

2018:00207 - Åpen

Delrapport 2

Menneskelig yteevne i nordområdene

Arbeidspakke 2 - Laborrietesting av kognitiv yteevne i kulde

Forfattere

Jakob Hønborg Hansen, Hilde Færevik og Øystein Wiggen



Delrapport 2

Menneskelig yteevne i nordområdene

Arbeidspakke 2 - Laboratorietesting av kognitiv yteevne i kulde

EMNEORD:
Petroleum
Nordområdene
Helse
Kognitiv yteevne
Kulde

VERSJON
2

DATO
2018-03-13

FORFATTERE
Jakob Hønborg Hansen, Hilde Færevik og Øystein Wiggen

OPPDRAGSGIVER(E)
Petroleumstilsynet

OPPDRAGSGIVERS REF.
Øyvind Lauridsen

PROSJEKTNR
102013579

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
28

SAMMENDRAG

SINTEF har på oppdrag av Ptil gjennomført en studie med fokus på effekten av kulde og døgnrytme på kognitiv yteevne. Studien ble gjennomført i Arbeidsfysiologisk Laboratorium i Trondheim, hvor 11 mannlige forsøkspersoner ble eksponert for totalt fire scenarier à seks timer hver; natt -2 °C, dag -2 °C, natt 23 °C og dag 23 °C. Kognitiv yteevne, målt som reaksjonstid og korttidshukommelse ble testet hver andre time. Hud- og kjerne-temperatur, termisk fornemmelse og komfort og kortisol og søvnighet ble målt under forsøket. Det var ingen effekt av hverken døgnrytme eller omgivelsestemperatur på korttidshukommelse. Det var en overordnet dårligere prestasjon på reaksjonstid på natt -2 °C sammenlignet med dag -2 °C, men ingen andre forskjeller på kognitiv yteevne ble observert. Det var ingen effekt av omgivelses-temperatur på kortisol. Det ble observert lavere hudtemperatur og en tilsvarende termisk fornemmelse i -2 °C. Døgnrytme og omgivelsestemperatur har ingen effekt på korttidshukommelse ved bruk av tilstrekkelig vinterbekledning. Det ble funnet en effekt av døgnrytme på reaksjonstid, med redusert prestasjon på natt sammenlignet med dag i -2 °C. Denne døgneffekten ble ikke observert i 23 °C. Kombinasjonen kulde og nattarbeid kan derfor føre til økt risiko for nedsatt reaksjonstid.

UTARBEIDET AV
Jakob Hønborg Hansen, PhD og Øystein Wiggen, PhD

SIGNATUR



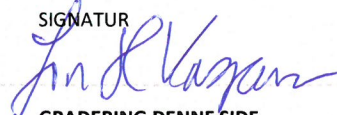
KONTROLLERT AV
Mariann Sandsund, seniorforsker

SIGNATUR



GODKJENT AV
Jon Harald Kaspersen, forskningssjef

SIGNATUR



RAPPORTNR
2018:00207

ISBN
978-82-14-06655-5

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
2	2018-03-13	Rapport endret fra fortrolig til åpen.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	4
2	Mål	6
	2.1 Hypoteser.....	6
3	Metode	6
	3.1 Studiedeltakere.....	6
	3.2 Studieprotokoll	6
	3.3 Utstyr	8
	3.4 Statistisk analyse.....	10
4	Resultater	11
	4.1 Kjernetemperatur	11
	4.2 Hudtemperatur	11
	4.3 Kognitiv funksjon.....	12
	4.4 Termisk fornemmelse og komfort	13
	4.5 Søvnighet	16
	4.6 Kortisol	17
5	Diskusjon	18
	5.1 Termisk komfort og kjerne- og hudtemperatur.....	18
	5.2 Kognitiv funksjon.....	18
	5.3 Søvnighet	19
	5.4 Kortisol	19
6	Konklusjon	21
7	Begrensninger	22
8	Praktisk betydning og fremtidige perspektiver	23
9	Referanser	24

BILAG/VEDLEGG

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

1 Bakgrunn

Fatigue er et velkjent fenomen hos skiftarbeidere og defineres som "en reduksjon i fysisk og/eller mental kapasitet som et resultat av fysisk, mental eller emosjonell anstrengelse" [1]. Fatigue kan utvikles etter gjentatt eksponering for arbeidsmiljøfaktorer som er belastende fysisk og/eller mentalt, bl.a. skiftarbeid, omgivelser (varmt/kaldt), støy med mer. Dette kan indirekte resultere i en økt sikkerhetsrisiko [2].

Oljevirkosomheten i nordområdene kan være utsatt for ekstreme værforhold med kalde vintre og stor kuldebelastning i Barentshavet. Dette påvirker arbeiderne som jobber på plattformdekket under utendørsoperasjoner. Nedkjøling kan påvirke kognitiv yteevne, og dette er en reel risiko ved utendørsoperasjoner ved petroleumsaktivitet i nordområdene. Nedkjøling kan i tillegg påvirke humøret, sosial interaksjon og føre til generell apati under de rette forhold. Redusert kjernetemperatur eller termisk ubehag er også vist å ha en negativ effekt på kognitiv funksjon [3].

Effekten av kalde omgivelser på kognitiv yteevne er ikke konsekvent på grunn av metodiske mangler og lite sammenlignbare studier er imidlertid sprikende [4]. Mangelen på konsensus forklares med veldig store variasjoner i studiedesign, eksperimentelle forhold, beskyttelsesbekledning, hvilke kognitive tester som er gjennomført samt varighet og intensitet på eksponeringen i de ulike studiene [4, 5]. Kulde ser ut til å ha en mer omfattende negativ effekt på komplekse kognitive oppgaver som involverer korttids- og arbeidshukommelsen [6, 7]. Ved svært lave temperaturer vil også langtidshukommelse og bevissthet bli påvirket. Det er i hovedsak to forskjellige teorier som beskriver effekten av kulde på kognitiv yteevne. Den første er distraksjonsteori, som foreslår at termisk stress tvinger individet til å rette oppmerksomheten mot det å håndtere kuldestress, og dermed reduserer kapasiteten til å gjennomføre den aktuelle kognitive oppgaven [7]. Den andre forklaringen kommer fra teorien om mental aktivering (arousal), som legger opp til at prestasjon er avhengig av aktiveringsnivå [4]. I kalde omgivelser virker det som at individet våkner til litt, særlig ved "kjedelige" oppgaver som har store krav til oppmerksomhet.

Fysiologiske parametere, som hud- og kjernetemperatur, benyttes ofte som indikatorer for reduksjon i kognitiv yteevne. Termisk komfort kan imidlertid ha en større innvirkning på kognitiv yteevne sammenlignet med fysiologiske parametere [4]. Et opplevd ubehag ved å fryse vil kunne distrahere vedkommende og på denne måten redusere reaksjonstid og presisjon på den gitte arbeidsoppgaven. Pilcher et al. (2002) [4] viser signifikante forskjeller mellom menneskelige feilhandlinger og tilhørende risiko under normale forhold i motsetning til kalde og ekstreme miljøer. Noroozi et al. (2014) [8] undersøkte kognitive prestasjoner hos vedlikeholdsoperatører offshore. Resultatene viste at risikoen for feilhandlinger forbundet med operasjoner i kalde omgivelser var dobbelt så høy sammenlignet med risikoen forbundet med de samme operasjonene utført i tempererte klima [8]. Kjerne- og hudtemperaturer ble ikke målt i dette feltstudiet, men det vil være av stor interesse å teste ved hvilke lokale hudtemperaturer nedsatt funksjon inntreffer. I hvilken grad redusert termisk komfort påvirker kognitiv yteevne hos petroleumsarbeidere som arbeider utendørs er uvisst. Det er i tillegg manglende kunnskap om hvilke grenseverdier for kuldestress som gjelder for kognitiv yteevne.

Kjernetemperaturen opprettholdes ved ca. 37 °C, med en døgnvariasjon på 0,5-0,7 °C. Søvn hos mennesket skjer vanligvis i den nedadgående delen av kjernetemperaturkurven når endringen og varmetapet fra kroppen er maksimalt [9]. Dette indikerer en nær sammenheng mellom innsoving og varmetap fra kroppen. Perifer sirkulasjon og derav redistribusjon av varme fra kroppskjernen til hudoverflaten representerer hovedkomponenten for en nedregulering av kroppens kjernetemperatur om kvelden [9].

Flere hormoner har en døgnrytmevariasjon. Stresshormonet kortisol er tett knyttet opp til våkenheten på morgenen der det registreres en kraftig økning [10]. Flere studier indikerer at kognitiv prestasjon forbedres når kortisolsekresjonen øker [11, 12], og det er dokumentert at kortisol også øker under kuldeeksponering [13]. Dette gjør at kortisol er interessant å studere når det gjelder sammenhenger mellom kuldeeksponering og nattarbeid.

Skiftarbeid er en standardisert arbeidsform i oljebransjen, som i mange år har benyttet seg av 12 timers skiftarbeid i turnus med to uker på jobb og fire uker fri. Søvnforstyrrelser er trolig den vanligste konsekvensen av skiftarbeid, og forårsaker søvnmangel, døsighet og redusert kognitiv yteevne [14-18]. Man er dessuten hjemmefra i lengre perioder, noe som tidvis kan være en psykisk belastning for enkelte. Det er sannsynlig at petroleumsarbeidere i nordområdene også kan oppleve en redusert kognitiv prestasjon forårsaket av trøtthet og søvnmangel, som i tillegg er en kjent utfordring ved skiftarbeid [14].

