

Oppsummering av og begrunnelse for de viktigste endringene i 4. Utgave av Norske dykke- og behandlingstabeller

Utarbeidet for deltakere på møtet 30.11.2016 i Norsk olje og gass ekspertgruppe

Jan Risberg

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse.....	2
Sammendrag.....	3
Executive summary.....	3
Forkortelser og definisjoner	4
Bakgrunn og formål	4
NDBT - historikk	5
Begrunnelse for å revidere NDBT	5
Akseptkriterier	6
Endringer i standardtabell og OD-O2 tabell NDBT4.....	6
De viktigste endringene	7
Endringer som skal forenkle bruken av tabellene	8
Operasjonelle konsekvenser av endringene som er foreslått	8
Referanser	8
VEDLEGG 1.....	10
Hvordan skal man vurdere sikkerheten til dekompresjonstabeller/ dekompresjonsprosedyrer?	10
Rapportering/observasjon av forekomst av TFS	10
Måling av venøse gassbolier (VGE)	11
Registrering av senskader av dykking.....	11
Statistisk modellering	11
Kan man stole på risikoestimatene i de probabilistiske modellene?	13
VEDLEGG 2.....	14
Hvorfor endre de norske OD-O2 prosedyrene – de har jo fungert godt nok?.....	14
Innledning	14
Diskusjon om NDBT på workshop arrangert av Norsk olje og gass 24.11.2015	14
Forekomst av TFS ved OD-O2 dykking generelt.....	14
Sikkerhet ved OD-O2 tabellene i 3. utgave av NDBT.....	14
Risikoestimat – OD-O2 tabeller i NDBT 3. Utgave.....	18
VEDLEGG 3.....	20
De viktigste operasjonelle konsekvensene av endringsforslagene i NDBT4.....	20
Innledning	20
Standardtabell	20
Multilevel.....	21
Nitrox	21
OD-O2.....	22
Flyging etter dykking	24

Norske Dykke- og behandlingstabeller 4. Utgave

Begrunnelse for endringsforslag

Jan Risberg (post@dykketabeller.no)

Sammendrag

Dette dokumentet oppsummerer begrunnelsen for og de viktigste endringene i Norske Dykke- og Behandlingstabeller 4. utgave. Det var behov for revisjon av NDBT fordi disse sist var revidert for 12 år siden og fordi en rekke utenlandske tabeller (britiske, canadiske og amerikanske) var endret i mellomperioden. Risikoanalyser og epidemiologiske data sannsynliggjør at de lengste bunntidene i standardtabellene og mange av profilene til ODO2-tabellene i NDBT 3. utgave hadde stor sannsynlighet for trykkfallssyke. I 4. utgave av NDBT er det i standardtabell gjort vesentlig reduksjon i tillatt bunntid i dybdene 9-15 meter, mens tabellene i området 18-60 meter i hovedsak er uendret for ikke- stjernemerke dykk. Det frarådes å bruke luft som pustegass dypere enn 50 meter. Anvist dekompresjonstid på dypeste stopp skal gjennomføres i sin helhet på dekompresjonsstoppet (oppstigningstiden til stoppet går ikke i fratrekke). Prinsippet for gjentatt dykk er uendret, men det er nå mulig å gjøre enkelt-dykk for N2-gruppe A-K med overflateintervall kortere enn 12t. For N2 gruppe L-Z er overflateintervallet forlenget inntil 16 timer før det kan gjøres nytt enkelt-dykk. Maks pO₂ ved Nitroxdykking begrenses til 1,5 Bar. Det er introdusert en mulighet for flernivå-dykk (multilevel-dykk). OD-O₂ prosedyren er helt omarbeidet og er basert på anvisningene i US Navy Diving Manual Rev 6. Dette innebærer at oppstigningshastighet i sjø er øket til 10 m/min, grunneste vannstopp vil være på 12m, første 15 min av rekompresjon i kammer vil være til 15m, øvrig oksygenpustetid skjer på 12m. Generelt forlenges oksygenpustetiden i kammer for dykk med bunntid som overstiger britiske bunntidsbegrensninger. Dekompresjon i kammer skjer 10 m/min med luft som pustegass.

Executive summary

This document summarizes the background for and the main changes put in force in the fourth edition of the Norwegian Diving and Treatment Tables (NDTT). The last main revision of the NDTT was last done 12 years ago and a number of alternative decompression tables (British, Canadian, US) have been changed since. Risk analysis and epidemiological data suggest that the longest bottom times in the air decompression tables and many of the SurDO₂ tables of the 3rd edition of NDTT has a too high risk of DCS. In the fourth edition of the NDTT, the allowed bottom times for depths ranging 9-15 msw have been shortened, while the tables for the 18-60 msw range is mainly unchanged for non-exceptional dives. It is dissuaded against use of compressed air as a breathing gas for diving depths exceeding 50 metres. The decompression time for the deepest staged stop should be completed at the stop depth – ascent time from bottom should not be included in the staged decompression stop time. The principle for repetitive diving remains unchanged, but it is now possible to make new single dives with surface interval shorter than 12h for Repetitive Groups A-K. For repetitive Groups L-Z the required surface interval is extended to a maximum of 16h to allow for new single dives. Max pO₂ for Nitrox diving is 1,5 Bar. A procedure for multilevel diving

Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

has been introduced. The SurD-O2 procedure has been revised based on US Navy Manual Rev 6. Accordingly, the ascent time is increased to 10 msw/min, the shallowest in-water stop depth is 12 msw. The initial part of chamber recompression is to 15 msw for 15 min with O2 breathing followed by further O2 breathing at 12 msw. In general, the oxygen breathing time in chamber is extended for dives with bottom time exceeding UK bottom time limitation. Chamber decompression is 10 msw/min while breathing chamber gas.

Forkortelser og definisjoner

BT	Bunntid. Tiden fra dykkeren forlater overflaten til han begynner oppstigning til overflaten, evt begynner oppstigningen til dekompresjonsstopp i sjø
Bunntidstillegg	Tillegg til bunntid som må beregnes for gjentatte dykk.
DCIEM	Beregnes ut fra (justert) N2 gruppe etter foregående dykk Defence and Civil Institute of Environmental Medicine. Canadisk forskningsinstitutt. Brukes i dette dokumentet om utgiver av de Canadiske dekompresjonstabellene.
Direkteoppstigningsdykk	Dykk hvor dykkeren kan svømme direkte til overflaten etter avsluttet bunntid uten å måtte gjennomføre dekompresjonsstopp.
Enkelt-dykk	Dykk hvor tiden fra foregående dykk er så lang at man ikke behøver å ta hensyn til det foregående dykket ved beregning av dekompresjon
Gjentatt dykk	Dykk hvor tabelltiden for det aktuelle dykket må forlenges grunnet gassoverskudd fra det foregående dykket
Nitrox	Annen blanding av Nitrogen og Oksygen enn den som er i luft. Brukes i dette dokumentet om gassblandinger som er oksygenriket.
N2 gruppe	(Kategorisk) variabel mellom A og Z som indikerer mengden av overskuddsgass i dykkeren etter et foregående dykk. Jo høyere N2 gruppe, jo mer overskuddsgass er akkumulert.
NDBT	Norske Dykke- og behandlingstabeller
NDBT3	Norske Dykke- og behandlingstabeller, 3.utgave
NDBT4	Norske Dykke- og behandlingstabeller, 4. Utgave (utkast)
OD-O2	Overflatedekompresjon med oksygen
OI	Overflateintervall
Standardtabell	Tabell for dekompresjon i sjø med luft som pustegass
TDT	Total dekompresjonstid
TFS	Trykkfallssyke
USN	US Navy
USNDM5	US Navy Diving Manual Rev 5 (14)
USNDM6	US Navy Diving Manual Rev 6 (15)

Bakgrunn og formål

Formålet med dette dokumentet er å:

- Beskrive behovet for å revidere NDBT
- Forklare hvilke risikovurderinger som er lagt til grunn (risikoaksept)

Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

- Beskrive de viktigste endringene som er gjort i tabellene
- Beskrive de praktiske konsekvensene endringsforslaget vil ha ved operasjonell dykking

Dokumentet er utarbeidet av Jan Risberg, men bearbeidet av medforfatterne Olav Eftedal og Andreas Møllerløkken. Forfatterteamet er enige om de faglige vurderingene som er lagt fram i dette dokumentet.

NDBT – historikk og formell status

NDBT ble først utgitt som en NUI-rapport i 1980, deretter som en ordinær publikasjon av forlaget Barotech i 1991 og 2004 (3. Utgave). En mindre revisjon ble utgitt 2008. Første og andre utgave hadde Arne Johan Arntzen og Svein Eidsvik som forfattere, i 3. utgave ble også Jan Risberg medforfatter. Rettighetene til publikasjonen ble overdratt til Jan Risberg i 2016. Standardtabell (luft) er basert på lufttabeller (RN 11) fra Royal Navy utgitt 1979. OD-O2 tabellene er basert på US Navy sin tabell fra 1951 modifisert med dekompresjon etter en noe lenger tabelltid for dybder som overstiger 20 meter og med 12 min ekstra oksygenpusting i kammer fra 12 m til overflaten.

