

SINTEF 27407 - Åpen

Rapport

SARiNOR WP4/5

Overlevelse i kaldt klima Appendix C

Forfatter:

Hilde Færevik



SINTEF Teknologi og samfunn

Postadresse:

Postboks 4760 Sluppen

7465 Trondheim

Sentralbord: 73593000

Telefaks: 93070500

ts@sintef.no

Rapport

SARiNOR WP4/5 Overlevelse i kaldt klima Appendix C

EMNEORD:

Emneord

VERSJON

V1

DATO

2016-01-25

FORFATTER(E)

Hilde Færevik

OPPDRAGSGIVER(E)

Martimt Forum Nord AS

OPPDRAGSGIVERS REF.

Tor Husjord

PROSJEKTNR

102011982

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

44 + 1 vedlegg

SAMMENDRAG

Målet med denne rapporten har vært å gjennomføre et litteraturstudie som skal gi kunnskapsstatus på hypotermi og andre kulde relaterte lidelser/skader og hvordan dette kan forhindres/begrenses ved bruk av personlig redningsutstyr (redningsvest, rednings-, overlevelsesdrakter og annen termisk beskyttelse) eller andre forebyggende tiltak i et SARiNOR perspektiv. Rapporten har vurdert overlevelse og ulike hypotermiforebyggende tiltak i forhold til menneskets fysiologiske begrensinger i kaldt klima. Overlevelse i kaldt klima vil være svært avhengig av om personen eksponeres for sjø, land eller is, om de har på seg en redningsvest, -drakt eller annen beskyttelse mot kulde (bekledning, annen termisk beskyttelse) og om de evakueres til livbåt eller flåte. Litteraturstudiet i samråd med arbeidsmøter og kommunikasjon med aktører gir grunnlag for identifisering av gap i forhold til krav i IMO polarkoden og rapporten gir en oversikt over anbefalinger/tiltak som er beskrevet i hovedrapporten. Anbefalinger og tiltak som kan bidra til å redusere og/eller unngå hypotermi og andre kulderelaterte lidelser/skader i et storulykkescenario.

UTARBEIDET AV

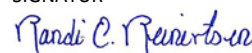
Hilde Færevik, Seniorforsker

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

Mariann Sandsund, Forskningsleder

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Randi Eidsmo Reinertsen, Forskningsjef

SIGNATUR**RAPPORTNR**

SINTEF 27407

ISBN

978-82-14-05996-0

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
V1	2015-12-18	Overlevelse i kaldt klima v1

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
2	Metode og fremgangsmåte	5
3	Leveranser	6
4	Hypotermi og andre kulde relaterte lidelser/skader	7
5	Faktorer som påvirker overlevelse i kaldt klima	9
5.1	Individuelle faktorer.....	10
5.2	Eksposering til kald luft eller kaldt vann.....	13
5.3	Ernæring og væske.....	19
6	Forebygging av hypotermi og skadde i felt – prehospital isolasjonshåndtering	22
7	Personlig redningsutstyr	25
7.1	Overlevelsesdrakter	26
7.2	Thermal Protective Aids.....	27
7.3	Space Blankets	28
8	Overlevelse i flåte eller livbåt	29
9	Personlig- og gruppeoverlevelsesutstyr ved evakuering til is/land	31
10	Identifiserte gap	34
11	Anbefalinger og tiltak	37
12	Videre forskning og utvikling	40
13	Litteraturliste	41

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1 Presentasjon SARiNOR workshop Bodø 29-30 september

1 Innledning

Utfordringene ved overlevelse i kaldt klima i et SARiNOR perspektiv er først og fremst knyttet til tøffe værforhold, men også kommunikasjonsutfordringer, upålitelige meteorologiske data, for dårlig redningsutstyr og mangel på infrastruktur. Evakuering og redningsoperasjoner varer lenger på grunn av lange avstander, tøffere værforhold og vil derfor stille strengere krav til redningsutstyr, tid til redning og overlevelse.

I gap analysen i arbeidspakke en i SARiNOR ble det identifisert et behov for mer kompetanse om menneskets fysiologiske begrensninger for overlevelse i kaldt klima og hvordan dette vil påvirke overlevelsestid. Selv om mye informasjon finnes i rapporter fra ulykkes granskning og erfaring fra polare ekspedisjoner, er dette i liten grad kvantitativt. Kunnskap fra kvantitative studier på menneskets fysiologiske responser og begrensninger i kulde baserer seg i stor grad at unge friske mennesker eksponeres for kulde under kontrollerte forhold i et klimakammer eller basseng. Dataene fra slike studier anvendes for å utvikle avanserte matematiske modeller for beregning av overlevelsestid under ulike dimensjonerende forhold (Tikuiss and Keefe, 2005). US Coast Guard og Canada bruker slike modeller i sine søk og redningsoperasjoner. Dimensjonerende faktorer for overlevelse i kaldt klima er blant annet avhengig av om personen eksponeres for sjø, land eller is, om de har på seg en redningsvest, -drakt eller annen beskyttelse mot kulde (bekledning, annen termisk beskyttelse) og om de evakueres til flåte eller livbåt. Overlevelse i kaldt klima vil være svært avhengig av hvilket scenario det er snakk om og antallet mennesker som skal reddes. I arbeidet med denne arbeidspakken i SARiNOR har fokuset vært på storulykkeperspektivet med cruiseskip med flere hundre passasjerer.

Målet med dette litteraturstudiet er å gi en kort kunnskapsstatus på hypotermi og andre kulde relaterte lidelser/skader og hvordan dette kan forhindres/begrenses ved bruk av personlig redningsutstyr (redningsvest, rednings-, overlevelsesdrakter og annen termisk beskyttelse) eller andre forebyggende tiltak i et SARiNOR perspektiv. Studiet har hatt fokus på menneskets fysiologiske begrensninger i kaldt klima og vurdert funn i litteraturen i forhold til IMO Polarkoden som setter krav til fem døgns overlevelse. Er dette realistisk under de tøffe forhold man kan forvente i Arktis? Rapporten tar ikke for seg akuttmedisinsk behandling som krever medisinsk personell, avansert utstyr eller telemedisinske løsninger da dette er dekket i Appendix D og E, men har vurdert hypotermiforebyggende tiltak.

Litteraturgjennomgangen, arbeidsmøter og kommunikasjon med aktører som har erfaring på området danner grunnlaget for identifisering av gap i forhold til krav i IMO Polarkoden og oversikt over anbefalinger/tiltak som er beskrevet i hovedrapporten.

2 Metode og fremgangsmåte

Arbeidet er basert på et litteratursøk og dokumentanalyse, samt at resultater fra workshop og anbefalingene i tidligere SARiNOR arbeidspakker er vurdert som grunnlag for å beskrive kunnskapsstatus.

Litteratursøket ble gjennomført i relevante databaser (PubMed/Medline, Google Scholar) med relevante søkestrenger (for eksempel: "arctic", "hypothermia", "accidental hypothermia", "shivering", "survival",

"cold climate", "cold related illnesses", "rewarming", "frostbite", "frostbite management", "prehospital frostbite treatment", "survival in cold water", "survival in cold air", "thermal protective aid", "immersion suits", "liferaft", "lifecraft", "arctic survival kit", "liquids", "nutrition", "maritime", "offshore and shipping", "escape", "evacuation", "search and rescue", "arctic", "extreme weather", "accidents and emergency" ect). Søkestrengene ble kombinert med "AND" eller "OR" for en bedre søkestrategi. Artikkene ble selektert ved å gå gjennom titlene, nøkkelord og abstrakt for å selektere artikler. Kun peer-reviewed randomiserte kontrollerte studier, observasjonsstudier og case- rapporter knyttet til vurdering og behandling av utilsiktet hypotermi og andre kulde relaterte lidelser og skader ble vurdert som relevante. Søket ble gjort på engelsk, deretter oversatt til norsk i rapporten. Studiene som ble inkludert skulle ha en relevans i forhold til tema for SARiNOR for å bli inkludert i rapporten.

Førende dokumenter

- DNVs gapanalyse SARiNOR og arbeidspakke 1-3 SARiNOR
- IMO MEPC 68/6/2 (2015) Draft International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code)
- IAMSAR MANUAL VOL II (2013) International and aeronautical and maritime search and rescue manual
- IMO MSC/Circ 1185a Guide to Cold Water Survival (2012)
- IMO MSC/Circ 1056 Guidelines for Ships Operating in Arctic Ice- Covered Waters (2002)

3 Leveranser

Litteraturoversikt på hypotermi og andre kulde relaterte lidelser/skader, overlevelse i kaldt klima, personlig redningsutstyr og annet overlevelsesutstyr (vedlegg til hovedrapport).

Rapporten gir sammen med kommunikasjon med eksperter på fagområdet og arbeidsmøter grunnlag for å identifisere gap i forhold til krav i IMO Polarkoden og komme med anbefalinger/tiltak for (innspill til hovedrapport):

- Hvordan hypotermi og andre kulde relaterte lidelser/skader best kan unngås i et storulykke scenario i Arktis
- Maritimt redningsutstyr eller andre hjelpemidler som kan forlenge overlevelsesperioden (beskrevet i APPENDIX F)

Rapporten gir også forslag til videre forsknings og utviklingsarbeid.

4 Hypotermi og andre kulde relaterte lidelser/skader

Hypotermi

Hypotermi er definert som en tilstand hvor den dype kroppstemperaturen synker under 35 °C. Vi skiller mellom aksidentell hypotermi (ulykke) og induisert hypotermi (klinikken). I kalde omgivelser, uten tilstrekkelig bekleddning og beskyttelse og med et lavt aktivitetsnivå, vil ikke kroppen klare å opprettholde varmebalansen, og dyp kjernetemperaturen vil falle (Golden and Tipton, 2002). Den mest alvorlige situasjonen er når folk er nedsenket i kaldt vann, som har en termisk ledesevne omkring 25 ganger så stor som luft. Eksponering til vann vil være høyst sannsynlig i et ulykkes scenario med et cruiseskip i nordområdene. Hypotermi er vanligvis delt inn i tre forskjellige typer i henhold til graden av kroppsnedkjøling; mild (kroppstemperatur på 34-35 °C), moderat (kroppstemperatur på 30-34 °C) og dyp (kroppstemperatur <30 °C) (Færevik, 2000). Mild hypotermi er kjennetegnet ved forandringer i blodårenes perifere motstand som skyldes vasokonstriksjon, økt skjelving og hjertefrekvens (Lexow, 1989). Skjelving er normalt mest intens ved 35 °C, og bidrar med tre til fem ganger økning i varmeproduksjonen. I denne situasjonen er forulykkede vanligvis bevisst og responsiv. Perifer vasokonstriksjon fører til en økning i det sentrale blodvolumet, som kan føre til kuldeindusert diurese (Ganong, 1997). Ved moderat hypotermi vil skjelving og varmeproduksjonen gradvis avta, grad av bevissthet reduseres, muskelstivhet øker med det resultat at muskulær koordinasjon er svekket (Bristow, 1984). Risikoen for hjertearytmier og ventrikkelflimmer øker ved kroppstemperatur under 32 °C. Dyp hypotermi er en livstruende tilstand der pasienten vanligvis er bevisstløs, huden er blek, pupillene er utvidet og reagerer ikke på lys. Ved 18-20 °C slutter vanligvis hjertet å slå. Respirasjon og puls er vanskelig å registrere ved en kjernetemperatur under 20 °C, og det er umulig å måle blodtrykket. På grunn av en reduksjon i metabolsk rate er oksygenbehovet i hjernen sterkt redusert, noe som innebærer at hypotermi i noen tilfeller kan gi beskyttelse mot hypoksi. Eldre, barn og traumepasienter er spesielt utsatt for hypotermi (Martin et al., 2005). Hypotermi regnes av mange som den mest kompliserende faktoren når det gjelder behandling av pasienter i et akuttmedisinsk perspektiv (Karlsen et al., 2013). Sjøsyke, dehydrering, psykologisk tilstand og sykdomstilstander øker risikoen og påvirker nedkjølingshastighet og utvikling av hypotermi (Mekjavic et al., 2001).

Anbefaling:

- Isolasjonshåndtering av nedkjølte pasienter så fort som mulig (se kap 6)
- Sjøsyketabletter tilgjengelig i maritimt redningsmateriell

Kulderelaterte lidelser

Ulike sykdomstilstander vil predisponere for utvikling av hypotermi og kuldeskader. Med kulderelaterte lidelser menes ulike sykdommer som ofte kan oppstå i kalde omgivelser (respiratoriske, metabolske og kardiovaskulære sykdommer). Befolkningsstudier har vist at ca 4 % av befolkningen opplever symptomer som arytmier og brystmerter i forbindelse med eksponering til kulde (Raatikka et al., 2007). Dødsfall som en følge av hjerteinfarkt eller koronar hjertesykdom forekommer oftere i løpet av vinteren (Mercer, 2003) (Näyhä, 2005). Eksponering til kaldt vann kan føre til et plutselig forhøyet blodtrykk (Emmett, 1995, Korhonen, 2006) og utgjør en risikofaktor for uønskede kardiovaskulære hendelser (Mitchell et al., 2002). Diabetes kan føre til en redusert evne til varmekonservering gjennom vasokonstriksjon (Stansberry et al.,

1997), og personer med denne lidelsen vil være spesielt utsatt i en ulykkesituasjon. Personer med luftveissykdommer (astma, kronisk obstruktiv lungesykdom - kols) kan oppleve en forverret tilstand og mer symptomer i kulde (Makinen et al., 2009b). Personer med Raynauds syndrom eller andre perifere sirkulatoriske lidelser vil også være spesielt utsatt (Raatikka et al., 2007). Personer som ikke er vant med kulde vil antagelig være mer bekymret og engstelig ved opplevelsen av å bli svært kald, dette gjør dem til en mer utsatt gruppe enn de som har opplevd dette før. Psykologiske faktorer har også vist seg å være viktig ved overlevelse i kaldt vann (Keatinge, 1969). Sykdomstilstander som kan oppstå i flåte/livbåt; sjøsyke som vil påvirke temperaturregulering og føre til en raskere utvikling av hypotermi (Nobel et al., 2006), osmotisk diare på grunn av at det svelges saltvann, blodpropp ved langvarig sittende posisjon (Golden and Tipton, 2002). ISO 12894 "Ergonomics of the thermal environment — Medical supervision of individuals exposed to extreme hot or cold environments" beskriver kulderelaterte sykdommer og anbefalinger for hvordan dette skal håndteres.

Anbefaling:

- Spesielle grupper (f.eks. diabetikere, hjertepasienter, personer med hudsykdommer eller med tidligere frostskafer) på bør få særlig råd om riktig beskyttelse i kulde
- Innføre helsekrav for cruisepassasjerer i arktiske farvann /kartlegge medisinsk tilstand og medikamentbruk blant passasjerer
- Opplæring og informasjon som sikrer at cruisepassasjerer er fysisk og mentalt i stand til å takle en nødsituasjon i Arktis

Kuldeskader

Kuldeskader kan oppstå i kontakt med kalde overflater eller ved eksponering av naken hud i lave temperaturer og kald vind. Det vil være en stor risiko for utvikling av kuldeskader ved en storulykke i nordområdene. Graden av kuldeskader vil være avhengig av temperatur og vind, varigheten av eksponeringen og individuelle faktorer. Eksponerte hudområder som nese, kinn og fingre vil være spesielt utsatt. Det tar 20 minutter å utvikle lette kuldeskader ved $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ og 32 km/h vind, mens det i $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ og 32 km/h vind kun tar 1,5 minutt (Tikuisis et al., 2007). Vi skiller mellom forfrysninger som er overflatiske og mer alvorlige kuldeskader. Forfrysninger er nedkjøling av hud og overflattisk vev (ører, nese, kinn), som ikke påvirker det underliggende vevet. Symptomer er stikkende smerte og hvit hud. Hvis ikke videre nedkjøling forhindres kan mer alvorlige kuldeskader utvikles, som innebærer nedkjøling av dypere, så vel som overflattisk vev. Kuldeskader utvikles når det er minusgrader i underliggende vev (ca ved en hudtemperatur på $-4.8\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Danielsson, 1996). Kuldeskader er mer alvorlig enn forfrysninger og de ulike nivåene av vevsskade klassifiseres fra første til tredje grad. Eksponering til kaldt vann vil fremskynde utviklingen av forfrysninger og kuldeskader. Kuldeskader kan også oppstå når det ikke er minusgrader, men som et resultat av langvarig eksponering forbundet med våte forhold. De vanligste skader er skyttergravs fot og neglesprett (Ikaheimo and Hassi, 2011). Det viktigste er å forhindre videre nedkjøling ved å komme seg i le for vinden og beskytte bar hud. Lette forfrysninger kan bli behandlet ved bruk av kroppsvarme, f.eks. fra en varm hånd på det berørte området, men ikke gni. Varme drikker, mer klær, bevegelse og beskyttelse av bar hud er viktigst. Mer alvorlige kuldeskader krever medisinsk behandling. Det er viktig at eldre og personer med kroniske lidelser som vil være mest utsatt ved eksponering til kulde ivaretas først. ISO 13732-3 beskriver risiko for kuldeskader ved kontakt med kalde flater.