Dårlig søvn er relatert til høyere ulykkesrisiko [19-21], og det er indikasjoner på en sammenheng mellom menneskelige feilhandlinger og kognitiv yteevne [22, 23]. Det har tidligere vært flere eksempler på kritiske hendelser om natten hvor døgnrytmen og kognitiv yteevne er på sitt laveste prestasjonsnivå. Det kan bl.a. nevnes Exxon Valdez i Alaska (kl. 00:04) [24], supplyfartøyet Big Orange i Nordsjøen (kl. 04:17) [25], og flere atomkraftverk som Tsjernobył (kl. 01:23) og Davis-Besse-reaktoren (kl. 01:35) [26]. Sett i lys av dette, er det spesiell grunn til å rette fokus mot operasjoner på natten.

Det er mye kunnskap på effekten av kuldeeksponering og skiftarbeid, men kombinasjonen av disse to faktorene er ikke belyst tilstrekkelig. Det er generelt for lite kunnskap om hvordan kombinasjonen av nattarbeid og kuldeeksponering påvirker kognitiv yteevne og hvordan dette eventuelt henger sammen med kroppstemperatur og termisk komfort.

2 Mål

Hovedmålet i denne studien er å undersøke effekten av natt- og dagarbeid i kalde (-2 °C) og varme (23 °C) omgivelser på kognitiv yteevne, fysiologiske og subjektive responser.

2.1 Hypoteser

Overordnet hypotese:

Kognitiv yteevne, målt som reaksjonstid og korttidshukommelse reduseres i større grad av naturlig døgnrytme sammenlignet med eksponering til lave omgivelsestemperaturer.

Forskningsspørsmål:

- Vil kjerne- og hudtemperaturer være forskjellig mellom både dag- og nattarbeid?
- Vil reaksjonstiden og korttidshukommelsen være forskjellig mellom eksponering til kulde sammenlignet med varme under nattarbeid?
- Vil termisk komfort være forskjellig mellom eksponering til kulde sammenlignet med varme under både dag- og nattarbeid
- Vil søvnighet være lavere i kulde sammenlignet med varme under nattarbeid?
- Vil kortisolsekresjonen være forskjellig mellom eksponering til kulde sammenlignet med varme under dag- og nattarbeid?

3 Metode

3.1 Studiedeltakere

Elleve mannlige forsøkspersoner ble rekruttert via Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) i Trondheim, alder 23 ± 2 år, vekt $81,4 \pm 5,5$ kg, høyde $1,85 \pm 0,04$ cm, BMI $23,5 \pm 2,1$ vekt/høyde² og kroppsfett $13,7 \pm 3,2$ %.

Forsøkspersonene var ikke-røykere, hadde ingen søvnforstyrrelser eller flyreiser mellom tidssoner i uken før studien. Forsøkspersonene hadde normal nattesøvn før testen, og hadde ikke inntatt kaffe, te, cola eller sjokolade i to timer før testen, eller alkohol eller tobakk i de siste 24 timene. Alle gjennomgikk en legesjekk i forkant av studien, denne var godkjent av Komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, Midt-Norge. Alle deltakerne ga skriftlig samtykke til deltakelse i prosjektet.

3.2 Studieprotokoll

Studieprotokollen besto av gjentakende aktiviteter som beskrevet i protokollen under. To personer deltok på hver test. Forsøkspersonene satt ved et bord og fikk jobbe med lekser på PC, lese, spille kort/brettspill med den andre forsøkspersonen. Computerspill var ikke tillatt (Bilde 1).



Bilde 1. Testsituasjon på natta (kl. 03:22) i $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figur 1 viser en oversikt over eksponeringene som hver av forsøkspersonene gjennomførte. Den enkelte forsøksperson gjennomførte alle de fire situasjoner som vist i figur 1, og var dermed sin egen kontroll gjennom hele prosjektet. Eksponeringene var delvis randomisert, hvor dagarbeid i kulde ble gjennomført som siste eksponering hos alle forsøkspersonene.



Figur 1 Oversikt over de fire eksponeringene som hver forsøksperson gjennomførte.

Følgende protokoll ble gjennomført, og er identisk for dag og natt:

Dag Natt

08:00/00:00	Kognitiv test og subjektiv score
08:30/00:30	Tredemølle (6 min, 4 km/t)
09:00/01:00	Subjektiv score
09:30/01:30	Tredemølle (6 min, 4 km/t)
10:00/02:00	Kognitiv test og subjektiv score
10:30/02:30	Tredemølle (6 min, 4 km/t)
11:00/03:00	Subjektiv score
11:30/03:30	Tredemølle (6 min, 4 km/t)
12:00/04:00	Kognitiv test, kortisolprøve og subjektiv score
12:30/04:30	Tredemølle (6 min, 4 km/t)
13:00/05:00	Subjektiv score
13:30/05:30	Tredemølle (6 min, 4 km/t)
14:00/06:00	Kognitiv test og subjektiv score

3.3 Utstyr

Innledende målinger

Ved ankomst i laboratoriet ble høyde og vekt (IDI, Metteler Tollede, Albstadt, Tyskland) registrert, og fettprosent målt ved hjelp av en klype (Harpenden skinfold caliper, Baty, UK.). Mengden underhudsfett ble målt på m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. subscapularis, suprailiac skinfold, og beregnet ut fra en formel [27].

Hudtemperatur og kjernetemperatur

For å få et mål på kroppens varmeinnhold, og for å kunne registrere endringer i varmeinnholdet i kroppen, ble det gjennomført kontinuerlige målinger av kjernetemperatur og hudtemperaturer ved bruk av rektalprobe og termistorer (YSI 400, Yellow Springs Instruments, OH, USA) med en nøyaktighet på ± 0.15 °C. Rektalproben innsettes i 10 cm dybde fra lukkemuskelen.

Gjennomsnittlig hudtemperatur er beregnet ut fra formelen gitt av Ramanathan (1964) [28] basert på målinger fra bryst, overarm, lår og legg.

Termisk komfort

Forsøkspersonene ble bedt om å evaluere sin egen termiske komfort og temperaturfølelse i løpet av forsøket.

- Termisk følelse ble evaluert på en skala fra -5 til 5 (ekstremt kaldt til ekstremt varmt).

- Termisk komfort ble vurdert på en skala fra 1 til 4 (komfortabel til svært ukomfortabel) [29].

Søvnighet

Evaluering av søvnighet ble gjennomført ved bruk av 9-trinns Karolinska Sleepiness Scale (KSS). Skalaen er basert på scoring fra 1= meget våken til 9=søvnig (kjemper mot søvnen) [30].

Kognitive tester (reaksjonstid og episodisk hukommelse)

Det iPad-baserte systemet Cantab Connect fra Cambridge Cognition (Cambridge Cognition, Cambridge, UK) ble brukt til testing av kognitiv funksjon. Følgende tester ble gjennomført:

1) Korttidshukommelse (Paired Associates Learning (PAL))

Bokser vises på skjermen og blir "åpnet" i randomisert rekkefølge. En eller flere vil inneholde et mønster. Mønstrene vises deretter i midten av skjermen, en om gangen, og deltakeren må velge boksen som mønsteret ble opprinnelig plassert i. Dersom deltakeren gjør en feil, åpnes boksene i rekkefølge igjen for å minne deltakeren om plasseringen av mønstrene.

2) Reaksjonstid (Reaction Time (RTI))

Forsøkspersonen holder inne en responsknapp nederst på skjermen. En rekke med fem sirkulære figurer blir presentert ovenfor, og en gul prikk vises i en av sirklene. Forsøkspersonen må reagere så raskt som mulig, og slipper responsknappen i bunnen av skjermen og velger sirkelen der prikken dukker opp.

Testen måler gjennomsnittlig tid det tar for en forsøksperson å slippe responsknappen og velge det gule stimuli som presenteres på skjermen. Måles i millisekunder (ms).

Kortisol i spytt

Kortisolprøve ble tatt kl. 04.00 under nattstudiene og kl. 12.00 på dagstudiene. Alle spyttanalyser krever minst 1 ml spytt som oppsamles i et prøverør. Spyttproduksjonen ble ikke stimulert, men dannet naturlig. Det ble ikke spist de siste 30 minuttene før prøvetaking. Prøven ble lagret umiddelbart etter prøvetaking ved -20°C. På prøven ble forsøkspersonenes nummer og tidspunkt for prøvetaking registrert. Prøvene ble analysert ved Avdeling for Medisinsk Biokjemi, Laboratoriesenteret på St. Olavs hospital HF i Trondheim.

Bekledning

Under forsøkene ble følgende bekledning benyttet i -2 °C og 23 °C:

Kulde

- Undertøy: Devold ullgenser og stillongs (Devold Spirit).
- Mellombekledning: Devold ulljakke og bukser (Devold Prototype SpacerWool).
- Yttertøy: Helly Hansen Dun parkas og Wenaas GORE-TEX Pyrad bukse.
- Hodeplagg: JanusPro Balaclava og hette.
- Fottøy: Vintersko fra Arbesko.

- Hansker: Wenaas Prototype.
- Sokker: Ullsokker (Wenaas tykk).

Varme

- Undertøy: Devold ullgenser og stillongs (Devold Spirit).
- Sokker: Ullsokker (Wenaas tykk).

3.4 Statistisk analyse

Statistiske analyser ble utført med SPSS for Windows 18.0 (SPSS Inc.) og Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp.). Data ble kontrollert for normalitet med Kolmogorov-Smirnoffs tester.