NDBT er utgitt som en frittstående publikasjon hvor forfatterne er faglig ansvarlig for innholdet. Forskrift om utførelse av arbeid anfører i §26-28 at "Dykking og opphold i dykkingen skal tilrettelegges og gjennomføres i henhold til anerkjente dykke- og behandlingstabeller for sikker dykking." Det er ikke utgitt en særskilt veiledning til denne forskriften, men Arbeidstilsynet uttaler på sine nettsider at "Arbeidstilsynet anbefaler at norske dykke- og behandlingstabeller følges ved innaskjærs arbeidsdykking." NORSOK U-100 4.utg (2014) sier i kap 8.2.2. "Diving procedures in accordance with NDTT [53] should be used, but adhering to the restrictions of maximum bottom time exposure limits given in Table 11." NORSOK U-103 3. Utg (2014) sier i kap 8.3.2 "Alle BUO skal planlegges og utføres i samsvar med NDBT, men skal følge maksimale bunntidseksponeringsgrenser angitt i tabell 1". Både NORSOK U-100 og U-103 henviser til 3. utgave av NDBT.

Begrunnelse for å revidere NDBT

Dette er de viktigste grunnene til at NDBT burde revideres:

- Tabellene har i all hovedsak vært uendret siden 1980 selv om det riktignok i 2004 ble gjort endringer i grensen til "stjernedykk" i OD-O2 tabellene. Etter 12 (evt 36) år er det uansett fornuftig å kontrollere at tabellene er tidsriktige
- Flere andre anerkjente tabellverk har blitt revidert etter utgivelsen av NDBT (Britiske RN: 1999; Canadiske DCIEM: 2009; USN: 2008)
- En NUI-rapport (1) har avdekket vesentlige forskjeller i dekompresjonsanvisning mellom norske og utenlandske luft-dekompresjonstabeller og konkluderer med at NDBT generelt anviser kortere dekompresjonstid enn alternative utenlandske
- Epidemiologiske data sannsynliggjør at dykking med høyt dybde-tid integral (PrT) har vesentlig øket risiko for TFS (2). Norske epidemiologiske data tyder på at operasjonelle dykk med OD-O2 har ca tre ganger øket forekomst av TFS sammenlignet med ordinære dekompresjonsmetoder (3).
- Risikoestimat fra USN sannsynliggjør at modellen (algoritme/parametersett) som ligger til grunn for OD-O2 prosedyrene i NDBT3 har en betydelig økning i risiko for TFS for dykk med høy PrT (4).

- Risikoestimat fra USN sannsynliggjør at flere OD-O2 profiler i NDBT3 har vesentlig øket sannsynlighet for TFS – det gjelder spesielt i dybdeområdet 20-30 meter (Wayne Gerth, USN, personlig meddelelse 2016).

Akseptkriterier

Forfatterkollegiet har valgt følgende akseptkriterier for de prosedyrene som skal anbefales i NDBT4:

- Ordinære dykk (ikke-stjernemerkede dykk) skal ha en estimert sannsynlighet for TFS < 5% iht USN sin probabilistiske modell (se (4))
- Stjernemerkede dykk skal ha en estimert risiko for TFS mellom 5% og 6%

Disse akseptkriteriene skal være gyldig uavhengig av dykkemetode (dekompresjon i sjø eller OD-O2). Akseptkriteriene er valgt fordi de vil være i samsvar med forventning til de fleste profilene i standard lufttabell i dagens utgave (3. Utgave) av NDBT som ikke er stjernemerket. Akseptkriteriet er altså satt med utgangspunkt i at "dagens norske dekompresjonstabeller anses generelt som tilstrekkelig sikre".

For å fastslå om en eksisterende profil i NDBT3 er innenfor akseptkriteriene så har total dekompresjonstid (TDT) blitt sammenlignet mellom NDBT3 og USN Diving Manual Rev 5 (USNDM5) (14) for de enkelte profilene. For standardtabell er TDT tilnærmet lik i de to tabellverkene (selv om fordeling av tid mellom de ulike dekompresjonsstopp kan avvike litt) og forfatterkollegiet mener derfor at risikoestimatene presentert i (4) er representative også for NDBT.

Det er verdt å merke seg at sannsynligheten for TFS (5% resp 5-6%) er satt ut fra forventet rapportering av TFS ved uttesting av tabellene under eksperimentelle betingelser. Ved operasjonell dykking vil forventet forekomst være 5-10 ganger mindre (5). Dette skyldes både rapporteringsbias (marginale symptomer vil vanligvis ikke bli rapportert eller fulgt opp under operasjonell dykking) og fordi man ved operasjonell dykking sjelden vil oppholde seg på maksimal dybde *hele* bunntiden eller utnytte *hele* bunntiden før oppstigning starter.

Endringer i standardtabell og OD-O2 tabell NDBT4

Generelt er det godt holdepunkt for å hevde at NDBT har gitt tilfredsstillende beskyttelse mot TFS. En rapport fra Oljedirektoratet i 1994 (3) estimerer 0,06% forekomst av TFS på 61 411 overflateorienterte dykk. Risberg har i et tidligere dokument (6) argumentert for at standardtabellen, som publisert i NDBT3 gir en lav forventet forekomst av TFS i dybdeområdet 18-50 meter (6). I den rapporten er det redegjort for at de prosedyrene som er innført i USN Diving Manual Rev 6 (USNDM6) (15) vil nødvendiggjøre mye ekstra dekompresjonstid uten en vesentlig reduksjon av TFS i det aktuelle dybdeområdet og bunntider. Rapporten omhandlet imidlertid ikke dybdeområdet 9-15 meter, heller ikke OD-O2 tabellene. Basert på akseptkriteriene listet over mener forfatterkollegiet det er nødvendig å gjøre følgende justeringer i NDBT:

- Standardtabell: Maksimalt tillatt bunntid for ikke-stjernemerkede dykk må forkortes for dybdeområdet 9-15 meter
- Standardtabell: Flere av de stjernemerkede profilene må fjernes fordi de gir en uakseptabel høy sannsynlighet for TFS

Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

- OD-O2: Med unntak av bunntider innenfor britiske bunntidsbegrensninger så er det ikke sannsynliggjøres at eksisterende prosedyrer gir tilfredsstillende sikkerhet mot TFS.

Vedrørende OD-O2: Forfatterkollegiet kunne *enten* videreføre prosedyrene i NDBT3 med bunntider begrenset av britiske bunntidsbegrensninger (og fraråde dykking med lengre bunntider) eller å innarbeide nye OD-O2 dykkeprosedyrer som møter akseptkriteriene. Forfatterkollegiet valgte sistnevnte løsning.

De viktigste endringene

- Standardtabell:
 - Sikkerhetsstopp anbefales på alle dykk dypere enn 9m
 - Tillatt med ubegrenset antall dykk til dybder <6m
 - Dykkecomputer anbefalt som tillegg til konvensjonell planlegging av dekompresjon på dykk med mange opp- og nedstigninger (jo-jo)
- Standardtabell og OD-O2:
 - Tabellene har fått tydelig markering for britiske bunntidsbegrensninger (=NORSOK).
 - Stjernemerking er basert på at risiko for TFS er estimert til å være mellom 5 og 6%
 - Oppstigningstiden fra bunn til første dekompresjonsstopp skal ikke inkluderes i dekompresjonstiden på dette stoppet (standardtabell og OD-O2)
 - Tabell for reduksjon av N2 gruppe ved opphold på overflaten er endret. Muliggjør kortere tid for nytt enkelt-dykk ved N2 gruppe A-K, men forlenget overflateintervall (inntil 16t) for å kunne gjøre nytt enkelt-dykk for N2 gruppe L-Z
 - Bunntidstillegg for hver N2 gruppe er justert iht siste anbefalinger i USNDM6 (15)
 - Ventetid for flyging etter dykking er justert iht siste anbefalinger i USNDM6 (15)
- OD-O2
 - Basert på anbefalinger i USNDM6 (15)
 - Oppstigningshastighet i sjø og i kammer 10 m/min (før 7,5 m/min og 1 m/min)
 - Grunneste dekompresjonsstopp i sjø 12m (før 9m)
 - Første 15 min av kammerrekompresjon med O2 som pustegass er på 15m deretter dekompresjon til 12m (før 12m i hele kammerperioden)
 - Oppstigning fra 12m i kammer til overflaten 10 m/min (før 1 m/min)
 - Profilene er tildelt N2 gruppe. Muliggjør beregning av tid for flyging og dykking i høyden samt fastsette nødvendig overflateintervall for å kunne gjennomføre nytt enkelt-dykk
- Det frarådes å dykke med luft som pustegass dypere enn 50 meter (dybderus)
- Max pO2 1,5 Bar (Nitrox)
- Prosedyre for flernivå-dykking presentert. Forutsetter at dykket til enhver tid skal kunne avbrytes med direkteoppstigning til overflaten.
- Tabell for dype kammerdykk justert i samsvar med anbefalinger i USNDM6 (15)