Anbefaling:

- Sørge for isolasjonshåndtering og vindbeskyttelse så langt som det er praktisk mulig, og jevnlig kontroll av hud, føtter og hender. Ta på mer klær, bevegelse og beskyttelse av bar hud (e.g. Balaklava). Unngå eksponering til vann og kontakt med kalde flater

Manuell og kognitiv ytelse

Eksponering til kulde vil innebære utfordringer relatert til nedsatt funksjon som vil inntreffe lenge før kuldeskader utvikles og under langt mer moderate temperaturforhold (Shitzer and Tikuisis, 2012). Faren for å utføre feilhandlinger øker når temperaturen synker og dette er oftest relatert til nedsatt manuell yteevne eller kognitiv funksjon (Ramsey et al., 1983). Dette vil være av stor viktighet i et ulykkescenario i nordområdene der det vil det være snakk om å kunne hjelpe seg selv og andre med oppgaver som er nødvendig for overlevelse. Begrepet **funksjonell overlevelsestid** innebærer den tiden du har til rådighet der du klarer å opprettholde varmen slik at du unngår kalde hender og dermed greier å utføre enkle nødvendige oppgaver. Optimal håndfunksjon er viktig i en overlevelsessituasjon, og nedkjøling av hendene under lokal hudtemperatur på 15 °C vil føre til en redusert manuell yteevne (Havenith et al., 1995). Oppvarming av sentrale deler av kroppen kan bidra til opprettholdelse av manuell yteevne i kalde omgivelser (Brajkovic et al., 2001). **Kognitive funksjoner** kan påvirkes negativt i kulde, og dette øker risikoen for menneskelige feilhandlinger (Pilcher et al., 2002). En metaanalyse av 22 studier fant nedsatt ytelse i kulde på en rekke kognitive oppgaver. Den negative effekten av kulde er særlig markert for oppgaver som involverer resonnement, læring og hukommelse. For reaksjonstid og matematiske oppgaver blir kuldeeksponering forbundet med en liten forbedring i ytelse.

Anbefaling:

- Utvikle maritimt redningsutstyr som ivaretar funksjonalitet (manuell og kognitiv yteevne) også før det er snakk om kuldeskader og hypotermi

Alkohol

Alkohol fører til vasodilatasjon og økt varmetap. Alkoholforbruk og røyking øker forekomsten av forfrysninger (Makinen et al., 2009a). Alkohol vil påvirke atferdsmessige faktorer som igjen kan igjen påvirke risikoen for kulderelaterte skader og hypotermi (Ervasti et al., 2004).

Anbefaling:

- Restriksjoner i alkoholserving vil kunne redusere skadeomfang ved en storulykke i nordområdene.

5 Faktorer som påvirker overlevelse i kaldt klima

Overlevelse i kaldt klima er avhengig av en lang rekke faktorer der de viktigste er individuelle (alder, kjønn, fysisk form, helsetilstand, svømmedyktighet), omgivelsesfaktorer (temperatur, vind, bølger), ernæring og væske, bekledning og beskyttelse (ullundertøy, yttertøy, termisk vindbeskyttelse) redningsmateriell (redningsvest, overlevelsesdrakt, livbåter, flåter mm) og annet utstyr for å forhindre varmetap og gi isolasjon (telt, soveposer).

5.1 Individuelle faktorer

Det vil være store individuelle variasjoner i hvordan mennesket responderer på eksponering til kaldt klima. Det meste av forskningen innenfor dette fagfeltet er utført på godt trente, unge menn under kontrollerte forhold. Vi vet derfor lite om hvordan risikofaktorene vil være i et virkelig ulykkes scenario under mer ekstreme forhold og for en sammensatt gruppe med menn og kvinner, eldre, barn og mennesker med ulike funksjonsnedsettelse.

Alder

På et cruiseskip som opererer i nordlige farvann kan man forvente at gjennomsnittsalderen er relativt høy. Eldre har endringer i temperaturreguleringen som omfatter redusert svetteproduksjon og hjertefunksjon (Smolander, 2002), perifer vasokonstriksjon og lavere varmeproduksjonskapasitet (på grunn av redusert muskelmasse) (Kenney and Munce, 2003). En svekket evne til å oppfatte og respondere på kulde innebærer at eldre vil være mer utsatt for nedkjøling og ikke nødvendigvis gjør de rette tiltak for å beskytte seg i kulden (DeGroot and Kenney, 2007). Eldre personer lider også ofte av en eller flere kroniske sykdommer og/eller anvender medikamenter som kan påvirke deres temperaturregulering i kulden. Generelle medisiner som betablokkere, beroligende midler, og neuroleptika kan påvirke temperaturreguleringen og øke risikoen for kuldeskader (Hallam et al., 2010). Eldre mennesker vil dermed være mer utsatt enn friske yngre ved en ulykke i Arktis.

Anbefaling:

- Ivareta eldre som vil være mest utsatt ved eksponering til kulde ved en ulykke
- Informasjon og opplæring om helse og kuldeeksponering

Kjønn

Kvinner ser ut til å være mer utsatt enn menn ved eksponering til kulde. Studier har vist at kvinner føler seg kaldere, er mer ukomfortable og har en lavere gjennomsnittlig hudtemperatur enn menn når de utsettes for kulde (Parsons, 2002, Karjalainen, 2007, Stevens et al., 1987). Kvinner har en redusert skjelverespons i ulike faser av menstruasjonssyklusen (Grucza et al., 1999). Menn svarer på kuldestress ved å øke sin varmeproduksjon ved skjelving tidligere enn kvinner som lar hudtemperaturen falle i større grad (Graham, 1988). Dette gjør kvinner mer sårbare ved eksponering til kulde. De viktigste faktorene som kan forklare de forskjellige termiske reaksjoner hos menn og kvinner er:

- Antropometriske egenskaper (kroppsvekt og størrelse)
- Kroppssammensetning (særlig muskler og kroppsfett)
- Fysiologiske egenskaper (kjønns hormoner, væskebalanse)
- Sosial atferd (f.eks. daglig fysisk aktivitet)

Anbefaling:

- Informasjon og opplæring om helse og kuldeeksponering

Fysisk form

God fysisk form er kjent for å være en av de viktigste faktorene for god helse, men har også vist seg å ha flere fordeler for personer som utsettes for et kaldt miljø. Godt trente personer har mer effektiv temperaturregulering og dermed bedre kuldetoleranse. De har for eksempel høyere følsomhet for endringer i temperatur og igangsetter skjelving tidligere (Jacobs et al., 1984). Dette vil beskytte mot utvikling av hypotermi (Bittel et al., 1988). Kulde og nedkjøling av kroppen vil påvirke både utholdenhet (Sandsund et al., 2012), muskelfunksjon (Oksa, 2002) og balanse (Makinen, 2007) negativt. Forsøk på soldater har vist at langvarige anstrengelser som militære øvelser (84 timer) fører til en nedsatt evne til skjelving og dermed et raskere fall i kjernetemperatur (Castellani et al., 2003). Nedkjølt muskulatur regnes også som en av årsakene til tap av svømmeferdigheter ("swimming failure"). En undersøkelse gjennomført blant fiskere på Britisk sektor i perioden 1976-2002 viste at "swimming failure" var en like viktig årsak til dødsfall som hypotermi (Brooks et al., 2005).

Anbefaling:

- Informasjon og opplæring om helse og kuldeeksponering
- Utvikling av redningsutstyr som forhindrer "swimming failure" (se også kap 7)

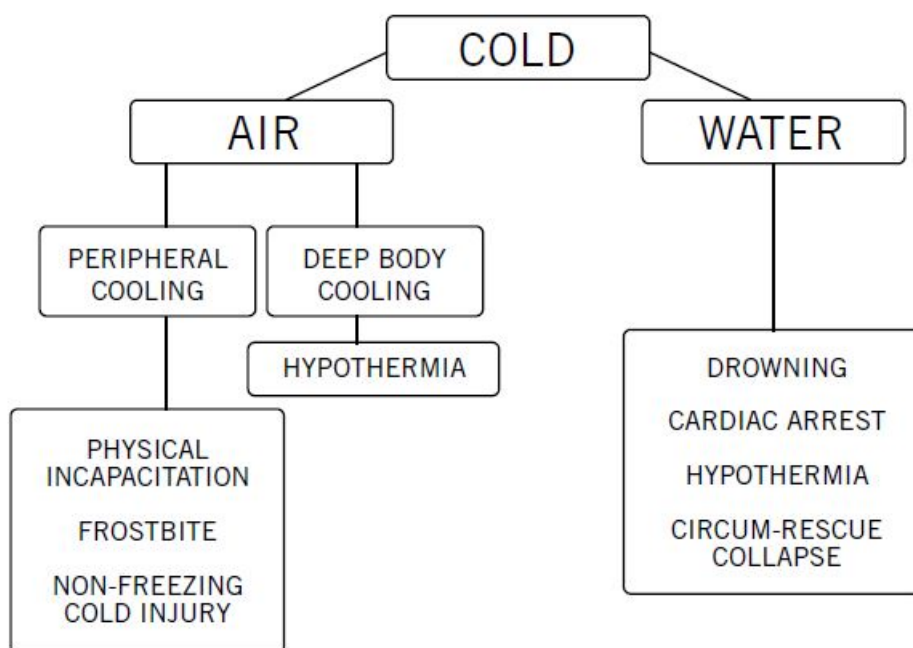
Tabellen under oppsummerer kulderelaterte sykdommer, kuldeskader og anbefalinger/tiltak.

Tabell 1 Oppsummering av kulderelaterte sykdommer, skader og anbefalinger tiltak

KULDRELATERTE SYKDOMMER	ANBEFALINGER/TILTAK
<ul style="list-style-type: none"> • Kardiovaskulære sykdommer – forhøyet blodtrykk – hjertestans (ved plutselig eksponering til kaldt vann) • Forstyrrelser i perifer sirkulasjon – redusert evne til motoriske ferdigheter (hvite fingre) • Diabetes – redusert evne til varmeregulering (vasokonstriksjon) • Respiratoriske lidelser (astma, kols) forverret symptombylde ved eksponering til kulde • Psykologiske faktorer: personer som ikke er vant med kulde kan oppleve kuldeeksponering som en større belastning (mer bekymret og engstelig) • Sjøsyke akselerer utvikling av hypotermi 	<p>Kartlegging av medisinsk tilstand</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innføring av helsekrav for cruise passasjerer i Arktiske farvann • Kartlegging av medisinsk tilstand og medikamentbruk blant passasjerer • Sjøsyketabletter må være tilgjengelig i maritime overlevelsespakker. <p>Tiltak/system for å prioritere utsatt grupperinger ved evakuering</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spesielle grupper (f.eks. diabetikere, hjertepasienter, personer med hudsykdommer eller med tidligere frostskafer) på bør få særlig råd om riktig beskyttelse i kulde
KULDESKADER	ANBEFALINGER/TILTAK
<ul style="list-style-type: none"> • Kuldeskader kan oppstå i kontakt med kalde overflater eller ved eksponering av naken hud mot lave temperaturer og kald vind. • Forfrysninger er nedkjøling av hud og overflatisk vev (ører, nese, kinn) • Eldre – redusert evne til varmeregulering, evne til å oppfatte kulde • Alvorlige kuldeskader med skader på underliggende vev (ca ved en hudtemperatur på -4.8 °C) • Eksponering til vann vil fremskynde utvikling av forfrysninger og kuldeskader • Medikamentbruk (betablokkere, beroligende midler, og neuroleptika) kan påvirke termoregulering og øke risikoen for kuldeskader • Alkoholforbruk og røyking øker forekomsten av forfrysninger • Tidsfaktoren er avgjørende for utvikling av forfrysninger (20-30 min – avhengig av temperatur og vind) • Fallskader på grunn av is 	<ul style="list-style-type: none"> • Riktig forhåndsplanlegging, informasjon og råd • Sørge for isolasjon håndtering og vindbeskyttelse så fort som det er praktisk mulig (TPA, tepper) • Ta på mer klær, bevegelse og beskyttelse av bar hud (e.g. balaklava) • Kontrollere hud, føtter og hender • Unngå eksponering til vann og kontakt med kalde flater • Ivareta eldre og personer med kroniske lidelser som vil være mest utsatt ved eksponering til kulde • Restriksjoner i alkoholservering hvis forholdene tilsier det • Sørge for ernæring og væsketilførsel (varme drikker) • Anti-skli tiltak (eks sko på TPA) <p>Kunnskap, opplæring og trening</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kunnskap og opplæring om kuldeeksponering, sykdommer og skader relatert til nødsituasjon i arktiske forhold • Fysisk og mentalt i stand til å takle en nødsituasjon

5.2 Eksponering til kald luft eller kaldt vann

Overlevelse i kaldt klima vil være svært avhengig av om du eksponeres for luft eller vann. Varmetapet fra kroppen vil være 25 ganger raskere ved eksponering til vann enn til luft. Risikofaktorer og utfall vil også være svært forskjellig avhengig av disse svært ulike scenarier. Figur 1 gir en enkel oversikt over de ulike risikofaktorer ved eksponering til kulde.



Figur 1. Risikofaktorer ved eksponering til kald luft eller vann (fra Mike Tipton)

Eksponering til kald luft

Perifer nedkjøling vil påvirke både manuelle ferdigheter og etterhvert utholdenhet, muskelstyrke, kraft, hastighet og koordinering. Risiko for kuldeskader er et resultat av påvirkning av kald luft og lave temperaturer. Ved langvarig eksponering til kald luft uten bekledning og beskyttelse vil ikke det være mulig å opprettholde varmembalanse og hypotermi utvikles. Den termisk miljø omfatter både varmeveksling mellom kroppen og omgivelsene (klimatiske forhold), og kroppens fysiologiske respons på omgivelsene (eks kuldestress). Det er utviklet en rekke indekser for å vurdere virkningene av klimatiske forhold på menneskekroppen, den nyeste er Universal Thermal Climate Index: UTCI (Jendritzky et al., 2012). En av de mest brukte er vindnedkjølingsindexen (wind chill index: WCI). WCI gir et grunnlag for å vurdere risikoen og tiden det vil ta for å utvikle frostskafer, noe som er nyttig for å gi råd om hva du skal ha på deg i kulden og for å gi et rammeverk for styring av arbeid i kulde (Ducharme and Brajkovic, 2005) (Tabell 2).