Målinger av rektaltemperatur, hudtemperaturer og kognitive data ble analysert med to-veis ANOVA for repeterte målinger. Temperaturdata ble analysert for hvert tiende minutt. Kognitive målinger hadde fire datapunkter for analysen.

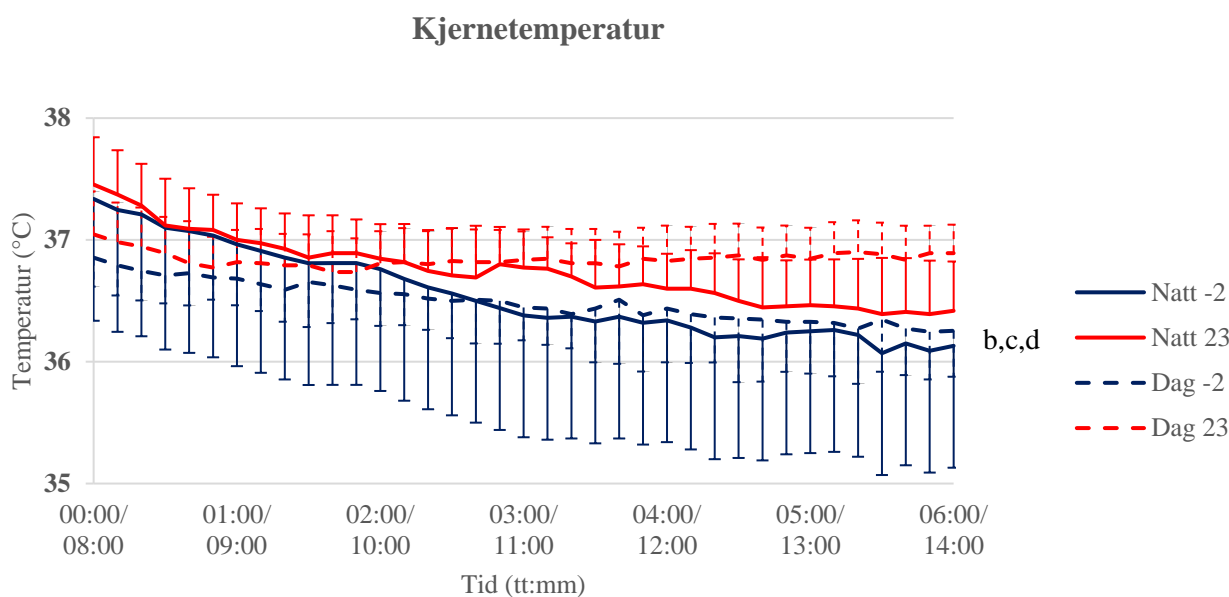
Subjektive målinger ble analysert med Friedmans ikke-parametriske test for repeterte målinger. Subjektive målinger hadde sju datapunkter for analysen.

Data presenteres som gjennomsnitt og standard avvik. Resultater betraktes som statistisk signifikant på $p < 0.05$.

4 Resultater

4.1 Kjernetemperatur

I nattforsøket i 23 °C faller temperaturen fra 37,5 °C til 36,4 °C, og i nattforsøket i -2 °C faller temperaturen fra 37,3 °C til 36,1 °C. I forsøket på dagtid i 23 °C opprettholdes en stabil temperatur gjennom forsøket, med en endring fra 37,1 °C i starten til 36,9 °C mot slutten av forsøket. Under forsøket på dagtid i kulde faller kjernetemperaturen fra 36,8 °C i starten til 36,3 °C på slutten (Figur 1). De gjentatte arbeidsperiodene under forsøket påvirket ikke kjernetemperatur i særlig grad.

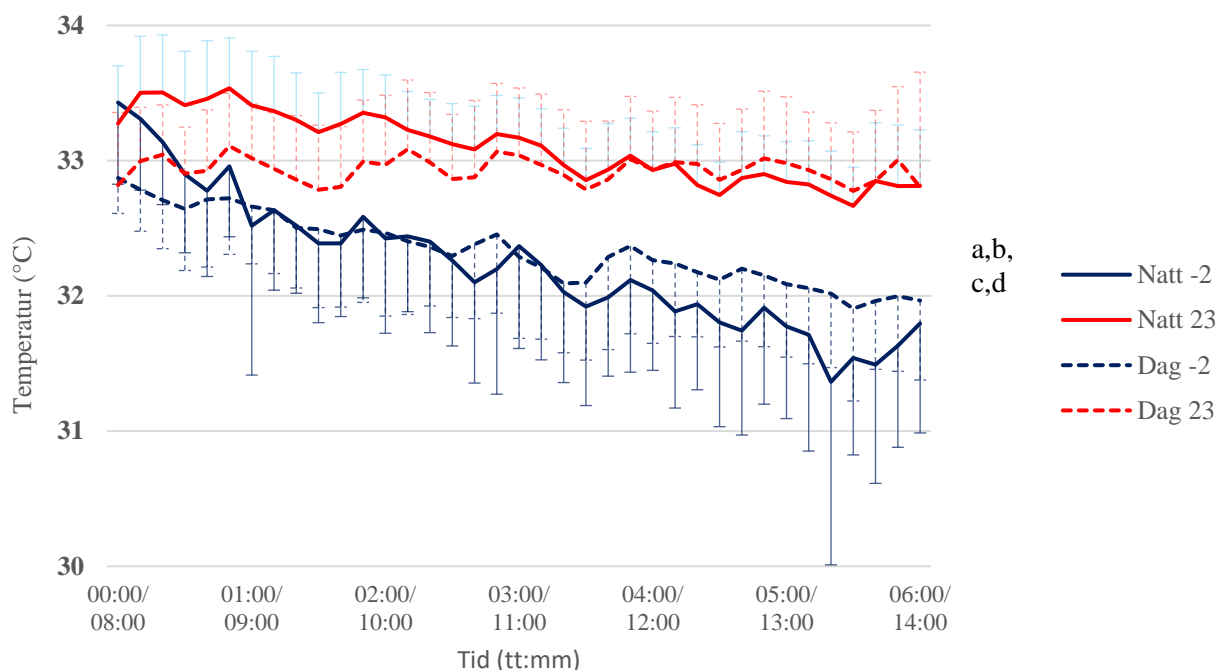


Figur 2. Rektaltemperatur for alle eksponeringene. b, indikerer en signifikant forskjell mellom Dag-2 og Dag23; c, indikerer en signifikant forskjell mellom Natt23 og Dag23; d, indikerer en signifikant forskjell mellom Natt-2 og Dag-2. Data er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik (N=11)

4.2 Hudtemperatur

Gjennomsnittlig hudtemperatur var signifikant lavere ved eksponering til -2 °C sammenlignet med 23 °C under forsøkene både natt og dag. Hudtemperaturen var ca. 33,4 °C ved starten av nattesten og ca. 32,5 °C ved starten til dagtesten, uavhengig av omgivelsestemperaturen. Hudtemperaturen holder seg relativt stabil gjennom begge testene i 23 °C, men faller til ca. 31,9 °C ved begge testene i -2 °C. Under alle fire forsøkene er det mulig å observere små variasjoner (under 0,5 °C) i gjennomsnittlig hudtemperatur som følge av variasjonen mellom hvile og lett arbeid.

Gjennomsnittlig hudtemperatur



Figur 3. Gjennomsnittlig hudtemperaturer for alle eksponeringene. a, indikerer en signifikant forskjell mellom Natt-2 og Natt23; b, indikerer en signifikant forskjell mellom Dag-2 og Dag23; c, indikerer en signifikant forskjell mellom Natt23 og Dag23; d, indikerer en signifikant forskjell mellom Natt-2 og Dag-2. Data er presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik (N=11)

4.3 Kognitiv funksjon

Det var ingen signifikant effekt av hverken omgivelsestemperatur eller tid på døgnet på hvordan reaksjonstid endret seg i løpet forsøkene (Tabell 1). Når man sammenlignet gjennomsnittsverdien for alle fire testene på dag -2 med natt -2 ble det observert en signifikant effekt som viste at reaksjonstiden var ca. 10-15 ms dårligere på natten sammenlignet med dagen.

Tabell 1. Reaksjonstid i millisekunder for annenhver time under alle eksponeringene.

	00:00/ 08:00	02:00/ 10:00	04:00/ 12:00	06:00/ 14:00
Natt -2	143 ± 21	150 ± 29	142 ± 24	141 ± 19
Natt 23	141 ± 27	140 ± 22	136 ± 30	139 ± 20
Dag 23	141 ± 21	138 ± 22	137 ± 22	142 ± 24
Dag -2 ♠	132 ± 19	132 ± 13	128 ± 16	123 ± 9

♠ = Signifikant forskjell i gjennomsnittsverdien for alle fire testene mellom natt -2 °C og dag -2 °C ($p < 0.05$). Data er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik (N=11)

Det var ingen signifikante forskjeller mellom hverken omgivelsestemperatur eller tid på døgnet for korttidshukommelse (Tabell 2).