Endringer som skal forenkle bruken av tabellene

- I tabellene er det gjort grafiske tilpasninger for å forenkle lesbarheten (veksle mellom skyggelagte og ikke-skyggelagte linjer) og grensen for britiske bunntidsbegrensninger framstår med en tydelig horisontal strek
- Flytdiagram for å beskrive dykking i høyden
- Flytdiagram for nødprosedyrer (utelatt dekompresjon) justert for å forenkle lesbarheten
- Flytdiagram for tiltaksplan ved dykkerulykker

Operasjonelle konsekvenser av endringene som er foreslått

- Standardtabell: I praksis ingen eller minimale konsekvenser for enkelt-dykk med dekompresjon i sjø iht standardtabell. Begrensningene som er gjort på bunntid i 9-15 m tabellene vil neppe påvirke operasjonell dykking (tillatt bunntid er fortsatt så lang at det vil være lite behov for å overskride den)
- Standardtabell: Varierende konsekvens av endring i prosedyre for gjentatt dykk. For dykk med N2 gruppe A-K så vil 4. Utgave være en liberalisering (muliggjøre tidligere dykk) sammenlignet med 3. Utgave. For dykk med N2 gruppe L-Z vil den nye revisjonen innebære en innskjerping (krav om lenger overflateintervall før nytt enkelt-dykk)
- OD-O2: I praksis minimale konsekvenser for total dekompresjonstid og O2-pustetid i kammer for bunntider inntil de britiske bunntidsbegrensningene.
- OD-O2: For bunntider som overskrider britiske bunntidsbegrensninger så vil det bli forlenget O2-pustetid i kammer, inntil 30 min ekstra for lange bunntider ned til 30m. Dekompresjonstid i sjø vil for noen profiler være lengre, for andre profiler kortere i 4. utg av NDBT.
- OD-O2: Færre daglige dykketimer i sjø fordi svært mange OD-O2 profiler vil nødvendiggjøre 18t overflateintervall før nytt dykk.

Referanser

1. [Segadal K. Sammenligning av dekompresjonstabeller for overflateorientert dykking. NUI-rapport 01-2014. NUI, Bergen 2014](#)
2. [Shields TG, Duff PM, Wilcock SE, Giles R. Decompression Sickness From Commercial Offshore Air-Diving Operations on the UK Continental Shelf During 1982 to 1988. Proceedings Subtech '89. SUT, 1989:259-77.](#)
3. [Oljedirektoratet. Rapport om standard dekompresjonstabeller for overflateorientert dykking. YA-776. Oljedirektoratet 1994](#)
4. [Gerth WA, Doolette DJ. VVal-18 and VVal-18M Thalmann algorithm air decompression tables and procedures . TR 07-09. US Navy Experimental Diving Unit, Panama City, FL 2007.](#)
5. [Weathersby PK et al. Statistically based decompression tables. I. Analysis of standard air dives: 1950-1970. NMRI 85-16. Naval Medical Research Institute, Bethesda, Maryland 1985.](#)

Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

6. [Risberg J. Estimert risiko for trykkfallssyke. En sammenligning av utvalgte dekompresjonsprofiler fra USN og Norske Dykke- og Behandlingstabeller. Rev 3. Presentert på møte i Norsk olje og gass 24.11.2015.](#)
7. [Van der Aue OE, Kellar RJ, Brinton ES, et al. Calculation and testing of decompression tables for air dives employing the procedure of surface decompression and the use of oxygen. Report No 1. Washington, DC: US Navy Experimental Diving Unit;1951](#)
8. [Dwyer JV. Calculation of air decompression tables. Research report 4-56. Washington, DC: US Navy Experimental Diving Unit; 1956](#)
9. [Des Granges M. Standard Air Decompression Table. Research Report 5-57. Washington, DC: US Navy Experimental Diving Unit;1956](#)
10. [Van Liew HD, Flynn ET. A simple probabilistic model for standard air dives that is focused on total decompression time. Undersea Hyperb Med 2005;32:199-213](#)
11. [Thalmann ED. Phase II testing of decompression algorithms for use in the U.S. Navy Underwater Decompression Computer. Research report 1-84. Panama City, FL: US Navy Experimental Diving Unit; 1984](#)
12. [Johnson TM, Gerth WA, Southerland DG. 1.3 ATA PO2 N2-O2 decompression table validation. Research report 9-00. Panama City, FL: US Navy Experimental Diving Unit; 2000](#)
13. [Gerth WA, Johnson TM. Development and validation of 1.3 ATA PO2-in-He decompression tables for the MK 16 MOD 1 UBA. Research report 02-10. Panama City, FL: US Navy Experimental Diving Unit; 2000](#)
14. [Naval Sea Systems Command. U.S. Navy Diving Manual. Revision 5. 2005.](#)
15. [Naval Sea Systems Command. U.S. Navy Diving Manual Revision 6. Change A 2011.](#)
16. Ball R, Lehner CE, Parker EC. Predicting risk of decompression sickness in humans from outcomes in sheep. J Appl Physiol 1999;86:1920-1929.

VEDLEGG 1

Hvordan skal man vurdere sikkerheten til dekompresjonstabeller/ dekompresjonsprosedyrer?

Rapportering/observasjon av forekomst av TFS

Den tradisjonelle måten å måle sikkerheten til dekompresjonstabeller er å observere forekomst av TFS ved eksperimentell testing eller operasjonell bruk av tabellene.

Resultatene kan i første omgang framstå som forvirrende:

- Ved eksperimentell ut-testing av tabeller rapporteres typisk i størrelsesorden 2-5% forekomst av TFS (7,8,9,10)
- Ved operasjonell bruk av anerkjente tabeller (operasjonelle dykk) rapporteres typisk en forekomst av TFS på 0,1-0,5% (2,3,5)
- I datasett som inneholder svært mange dykk (60-130 000) så rapporteres forekomst av TFS under 0,1% (2,3)

Hva skyldes denne forskjellen som er i størrelsesorden 10-100x? Nedenstående er de vanligste rapporterte forklaringene:

- Rapporteringsbias: Ved operasjonell dykking er det en underrapportering av symptomer ("det går vel over av seg selv"), mens det ved eksperimentell dykking kan være en overrapportering av symptomer (registrerings/behandlingsterskel vil være lav)
- Nøyaktighet i dykkeprofil og dekompresjonsprosedyrer. Et typisk eksperimentelt dykk vil bestå i å dykke profilen helt til ytterkant med hensyn til bunntid, opphold på maksbyde, oppstigningshastighet osv. Dykkeren vil være fysisk og ofte termisk belastet. Et operasjonelt dykk vil sjelden utnytte maks tabelldybde fullt ut (i alle fall ikke hele bunntiden), dekompresjon starter før tabelltid har løpt ut og dykkeleder kan gi ekstra dekompresjon basert på eget skjønn eller sedvane. I det norske Sjøforsvaret premierte lønssystemet dykkedybder og bunntider med faste terskelverdier – dykk ble derfor av økonomiske grunner rapportert som dypere og lengre enn de faktisk var (ordningen er for lengst avviklet).
- Aggregering av data. Ved operasjonell dykking rapporteres typisk aggregerte data som omfatter flere dykke- og dekompresjonsmetoder (direkteoppstigningsdykk, luftdykk med dekompresjon i sjø, Nitrox, OD-O2) (3). Det er vanskelig å få tilgang til epidemiologiske data for individuelle dykkeprofiler. USN representerer et hederlig unntak (5). Rapporten fra Shields og medarbeidere (2) viser hvor lett man kan overse viktig informasjon hvis man bare rapporterer aggregerte data. I den rapporten refereres en insidens av TFS på 0,3% på 126 954 overflateorienterte dykk. Ved å gruppere dykkene ift dykkemetode framkommer imidlertid at insidensen varierer mellom 0,02% (direkteoppstigningsdykk) til 0,5% (OD-O2), altså en hyppighetsforskjell på ca 25x.
- I de store datasettene (2,3) som typisk rapporterer i størrelsesorden 60-130 000 dykk så inngår mange dykk som ligger langt innenfor dekompresjonsgrensene (direkteoppstigningsdykk med kort bunntid). Slike dykk har svært lav forekomst av TFS (typisk 0-0,04%, jfr (2)). Det er viktig å ta hensyn til omfanget av slike korte direkteoppstigningsdykk slik at man ikke feilaktig vurderer sikkerheten til en bestemt dekompresjonsprosedyre ut fra et mangelfullt datagrunnlag. I praksis er trolig omfanget av slike korte direkteoppstigningsdykk den viktigste forklaringen til at det

er en 10x forskjell mellom forekomsten av TFS rapportert på nasjonal basis (3) og det man kan se på prosjekter hvor dykketabellene "dykkes ut" (2,3).