Tabell 2. Effekt av vind og temperatur og risiko for å utvikle kuldeskader (Wind Chill Index). (fra ISO 11079, Annex D)

Wind scale	Wind speed		Ambient temperature (°C)										
	Km·h ⁻¹	m·s ⁻¹	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Light breeze (1.6-3.3)	5	1.4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
	10	2.8	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
Gentle breeze (3.4-5.4)	15	4.2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
	20	5.6	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56	-62	-68
Moderate breeze (5.5-7.9)	25	6.9	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57	-64	-70
	30	8.3	-7	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
Fresh breeze (8.0-10.7)	35	9.7	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
	40	11.1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
Strong breeze (10.8-13.8)	45	12.5	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
	50	13.9	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-76
Near gale (13.9-17.1)	55	15.3	-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
	60	16.7	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	-64	-71	-78
	65	18.1	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
Gale to hurricane (> 17.2)	70	19.4	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-59	-66	-73	-80
	75	20.8	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
	80	22.2	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

Wind chill temperature (°C)	Classification of risk
0 > -9	Low risk, < 5% chance of frostbite for most people
1 -10 to -24	Uncomfortably cold, low risk, < 5% chance of frostbite for most people, uncomfortably cold
2 -25 to -34	Moderate risk, increasing risk of frostbite for most people in 10 to 30 min, very cold
3 -35 to -59	High risk, risk of frostbite for most people in 2 to 10 min, bitterly cold
4 -60 and colder	Extreme risk, risk of frostbite for most people in 2 min or less

ISO 11079, Ergonomics of the thermal environment — Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects

Andre termiske modeller bruker varmeoverføringsligninger og modeller av mennesket termoregulering for å forutsi menneskets respons på det termiske miljø. IREQ modellen er en slik varmeutvekslingsmodell der man kan evaluere termiske belastning i kaldt klima basert på målinger av lufttemperatur, stråling, luftfuktighet, lufthastighet og aktivitetsnivå. Modellen beregner krav til isolasjon i bekledning/beskyttelse som er nødvendig for å opprettholde kroppens varmebalanse over tid (Holmer, 1988). Den kan brukes til å utvikle retningslinjer/krav til hvordan du bør kle deg i ved ulike omgivelsestemperaturer og vindforhold. ISO11079: 2007 gir retningslinjer for hvordan WCI og IREQ modellen skal brukes.

Anbefaling:

- Matematiske modeller kan brukes for å beregne isolasjonskrav til bekledning og beskyttelse under Arktiske forhold og kan brukes som grunnlag for å vurdere sammensetning av termisk beskyttelse i personlig og gruppeoverlevelsesutstyr

Eksponering til kaldt vann

Risikoen for utvikling av hypotermi er størst hvis man havner ubeskyttet i kaldt vann, men selv i 5 °C kaldt vann tar det minst 30 minutter før kjernetemperaturen er under 35 °C (Golden and Tipton, 2002). Ved ulykker til sjøs er drukning en vanligere dødsårsak enn hypotermi og forklares med kuldesjokkresponsen (innebærer gisperespons, svelging av vann, ukontrollert hyperventilering) og vanskeligheter med å svømme (Golden and Tipton, 2002). I de tidlige stadiene av eksponering til kaldt vann vil det være et betydelig tap av manuelle ferdigheter som kan føre til store vanskeligheter i håndtering av livreddende utstyr, manglende evne til å styre en redningsflåte, eller bistå i ens egen eller andres redning. Manuelle ferdigheter, gripestyrke og hastigheten på bevegelser kan reduseres med så mye som 60 til 80 % ved eksponering til kaldt vann (Golden and Tipton, 2002). Rekkefølgen av risikofaktorer ved eksponering til vann vil derfor være; 1) drukning, 2) hypotermi (kommunikasjon med Mike Tipton):

- Kuldesjokk respons (3-5 minutter: gisperespons, hyperventilering, hjertestans, drukning)
- Korttidsrespons (30 minutter: nedsatt evne til å svømme, hjelpe andre: drukning/hypotermi)
- Langtids eksponering (etter mer enn 30 minutter: nedkjøling av dypereliggende vev – hypotermi)
- Redningen (etter flere timer: kollaps av arterielt blodtrykk, hjertestans: "Circum Rescue Collaps")

Når en person ligger i vannet er det en hydrostatisk trykk som bidrar som en støtte til sirkulasjonen. Når personen fjernes fra vannet, fjernes også trykket og som et resultat kan blodtrykket falle dramatisk. Utilstrekkelig blodstrøm til hjertet og redusert oksygenering kan forklare risikoen for ventrikkelflimmer og hjertestans etter redning (Circum Rescue Collaps). Dette kan unngås ved å løfte forulykkede fra vannet i en horisontal posisjon under redning (Golden et al., 1991).

Ekstreme forhold (vind, bølger, lave sjø- og lufttemperaturer) vil akselerere kroppens varmetap. LSA koden stiller krav til overlevelsesdrakter om at kjernetemperaturen ikke skal synke under 35 °C eller mer enn 2 °C etter seks timer i 0-2 °C kaldt stille vann. Det finnes mange eksempler fra ulykker der overlevelsesdrakter ikke har holdt mål under mer ekstreme forhold (Power et al., 2015), og selv en liten forverring av omgivelsene vil føre til en reduksjon i estimert overlevelsestid (Tipton, 1991). Vind og bølger vil øke

risikoen for lekkasje i overlevelsesdrakter og drukning (Tipton, 1993), men også påvirke varmetap fra kroppen på flere ulike måter. For det første kreves det aktivitet for å opprettholde stabil flyteposisjon og frie luftveier i bølger, noe som gjør at du vil øke det konvektive varmetapet. For det andre vil isolasjonen i drakten direkte reduseres i bølger (Steinman et al., 1987). En bølgehøyde opp til 70 cm reduserer isolasjon i en tørrdrakt med 14 %, noe som forklares med en 75 % reduksjon i isolasjonslaget i grensesjiktet mellom kropp og vann (Ducharme and Brooks, 1998). Bevegelse vil i de fleste ulykkessituasjoner øke varmetapet, og det generelle rådet er derfor at man skal holde seg så stille som mulig (IMO MSC Circ 1185).

Kontrollerte laboratoriestudier med lave luft- og vanntemperaturer, bølger og vind har imidlertid vist at periodiske syklebevegelser med bena hvert 15 minutt kan bidra til forbedret varmebalanse og redusert fall i kjernetemperatur når du har på deg en godt isolert overlevelsesdrakt (Faerevik et al., 2010). Det betyr imidlertid ikke at du skal legge på svøm hvis du ikke har en godt isolert overlevelsesdrakt, de aller fleste overvurderer avstand til land og egne svømmeferdigheter (Ducharme and Lounsbury, 2007).

Anbefaling (se også 7.1):

- Personlig redningsutstyr må utvikles på en slik måte at det ivaretar alle kritiske faser i en ulykke til sjøs
- Det bør utvikles et strengere testregime for overlevelsesdrakter (bølger, vind, lave lufttemperaturer)
- Det bør utvikles prosedyrer for å forsinke nedkjølingshastighet ved bevegelse hvis du ligger i en godt isolert overlevelsesdrakt
- Retningslinjer i MSC Circ 1185 bør revurderes og oppdateres

Modeller for beregning av overlevelsestid i vann

Et spørsmål som stadig dukker opp i SAR perspektiv er hvor lenge skal man holde på med søk etter personer, og hvor lenge kan man overleve før man utvikler hypotermi? SARiNOR WP 3 rapporten påpeker at ved en ulykke i Arktis vil man være avhengig av at personer som faller i vannet kan klare seg selv en viss tid. *"Det bør spesifiseres et tidskrav til bekledning som kal holde personer i live"*. IAMSAR Manual (2013) gir følgende "tommelfingerregel" for overlevelsestid og søketid: vann ved 5 °C: 50% overlevelsestid for en normalt kledd individ estimert til å være omtrent en time, med en anbefalt søketiden på seks timer. Den tilsvarende tiden for 10 °C (50 °F) er to timer og søketid 12 timer. Vann ved 15 °C (59 °F) er 50 % overlevelsestid omtrent seks timer, med den anbefalte søketiden på 18 timer. Mellom 20 °C (68 °F) og 30 °C (86 °F) overstiger søketiden 24 timer og det bør vurderes å søke flere dager. Disse retningslinjene er svært generelle og ikke særlig anvendbare i et SARiNOR perspektiv. Man vet ikke om forulykkede vil ligge i vann, være i en flåte eller livbåt eller om de har kommet seg opp på land/is. Det finnes veldig få studier som har sett på effekt av hva forulykkede har på seg og hvilket habitat de befinnes seg i. De som har gjennomført slike studier har benyttet en kombinasjon av tester med mennesker (Steinman et al., 1987), termisk mannekeng og matematiske modeller (Tikusis and Keefe, 2005). Se forøvrig vedlegg 1 for en oversikt over dette.

Matematiske modeller har sine metodiske begrensninger, men kan i noen tilfeller være eneste måte å svare på spørsmål som tidskrav for overlevelse under ulike forhold. Nye og bedre modeller er stadig under utvikling. Disse inkluderer flere risikofaktorer (individuelle, omgivelsesfaktorer vind, bølger, overlevelsestid i drakt/flåte/livbåt), belager seg ikke kun på nedkjøling av kjernen (hypotermi) men tar også med drukning

og nedsatt manuell yteevne. For å kunne vurdere overlevelse i en periode over flere døgn er modeller et veldig nyttig verktøy, og man vil antagelig aldri vil klare å rekruttere forsøkspersoner til langvarige ekstreme kuldeforsøk. Selv om modellene stadig blir mer avanserte må disse betraktes som en forenklet måte å fremstille en meget kompleks interaksjon mellom menneskets fysiologiske responser (termoregulatoriske, sirkulatoriske, ventilatoriske og metabolske) som en respons på ytre termisk stress (kulde, varme, vann, luft). Modellene baserer seg nødvendigvis på mange antagelser og input i de ulike modellene varierer.

Eksempler på input i modellene:

- biofysikk og fysiologi (varmetap, nedkjølingsrate)
- individuelle faktorer (høyde, vekt, bekledning, grad av utmattelse)
- omgivelsesforhold (vanntemperatur, lufttemperatur, vind, bølger)
- grad av eksponering av kroppen (luft/vann)
- empiri

De tre mest kjente modellene er:

PSDA – Probability of Survival Decision Aid (US-Coast guard tool)

- Utviklet av: USARIEM (U.S Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick)
- Output: Cold Functional Time (34°C), Dehydration Time (20% of body weight) for both Persons in Water (30° C) and in an Emergency Raft

UKNIIS (United Kingdom National Immersion Incident Survey) – SAR Victim Empirical Survival Model

- Utviklet av: University of Portsmouth
- Utviklet på bakgrunn av empiri, analyse av ulykker (1593 ulykker 1992-2006), alder, område; kyst/offshore, bekledning, bruk av vest eller ikke.
- Output: Predicted survival time (kun for vanntemperatur under 14°C for en periode mindre enn 14 timer)

CESM Cold Exposure Survival Model (commercial software available)

- Utviklet av: Defense Research and Development Toronto (Canada)
- Output: Overlevelsestid, tid til tap av kognitiv funksjon, tar hensyn til andre dødsårsaker (drukning/traumer – 70 %)

US coast guard har sammenlignet de ulike modellene og gitt anbefalinger for et nytt verktøy: US Coast Guard Survival Prediction Tool (videreutviklet fra PSDA) som et verktøy i søk og redningsoperasjoner (Turner et al., 2009). Her inngår innsikt i blant annet fysiologiske parameter hos de forulykkede (alder, høyde, vekt ect), scenario (i vann, flåte, livbåt, bekledning, flytemidler), omgivelser (temperatur, vind, fuktighet, bølger).

Recommendations for the U.S. Coast Guard Survival Prediction Tool

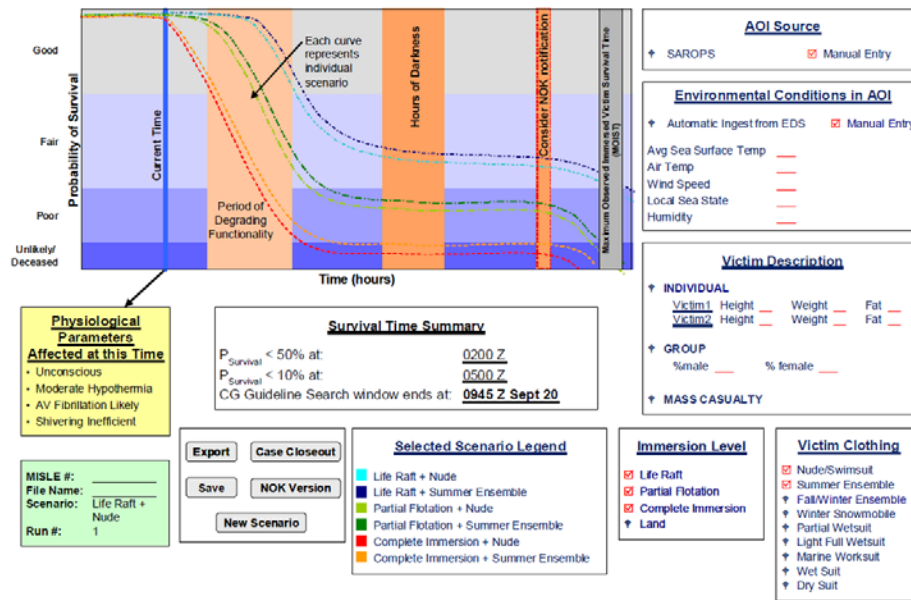


Figure 3. Graphical user interface.

Figur 2. US Coast Guard Survival Prediction Tool (Turner et al., 2009).

Begrensninger ved modellene:

- Den forulykkedes termiske situasjon – grenseverdier for kjernetemperatur; laveste overlevelsestemperatur er basert på kjernetemperatur (28°C)
- Grenseverdier for dehydrering: Dehydreringsnivå for overlevelse er satt til 20 % av kroppsvekt
- Inkluderer ikke kuldesjokk responsen, tap av fysisk og psykisk funksjonalitet, utmattelse fordi dette ikke tilstrekkelig dokumentert / forstått til å kunne inkorporeres i modellen
- (i dag brukes 120 timer ved immersjon i vann, 240 timer i luft – er for dårlig dokumentert, eksempelvis mangler data på væsketap gjennom svetting)
- En manglende forståelse for det fysiologiske fundamentet bak overlevelsesmodeller kan føre til uriktig bruk av disse som planleggingsverktøy i SAR operasjoner. Internasjonalt samarbeid, innhenting og deling av data fra ulykker bør utvikles og benyttes for å øke kunnskapen om overlevelse i SAR situasjoner og eventuell bruk av slike modeller i fremtidig SARiNOR perspektiv.

Anbefaling:

- Det bør vurderes om US Coast Guard Survival Prediction Tool er et verktøy som kan benyttes i søk og redningsoperasjoner i SARiNOR for å spesifisere tidskrav til hvor lenge personer kan holdes i live under gitte forhold

5.3 Ernæring og væske

Ekstreme værforhold og kulde vil øke væske- og energiforbruket. Fysiske og fysiologiske forutsetninger i utgangspunktet (alder, kroppsvekt, styrke, væske- og elektrolyttbalanse, ernæringsstatus, kjernetemperatur) vil ha innvirkning på behovet for væske og ernæring, og dermed for overlevelse.

Væske

Den største faren er dehydrering på grunn av redusert væskeinntak, fordi friskt vann vil være en mangelvare i en overlevelses situasjon til sjøs. Væskeinntak er viktigere på kort sikt enn ernæring. Dødsfall på grunn av dehydrering vil inntreffe i løpet av dager mens ernæringsmessig kan man overleve i uker (Shils and Shike, 2006). Væskeinntak i kalde omgivelser kan bli redusert som følge av logistiske begrensninger eller problemer med at vannet fryser. Nedsatt følelse av tørst og redusert væskeinntak som en følge etter, kuldeindusert diurese, svette og respiratorisk væsketap er også utfordringer i kaldt klima (Freund and Sawka, 1996). For lite væskeinntak vil være negativt for termoregulatoriske responser som perifer vasonkonstriksjon og vil dermed påvirke varmebalanse negativt (O'Brien et al., 1998). Kuldeindusert dehydrering vil påvirke både fysisk og kognitiv yteevne negativt og øke mottakelighet for perifere kuldeskader. Det er derfor svært viktig med tilstrekkelig væskeinntak for å unngå dehydrering i kalde omgivelser. Inntaket av koffeinholdige drikker som kaffe bør minimaliseres, fordi dette øker urinproduksjonen og bidrar til dehydrering. Koffein øker også blodgjennomstrømning til huden (vasodilatasjon), som dermed fører til økt varmetap. Varme drikker eller varm suppe anbefales for å holde varmen.