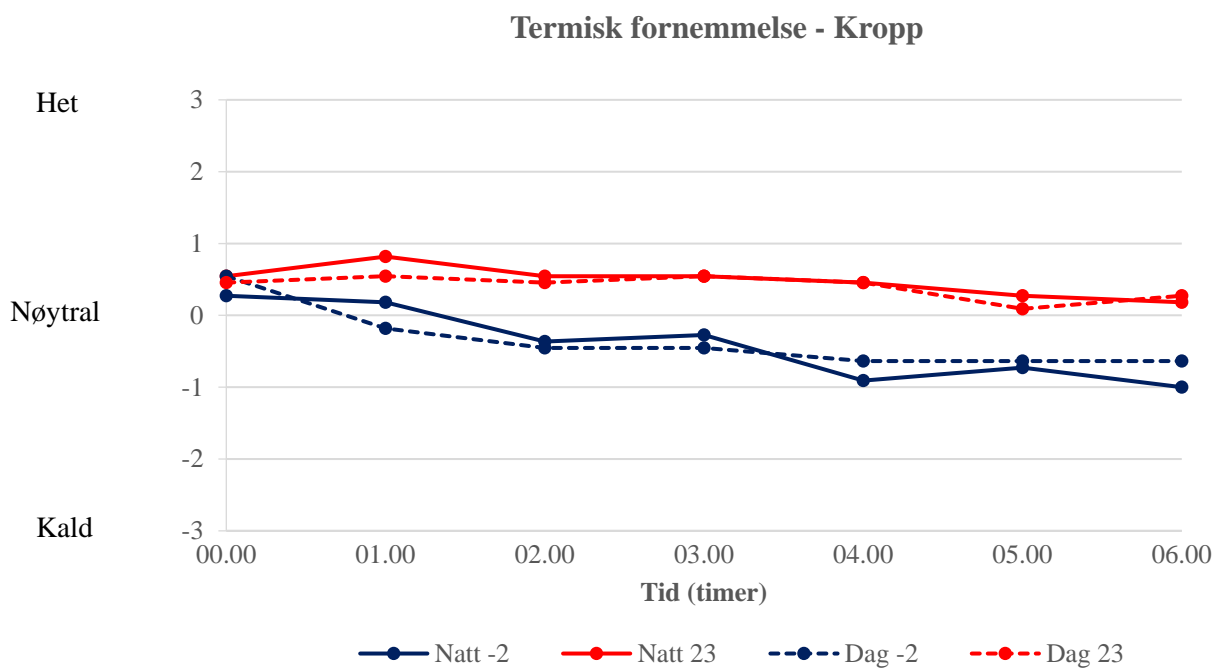
Tabell 2. Korttidshukommelse (antall ganger forsøkspersonen velger feil boks) for annenhver time for alle eksponeringene

	00:00/ 08:00	02:00/ 10:00	04:00/ 12:00	06:00/ 14:00
Natt -2	2,9 ± 4,2	3,9 ± 4,2	4,5 ± 4,0	4,1 ± 4,9
Natt 23	3,6 ± 2,8	3,4 ± 2,1	2,3 ± 2,0	3,8 ± 3,8
Dag 23	3,9 ± 3,2	2,5 ± 2,3	4,1 ± 4,2	2,5 ± 2,6
Dag -2	3,0 ± 2,4	3,3 ± 3,3	2,9 ± 2,6	2,5 ± 2,3

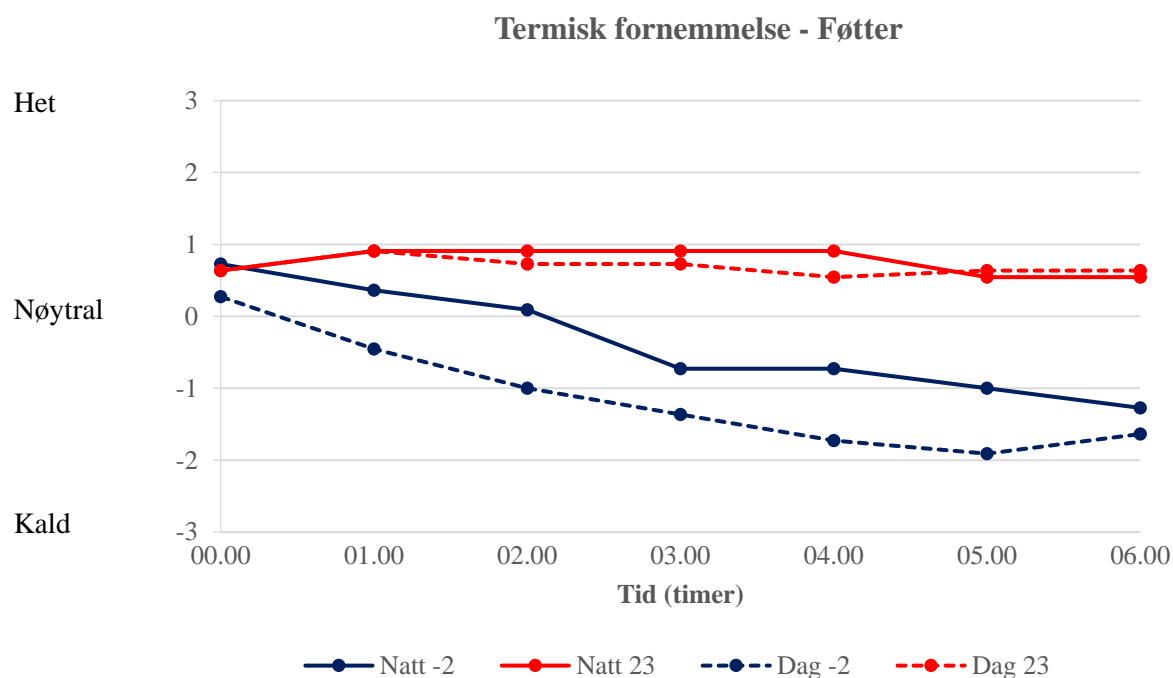
Data er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik (N=11)

4.4 Termisk fornemmelse og komfort

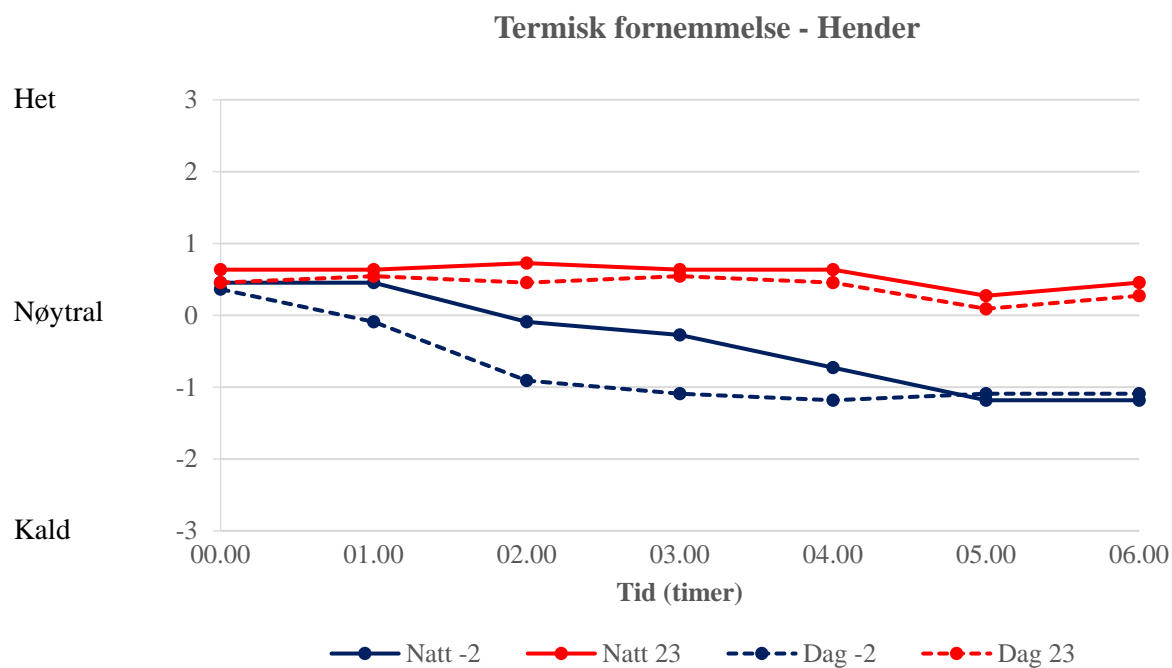
Termisk fornemmelse for kropp, føtter, hender, hode og termisk komfort viser alle en signifikant endring til å føle seg kaldere og mer ukomfortabel ved eksponering for -2 °C ($p < 0.05$). Dette er uavhengig av om det er natt eller dag. Det er et unntak, hvor termisk fornemmelse for hode ved dag -2 °C ikke har en signifikant endring over tid. Det er ingen signifikante forskjeller for termisk fornemmelse eller komfort ved eksponeringer til natt eller dag ved 23 °C (Figurene 3, 4, 5, 6 og 7).



