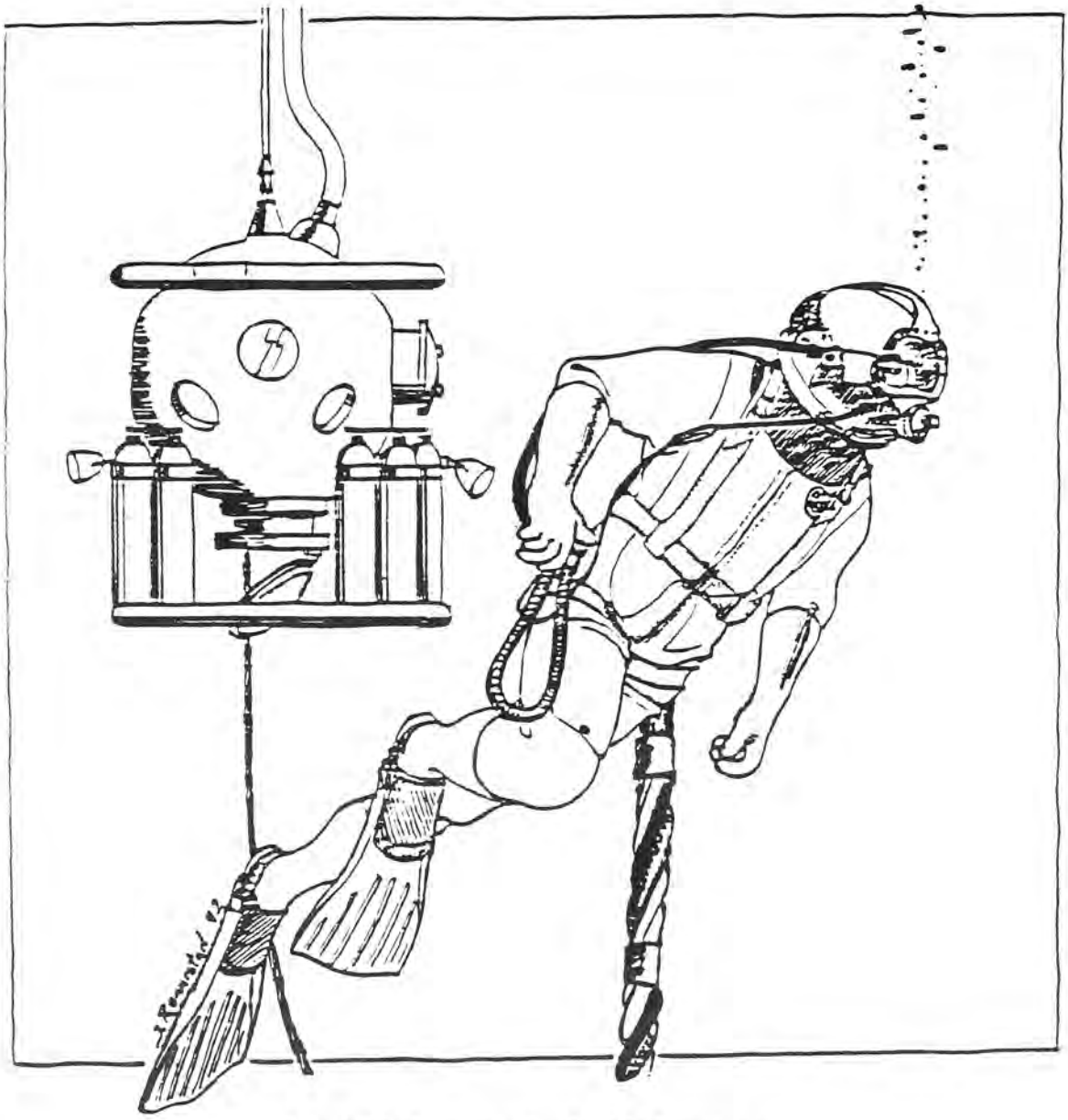
7. årgang nr. 2 - 1995
ISSN 0802-6440
5.7.95

Nutec

Dykkenytt

INFORMASJONSAVIS FOR DYKKEINDUSTRIEN



Norsk Undervannsteknologisk Senter a.s
Gravdalsveien 255
5034 Ytre Laksevåg

REDAKSJONELL STAB:
Ansvarlig: R. Værnes
Sekretariat: E. Dahll-Larssøn

FASTE FAGLIGE BIDRAGSYTERE/KONSULENTER:
Legale aspekter:
O. Hauso, Oljedirektoratet
Medisinske aspekter:
J. Risberg, NUTEC
Dykkeaktiviteter:
L. T. Skjerven, Statoil
Operasjonelle aspekter:
Y. Bergfløtt, Stolt Comex Seaway
Utdanningsaspekter:
S. Gylseth, Statens Dykkerskole
Litteratur/seminarer:
E. Dahll-Larssøn, NUTEC

Redaksjonen
avsluttet: 27.6.95

INNHOLD SIDE

Leder 3
Ragnar J.Værnes, NUTEC
Trykkammerbehandling av dykkere i Norge 1994 4
Jan Risberg, NUTEC
HBO-behandling i Bergen 8
Leif Aanderud, Haukeland Sykehus
Jan Risberg, NUTEC
Trykktapsberegning 9
Kåre Segadal, NUTEC
Kvalitetskontroll av pustekalk 10
Anders Holst, NUTEC
Hyperbar beredskap 12
Alf Schønhardt, Nopef hovedtillitsvalgt, NUTEC
Kultur på trykk 14
Rune Djurhuus, NUTEC
Tap av kroppsvæske ved dykking med varmtvannsdrakt 17
Arvid Hope, NUTEC
Litteratur og dokumentasjon 22
Elin Dahll-Larssøn, NUTEC
Klipp fra spaltene 23
Seminarer og konferanser 26
Forsknings- og utviklingsprosjekter 1995 27

GOD SOMMER FRA NUTEC DYKKENYTT

LEDER

Ragnar J. Værnes, NUTEC

For noen er juli måned synonymt med ferie, sol og sjø, mens for andre er denne måneden den mest hektiske tid på året. Blant annet gjelder dette for mange innen dykkeindustrien. Men uansett ferie eller arbeid er det godt med noe oppbyggende dykkemedisinsk litteratur i sommervarmen.

I denne utgaven av Dykkenytt kommer alle bidragene fra NUTEC. Disse dykkemedisinske, operasjonelle og tekniske artiklene viser bredden NUTEC har bygget opp innen faget dykking, en kompetanse som står til disposisjon for de som har behov for den innen denne industrien.

Jan Risberg beskriver i sin artikkel omfanget av trykkammerbehandling av dykkere i fjor. Hovedtendensen synes å være en reduksjon av skadeomfanget siden 1990. Men det har vokst frem en undergruppe av "tekniske sportsdykkere" som han mener det kan være grunn til å følge med i årene som kommer.

Leif Aanderud og Jan Risberg tar for seg HBO-behandlingen i Bergen. Etter at Haukeland sykehus fikk tildelt landsfunksjonen i hyperbarmedisin ble denne aktiviteten startet opp i januar 1994. Etter hvert som dette behandlingstilbudet har blitt kjent har denne aktiviteten øket sterkt, og vil sannsynligvis være syv-doblet i 1995 sammenlignet med 1994.

Kåre Segadal tar for seg problemområdet trykktapsberegning. I et Omega-prosjekt er det undersøkt om der finnes regnemaskinprogrammer til slike formål. Selv om der er tilgjengelige programmer, er Segadal i tvil om det er verdt å satse på et slikt "verktøy". Det kan likevel være nyttig i forbindelse med større ombygginger av pustegassforsyningssystemer. En vil da kunne forutsi effekten av modifikasjonene, mens de enda er på tegnebrettet.

Anders Holst sin artikkel omhandler kvalitetskontroll av pustekalk. En slik standard forsøksprosedyre vil være til nytte ved bestemmelse av brukstid. Omega programmet og Sjøforsvaret har utarbeidet en forsøksprosedyre kombinert med tidligere foreslått apparatoppsett og prosedyre for kvalitetskontroll.

Alf Schønhardt tar for seg den hyperbare beredskap. I sitt innlegg kommer han med synspunkter på dagens og fremtidens krav til sikkerhet og beredskap offshore sett i en samfunnsmessig sammenheng. Har du synspunkt på det Alf tar opp, bør du sende inn et leserinnlegg til neste Dykkenytt !

NUTEC Dykkenytts "kultur-innlegg" kommer denne gangen fra Rune Djurhuus. I en lenge artikkel tar han for seg effekter av kjemisk forurensning under hyperbare forhold og hvordan forskning ved hjelp av cellekulturer kan gi et bedre grunnlag for å fastsette hyperbare grenseverdier for eksponering til kjemiske forbindelse.

Siste artikkel er også omfattende. Arvid Hope tar der for seg tap av kroppsvæske ved dykking med varmtvannsdrakt - 30% av dykkerne har et betydelig væsketap når de dykker med denne drakten. Hope kommer med anbefalinger om hvordan dette kan kompenseres.

Vel, dette var mye nyttig kunnskap i sommer (-varmen). Redaksjonen ønsker dere alle en god sommer !

TRYKKAMMERBEHANDLING AV DYKKERE I NORGE 1994

Jan Risberg, NUTEC

Artikkelen beskriver omfanget av trykkammerbehandling av dykkere 1994. 47 sportsdykkere, 5 yrkesdykkere og 9 militærdykkere ble behandlet i fjor. Tre dykkere omkom. Det synes å ha skjedd en reduksjon av skadeomfanget siden 1990. Ca 1/3 av de som ble behandlet hadde brukt dykkecomputer, og det har vokst fram en undergruppe av "tekniske sportsdykkere" som det kan være grunn til å følge med i årene som kommer.

De av dere som mener å ha hørt om dette før har sannsynligvis helt rett: Innholdet har tidligere blitt presentert på "Bømlo-seminaret" jan -95 og på møtet til Norsk Baromedisinsk forening juni 1995. For de av dere som ikke var til stede på disse møtene kan kanskje noen av tallene være interessant lesing.