- Daglig forbruk av væske under normale forhold er minimum 1500 ml (500 ml fordampning gjennom hud, 500 ml respirasjon, 500 ml nyrefunksjon)
- Kroppens behov for væske endres dramatisk ved endring i omgivelser, aktivitet, diett
- Kroppens behov for væske varierer med kroppsvekt, grad av utmattelse, ernæring, fuktighet og temperatur i omgivelsene
- En gjennomsnittlig person kan overleve 12 dager uten tilførsel av væske, men vil ha store problemer etter 5-6 dager
- Overstiger væsketapet 8-10 % av kroppsvekt vil det ha alvorlig innvirkning på mental og fysisk yteevne (hallusinasjoner)
- Død inntreffer når væsketapet er 15-20 % av kroppsvekt
- Til sammenligning kan man klare seg 40-60 dager uten næring
- Minimum krav til væske i en flåte: 1 L per person i 250 ml flasker
- Minimum krav for overlevelse i en flåte: 110-220 ml per dag

Anbefaling:

- Redningsflåter og livbåter må ha et beholdersystem for min 110-220 ml væsketilførsel per dag per person og passe på at dette ikke fryser
- Unngå kaffe eller koffeinholdige drikker
- Andre løsninger:
 - o I en flåte kan man bruke en svamp til å samle regnvann eller kondensert vann på innsiden av duken i en redningsflåte
 - o Flytbare systemer for å destillere vann ved hjelp av solenergi
 - o Systemer for reversert osmose

Ernæring

IMO Polarkoden §8.2.3 sier at det skal være "means to provide sustenance" i 5 døgn om du enten evakueres til vann (livbåt/flåte), is eller land. Fra et overlevelsesperspektiv er det viktig å dekke et minimum av væske og ernæringsbehovet og under normale forhold er daglig energibehov 1400 kalorier som reduseres ved redusert aktivitetsnivå. Ingen tilførsel av ernæring vil føre til død etter 40-60 dager hvis væskebehovet er dekket. I flåte er det krav til energibar som inneholder 600-1400 kcal (en energibar ca 200 kcal). Man kan også ha utstyr for eventuelt å fange fisk som tiltrekkes av flåten (Golden and Tipton, 2002). Det finnes detaljerte standarder som beskriver krav til ernæring og væske i livbåter og flåter. De inkluderer blant annet krav til væskebeholdere som ikke skal fryse, aldri og holdbarhet av disse (US Coast Guard Standarder: <http://www.uscg.mil/hq/cg5/cg5214/survivalequip.asp#160.026>). Spørsmålet som fortsatt er ubesvart er hvor mye ernæring som minimum behøves for overlevelse i fem døgn i kaldt klima i et SARiNOR perspektiv? Dette er et helt annet scenario enn for eksempel ved polarekspedisjoner, fordi du mest sannsynlig vil bli sittende mye i ro (i flåte eller telt) og da blir varmeproduksjon fra skjelving avgjørende.

Det er to måter å forhindre hypotermi ved eksponering til kalde omgivelser; enten ved å hindre ytterligere varmetap (vasokonstriksjon, bekledning, beskyttelse) eller ved å øke varmeproduksjon gjennom skjelving eller bevegelse. Ved skjelving kan du øke varmeproduksjon inntil 5 ganger hvilemetabolismen, mens ved fysisk aktivitet kan du øke inntil 25 ganger. I et SARiNOR storulykkescenario vil varmeproduksjon fra skjelving være viktig for å opprettholde kjernetemperatur selv når forulykkede har god termisk beskyttelse (Mak et al., 2011a). I et scenario eksponert for kaldt vann blir varmeproduksjon fra skjelving en livsviktig faktor. Det er generelt antatt at karbohydrater er den viktigste energikilden for skjelveproduksjon og i mindre grad fett og proteiner (Haman, 2006). Tomme glykogenlagre antas å være en av grunnene til nedsatt evne til skjelveproduksjon. Karbohydrater er en energikilde som er lett anvendelig, og det er derfor ofte en høy prosentandel av dette i maritime nød rasjoner. Det finnes imidlertid veldig lite forskning som har sett på sammensetning av ernæring som energikilde for skjelveproduksjon i kaldt klima utover 4 timer (Haman, 2006). US Coast Guard har utviklet retningslinjer for nød rasjoner for livbåt og flåter som anbefaler en sammensetning av: Væske: 3 - 7%, salt: 0,2%, karbohydrater: 50-60%, fett: 33-43%, protein: 5-8% (energi innhold). Denne marine nød rasjonen er kun ment for kortsiktige overlevelsessituasjoner til sjøs, og ikke nødvendigvis for 5 dagers overlevelse (US Coast Guard Guideline for Emergency Provisions for Lifeboats and Liferrafts og LSA koden). Den optimale sammensetning av næringsstoffer for opprettholdelse av varmeproduksjon fra skjelving i 5 døgn er ikke kjent, fordi det ikke finnes forskningsresultater som har eksponert mennesker for kulde i så lang tid (Haman, 2006). Det lengste kontrollerte studiet av mennesket i kaldt klima er en doktoravhandling fra Universitetet i Ottawa som undersøkte ernæringsmessige krav til opprettholdelse av skjelving i et simulert ulykkes scenario der 8 unge menn ble eksponert for 7,5°C i 24 timer (Blondin et al., 2014). De hadde kun på seg undertøy, bomullskjeledress, votter og neopren sko og spiste seks overlevelseskjeks i løpet av 24 timer (Seven OceanS®, GC RIEBER COMPACT AS, Bergen, Norway; total energi: 6866 kJ, 5-8 % protein, 33-34 % fett, 50-60 % karbohydrater). Avhandlingen viste at varmeproduksjon fra skjelving økte til 8 kJ per minutt og holdt seg ganske konstant i 24 timer. Det var et skifte i metabolske energikrav fra karbohydratforbrenning til fettforbrenning etter 6 timer og fett utgjorde 80% av det totale energiforbruket. Resultatene tyder på at det er et tidligere skifte fra karbohydratforbrenning til fettforbrenning og at tomme glykogenlagre ikke nødvendigvis betyr nedsatt evne til skjelveproduksjon. Varmeproduksjon fra skjelving kan opprettholdes i lang tid ved å basere seg på fettforbrenning og minimalt på karbohydratforbrenning. Selv om karbohydrater er en energikilde som er lett anvendelig, er det ikke

sikkert at en høy prosentandel av dette i maritime nød rasjoner er det optimale for overlevelse ved lang kuldeeksponeringer der varmeproduksjon fra skjelving er avgjørende.

Anbefaling:

- Forskning på optimal sammensetning og mengde av næringsstoffer i maritime nød rasjoner for å sikre 5 døgns overlevelse

Tabell 3 viser en oversikt over rekkefølgen av risikofaktorer ved ulike eksponeringer, tidsfaktor, tiltak for å forlenge overlevelse og relevant scenario

Risiko	Symptom	Tid	Tiltak	Scenario
Drukning Kuldesjokk espons	Mangel på oksygen Hjertestans	Minutter	Beskytte mot brått fall i hudtemperatur Redningsvest og redningsdrakt (ev integrert oppdrift)	Vann
Nedsatt evne til å svømme	Nedsatt nerve og muskel-funksjon Koordineringsvansker	Første 30 minutter	Beskytte mot brått fall i hudtemperatur Redningsvest og redningsdrakt (ev integrert oppdrift)	Vann
Manuell yteevne	Nedsatt evne til å utføre oppgaver med hender ved 15°C håndtemperatur	Første 15 minutter (avhenger av beskyttelse)	Beskytte hender Beskytte/ev. varme torso Redningsvest/Redningsdrakt Land: forbedret TPA	Vann, Land, Flåte
Kuldeskader	Stikkende smerte Hvite prikker i hud Følelsesløs hud/enderer farge	5-10 min (lett) 20-30 min (dyp) (avhengig av forhold)	Beskytte mot vind/vær Dekke bar hud Holde seg tørr Ansiktsbeskyttelse (balaklava)	Vann, Land, Flåte
Hypotermi	Kjernetemperatur under 35°C	Timer (avhengig av beskyttelse)	Vann: Redningsdrakt Land: Telt, sovepose, liggeunderlag Flåte: Forbedret TPA Isolasjon, tørr, hindre varmetap, dampspærre	Vann, Land, Flåte
Væske ubalanse/dehydrering	Konsentrasjonsvikt Nedsatt evne til skjelving Hallusinasjoner	6-7 dager	Sørge for væsketilførsel Min 110-220 ml per dag	Flåte Livbåt Land
Energi ubalanse	Konsentrasjonsvikt Nedsatt evne til skjelving Hallusinasjoner	40-60 dager	Sørge for ernæring Energibar Min 600 kcal per dag	Flåte Livbåt Land

6 Forebygging av hypotermi og skadde i felt – prehospital isolasjonshåndtering

Ved en storulykke i nordområdene er det sannsynlig med passasjerer med ulike sykdomstilstander og /eller skadde, og mange forulykkede som vil være nedkjølt allerede før hjelpemannskaper/medisinsk personell kommer frem. Eksponering til kulde, fuktighet og vind vil forverre tilstanden for en skadet eller syk person, og hypotermi er assosiert med økt mortalitet hos alvorlig skadde. Det er derfor svært viktig å forhindre videre nedkjøling hos disse pasientene. Tilstrekkelig isolasjon for å redusere kuldeeksponering og hindre at kroppen nedkjøles, er en viktig del av prehospital primærhelsetjeneste, men anbefalinger om hvordan nedkjølte pasienter bør håndteres i felt baserer seg i stor grad på tradisjon og erfaring, ikke på vitenskapelige bevis (Thomassen et al., 2011).

I 2010 ble det gjort en behovskartlegging blant leger, akuttmedisinsk personell, ambulanspersonell, redningspersonell og utstyrsleverandører om prehospital isolasjonshåndtering av hypotermie pasienter (Tjønnås et al 2010). Det kom frem at det mangler en enhetlig metode for forebygging av hypotermi prehospitalt. I prosjektet ble det skissert flere alternativer for konsepter for isolasjonshåndtering av nedkjølte pasienter, som eksempelvis oppblåsbare konsepter. Prosjektet ble ikke videreført, men det ble initiert et samarbeid med LESS, som er en produsent av bære og bobleplastsystem for håndtering av nedkjølte pasienter (<http://www.less.no/en/hypothermia/>). I 2014 utviklet Helse Nord en veileder for håndtering av aksidentell hypotermi for medisinsk personell. Denne ble utviklet i tett samarbeid med lokalbefolkning, førstelinjetjeneste, ambulansetjeneste, lokale sykehus, helseforetak og UNN. Veilederen fremhever viktigheten av at tid er liv, liv er temperatur.

For å hindre ytterligere varmetap er det viktig at våte klær tas av. En dampspærre vil effektivt redusere evaporativt varmetap, og vil være av stor betydning i prehospital redningsscenarier i kalde omgivelser der det er begrensede muligheter for isolasjon tilgjengelig, eksempelvis i massehavarisituasjoner eller under evakuering i tøffe forhold (Henriksson et al., 2009). Kombinasjon av dampspærre innerst i kombinasjon med et isolerende lag (dyner/tepper) har vist seg å være en mer effektiv varmekonserveringsmetode hvis du har våte klær innerst (Thomassen et al., 2011). Riktig måling av kjernetemperatur er viktig for diagnostisering av hypotermi. Målinger i spiserør eller rektalt er det som best korresponderer med hjertetemperatur, men å måle kjernetemperatur i en feltsituasjon byr på store utfordringer. Øregangsmålinger kan gi feilmålinger på grunn av manglende isolasjon av øregangen i vær og vind (Skaiaa et al., 2015). Derfor blir kjernetemperatur sjelden målt i feltsituasjoner, og mange prehospitaltjenester har ikke tilstrekkelig utstyr for å diagnostisere hypotermi.

Hypotermiforbyggende utstyr

Det finnes et utall av hypotermi-forebyggende utstyr i det internasjonale markedet, og en del av det er også dokumenter i vitenskapelige tester. Mye av utstyret som selges i dag er myntet på det militære markedet og bærer preg av dette i form av design og anvendelighet. Annet utstyr selges i ”pakker” og er tiltenkt nøds- og overlevelsessituasjoner. Det viktigste kravet til et produkt i prehospital sammenheng er temperaturkonservering (hindre ytterligere varmetap). Samtidig må det være letthåndterlig, vekt- og plassøkonomisk og kostnadmessig relativt rimelig. Under maritime forhold vil det konvekktive varmetapet være høyt på grunn av vind. På isen vil det være viktig å ha isolasjon mot bakken for å hindre konduktivt

varmetap. Ifølge Henriksson et al (Henriksson et al., 2009) er det konsept som er vindtett og bestandig mot den komprimerende effekten av vind som har best isolasjon. Jussila et al (2014) undersøkte 10 ulike konsept for varmekonservering med fuktige klær under (tynne overtrekksposer, reflekterte poser av aluminium, bobleplast systemer og redningsposer) (Jussila et al., 2014) (oversikten i tabell 4). Hun fant at en isolasjonsverdi på minimum 2.94 Clo er nødvendig for å opprettholde varmebalanse og hindre fall i kjernetemperatur i 4 timer (Jussila et al., 2014). Kun R2 1 RefB i tabell 3 innfridde dette kravet. Dette bekreftes også av Thomassen et al (Thomassen et al., 2011) at det å bruke dampspærre innerst og isolasjon utenfor er det mest varmekonserverende.

Tabell 4. Ulike hypotermiforebyggende systemer (gjengitt med tillatelse fra Kirsi Jussila)

Code	Coverings and Their Material and Design Information	Weight (g)
<i>(1) Flat Coverings</i>		
1B	One blanket (PES 100%, thickness 3.6 mm)	1,365
1B1 RefS	Reflective sheet (one side aluminized, thickness 0.1 mm) underneath one blanket (PES 100%,	1,577
2B	Two blankets (PES 100%, thickness 3.6 mm)	2,729
2B1 RefS	Reflective sheet (one side aluminized, thickness 0.1 mm) underneath two blankets (PES 100%,	2,941
RescB	Rescue blanket (medical fleece with micro porous membrane, thickness 2.4 mm)	1,175
BW	Bubble wrap (thickness 2.7 mm)	403
<i>(2) Rescue Bags</i>		
R1	Rescue bag 1: sleeping bag-like, medical fleece with micro porous membrane, hood, zipper closure, integrated mattress	4,510
R2	Rescue bag 2: thin cover with welt, handles, and integrated mattress	2,465
R21 RefB	Reflective blanket (aluminized, honey comb structure, thickness 0.7 mm) underneath rescue bag 2	2,957
R3	Rescue bag 3: sleeping bag-like with hood and zipper closure, overlay material 100% PA (sport nylon 210 denier) with carrying straps; padding: 100% CO; lining: taffet textile	2,940

Abbreviations: PES, polyester; PA, polyamide; CO, cotton.








Jussila & 2014 Prehospital and Disaster Medicine

Oppvarmingsmetoder i felt

Det er ulike måter å behandle nedkjølte pasienter og valg av metode må være basert på historien til pasienten, inkludert predisponerende faktorer, grad av hypotermi og risiko for hjertestans. "Gjenoppvarming i felt" er et kontroversielt uttrykk i et SARiNOR perspektiv siden det ikke er sikkert det vil være medisinsk personell eller utstyr tilstede og det er uvisst om hvilke metoder som vil være tilgjengelig for å varme en alvorlig nedkjølt pasient. Det kan derfor være mer hensiktsmessig å snakke om termisk stabilisering ved å hindre ytterligere varmetap. Vi skiller mellom aktiv og passiv oppvarming (ulike metoder er vist i tabell 5):

- Passiv oppvarming er hensiktsmessig hos pasienter som er ved bevissthet og har mild hypotermi, er hjertestabil og som fortsatt er i stand til å skjelve.
- Aktiv gjenoppvarming ved varmetilførsel enten på overflaten, invasivt eller ved luftveisgjenoppvarming.
- En kombinasjon av forskjellige metoder er ofte brukt.

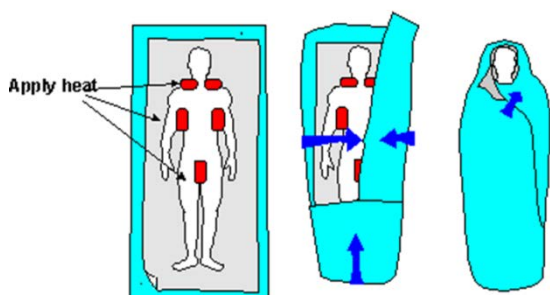
Tabell 5 viser ulike typer oppvarming og anvendbarhet i felt.