Måling av venøse gassembolier (VGE)

Bruk av TFS som endepunktsmål for sikkerheten til tabell kritiseres ofte for å være upresist. Kriteriene for å rapportere (og evt diagnostisere) er individuelle og vanskelig målbare med objektive metoder. Måling av intravaskulær fri gass (VGE) brukes ofte som et surrogatmål på helseeffekter knyttet til dekompresjon. VGE er enklere å måle objektivt, men er uegnet som individuell prediktor for helseskade (man kan ikke bruke måling av VGE for å fastslå om en enkelt person har eller vil få symptomer som følge av dekompresjon). På gruppenivå kan måling av VGE brukes til å sannsynliggjøre at en dekompresjonsprosedyre eller intervensjon er sikrere enn en annen, men effektstørrelsen ift helseeffekter er usikker.

Registrering av senskader av dykking

De siste 20-30 år har det vært økende oppmerksomhet mot senskader av dykking. Helseeffektene omfatter skjelett, lunge og nervesystem. Det er sannsynlig at flere av langtidseffektene skyldes konsekvenser av gassdannelse under dekompresjon, men sammenhengen mellom valg av dekompresjonsprosedyre og forekomst av senskader er fortsatt uavklart. Det hadde vært ønskelig å kunne inkludere langtids helseskader som endepunktsmål for valg av dekompresjonsprosedyre, men foreløpig finnes det ikke data som gjør dette mulig.

Statistisk modellering

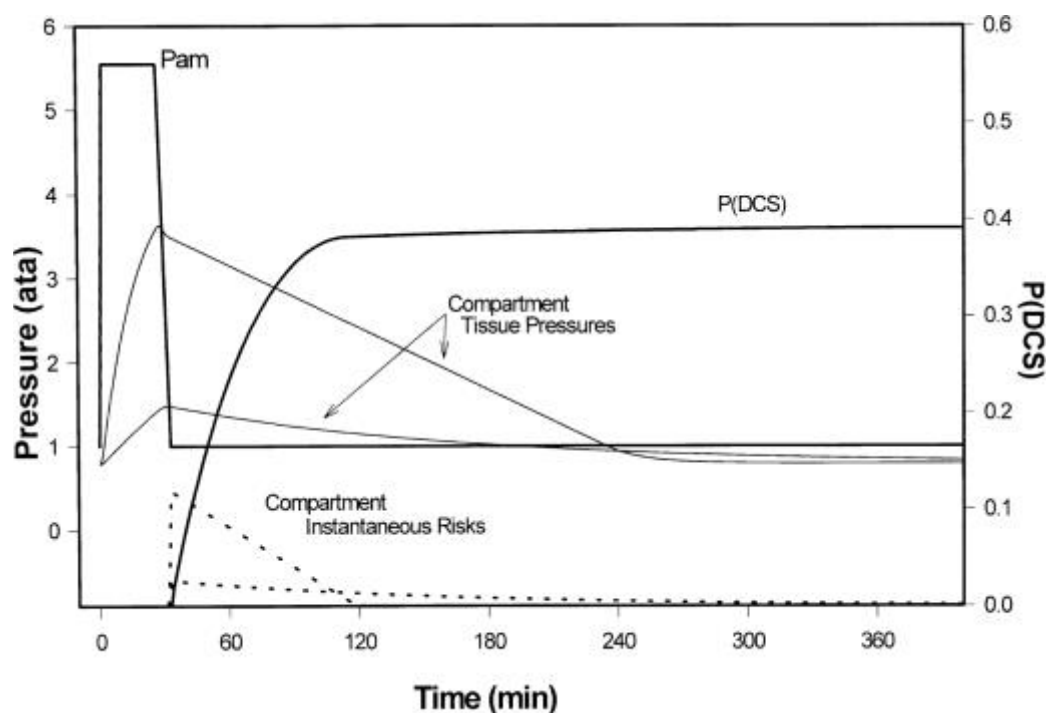
Som nevnt over så har den tradisjonelle tilnærmingen til å vurdere godheten av dekompresjonsmetoder vært å observere og rapportere forekomst av TFS. Noe forenklet kan man si at Van der Aue (3) aksepterte profiler hvis den testede profilen ikke ga TFS hos 4 forsøkspersoner (1951). Des Granges (9) gjennomførte 6 dykk for hver profil (1956), mens Thalmann (11) gjennomførte 10 dykk for hver testede profil. I forsøkene til Johnson og Gerth v/NEDU (12,13) var avbruddskriteriene satt til 3 tilfeller av TFS per 10 dykk («3/10»), 4/22, 5/35 og 6/51. Inntil 24 dykk ble gjennomført av profilene som ble testet i (13). Hvis man skal vurdere sikkerheten for hver enkelt dykkeprofil separat så vil konvensjonelle statistiske metoder gi stor grad av usikkerhet med så få forsøksdykk. Usikkerhetsområdet (konfidensintervallet) for TFS basert på testene gjort ifm USN sine 1951 OD-O2 prosedyrer er ca 0-60%, for testene ifm USN 1956 standard lufttabell 0-46% og for N2-O2 prosedyrene til USN testet i 1980-årene og 2000-2002 ca 0-30%. Den øvre grensen for disse konfidensintervallene er så høy at det er lite trolig at det ville vært akseptabelt for brukere eller myndigheter. Hvis man skulle kreve at alle dykkeprofiler skulle testes tilstrekkelig til å gi mindre enn 5% sannsynlighet for TFS (fortsatt et forholdsvis høyt tall) så ville det kreve at hver profil ble testet med 72 dykk uten forekomst av TFS. Dette er ikke økonomisk eller praktisk gjennomførbart.

Et alternativ er å bruke avanserte statistiske metoder som sammenholder en dekompresjonsmodell (algoritme) med observerte hendelser (Probabilistisk modellering). Det er i hovedsak USN som har publisert vitenskapelige arbeider om dette. Den probabilistiske modellen består av disse elementene:

- En matematisk modell (algoritme). Den matematiske modellen beskriver hvordan gass strømmer inn og ut av vev ved dykking. Dagens modell (Thalmans EL-modell)

forutsetter at gass mettes i vev eksponentielt. Avmetning skjer eksponentielt så lenge overmetningen ikke overskrider en fastsatt grenseverdi. Hvis overmetningen er høyere enn dette vil avmetning være lineær. Grenseverdien fastsettes av parametersettet (se under). Modellen kan justeres slik at også den eksponentielle avmetningen kan skje saktere enn metningen ved å forlenge halveringstiden for hvert «vev» (compartment) (dette benyttes ved dekompresjon i sjø med oksygen som pustegass).

- Et parametersett. Parametersettet beskriver uavhengige variable i modellen. Det mest karakteristiske er tillatt overmetning ("Maximum Permissible Tissue Tensions") i matematiske "vev" (compartments) karakterisert med ulik halveringstid. Parametersettet brukt i siste utgave av USN Diving Manual (Rev 6) har ni vev med $T_{1/2}$ 5-240 min. Parametersettet brukes for å beregne dekompresjonsprofilen – ved å justere parametersettet gjøres tabellen mer "liberal" eller "konservativ". Parametersettet vil også definere grenseverdier for overgang fra eksponentiell til lineær gassutvasking og effekt av øket pO_2 på avmetning.
- En matematisk modell som beskriver sannsynligheten for TFS som funksjon av gassovermetning i vevet. Dette blir en tidsfunksjon – sannsynligheten for gassdannelse (og symptomer) er størst kort tid etter dykket og vil deretter avta. Den akkumulerte sannsynligheten for TFS vil være integralet av denne tidsfunksjonen – se fig under. To ulike probabilistiske modeller (NMRI98 og BVM83, se (4) for detaljer) er brukt av USN for å utlede risikofunksjonen.



Figur 1 Prinsippskisse for en probabilistisk modell. En grunnleggende matematisk modell beskriver metning og avmetning av gass i to vev ("Compartment Tissue Pressures") og øyeblikkelig risikoestimat for at det skal bli TFS som følge av overmetning i disse vevene ("Compartment Instantaneous Risks"). Den akkumulerte sannsynligheten for at dykket skal medføre trykkfallssyke er vist ved kurven $P(DCS)$. Pam viser dykkeprofil. Fra Ball et al 1999 (16).