1994 var det første operative året til seksjon for hyperbarmedisin, Haukeland sykehus. Trykkammerbehandling av sportsdykkere ble organisert av leger tilknyttet denne seksjonen, selv om behandlingen rent praktisk ble gjennomført på Haakonsvern som tidligere. Det er likevel ikke Haukeland som skal krediteres all behandling, fordelingen mellom de ulike kamrene så slik ut:

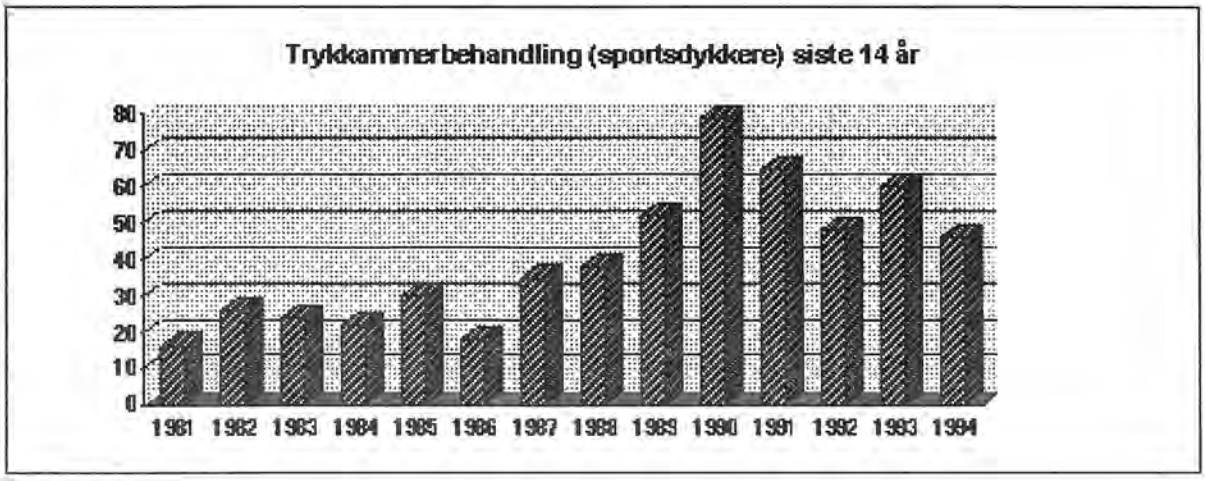
Haukeland sykehus/Haakonsvern	38
Ullevaal sykehus	14
Ramsund	4
Regionsykehuset i Tromsø/Olavsvern	5

Fem av dykkerne ble behandlet flere steder.

Vi behandlet 61 pasienter i fjor (sammenlignet med 76 i 1993), fordelt slik mellom de ulike gruppene:

	1993	1994
Sportsdykkere	60	47
Yrkesdykkere	6	5
Militærdykkere	10	9

Ser vi dette mer over tid kan vi ane en positiv tendens for sportsdykkernes vedkommende:



Slik jeg tolker tallene ser det ut til at vi har stabilisert oss på et lavere nivå enn "toppåret" 1990. Vi kan kanskje håpe på en fallende tendens?

Fordeling mellom diagnosene holder seg noenlunde uendret fra år til år, for 1994 ser den slik ut:

Trykkfallssyke i hud, ledd og muskulatur ("Type I"):	16%
Nevrologisk trykkfallssyke ("Type II"):	57%
Arteriell (cerebral) gassemboli (en person)	2%
"Hit mate" (ledsager til dykker med TFS)	5%
Annen diagnose (dvs. neppe TFS)	23%

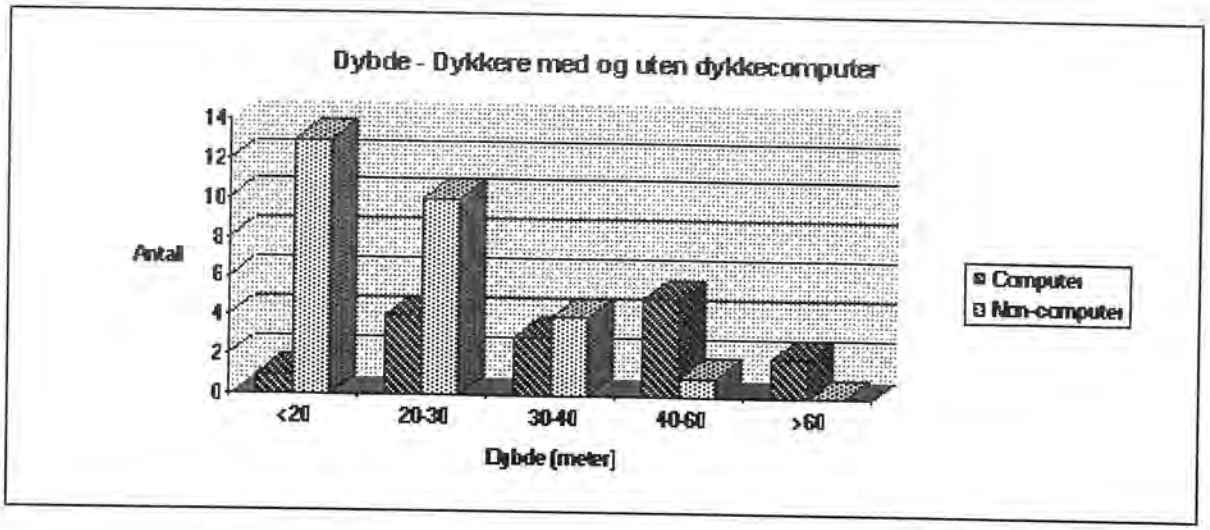
(Prosent-tallene er avrundet og summen overstiger av den grunn 100). Dypeste dykk 1994 var et dykk til 61 m gjennomført av en sportsdykker med 3 års erfaring som ikke hadde dykket siste 6 mnd før ulykken..... Ca 1/3 av sportsdykkerne hadde dykket dypere enn 30 meter.

Ved gjennomgang av journalene vil jeg vurdere *en* av skadene som kritisk, dvs. med debutsymptomer i form av omfattende nevrologiske utfall. Samme dykker synes å ha utviklet varig nevrologisk senskade. Beskjedne nevrologiske senskader er sannsynlig hos ytterligere to-tre dykkere.

25 (54%) av sportsdykkerne har gjennomført dykk som krever dekompresjonsstopp i vann, av disse var det bare 3 som hadde gjennomført korrekt dekompresjon i.h.t. gjeldende norske dykketabeller. Snur vi på forholdet ser vi at nesten halvparten av dykkerne som ble behandlet hevder å ha dykket innenfor gjeldende tabellgrenser. Uriktige opplysninger, feil registrering eller statistisk tilfeldighet?

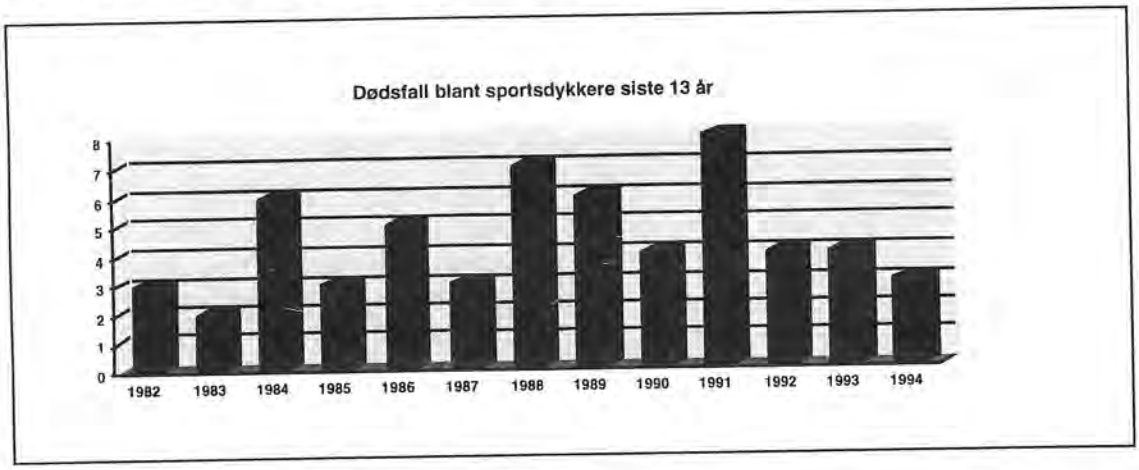
I 1994 var det to forhold som særskilt tiltrakk seg oppmerksomhet:

1. Bruk av dykkecomputer: 33% (15 av 46) mot 10% (6 av 60) i 1993. Karakteristisk for disse "computerdykkerne" er at de har samme erfaring, men dykker dypere enn sine kolleger i "non-computer" gruppen (se graf under).



2. "Teknisk dykking". Vi har fått den første kontakten med en liten gruppe sportsdykkere som kan sies å dykke "teknisk", dvs. være orientert mot dyp dykking og avansert utstyrsbruk. Jeg tror dette er en trend som vi vil merke mer av i åra framover, selv om volumet foreløpig er beskjedent. Vi har ikke hatt tilfeller av trykkfallssyke ved bruk av blandingsgass (nitrox eller heliox) ennå.

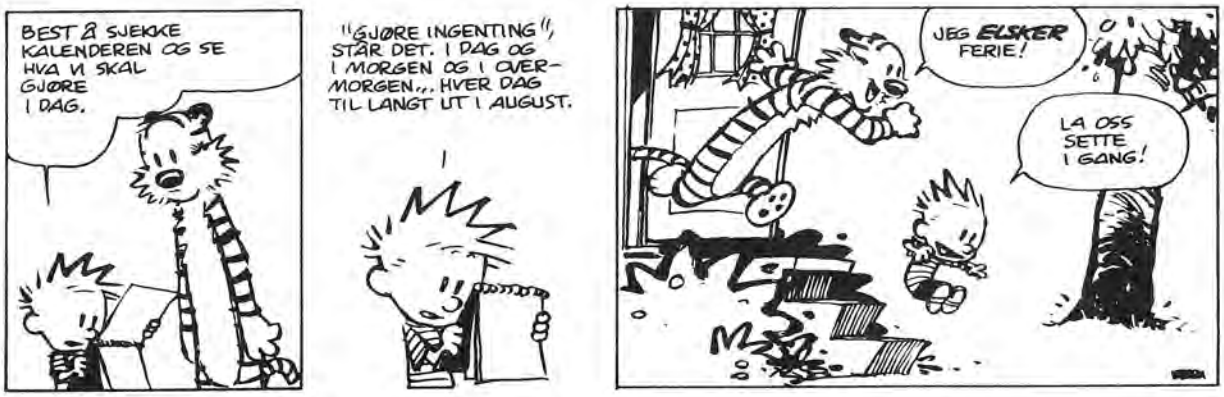
Omfanget av dødsfall blant sportsdykkere holder seg stabilt, tre sportsdykkere omkom 1994 og dette er på nivå med de foregående to år.