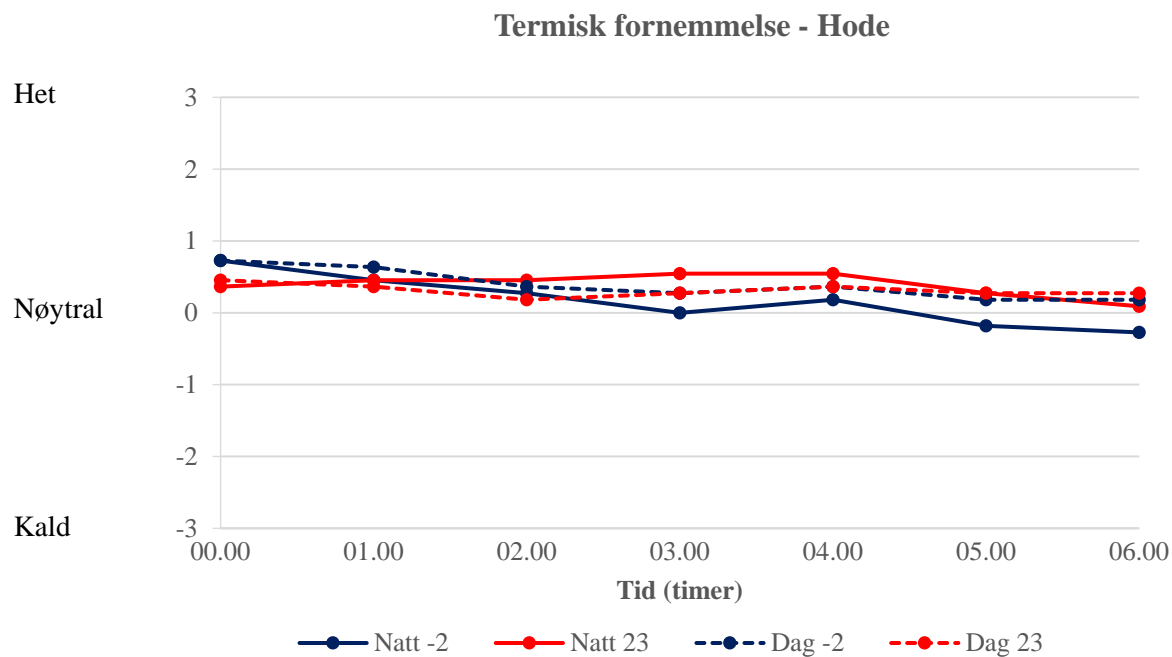
Figur 4. Termisk fornemmelse kropp. Data presentert som gjennomsnitt (N=11)



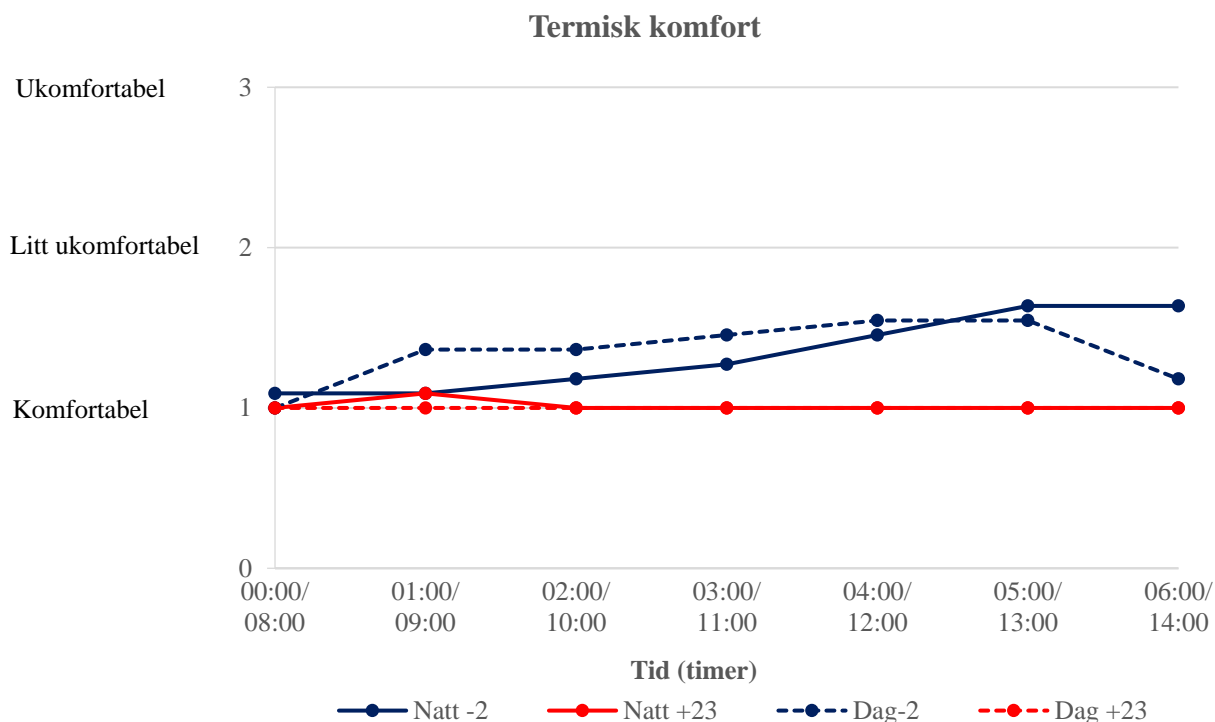
Figur 5. Termisk fornemmelse føtter. Data presentert som gjennomsnitt (N=11)



Figur 6. Termisk fornemmelse hender. Data presentert som gjennomsnitt (N=11)



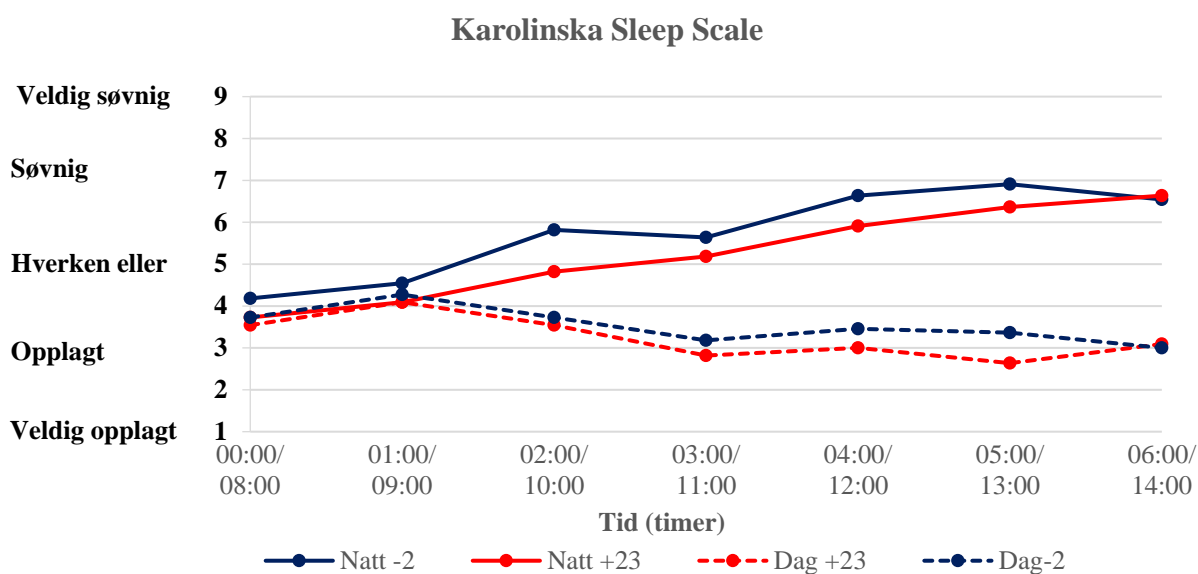
Figur 7. Termisk fornemmelse hode. Data presentert som gjennomsnitt (N=11)



Figur 8. Termisk komfort. Data presentert som gjennomsnitt (N=11)

4.5 Søvnighet

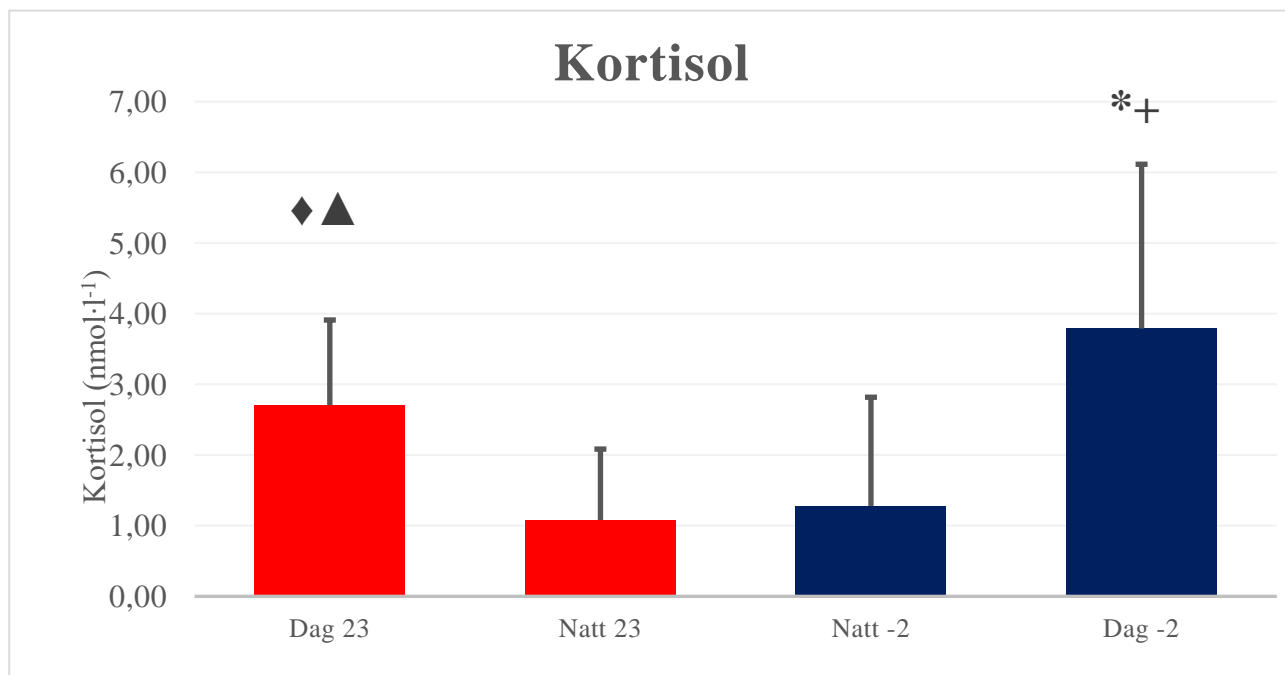
Søvnigheten øker signifikant i løpet av natten i både -2 °C og 23 °C ($p < 0.05$). På dagen er det mindre endring sammenlignet med natten, og man blir mer opplagt i løpet av forsøket på dagtid uavhengig av omgivelsestemperatur ($p < 0.05$) (Figur 8).



