

Tittel: FYSISK FUNKSJONSBELASTNING - INNSATSPERSONELL**Forfattere:** Rigmor Christensen, Jon I. Medbø, Jostein Hallén,
Erik Melbostad og Ole M. Sejersted**Prosjektansvarlig:** Ole M. Sejersted**Prosjektmedarbeidere:** Forfatterne, Per Ole Huser, STAMI, samt prosjektgruppen:
Jan Fr. Gulliksen og Olav Røynealand, Statoil Bamble,
Terje Iversen og Jostein Waage, Statoil Kårstø
og Terje Salbo, Statoil hovedkontor**Utgever (seksjon):** Arbeidsfysiologisk seksjon**Dato:** 15.12.90**Antall sider:** 99 **ISSN:** 0801-7794**Serie:** HD 1013/90 FOU

Sammendrag: En ønsket en oversikt over erfaring og kunnskap om funksjonsbelastning hos beredskapspersonell (brannmenn, røykdykkere, førstehjelpere) i industrien. Litteraturnomgang i et forprosjekt ga få konkrete anbefalinger og konklusjoner, men viste at innsatsarbeid er en stor fysisk og psykisk belastning og at individets arbeidskapasitet derfor er viktig. Det ble også gjort spørreundersøkelse og fysisk testing av 27 heltids beredskapsansatte ved to av Statoils anlegg på land. De hadde ikke stor erfaring med reelle hendelser på anleggene. Den fysiske testen viste at nær halvdelen hadde lavere arbeidskapasitet (lavere maksimalt oksygenopptak) enn gjennomsnittet for norske menn i samme alder. Kun tre-fire personer drev regelmessig fysisk utholdenhetstrening, og det var ikke sammenheng mellom alder og fysisk arbeidskapasitet. Noen av dem var overvektige og det var 60% som røykte. Det ble i mai 1990 utgitt en sammendragsrapport av forprosjektet (HD 1002/90 FOU).

Fram til den fysiske testingen i prosjektets andre fase hadde de, (22 personer), en gjennomsnittlig framgang i fysisk kapasitet på 8%. Simulerte utrykninger på anleggene viste at personellet arbeidet opp mot sin maksimale hjertefrekvens i store deler av innsatsen. Trede-mølletesten gir en enkel og relevant testsituasjon for dette personellet. Det kan være egnet å sette kravet til fysisk kapasitet til å gjennomføre testen som krever cirka $30 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$. Et røykeavvenningskurs (utenom prosjektet), på det ene anlegget hadde ført til at færre personer røykte, men det var fortsatt like mange overvektige. Det ble gjennomført en utvidet helseundersøkelse. Den viste ikke alvorlige problemer, men røykerne hadde noe nedsatt lungefunksjon. Det så ut til at tidligere gjennomførte helseundersøkelsene hadde vært tilstrekkelig for kartlegging av den enkelte. Personellet mente at de viktigste faktorene for å utføre godt innsatsarbeid var erfaringer og kunnskaper (via øvelser), men de anga også psykisk skikkethet, god helse og god fysisk form som viktig. Det så ut til å være for mye stillesitting i arbeidssituasjonen. En sterkere integrering av fysisk trening og øvelser i arbeidssituasjonen kan derfor være gunstig for dette personellet. Psykologisk spørreundersøkelse avslørte ikke psykologiske problemer, men kan være egnet i oppfølgingen av den enkelte etter en ulykke.

Stikkord:
arbeidsbelastning
brannmenn
fysisk prestasjonsevne
gassindustri
petrokjemisk industri**Key Words:**
work load
fire fighters
work capacity
gas industry
petro-chemical industry

INNHOOLD

Forord	.....	Side 5
Sammendrag og oppsummerende konklusjoner	.....	7
1. Innledning	.....	9
1.1	Bakgrunn	9
1.2	Personellet	9
1.3	Innhold	10
1.4	Prosjektorganisering	10
1.5	Målsetting	11
2. Teoretisk gjennomgang	.....	13
2.1	Generelt	13
2.2	Arbeid og energiomsetning	14
2.3	Måling av arbeidskapasitet	18
2.4	Andre faktorer	20
2.4.1	Teknikk	20
2.4.2	Styrke	20
2.4.3	Lungefysiologiske parametere	21
2.4.4	Psykologiske faktorer	21
3. Datainnsamling og metoder	.....	24
3.1	Forprosjektet/fase 1 av prosjektet, 1989	24
3.1.1	Fase 1, generelt	24
3.1.2	Fase 1, metoder	24
3.2	Fase 2 av prosjektet, 1990	25
3.2.1	Fase 2, generelt	26
3.2.2	Fase 2, metoder	26
4. Resultater	.....	31
4.1	Resultater fra forprosjektet/fase 1, 1989	31
4.1.1	Litteraturstudiet, 1989	31
4.1.2	Praktiske undersøkelser, 1989	34
a)	Kjønn, alder og antropometriske mål	34
b)	Spørreundersøkelsen	34
c)	Den fysiske testen	36
d)	Treningsprogram og oppfølging	36
4.2	Resultater fra fase 2, 1990	37
4.2.1	Kjønn, alder og antropometriske mål	37
4.2.2	Målinger og retest av maksimalt oksygenopptak	38
4.2.3	Styrkemåling	39

4.2.4	Måling av arbeidskrav. Belastningsmåling i felt	40
	a) Kårstø	40
	b) Bamble	42
4.2.5	Arbeidsleders vurdering og rangering	44
4.2.6	Egen vurdering av fysisk aktivitet	44
4.2.7	Helseundersøkelsen	46
	a) legeundersøkelse	46
	b) blodprøver	46
	c) belastnings-EKG	48
	d) lungeundersøkelsen	48
4.2.8	Generelt spørreskjema	52
4.2.9	Psykologisk spørreskjema (GHQ-20)	53
5.	Drøfting av resultater	55
5.1	Fysisk arbeidskapasitet	55
5.2	Helserelaterte faktorer	60
5.3	Andre faktorer	64
5.3.1	Personlig bakgrunn	64
5.3.2	Arbeidssituasjonen	65
6.	Hovedkonklusjoner	67
	Referanser	70
	Vedlegg	74
1	Skriftlig informasjon til personellet i fase 1, 1989	74
2	Anbefalte treningsprogrammer etter fase 1, 1989	76
3	Informasjon om ny fysisk testing fase 2, 1990	79
4	Statistiske og metodiske forhold	81
4.1	p-verdi	81
4.2	Tolking av korrelasjonskoeffisienter	81
4.3	Fraktiler og kumulative plott	82
4.4	Direkte måling eller indirekte bestemmelse av det maksimale O ₂ opptaket	82
4.5	Frafall og usikkerhet i målinger	84
5	Spørreskjemaet som ble benyttet i fase 2, 1990	86
	a) Generell del	87
	b) Psykologisk del (GHQ-20)	94
	c) Lungefysiologisk del	97