Det er ikke mulig å lage meningsfylt statistikk på fem yrkesdykkere. Det relativt lave omfanget i 1994 må ikke umiddelbart tas til inntekt for at norsk (innaskjærs) yrkesdykking er blitt så mye sikrere siden vi ikke kjenner det totale dykkevolumet (eksposisjonen).

Mine ønsker for 1995 er at myndighetene (Direktoratet for Arbeidstilsynet, Kommunaldepartementet) og sportsdykkerorganisasjonene (PADI Norway, Norges Dykkerforbund) bidrar med å skaffe *aktivitetsdata* slik at det er mulig å utarbeide en *risikovurdering* - ikke bare en passiv skaderegistrering. Tallene for 1995 gir et blandet inntrykk, vi har allerede hatt to dødsfall av sportsdykkere, men behandlingsvolumet i Bergen er lavere enn noen sinne: Bare 5 dykkere behandlet hittil (primo juni) i år.

Jeg ønsker dere alle en riktig god sommer!



HBO-BEHANDLING I BERGEN

Leif Aanderud, Haukeland sykehus/NUTEC og Jan Risberg, NUTEC

Etter at Haukeland sykehus fikk tildelt landsfunksjon i hyperbarmedisin, ble det opprettet en Seksjon for hyperbarmedisin underlagt Yrkesmedisinsk avdeling, og aktiviteten startet opp i januar 1994. Det ble raskt opprettet et formalisert samarbeid med NUTEC og Sjøforsvaret om behandling av forskjellige grupper pasienter, og denne virksomheten har øket jevnt på ettersom dette nye behandlingstilbudet er blitt kjent i medisinske kretser og blant publikum.

I Sjøforsvarets trykkammer på Dykker- og froskemannsskolen behandles som tidligere trykkfallssyke hos dykkere, pasienter med gassgangren (alvorlige, dype vevs-infeksjoner med bakterier som ikke tåler oksygen) og kullosforgiftninger der høyt oksygentrykk fordriver kullos fra de røde blodlegemene og reduserer sjansene for seinskader fra nervesystemet. Denne aktiviteten drives i nært samarbeid med sjøforsvarets dykkerleger og anestesi-avdelingen ved Haukeland sykehus.

I NUTECs kammeranlegg behandles pasienter som kan planlegges over noen tid, og der aktiviteten kan foregå i dagarbeidstid. I samarbeid med NUTEC har Haukeland sykehus utdannet og sertifisert erfarne spesialsykepleiere i anestesi til å være kammerledsagere. De har lang erfaring og gode akuttmedisinske kvalifikasjoner, og er blitt opplært i praktiske prosedyrer ved kammer-kjøringen.

Ved NUTEC behandles først og fremst pasienter som har seinfølger etter strålebehandling for kreft i munn, kjeve eller halsområdet. En liten del av disse pasientene får en stråleskade som rammer de små blodårene i området. Dette resulterer i innsnevring av årene, slik at oksygen og næring ikke kommer fram til vevet i tilstrekkelige mengder. Følgen blir kroniske, infiserte sår i munnhule, svekkelse av beinvev i underkjeve, munntørrhet når spyttkjertler rammes, og en hverdag med mange plager i tillegg til at kanskje deler av kjeve, tunge eller kinn er kirurgisk fjernet. Dette har vært et uhelbredelig problem hos denne pasientgruppen, inntil nysgjerrigheten ble vakt hos amerikanske forskere som hadde hørt anekdoter om at sår hos indianerne tilhelte langsommere når de var oppe i høyfjellsområder i forhold til når de oppholdt seg i lavereliggende områder.

Tilsvarende enkeltobservasjoner var blitt gjort av franske dykkere i Conshelf I og II-dykkene. Dette utløste forsknings-aktivitet med sårtilheling under hyperbare forhold med høyt oksygentrykk. Resultatene viste at i områder som hadde gjennomgått høydose bestråling sank gjennomblødningen over tid ned til 20 % av normalt. Dersom man utsatte forsøksdyrene for daglig hyperbar oksygenbehandling i 3 uker med 90 minutters oksygenpusting på 2.4 ATA (tilsvarende 14 m sjødyp), dannes det nye harrørsårer i området. Denne nydannelsen av små blodkar er så kraftig at etter tre ukers behandling er blodgjennom-strømningen fire-doblet og har nådd 80 % av normalnivå. Da settes vevet i stand til å tilhele, til å tåle kirurgiske inngrep og til å bekjempe infeksjon i området.

I store pasientmaterialer er det vist det samme, og mens tidligere mindre enn 1/10 av disse pasientene ble permanent kvitt sine plager, tilheler nå mer enn 9 av 10. Disse pasientene henvises nå til oss fra hele landet, enten direkte eller via kjevekirurgisk avdeling på Haukeland sykehus. De fleste bor på sykehotell under behandlingen, som foregår hver morgen fra 9 til 11 på NUTEC. Vanligvis kjøres nå 2 kammere samtidig, i perioder foregår to kammerkjøringer alt etter som hvor mange pasienter vi har til behandling.

En annen pasientgruppe som behandles etter samme prinsipp, er pasienter med sukkersyke som har fått fotsår eller leggsår. Disse pasientene har forstyrrelser i blodgjennomstrømningen av de små blodkar, med sår som ikke vil gro og ofte kan true en hel fot eller et bein. Dette er også en anerkjent behandlingsindikasjon der det er samlet og rapportert mye erfaring fra sentre, spesielt i USA. Vi har behandlet en del slike pasienter med svært gode resultater - dvs. tilheling av sårene. Disse pasientene henvises gjerne fra Hudavdelingen. Behandlingen virker sannsynligvis ved å sette bindevevscellene i de skadde områder i stand til å danne bindevevssubstansen kollagen omkring seg. Denne bindevevssubstansen er en nødvendighet for at nye blodårer skal knoppskyte inn i et karfattig område, og det er vist at produksjonen av kollagen er proporsjonal med oksygentrykket i området.

Oksygen er likedan en forutsetning for at kroppens politi, de hvite blodlegemene skal kunne ete og drepe bakteriene som alltid finnes til stede i slike sår. De såkalte frie oksygenradikalene er nemlig de hvite blodlegemenes mordvåpen, og det er viktig med infeksjonsbekjempelse fordi både politi og røvere i såret kjemper og bruker oksygen, slik at det blir enda mindre igjen til tilhelingsprosessen.

Hyperbar oksygenbehandling er en nyttig aktivitet for utvalgte sykdomstilstander, og antallet pasienter øker stadig, Ifjor hadde vi 21 pasienter som ble behandlet for slike tilstander på NUTEC med medisinsk ansvar Haukeland sykehus, og i 1995 vil antallet pasienter sannsynligvis 7-dobles. Pasientene informeres og tilsees ved Yrkesmedisinsk avdeling og en dag i uken på legekontoret på NUTEC. Vi får mange gode tilbakemeldinger fra pasientene både om behandlingens effektivitet og om måten de blir behandlet på på NUTEC, og så mye konfekt har det neppe vanket før på kammerkjørerne i kontrollrommet på NUTEC. Det ligger mange muligheter for interessante studier for å klarlegge hvilke mekanismer som aktiveres og ligger bak oksygenets påvirkning av nydannelse av blodkar, bindevevsceller og hvite blodlegemer, likedan på hvilke behandlingsprotokoller som er mest effektive. Vi har kontakt med mange potensielle samarbeidspartnere i Bergens-miljøet, og vi tror vi har en spennende tid foran oss med mange utviklingsmuligheter.

Samarbeidet mellom Haukeland sykehus og NUTEC har fungert meget godt, og ser ut til å utvikle seg ytterligere. Det er interessant og nyttig for begge parter med et slikt samarbeid som krysser de tradisjonelle grensene, og deltakelse i aktiviteten er blitt et nytt, attraktivt område innen sykehusets aktivitet.

Haukeland sykehus har satset betydelig på å starte opp aktiviteten i landsfunksjonen i hyperbarmedisin, og ass. dir. Tore Nepstad har vært en betydelig pådriver og støttespiller. Økonomien i denne nye aktiviteten er i øyeblikket ennå ikke helt klarlagt, og det har vært nedlagt en god del

arbeid for å få midler til behandlingen via Sosialdepartementet og Rikstrygdeverket. Vi har fått klare signaler på at vi vil få en rammebevilgning til å dekke behandlingen, og derfor har administrasjonen ved Haukeland sykehus hittil garantert for utgiftene til kammerbehandling. Vi er svært glade for denne positive holdningen, for uten den ville vi ikke ha kunnet behandle mange pasienter som har stor nytte av hyperbar oksygenbehandling i tillegg til konvensjonell behandling av sine sykdommer.

TRYKKTAPSBEREGNING

Kåre Segadal, NUTEC

I forbindelse med testing av pustegassforsyningsanlegg er det nyttig å ha et regnemaskinprogram som kan benyttes til å beregne trykkfall ved gass-strømning gjennom systemet. Testene er kostbare og det vil gi bedre kostutnyttelse hvis man på forhånd kan forutsi om systemet har komponenter som vil gi uakseptable trykkfall. I tilfelle kan systemet modifiseres før testing og øke sannsynligheten for at testen gir akseptabelt resultat, dvs pustemotstand lavere enn kravene som er angitt i Oljedirektoratets veiledning. I et Omega -prosjekt i 1994, undersøkte NUTEC og Christian Michelsen Research AS (CMR), om det finnes regnemaskinprogrammer som kan benyttes til et slikt formål.

Det ble definert et testoppsett, hvor det eksisterte eksperimentelle resultater. Av flere forespurte simulatorleverandører var det fire som utførte beregninger med hver sitt program.

Det viste seg at to av regnemaskinprogrammene vil kunne være til praktisk nytte for dykkebransjen. Begge disse gjør transiente beregninger, dvs de tar hensyn til at gass-strømmen ikke er jevn, men pulserer i takt med dykkerens pustefrekvens. For begge gjelder at det må gjøres noe mer utviklingsarbeid før de kan tas i bruk i praksis.

Det kan innhentes kostnad for eventuell videreutvikling og spesialtilpasning av et av programmene og det vil være fornuftig å få et overslag over hva senere bruk vil koste av tid og penger. Ved praktisk bruk av et slikt verktøy kan flere arbeidsfordelinger være aktuelle. Programleverandør kan ta konsulentoppdrag direkte fra eier av dykkeinstallasjon, eller f.eks NUTEC, kan være operatør av den ferdigtilpassete programversjon og utføre oppdrag for industrien. Andre kombinasjoner kan også tenkes. Det bør derfor vurderes hvor det er rasjonelt å få utført de forskjellige nødvendige arbeidsoppgavene i forbindelse med en simulering.