Figur 9. Søvnighet (Karolinska Sleep Scale). Data presentert som gjennomsnitt (N=11)

4.6 Kortisol

Kortisolnivået viser signifikant høyere verdier på dagtid enn på natt, men det er ingen effekt av omgivelsestemperatur (Figur 9).



Figur 10. Kortisol i spytt kl. 04:00 på natt og kl. 12:00 på dag under alle eksponeringene. *, indikerer en signifikant forskjell mellom Dag-2 og Natt-2; +, indikerer en signifikant forskjell mellom Dag-2 og Natt23; ♦, indikerer en signifikant forskjell mellom Dag23 og Natt23; ▲, indikerer en signifikant forskjell mellom Dag23 og Natt-2. Data presentert som gjennomsnitt ± standardavvik (N=11).

5 Diskusjon

5.1 Termisk komfort og kjerne- og hudtemperatur

Kjernetemperaturen viser en tydelig døgnrytme, som er velkjent fra en rekke andre studier av døgnrytmer [9, 31, 32]. Under nattstudiene i -2 °C og 23 °C faller kjernetemperaturen gradvis utover natta hvilket er en velkjent fysiologisk respons hos nattarbeidere [33, 34]. Vanligvis opprettholdes kjernetemperaturen ved ca. 37 °C med en døgnvariasjon på 0,5-0,7 °C. Søvn hos mennesket skjer vanligvis i den nedadgående delen av kjernetemperaturkurven når endringen, og varmetapet fra kroppen er maksimalt [35]. Dette indikerer en nær sammenheng mellom innsoving og varmetap fra kroppen.

Det måles også en lavere kjernetemperatur hos de som eksponeres for -2 °C på dagen, sammenlignet med tilsvarende eksponering i 23 °C. Dette kan ikke forklares med døgnrytmens påvirkning, men fordi de eksponeres for kulde over en periode på seks timer. Dette samsvarer med votering av termisk fornemmelse og komfort, hvor kroppen, og særlig hender og føtter føles kjøligere i -2 °C. Denne fornemmelsen blir tydeligere utover i forsøket. Wiggen et al. (2011) [36] fant også at kjernetemperaturen ble lavere i løpet av en to-timers testprotokoll med moderate kuldestress. Forfatterne konkluderte med at fallet i kjerntemperatur ikke var et resultat av nedkjøling, men en naturlig temperaturregulerende respons som følge av et varmestress i forkant av forsøket, og at kjernetemperaturen dermed returnerte til normalt nivå. I vår studie ser vi en effekt av omgivelsestemperatur på kjernetemperatur på dagtid, men ingen forskjell på natt. Kuldestresset i vår studie har redusert eller forsinket den naturlige økningen i kjernetemperatur utover dagen.

Hudtemperaturen viser en tydelig effekt av omgivelsestemperatur, hvor gjennomsnittlig hudtemperatur var 1-1,5 °C lavere i kulde. Endringen i hudtemperatur var også avhengig av om det var natt eller dag, som kan forklares med variasjonen i kjernetemperaturen. På kvelden er både kjerne- og hudtemperatur høyere i starten av forsøket, sammenlignet med på dagen. Når vi sammenligner dag og natt ved den samme omgivelsestemperaturen (dag-2 med natt-2) er det ingen forskjell i hudtemperatur sett hele eksponeringen under ett.

Bekledningen som forsøkspersonen benyttet under forsøket i kulde hadde betydelig mindre termisk isolasjon over lår og legger sammenlignet med overkroppen. I tillegg vil variasjonen mellom lett arbeid og det å sitte stille påvirke den aktuelle isolasjonen. Når en person sitter vil bekledningen bli komprimert mot låret som kan føre til 4-18 prosent redusert isolasjon [37]. Den totale bekledningsisolasjonen var likevel høy nok til å opprettholde en termisk komfort mellom nøytral og litt kjølig på kroppen.

I vår studie blir forsøkspersonene eksponert for en betydelig kuldebelastning, men på grunn av bekledningen og en kontrollert protokoll opplever ikke forsøkspersonene kritiske lave hudtemperaturer (under 10 °C). I en reell arbeidssituasjon er det sannsynlig at arbeiderne vil kunne oppleve hudtemperaturer under 10 °C, og dermed større utfordringer. Det er hovedsakelig ekstremitetene og eksponert hud som blir kald, og kjernetemperaturen blir påvirket i vesentlig mindre grad av lave omgivelsestemperaturer.

5.2 Kognitiv funksjon

Resultatene i vår studie viser at hverken døgnrytme eller omgivelsestemperatur har noen effekt på korttidshukommelse. Årsaken til at vi ikke ser noen effekt av omgivelsestemperatur på korttidshukommelse må sees i sammenheng med graden av termisk stress. I vår studie opplevde forsøkspersonene et realistisk termisk stress som vi ofte kan observere ute på ulike arbeidsplasser. Forsøkspersonene opplevde å bli litt ukomfortable og litt kjølig på kropp og hender. Føttene ble rapportert som kjølige under testen på dagtid i

kulde. I henhold til en review av Taylor et al. (2015) [38] er optimalisert bekledning den viktigste faktoren for å opprettholde kognitiv yteevne i kalde omgivelser, noe som er i tråd med funnene i vår studie.

Det ble heller ikke observert en effekt av hverken døgnrytme eller omgivelsestemperatur på hvordan reaksjonstiden utviklet seg i løpet av forsøket. Det ble derimot observert en effekt av døgnrytme på den gjennomsnittlige reaksjonstiden for hele forsøket mellom dag og natt i -2 °C. Tilsvarende effekt ble ikke observert i 23 °C, så det er grunn til å anta at kombinasjonen kulde og nattarbeid kan ha en negativ effekt på reaksjonstid. I en studie av 60 mannlige kontrollromoperatører hos en petrokjemi-aktør ble det påvist en nedsatt kognitiv yteevne ved slutten av både 12 timer nattskift og dagskift [39]. Studien viste også at kognitiv yteevne var mer redusert på natt sammenlignet med dag, og reaksjonstid var en av måleparameterne. Våre resultater støtter opp under denne studien, selv om vår studie bare varte i seks timer. Forsøkspersonene i studien til Kazemi et al. var alle kjent med nattarbeid, noe som resulterte i at de ikke rapporterte at de var like søvnige (5 på Karolinska søvnighetsskala) som i vår studie hvor forsøkspersonene ikke var vant til nattarbeid (7 på Karolinska søvnighetsskala).

Muller et al. (2012) [40] viste at flere kognitive funksjoner ble redusert allerede ved en omgivelsestemperatur på 10 °C, og at de reduserte funksjonene forble reduserte også utover i en oppvarmingsperiode. Den store forskjellen mellom denne og vår studie var bekledning, hvor Muller et al. kledde sine forsøkspersoner i kun shorts før de ble eksponert til en omgivelsestemperatur på 10 °C. Dette førte til en betydelig større reduksjon i gjennomsnittlig hudtemperatur og termisk komfort, sammenlignet med vår studie. Muller et al. (2012) [40] viste en gjennomsnittlig hudtemperatur på ca. 22-23 °C, og en termisk fornemmelse på kald. Muller et al. presiserer at de eksakte fysiologiske mekanismene som forklarer reduksjonen i kognitiv yteevne ved akutt kuldeeksponering er uklare, men foreslår en mulig teori at de akutte tilpasningene i blodårene i hjernen som følge av kuldeeksponering kan føre til kognitiv dysfunksjon. Vasokonstriksjon er påvist i flere deler av sirkulasjonssystemet som følge av kuldeeksponering, men den spesifikke sammenhengen mellom nedkjøling av hud og effekten på hjernen er fortsatt uklar [40]. Tilstrekkelig bekledning vil begrense den akutte effekten av kuldeeksponering og dermed redusere risikoen for nedsatt kognitiv yteevne til et minimum.

5.3 Søvnighet

Søvnigheten påvirkes av de to natteksponeringene og øker gradvis utover natta. Vår studie simulerer første natt på skiftet, og det har ikke vært noen tilpassing til nattarbeidet. Under virkelige arbeidsforhold vil døgnrytmen gradvis tilpasse seg den nye arbeidssituasjonen. I en studie utført ved SINTEF Helse i 2010 ble denne tilpassingen dokumentert over sju dager på 12 timers skift [17]. Denne studien ble gjort på supplyfartøyer i Nordsjøen hvor fartøysbevegelser, støy og vibrasjon også spiller en rolle, og antakeligvis reduserer evnen for tilpasning. I studier på plattformer i Nordsjøen [41, 42] ble det observert tilsvarende tilpasninger til 12 timers skiftarbeid.