FORORD

Denne rapporten er et resultat av et oppdrag fra Statoil til Arbeidsfysiologisk seksjon ved Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI), men hvor begge parter har bidratt til finansieringen. Prosjektet har hatt to faser, og alle resultatene er inkludert i rapporten. Fase 1 er imidlertid også rapportert separat. Prosjektet har hatt følgende styringsgruppe:

fra Statoil:

Tor Dahl,	Driftsdivisjonen Bergen (DDB)
Olav Hanøy,	Driftsdivisjonen Bergen (DDB) (første møte)
Terje Salbo,	SHK (koordinert prosjektet for Statoil)
Svein Syvertsen,	fagforeninger

fra Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI):

Rigmor Christensen,	Arbeidsfysiologisk seksjon
Ole Sejersted,	Arbeidsfysiologisk seksjon

Som prosjektgruppe har fungert

fra Statoil:

Jan Fr. Gulliksen,	Beredskapsavdelingen Bamble
Terje Iversen,	Beredskapsavdelingen Kårstø
Olav Røynealand,	Bedriftshelsetjenesten Bamble
Jostein Waage,	Bedriftshelsetjenesten Kårstø

Fra Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI):

Rigmor Christensen,	Arbeidsfysiologisk seksjon
Jon Medbø,	Arbeidsfysiologisk seksjon
Erik Melbostad,	Arbeidsmedisinsk seksjon
Ole Sejersted,	Arbeidsfysiologisk seksjon

Rigmor Christensen ble først knyttet til prosjektet mens hun var student på Arbeidshelsestudiet ved Universitetet i Oslo. Hennes spesialoppgave til eksamen var grunnlaget for rapporten fra fase 1. Hun har senere vært tilsatt som prosjektleder til 15.12.90.

Vi retter en spesiell takk til innsatspersonellet ved Statoils anlegg på Kårstø og i Bamble. De har vært udelt positive til hele prosjektet.

Oslo 15.12.1990

SAMMENDRAG

Formål

Formålet med denne undersøkelsen har vært å undersøke fysiske arbeidskrav for innsatspersonell under øvelser og redningsarbeid. Disse krava er sammenlikna med den fysiske arbeidsevnen og helsetilstanden til innsatspersonellet på Statoils anlegg på Kårstø og Bamble.

Gjennomføring

Den fysiske testinga har dels bestått av arbeidsforsøk i laboratoriet og dels av belastningsmålinger under øvelser på installasjonene. For å kunne avdekke eventuelle skader som følge av tidligere arbeid er mannskapets generelle helsetilstand kartlagt. Videre har innsatspersonellet besvart spørreskjema for kartlegging av tidligere bakgrunn, arbeidssituasjon, levevaner og stressreaksjoner. En har også søkt å kartlegge mannskapets psykiske helsetilstand. Den fysiske arbeidsevnen ble bestemt ved en standardisert tredemølletest med 5 måneders mellomrom.

Resultater

Nær halvdel av mannskapet var ved første gangs testing i dårligere fysisk form enn gjennomsnittet for norske menn i samme alder, uttrykt som det maksimale O₂ opptaket, og 13 av 27 deltakere greide ikke gjennomføre den standardiserte tredemølletesten. Deler av mannskapet var overvektige, og 60% røykte, noe som er mer enn gjennomsnittet for befolkningen. Mannskapet ble råda til å trene mer, til å gå ned i vekt og til å slutte å røyke. Ved et av anlegga (Kårstø) ble det holdt røykeavvenningskurs. I denne delen av undersøkelsen ble det også foretatt en omfattende litteraturundersøkelse for å kartlegge hva som fins av kunnskap og retningslinjer for krav til røykdykkere/innsatspersonell. Denne undersøkelsen gav noen holdepunkter, men den avslørte også mangelfull informasjon på flere punkter.

I løpet av 5 måneder fram til den andre delen av undersøkelsen hadde mannskapet økt sitt maksimale O₂ opptak med i gjennomsnitt 8%, men fortsatt var det fem av 22 deltakere som ikke greide å gjennomføre den standardiserte tredemølletesten. Fysisk arbeidsevne faller generelt med alder, men det ble i den undersøkte gruppa ikke funnet noen sammenheng mellom fysisk arbeidsevne og alder. Dette viser at levestil og manglende fysisk aktivitet er viktigere enn aldersbetinga fysisk forfall for å forstå hvorfor deler av mannskapet var i utilstrekkelig fysiske form. Røykeavvenningskurset ved Kårstø hadde ført til at langt færre røykte nå enn 5 måneder tidligere, men det var fortsatt like mange overvektige blant mannskapet.

Helseundersøkelsen viste ingen alvorlige problemer hos noen av mannskapet. Røykerne hadde en noe nedsatt lungefunksjon, men ingen hadde alvorlige luftveislidelser. Det var således ingen som hadde påvist lunge- eller luftveisskade som følge av gass- eller røykesponering i forbindelse med tidligere arbeid.

På spørreundersøkelsen ble mannskapet blant annet bedt om å oppgi forhold av stor betydning for å kunne gjennomføre godt redningsarbeid. Alle mente at kunnskap om slukningsutstyret og erfaring gjennom øvelser var svært viktig. De aller fleste var motiverte for å drive regelmessig fysisk trening. Den psykologiske delen av spørreskjemaet avslørte ingen problemer. Det er således ikke avslørt vesentlige svakheter ved den psykologiske delen av de opptaksrutinene som har vært fulgt til nå.