Som angitt i konklusjonen i prosjektrapporten (fortrolig, etter ønske fra en simulatorleverandør) bør det programmet som eventuelt velges, spesialtilpasses dette bruksområdet. Det er klart at en mer nøyaktig karakteristikk av komponentene, særlig trykkregulatorene, er nødvendig. Det kan også være nødvendig å legge inn andre tilstandsligninger enn for ideelle gasser. Det vurderes ikke som

nødvendig å gjøre mye mer arbeid med temperatursimulering av hensyn til trykktapsberegningen, men det kan være verdifullt i seg selv og kan vurderes. Under dette arbeidet er det sannsynligvis behov for målinger på enkle eksperimentelle oppsett.

Etter fullført tilpassing av programmet må det gjøres en ny testsimulering. Det er behov for et oppsett som er nøyaktig definert og med komponenter med kjente karakteristikker. Målepunkter og parametre må planlegges spesielt for å sikre verifikasjonen av modellen. Regnemaskinsimuleringen bør derfor kjøres før målingene foretas. For å utnytte ressursbruken ved en slik verifisering vil det være fornuftig å kople det til et konkret behov for verifisering av et aktuelt pustegassforsyningssystem.

Man kan være i tvil om det er verdt å satse på et slikt regnemaskinverktøy. Men resultatene av dette prosjektet har styrket begrunnelsen for å prøve å få et slikt program i praktisk bruk, idet kvaliteten til de identifiserte programmene er i overkant av hva vi hadde forventet. Regnemaskinverktøyet vil først og fremst være nyttig i forbindelse med ombygging av eksisterende pustegassforsyningsystemer. Ombygging kan være begrunnet med behov for større dybdekapasitet (mange systemer har i dag dybdegrenser i 100 - 180 msw området) eller andre endrete kravspesifikasjoner (f eks flere dykkere på samme BIBS-forsyning, behov for ekstra filtre eller umbilical ut av klokken). Regnemaskinverktøyet vil i slike tilfelle kunne forutsi effekten av modifikasjonene mens de enda er på tegnebrettet.

KVALITETSKONTROLL AV PUSTEKALK

Anders Holst, NUTEC

Det er vanlig å bruke kalk for å fjerne karbondioksid, CO_2, fra pusteluft i lukkede systemer. Det finnes flere typer/kvaliteter og produsenter av kalk. En standard forsøksprosedyre for kvalitetskontroll av pustekalk vil være til nytte ved bestemmelse av brukstid. Omega og Sjøforsvaret utarbeider en slik forsøksprosedyre Det er tidligere foreslått apparaturoppsett og en prosedyre for kvalitetskontroll. Apparaturoppsettet er bygget og en rekke forsøk er kjørt med hensyn på å evaluere den foreslåtte prosedyren.

Den foreslåtte forsøksprosedyren er et NATO utkast som blant annet går ut på å bestemme størrelsesfordeling, skjørhet, fuktighetsinnhold og aktivitetstid for kalken. Apparaturoppsettet for bestemmelse av aktivitetstiden kan forenklet beskrives som følger: CO_2 gass (5.00 %, 3 l/min) blir fuktet og deretter ført gjennom en sylinderformet beholder med kalk (105 ml). CO_2 konsentrasjon før og etter kalkbeholder måles. Det blir også målt trykktap over kalkbeholderen. Tiden fra start til en gitt stoppverdi CO_2 konsentrasjon ut av kalkbeholder regnes som aktivitetstiden. Ved test av flere kalktyper ble det funnet at aktivitetstidene til de forskjellige stoppverdiene ikke var proporsjonale. For å påstå at en kalktype er bedre enn en annen er det derfor nødvendig med mer enn en stoppverdi. Det virker som om verdiene 0,1, 0,2, 0,5 og 1,0 % CO_2 er et naturlig valg. Ved gjentatte forsøk viser det

seg at usikkerheten i aktivitetsverdi er noen få prosent. Relativ usikkerhet er generelt avtagende med høyere stoppverdi.

Enkelte parametre som er gitt i prosedyren for bestemmelse av aktivitetstid ble endret i større og mindre grad. Dette ble gjort for å sjekke følsomheten, og om de valgte verdier gir et representativt bilde av egenskapene til kalken. Gasshastighet, oppholdstid i kalkbeholder samt temperatur og fuktighet inn i kalkbeholder ble endret. Det virker som om prosedyren for kvalitetskontroll er relativt lite følsom for små endringer i parametrene. Den påkrevde nøyaktighet i parametrene gitt i prosedyren virker rimelige. Ved større endringer i parametrene viste det seg at ulike kalktyper ikke endret seg proporsjonalt med hensyn på aktivitetstid. Rekkefølgen for de ulike kalktypene var imidlertid den samme.

Prosedyren for bestemmelse av fuktighetsinnhold i kalken er forholdsvis enkel og sikker. Fuktighetsinnholdet beregnes fra vekt før og etter tørking. Det virker som om de fleste kalktyper har et fuktighetsinnhold på rundt 15 %. Optimalt fuktighetsinnhold vil være avhengig av bruksområde. Ved relativt tørr luft vil det være gunstig med et høyere fuktighetsinnhold i kalken enn ved relativt fuktig luft. I u-båter blir det praktisert å tilsette noe vann til kalken etter en tids bruk. Dette vil hindre uttørking av kalken og dermed dårlig utnyttelse. For dykkere vil luften være relativt fuktig. I mangel av ny kalk vil det være en mulighet å tørke den gamle utbrukte kalken og dermed bli operasjonell noe lenger. Dette anbefales imidlertid ikke. Det er kun en illustrasjon på hva man kan gjøre i en nødsituasjon.

Prosedyren for bestemmelse av størrelsesfordeling består av en sikteanalyse. Det brukes en siktemaskin med seks sikter. Kalken som går gjennom alle siktene er definert som støv. En relativt smal størrelsesfordeling er gunstig med hensyn på aktivitetstid. Det ble utført forsøk der kalken ble delt i to fraksjoner; en grov og en fin fraksjon. Det viste seg at aktivitetstiden for fraksjonene lå på hver side av den opprinnelige. Den fine fraksjonen (størst overflate) hadde lengst aktivitetstid, men samtidig høyest trykktap. Det er også verdt å merke seg at usikkerheten i aktivitetstid for de to fraksjonene er mindre enn for den opprinnelige kalken. Forsøkene med fraksjonering av kalken viser at det er viktig å måle aktivitetstiden på en representativ del av kalken. Skjørhet blir også bestemt fra sikteanalyse. Siktemaskinen går i dette tilfellet adskillig lengre enn ved bestemmelse av størrelses-fordeling. Stor skjørhet har man dersom man får mye større del av de finere fraksjonene. Det er ønskelig med kalk som har lav skjørhet. Ved transport vil kalk med stor skjørhet være mest utsatt for nedsettelse av kvaliteten.

Det er planlagt modell forsøk under trykk. Forsøk med halvlukket eller lukket pusteutstyr er også under vurdering. Forsøkene vil gi en god indikasjon på om prosedyren for kvalitetskontroll er direkte overførbar til dykking eller om den må brukes som "fingeravtykk". Et videre arbeid vil også være å finne en metode for bestemmelse av forurensninger i kalken og pusteluften.

HYPERBAR BEREDSKAP

Alf Schønhardt, Nopef hovedtillitsvalgt NUTEC

Rammebetingelsene for norsk oljevirksomhet forandrer seg. Får disse forandringene noen innvirkning på dykkevirksomheten generelt og hyperbar beredskap spesielt? Dette spørsmålet stiller Alf Schønhardt, operasjonsleder ved NUTEC og kjent av de fleste som aktiv tillitsmann og politiker. I denne artikkelen kommer han med sine synspunkter på dagens og fremtidens krav til sikkerhet og beredskap offshore sett i en samfunnsmessig sammenheng.

* 1. januar 1994 ble Norge medlem av EØS. Dette medførte bl. annet innføring av felles europeiske (EØS) anbudsbestemmelser for leveranser til bl. annet oljevirksomheten. Særkrav i regelverket om norsk innhold av varer og tjenester til oljevirksomheten ble da ikke lenger tillatt.

* 1. juli 1995 blir Oljedirektivet vedtatt i EU. Stortinget sa ja til direktivet 12. juni i år med 71 mot 41 stemmer. Oljedirektivet medfører at oljevirksomheten blir innlemmet i EØS-området og nasjonale preferanser blir da forbudt. Dette medfører bl. annet at det ikke lenger blir anledning til å gi særfordeler til de tre norske oljeselskapene Statoil, Norsk Hydro og Saga Petroleum.

På slutten av 80-tallet satte norske myndigheter krav til utstyr og prosedyrer for en troverdig evakuering av dykkere under trykk. Kravene framkom som en konsekvens av utstrakt bruk av dykking for utbygging og vedlikehold av et stadig større antall plattformer på norsk kontinentalsokkel. Ikke minst var de organiserte dykkerne i Norge en positiv pådriver i dette spørsmålet.

I juli 1987 hadde NUTEC gjennomført en større oppgradering og var nå i stand til å motta alle typer hyperbare redningsenheter og overføre dykkere under trykk på dybder tilsvarende 500 meters dybde, til NUTECs kammeranlegg. Dette på en forsvarlig måte. I tillegg til overføring av dykkere under trykk, kunne NUTEC ved hjelp av det nye anlegget, evakuere disse under trykk om brann eller annen ulykke skulle inntreffe ved NUTEC. I tillegg til nytt og moderne utstyr, hadde og har NUTEC en fordelaktig plassering med umiddelbar nærhet til sjøen og kort seilingstid fra de viktigste feltene på sokkelen. Grunnet stor aktivitet de første årene etter etableringen, har hyperbar beredskap vært et godt forretningsområde for NUTEC.

I løpet av de siste årene har dykking blitt mindre attraktiv som intervensjonsmetode ved utbygging og vedlikehold av installasjonene til havs. At dykking som intervensjonsmetode i Norge har blitt mindre attraktiv, skyldes vesentlig uheldig presseomtale, og fokusering på mulige helseskader av dykkere. Like viktig er vel framveksten av - og utviklingen av ny - ubemannet teknologi og funn av olje- og gassfelt på dyp der bemannet dykking ikke kan gjennomføres på en sikker måte.