	Passive external		Active external			Active internal	
							
Method	Bubble wrap vapor barrier	Plastic wrap, blankets and quilts	Forced air warming	Chemical pack 50°C	Chemical blanket 40°C	Inhalation warming 40°C 0.74°C-1.5°C	Intra Venous fluid (IV) 40-42°C
Advantages	Reduces E+C Allow shivering	Reduces E+C Allow shivering	Add heat Non-invasive	Add heat Non-invasive	Add heat Non invasive	Prevents respiratory heat loss Non invasive	Add heat Fast heating
Warming Effectiveness Level of Hypothermia	Low Mild	Medium Mild	High Mild to moderate	Medium Mild to moderate	Medium Moderate	Low Mild to moderate	High Severe
Feasibility in the field (easy to use) Disadvantage	High Slow	High Slow	Medium Inhibits shivering Smoke, burn	High Inhibits shivering Burn	Medium Inhibits shivering	Medium Slow	Low Requires surgical intervention

Anbefalinger:

- Det aller viktigste for de som kommer til skadestedet først er å sørge for termisk stabilisering ved å hindre ytterligere varmetap. Hvis pasienten bare er mildt hypoterm og fortsatt i stand til å skjelve, bør man tillate spontan revarming ved varmeproduksjon fra skjelving. For å hindre ytterligere varmetap må pasienten fjernes fra våte og kalde omgivelser, ta av våte klær og stabilisere skader. Huden skal ikke masseres da dette kan føre til økt hudtemperatur og perifer vasodilatasjon. Hvis det er lite tid til å fjerne våte klær er det effektivt å legge en dampspærre innerst for å hindre evaporativt varmetap gjennom bruk av kroppsvarme. Aktiv oppvarming bør begrenses til kjemiske varmekamlinger (eller varme vannflasker) som kan legges i halsregion, ved armhuler og lysken (Figur 3). Intravenøs infusjon er vanskelig i feltsituasjoner. Det bør også utvikles bedre systemer for å kunne måle kjernetemperatur i felt.

Hypothermia Wrap



Figur 3. "Hypotermi wrap"

7 Personlig redningsutstyr

I 1981 utviklet IMO den første utgaven av en guide til overlevelse i kaldt vann som gir råd til skip som opererer i kaldt vann områder om hvordan du kan forhindre eller redusere farene ved kuldeeksponering, samt råd om enkle selvhjelpsteknikker. Guiden ble revidert i 1992 og 2006, og ble godkjent av MSC i sin endelige form som sirkulær MSC.1 / Circ.1185. IMO MSC1Circ1185a gir enkle retningslinjer for hvordan både forulykkede og de som er involvert i søk og redning bør forholde seg enten man havner i sjøen eller i en flåte/livbåt. Standarden gir enkle, men gode retningslinjer som er i tråd med nyere litteratur. Standarden mangler imidlertid konkrete ytelseskrav til termisk beskyttelse av forulykkede. Hvis nytt og bedre personlig overlevelsesutstyr skal utvikles må det defineres hva de termiske kravene til utstyret skal være.

Overlevelse i kaldt klima vil i stor grad være avhengig av valg av redningsutstyr og en riktig vurdering av utstyrets egnethet for å forhindre hypotermi og andre kulde relaterte lidelser/skader. Utstyret må vurderes i forhold til egnethet i alle faser av et relevant ulykkes scenario i vann, flåte, livbåt eller på land/is.

Utvikling og design av personlig redningsutstyr bør fokusere på alle potensielle farer i forbindelse med eksponering til kald luft eller kaldt vann (Færevik, 2000) (Berg et al., 2013). Mer enn en type utstyr vil være nødvendig for å beskytte forulykkede fra de mange forskjellige farer. En overlevelsesdrakt må ha tilstrekkelig isolasjon for å hindre hypotermi og kuldesjokkrespons ved å redusere hastigheten av fallet i hudtemperatur og hindre lekkasje. Hansker må beskytte hender og sikre at personen er i stand til å svømme og klatre om bord i en livbåt eller flåte, redningsvester eller andre oppdrifts hjelpemidler må hindre kuldesjokk respons og sørge for å holde forulykkedes hode over vann.

Generelle livsviktige krav til personlig redningsutstyr:

- Holde personen flytende (hindre drukning)
- Forhindre innånding av vann ved å holde hodet over vannet
- Forhindre kuldesjokkrespons
- Forhindre kuldeskader
- Sørge for tilstrekkelig isolasjon for å beskytte mot hypotermi
- Beskyttelse av hender og føtter
- Sikre at forulykkede er i stand til å bevege seg og forlytte seg
- Muligheter for varsling (fløyte, led/strobelys, nødpeilesendere, mann over bord løsninger)

Disse grunnleggende kravene til ytelse og beskyttelse mot kulde kommer ofte i konflikt med krav til komfort, plass, pris, logistikk og kompliserer prosessen med utvikling av nytt og bedre personlig redningsutstyr.

Anbefalinger:

Det er et behov for teknologi for varsling og gjenfinning av personer som er forulykket i kaldt vann. Utvikling av nødpeileteknologi tilpasset nordområdene, integrering av dette i ulike typer redningsutstyr /redningsvest, flåte, drakt) på en smart måte. Utvikling av et system som kan lokalisere hvor passasjerer befinner seg på et cruiseskip et ved en evakuerings situasjon og om alle er evakuert. Dette er spennende ideer

for videreutvikling som kan redde liv i en nødsituasjon i Arktis. Eksempler på internasjonale forsknings og innovasjonsprosjekter som har jobbet med å utvikle gjenfinningsteknologi (som kan integreres i tekstiler: for eksempel i arbeidsbekledning eller redningsvester):

H2020 EU prosjektet LYNCEUS (2012-2015)

- <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/safer-cruise-ships-thanks-eu-funded-research>)
- Film: https://www.youtube.com/watch?v=EJaF8_uR4-s

FP7 EU prosjektet Safe@Sea (2010-2012, koordinator SINTEF)

http://cordis.europa.eu/result/rcn/92920_en.html

Film: <https://www.youtube.com/watch?v=4bf5kr3l-1M>

7.1 Overlevelsesdrakter

En overlevelsesdrakt vil vesentlig øke sjansene for å overleve i kaldt vann ved å redusere kuldesjokkresponser og forsinke utviklingen av hypotermi og gi oppdrift som holder den forulykkede flytende i vann og reduserer risikoen for drukning (Golden and Tipton, 2002). I tillegg til å fungere som personlig redningsutstyr i vann kan en overlevelsesdrakt også fungere som termisk beskyttelse ved å redusere varmetapet til de kalde omgivelsene når du sitter i en flåte eller når du er evakuert til is/land og venter på redning. I arktiske farvann anbefales godt isolerte tørrdrakter med vannrett forsegling som hindrer vanninntrenging for å gi best mulig beskyttelse mot varmetap. Draktene kan enten ha innebygd oppdrift, eller benyttes sammen med redningsvest.

Variabler ved overlevelsesdrakter som vil påvirke overlevelse i kaldt vann:

- Enkel/rask å ta på
- Tilstrekkelig beskyttelse for å hindre kuldesjokk respons
- Tilstrekkelig isolasjon i drakten og undertøy for å hindre dødelige virkninger av hypotermi
- Vannrette hals og håndledds mansjetter for å hindre lekkasjer
- Beskyttelse av hode, hender og føtter
- Beskyttelse av nakke- og hode regioner (isolert hette integrert i drakten)
- Oppdrift og flyteegenskaper (hodestøtte, fribord for å forebygge drukning)

Tilbehør:

- Mulighet for å signalisere (fløyter, strobelys, personlige nødpeilesendere)
- Spray hood (opprettholde frie luftveier i bølger)
- Hansker (sikre manuell ytelse)
- Kameratline
- Sele/stropper

Selv om overlevelsesdraktens rolle som hypotermiforebyggende hjelpemiddel ved ulykker til sjøs er udiskutabel, er det svært lite sannsynlig at den kan gi overlevelse i 5 døgn (meddelelse Mike Tipton).

Overlevelsesdrakter med strengest krav til termisk isolasjon skal kunne beskytte en person mot hypotermi i

minst 6 timer ved sjøtemperaturer ned mot 2 °C (IMO res MSC. 81(70)). Testene gjennomføres i stille vann og lufttemperatur på 10 grader. Det er en utfordring at overlevelsesdrakter testes etter "snille" testkrav sammenlignet med det vi kan forvente i Arktis, samtidig som et testkrav til 5 døgn vil være umulig å gjennomføre i praksis (meddelelse Mike Tipton). Det finnes noen få studier som har undersøkt overlevelsesdrakter under mer ekstreme forhold som kan forventes i Arktis, og samtlige viser til at draktytelsen endres (Ducharme and Brooks, 1998), (Faerevik et al., 2010) (Power et al., 2015).

- Isolasjon reduseres i bølger og vind (varmetap fra kroppen øker)
- Ising (kameratline, sprayhood, festepunkter, selestropper)
- Nedkjøling av ekstremiteter (hender, føtter)
- Mørke (se andre)
- Synlighet (bli sett)

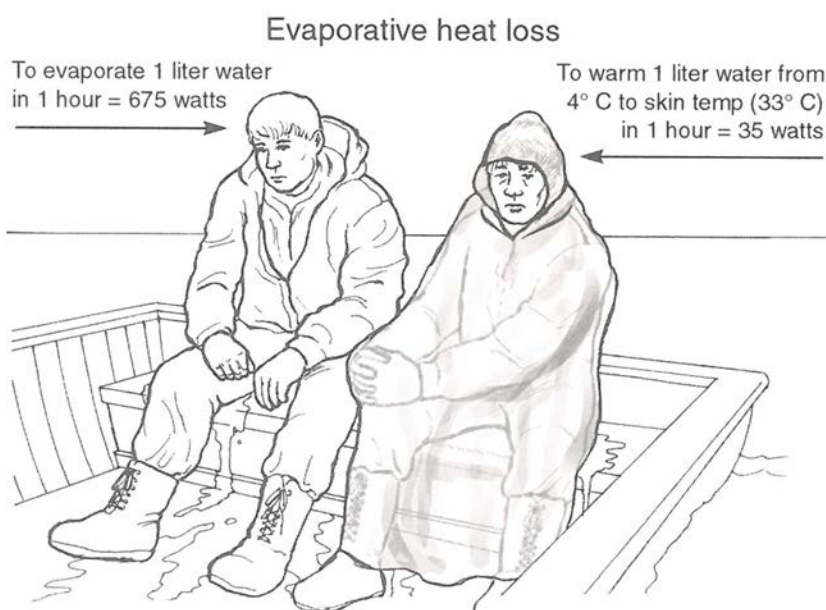
I 2012 ble det utviklet en ny helikoptertransport drakt for Nordområdene (Hansen Protection SeaAir Barents) i samarbeid med ENI, Hansen Protection og SINTEF (Færevik et al. 2012). Denne drakten innfrir krav til nedkjøling av kjernen i mer ekstreme omgivelser, men har fortsatt et forbedrings potensial, spesielt når det gjelder ising og bedre system for gjenfinning (PLB). Det finnes drakt systemer som hevder å sikre 24 timers overlevelse (<http://www.whiteglacier.com/cold-water-immersion-suit>) , samt evakueringsdrakt for ubåt eller jagerflypiloter som kan gi inspirasjon til fremtidige draktsystemer for overlevelse lenger enn 6 timer.

Anbefalinger (se også 5.2):

- Ytelseskriterier for redningsdrakter: Tester bør gjennomføres i forhold som er representative for operasjonsområdet for cruiseskipet. Hvis dette ikke er mulig, kan man legge inn en korreksjonsfaktor for reduksjonen i isolasjonverdi når forholdene endrer seg fra rolig til grov sjø som inkluderer vind, bølger og mulig lekkasje
- Det bør utvikles drakter som kan innfri strengere ytelseskriterier under arktiske forhold (isolasjon, isingsproblematikk, lokalisering og varsling, synlighet)

7.2 Thermal Protective Aids

IMO polarkoden stiller krav til termisk beskyttelse i form av "thermal protective aids" (TPA), disse skal også finnes i flåter eller livbåter. IMO krav sier at TPA skal lages av et vanntett materiale og skal redusere både konvektivt og evaporativt varmetap fra kroppen. Den skal videre være lett å ta av og på, ta liten plass, dekke hender og føtter og skal fungere i temperaturer ned til -30°C. Flere studier har vist at TPA har en god termisk beskyttelseeffekt spesielt hvis du har våte klær (Allan et al., 1991) , eller sitter i en livbåt (Mak et al., 2010). Det er imidlertid lite som tyder på at forulykkede vil klare å opprettholde varmebalanse over tid uten varmeproduksjon fra skjelving(Boone et al., 2009).



Figur 4. Evaporative heat loss in TPA. Fra (Golden and Tipton, 2002)

Anbefalinger:

- Det er i dag ikke krav til at en TPA skal være vanntett og den gir heller ikke mye isolasjon. Det anbefales å utvikle bedre konsept som ivaretar krav til termisk isolasjon av kropp, hender og føtter, hindre vanninntrenging (tørrdrakt), samt integrere antisklistøvler for å kunne beveges seg på is.

7.3 Space Blankets

Under terrorangrepene i Paris i november 2015 så vi en utstrakt bruk av såkalte "Emergency Space Blankets" av aluminium. Dette har blitt et populært produkt for å forebygge hypotermi og er vanlig i førstehjelpspakker, til tross for at det lenge har vært kjent at den hypotermiforebyggende effekten av disse er svært begrenset (Chadwick and Gibson, 1997). "Space blankets gir ingen isolasjon i seg selv men skal reflektere varmemstråling som avgis fra hudoverflaten. Det største varmetapet hos hypotermie personer skjer imidlertid gjennom konduksjon/konveksjon og stråling utgjør en meget liten andel av den totale varmeoverføringen. Det er heller ikke mulig å opprettholde vakuemet som er nødvendig for refleksjon av varmemstråling ved tøffe klimatiske forhold (vind, nedbør, regn).

Anbefalinger:

- Aluminiumsbelagte "Space Blankets" gir liten beskyttelse for å hindre hypotermi annet enn at de kan fungere som vindbeskyttelse/dampsperre. Alternative og bedre produkter kan benyttes som vil gi samme effekt

8 Overlevelse i flåte eller livbåt

En metaanalyse av 448 skip som gikk ned under andre verdenskrig viste at 68% ble reddet, 26 % døde før de nådde flåte, 6 % døde etter de kom i flåten. Kulden var den viktigste dødsårsaken ($> 5^{\circ}\text{C}$ vanntemp : dødelighet 20-30%, $< 20^{\circ}\text{C}$ vanntemp: dødelighet mindre enn 1 %). Jo lenger de ble sittende i flåten (tid til redning), jo høyere var dødeligheten (McCance 1956).

Flåte

Oppblåsbare redningsflåter brukes på nesten alle passasjerskip, fiskefartøy og handelsfartøy og på oljeinstallasjoner. International Maritime Organization (IMO) krever at oppblåsbare redningsflåter skal "være tilstrekkelig isolert", men det er ingen ytelseskriterier for disse. Ved evakuering fra et større passasjerskip er det lite sannsynlig at passasjerene har annet personlig overlevelsesutstyr enn en redningsvest på seg. Derfor kan redningsflåten bli den eneste termiske beskyttelse mot det kalde vannet mens de venter på redning. Varmetapet fra en ubeskyttet person vil drastisk øke hvis det er et lag med vann på gulvet, eller hvis du har våte klær, noe som er svært sannsynlig (ved entring fra vann eller at flåten går rundet).