Det gunstige ved en slik modell er at den kan kalibreres mot store datasett fra mange ulike dykkekategorier (standardtabell, Nitrox, OD-O2, metning m.fl) og modellens godhet sannsynliggjøres ved at den kan predikere forekomst av TFS både i insidens og tidspunkt på tvers av disse dykkeprosedyrene. NMRI98 er kalibrert mot et datasett på 3335 dykk. Hvis algoritmen er riktig så skal modellen predikere TFS korrekt også på profiler med lite observasjonsdata. Forfattererteamet til NDBT har brukt denne probabilistiske modellen til å estimere sannsynligheten for TFS etter gamle (3. utgave) og nye (4. utgave) av NDBT. Modellen estimerer sannsynligheten for TFS med en usikkerhet (konfidensintervall) på ca +/- 0,5% ved ordinære bunntider og med en usikkerhet som øker til +/- ca 1-1,5%¹ ved de lengste bunntidene.

Kan man stole på risikoestimatene i de probabilistiske modellene?

Den probabilistiske modellen angir et høyt presisjonsnivå (smalt konfidensintervall) for profilene som anbefales i USNDM6. Umiddelbart er det betryggende at sannsynligheten for trykkfallssyke er liten ettersom risikoestimatene typisk ligger mellom 2% og 5%. Når man anvender modellen på nye dykkeprosedyrer som ikke har vært testet før (som f.eks å gjennomføre grunneste dekompresjonsstopp i sjø på 6 meter ved standardtabell eller til 12m på OD-O2) så foreligger det ikke observasjonsdata som kan brukes til å kalibrere modellen mot. Det ligger altså en implisitt forutsetning at den grunnleggende matematiske modellen (Thalmanns EL-modell) er allmenngyldig også ved dykkeprosedyrer som avviker fra det som er brukt tidligere. Det lar seg ikke bevise før det er testet/data innhentet – altså i etterkant. Men det som støtter sannsynligheten til den probabilistiske modellen er som tidligere nevnt at den er testet ut på en lang rekke dykkemetoder allerede (standard luft, Nitrox, konstant pO2, luft metning, OD-O2) og inkluderer dermed et stort antall sammensetninger av dybder, bunntider, pustegasser og dekompresjonsprofiler. Modellen hviler på en forutsetning av at fri gassdannelse er utgangspunktet for TFS og at gassdannelse skjer som følge av overmetning i vev. Hvis denne presumpsjonen er feil så kan modellen forventes å svikte ved bruk i situasjoner som det ikke finnes kalibreringsdata mot.

¹ Nominelle prosentpoeng. En profil som har et risikoestimat på 2% angis derfor med et konfidensinterall på ca 1,5-2,5%

VEDLEGG 2

Hvorfor endre de norske OD-O2 prosedyrene – de har jo fungert godt nok?

Innledning

Den mest kontroversielle endringen foreslått i 4. utgave av NDBT er å erstatte OD-O2 prosedyrene i NDBT3 med prosedyrene publisert i USNDM6 (15). Mange har spurt om begrunnelsen for dette og tidligere i dokumentet er det forklart. Dette vedlegget er utarbeidet for de som ønsker ytterligere begrunnelse.

Diskusjon om NDBT på workshop arrangert av Norsk olje og gass 24.11.2015

På dette møtet ble sikkerheten til NDBT diskutert. Som diskusjonsgrunnlag forelå NUI-rapporten (1) som sammenlignet dekompresjonsprosedyrene for *standardtabell* for NDBT3 og flere utenlandske tabeller. Det forelå også en rapport (6) som drøftet sannsynligheten for TFS ved bruk av NDBT3 sin *standardtabell* for dybdeområdet 18-50 meter. Denne rapporten (6) konkluderte med at standardtabellen i NDBT3 ga tilfredsstillende sikkerhet mot TFS for ikke-stjernemerkede dykk i dette dybdeområdet. På møtet ble det ikke lagt fram særskilt dokumentasjon for sikkerheten ved bruk av OD-O2 tabellene i NDBT3 og rapporten (6) spesifiserer at konklusjonen er avgrenset til ikke-stjernemerkede dykk og dybdeområdet som angitt. Behovet for revisjon av OD-O2 tabellen ble synlig i etterkant av møtet da også OD-O2 tabellene ble analysert.

Forekomst av TFS ved OD-O2 dykking generelt

Det er flere forhold som tyder på at OD-O2 dykking generelt (og uavhengig av tabellvalg) kan ha høyere forekomst av TFS enn dekompresjon i sjø med standardtabell. Dette omfatter bl.a.

- Shields og medarbeidere (2) rapporterte ca 3x høyere forekomst av TFS ved OD-O2 dykk sammenlignet med dykk med dekompresjon i sjø i Nordsjøen i perioden 1982-1986 (0,49% vs 0,16%, totalt 60 257 dykk)
- Oljedirektoratet rapporterte ca 3x høyere forekomst ved dykking på Kalstø (dominert av dykking med OD-O2) sammenlignet med de generelle erfaringene med NDBT (0,18% vs 0,06%, se detaljer under).
- USN sin probabilistiske modell estimerer opptil 9,7% forekomst av TFS ved den lengste bunntidene med OD-O2 iht USNDM 5 (14), mens forekomst ved ordinære dekompresjonstider ved dekompresjon i sjø iht de samme tabellene typisk er 2-4% (4). (Her framgår det imidlertid også at lange bunntider ved standardtabell også gir tilsvarende høy forekomst, men NDBT har ikke tillatt så lange bunntider).

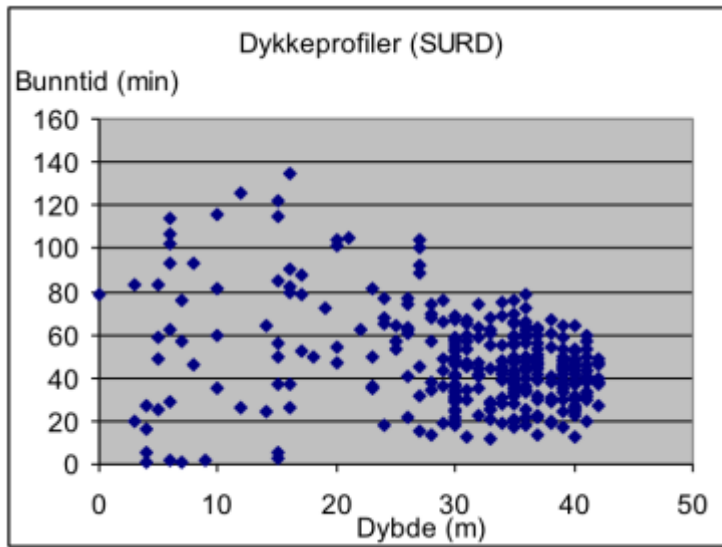
Sikkerhet ved OD-O2 tabellene i 3. utgave av NDBT

Nedenfor refereres de viktigste kildene som støtter påstanden om at sannsynligheten for TFS er lav ved bruk av OD-O2 tabellene i NDBT3. Kritikken mot en slik fortolkning er anført som underpunkter:

- I en rapport utgitt av Oljedirektoratet i 1994 (3) var det rapportert en forekomst av TFS på 0,06% på 61 411 overflateorienterte dykk i årene 1983-1994 med NDBT. Vår oppfatning er at dette er en lav forekomst.
 - Denne rapporten angir verken hvor mange OD-O2 dykk som er inkludert eller fordeling av dybde/bunntidsprofil. Den er derfor ikke egnet til å vurdere den relative sikkerheten til en dykkemetode sammenlignet med en annen.