En stor del av dykkingen på sokkelen besto tidligere av inspeksjon, vedlikehold og beredskap for eksisterende utbygginger. Krav til kostnadskutt har medført allmen aksept for reduksjon av undervanns-inspeksjon og kontroll av gamle oljeplattformer og derved redusert dykkenivå. Krav om å ha dykkere i

beredskap ved ulykker har også blitt dempet. Alternative produksjonsenheter og rørledninger finnes, hvorfor da opprettholde en kostbar beredskap. Dykketjenester kan tross alt kjøpes ved behov. Planene var at plattformene skulle dumpes i havet etter bruk. Hvorfor da inspisere og reparere? Helt til det siste var dette god latin. Den ble først forandret (håper vi) etter at en hel verden truet Shell med boikott av planen om dumping av "Brent Spar" ble gjennomført. Planene ble forandret på grunn av internasjonalt press, og opphugging/gjenbruk blir trolig løsningen.

Kan denne avgjørelsen ha noen betydning for framtidig aktivitetsnivå for dykking på norsk kontinentalsokkel? Jeg vet ikke, men det internasjonale samfunn vil ikke finne seg i at Nordsjøen forsøples av utrangerte plattformer, så noe må gjøres. Jeg vet dykkerne kan gjøre det.

Uansett, dagens og morgendagens planlagte dykkevirksomhet på norsk kontinentalsokkel har avtatt. Dette medfører at prisen pr. dykkedøgn for beredskap har økt i forhold til tidligere hvor antall dykkedøgn i Nordsjøen var betydelig høyere. Innføring av EØS-avtale og Oljedirektiv har medført aksept av generell liberalisering og internasjonalisering av oljevirksomheten og derved satt sterkt press på særnorske krav til helse, miljø og sikkerhet, inkludert hyperbar beredskap. Norge har i dag satt høye krav til sikkerheten ombord i dykkeskip og plattformer. Disse går langt utover andre nasjoners krav. Krav om hyperbar livbåt og landbasert mottaksanlegg er særnorske og i virkeligheten med på å øke kostnadene og derved redusere statens overskudd. Med andre ord, det blir mindre igjen til oljefond for framtidige generasjoner om disse særnorske reglene skal opprettholdes. Mange mener sågar at dette er ekstrautgift som kan spares ettersom det nå ikke er mange norske dykkere igjen i virksomheten.

Jeg håper jeg tar feil og at norske myndigheter opprettholder de krav vi i dag har, og at de vil sette samme krav til sikkerhet for de siste dykkere som for mennesker ellers i samfunnet. Skulle så ikke være tilfellet, får vi håpe på en oppgående opinion som reagere på samme måten som da Shell ville dumpe "Brent Spar".

KULTUR PÅ TRYKK
eller HISTORIEN OM ET EKSPERIMENTELT MODELLSYSTEM FOR Å STUDERE EFFEKTER AV KJEMISK FORURENSNING UNDER HYPERBARE FORHOLD

Rune Djurhuus, kulturarbeider, NUTEC

Mennesker som befinner seg i romfartøyer, i undervannsbåter og dykkere i metningsdykking har et fellestrekk: De befinner seg alle i et lukket system. Dette betyr at atmosfæren de puster i må kontrolleres.

Det må sørges for tilstrekkelig mengde oksygen, CO_2 som produseres av menneskene må fjernes, og det må føres kontroll med andre kjemiske komponenter som finnes i eller tilføres atmosfæren. Metningsdykking har imidlertid to elementer som de to førstnevnte aktivitetene ikke har. Under metningsdykking puster menneskene en annen gassblanding enn de normalt gjør, og de er utsatt for et stort omgivende trykk. Det er derfor viktig å klarlegge hvilke effekter disse påvirkningene har i seg selv og om de evt. har betydning for andre påvirkninger man utsettes for under metningsdykking. Gjennom flere studier har man derfor undersøkt effekter av hyperbare forhold på hjerte/kar-systemet, på lungefunksjonen, på nervesystemet etc., men fremdeles er det mye man ikke vet.

Forurensning av pustegass ved metningsdykking

Forurensning av atmosfæren er også en felles problemstilling for romfartøyer, ubåter og metningsdykkesystemer. Ved metningsdykking er det tidligere påvist en rekke kjemiske forbindelser som forurenser pustegassen. Kjemisk sett representerer de et bredt spekter av forbindelser. Det kan være uorganiske forbindelser som argon og metaller (i forbindelse med sveising), det kan være karbonmonoksyd (CO), og det kan være en rekke organiske forbindelser som toluen og xylen (løsningsmidler), tyngre hydrokarboner, klorerte forbindelser som tetrakloretylen, klorfluorkarboner o.s.v. For en god del av disse forbindelsene finnes det betydelige mengder data om deres toksikologiske egenskaper. Disse dataene er imidlertid så og si i sin helhet fremskaffet under normale betingelser, dvs. ved vanlig atmosfære og ved normalt omgivende trykk. Ved metningsdykking er disse forholdene totalt endret og gjør at denne aktiviteten skiller seg ut fra de to andre aktivitene i denne sammenhengen også. Betydningen av høyt trykk og ikke minst et økt oksygen partialtrykk (pO_2) for de toksikologiske egenskaper av kjemiske forbindelser er svært lite kjent. Dette erkjennes også i Oljedirektoratets forskrifter for bemannede undervanns-operasjoner av 1991, veiledning til § 59 der det heter: "Ettersom det for tiden foreligger svært lite toksikologisk dokumentasjon for fastsetting av administrative normer for forurensning i hyperbare kamre, baseres disse normene på en generell ekstrapolering av overflatenormene.". Det er derfor et stort behov for å skaffe til veie slik kunnskap, slik at risikoen ved slike forurensninger i pustegassen kan vurderes på et rasjonelt grunnlag.

Toksikologiske data

Erfaringen hittil tilsier at kunnskap om hyperbar toksikologi ikke kan utledes fra eksisterende viten, men kun skaffes til veie gjennom eksperimentelle studier. Tradisjonelt har kunnskap om toksikologiske egenskaper blitt ervervet på 3 måter:

1. Epidemiologiske studier, dvs. man registrerer skader/sykdomstilfeller i en befolkningsgruppe og eksponering for ytre påvirkninger.

2. Dyreforsøk: Dette er den mest benyttede metoden også i dag. Man gir økende doser med toksiske agens til forsøksdyr og registrerer hvor mange dyr som overlever. Dette gjøres med doser fra 0 effekt til 100% på overlevelsen, d.v.s alle dyrene dør. For å ta hånd om biologiske variasjoner må det brukes et relativt stort antall forsøksdyr. I tillegg gjøres det en rekke studier av virkningsmekanismer på forsøksdyr.

3. Humane studier: Det utføres en del målinger av blodkonsentrasjoner ved forgiftningstilfeller med dødelig utgang. I tillegg utføres det noen forsøk med frivillige personer, dette dreier seg om lave doser av moderate toksiske forbindelser. Mulighetene for å drive forskning på mennesker i denne sammenhengen er naturlig nok svært begrenset.

Mikro-organismer og cellekulturer

I mange år har encellede mikroorganismer vært benyttet som modellsystemer for studier av biologiske og biokjemiske prosesser. Både gjær og sopp har vært benyttet, men bakterier er vel kanskje den typen organisme som har vært mest brukt, og som fremdeles brukes i stor utstrekning. Bakterieceller er imidlertid noe annerledes bygget opp enn celler fra pattedyr, og en del biokjemiske reaksjoner er vesentlig forskjellig i de to organismene. I de senere år har man i stadig økende grad tatt i bruk cellekulturer som modellsystem. Cellekulturer er enkeltceller fra dyr eller mennesker som dyrkes i et omgivende næringsmedium, ved en konstant temperatur og i en kontrollert atmosfære. Slike celler vil vanligvis dele seg og formere seg og utføre alle de basale biokjemiske prosesser som en celle utfører i en hel organisme. Ytre påvirkninger som virker på en hel organisme vil i mange tilfeller ha sin primære effekt på basale cellulære funksjoner som celledelings-prosessen, bestemte omsetningsspor for cellulære komponenter, respirasjonen o.s.v. Slike effekter kan meget vel studeres i en cellekultur. Opphavet til cellen vil i mange tilfeller også spille mindre rolle, fordi de basale biokjemiske reaksjonene i stor grad er de samme i alle typer celler i kroppen. For mange av disse reaksjonene er der også svært små forskjeller artene imellom, det betyr at celler fra forskjellige dyr og mennesker er svært like når det gjelder det "molekylære maskineriet". Samtidig må en være klar over begrensningene som ligger i en cellekulturmodell. En del fysiologiske prosesser kan vanskelig etterlignes i et slikt system. Det kan f.eks. være effekter av distribusjonen av en kjemisk forbindelse i til forskjellige vev og organer i kroppen, det kan være effekter på kretsløpsystemet, eller det forhold at enkelte forbindelser vil skilles ut via urin svært raskt, kanskje før noen vesentlig skade er skjedd, en del effekter knyttet til immunforsvaret o.s.v.

Senere års undesøkelser tyder på at de fleste (over 80 %) av de toksiske effektene som utøves av kjemikalier er basal-toksiske effekter, d.v.s. kjemikaliene virker på biokjemiske prosesser som finnes i alle

celler og at effektene i stor utstrekning er de samme enten cellen befinner seg isolert i en kultur eller i en intakt organisme. Dette betyr at for de aller fleste kjemiske forbindelser vil man ved å benytte cellekulturer kunne observere toksiske effekter som tilsvarer de man vil finne en intakt organisme. Dette gjør at det er svært interessant å benytte cellekulturer i toksikologiske studier. Cellekulturer gir svært reproduserbare resultater, det gir svært gode muligheter for å manipulere med forsøksbetingelsene, det reiser få eller ingen etiske problemer, og det er billigere enn å drive forsøk med dyr. En bør heller ikke glemme at det etterhvert er en sterk opinion mot forsøk med dyr, og at det arbeides mye for å utvikle cellekultur-modeller som et realistisk alternativ til dette. Selv om det i uoverskuelig fremtid neppe vil være mulig å eliminere behovet for forsøk med dyr, vil det kunne redusere dette behovet kraftig. Med gode cellekulturmodeller kan den største delen av de toksikologiske studiene vedr. basaleffekter, cellulært opptak og mekanismer utføres med cellekulturer. Da vil det evt. kun gjenstå å bekrefte funnene eller registrere avvik i en dyremodell.