Et eksempel på hvor ille det kan bli hvis du blir våt og ikke får på deg overlevelsesdrakt når du sitter i flåten, ble illustrert i en VG reportasje av journalist Anne Stine Sæther, da en fiskebåt med fem personer havarerte 12 mil nord for Båtsfjord (210 km ut fra Banak) vinteren 2015 (<http://www.vgtv.no/#!/video/113080/doedskampen-i-barentshavet>). Personen som ikke fikk på seg overlevelsesdrakt var svært nedkjølt og var i ferd med å gi opp da redningshelikopteret fant dem etter en time og førti minutter. VG reportasjen er en interessant beskrivelse av en reell hendelse, men er ikke retningsgivende for hvor lenge man kan overleve i en flåte.

Et Canadisk forskningsteam har gjennomført et forskningsprosjekt i regi av Transport Canada for å bedre sikkerheten og gi innspill til nye forskrifter (MASSERT: Maritime and Arctic Survival Scientific and Engineering Research Team) (Boileau et al., 2010). MASSERT Studiene hadde spesiell fokus på livreddende utstyr og menneskets fysiologiske begrensninger i et overlevelsesperspektiv i kaldt klima. IMO var observatør av disse studiene. Målet med MASSERT prosjektet var å undersøke om dagens termiske beskyttelsesutstyr og beredskap var tilstrekkelig for å overleve en storulykke i Arktis, samt identifisere minimums termiske beskyttelseskriterier for å overleve (Mak et al., 2011b).

De viktigste målene for prosjektet var:

1. Etablere ytelseskriterier for termisk beskyttelse og testmetoder for personlig- og gruppeoverlevelsesutstyr som kreves for passasjerskip opererer i Arktis.
2. Utvikle en modell for å kunne forutsi overlevelse for forulykkede i livbåter, redningsflåter, telt og flyvrakdeler i ulike arktiske forhold.
3. Vurdere om eksisterende luft- og marine redningsredskaper og opplæring oppfyller kravene til termisk beskyttelse.

4. Gi anbefalinger knyttet til mennesker, prosedyrer og utstyr for å imøtekomme de foreslåtte kravene til termisk beskyttelse ved å utvikle overlevelsesstrategier og opplæring for mannskap og passasjerer ved store katastrofer.

Et av MASSERT studiene undersøkte overlevelsestid i flåte (definert fra nedkjølingsrate) (Mak et al., 2009). Her undersøkte man termisk beskyttelse og estimerte overlevelsestid i en flåte ved eksponering til 5°C vann, 5°C lufttemperatur, og 1 m bølger ved fire ulike case; 1) tørre klær, fullt oppblåst bunn i flåten, 2) våte klær, fullt oppblåst bunn i flåten, 3) tørre klær, halvt oppblåst bunn i flåten, 4) våte klær, halvt oppblåst bunn i flåten. Det ble også undersøkt bruk av "thermal protective aid" (TPA) i flåten og overlevelsestid ble estimert ut fra Defence R&D Canada's Cold Exposure Survival Model (Tikusis and Keefe, 2005). Baselinestudiet inkluderte 12 personer. Studiet viste at isolasjonen i flåtens bunn er viktig for å ivareta den termiske beskyttelse og estimert overlevelsestid. Ti cm vann i bunnen av flåten førte til en signifikant reduksjon i isolasjon og estimert overlevelsestid. Bruk av TPA forbedret situasjonen i alle tilfeller og økte overlevelsestiden med hele 48 % sammenlignet med våte klær og halvt oppblåst flåtebunn (verste scenario). Studiet viste også at antall personer i flåten vil ha stor betydning for CO₂ opphopning, og 16 personer i flåten sammenlignet med 3 vil føre til betydelig kortere estimert overlevelsestid ut fra dette kriteriet. Med forbehold om at dette er basert på en matematisk modell, vil man ikke kunne forvente overlevende i flåte etter fem dager i henhold til IMO Polarkoden. Utfordringen er hvordan man kan opprettholde ventilasjon i livbåt eller redningsflåte for å forhindre CO₂ opphopning, og samtidig opprettholde optimal temperatur for overlevelse. Det er også viktig at flåten har et system som sikrer at personer kommer seg i flåten, både kjønn, vekt, styrke, høyde og vekten av våte klær vil ha innvirkning på muligheten til å entre en flåte (Tikusis et al., 2005). Ytre faktorer som vil påvirke dette: livbåtdesign, vanntemperatur, vind, bølger, fysiske karakteristikk (kjønn, vekt, styrke, høyde, alder), våte klær, kulde påvirker manuell yteevne – musklene nedkjøles – motorikk påvirkes – nedsatt evne til å svømme. En redningsvest som bygger mye foran vil påvirke hvordan du greier å komme seg i flåten. Det finnes lite publiserte data fra mennesker som har prøvd å entre en flåte under kaldere forhold, med eller uten overlevelsesdrakt, eller når man eksempelvis er utmattet fra å svømme eller fra å holde frie luftveier. Flåter har fått betegnelsen "the inflatable vomitorium". Det er svært sannsynlig at man vil bli sjøsyk første 24 timene, og sjøsyke påvirker både humør og temperatur regulering. Varmetap til omgivelsene er 5 ganger større hvis det er vått, hvordan kan man hindre at det kommer vann inn i flåtebunnen, er det mulighet for å tørke klær i en flåte, finnes det overhodet tørre områder? En annen stor utfordring er hvordan man kan masse evakuere opptil 200 personer og samtidig sikre ernæring og væske for 5 døgn? Det vil kreve plass og veie mye. Eksempelvis: væske: 200 personer x 1 L x 5 døgn = 1000 L vann. Energibar: 200 personer x 3 energibar (200 kcal) x 5 døgn = 3000 Energibar. Hva med kokemuligheter og sanitærforhold?

Faktorer som vil påvirke overlevelsestid i flåte (Mak et al., 2009):

- Bruk av Thermal Protective Aids (TPA)
- Tørre eller våte klær
- Isolasjon i gulvet på flåten
- Ventilasjon i flåten
- Sjøsyke

Livbåt

IMO polarkoden viser til at livbåter skal være delvis eller helt lukket (§8.3.3.3 -1). En helt lukket livbåt er en utfordring fordi det vil føre til opphopning av CO₂, samt at temperaturen inne i livbåten vil øke når mange mennesker sitter i den (Taber et al., 2011). Sitter man i en overlevelsesdrakt i en livbåt over tid kan dette paradoksalt nok føre til et varmestress som ikke kan kompenseres (Power and Ré, 2013). Det øker risiko for dehydrering og økt kjernetemperatur som kan svekke kognitiv ytelse (Færevik and Eidsmo Reinertsen, 2003). Sitter man i en godt isolert overlevelsesdrakt (tørrdrakt) må temperaturen i omgivelsene være så lav som 14 °C for å være termoneutral (Faerevik et al., 2001). Det er derfor viktig at livbåten har løsning for ventilasjon som sikrer at det ikke skjer opphopning av CO₂ eller at temperaturen blir for høy.

Anbefalinger:

- Alle passasjerer/forulykkede må ha en TPA i tillegg til oppdriftsmiddel (eventuelt integrert)
- Alle flåter må ha et system for å holde gulvet i flåten tørt/eller at personer sitter over vannet
- Gulvet i flåten må ha mest mulig isolasjon
- Flåte/livbåt må ha et system for å kontrollere tilstrekkelig ventilasjon men samtidig sikrer optimal temperatur
- Et system for tilførsel av væske og ernæring
- Sjøsyketabletter eller plaster

9 Personlig- og gruppeoverlevelsesutstyr ved evakuering til is/land

På grunn lang avstander må forulykkede vente lenge på redningen. I mellomtiden må de greie seg på egenhånd. Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen (IMO) har ikke spesifikke termiske ytelseskriterier for redningsflåter, livbåter eller for personlige eller gruppeoverlevelses utstyr.

Personlig og gruppeoverlevelsesutstyr (PSK og GSK), termiske beskyttelseskrav og løsninger

IMO Polarkoden for skip som opererer i polare farvann foreslår et overlevelseskrav på 5 dager som inkluderer den tiden det tar fra man forlater skipet, evakuerer til livbåt/flåte og etablerer et midlertidig sted for sikkerhet på is/land (IMO Polarkoden). Noe av det mest kritiske ved en storulykke i Arktis vil være risikoen for nedkjøling. IMO Polarkoden (§9.1 og § 9.2) oppgir en liste over overlevelsesutstyr som også inkluderer termisk beskyttelse (personlige og gruppe overlevelse utstyr). Polarkoden oppgir imidlertid ingen spesifikke ytelseskriterier eller testkrav for termisk beskyttelsesutstyr.

MSC/Circ 1056 Kapittel 11 og 15 gir retningslinjer for skip som opererer i polare farvann og beskrivelse av innhold i personlig- og gruppeoverlevelsesutstyr. Kapittel 11 gir en beskrivelse av innhold i PSK og GSK, hvordan disse bør lagres på skipet, at det må kunne forflyttes på is og være flytende. Fra et termisk ståsted inneholder GSK mye bra overlevelsesutstyr (eks. telt, soveposer, vakuumpakket undertøy og beskyttelse av ekstremiteter og ansikt) (Tabell 11.2 MSC/Circ 1056), men heller ikke denne standarden oppgir målbare ytelseskrav for termisk beskyttelse. Eksempelvis, i § 11.52 står det at det i livbåter skal det være plass til "passende" polar bekledning, men det står ingenting om hva dette skal være eller krav til isolasjon. Det er

også krav til at drikkevann ikke skal fryse (§11.5.6) og nød rasjoner (§11.5.7). For flåter står det ingenting om krav til nød rasjoner, men samme krav til drikkevann som for livbåt.

Som en del av MASSERT studiene, ble det undersøkt en rekke eksisterende **termisk beskyttelsesutstyr** for å overleve en storulykke i Arktis i fem døgn (**Mak et al., 2011b**). Prosjektet undersøkte krav til termisk beskyttelse i redningsflåter, livbåter, redningsdrakter og PSK/GSK systemer. I første fase av prosjektet ble isolasjonsverdier i syv ulike bekledningskonsepter og/eller termisk beskyttelsesutstyr som er vanlig tilgjengelig for cruiseskip og flypassasjerer målt ved hjelp av to termiske mannekenger. Disse ble så testet på mennesker under simulerte arktiske forhold, og en matematisk modell ble så benyttet til å simulere ulike overlevelsesscenarier.

De syv ulike konsepter som ble testet varierte fra vanlig dongeribukser med bomullsgenser (Cabin Wear) til ullundertøy, lue, votter, ullsokker kombinert med redningsvest og/eller TPA og/eller dunfylt redningspose og/eller SOLAS godkjent overlevelsesdrakt. Beskyttelsesbekledningen som er en del av Canada Forces Major Air Disaster Kit (MAJAID) ble også testet. Testene ble utført både med tørr og våt bekledning ved 5 °C og -15 °C med og uten vind. Uten vind var isolasjonen ikke uventet lavest med Cabin Wear og høyest med MAJAID klær i tillegg til dun redningspose. Med våte klær ved 5 °C, var isolasjonsverdien 2 til 2,5 ganger lavere enn tørr verdi, og tørketiden var opptil 60 timer. Dette understreker viktigheten av å holde klærne tørre. Ved 7 meter per sekund vind synker isolasjonsverdien på alle ensembler betraktelig (30 % til 70 %). Resultatene understreker behovet for å ha et vindfang som beskytter.

Det ble også gjort en matematisk simulering av overlevelse i 24 timer der man enten hadde sovepose og telt, eller kun ekspedisjonsbekledning med langt undertøy (langermet skjorte og bukse i ull), fleeejakke, og vindtett jakke og bukse, ullsokker, jakke med fleeefor, thinsulate votter og gummistøvel med fem-lags foring. I begge scenarioene ble det antatt at passasjerene blir værende i redningsflåte i seks timer før de evakueres til land. Under transporten fra redningsflåten til land utføres lett arbeid (40 W), mens de utsettes for kulde og vind. I det første scenariet, ble det antatt at passasjerer på land har tilgang til telt og lett sovepose med varmeisolasjon på fire Clo (0,62 m² K / W). I det andre scenarioet ble det antatt at passasjerene forble eksponert til vær og vind.

Resultatene fra dette studiet viste at passasjerene er sterkt avhengig av skjelving for å forebygge utvikling av mer alvorlig hypotermi. Uten telt og sovepose vil det være en betydelig nedkjøling, og skjelveintensitet vil øke inntil tre ganger hvilemetabolismen. Den matematiske modellen viste at selv med bruk av telt og sovepose kan personer bli nedkjølt og være avhengig av skjelverespons for å opprettholde varmeproduksjon i lenger tid. Vi fant ingen studier av mennesker som har sett på om det er mulig å opprettholde varmebalanse ved skjelving i 5 døgn. Dette vil være et svært krevende eksperiment å gjennomføre og det vil være utfordrende å rekruttere forsøkspersoner til en så langvarig studie.

Eksempler på overlevelsesutstyr for Arktis.

SKAD: Survival Kit Air Droppable

MAJAID: Canada Forces Major Air Disaster Kit

Fra Sysselemanden på Svalbard: Arctic Survival Kit som en del av Longyearbyen Røde Kors (LRC) nød utstyr som består av:

Telt til 150 personer:

- 30 poser, som inneholder Arctic overlevelse utstyr med kapasitet til 240 personer
- Total kapasitet 400 personer

Hver vanntette pose inneholder utstyr for 8 overlevende:

- 4 Fjellduken Thermo ekstreme
- 2 soveputer
- 8 Flasker vann
- 8 Heatpack
- 1 Readyheat heatblanket

1 Samsplint First-Aid Pillow

Vurdering av termisk beskyttelse i Arctic Survival Kit (Longyearbyen Røde Kors)

Fjellduken Jerven Thermo Extreme ble behørig testet av SINTEF i 1997 og har vært et populært produkt på markedet siden. Den ble testet i klimakammer, i felt (overnatting ved Snøhetta) og i vindtunnel ved Finnish Institute of Occupational Health i Oulu i 80 effektive kuldegrader, og temperaturen inne i fjellduken var 8 °C. I prosjektet prehospital isolasjonshåndtering kom det frem at Fjellduken er et godt hjelpemiddel som brukes mye i forsvaret, det tar lite plass men tilfører ikke pasienten noe varme og man vil nødvendigvis tape varme over tid (SINTEF 2010). Fjellduken har en dampspærre som er fordelaktig for å forhindre ytterligere varmetap. Det er imidlertid uvisst om Fjellduken vil holde deg varm nok i fem døgn, dette er ikke testet. Ut fra Canadiernes vurdering av MAJAID kan man anta at skjelveproduksjon være nødvendig for å opprettholde varmebalanse også ved bruk av Fjellduken. Dette gjenstår å undersøke. I en feltsituasjon må **termisk beskyttelse** være enkelt å bruke, man kan ikke belage seg på systemer som krever elektrisitet. Vurdering av termisk beskyttelse i Ready Heat Blanket (Allen et al., 2010) viser at det kan bli så varmt som 40 °C og det kan være en risiko for brannskade hvis det benyttes rett på hud. Det er også viktig at det er utstyr for å hindre respiratorisk varmetap (ansiktsmaske) samtidig som at beskyttelse av ansikt vil forhindre kuldeskader og forbedre termisk komfort (O'Brien et al., 2011).

Anbefalinger:

- Etablere ytelseskriterier for termisk beskyttelse og testmetoder for personlig- og gruppeoverlevelses utstyr som kreves for passasjerskip som opererer i Arktis
- Videre forskning er nødvendig for å studere hvor lenge man kan opprettholde skjelving under ekstreme forhold, og det finnes ingen studier som kan dokumentere at det kan opprettholdes i 5 døgn
- Forskning på masseredningsscenarier for cruiseskip bør ideelt sett også innebære studier av begge kjønn, og ulike alderssammensetninger
- Ved evakuering til is/land vil det være viktig å få satt opp beskyttelse mot vær og vind så fort som mulig, teltet må være enkelt å sette opp
- Det bør være plass nok til kokemuligheter og ta hensyn til at man skal oppholde seg i teltet i lenger tid
- Arealkrav må justeres i forhold til vektkrav

- Bekledning og beskyttelse: Fullt sett av vakuumpakket termisk bekledning og beskyttelse, med ekstra hensyn til barn, kvinner, eldre
- Risikogrupper (eldre, syke, skadde) må ha ekstra termisk beskyttelse
- Kokeapparat må være fullt mulig å operere ned til -25 °C

10 Identifiserte gap

Litteraturstudiet har identifisert følgende hoved gap i forhold til krav i IMO Polarkoden og andre forutsetninger:

Hypotermi og kulderelaterte lidelser:

Enkelte sykdomstilstander forverres i kulde, eldre og personer med kroniske lidelser er mer utsatt enn yngre, risiko for fallskader på grunn av is, alkoholserving utgjør et problem.