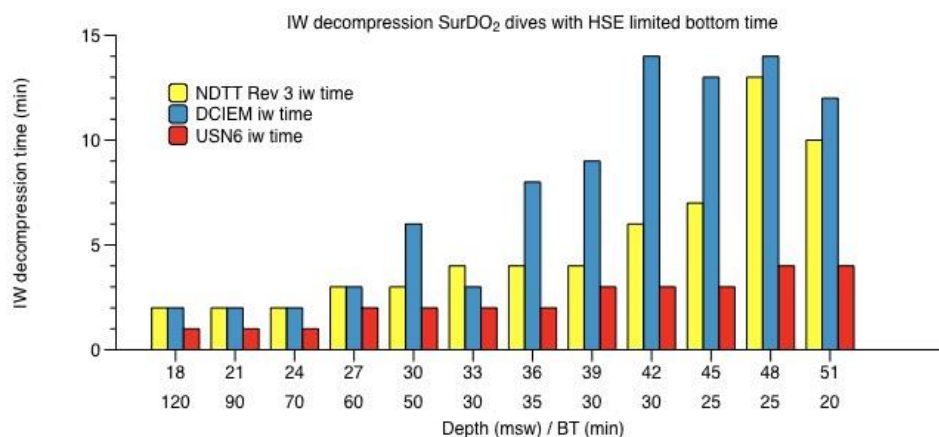
Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

- Ved utbygging av Kalstø ble det i perioden 1982-1992 gjennomført 9059 dykk med 0,18% forekomst av TFS (3). Dykking på Kalstø var dominert av OD-O2.
 - Dette datagrunnlaget er bedre, men fortsatt er det uklart hva som er det nøyaktige tallet med OD-O2 dykk. Fordeling på dykkedybder/bunntider framgår ikke og rapporten anfører at tabellene ble konservativt tilpasset.
- Stein Christian Mohn har i skriv til forfatterkollegiet 1.6.2016 lagt fram erfaringsdata fra Mohn Drilling. Mohn drilling har brukt NDBT3 på havbunnsinstallasjoner utenfor Argentina. Tabellene er brukt fullt ut uten å ta hensyn til britiske bunntidsbegrensninger. Det er rapportert 1 hendelse med TFS på 1300 OD-O2 dykk (0,07%, Konfidensintervall 0-0,5%). Dette gir et øvre grense på konfidensintervallet på 0,5%. Denne forekomsten av TFS er svært lav og i samme område som forventet ved dykking med dekompresjon i sjø.
 - Så langt jeg vet er dette eneste kilde som rapporterer forekomst av TFS ved bruk av NDBT3 sine OD-O2 prosedyrer og samtidig forklarer fordelingen av dykkeprofiler. I Fig 2 under er 370 av profilene presentert, men disse antas å være representative også for de øvrige dykk. Det er verdt å merke seg at det er foretatt få dykk grunnere enn 30m. Det er spesielt i området 20-30m at norske OD-O2 tabeller har hatt høy (statistisk) forventet sannsynlighet for TFS. Se forklaring i billedteksten som viser grense for bunntid hvor man må forvente høy (>5%) risiko for TFS.
- Et indirekte holdepunkt for at OD-O2 tabellene i NDBT3 har tilfredsstillende sikkerhet mot TFS får man ved å sammenligne dekompresjonstid i sjø og oksygenpustetid i kammer ved bunntider innenfor de britiske bunntidsbegrensningene (Fig 3 og 4).
 - Ved forlengelse av bunntider utover britiske bunntidsbegrensninger er det store forskjeller i oksygenpustetid mellom gjeldende norske (NDBT3) og de siste canadiske og amerikanske tabellene. NDBT3 anviser konsistent vesentlig kortere oksygenpustetid enn både moderne canadiske og amerikanske tabeller. (Fig 5)

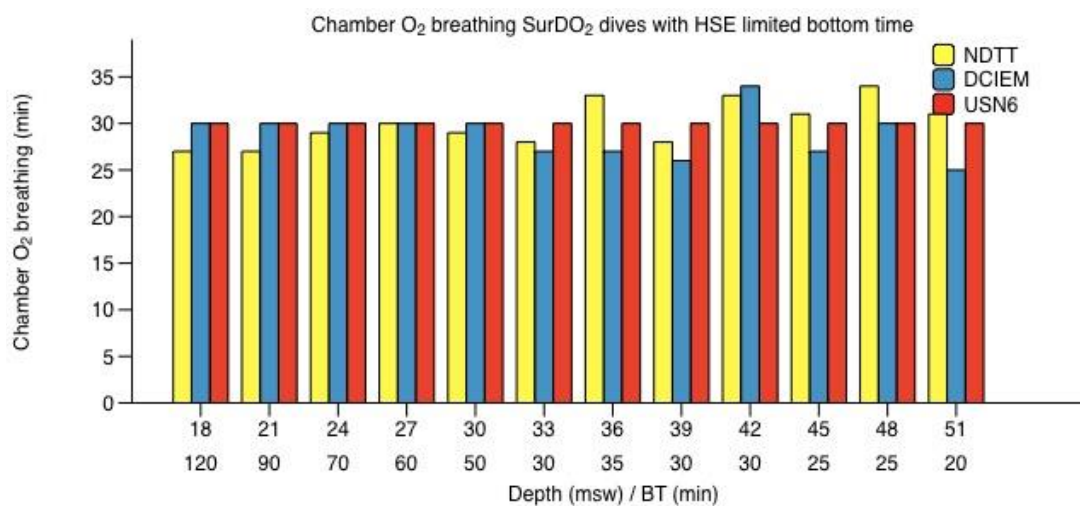


Figur 2 Fordeling av dykkeprofiler (dybde/bunntid) på 370 dykk med OD-O2 gjennomført av Mohn Drilling. Kun ett tilfelle av TFS på 1300 dykk (0,07%) med denne fordelingen av dykkeprofiler. Sannsynlighet for TFS er estimert å overstige 5% ved disse kombinasjonene av dybde (m)/bunntid(min): 21/120, 24/100, 27/80, 30/70, 33/60, 36/50, 39/50 og 42/40 (estimert fra (4)).

Sammendrag endring 4. Utgave NDBT



Figur 4 Sammenligning av dekompresjonstid i sjø for OD-O2 profiler innenfor britiske bunntidsbegrensninger. OD-O2 prosedyrer fra NDBT3 (gule stolper), DCIEM diving manual (blå stolper) og USN Diving Manual Rev 6 (røde stolper). For tabelldybder 48 og 21m er det en betydelig forskjell mellom NDBT og USN. Forskjellen er små for grunnere tabelldybder.



Figur 3 Oksygenpustetid i kammer for lengste dybde/bunntidskombinasjon tillatt iht britiske bunntidsbegrensninger. NDBT, DCIEM og USN er sammenlignet - se forklaring Fig 3. Det er i praksis minimal forskjell i oksygenpustetid ved etterlevelse av britiske bunntidsbegrensninger

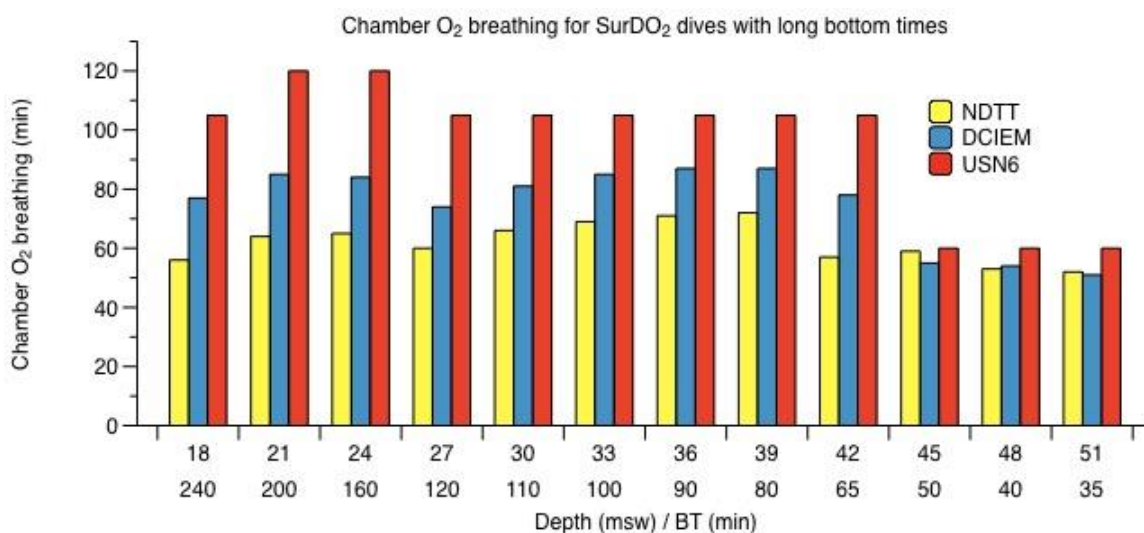
Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