Cellekulturlaboratorium ved NUTEC for studier av hyperbar toksikologi

I prosjektet Arbeidsmiljø-Toksikologi (som er en del av α-programmet) er målsetningen å skaffe til veie ny kunnskap om betydningen av høyt trykk og ikke minst et økt oksygen partialtrykk (pO_2) både i seg selv og for de toksikologiske egenskaper av kjemiske forbindelser som kan finnes i pustegassen ved metningsdykking. Til dette formålet benytter vi nettopp cellekulturer som modellsystem. Flere typer celler, både fra dyr og mennesker benyttes i dette arbeidet. Vi har bygget opp et meget moderne cellekulturlaboratorium som inneholder alle nødvendige fasiliteter for å drive basal-forskning med celler i kultur og for å eksponere cellene for toksiske forbindelser på en forsvarlig måte. I tillegg er laboratoriet utrustet med to trykkamre (volum ca 15 l) i syrefast Ti-stål (for å unngå korrosjon ved høy fuktighet og høy pO_2) der cellene kan eksponeres for høyt trykk (opp til 150 bar) og for den gassblanding man måtte ønske. Det er lagt inn rørlinjer fra utvendig gassbanker for tre forskjellige gasser/gassblandinger, f.eks. He, O_2, CO_2 eller blandinger av disse. Kamrene er utstyrte med kontroller for både temperatur, fuktighet, trykk, oksygenpartialtrykk, i tillegg er der en vifte i hvert kammer for å blande gassen. I disse to trykkamrene kan vi eksponere celler i kultur for alle operasjonelt relevante totaltrykk og oksygenpartialtrykk. Fordi vi har to identiske kamre kan vi også undersøke effekten av trykk og pO_2 hver for seg ved at cellene eksponeres for samme pO_2 men forskjellig totaltrykk, og omvendt ved eksponering for samme totaltrykk, men med forskjellig pO_2. Samtidig kan cellene eksponeres for kjemiske forbindelser for å klarlegge effekten av trykk og pO_2 på toksisiteten av slike forbindelser.

Etter eksponering blir trykkamrene dekomprimert og cellekulturene blir undersøkt for skadelige effekter ved å studere enn rekke biologiske og biokjemiske prosesser. En av disse kan f.eks. være cellenes evne til formering som er en av de fundamentale prosessene i levende organismer. En annen sentral cellulær funksjon er de beskyttelses-mekanismene som alle celler er utstyrt med for å beskytte seg mot ytre, skadelige påvirkninger. En av de viktigste mekanismene i så henseende er glutation-systemet. Det avgifter en rekke kjemiske

forbindelser ved at det omdanner disse slik at de lett skilles ut uten å gjøre skade. Oksygen er i seg selv giftig og danner en rekke giftige sekundære forbindelser i kroppen (radikaler). Slike radikaler er meget reaktive forbindelser og kan reagere med en rekke cellulære molekyler og ødelegge disse. Umettede fettsyrer finnes bl.a. i cellemembranen og er et eksempel på molekyler som lett angripes og ødelegges av radikaler. Glutationsystemet vil imidlertid nettopp avgifte slike radikaler før de får gjort skade på cellulære komponenter. Denne forsvarsmekanismen skal også avgifte andre toksiske forbindelser som cellene måtte eksponeres for. Dersom oksygen belastningen er svært stor kan det derfor tenkes at glutationsystemet blir overbelastet slik at det ikke lenger har kapasitet til å ta seg av andre toksiske forbindelser som evt. måtte opptre samtidig. Ved å eksponere celler i kultur for høyt pO_2 og høyt totaltrykk er vi i ferd med å studere hvordan disse parametrene påvirker glutationsystemet, og hvordan dette kan ha betydning for toksisitet av andre kjemiske forbindelser. Resultatene som er oppnådd hittil indikerer at trykket i seg selv har liten effekt, hverken på cellulær toksisitet eller på glutationsystemet, men forhøyet pO_2 har betydelig effekt og denne effekten er til dels doseavhengig.

Forskningsarbeidet utføres i samarbeid med forskere på Universitetet i Bergen og ved Havforskningsinstituttet og gjør at vi etterhvert kan dekke et bredt spekter av cellulære parametre. Arbeidet vil etterhvert gi oss kunnskaper om hvordan basale biologiske og biokjemiske prosesser påvirkes under hyperbare forhold og hvordan dette har betydning for andre ytre påvirkninger som f.eks. kjemiske forurensninger i pustegassen. Et langsiktig mål er derfor å danne et bedre grunnlag for fastsettelse av hyperbare grenseverdier for eksponering for kjemiske forbindelser, noe som vil bidra til å øke sikkerheten ved metningsdykking.

TAP AV KROPPSVÆSKE VED DYKKING MED VARMTVANNSDRAKT

Arvid Hope, NUTEC

Målinger fra operasjonell dykking i sjøen, både overflateorientert og metningsdykking, viser at dykking med varmtvannsdrakt resulterer i at ca. 30% av dykkerne taper kroppsvæske tilsvarende 2 % eller mer av utgangsvekten. Bekymringsfullt blir det imidlertid først når dette væsketapet passerer 3 % uten at væsken erstattes, noe som ble observert i 14 av 129 overflateorienterte dykk og i 21 av 128 metningsdykk. Anbefalinger om hvordan det kan kompenseres for disse uakseptable store tap av kroppsvæske er angitt.

Væsken inne i kroppens celler, intracellulær-væsken (ICV), utgjør det medium hvor cellens metabolske prosesser foregår, mens ekstracellulær-væsken (ECV) utgjør det medium som cellen lever i. Forutsetningen for at en celle skal kunne fungere optimalt er at konsentrasjonen av ECV's bestanddeler er konstant. En av kroppens viktigste funksjoner er derfor å opprettholde slike konstante forhold, en

funksjon som har fått betegnelsen *homeostase*.

Kroppens vanninnhold utgjør ca. 60 % av kroppsvekten. Endringer i dette vanninnholdet, eller hydreringsgraden, vil kunne redusere eller nedsette viktige funksjoner i kroppens forskjellige organer. Det er f.eks. velkjent at hardt og langvarig muskelarbeid resulterer i et svette-væsketap som igjen vil gi opphav til ikke-homeostatiske forhold dersom væsketapet ikke erstattes. I tillegg til at den fysiske arbeidskapasiteten reduseres (Saltin 1964, Åstrand & Rodahl 1986) vil også den mentale yteevnen nedsettes (Sharma et al. 1986).

Dykking er et annet eksempel på en situasjon som kan gi opphav til ikke-homeostatiske forhold. Allerede i begynnelsen av et metningsdykk, d.v.s. tidlig i kompresjonsfasen, øker urinproduksjonen. Denne såkalte *hyperbare diuresen* er beskrevet i alle dykk hvor diuresen er målt (Hong & Claybaugh 1988). Dersom væsketapet forårsaket av den hyperbare diuresen er større enn væskeinntaket, kan resultatet bli en dehydrering. Effekten av immersjon/vektløshet på sirkulasjonssystemet, med bl.a. økt urinproduksjon, er også velkjent. Resultatet av disse endringene vil i neste omgang kunne gi opphav til en generell dehydrering.

Vi har i tillegg observert et overraskende stort (svette)væsketap på opptil 3 kg i løpet av 3½ times basseng-dykking med tradisjonell varmtvannsdrakt (Hope & Hjelle 1988). I operasjonell dykking vil dette kunne skje uten at dykkeren svømmer tilbake til klokka for å drikke. Disse resultatene har vi senere fått bekreftet ved immersjonsforsøk i varmt sjøvann (Hope et al. 1990), og nå senest fra operasjonell dykking i sjøen; en undersøkelse det gjøres nærmere rede for nedenfor (Hope et al. 1994).

Disse tidligere observasjonene peker på et mulig helse- og sikkerhetsmessig problem i operasjonell dykking som man tidligere ikke har fokusert på: Dersom dykkeren er delvis dehydrert før dykking, og så taper 3-4 % av kroppsvekten i form av kroppsvæske i løpet av 4 timers dykking, vil både hans fysiske og mentale yteevne være signifikant redusert på slutten av dykket (Saltin 1964, Åstrand & Rodahl 1986, Sharma et al. 1986).

Såvidt vites har det ikke vært foretatt væsketapsmålinger i operasjonell dykking svarende til de to undersøkelsene det er referert til ovenfor (Hope & Hjelle 1988, Hope et al. 1990). Derfor foreligger det heller ikke klare forslag, krav/pålegg eller spesifikasjoner for å kompensere for slike væsketap, f.eks. krav om innlagte hvilepauser i klokka eller forslag til væskeinntak. I dykkeforskriftenes §88 (Oljedirektoratet 1990) er det imidlertid gitt åpning for slike krav/spesifikasjoner ved formuleringen: "Ved metningsdykking skal dykkerens ernæring og væskebalanse gis spesiell oppmerksomhet".

Hovedmålsettingen med undersøkelsen det refereres til nedenfor var derfor å skaffe til veie data om tap av kroppsvæske i operasjonell dykking, og som evt. kunne bekrefte tidligere resultater fra laboratorieforsøk som hadde påvist til dels store væsketap under dykking med varmtvannsdrakt (Hope & Hjelle 1988) og ved immersjon i varmt sjøvann (Hope et al. 1990).

Data fra overflateorientert dykking (OFD) ble innsamlet fra Norsk Yrkesdykkerskole

(NYD) og fra Statens Dykkerskole (SDS). Målingene fra metningsdykking (MD) ble foretatt på "Stena Seawell" i Nordsjøen og på "Buldra" i Gandsfjorden. Den viktigste parameteren i denne kartleggingsstudien var kroppsvekten før og etter dykking med åpen varmtvannsdrakt. I tillegg ble dybde og tiden i vannet logget. Noe varierende for de 4 undersøkelsene ble også termisk komfort, oraltemperatur, varmtvannstemperatur, urinering i drakten samt mat- og væskeinntak mellom de to veiingene loggført.

I 35 av disse dykkene (14 OFD og 21 MD) var væsketapet større enn 3 % (Tabell 1). De signifikante væsketapene var helt klart personavhengig. Dette betyr at noen dykkere taper mye væske hver gang de dykker mens andre har minimale væsketap, noe som kan illustreres med resultatene fra dykkingen på "Stena Seawell" hvor 16 dykkere tilsammen dykket 72 ganger. Syv av dykkerne hadde ingen dykk med væsketap større enn 2%, mens 4 dykkere hadde 4 dykk eller fler med slike væsketap.

Tabell 1. Oppsummering av resultatene fra overflateorientert dykking (OFD) ved Norsk Yrkesdykkerskole (NYD) og Statens Dykkerskole (SDS), og fra metningsdykking (MD) på "Stena Seawell" og "Buldra".

Under-søkelse	Antall dykk	Dykk med væsketap* større enn 2 %	3 %	4 %	5 %
NYD	113	28	13	3	2
SDS	16	3	1	0	0
Sum OFD	**129**	**31**	**14**	**3**	**2**
"SS"	72	24	14	4	3
"Buldra"	56	22	7	2	0
Sum MD	**128**	**46**	**21**	**6**	**3**

*Beregnet ved å trekke fra et respiratorisk væsketap på 0,05 l/time og et forbrennings-vekttap på 0,035 kg/time fra det målte vekttapet.