- Manglende beskrivelse av hvordan man bør håndtere passasjerer som er særskilt utsatt for nedkjøling og/eller har sykdommer som vil predisponere for utvikling av hypotermi og kuldeskader (eldre, mennesker med funksjonsnedsettelse) ved en ulykke i polare farvann
- Manglende beskrivelse av hvordan man skal forholde seg til alkoholserving

Ernæring og væske

- Det er beskrevet konkrete krav til innhold i nød rasjoner, men det er uvisst om dette er optimalt i forhold til 5 døgns overlevelse. Varmeproduksjon fra skjelving kan opprettholdes i lang tid ved å basere seg på fettforbrenning og minimalt på karbohydratforbrenning. Selv om karbohydrater er en energikilde som er lett anvendelig viser nyere forskning at det ikke er sikkert at en høy prosentandel av dette i maritime nød rasjoner er det optimale for overlevelse ved lang kuldeeksponeringer der varmproduksjon fra skjelving er avgjørende
- Det er ikke klart hvordan man skal sikre tilstrekkelig væske og oppbevaring av dette for å hindre frysing i 5 døgn

Personlig redningsutstyr

- IMO Polarkoden stiller krav til henholdsvis isolert overlevelsesdrakt og Thermal Protective Aid (TPA) som del av PSK. Det finnes ingen beskrivelse av termiske ytelseskriterier for overlevelsesdrakter eller TPA under forhold som er representative for operasjonsområdet for cruiseskip med hensyn til termisk beskyttelse, funksjonalitet og beskyttelse mot vann og vind. Det står heller ingenting om hvordan dette skal oppbevares eller tid beregnet for å ta på seg dette utstyret
- Fem døgn overlevelse i en isolert overlevelsesdrakt er urealistisk, og man må belage seg på andre redningsmiddel. Det finnes 24 timers drakter, bør det innføres krav til dette på skip som opererer i Arktis?
- De fleste overlevelsesdrakter i dag er ikke testet etter mer ekstreme forhold som kan forventes i Arktis
- Det finnes gode drakter, men det er fortsatt utfordringer i forhold til isolasjon, isingsproblematikk, lokalisering og varsling, synlighet

- Standardiserte krav til annen termisk beskyttelse (TPA) innfrir ikke de strengere krav til isolasjon, forhindring av vanninntrenging og antisklisystem på sko. TPA i dag er ikke designet for alle faser av en ulykkessituasjon: Bevege seg på dekk/is, beskyttelse i livbåt/flåte, beskyttelse på is/land

Livbåt/flåte

- IMO polarkoden viser til at livbåter skal være delvis eller helt lukket (§8.3.3.3 -1). En helt lukket livbåt er en utfordring fordi det vil føre til opphopning av CO₂, samt at temperaturen inne i livbåten vil øke når mange mennesker sitter i den. Sitter man i en overlevelsesdrakt i en livbåt over tid kan dette paradoksalt nok føre til et varmestress som ikke kan kompenseres
- Det er mange som ikke vil greie å komme seg i livbåt/flåte ved egen hjelp
- Faktorer som vil påvirke overlevelsestid i flåte er bruk av Thermal Protective Aids (TPA), om bekledningen er tørr eller våt, isolasjon i gulvet på flåten, ventilasjon i flåten, om man kommer seg i flåten. Det finnes ikke ytelseskriterier for bruk av TPA i flåte/livbåt
- Det finnes utstyr for vanntilførsel og krav til væskebeholdere i US Coast guards standarder men det står lite om hvordan disse skal oppbevares og hvordan man skal hindre at dette fryser
- Tørr evakuering vil sikre mye lenger overlevelsestid

Gruppe- og personlig overlevelsesutstyr

- Det er manglende ytelseskraav knyttet til produktene i PSK (termisk beskyttelse, isolasjonsgrad etc.). Det er også manglende beskrivelser av prosedyrer for hvordan PSK skal oppbevares, brukes og bringes med ved evakuering. Etter evakuering til sjø kan personell komme seg opp på is eller til annet redningsmiddel, og da er det hensiktsmessig om man kan nyttiggjøre seg det tørre klesskiftet i PSK
- Det finnes ikke ytelseskriterier for termisk beskyttelse og testmetoder for personlig- og gruppeoverlevelses utstyr som kreves for passasjerskip som opererer i Arktis. Det er derfor uvisst om PSK og GSK systemer vil sikre overlevelse i 5 døgn
- Aluminiums belagte "Space Blankets" gir liten beskyttelse for å hindre hypotermi annet enn at de kan fungere som vindbeskyttelse/dampspærre. Alternative og bedre produkter kan benyttes som vil gi samme effekt

Prehospital isolasjonshåndtering

- Mangelfull beskrivelse av metodikk og utstyr for optimal håndtering av nedkjølte pasienter i et storulykkeperspektiv.

Annet

- Kunnskap fra kvantitative studier på menneskets fysiologiske responser og begrensninger i kulde baserer seg i stor grad på at unge friske mennesker eksponeres for kulde under kontrollerte forhold i et klimakammer eller basseng. Det er imidlertid svært få studier av mennesker som har blitt utsatt for kuldeeksponering utover 24 timer og dermed kan matematiske modeller for beregning av overlevelsestid under ulike dimensjonerende forhold være et viktig verktøy i søk og redningsoperasjoner.
- Mangelfullt system for varsling og gjenfinning når personer faller i sjøen
- System som kan sikre seg at alle passasjerer blir registrert i en evakueringsituasjon.

11 Anbefalinger og tiltak

Anbefalinger og tiltak som kan bidra til å redusere og/eller unngå hypotermi og andre kulderelaterte lidelser/skader i et storulykkescenario. National Research Council Canada fremholder at noen av de viktigste behovene for transport passasjerer gjennom Arktis er:

- Endringer i regelverket
- Trening og utstyr for Arktis
- Utvikling av bedre systemer for beskyttelse mot kulde og annet overlevelsesutstyr
- Forståelse for menneskets fysiologi i et overlevelsesperspektiv i kaldt klima

Litteraturstudiet støtter opp om disse overordnede behovene og har påvist flere områder der det er mangelfull kunnskap eller innsikt, eller gap i forhold til IMO Polarkodens krav om overlevelse i 5 døgn. Her er anbefalingene oppsummert:

Hypotermi og kulderelaterte skader/lidelser:

- Tilgjengelig medikamenter i flåte/livbåt/GSK/PSK på isen (diabetes/hjertesykdommer)
- Kunnskap og opplæring av personell og mannskap om kuldeeksponering og risikogrupper
- Innføre helsekrav for cruise passasjerer i Arktiske farvann
- Kartlegge medisinsk tilstand og medikamentbruk blant passasjerer
- Opplæring og informasjon som sikrer at cruisepassasjerer er fysisk og mentalt i stand til å takle en nødsituasjon i Arktis
- Sørge for isolasjonshåndtering og vindbeskyttelse så fort som det er praktisk mulig, og jevnlig kontroll av hud, føtter og hender.
- Isolasjonshåndtering av nedkjølte pasienter så fort som mulig
- Sjøsyketabletter tilgjengelig i maritimt redningsmateriell
- Ivareta eldre som vil være mest utsatt ved eksponering til kulde ved en ulykke
- Restriksjoner i alkoholserving vil kunne redusere skadeomfang ved en storulykke i nordområdene

Ernæring og væske

- Redningsflåter og livbåter må ha et beholdersystem for min 110-220 ml væsketilførsel per dag per person og passe på at dette ikke fryser
- Løsninger:
 - I en flåte kan man bruke en svamp til å samle regnvann eller kondensert vann på innsiden av duken i en redningsflåte
 - Flytbare systemer for å destillere vann ved hjelp av solenergi
- Systemer for reversert osmose
- Kokeapparat må være fullt mulig å operere ned til -25 °C
- Forskning på optimal sammensetning og mengde av næringsstoffer i maritime nød rasjoner for å sikre 5 døgns overlevelse

Personlig redningsutstyr

- Utvikle maritimt redningsutstyr som ivaretar funksjonalitet (manuell og kognitiv yteevne) også før det er snakk om kuldeskader og hypotermi.
- Personlig redningsutstyr må utvikles på en slik måte at det ivaretar alle kritiske faser i en ulykke til sjøs
- Ytelseskriterier for redningsdrakter: Tester bør gjennomføres i forhold som er representative for operasjonsområdet for cruiseskipet. Hvis dette ikke er mulig, kan man legge inn en korreksjonsfaktor for reduksjonen i isolasjonverdi når forholdene endrer seg fra rolig til grov sjø som inkluderer vind, bølger og mulig lekkasje
- Det bør utvikles drakter som kan innfri strengere ytelseskriterier under arktiske forhold (isolasjon, isingsproblematikk, lokalisering og varsling, synlighet)
- Det bør utvikles prosedyrer for å forsinke nedkjølingshastighet ved bevegelse hvis du ligger i en godt isolert overlevelsesdrakt
- Det er i dag ikke krav til at en TPA skal være vanntett og den gir heller ikke mye isolasjon. Det anbefales å utvikle bedre konsept som ivaretar krav til termisk isolasjon av kropp, hender og føtter, hindre vanninntrenging (tørdrakt), samt integrere antisklistøvler for å kunne beveges seg på is.

Livbåt og flåte

- Alle passasjerer/forulykkede må ha en TPA i tillegg til oppdriftsmiddel (eventuelt integrert)
- Alle flåter må ha et system for å holde gulvet i flåten tørt/eller at personer sitter over vannet
- Gulvet i flåten må ha mest mulig isolasjon
- Flåte/livbåt må ha et system for å kontrollere tilstrekkelig ventilasjon, men samtidig sikre optimal temperatur
- Et system for tilførsel av væske og ernæring
- Sjøsyketabletter eller plaster
- Utvikle bedre systemer for direkte overføring av passasjerer fra skip til livbåt

Gruppe- og personlig overlevelsesutstyr

- Etablere ytelseskriterier for termisk beskyttelse og testmetoder for personlig- og gruppeoverlevelses utstyr som kreves for passasjerskip som opererer i Arktis
- Videre forskning er nødvendig for å studere hvor lenge man kan opprettholde skjelving under ekstreme forhold, og det finnes ingen studier som kan dokumenter at det kan opprettholdes i 5 døgn
- Forskning på masseredningsscenarier for cruiseskip bør ideelt sett også innebære studier av begge kjønn, og ulike alderssammensetninger
- Ved evakuering til is/land vil det være viktig å få satt opp beskyttelse mot vær og vind så fort som mulig, teltet må være enkelt å sette opp
- Det bør være plass nok til kokemuligheter og ta hensyn til at man skal oppholde seg i teltet i lenger tid
- Areal krav må justeres i forhold til vektkrav
- Bekledning og beskyttelse: Fullt sett av vakuumpakket termisk bekledning og beskyttelse, med hensyn til barn, kvinner, eldre og personer med funksjonsnedsettelse.
- Risikogrupper (eldre, syke, skadde) må ha ekstra termisk beskyttelse

Prehospital isolasjonshåndtering

- Termisk stabilisering av nedkjølte pasienter:
- Hindre ytterligere varmetap:
 - Hvis pasienten bare er mildt hypoterm og fortsatt i stand til å skjelve, bør man tillate spontan revarming ved varmeproduksjon fra skjelving
 - Fjern pasienten fra våte og kalde omgivelser, ta av våte klær og stabiliser skader
 - Hvis det er lite tid til å fjerne våte klær er det effektivt å legge en dampspærre innerst for å hindre evaporativt varmetap gjennom bruk av kroppsvarme
 - Aktiv oppvarming bør begrenses til kjemiske varmepakninger (eller varme vannflasker) som kan legges i halsregion, ved armhuler og lysken
 - Bedre systemer for å kunne måle kjernetemperatur i felt

Annet

- Det bør vurderes om US Coast Guard Survival Prediction Tool er et verktøy som kan benyttes i søk og redningsoperasjoner i SARiNOR
- Utvikling av nødpeileteknologi tilpasset nordområdene og integrering av dette i ulike typer redningsutstyr (redningsvest, flåte, drakt, TPA) på en smart måte
- Utvikling av et system som kan lokalisere hvor passasjerer befinner seg på et cruiseskip et ved en evakueringssituasjon og identifisere om alle er evakuert

12 Videre forskning og utvikling

Noen ubesvarte forskningsspørsmål:

- Hvor mye isolasjon trenger passasjerer som representerer et bredt spekter av alder, kjønn, treningstilstand og helsemessige forhold for å overleve i flere dager i typiske arktiske forhold?
- Hvor mye varme kan man generere gjennom skjelving, og hvor mye mat kreves for å opprettholde skjelveproduksjon i fem dager?
- Hvordan bør sammensetningen av næringsstoffer i nød rasjoner være?
- På et cruiseskip med en typisk gruppe av uerfarne, eldre eller fysisk funksjonshemmede passasjerer; hvor lang tid vil det ta for alle å få på seg termisk beskyttelse og redningsvester, eventuelt redningsdrakter for å evakuere til livbåter eller flåter?

Tabell 6 viser en oversikt over forsknings og utviklingsområder.

Område	Forskning- og utvikling
Utvikling og bruk av overlevelsesmodeller som planleggingsverktøy i SAR operasjoner	Kunnskap om hypotermi og overlevelse i kaldt klima må ligge til grunn for utvikling og forbedring av modellene Bedre forståelse for det fysiologiske fundamentet bak overlevelsesmodellene Innhenting og deling av data fra ulykker Data for bedre beregning av overlevelsestid ved tørr, våt, semi-tørr evakuering og redning. Internasjonalt FoU samarbeid
Håndtering av nedkjølte pasienter	Det er behov bedre dokumentasjon for hvordan nedkjølte pasienter bør håndteres i et masse evakuerings perspektiv, dagens praksis baserer seg på tradisjon og erfaring, ikke på vitenskapelige bevis
Drakt	Hvordan hindre ising på overlevelsesdrakt (sprayhood, kameratline etc.)?
Livbåt	Hvordan sikre optimal temperatur og ventilasjon? Studier med mennesker over lenger tid/realistiske forhold?
Flåte	Temperatur, ventilasjon, isolasjon i flåtebunn. Hindre vanninntrenging Studier med mennesker over lenger tid/realistiske forhold?
Ulykkes granskning	Granskning av ulykker som er skjedd med spesifikt fokus på utstyr og overlevelse er nødvendig for å komme med forslag til nye tiltak

