

		Rapportens tittel: Sammenligning av dekompresjonstabeller for overflateorientert dykking			
		Rapportnr.: 2014-01	Revisjon nr.: 1	Prosjektnr.: 502802	Dato.: 2014.04.07
Oppdragsgiver(e): Petroleumstilsynet		Oppdragsgivers kontakt: John Arne Ask		Godkjent av: Jens Chr. Terjesen	
Forfatter(e): Kåre Segadal		NUIs kontakt: Kåre Segadal kse@nui.no		Kontrollert av: Dan G. Skjoldal	
Sammendrag Det er gjennomført en sammenlikning av fire luftdekompresjonstabeller for overflateorientert dykking fra relevante land. De aktuelle tabeller er: Norske dykke- og behandlingstabeller (NDBT, engelsk forkortelse: NDTT) fra 1986/2008, US Navy Diving Manual Revisjon 6 (USN6) fra 2008, kanadiske DCIEM-92 og tyske BGV C23 fra 2001/2012, som er praktisk talt lik de franske sivile, MT92. Grenser for «ingen dekompresjonsstopp» (NSL) ble sammenlignet ved å plote maksimalt tillatte bunntider (BT) som funksjon av bunndyp. Dette viste et litt blandet bilde ved at NDTT tillot kortest BT på 12 msw og dypere enn 40 msw, mens BGV C23/MT92 og DCIEM-92 gav kortest BT for mellomliggende dyp. USN6 tillot lenger BTer for de fleste dybder. Total dekompresjonstid (TDT) ble plottet som funksjon av BT for bunndypene 18, 24, 30, 36 og 48 msw for de fire forskjellige tabellene. NDTT gav gjennomgående kortest TDT og for de lengste BTene (typisk opp mot HSE BTsbegrensninger) gir USN6 klart lengste TDT. For å illustrere hvordan hele dykk med kompresjon, bunnfase og dekompresjon kan se ut, ble eksempler på såkalte «firkant-dykk» hvor BT og bunndyp er valgt helt til grensen av det hver av tabellene tillater, også plottet. NDTT har anbefalinger om at det skal velges lenger BT ved kjente risikofaktorer som høy fysisk aktivitet, frysing under dekompresjonen mm. Men USN6 har motsatt filosofi i det tabellene tar høyde for mulige effekter av hardt arbeid og eksepsjonell kulde.					
Emneord på engelsk: Decompression tables Air diving Surface supplied diving Bottom time Total decompression time			Emneord på norsk: Dekompresjonstabeller Luftdykking Overflateorientert dykking Bunntid Total dekompresjonstid		
Gradering: Åpen	Versjon: Endelig	ISBN: 978-82-7280-555-4		Antall sider: 26	

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	3
1.1	GENERELT	3
1.2	DEFINISJONER & FORKORTELSER	3
2	METODE.....	4
3	RESULTATER	5
3.1	OVERSIKT OVER DEKOMPRESJONSTABELLER.....	5
3.2	DE NORSKE TABELLENE (NDTT)	6
3.3	US NAVY REVISJON 6 (USN6).....	7
3.4	KANADISKE TABELLER (DCIEM-92)	7
3.5	FRANSKE SIVILE TABELLER (MT92).....	8
3.6	TYSKE TABELLER (BGV C23).....	8
3.7	GRENSER FOR DYKK UTEN DEKOMPRESJONSSTOPP (NSL).....	9
3.8	TOTALE DEKOMPRESJONSTIDER FOR HVERT BUNNDYP	13
3.9	KOMPLETTE DYKKEPROFILER	19
3.10	RISIKOFAKTORER	25
3.11	NITROX, PO ₂	25
4	REFERANSER	26

1 INNLEDNING

1.1 Generelt

I gjeldende utgave av U-100 (2009) står under 8.2.2 *Overflateorientert dykking* at «Dykketabeller i samsvar med NDBT [informativ referanse nr. 53] bør brukes.»