Konklusjoner og anbefalinger

- testing av fysisk arbeidskapasitet bør gjennomføres både ved ansettelse og regelmessig hos personellet.
- selskapet kan vurdere om det skal være minimumskrav til fysisk kapasitet (f.eks. å gjennomføre 10 min på tredemølle med 21% (12°) stigning). Et slikt krav bør ikke være absolutt, men må vurderes mot alder, helsetilstand og mulighet for opptrening.
- undersøkelsen ga ingen holdepunkter for at de eldre var dårlig skikket for jobben.
- regelmessige helsekontroller med rådgivning om levevaner (røyking, kosthold, vektreduksjon etc.) er viktig. Selskapet bør vurdere om overvekt og enkelte sykdommer medfører spesiell risiko. For diagnostikk kan regelmessig testing av hjertefunksjon (arbeids-EKG hos de eldre enn 40-45 år) være verdifullt. Lungefunksjonstesting er nødvendig ved mistanke om lungesykdom eller skade og kan brukes som motiverende faktor i røykeavvenning.
- psykologisk vurdering ser ut til å være ivaretatt gjennom tilsettingsrutinene. Mer formalisert vurdering kan være aktuelt spesielt etter hendelser.
- opplæring, regelmessige og hyppige øvelser samt fysisk trening bør integreres bedre i arbeidet.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Brannpersonell kan bli utsatt for påkjenninger som stiller store krav til fysisk tung aktivitet, ofte i et ekstremt fysisk miljø, og de møter også krav til å mestre psykisk belastende situasjoner. Slike store arbeidsbelastninger kan de bli utsatt for både under øvelser og ulykker. Den enkeltes og enhetenes evner og muligheter til å møte disse belastningene vil være avgjørende på i hvert fall to måter. Dels er det spørsmål om hvor effektivt mennesker og materiell kan reddes og beskyttes. Dels vil det være spørsmål om belastningenes konsekvenser for den enkeltes helse.

Flere faktorer er avgjørende for hvordan arbeidskravene harmoniserer med mulighetene, blant annet den enkeltes forutsetninger, antall personer i enhetene i forhold til antatt omfang av ulykker, organisering av arbeidet og teknisk utstyr.

Både offentlig virksomhet og industrien har slikt personell. De industrielt ansatte kan være fulltidsansatt som innsatspersonell/brannpersonell, eller de kan ha dette som oppgaver i tillegg til sitt ordinære arbeid. Dette prosjektet omfatter tilsatte i Statoil som er innsatspersonell/beredskapspersonell på heltid.

Bedriftshelsetjenesten i Statoil tok initiativ til prosjektet: FYSISK FUNKSJONS-BELASTNING - INNSATSPERSONELL fordi en ønsket en oversikt over erfaring og kunnskap om funksjonsbelastninger som innsatspersonell/beredskapspersonell utsettes for. Belastninger må vurderes på bakgrunn av den enkeltes kapasitet, derfor skulle prosjektet omfatte testing av de ansatte. Slike vurderinger trenger selskapet for eventuelt å sette funksjonelle krav eller sette i verk andre tiltak overfor dette personellet. Prosjektet fokuserer på den enkelte arbeidstaker, men trekker også inn andre forhold der det er relevant. Den generelle helse og spesielt den fysiske arbeidskapasitet er viktige faktorer som er spesielt vektlagt i prosjektet. I tillegg er også psykologiske og organisasjonsmessige forhold en viktig forutsetning for adekvate reaksjoner i krisesituasjoner. I Statoil stilles det i dag ikke spesifiserte helse- eller funksjonskrav til slikt personell.

1.2 Personellet

I prosjektet deltok beredskapspersonell ved to av Statoils anlegg på land: gassterminalen på Kårstø i Rogaland og petrokjemifabrikkene i Bamble i Telemark. Dette er tilsammen 29 personer.

På Kårstø-terminalen er det ansatt cirka 300 personer. De arbeider 8-timers skift, (i helgene 12 timer). Beredskapsavdelingen har 12 personer i skift, i tillegg til to personer ansatt kun på dagtid. Det er alltid minst to personer på vakt.

Ved Bamble-anlegget er det cirka 600 ansatte. Beredskapsavdelingen har tre arbeidslag hver på fem personer. Disse har 24-timers vakter, hvorav åtte timer regnes som aktiv vakt. De har dispensasjon fra Arbeidstilsynet for å opprettholde denne vaktordningen.

Ved begge anleggene har arbeidsleder det sentrale ansvar for rekrutteringen av innsatspersonell. Utvelgelse foregår etter personlig intervju og subjektiv vurdering, og nå vektlegger de også spredning i alderssammensetningen. Personellet har muligheter for fysisk trening i arbeidstiden, noe som utnyttes i varierende grad.

1.3 Innhold

Prosjektet har vært gjennomført i to faser. Den første fasen/forprosjektet var hovedsakelig en kartleggingsfase hvor gjennomgang av aktuell litteratur var en hoveddel. Det ble også gjennomført praktiske tester hvor fysisk kondisjonstest og spørreundersøkelse inngikk. Fysisk arbeidskapasitet ble vurdert også i den andre fasen i tillegg til andre viktige faktorer av betydning for jobbutførelsen som for eksempel muskelstyrke og generell helsetilstand (kliniske vurderinger og levevaner) og psykologiske faktorer. I tillegg ble det målt belastning under øvelser for å få en kartlegging av arbeidskrav.

1.4 Prosjektorganisering

Fase 1 1989 (forprosjektet)

Fase 1 av prosjektet foregikk høsten 1989. Student Rigmor Christensen ved Kandidatstudiet i Arbeidshelse, Universitet i Oslo var ansatt i prosjektet i tre måneder. Forprosjektrapporten: "KAPASITET OG BELASTNING PÅ INNSATSPERSONELL", som samtidig var hennes semesteroppgave ved studiet, ble avsluttet i desember 1989. Deretter ble det arrangert en seminardag med deltakere fra Statoil og Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) hvor erfaringer fra fase 1 ble oppsummert.