Risikoestimat – OD-O2 tabeller i NDBT 3. Utgave

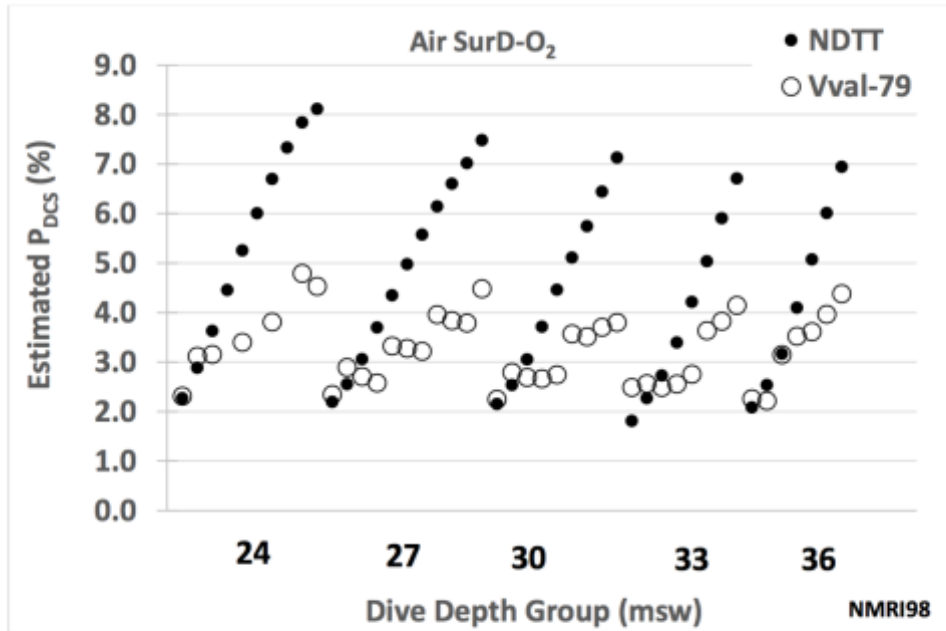
Sannsynligheten for TFS ved bruk av *standard lufttabell* i NDBT 3. utgave kan estimeres ved bruk av (4) fordi total dekompresjonstid avviker minimalt mellom de fleste profilene i NDBT3 og USNDM5 (14). Det er ikke mulig å gjøre tilsvarende risikoestimat for OD-O2 tabellene i NDBT3 fordi det er flere forskjeller mellom NDBT3 og USNDM5 (15) mht prosedyrer for OD-O2:

- Algoritmen for OD-O2 tabellene i NDBT3 er i prinsippet den samme som er brukt i USNDM5 (14). Algoritmen er imidlertid tilpasset og gjort mer konservativ ved å beregne dekompresjonsbehovet ut fra en tabelltid som er lenger enn den faktiske. Tabelltiden øker med 1% for hver meter dypere enn 20m. Et dykk til 30 meter i 40 min skal derfor beregnes ut fra en tabelltid på 44 min) (Denne sikkerhetsfaktoren er skrevet inn i tabellene og er ikke noe dykkeren behøver å forholde seg til.)
- NDBT pålegger oksygenpusting i 12 min under oppstigning i kammer (oppstigningshastighet 1 m/min), dette blir 12 min ekstra oksygenpusting ift USNDM5 som anviser en oppstigningshastighet på 10m/min uten oksygen..

Forfatterne av NDBT4 har ikke hatt tilgang til de statistiske modellene som muliggjør risikoestimering, men vi har kontaktet Wayne Gerth i US Navy som har gjennomført en analyse av OD-O2 profilene for tabelldybdene 24-36m (Fig 6). Som det framgår er sannsynligheten for TFS vesentlig høyere for de lengste bunntidene i NDBT3 sammenlignet med USNDM6. Forskjellen er spesielt stor for dybder grunnere enn 33m.



Figur 5 Oksygenpustetid i kammer ved OD-O2 dykk med maksimale bunntider som tillater sammenligning mellom NDBT3, DCIEM og USNDM6. USN anviser konsistent mer oksygenpustetid enn øvrige tabeller, men forskjellen er mest uttalt i dybdeområdet 18-42m. Den relative forskjellen er størst ved grunnere dybder.



Gerth, W.A.; 25-Apr-2016

1

Figur 6 Estimert sannsynlighet for TFS iht OD-O₂ prosedyrene i NDBT3 (fylte svarte sirkler) og USNDM6 (hvite sirkler) for tabelldybder 24-36m. Beregnet av WA Gerth 2016 etter anmodning fra forfatterteamet. VVal79: Parametersett benyttet i den nyeste tabellanbefalingen fra NEDU til USN. Ift OD-O₂ profilene for de aktuelle bunntidene så vil VVAL79 gi tilnærmet like dekompresjonsanvisninger som parametersettet VVAL18M(3) som ble benyttet i USNDM6 (15).

VEDLEGG 3

De viktigste operasjonelle konsekvensene av endringsforslagene i NDBT4

Innledning

I dette kapittelet vil jeg beskrive de viktigste praktiske/operasjonelle konsekvensene av endringsforslagene. Det vil ikke bli gitt ytterligere begrunnelse for disse, men eksemplene vil synliggjøre hvilke konsekvenser endringene har for tilgjengelig bunntid, nødvendig dekompresjon og valg av pustegass ved de ulike dykkemetodene

Standardtabell

- Det er bare små justeringer i tillatt bunntid for direkteoppstigningsdykk og minimale endringer i dekompresjonsanvisning for ikke-stjernemerke dykk i dybdeområdet 18-51m. For enkelt-dykk vil derfor tabellene oppleves som uendret i dette dybdeområdet
- For dybdeområdet 9-15 meter er det gitt bunntidsbegrensning ift NDBT3. Det er altså ikke mulig å planlegge så lange dykk som tidligere – begrensningen framgår av tabellen under

Dybde (m)	Tillatt bunntid NDBT3 (min)	Tillatt bunntid NDBT4 (min)
9	Ubegrenset	370
12	660	240
15	190	160

Tabell 1 Sammenligning av maksimalt tillatt bunntid i NDBT3 og NDBT4 for tabelldybdene 9-15m

- Dekompresjonstiden på dypeste stopp løper fra det tidspunktet dykkeren ankommer stoppet (tidligere var oppstigningstid fra bunn til stopp inkludert i dekompresjonstiden). For øvrige stopp inngår oppstigningstiden mellom stoppene i dekompresjonstiden på etterfølgende stopp.
- Oppstigningshastighet mellom stoppene er 10 m/min (før 1 min)
- Det anbefales sikkerhetsstopp på alle direkteoppstigningsdykk dypere enn 9 meter (men det er ikke et brudd på prosedyrene om man ikke etterlever anbefalingen)
- Det er gitt råd om hvordan dekompresjon bør forlenges avhengig av termisk komfort, arbeid og individuelle risikofaktorer. Dekompresjon forlenges ved å dekomprimere etter en eller to tabelltider lenger enn den faktiske(evt ved å legge til ekstra oksygenpustetid i kammer på OD-O2 dykk).
- Det skal ikke planlegges dykk med luft som pustegass dypere enn 50m
- Tabell for reduksjon av N2 gruppe ved opphold på overflaten er endret slik at man ved N2 gruppe A-K kan foreta nytt enkelt dykk før det har gått 12 timer. På den annen side er nødvendig overflateintervall for nytt enkelt-dykk etter N2 gruppe L-Z øket inntil 16t. Noen eksempler på konsekvensene er illustrert i tabellen under. Som det framgår er forskjellene små mht minste tid for overflateintervall for å kunne gjennomføre nytt enkelt dykk. (OI: Overflateintervall)

Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

Dybde	Bunntid	NDBT4		NDBT3	
		N2 gruppe	Minste OI for nytt enkelt-dykk (min)	N2 gruppe	Minste OI for nytt enkelt dykk (min)
18	40	H	8:50	G	12:00
18	120	Z	15:50	N	12:00
30	30	J	10:40	I	12:00
30	50	O	15:00	L	12:00

Tabell 2 Sammenligning mellom NDBT3 og NDBT5 av nødvendig overflateintervall for å foreta nytt enkelt-dykk iht standardtabell.

- Generelt vil NDBT4 være mer konservativ ift gjentatte dykk enn NDBT3. Dette skjer både fordi det er gjort endringer i tabellen for reduksjon av N2 gruppe ved opphold på overflaten og fordi bunntidstillegget for hver N2 gruppe er endret. Tabellen under illustrerer dette på noen utvalgte profiler. Som det framgår er konsekvensene størst på grunne og lange dykk. (BT: Bunntid OI: Overflateintervall).

Dybde (m)	BT dykk#1 (min)	OI (t)	Tillegg til BT dykk #2 (min)		Forskjell i BT tillegg (min)
			NDBT4	NDBT3	
18	60	6	30	20	10
18	120	6	60	25	35
27	25	6	5	10	5
27	60	6	35	15	20
36	20	6	5	10	5
36	35	6	20	10	10

Tabell 3 Bunntidstillegg på gjentatt dykk med standardtabel, sammenligning mellom NDBT3 og NDBT4I. Seks profiler for dybdene 18, 27 og 36 meter. Det er valgt 6t overflateintervall for alle profiler. I ytterste høyre kolonne er angitt forskjell i bunntidstillegg (i min) for dykk #2. Jo høyere tall, jo mer konservativ vil NDBT4 være ift NDBT3. Kolonnene "Tillegg til BT dykk #2" kan forstås som den reduksjonen i tilgjengelig i operasjonell bunntid på dykk #2

Multilevel

- Det er utarbeidet en prosedyre for flernivå-dykking. Profilen muliggjør vesentlig lengre bunntid enn det som var anvist i NDBT3.
 - Eksempel: NDBT4 vil tillate et flernivå-dykk til maksdybde 33m med total dykketid 75 min. Det forutsettes at tiden på etappedybdene 24, 18 og 12m begrenses til hhv 10, 10 og 40 min. Til sammenligning vil NDBT3 begrense bunntiden på et direkteoppstigningsdykk til 33m til 15 min, og selv med dekompresjon i sjø ville bunntiden være begrenset til 45 min.