I et prosjekt som A. Brubakk fra NTNU, gjennomførte for Petroleumstilsynet (Ptil) i 2012 om dekompresjon, fremkom det at Norske dykke- og behandlingstabeller (NDBT, engelsk forkortelse: NDTT) er radikale i forhold til tabeller som brukes til arbeidsdykking i sammenlignbare land. Ptil fant det interessant å undersøke om dette kan belegges kvantitativt, og valgte å be NUI foreta en sammenligning av relevante lands tabeller for overflateorientert dykking.

Petroleumstilsynet ved Olav Hauso, Bjarne Sandvik og John Arne Ask har bidratt med innspill og kommentarer til rapporten.

1.2 Definisjoner & forkortelser

Følgende forkortelser er brukt i dette dokumentet:

BGV	Berufsgenossenschaftliche Vorschriften
BGV C23	Tyske dykkeforskrifter
BT	bunntid
BTL	bunntidsbegrensning
DCIEM	Canadian Defence and Civil Institute of Environmental Medicine
DCIEM-92	DCIEM Diving manual: Air decompression and tables. No. 86-R-35. March 1992
DCS	decompression sickness
HSE	Health and safety executive
min.	minutter
msw	meter sjøvann
MT	Ministère du Travail
MT92	Franske sivile tabeller (1992)
M-verdier	overmetningsgrenser
NDBT	Norske dykke- og behandlingstabeller
NDTT	Norwegian Diving and Treatment Tables
NSL	«No-stop decompression limit»
PO ₂	oksygen deltrykk
Ptil	Petroleumstilsynet
RN	Royal (UK) Navy
SS7	Subsea 7
TDT	total dekompresjonstid
USN	U.S. Navy
USN6	U.S. Navy Diving Manual Revision 6

2 METODE

Det er gjort søk for å vurdere hvilke tabeller som er mest relevant for sammenligning med NDBT. Etter en vurdering viste det seg at det var tre forskjellige tabeller som pekte seg ut for sammenligning. I tillegg ble det funnet relevant å angi Health and Safety Executive's bunntidsbegrensninger (HSE BTL) i sammenligningene.

Både US Navy (USN) og NDBT inkluderer overflatedekompresjonstabeller. Disse er ikke i hyppig bruk i Norge og ikke tillatt i Tyskland, og er derfor ikke med i sammenligningen.

Som første punkt for sammenligning, er grense for bunntid (BT) som ikke betinger stopp under dekompresjonen («No-stop decompression limit», NSL), plottet mot bunndybde, åpenbar. Søk i litteraturen etter tidligere sammenlignings-studier kom frem til en vitenskapelig artikkel hvor Van Liew and Flynn (2005) sammenlignet amerikanske luftdekompresjonstabeller og hevdet at den enkeltparameter som gir best grunnlag for sammenligning av risiko for trykkfallsyke («DCS»), er total dekompresjonstid (TDT) for hver dybde og BT: «From collective experience, we presume that for a given depth and BT, TDT is by far the most important determinant of DCS risk.» De plottet derfor TDT som funksjon av BT for utvalgte bunndybder. Denne metoden ble funnet egnet også i vår studie, og fem forskjellige dybder ble valgt.

I tillegg ble det valgt å vise de aktuelle dykkeprofilene for en utvalgt BT for hver av de fem dybdene for å illustrere bedre hva forskjellene innebærer.

3 RESULTATER

3.1 Oversikt over dekompresjonstabeller

En oversikt over viktige dekompresjonstabeller til bruk ved overflateorientert dykking, er vist i tabellen under.