Det inngikk spørreundersøkelse og fysisk kondisjonstest av beredskapspersonellet ved begge anlegg. På forhånd var arbeidstakerne blitt informert om prosjektet av de respektive bedriftsleger. I tillegg fikk de muntlig og skriftlig informasjon i tilknytning til de praktiske testene. De måtte underskrive den skriftlige informasjonen før forsøk. Frivillighet ble vektlagt hele tiden.

I denne fasen fungerte en prosjektgruppe bestående av representanter fra Statoil og STAMI. Det var inngått formell studieavtale mellom Statoil og STAMI men ikke opprettet egen styringskomite.

Fase 2 1990

Fase 2 startet i januar og ble avsluttet i desember 1990. I denne tiden var Rigmor Christensen heltidsansatt som prosjektleder. Materialet fra den første fasen ble ferdigstilt i en sammendragsrapport som ble publisert fra STAMI i mai 1990. Det ble dessuten gjennomført nye fysiske tester, helseundersøkelse, spørreundersøkelser og innsatsøvelser ute på hvert anlegg. Som under forprosjektet fikk det personellet som skulle delta informasjon om fortsettelsen av prosjektet av de respektive bedriftsleger samt muntlig og skriftlig informasjon i tilknytning til de praktiske undersøkelsene. Frivillighet ble fortsatt vektlagt, og de som ville delta måtte skrive under på informasjonsskriv. Det ble i begge fasene spesielt vektlagt at resultater ikke skulle få konsekvenser for den enkelte deltaker.

Prosjektgruppen i denne fasen besto av involverte parter fra STAMI (arbeidsfysiologisk- og arbeidsmedisinsk seksjon) og representanter fra Statoil (hovedkontor (SHK), bedriftshelsetjeneste, arbeidsledelse og arbeidstakere). Prosjektgruppen drøftet og avtalte de praktiske sider ved prosjektets innhold og møttes jevnlig under prosjektet (fem møter).

Det ble opprettet en styringskomite med ansvar for prosjektets formelle avtaler. Komiteen besto av tre representanter fra Statoil: hovedkontor SHK, driftsdivisjon Bergen (DDB) og fagforeninger; og to representanter fra STAMI: seksjonsleder ved Arbeidsfysiologisk seksjon og prosjektleder som også fungerte som komiteens sekretær. Styringskomiteen hadde to møter. Ved det første møtet i april ble de formelle sider ved prosjektets gjennomføring avtalt, og ved det siste møtet i november ble et utkast til projektrapporten lagt fram for drøfting og godkjenning.

Prosjektet var godkjent av den regionale etiske komite i Helseregion 1.

1.5 Målsetting

Hovedmål:

- 1) Å framskaffe viten som kan danne en basis for eventuelle tiltak gjennom:
 - a) litteraturoversikt (undersøkelser og annen relevant litteratur)
 - b) å undersøke dagens personell
 - c) å vurdere belastningen under en øvelse/simulert ulykke
- 2) Vurdere om de faktorene som ble belyst og de metodene som ble brukt er de som er mest relevante for kartlegging av hva arbeidet krever og for mannskapets innsatsevne.

Delmål:

Som en tilnærming til hovedmålene ble det arbeidet etter delmålsettinger:

- 1) Skaffe en oversikt (via litteratur) over hva som finnes av erfaring og kunnskap om funksjonsbelastninger som innsatspersonell utsettes for:
 - a) Hva vet en i dag om dette, finnes det mål(inger) på slike belastninger?
 - b) Hva er gjort av tiltak på dette området, finnes det for eksempel oppsatte krav til slikt personell?

- 2) Kartlegge/teste den fysiske arbeidsevnen til beredskapspersonell ansatt på Bamble og Kårstø.
- 3) Kartlegge helseparametre (eventuelle hjerte-kar sykdommer) hos beredskapspersonellet ansatt på Bamble og Kårstø. Det ble utført:
 - legeundersøkelse.
 - blodprøver.
 - belastnings-EKG.
 - lungefunksjonstest.
- 4) Kartlegge andre forutsetninger av betydning for dette personellet: kjønn, alder, kroppsmål (høyde/vekt), familieforhold (sivilstand og evt. barn), utdanning, gjennomført militærtjeneste (evt. befalsskoleutdanning) og fysisk aktivitet.
- 5) Kartlegge psykologiske faktorer:
 - prøve ut en enkel test som eventuelt kan brukes til å selektere negativt, det vil si en test som kan selektere ut personer som er klart uegnet for et slikt arbeid.
 - kartlegge psykologiske parametre hos dette personellet ved en slik test.
- 6) Kartlegge fysisk belastning under utrykning/innsatsarbeid.

Generelt

Kartleggingen, metodene som ble brukt og resultatene bør kunne danne en basis for vurdering av hva slags funksjons- og helsekrav Statoil ønsker å benytte ved rekruttering av nytt innsatspersonell og i sin oppfølging av personellet seinere. Slike krav kan være aktuelle også for annet personell både på landbaserte anlegg og på installasjoner ute på sokkelen.

2. TEORETISK GJENNOMGANG

2.1 Generelt

Både ved gassterminal og på petrokjemisk fabrikk innebærer råstoffene, gass og olje under stort trykk, at risikoen for katastrofale hendelser som for eksempel brann, eksplosjon eller lekkasjer er til stede. Med dagens teknologi søker en å minimalisere en slik risiko. Et annet virkemiddel er at en har ansatt spesialpersonell som har som hovedoppgave å være i beredskap og rykke ut hvis hendelser skulle oppstå. I slike situasjoner vil personellets oppgaver være å skaffe seg overblikk over situasjonen, om det er personer i fare i området og få disse ut og i sikkerhet, og forsøke å begrense omfanget av hendelsen.

I dette arbeidet vil de utsettes for ekstremt vanskelig arbeidsforhold som røyk, giftige gasser, mørke, hete, tidsnød, eksplosjonsfare og vanskeligheter med å orientere seg. Personer de finner i området kan kanskje ikke selv hjelpe til med å ta seg ut på grunn av skader, bevisstløshet eller redsel og må da bæres eller slepes ut. På grunn av røykutvikling og utvikling av farlige gasser vil det som oftest være behov for å iføre seg røykdykkerutstyr. Da bærer personellet pusteapparat i tillegg til beskyttelsesdrakt under arbeidet. Med fullt røykdykkerutstyr vil personellet bære på en tilleggsvekt på 25-30 kg.