5.4 Kortisol

Kortisolnivået målt i spytt viser et signifikant høyere nivå målt på dagtid (kl. 12:00) enn på natt (kl. 04:00), men ingen effekt av omgivelsestemperatur ble funnet. Døgnvariasjoner i kortisolnivå, som vist i denne studien, er vel dokumentert i litteraturen, og viser at nivået av kortisol i blodet (både i urin og spytt) vanligvis stiger og synker i takt med døgnrytmen. Kortisolnivået er høyest når man våkner, ca. kl. 08:00. Verdien synker deretter noe, og holder seg relativt stabile utover dagen. Om kvelden synker verdien og når minimum rundt midnatt [10]. Dette mønsteret kan imidlertid forandre seg hvis en person jobber

uregelmessige skift (f.eks. nattskift) og sover til ulike tider på døgnet. Deltakerne i vår studie var rekruttert fra en vanlig populasjon, og var før studien informert om å sove så normalt som mulig. Kortisolnivået hos deltakerne vil vi derfor anta fulgte en normal døgnvariasjon for dette hormonet.

Kortisol utskilles som respons på ulike stressfylte situasjoner, og effekter av kort-tids kuldeeksponering i luft er studert med motstridende resultat. I vår studie ble det ikke funnet noen effekt av omgivelsestemperatur på kortisol. Dette samsvarer med konklusjonen i en studie av Granberg (1995) [43] som viste at kuldepåvirkning i seg selv ikke gir økt kortisolutskillelse. Andre studier har imidlertid funnet økt kortisolutskillelse. En to-timers eksponering til kulde (5-15 °C) økte kortisolnivå [44], og dersom fysisk stress og kald dusj ble brukt i tillegg, økte nivået ytterligere [45]. Noen studier har også vist redusert [46] eller uforandret kortisolnivå [47] som respons på kulde. I vår studie var deltakerne kledd i varme vinterklær under hele under forsøket, og voterte seg selv som komfortable til litt kjølig gjennom hele testperioden både dag- og natt i kulde. Dette viser at kuldeeksponeringen i seg selv ikke var stor nok til at det ga utslag på kortisolutskillelsen.

Flere andre faktorer kan også påvirke utskillelsen av kortisol. Det er vist at både psykiske og fysiske påkjenninger under arktiske forhold kan forventes å aktivere kroppens svar på stress, som kan gi økt utskilling av kortisol. Under en strabasiøs tur med hundespenn i arktisk strøk ble det påvist forhøyet nivå av kortisol, sannsynligvis som følge av økt psykisk belastning [48]. Andre ekspedisjonsstudier fant imidlertid ingen økte kortisolverdier [49, 50]. I vår studie var den eneste fysiske anstrengelsen lett gange på tredemølle seks ganger seks minutter i løpet av forsøket. Hverken de kognitive testene eller det fysiske arbeidet vurderes som store stressfaktorer, og de ble gjennomført på identisk måte under alle forsøkene.

6 Konklusjon

Effekten av døgnrytme og omgivelsestemperatur har ingen effekt på korttidshukommelse ved bruk av tilstrekkelig vinterbekledning. Det ble funnet en effekt av døgnrytme på reaksjonstid, med redusert prestasjon på natt sammenlignet med dag i -2 °C. Denne døgneffekten ble ikke observert i 23 °C. Kombinasjonen kulde og nattarbeid kan derfor føre til økt risiko for nedsatt reaksjonstid.

7 Begrensninger

Den aktuelle laboratoriestudien har begrensninger i forhold til den direkte overførbarheten, da offshorearbeidere er eksponert for et langt mer variert arbeidsmønster enn vi har klart å reprodusere i denne studien. Dette gjelder spesielt skiftende arbeidsområder, arbeidsoppgaver og generell eksponering for ytre påvirkninger som lys, temperatur, fuktighet mm.

I vår studie simulerte vi første natt på ett skift, der forsøkspersonene ikke har vært gjennom noen tilpasning av døgnrytmen. Studien må dermed betraktes som et "worst case scenario" med tanke på døgnrytme-tilpassing, og bør tas hensyn til dette når man vurderer resultatene når det gjelder et virkelig scenario.

8 Praktisk betydning og fremtidige perspektiver

Studien setter fokus på de arbeidsforhold oljearbeidere i nordområdene vil bli utsatt for, dvs. nattarbeid og kuldeeksponering. Den reduserte kognitive prestasjon på natta bør tas i betraktning under planleggingen av arbeidsoppgavene, da det er vanskelig, hvis ikke umulig, å unngå påvirkning av døgnrytmen på natta. En tilpassing av døgnrytmen begynner fra første natt på skiftet, men tilpassingen skjer gradvis, og skjer først etter minimum fire til fem dager på nattskiftet. I det omfang det er mulig bør de første dagene på skiftet tilrettelegges slik at arbeidsoppgavene ikke krever stor kognitiv yteevne, f.eks. arbeidsoppgaver med stort detaljnivå og raske beslutninger.

Oljevirkosomheten på den norske kontinentalsokkelen har særdeles god sikkerhetsstatistikk, og skiftarbeid har vært en del av arbeidslivet i Nordsjøen siden bransjen etablerte seg. Redusert kognitiv yteevne kan forekomme i mange sammenhenger, men det fører ikke nødvendigvis til en farlig situasjon. Likevel er det dokumentert at det er en sammenheng mellom redusert kognitiv yteevne og ulykker på arbeidsplassen [2, 51-53].

Den praktiske anbefalingen av funnene våre er at tilstrekkelig bekledning er en av de viktigste tiltakene mot nedkjøling både natt og dag. Bekledning som tillater god bevegelsesfrihet og komfort er viktig for funksjonaliteten. Selv om forsøkspersonene i vår studie måtte ha hansker på under hele forsøket (unntatt når de ble testet med iPad), krever flere vedlikeholdsoppgaver på en plattform finmotoriske egenskaper. Det er derfor en fordel om hanskene kan beholdes på under alle oppgaver når de er ute i prosessområdene for vedlikeholdsoppgaver. Hanskene må tillate en høy grad av finmotorikk, men samtidig ha optimale isolerende egenskaper og kunne brukes under alle forhold.

Det har vært forsket mye på forebyggende tiltak mot trøtthet og fatigue hos nattarbeidere. Det er dokumentert en positiv effekt av koffeininntak [54, 55], fysisk aktivitet [56, 57], lyseksponering [58, 59], powernaps (mindre søvnepisoder av opptil ti minutters varighet) [60, 61] og intelligent planlegging av matinntak i forhold til tidspunkt for servering og ernæringsmessig sammensetning [62]. Dette bør prioriteres også fremover, da det er enkle løsninger som lett kan implementeres. Medisinering med melatonin har også vist positive effekter [63-65], men kan ikke anbefales med mindre det overvåkes av medisinsk personell.

Som en oppfølging til dette laboratoriestudiet, vil det være naturlig med en fremtidig studie under realistiske forhold, f.eks. på en plattform i nordområdene. Her vil man med autonome personbårne loggemetoder som støymåler, lysmåler, temperaturmåler, aktivitetsmåler etc. kunne observere forsøkspersonene i deres naturlige arbeidsmiljø over lengre perioder.

9 Referanser

1. Imo, *GUIDANCE ON FATIGUE MITIGATION AND MANAGEMENT*. 2014: London. p. 103-103.
2. Simpson, S.A., et al., *Minor injuries, cognitive failures and accidents at work: incidence and associated features*. *Occup Med (Lond)*, 2005. **55**(2): p. 99-108.
3. Parsons, K.C., *Human thermal environments : the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance*. 2003: Taylor & Francis. 527-527.
4. Pilcher, J.J., E. Nadler, and C. Busch, *Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review*. *Ergonomics*, 2002. **45**(10): p. 682-698.
5. Hancock, P.A., J.M. Ross, and J.L. Szalma, *A Meta-Analysis of Performance Response Under Thermal Stressors*. *Human Factors*, 2007. **49**(5): p. 851-877.
6. Kleitman, N., S. Titelbaum, and P. Feiveson, *THE EFFECT OF BODY TEMPERATURE ON REACTION TIME*. *American Journal of Physiology -- Legacy Content*, 1938. **121**(2).
7. Vaughan, W.S., *Distraction effect of cold water on performance of higher-order tasks*. *Undersea biomedical research*, 1977. **4**(2): p. 103-16.
8. Noroozi, A., et al., *Effects of Cold Environments on Human Reliability Assessment in Offshore Oil and Gas Facilities*. *Human Factors*, 2014. **56**(5): p. 825-839.
9. Kräuchi, K., *How is the circadian rhythm of core body temperature regulated? Clinical autonomic research : official journal of the Clinical Autonomic Research Society*, 2002. **12**(3): p. 147-9.
10. Turek, F.W. and P.C. Zee, *Lung biology in health and disease. Vol. 133, Regulation of sleep and circadian rhythms*. 1999: M. Dekker. 724-724.
11. Hidalgo, V., et al., *Memory performance is related to the cortisol awakening response in older people, but not to the diurnal cortisol slope*. *Psychoneuroendocrinology*, 2016. **71**: p. 136-146.
12. Pulopulos, M.M., et al., *Cortisol awakening response and cognitive performance in hypertensive and normotensive older people*. *Hormones and Behavior*, 2016. **83**: p. 75-82.
13. Pääkkönen, T. and J. Leppäluoto, *Cold exposure and hormonal secretion: A review*. *International Journal of Circumpolar Health* (ISSN Online) Journal Tiina Pääkkönen & Juhani Leppäluoto *International Journal of Circumpolar Health*, 2002. **61**: p. 2242-39823.
14. Akerstedt, T., *Shift work and disturbed sleep/wakefulness*. *Occupational medicine (Oxford, England)*, 2003. **53**(2): p. 89-94.
15. Davey, C.P., *Physical Exertion and Mental Performance*. *Ergonomics*, 1973. **16**(5): p. 595-599.
16. Gillberg, M. and T. Akerstedt, *Sleep loss and performance: no "safe" duration of a monotonous task*. *Physiology & behavior*, 1998. **64**(5): p. 599-604.
17. Hansen, J.H., I.H. Geving, and R.E. Reinertsen, *Adaptation rate of 6-sulfatoxymelatonin and cognitive performance in offshore fleet shift workers: a field study*. *International archives of occupational and environmental health*, 2010. **83**(6): p. 607-15.
18. Santhi, N., et al., *Acute sleep deprivation and circadian misalignment associated with transition onto the first night of work impairs visual selective attention*. *PLoS ONE*, 2007.
19. Akerstedt, T. and P.M. Nilsson, *Sleep as restitution: an introduction*. *Journal of internal medicine*, 2003. **254**(1): p. 6-12.
20. Folkard, S. and T. Akerstedt, *Trends in the risk of accidents and injuries and their implications for models of fatigue and performance*. *Aviation, space, and environmental medicine*, 2004. **75**(3 Suppl): p. A161-7.
21. Folkard, S. and P. Tucker, *Shift work, safety and productivity*. *Occupational medicine (Oxford, England)*, 2003. **53**(2): p. 95-101.
22. Akerstedt, T., *Altered sleep/wake patterns and mental performance*. *Physiology & behavior*, 2007. **90**(2-3): p. 209-18.