13 Litteraturliste

- ALLAN, J., WEBB, P., SMOLANDER, J., QUIGLEY, B. M., CANDAS, V., WERNER, J., MYHRE, L. G., MEKJAVIC, I. B. & DOUBT, T. J. 1991. International Conference on Environmental Ergonomics (4th) Held in Austin, Texas on 1-5 October 1990. DTIC Document.
- ALLEN, P. B., SALYER, S. W., DUBICK, M. A., HOLCOMB, J. B. & BLACKBOURNE, L. H. 2010. Preventing hypothermia: comparison of current devices used by the US Army in an in vitro warmed fluid model. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 69, S154-S161.
- BERG, T. E., HOLTE, E. A., OSE, G. O. & FÆREVIK, H. Safety at Sea: Improving Search and Rescue (SAR) Operations in the Barents Sea. ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2013. American Society of Mechanical Engineers, V006T07A007-V006T07A007.
- BITTEL, J. H., NONOTTE-VARLY, C., LIVECCHI-GONNOT, G. H., SAVOUREY, G. L. & HANNIQUET, A. M. 1988. Physical fitness and thermoregulatory reactions in a cold environment in men. *J Appl Physiol*, 65, 1984-9.
- BLONDIN, D. P., TINGELSTAD, H. C., MANTHA, O. L., GOSSELIN, C. & HAMAN, F. 2014. Maintaining thermogenesis in cold exposed humans: relying on multiple metabolic pathways. *Compr Physiol*, 4, 1383-402.
- BOILEAU, R., MAK, L. & LEVER, D. 2010. Avoiding the next Titanic: Are we ready for a major maritime incident in the Arctic? *Journal of Ocean Technology*, 5, 1-12.
- BOONE, J., BROWN, R., MAK, L., KUCZORA, A., DUCHARME, M., FARNWORTH, B., CHEUNG, S., EVELY, K.-A., BASSET, F. A. & MACKINNON, S. 2009. Thermal Protection in Inflatable Liferrafts—Human and Thermal Manikin Testing to Quantify Training Issues, Assess Occupant Heat Balance and Develop Performance Criteria.
- BRAJKOVIC, D., DUCHARME, M. B. & FRIM, J. 2001. Relationship between body heat content and finger temperature during cold exposure. *J Appl Physiol*, 90, 2445-52.
- BRISTOW, G. 1984. Accidental hypothermia. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*, 31, S52-S55.
- BROOKS, C. J., HOWARD, K. A. & NEIFER, S. K. 2005. How much did cold shock and swimming failure contribute to drowning deaths in the fishing industry in British Columbia 1976-2002? *Occup Med (Lond)*, 55, 459-62.
- CASTELLANI, J. W., STULZ, D. A., DEGROOT, D. W., BLANCHARD, L. A., CADARETTE, B. S., NINDL, B. C. & MONTAIN, S. J. 2003. Eighty-four hours of sustained operations alter thermoregulation during cold exposure. *Med Sci Sports Exerc*, 35, 175-81.
- CHADWICK, S. & GIBSON, A. 1997. Hypothermia and the use of space blankets: a literature review. *Accid Emerg Nurs*, 5, 122-5.
- DANIELSSON, U. 1996. Windchill and the risk of tissue freezing. *Journal of Applied Physiology*, 81, 2666-2673.
- DEGROOT, D. W. & KENNEY, W. L. 2007. Impaired defense of core temperature in aged humans during mild cold stress. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292, R103-R108.
- DUCHARME, M. B. & BRAJKOVIC, D. 2005. Guidelines on the risk and time to frostbite during exposure to cold winds. DTIC Document.
- DUCHARME, M. B. & BROOKS, C. J. 1998. The effect of wave motion on dry suit insulation and the responses to cold water immersion. *Aviat Space Environ Med*, 69, 957-64.
- DUCHARME, M. B. & LOUNSBURY, D. S. 2007. Self-rescue swimming in cold water: the latest advice. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32, 799-807.
- EMMETT, J. D. 1995. A review of heart rate and blood pressure responses in the cold in healthy subjects and coronary artery disease patients. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 15, 19-24.

- ERVASTI, O., JUOPPERI, K., KETTUNEN, P., REMES, J., RINTAMAKI, H., LATVALA, J., PIHLAJANIEMI, R., LINNA, T. & HASSI, J. 2004. The occurrence of frostbite and its risk factors in young men. *Int J Circumpolar Health*, 63, 71-80.
- FAEREVIK, H., MARKUSSEN, D., ØGLÆND, G. & REINERTSEN, R. 2001. The thermoneutral zone when wearing aircrew protective clothing. *Journal of Thermal Biology*, 26, 419-425.
- FAEREVIK, H., REINERTSEN, R. E. & GIESBRECHT, G. G. 2010. Leg exercise and core cooling in an insulated immersion suit under severe environmental conditions. *Aviat Space Environ Med*, 81, 993-1001.
- FREUND, B. J. & SAWKA, M. N. 1996. Influence of cold stress on human fluid balance. *Nutritional needs in cold and in high-altitude environments*. Washington, DC: Committee on Military Nutrition Research, 161-179.
- FÆREVIK, H. 2000. Protective clothing and survival at sea. *ARBETE OCH HALSA VETENSKAPLIG SKRIFTSERIE*, 245-251.
- FÆREVIK H., WIGGEN Ø., NÆSGAARD OP., STORHOLMEN TCB (2012). Immersion Suits for Arctic Waters. Physiological responses in a currently used and a prototype immersion suit during exposure to cold air and water. Report SINTEF F23181. Trondheim, Teknologi og samfunn.
- FÆREVIK, H. & EIDSMO REINERTSEN, R. 2003. Effects of wearing aircrew protective clothing on physiological and cognitive responses under various ambient conditions. *Ergonomics*, 46, 780-799.
- GANONG, W. 1997. Gastrointestinal function. *Review of medical physiology*, 437-481.
- GOLDEN, F., HERVEY, G. & TIPTON, M. 1991. Circum-rescue collapse: collapse, sometimes fatal, associated with rescue of immersion victims. *Journal of the Royal Naval Medical Service*, 139-49.
- GOLDEN, F. & TIPTON, M. 2002. Essentials of sea survival, Champaign, Ill. *Human Kinetics*.
- GRAHAM, T. 1988. Thermal, metabolic, and cardiovascular changes in men and women during cold stress. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20, 185-192.
- GRUCZA, R., PEKKARINEN, H. & HÄNNINEN, O. 1999. Different thermal sensitivity to exercise and cold in men and women. *Journal of Thermal Biology*, 24, 397-401.
- HALLAM, M. J., CUBISON, T., DHEANSA, B. & IMRAY, C. 2010. Managing frostbite. *BMJ*, 341, c5864.
- HAMAN, F. 2006. Shivering in the cold: from mechanisms of fuel selection to survival. *J Appl Physiol* (1985), 100, 1702-8.
- HAVENITH, G., HEUS, R. & DAANEN, H. A. 1995. The hand in the cold, performance and risk. *Arctic Med Res*, 54 Suppl 2, 37-47.
- HENRIKSSON, O., LUNDGREN, J. P., KUKLANE, K., HOLMER, I. & BJORNSTIG, U. 2009. Protection against cold in prehospital care-thermal insulation properties of blankets and rescue bags in different wind conditions. *Prehosp Disaster Med*, 24, 408-15.
- HOLMER, I. 1988. Assessment of cold environments in terms of required insulation. *Arctic Med Res*, 47 Suppl 1, 239-42.
- IKAHEIMO, T. M. & HASSI, J. 2011. Frostbites in circumpolar areas. *Global Health Action*, 4.
- JACOBS, I., ROMET, T., FRIM, J. & HYNES, A. 1984. Effects of endurance fitness on responses to cold water immersion. *Aviat.Space Environ.Med.*, 55, 715-720.
- JENDRITZKY, G., DEAR, R. & HAVENITH, G. 2012. UTCI—Why another thermal index? *International Journal of Biometeorology*, 56, 421-428.
- JUSSILA, K., RISSANEN, S., PARKKOLA, K. & ANTTONEN, H. 2014. Evaluating cold, wind, and moisture protection of different coverings for prehospital maritime transportation—a thermal manikin and human study. *Prehosp Disaster Med*, 29, 580-8.
- KARJALAINEN, S. 2007. Gender differences in thermal comfort and use of thermostats in everyday thermal environments. *Building and environment*, 42, 1594-1603.
- KARLSEN, A. M., THOMASSEN, O., VIKENES, B. H. & BRATTEBO, G. 2013. Equipment to prevent, diagnose, and treat hypothermia: a survey of Norwegian pre-hospital services. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 21, 63.
- KEATINGE, W. R. 1969. *Survival in cold water: The physiology and treatment of immersion hypothermia and of drowning*, Blackwell Scientific.

- KENNEY, W. L. & MUNCE, T. A. 2003. Invited review: aging and human temperature regulation. *Journal of Applied Physiology*, 95, 2598-603.
- KORHONEN, I. 2006. Blood pressure and heart rate responses in men exposed to arm and leg cold pressor tests and whole-body cold exposure. *International Journal of Circumpolar Health*, 65.
- LEXOW, K. 1989. [Accidental hypothermia. Physiopathology, clinical manifestations and treatment]. *Tidsskr Nor Laegeforen*, 109, 3105-7.
- MAK, L., FARNWORTH, B., WISSELER, E., DUCHARME, M., UGLENE, W., BOILEAU, R., HACKETT, P. & KUCZORA, A. 2011a. Thermal requirements for surviving a mass rescue incident in the Arctic phase 1 test report-thermal resistance tests on clothing ensembles with thermal manikins & preliminary modeling.
- MAK, L., FARNWORTH, B., WISSELER, E. H., DUCHARME, M. B., UGLENE, W., BOILEAU, R., HACKETT, P. & KUCZORA, A. Thermal Requirements for Surviving a Mass Rescue Incident in the Arctic: Preliminary Results. ASME 2011 30th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2011b. American Society of Mechanical Engineers, 375-383.
- MAK, L., KUCZORA, A., DUCHARME, M. & FARNWORTH, B. 2009. Experimental study and modelling of thermal protection in liferafts using a thermal manikin and human subjects.
- MAK, L., KUCZORA, A., FARNWORTH, B., BROWN, R. & DUCHARME, M. 2010. Assessment of Thermal Protection and Microclimate In SOLAS Approved Lifeboats.
- MAKINEN, T. M. 2007. Human cold exposure, adaptation, and performance in high latitude environments. *Am J Hum Biol*, 19, 155-64.
- MAKINEN, T. M., JOKELAINEN, J., NAYHA, S., LAATIKAINEN, T., JOUSILAHTI, P. & HASSI, J. 2009a. Occurrence of frostbite in the general population - work-related and individual factors. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, 35, 384-393.
- MAKINEN, T. M., JUVONEN, R., JOKELAINEN, J., HARJU, T. H., PEITSO, A., BLOIGU, A., SILVENNOINEN-KASSINEN, S., LEINONEN, M. & HASSI, J. 2009b. Cold temperature and low humidity are associated with increased occurrence of respiratory tract infections. *Respiratory Medicine*, 103, 456-462.
- MARTIN, R. S., KILGO, P. D., MILLER, P. R., HOTH, J. J., MEREDITH, J. W. & CHANG, M. C. 2005. Injury-associated hypothermia: an analysis of the 2004 National Trauma Data Bank. *Shock*, 24, 114-8.
- MEKJAVIC, I. B., TIPTON, M. J., GENNSER, M. & EIKEN, O. 2001. Motion sickness potentiates core cooling during immersion in humans. *J Physiol*, 535, 619-23.
- MERCER, J. B. 2003. Cold: an underrated risk factor for health: Combined impact of exercise and temperature stress on the physiological response to toxic agent. *Environmental research*, 92, 8-13.
- MITCHELL, R., BLANE, D. & BARTLEY, M. 2002. Elevated risk of high blood pressure: climate and the inverse housing law. *International journal of epidemiology*, 31, 831-838.
- NOBEL, G., EIKEN, O., TRIBUKAIT, A., KOLEGARD, R. & MEKJAVIC, I. B. 2006. Motion sickness increases the risk of accidental hypothermia. *Eur J Appl Physiol*, 98, 48-55.
- NÄYHÄ, S. 2005. Environmental temperature and mortality. *International Journal of Circumpolar Health*, 64.
- O'BRIEN, C., CASTELLANI, J. W. & SAWKA, M. N. 2011. Thermal face protection delays finger cooling and improves thermal comfort during cold air exposure. *Eur J Appl Physiol*, 111, 3097-105.
- O'BRIEN, C., YOUNG, A. J. & SAWKA, M. N. 1998. Hypohydration and thermoregulation in cold air. *J Appl Physiol (1985)*, 84, 185-9.
- OKSA, J. 2002. Neuromuscular performance limitations in cold. *Int J Circumpolar Health*, 61, 154-62.
- PARSONS, K. C. 2002. The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34, 593-599.
- PILCHER, J. J., NADLER, E. & BUSCH, C. 2002. Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*, 45, 682-698.
- POWER, J. & RÉ, A. 2013. EFFECT OF SIMULATED INTERIOR LIFEBOAT ENVIRONMENTS ON OCCUPANT THERMAL RESPONSES. *Journal of Ocean Technology*, 8.

- POWER, J., RÉ, A. S., BARWOOD, M., TIKUISIS, P. & TIPTON, M. 2015. Reduction in predicted survival times in cold water due to wind and waves. *Applied ergonomics*, 49, 18-24.
- RAATIKKA, V. P., RYTKONEN, M., NAYHA, S. & HASSI, J. 2007. Prevalence of cold-related complaints, symptoms and injuries in the general population: the FINRISK 2002 cold substudy. *International Journal of Biometeorology*, 51, 441-448.
- RAMSEY, J. D., BURFORD, C. L., BESHIR, M. Y. & JENSEN, R. C. 1983. Effects of workplace thermal conditions on safe work behavior. *Journal of Safety Research*, 14, 105-114.
- SANDSUND, M., SAURSAUNET, V., WIGGEN, O., RENBERG, J., FAEREVIK, H. & VAN BEEKVELT, M. C. 2012. Effect of ambient temperature on endurance performance while wearing cross-country skiing clothing. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 3939-47.
- SHILS, M. E. & SHIKE, M. 2006. *Modern nutrition in health and disease*, Lippincott Williams & Wilkins.
- SHITZER, A. & TIKUISIS, P. 2012. Advances, shortcomings, and recommendations for wind chill estimation. *International Journal of Biometeorology*, 56, 495-503.
- SKAIAA, S. C., BRATTEBO, G., ASSMUS, J. & THOMASSEN, O. 2015. The impact of environmental factors in pre-hospital thermistor-based tympanic temperature measurement: a pilot field study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 23, 72.
- SMOLANDER, J. 2002. Effect of cold exposure on older humans. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 86-92.
- STANSBERRY, K. B., HILL, M. A., SHAPIRO, S. A., MCNITT, P. M., BHATT, B. A. & VINIK, A. I. 1997. Impairment of peripheral blood flow responses in diabetes resembles an enhanced aging effect. *Diabetes Care*, 20, 1711-1716.
- STEINMAN, A. M., HAYWARD, J. S., NEMIROFF, M. J. & KUBILIS, P. S. 1987. Immersion hypothermia: comparative protection of anti-exposure garments in calm versus rough seas. *Aviat Space Environ Med*, 58, 550-8.
- STEVENS, G. H., GRAHAM, T. E. & WILSON, B. A. 1987. Gender differences in cardiovascular and metabolic responses to cold and exercise. *Can.J.Physiol Pharmacol.*, 65, 165-171.
- TJØNNÅS, MS, REITAN J., FÆREVIK H., STORHOLMEN TC., HOLBØ K (2010). Prehospital behandling av hypotermie pasienter. SINTEF Teknologi og Samfunn. Innomed Rapport.
- TABER, M. J., RÉ, A. S. & POWER, J. 2011. A preliminary ergonomic assessment of piloting a lifeboat in ice. *Safety science*, 49, 139-147.
- THOMASSEN, O., FAEREVIK, H., OSTERAS, O., SUNDE, G. A., ZAKARIASSEN, E., SANDSUND, M., HELTNE, J. K. & BRATTEBO, G. 2011. Comparison of three different prehospital wrapping methods for preventing hypothermia - a crossover study in humans. *Scandinavian Journal of Trauma Resuscitation & Emergency Medicine*, 19.
- TIKUISIS, P., BELL, D. G., KEEFE, A. A. & POPE, J. 2005. Life raft entry from water: effect of strength, tallness, and weight burden in men and women. *Aviat Space Environ Med*, 76, 2-10.
- TIKUISIS, P., DUCHARME, M. B. & BRAJKOVIC, D. 2007. Prediction of facial cooling while walking in cold wind. *Comput Biol Med*, 37, 1225-31.
- TIKUISIS, P. & KEEFE, A. 2005. Stochastic and life raft boarding predictions in the Cold Exposure Survival Model (CESM v3. 0). *Defence R&D Canada-Toronto, TR-2005-097*.
- TIPTON, M. 1993. The concept of an 'Integrated Survival System' for protection against the responses associated with immersion in. *Journal of the Royal Naval Medical Service*, 79.
- TIPTON, M. J. 1991. Laboratory-based evaluation of the protection provided against cold water by two helicopter passenger suits. *J Soc Occup Med*, 41, 161-7.
- TURNER, A., LEWANDOWSKI, M., PARKER, J., MCCLAY, T. & HAVEY, A. 2009. Recommendations for the US Coast Guard Survival Prediction Tool. DTIC Document.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no