Under slike arbeidsforhold utsettes den enkelte for store fysiske og psykiske påkjenninger som ikke kan unngås eller endres og tilpasses den enkelte. Det store ansvaret for menneskelig og materielle verdier, det at de har stillesittende vakter hvor det plutselig kan oppstå alarmsituasjoner og det at de arbeider skift-arbeid kan dessuten utgjøre en stor belastning.

Tungt fysisk arbeid kan inngå både ved utrykning og under øvelser. Da brukes store muskelgrupper i lang tid (mange minutter). Å forflytte seg i overtente lokaler og samtidig håndtere tungt utstyr eller bære på skadde personer stiller store krav til puste- og sirkulasjonsorganer samt muskelstyrke. I tillegg kommer den store belastning på sirkulasjonsorganene på grunn av stor indre og ytre varmebelastning. I ekstreme situasjoner kan den samlede belastning bli så stor at risiko for kollaps foreligger (Kilbom 1979).

En persons fysiske kapasitet og prestasjonsevne er avhengig av flere faktorer. Disse kan vi dele inn i:

- Energifrigjøring: aerobe og anaerobe prosesser
- Teknikk og styrke
- Psykologiske faktorer (for eksempel motivasjon, holdninger til arbeidet, vilje, konsentrasjon og "mot")

En god fysisk arbeidsevne forutsetter optimal funksjon i ulike organsystem. Intellektuelt og mentalt kreves en høy motivasjon og fra nervesystemet kreves en god koordinasjon og manuell ferdighet. For lunger og sirkulasjonsorganer kreves en høy evne til transport av oksygen for energifrigjøring i musklene (Kilbom 1987). Mange av

faktorene er delvis genetisk betinget. Andre avhenger av kjønn, alder, kroppsdimensjoner og helsetilstand. Flere av de nevnte faktorene kan bli berørt av trening og adaptasjon. Fysisk yteevne kan også direkte eller indirekte være influert av faktorer i det ytre miljø, for eksempel støy, luftforurensning og varme. (Åstrand og Rodahl 1986). Her er brannpersonell spesielt utsatt.

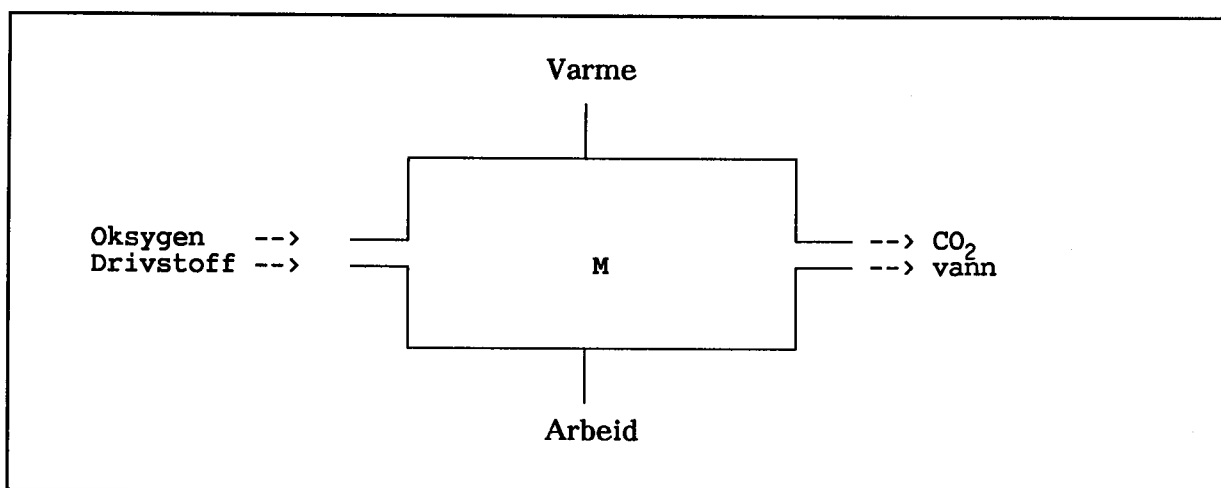
2.2 Arbeid og energiomsetning

En bilmotor brenner drivstoff og oksygen (O_2), og det dannes vann og CO_2 ved forbrenninga. Energien i drivstoffet frigjøres og brukes til å gjøre et arbeid (drive bilen framover). Denne omforminga av energi til arbeid er ikke fullstendig slik at en del av energien går tapt som varme. Det er en klar sammenheng mellom den mengden drivstoff og oksygen som forbrukes, den mengden arbeid som kan gjøres, og den mengden varme og avgasser som dannes:

Jo mer arbeid som skal utføres

- jo mer drivstoff trengs
- jo mer O_2 trengs
- jo mer varme frigjøres
- jo mer avgasser dannes

Det er interessant i er hvor mye arbeid motoren gjør, og det kan lett måles i laboratoriet. Om slike målinger ikke var tilgjengelige, kunne imidlertid forbruket av drivstoff, O_2 eller varmefrigjøringa brukes som mål på det arbeidet motoren gjør; et stort O_2 opptak er for eksempel et uttrykk for at det gjøres et stort arbeid.



Figur 1

En motor eller muskel (M) som får tilført drivstoff og oksygen, er i stand til å arbeide. For en motor er drivstoffet bensin eller liknende, mens for en muskel er drivstoffet karbohydrater og fett fra maten. Energien til arbeidet tas fra drivstoffet når det forbrennes, men omforminga av energien til arbeid skjer ikke fullstendig slik at omlag 75 % av energien forsvinner som varme. Forbrenninga fører til at det lages vann, CO_2 og andre avgasser.