23. Akerstedt, T., G. Kecklund, and M. Gillberg, *Sleep and sleepiness in relation to stress and displaced work hours*. *Physiology & behavior*, 2007. **92**(1-2): p. 250-5.
24. Skinner, S.K., et al., *The Exxon Valdez oil spill : a report to the President*. 1989: For sale by the Supt. of Docs.
25. *Nasjonal diabetesplan 2017-2021*, H.-o. omsorgsdepartementet, Editor. 2017.
26. Mitler, M.M., et al., *Catastrophes, sleep, and public policy: consensus report*. *Sleep*, 1988. **11**(1): p. 100-9.
27. Durnin, J.V.G.A. and J. Womersley, *Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 Years Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness : measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years*. *British Journal of Nutrition* *British Journal of Nutrition*, 1974. **32**(32): p. 77-97.
28. Ramanathan, N.L., *A new weighting system for mean surface temperature of the human body*. *Journal of Applied Physiology*, 1964. **19**(3).
29. Nielsen, R., D.C.E. Gavhed, and H. Nilsson, *Thermal function of a clothing ensemble during work: dependency on inner clothing layer fit*. *Ergonomics*, 1989. **32**(12): p. 1581-1594.
30. Akerstedt, T. and M. Gillberg, *Subjective and objective sleepiness in the active individual*. *The International journal of neuroscience*, 1990. **52**(1-2): p. 29-37.
31. Benloucif, S., et al., *Measuring melatonin in humans*. *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 2008. **4**(1): p. 66-9.
32. Weibel, L., et al., *Twenty-four-hour melatonin and core body temperature rhythms: their adaptation in night workers*. *The American journal of physiology*, 1997. **272**(3 Pt 2): p. R948-54.
33. Wright, K.P., J.T. Hull, and C.A. Czeisler, *Relationship between alertness, performance, and body temperature in humans*. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2002. **283**(6).
34. Wyatt, J.K., et al., *Circadian temperature and melatonin rhythms, sleep, and neurobehavioral function in humans living on a 20-h day*. *The American journal of physiology*, 1999. **277**(4 Pt 2): p. R1152-63.
35. Krauchi, K., et al., *Functional link between distal vasodilation and sleep-onset latency? Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2000. **278**(3): p. R741-8.
36. Wiggen, O.N., et al., *Effect of cold conditions on manual performance while wearing petroleum industry protective clothing*. *Ind Health*, 2011. **49**(4): p. 443-51.
37. Havenith, G. and H. van Middendorp, *The relative influence of physical fitness, acclimatization state, anthropometric measures and gender on individual reactions to heat stress*. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1990. **61**(5-6): p. 419-27.
38. Taylor, L., et al., *The Impact of Different Environmental Conditions on Cognitive Function: A Focused Review*. *Front Physiol*, 2015. **6**: p. 372.
39. Kazemi, R., et al., *Effects of Shift Work on Cognitive Performance, Sleep Quality, and Sleepiness among Petrochemical Control Room Operators*. *J Circadian Rhythms*, 2016. **14**: p. 1.
40. Muller, M.D., et al., *Acute cold exposure and cognitive function: evidence for sustained impairment*. *Ergonomics*, 2012. **55**(7): p. 792-8.
41. Gibbs, M., et al., *Adaptation of the circadian rhythm of 6-sulphatoxymelatonin to a shift schedule of seven nights followed by seven days in offshore oil installation workers*. *Neuroscience letters*, 2002. **325**(2): p. 91-4.
42. Gibbs, M., et al., *Predicting circadian response to abrupt phase shift: 6-sulphatoxymelatonin rhythms in rotating shift workers offshore*. *Journal of biological rhythms*, 2007. **22**(4): p. 368-70.
43. Granberg, P.O., *Human endocrine responses to the cold*. *Arctic Med Res*, 1995. **54**(2): p. 91-103.

44. Wagner, J.A., et al., *Comparisons of blood and urinary responses to cold exposures in young and older men and women*. J Gerontol, 1987. **42**(2): p. 173-9.
45. Tikuisis, P., et al., *Physiological responses of exercised-fatigued individuals exposed to wet-cold conditions*. J Appl Physiol (1985), 1999. **86**(4): p. 1319-28.
46. Wittert, G.A., et al., *Vasopressin, corticotrophin-releasing factor, and pituitary adrenal responses to acute cold stress in normal humans*. J Clin Endocrinol Metab, 1992. **75**(3): p. 750-5.
47. Gerra, G., et al., *Sex-related responses of beta-endorphin, ACTH, GH and PRL to cold exposure in humans*. Acta Endocrinol (Copenh), 1992. **126**(1): p. 24-8.
48. Steine, K., et al., *[Increased cortisol levels, frostbite and effects on the muscles and skeleton during extreme polar conditions]*. Tidsskr Nor Laegeforen, 2003. **123**(24): p. 3529-32.
49. Bishop, S.L., L.C. Grobler, and O. Schjoll, *Relationship of psychological and physiological parameters during an Arctic ski expedition*. Acta Astronaut, 2001. **49**(3-10): p. 261-70.
50. Muller, H.K., et al., *Immune responses during an Antarctic summer*. Pathology, 1995. **27**(2): p. 186-90.
51. Haavisto, M.-L., et al., *Sleep restriction for the duration of a work week impairs multitasking performance*. Journal of sleep research, 2010. **19**(3): p. 444-54.
52. Larson, G.E., et al., *Further evidence on dimensionality and correlates of the Cognitive Failures Questionnaire*. British Journal of Psychology, 1997. **88**(1): p. 29-38.
53. Virtanen, M., et al., *Long working hours and cognitive function: the Whitehall II Study*. American journal of epidemiology, 2009. **169**(5): p. 596-605.
54. Jay, S.M., et al., *The suitability of a caffeinated energy drink for night-shift workers*. Physiology & behavior, 2006. **87**(5): p. 925-31.
55. Schweitzer, P.K., et al., *Laboratory and field studies of naps and caffeine as practical countermeasures for sleep-wake problems associated with night work*. Sleep, 2006. **29**(1): p. 39-50.
56. Atkinson, G., et al., *Exercise as a synchroniser of human circadian rhythms: an update and discussion of the methodological problems*. European journal of applied physiology, 2007. **99**(4): p. 331-41.
57. Van Reeth, O., et al., *Nocturnal exercise phase delays circadian rhythms of melatonin and thyrotropin secretion in normal men*. The American journal of physiology, 1994. **266**(6 Pt 1): p. E964-74.
58. Bjorvatn, B., G. Kecklund, and T. Akerstedt, *Bright light treatment used for adaptation to night work and re-adaptation back to day life. A field study at an oil platform in the North Sea*. Journal of sleep research, 1999. **8**(2): p. 105-12.
59. Morgenthaler, T.I., et al., *Practice parameters for the clinical evaluation and treatment of circadian rhythm sleep disorders. An American Academy of Sleep Medicine report*. Sleep, 2007. **30**(11): p. 1445-59.
60. Bonnefond, A., et al., *Innovative working schedule: introducing one short nap during the night shift*. Ergonomics, 2001. **44**(10): p. 937-45.
61. Purnell, M.T., A.M. Feyer, and G.P. Herbison, *The impact of a nap opportunity during the night shift on the performance and alertness of 12-h shift workers*. Journal of sleep research, 2002. **11**(3): p. 219-27.
62. Feillet, C.A., U. Albrecht, and E. Challet, *"Feeding time" for the brain: a matter of clocks*. Journal of physiology, Paris, 2006. **100**(5-6): p. 252-60.
63. Arendt, J., *Melatonin, circadian rhythms, and sleep*. The New England journal of medicine, 2000. **343**(15): p. 1114-6.
64. Cagnacci, A., J.A. Elliott, and S.S. Yen, *Melatonin: a major regulator of the circadian rhythm of core temperature in humans*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 1992. **75**(2): p. 447-452.
65. Lewy, A.J., et al., *Melatonin shifts human circadian rhythms according to a phase-response curve*. Chronobiology international, 1992. **9**(5): p. 380-92.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no