kushida, C., Malhotra, R. K., Martin, J. L., Patel, S. R., Quan, S. F., & Tasali, E. (2015). Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *11*(06), 591-592. <https://doi.org/10.5664/jcsm.4758>
- Wehrens, S. M. T., Hampton, S. M., Kerkhofs, M., & Skene, D. J. (2012). Mood, Alertness, and Performance in Response to Sleep Deprivation and Recovery Sleep in Experienced Shiftworkers Versus Non-Shiftworkers. *Chronobiology International*, *29*(5), 537-548. <https://doi.org/10.3109/07420528.2012.675258>
- Werth, E., Dijk, D. J., Achermann, P., & Borbély, A. A. (1996). Dynamics of the sleep EEG after an early evening nap: experimental data and simulations. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *40*(3), R501-510. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1996.271.3.R501>
- Åkerstedt, T. (1995). Work hours, sleepiness and the underlying mechanisms. *Journal of Sleep Research*, *4*(2), 15-22. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.1995.tb00221.x>
- Åkerstedt, T. (2003). Shift work and disturbed sleep/wakefulness. *Occupational Medicine*, *53*(2), 89-94. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqg046>
- Åkerstedt, T. (2019). Shift Work - Sleepiness and Sleep in Transport. *Sleep Medicine Clinics*, *14*(4), 413-421. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2019.07.003>
- Åkerstedt, T., Anund, A., Axelsson, J., & Kecklund, G. (2014). Subjective sleepiness is a sensitive indicator of insufficient sleep and impaired waking function. *Journal of Sleep Research*, *23*(3), 242-254. <https://doi.org/10.1111/jsr.12158>

Åkerstedt, T., & Gillberg, M. (1990). Subjective and Objective Sleepiness in the Active Individual. *International journal of neuroscience*, 52(1-2), 29-37.

<https://doi.org/10.3109/00207459008994241>

Åkerstedt, T., Kecklund, G., & Knutsson, A. (1991). Spectral analysis of sleep electroencephalography in rotating three-shift work. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 17(5), 330-336. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1694>