Muskelarbeid. O₂ opptaket

Akkurat som for en bilmotor vil et stort muskellarbeid kreve mye O₂ og mye "drivstoff" (karbohydrat og fett fra maten), og det frigjøres mye varme og CO₂. For en bilmotor kan arbeidet eller den frigjorte energien måles direkte. Det er ofte svært vanskelig for muskelmotoren. Derimot kan O₂-opptaket, CO₂-frigjøringa og varmefrigjøringa måles i laboratoriet. Særlig mye brukt er O₂ opptaket. En grunn til å måle O₂-opptaket er altså å få et mål på energiomsetninga eller det arbeidet en gjør. I tillegg er O₂-opptaket i mange tilfelle den begrensende faktoren for evnen til å utføre tungt fysisk arbeid som varer fra 1 min til 1 time.

Det maksimale O₂ opptaket. Arbeidskapasitet

Evnen til å ta opp O₂ er viktig når en skal arbeide tungt. Greier en ikke ta opp nok O₂, kan en heller ikke frigjøre så mye energi som det det tunge arbeidet krever. Det maksimale O₂ opptaket er den største mengden O₂ en greier å ta opp i løpet av ei gitt tid (f eks ett sekund) og brukes ofte som mål på fysisk arbeidskapasitet. Det maksimale O₂ opptaket varierer mye fra person til person (tabell 1), og er først og fremst et mål på hjertets evne til å pumpe blod.

Tabell 1. Typiske verdier for det maksimale O₂ opptaket for ulike personer. Verdiene er uttrykt i $\mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$.

10	Uføre, hjertepasienter, langvarig sengeliggende
20	Eldre i dårlig form
30	Utrente menn 25-50 år
40	"Utrente" menn 15-20 år, mosjonister
50	Trener utholdenhet nesten daglig
60	Gode mellom- og langdistanseløpere, langrennsløpere og syklist
70	Høyeste verdier som er målt for menn

Det skjer en reduksjon i fysisk arbeidsevne med stigende alder. Dersom arbeidskravet ikke forandres, vil den relative belastning bli større og større med alderen. Sykdom eller inaktivitet fører også til en stor reduksjon i fysisk arbeidsevne, mens regelmessig mosjon eller fysisk trening fører til at den fysiske arbeidsevnen øker.

Verdiene er her uttrykt i SI-enheten $\mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$. En gammel enhet som er mye brukt fortsatt er $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. For sammenlikning og omregning kan en bruke følgende regel: $3 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} = 4 \text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Det er store skilnader i det maksimale O₂ opptaket mellom personer, og de skyldes særlig faktorer som:

- ulikt treningsgrunnlag (hva en har trent det siste halve året)
- ulik tidlige treningsbakgrunn (f eks om en trente mye som tenåring)
- arvelige faktorer
- alder
- fedme og overvekt

Arbeidskrav

Ulike aktiviteter har ulike krav til energiomsetning og derfor ulike O_2 krav. Typiske tall for noen aktiviteter er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Typiske tall for O_2 opptaket og varmegrigjøringa (uttrykt pr kg kroppsvekt, q , og totalt for en 70-75 kg person, Q).

Aktivitet	$\dot{V}O_2$ $\mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	\dot{q} W/kg	\dot{Q} W
Hvile/søvn	2.5	1	75
Stillesittende	3.5	1.5	100
Gå flatt 1 m/s	10	4	300
Gå i terrenget	15	6	450
Jogg (≈ 2 m/s)	20	8	600
Gå i trapp (ett og ett trinn)	25	10	750
Løp (≈ 4 m/s)	35	14	1000
Tungt løp (≈ 6 m/s)	50	20	1500

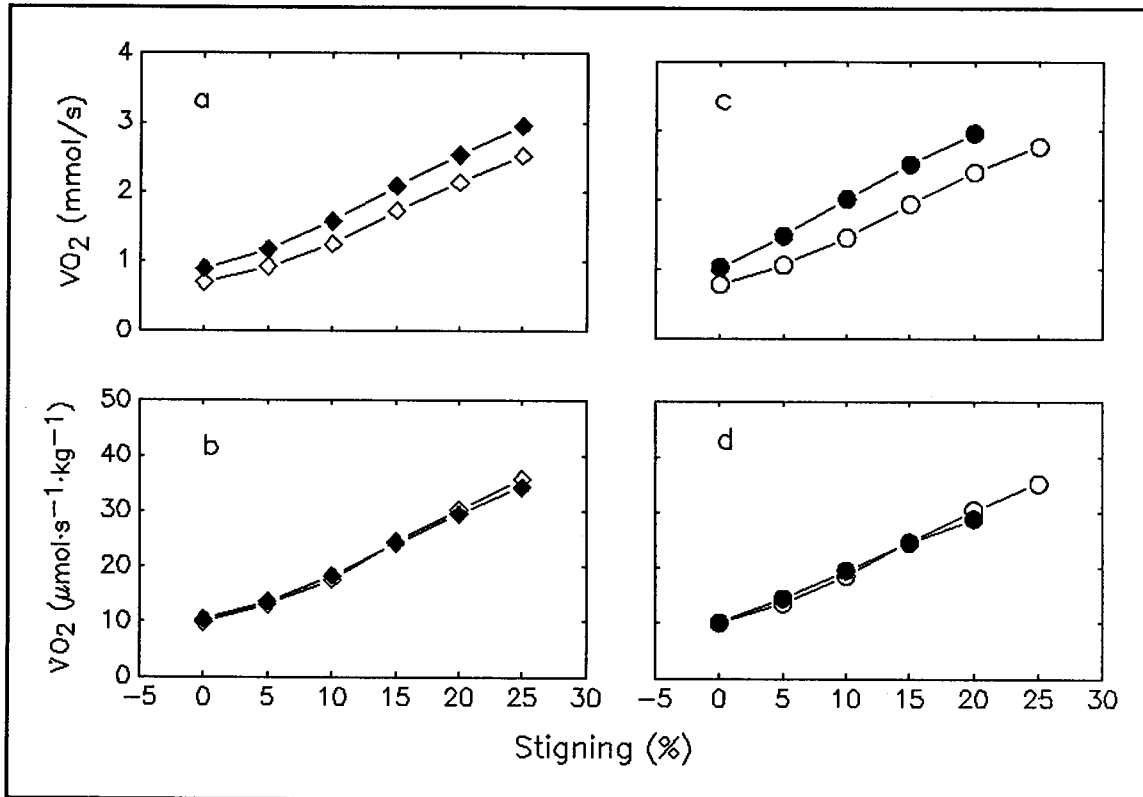
Tallene i tabell 2 viser at energifrigjøringa og derfor O_2 opptaket og varmegrigjøringa varierer mye med ulike aktiviteter. Fysisk arbeid krever mye O_2 og frigjør mye varme. Selv middels tungt arbeid øker varmegrigjøringa minst fem ganger over hvilenivået, og under tungt arbeid kan varmegrigjøringa øke 10-20 ganger over hvilenivået. Dette forklarer hvorfor en under fysisk aktivitet blir varm og svett selv i kaldt vær, mens en som står stille lett begynner å fryse selv om han er godt påkledd.