En viktig del av de målte vekttapene utgjøres av en økt urinproduksjon; den såkalte immersjonsdiuresen. Dette urinvolumet er egentlig kroppsvæske som normalt ikke skulle vært utskilt, men som kroppen blir "lurt" til å kvitte seg med p.gr.a. effekten av vektløshet i vann. Fra immersjonsforsøk i varmt sjøvann (38°C) hvor svetting pågår er det vist at dette urintapet kan utgjøre ca. 0,2-0,3 liter i løpet av 4 timer (Hope et al. 1990). Dette tilsvarer 10% av det totale væsketapet på 2.5 liter. Resten, ca. 2.2 liter, var hovedsakelig svette.

Da pustegassen i dykking normalt er tørr vil væsketapet via respirasjonen, det såkalte insensible væsketapet, utgjøre et vesentlig bidrag i det totale væsketapet. Med tørr gass og en gjennomsnittlig

ventilasjon på 20 l/min vil dette væsketapet utgjøre 0,2 liter i løpet av 4 timer.

I tillegg til tidligere beskrevet svettevæsketap (Hope & Hjelle 1988, Hope et al. 1990) kan det tenkes at sjøvannet kan ha osmotiske effekter på kroppsvannet. Om ikke nødvendigvis som et generelt osmotisk vanntap over huden, kan det tenkes at den osmotiske trykkforskjellen mellom sjøvann og kroppsvæskene vil ha en effekt på væsketransporten gjennom allerede åpne svettekanaler. Dette er i tråd med observasjoner gjort av Hertig et al. (1962) som fant at svetting ved immersjon i varmt vann økte signifikant når man hadde salt (NaCl) i vannet. De foreslår som en mulig forklaring at i ferskvann vil vann diffundere inn i hudens hornlag og føre til en svelling av svettekanalens distale deler. Denne svellingen vil så blokkere eller redusere svettesekresjonen. Ved å ha salt i (fersk-)vannet vil ikke det nå hyperosmotiske vannet trenge inn i huden, og dermed motvirkes den blokkerende effekten av vanninntrenging og svelling av svettekanalene. Det skal imidlertid presiseres at det pr. idag ikke finnes data som kan bekrefte eller avkrefte betydningen av et slikt osmotisk væsketap.

Muligheten og faren for passiv oppvarming og utvikling av hypertermi, i tillegg til en dehydrering p.gr.a. svetting/osmose, er også til stede. Hypertermi vil kunne utvikles som et resultat av at svetten som produseres nødvendigvis ikke kan fordampe (dykkeren er i vann); en fordampning som er forutsetningen for et normalt varmetap over huden, og som skal medføre stabilisering av kroppstemperaturen.

Et annet aspekt av slik dehydrering er at blodtilførselen til perifere vev vil være redusert. Størrelsen på et vevs gjennomblødning er den enkeltfaktor som har størst betydning for utskillelse av inertgass under og etter en dekompresjon, og dermed for dannelse av gassbobler. Dette betyr at en trykkøkende ekskursjon vil øke risikoen for bobledannelse og trykkfallssyke dersom dykkeren er kraftig dehydrert på slutten av og etter dykket.

Anbefalinger/konklusjoner

Tap av kroppsvæske i størrelsesorden 3 % av kroppsvekten må det på en eller annen måte kompenseres for. Det anbefales at:

- dykkerne får drikkepauser,
- det utarbeides restriksjoner på drikke med vanndrivende effekt (kaffe etc) før dykking,
- anbefaling av (annen) drikke før dykking,

Dersom det varme sjøvannet på kroppsoverflaten skulle vise seg å ha en uheldig osmotisk effekt, vil bruk av tørrdrakt; f.eks. den såkalte "tube suit" eller "slangedrakt" (egentlig en lukket varmtvannsdrakt), derfor kunne være en god løsning med tanke på å redusere væsketapet og forhindre passiv oppvarming (hypertermiutvikling).

Før bruk av tørrdrakt kan anbefales, og eventuelt implementeres i operasjonell dykking, bør det gjøres forsøk for å få bekreftet evt. uheldige virkningene av varmt sjøvann på huden. Eksempler på slike forsøk vil være:

- Immersjon i varmt (38°C) ferskvann og sjøvann for å fastslå om evt. osmotiske effekter kan forekomme,

- Sammenligne lukket (slangedrakt/ tørrdrakt) og åpen (tradisjonell) varmtvannsdrakt under kontrollerte forsøk.

En eventuell forbedring ved hjelp av en slik drakt kan imidlertid ikke erstatte pause eller drikkeanbefalinger, men være et supplement til disse.

Undersøkelsen er finansiert av Oljedirektoratet. Vi takker også de deltagende dykkerskoler (Norsk Yrkesdykkerskole og Statens Dykkerskole) og industriselskap (Stena Offshore og DOC) for velvillig innstilling og god hjelp med datainnsamlingen.

REFERANSER

Hertig BA, Riedesel ML, Belding HS. Time course of sweating in warm baths. Adv in biol of skin 3:213-229, 1962.

Hong SK, Claybaugh JR. Hormonal regulation of fluid and electrolytes: Environmental effects. (Møte-proceedings 1988; referanse ikke tilgjengelig).

Hope A, Hjelle JO. Fluid balance during repeated, daily diving for one week. NUTEC Report no.16-88, Bergen 1988.

Hope A, Værnes R, Bergan T, Warncke M, Sundland H, Jepsen C, Lorenz B: Body fluid balance and CNS functions during head out immersion in thermoneutral (34.5°C) and warm (38°C) sea water. XVIth Annual EUBS meeting on diving and hyperbaric medicine, Amsterdam 1990.

Hope A, Flåtteng S, Bjørnsen D, Kahrs B, Jensen P, Shepard S, Kluzniak S, Berge Ø, Berge T. Kroppens væskebalanse under hyperbare forhold. Tap av kroppsvæske ved dykking med varmtvannsdrakt. Oljedirektoratet Rapport nr. YA-539, 1994.

Oljedirektoratet. Forskrift for bemannede undervannsoperasjoner i petroleumsvirksomheten. Oljedirektoratet, Stavanger 1990. ISBN 82-7257-305-9.

Saltin B. Circulatory responses to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. J Appl Physiol 1964; 19:1125-1132.

Sharma VM, Sridharan K, Pichan G, Panwar MR. Influence of heat-stress induced dehydration on mental functions. Ergonomics 1986; 29:791-799.

Åstrand P-O, Rodahl K. Textbook of Work Physiology. McCraw-Hill Book Company, New York 1986.

LITTERATUR OG DOKUMENTASJON

Elin Dahll-Larssøn, NUTEC

Jan Risberg, NUTEC - også kjent fra sine mange artikler i NUTEC Dykkenytt - har forsvart sin avhandling for den medisinske doktorgrad ved Universitetet i Bergen. Temaet er, enkelt fortalt, dykkingens belastning på hjertet. Referansen til doktor-avhandlingen hans er som følger:

Risberg, J: Effects of increased ambient pressure on organ blood flow and cardiac function : An experimental study on rats and cats. - Bergen : Universitetet, 1995

og den kan bestilles fra biblioteket.

Konferansepublikasjoner

Medical Assessment of Fitness to Dive : Proceedings of an International Conference at the Edinburgh Conference Centre, 8th - 11th March 1994

Rapporter

P.C.Kelleher and T.J.R. Francis: INM (Insitute of Naval Medicine) Diving Accident Database - Analysis of 225 cases of decompression illness. - Alverstoke : INM, 1994

HSE, Health and Safety Executive, i England (noe tilsvarende Oljedirektoratet) gir ut et par rapportserier. Biblioteket på NUTEC har de rapportene som er av interesse for vårt virksomhetsområde, og tilvekst på området det siste er:

OTO Report 93 004: A human factors analysis of ecacuation, escape and rescue from offshore installations

OTO Report 93 009: Reduction of dive supervisors workload and stress levels

OTO Report 93 011: Resolution of post-saturation transient health effects

OTH Report 93 399: Diet, health and the offshore worker - a pilot study

Andre publikasjoner

Harris, G. L: Ironsuit - the history of the Atmospheric Diving Suit. - Flagstaff : Best Publishing, 1994

Wienke, B. R: Basic diving physics and applications. - Flagstaff : Best Publishing, 1994

Kindwall, E.P. og R. W. Goldmann: Hyperbaric Medicine Procedures. - 7th rev. ed. - Milwaukee : St. Lukes Medical Center, 1995

NUTEC RAPPORTER

Her følger en oversikt over åpne NUTEC-rapporter som er ferdigstilt siden siste Dykkenytt i fjor. Rapportene kan som vanlig bestilles fra biblioteket.

NUTEC Rapport 6-94
Lindrup, A. G. et al: Beredskapsscenario - fra populærvitenskapelig FUDT seminar innen dykketeknologi og dykkemedisin/ fysiologi, Bergen 23. november 1993

NUTEC Rapport 12-94
Hope, A. et al: Kroppens væskebalanse under hyperbare forhold. Tap av kroppsvæske ved dykking med varmtvannsdrakt

NUTEC Rapport 16-94
Knudsen, G. et al: Alternative oppvarmingskilder i dykking
NUTEC Rapport 23-94
Djurhuus, R. et al: Utvikling av standard prosedyre for prøvetaking og analyse av kjemisk forurensning i dykkeratmosfære

NUTEC Rapport 25-94
Røssland, R: Kartlegging av norsk/engelsk dykkepraksis

NUTEC Rapport 26-94
Aakre, A., W. Fondevik og R. Røssland: Samsvarsmåling av norsk/britisk regelverk for dykking i petroleumsvirksomheten

NUTEC Rapport 29-94
Thorsen, E: Årsrapport: Alfa - respirasjonsfysiologi 1994

"I'm not kidding around anymore, Mrs. Whitman. You have our book. We have your son."

KLIPP FRA SPALTENE

Elin Dahll-Larssøn, NUTEC

Offisersbladet nr. 2 1995
"Sjøforsvaret - ledende ekspertise i dykkermedisin.
Sjøforsvaret har i mange år vært en serviceinstitusjon for samfunnet når det gjelder dykkermedisin. Dykker- og froskemannskolen (DFS) på Haakonsvern ved Bergen er et kompetansesenter for dykkermedisin på landsbasis. Kommandørkaptein og dykkerlege Svein Eidsvik er en pioner på dette fagfeltet, og hans team av leger utgjør tyngdepunktet innen hyperbar medisin i Norge."