Nitrox

- Max pO2 ved dykking i sjø er begrenset til 1,5 Bar (var tidligere inntil 1,7 Bar). Dette gjør at ELD og tabelldybde blir noe dypere. I praksis må dekompresjon gjøres med en tabelldybde dypere
 - Eksempel: Dykk med Nitrox standardblanding til aktuell dybde 32m. Dette dykket kunne planlegges med Nitrox 40 iht NDBT3. Dykkeren ville få ELD 21,9m og kunne dekomprimere etter 24m tabell. Iht anbefalingene i NDBT4

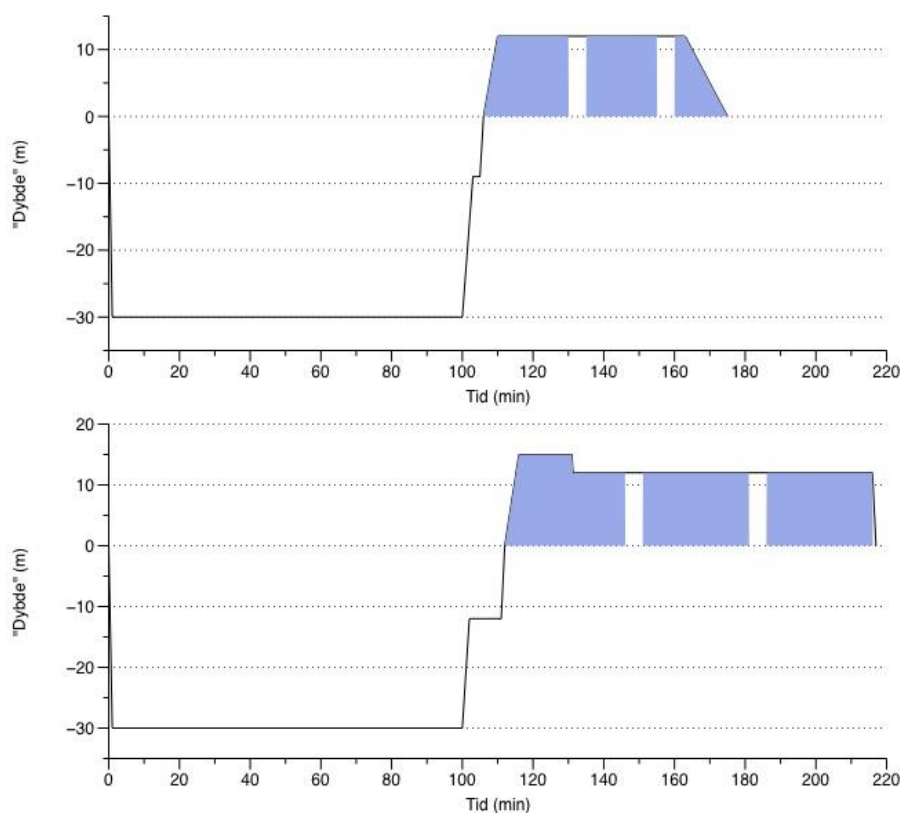
Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

må dykkeren velge Nitrox 32, får ELD på 26,2 og må dekomprimere etter 27m tabell.

OD-O2

- De viktigste praktiske endringene i OD-O2 prosedyrene i NDBT4
 - Oppstigningstid til dypeste stopp skal ikke inkluderes i stopptiden
 - Oppstigningshastighet i sjø 10 m/min (før 7,5 m/min)
 - Oppstigningshastighet mellom stopp 10 m/min (før 1 min)
 - Dypeste vannstopp er på 12m (før 9 m)
 - Første 15 min av O2 pusting i kammer er på 15m (før var all O2 pusting på 12m)
 - Luftepause i kammer etter 30 min O2 pusting (før 20 min)
 - Oppstigningshastighet i kammer 10 m/min (før 1 m/min)

I figuren under er det vist en typisk OD-O2 profil etter hhv NDBT3 og NDBT4.



Figur 7 Typisk OD-O2 profil (30m, 100 min) iht NDBT3 (topp) og NDBT4 (bunn). Blått felt indikerer periode med O2 pusting

Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

- Maksimalt tillatt bunntid er endret for de fleste tabelldybder. Under vises en sammenligning. Som det framgår tillater NDBT4 kortere bunntider på dybder mellom 18 og 27m, men lengre bunntider for dybder mellom 36 og 51m.

Dybde (m)	Maks tillatt BT (min)	
	NDBT4	NDBT3
15	240	240
18	220	240
21	170	240
24	130	180
27	110	130
30	100	100
33	80	80

Dybde (m)	Maks tillatt BT (min)	
	NDBT4	NDBT3
36	80	60
39	70	50
42	60	40
45	50	35
48	45	30
51	45	25

Tabell 4 Maks bunntid som er tillatt planlagt for OD-O2 tabeller i NDBT3 og NDBT4. Røde tall markerer at NDBT4 tillater en kortere bunntid enn NDBT3, blå tall indikerer at NDBT4 tillater planlegging av dykk med lengre bunntid enn NDBT3.

- OD-O2 dekompresjon
 - Dekompresjonstid i vann er marginalt endret for det store flertallet av dykk
 - Oksygenpustetid er typisk forlenget 30-40 min for de lengste bunntidene
- Nødvendig overflateintervall mellom OD-O2 dykk
 - Det er fortsatt ikke tillatt med gjentatt dykk etter OD-O2 dykk.
 - For dykk som gjennomføres iht britiske bunntidsbegrensninger vil nødvendig overflateintervall før nytt enkelt-dykk kan gjennomføres bli forlenget mellom 1 og 4 timer. Se tabell under. For dybder grunnere enn 24m vil OI forlenges med inntil 4t ved bruk av NDBT4, mens det for grunnere dybder vil være snakk om en forlengelse mellom 1 og 3 timer

Dybde	BT (min)	Tillegg i OI (t:min)
15	180	3:50
18	120	3:50
21	110	3:50
24	70	3
27	60	3

Dybde	BT (min)	Tillegg i OI (t:min)
30	50	3
33	40	2:10
36	35	2:10
39	30	1:10
42	30	2:10

Dybde	BT (min)	Tillegg i OI (t:min)
45	25	1:10
48	25	2:10
51	20	1:10

Tabell 5 Konsekvens av overgang fra NDBT3 til NDBT4 på nødvendig overflateintervall før man kan gjennomføre et nytt dykk etter et OD-O2 dykk. For hver dybde er det valgt lengste bunntid iht britiske bunntidsbegrensninger. Kolonnen "Tillegg i OI (t:min)" angir hvor mye OI å forlenges ved bruk av NDBT4 sammenlignet med NDBT3. OI er konsekvent lenger i NDBT4 og forlengelsen varierer mellom 3:50 min for de grunneste tabelldybdene og 1:10 min for de dypeste tabelldybdene.

- Ved maksimale bunntider (bunntider lenger enn det britiske bunntidsbegrensninger tillater) forlenges OI med 6 timer (fra 12 til 18 timer) med unntak av tabelldybdene 45-51m hvor nødvendig OI er noe mindre (3:50).

Sammendrag endring 4. Utgave NDBT

Flyging etter dykking

- Prinsippene for flyging etter dykking er uendret, men det er gjort justeringer i tidsangivelsene slik at reglene generelt er blitt mer konservative. Tabellen under viser ventetid for flyging etter dykking etter et utvalg profiler iht standardtabell og OD-O2

Standardtabell		
Dybde (m)	BT (min)	Endring i minste OI før flyging (t)
18	60	0
18	120	-3
27	25	-3
27	60	-4
36	10	-2
36	35	-1
45	10	+3
45	25	-2

OD-O2		
Dybde (m)	BT (min)	Endring i minste OI før flyging (t)
18	120	+6
18	220	+6
27	60	+8
27	110	+6
36	25	+7
36	80	+3
45	25	+6
45	50	+3

Tabell 6 Endring i nødvendig overflateintervall for flyging etter dykking for utvalgte profiler fra NDBT3 og NDBT4. Profiler som krever lengre OI med NDBT4 er markert med + og blå tekst. Profiler som krever lengre OI etter NDBT3 er markert med - og rød tekst. Som det framgår vil nødvendig OI før flyging etter standarddykk forkortes noe med NDBT4, mens OI for flyging etter OD-O2 dykk forlenges til dels betydelig (inntil 8t).