Sammenlikning av tallene i tabellene 1 og 2 forklarer hvorfor uføre og hjertepasienter synes det er tungt å gå og hvorfor eldre og dårlig trente synes det er tungt å gå i trapp. Ved disse arbeidsbelastningene er O_2 kravet for arbeidet minst like stort som personenes maksimale O_2 opptak. Tallene viser også at skal en kunne løpe fort i 1 min eller mer, må en ha et stort maksimalt O_2 opptak.

Fordamping av svette og fuktighet krever varme og er et viktig middel for å unngå overoppheting under tungt arbeid. En røykdykker arbeider med klær som beskytter mot varmen. Disse klærne hemmer samtidig fordamping av svette, og en brannmann som arbeider tungt kan derfor få en økning i kroppstemperatur. Kroppen prøver å motvirke dette ved å sende mer blod til huden. Dette setter større krav til hjerte-karsystemet og belaster derfor hjertet mer. Det er her viktig å merke seg at evnen til å svette avtar med alderen, og det er vist at for 45 år gamle menn er evnen til å avkjøle seg ved svetting 25% mindre enn for 25-åringer (Wadstein og Hofvendahl 1976). Disse forholdene understreker faremomentene ved hjerte-kar sykdommer hos slikt personell.

Vektas betydning. Betydningen av last og oppakning.

Verdiene for O_2 opptaket uttrykkes i forhold til kroppsvekta. Grunnen er for det første at jo tyngre en er, jo mer arbeid må en gjøre for å bevege seg. Arbeid og energiomsetning uttrykt pr kg kroppsvekt er imidlertid det samme for ulike personer som gjør det samme (figur 2). For det andre har gjerne store personer større arbeidskapasitet, de har en sterkere "motor" til å flytte på en tyngre kropp. Uttrykker en arbeidet pr kg kroppsvekt, er det lettere å sammenlikne ulike personer.



Figur 2

O_2 opptaket under gang på tredemølle med økende stigning. Verdiene er uttrykt dels i absolutte tall (panel a og c, øverst) og dels i forhold til vekta (panel b og d, nederst).

a) to forsøkspersoner, en tung (◆, 86 kg) og en lett (◇, 71 kg), som gikk 1.5 m/s med trinnvis økende belastning. O_2 opptaket for den tunge er klart større enn for den lette. b) O_2 opptaket for de samme to uttrykt i forhold til kroppsvekta ($\mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$). Når O_2 opptaket uttrykkes i forhold til kroppsvekta, er den ingen skilnad mellom de to.

c) O_2 opptaket under gang på tredemølle, 1.5 m/s, med trinnvis økende stigning. I det ene tilfellet går forsøkspersonene i vanlig treningstøy (□), mens i det andre tilfellet bærer de 24 kg på ryggen i tillegg (■). d) De samme målingene som i c), men nå uttrykt i forhold til vekta (kroppsvekt + eventuell tilleggsvekt). O_2 opptaket er systematisk større når en bærer tungt, mens uttrykt i forhold til vekta er O_2 opptaket det samme i begge situasjonene. Da forsøkspersonene bar 24 kg på ryggen, greide de ikke den siste belastninga. Verdiene i c) og d) er gjennomsnitt fra fire personer.

Alle vet at en bil med last eller tilhenger jobber tyngre og blir "svakere". Grunnen er at motoren er den samme, men massen som skal beveges er større slik at motoreffekten pr kg eller tonn som skal flyttes er mindre. Det samme gjelder for oppakning eller overvekt hos mennesker. En blir ikke fysisk sterkere om en legger på seg 10 kg fett, men en bærer på denne tilleggsvekta. En får ikke større yteevne om en tar på seg 25 kg oppakning. Derimot gjør kroppen et større arbeid når en beveger seg med

ekstra last. Går en med oppakning, er det derfor som om ens arbeidskapasitet synker. *Eksempel:* En 75 kg person med et maksimalt O_2 opptak på $40 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ eller $3000 \mu\text{mol/s}$ ($40 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \cdot 75 \text{ kg} = 3000 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$) bærer 5 kg klær + 20 kg oppakning i tillegg til kroppsvekta si, til sammen 100 kg. Fordelt på de 100 kg han bærer er hans maksimale O_2 opptak nå $3000 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}/100 \text{ kg} = 30 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$. Det er et fall på 25 % i forhold til verdien uten oppakning. Dette betyr at en middels godt trent mosjonist med denne oppakninga får en arbeidsevne som en utrent middelaldrende mann uten oppakning (jf verdiene i tabell 1 og figur 2).

2.3 Måling av arbeidskapasitet

En kan måle det maksimale oksygenopptaket direkte, men utstyret er dyrt og krever spesielle kunnskaper. Derfor er det utviklet en rekke indirekte tester for å beregne det maksimale oksygenopptaket. Disse testene knytter seg til begrepet relativ arbeidsbelastning.

Absolutt og relativ arbeidsbelastning

Samme arbeid krever omtrent det samme O_2 opptaket for alle ($\pm 10\%$). Det å gå på flata, 1 m/s, krever $\approx 10 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, mens det å gå i trapp, ett og ett trinn i vanlig fart krever $\approx 25 \mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ for alle. Det uttrykker det absolutte arbeidskravet ved å gå i trapp. Dette tallet må sammenliknes med den enkeltes arbeidsevne, dvs det maksimale O_2 opptaket, fordi det er den relative og ikke den absolutte belastninga som er avgjørende for hvordan kroppen reagerer på arbeidsbelastninga. Det gjelder for eksempel tida til utmattelse, hjerterefrekvensen (puls) og melkesyreproduksjonen på ei gitt belastning (tabell 3, figur 3).