Bergensavisen 24. mars 1995
"Fikk dispensasjon.
Brannvesenets redningsdykkere skal fortsatt kunne dykke. Kommunalminister Gunnar Berge sier brannvesenet kan lage sin egen opplæringsplan. Brannvesenet har tre uker på seg. I mellomtiden dykker de på dispensasjon."

Bergens Tidende 25. mars 1995
"Slår alarm om farlig dykking.
- Det utdannes for mange dykkere. Vi opplever at vanlige hobbydykkere tar på seg arbeid de ikke har lov til å utføre. De setter både sitt eget og andres liv på spill, sier konsulent Atle Mitsem i Arbeidstilsynet. Han har ansvar for forvaltningen av dykkerforskriftene i Bergen. I fjor døde fire dykkere og 40 ble behandlet i trykkammer i Norge. Det er stort sett hobbydykkere som skjuler seg bak de høye tallene."

Bergens Tidende 31. mars 1995
"Konflikten tilspisses.
Arbeidstilsynet skal ha praktisert dykkerforskriftene forskjellig fra sak til sak. Også dispensasjonsreglene har vært overholdt ulikt. Nå krever blant andre dykkerlege Svein Eidsvik ved Haakonsvern at det blir utarbeidet et nytt sertifikat."

Trygd og Arbeid nr. 2 1995
"Behandling i trykkammer gir nye celler og blodårer.
NUTECs trykkammeranlegg for hyperbar beredskap gjør hverdagen tryggere for dykkerne i Nordsjøen. Men i det siste har spinoff-effekten fra forskningen på dette fagfeltet vakt oppsikt langt utover landegrensene. I år vil mange pasienter blir friske gjennom behandling i NUTECs trykkammeranlegg. Også romfart og polarekspedisjoner drar fordeler fra den dykkerrelaterte forskningen som skjer i Gravdal utenfor Bergen."

Bergens Tidende 18. april 1995
"NUTEC vil trene kosmonauter.
- Jeg ser gjerne at kosmonauter kommer til Bergen for å trene i fremtiden, kanskje til en marsferd, sier Dr. Victor Baranov til BT. En gruppe fra et russisk romfartsinstitutt besøkte NUTEC på Laksevåg i påsken for å diskutere erfaringer fra lange opphold i verdensrommet."

Bohusläningen 29. april 1995
"Flera dykolyckor har orsakats av förorenad luft.
Alltför många dödsolyckor vid sportdykning beror på förorenad luft som lätt skulle kunnat undvikas. Det menar konsumentverket och marinens taktiska centrum. De vill nu ha högre krav på dem som säljer luft till sportdykare."

Scandinavian Oil&Gas Magazine 3/4 1995
"Diverless tomorrow?
It takes an astronaut only four days to return to the earth from far out in space, but it takes 18 days for a diver to return to normal atmospheric conditions after a dive of 400 metres. The day of the diver is therefore coming to an end in the subsea industry at least in the mega-depths. The water depths into which the industry has pushed itself are beyond human endurance and are too cost-demanding even if it were possible to use divers. Besides when rigid risers become flexible under the enormous pressure of deep waters, it's time for humans to bow out physically and turn to their mental powers."

Rogalands Avis 15. mai 1995
"Kritiserer norsk dykkermiljø.
Dykkerinstruktørene bør gi seg bedre tid med hver elev i dykkerkursene. Det vil minske faren for ulykker under dykking. Mangeårig dykkeinstruktør Peter Schiavone fra USA er ikke i minste tvil. Han har truffet sertifiserte sportsdykkere som ikke engang vet hvordan utstyret fungerer. Grunnen er ikke at norske instruktører er dårlige, men at den enkelte kursdeltaker får for lite tid sammen med instruktøren under kurset."

Haugesunds Avis 19. mai 1995
"Dykker får en halv million i erstatning.
Stolt Comex Seaway a.s er i Haugesund byrett dømt til å betale en halv million kroner i erstatning til en tidligere dykker i firmaet som måtte slutte da han tapte helsesertifikatet sitt. Arbeidsgiveren var forpliktet gjennom tariffavtale til å holde dykkerne forsikret mot slik tap av helseattest."

Dagens Næringsliv 23. mai 1995
"Norske dykkere mobbes.
Norske dykkere mobbes og trakasseres av britiske dykkeleder. Dette er konklusjonen i en ny undersøkelse gjennomført av NOPEF. Antall norske dykkere er nesten utradert. I 1992 hadde over 100 norske dykkere fast jobb i Nordsjøen. I dag er det 11 tilbake. Britiske dykkere har overtatt."

Dagens Næringsliv 24. mai 1995
"Avviser alle påstander.
Ledelsen i Stolt Comex Seaway tilbakeviser alle påstander om at norske dykkere mobbes og trakasseres av britiske dykkeledere, og at sikkerheten tøyes slik det hevdes i NOPEF-undersøkelsen som ble gjengitt i Dagens Næringsliv i går. - Dette holder ikke mål som en uhildet forskningsrapport. Opplysningene i undersøkelsen er innhentet av dykkere. Når dykkere selv lager en rapport om dykkere, får de det resultatet de selv ønsker. Hele undersøkelsen er subjektiv, hevder Pål Schifloe, sjef for operasjonell støtte i Stolt Comex Seaway"

FERIEDIKT FRA HURTIGRUTEN

Der akterut
ser jeg Bokreditt, Justitia,
Kreditreform og Kemneren bli mindre
og mindre og mindre...
Til sist forsvinner de helt,
og vi skåler i genever,
min kjære og jeg.
På babord side drar de vennlige øyene
langsomt forbi,
og vår årlige reise mot lyset
er begynt.

Klokken null null tretti
går vi til køys,
og lukten av kjærlighet
fyller lugaren.
Jeg føler meg vidunderlig rolig,
utrolig.
Jeg er en sildemanet i universet.
Og vår adresse i to måneder: Ukjent.
En rorbu.
På en holme.
Et sted nordpå.

Jeg ønsker Bokreditt, Justitia,
Kredittreform og Kemneren
en riktig god
sommer.

Stig Holmås

SEMINARER OG KONFERANSER

Elin Dahll-Larssøn, NUTEC

NUTEC var i fjor arrangør av de to store seminarene som ble avholdt for dykkeindustrien - det ene rettet mot offshoredelen, det andre mot innaskjærs dykkevirksomhet. Det er nå duket for to tilsvarende arrangementer også i år.

MARSTEINEN '95

Dato:	**5. - 6. oktober 1995**
Arrangør:	**NUTEC, på oppdrag fra Statoil**
Sted:	**Marsteinen Fjordhotell**
Kontaktperson:	**Jan Risberg, Elin Dahll-Larssøn, NUTEC - tlf. 55341600**

er en oppfølger av FOD-seminaret - Forbedret Overflateorientert Dykking - som ble avholdt på Marsteinen Fjordhotell i april i fjor. Overskriften for årets Marsteinen-seminar er "Rammebetingelser for norsk innaskjærs dykking", og formålet er å samle industri (arbeidsgivere og arbeidstakere), oppdragsgivere og myndigheter med det som overordnet mål å bedre sikkerheten i norsk innaskjærs dykking. Vi vil også gripe fatt i konsensusen fra fjorårets seminar og stille spørsmålene: Er noen av anbefalingene fulgt opp, og hva kan gjøres for å få dem iverksatt? Arbeidet med endelig program pågår, og vi regner med å dette klart over sommerferien. Da vil vi sende ut informasjon og invitasjon til alle som var tilstede på Marsteinen i fjor, og til dere andre som også har meldt deres interesse. Vi ser frem til en vellykket oppfølger, og håper årets seminar vil bringe oss ennå et stykke fremover.

FUDT-SEMINARET

Dato:	**21. - 22. november 1995**
Arrangør:	**NUTEC, på oppdrag fra Ω-programmet**
Sted:	**SAS-hotellet, Bergen**
Kontaktperson:	**Anne Gurd Lindrup, NUTEC - tlf. 55341600**

FUDT-seminaret 1995 vil ha følgende sesjoner:

1. Nytt fra dykkeindustri/myndigheter
2. Forskning
3. Teknisk utstyr

I tillegg til disse sesjonene er det planlagt en paneldebatt hvor følgende vil bli drøftet:

Harmonisering, revisjon og praktisering av offshore regelverk for dykking på norsk og engelsk sektor.

Vi oppfordrer alle interesserte i å ta kontakt med NUTEC for mer informasjon

FORSKNINGS- OG UTVIKLINGSPROSJEKTER 1995

Selskapene Statoil, Norsk Hydro, Saga og Oljedirektoratet viderefører sitt forskningsengasjement i 2 separate programmer:

Alfa-programmet (finansiert av Statoil, Norsk Hydro og Saga):
Basisprogram med hovedvekt på medisinske og fysiologiske basale problemstillinger

Helseeffekter - epidemiologi og mekanismerelaterte studier	**Arbeidsmiljø**	**Trykkendringer**
- Lunge	- Toksikologi	- Kompresjonsrelaterte årsaksmekanismer
- Otologi		- Ekskursjon
- Nevrologi		
- Nevropsykologi		

Omega-programmet (finansiert av Statoil, Norsk Hydro, Saga og Oljedirektoratet):
Anvendt FoU-program

Miljøkontroll

- Dykkehender
- Rensemidler for pustegassrør
- Operasjonell tilpasning

Trykkendringer

- Omgivelsesfaktorer og bobledannelse
- Blodplateaktivering ved hyperbar dykking
- Operasjonell anvendelse
- Ekskursjoner
- Doppler måling ved ulik oppvarming/Grunndykking
- Effekt av polyumettede fettsyrer (tran) på trykkrelatert blodplateaktivering

Hjelpemidler

- CO_2 absorbent egenskaper
- FUDT-hjelmen - modifikasjon og brukerutprøving i Tyskland
- Utprøving av alternativt draktsystem i Tyskland
- Nødkommunikasjon - evaluering av Digitalt system
- Operasjonell anvendelse

INFORMASJON OM NUTECS TJENESTER

Nutec er et aksjeselskap som selger spisskompetanse, service og beredskapstjenester hovedsakelig til offshoreindustrien, nasjonalt og internasjonalt.

Våre viktigste satsningsområder er innen dykking, undervannsteknologi og sikkerhetsopplæring.

Sikkerhet, kvalitet og kundetilfredshet skal være våre vesentligste konkurranse-elementer.

Nutec

Norsk Undervannsteknologisk Senter a.s
Postboks 6 - Gravdalsveien 255
5034 YTRE LAKSEVÅG
Telefon: 55 34 16 00
Telefaks: 55 34 47 20