Tabell 3. Relativ arbeidsbelastning for fire personer med ulike maksimale O_2 opptak (skjematisk eksempel).

Person	Maks VO_2 $\mu\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	Rel. arb.bel.	Maks.arb.tid
A	20	1.20 = 120 %	1 min
B	30	0.83 = 83 %	10-50 min
C	40	0.60 = 60 %	1-3 t
D	50	0.50 = 50 %	2-8 t

Dette gir grunnlag for flere indirekte tester for det maksimale O_2 opptaket etter følgende prinsipp: Forsøkspersonen settes på ei kjent arbeidsbelastning i for eksempel 10 min. Melkesyrekonsentrasjonen i blodet eller hjerterefrekvensen måles mot slutten av arbeidet, og den relative arbeidsbelastninga kan leses av fra en av figure-

ne. En har følgende sammenheng mellom den relative arbeidsbelastninga, det maksimale O_2 opptaket ($\dot{V}O_{2\text{-maks}}$) og O_2 kravet på den gitte belastninga:

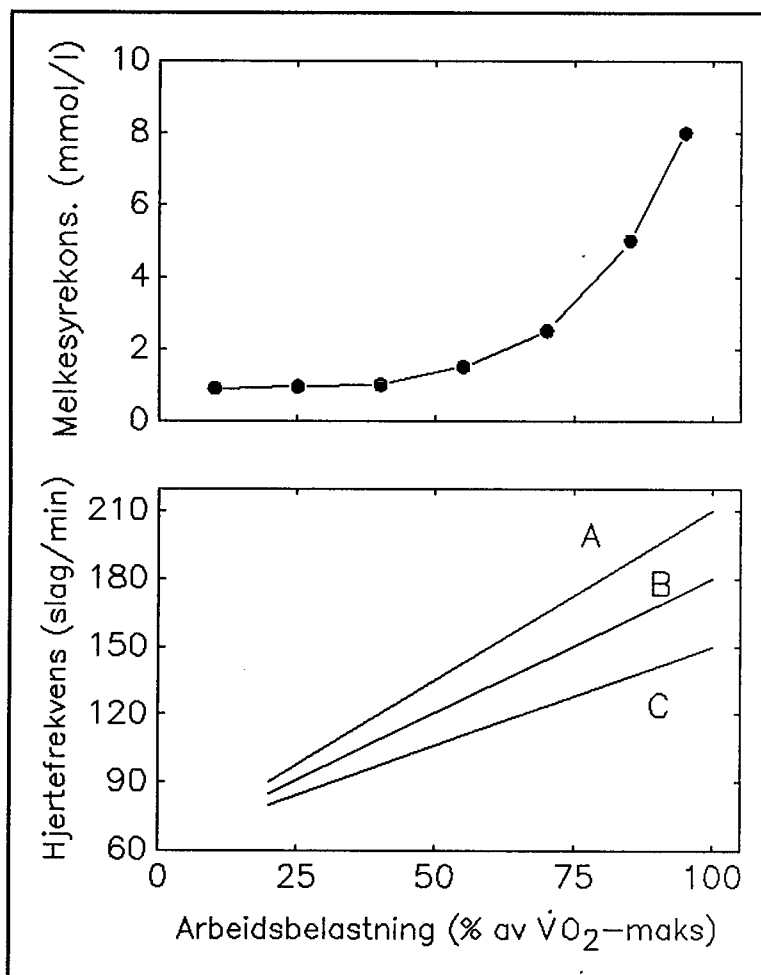
$$[1] \quad \text{relativ belastning} = O_2 \text{ krav} / \dot{V}O_{2 \text{ maks}}$$

$$[2] \quad \dot{V}O_{2 \text{ maks}} = O_2 \text{ krav} / \text{relativ belastning}$$

O_2 kravet for det arbeidet en velger er kjent på forhand. Hjerterefrekvensen eller melkesyre konsentrasjonen i blodet måles slik at den relative belastninga kan leses av fra figur 3, og det maksimale O_2 opptaket regnes så ut ved hjelp av [2].

Øverst, typisk sammenheng mellom melkesyre konsentrasjonen i blodet og den relative arbeidsbelastningen etter 5-10 min arbeid på konstant belastning. Måles melkesyre konsentrasjonen under arbeidet, kan den relative arbeidsbelastningen leses av fra kurven. Merk at denne sammenhengen varierer mye for ulike arbeidsformer. Derfor må denne sammenhengen bestemmes på nytt for ulike arbeidsformer. For en og samme arbeidsform vil de fleste som testes ha tilnærma den samme melkesyre konsentrasjonen på samme relative belastning.

Nederst, sammenhengen mellom hjerterefrekvens og relativ arbeidsbelastning etter 5-10 min arbeid på konstant belastning. Måles hjerterefrekvensen, kan den relative arbeidsbelastningen beregnes fra figuren. Merk at denne sammenhengen varierer fra person til person, særlig på grunn av ulik maksimal hjerterefrekvens. A, en person med høy maksimal puls (≈ 210 slag/min), B, en person med middels høy maksimal puls (≈ 180 slag/min), C, en person med lav maksimal puls (≈ 150 slag/min). For en og samme person varierer denne sammenhengen derimot lite med ulike arbeidsformer.



Figur 3. Prinsipp for indirekte måling av det maksimale O_2 opptaket.

Erfaringer tyder på at for masseundersøkelser er melkesyretesten bedre enn pulstesten. Grunnen er i første rekke den at pulstesten krever at forsøkspersonens maksimale puls er kjent. Den maksimale pulsen varierer fra person til person og blir ikke målt på masseundersøkelser. To personer med ulik maksimal hjerterefrekvens vil derfor ha ulik puls selv om de arbeider på den samme relative belastninga (figur 3). Er den maksimale pulsen kjent, er pulstesten god. I tillegg er hjerterefrekvensen svært