No	Country code	Legend / Acronym	Name	Rev.	Last Rev. year	Earlier Rev.	Earlier Rev. year	Institution	Originator	Model	Model "Family"
1	NO	NDTT	Norwegian Diving and Treatment Tables	3	2006	2	1999	Barotech	Arntzen & Eidsvik	=RNPL	Non-Hald. dissolv. ph.
2	US	USN6	U.S. Navy Diving Manual	6	2008	5	2005	US Navy	Gerth & Doolette	VVal-18, Thalmann	Mixed ph.
3	DE	German BGV C23	Berufsgenossenschaftliche Vorschriften		2012	VBG 39	1979	Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)		=MT92	Mixed ph.
4	FR	French MT92	French civilian Tables		1992	MT 74	1974	Ministère du Travail	Comex / JP Imbert	"Arterial bubble"	Mixed ph.
5	CA	DCIEM-92	Canadian		1992		1984	Canadian Defence and Civil Institute of Environmental Medicine	Kidd/ Stubb	4 serial tissuses, perfusion-limited	Non-Haldanean dissolved phase
6	UK	SS7	Commercial	3	2013	2	2013	Subsea 7		=NDTT	Haldanean
7	UK	Technip	Commercial	2	2013	1	2012	Technip Group Diving Department		=MT92	Mixed ph.
8	US	NOAA	"Scientific"	4	2001	3		National Oceanic and Atmospheric Administration		=US Navy	Haldanean
9	SE	Swedish	Military		2013		2010	Försvarsmakten			
10	UK	RNPL	Military		1972		1952	Royal (UK) Navy	Hempleman	Diff. lim. single tissue slab, critical volume	Non-Hald. dissolv. ph.
11	US	PADI	Recreational Dive Planner (RDP)				1988	Professional Association of Diving Instructors		Modified US Navy	Haldanean
12	FR	MN90	Marine Nationale 90		1990			French Navy			
13	UK	BSAC	Recreational		1988			British Sub-Aqua Club	Hennessy	Diff. and perf. (Crit. volume?)	Mixed ph.
15	DE	DECO2000 (VDST)	Recreational («German» or «Swiss»)		2000	DECO 92	1992	Verband Deutscher Sporttaucher	Max Hahn	Bühlmann	Haldanean
17	US	NAUI RGBM	"Technical"		2002		1990	National Ass. of Underw. Instructors	Wienke	Reduced gradient bubble	Mixed ph.
19	US	Bassett	US Air force				1985	US Air force	B Basset	Modified USN	Haldanean
20	US	Sea Grant	University				1981	University of Michigan	Karl E. Huggins	Modified US Navy	Haldanean

Kriteriene for hvilke dekompresjonstabeller som er tatt med i oversikten, er at de faktisk er i bruk og er godt kjent. Men dette gjelder flere tabeller, som likevel ikke er tatt med og inkludering / ekskludering er basert på skjønn. Det er viktig å være klar over at dette ikke er forsøk på noen historisk oversikt. Og det påpekes at det etter hvert finnes mange dekompresjonsmodeller/ algoritmer som bare er implementerte i såkalte «computere». Alle de inkluderte finnes som konvensjonelle («trykte») tabeller. De er primært utviklet for vanlig «våt» dykking i sjø eller vann (vær oppmerksom på at dykking i vann over havnivå er behandlet på forskjellig vis). At noen av tabellene av og til brukes til «tørr» dykking i kammer (for «tender»), tunnel eller «caisson» endrer ikke på det. Men det kan være greit å nevne at i noen land finnes egne tabeller for dette («Compressed air work»), f.eks «Blackpool tables», «TBG», «Dutch» og «Swiss». Disse er ikke omhandlet eller tema i denne rapporten.

Tabellen gir bare stikkordsmessig informasjon. Overskriftene i noen av kolonnene er mer veiledende enn en eksakt beskrivelse av informasjon gitt i hver celle under. Angivelse av «modell» og «familie av modeller» er langt ifra entydig og noen av betegnelsene kan kalles «algoritme» heller enn «modell». Informasjonen er søkt frem fra mange forskjellige kilder (Wikipedia, www for øvrig, lærebøker, rapporter, proceedings (fra workshops o.l.) og artikler. Det er praktisk umulig å sitere hver av disse, og hvis leseren ønsker seg detaljert informasjon om hver dekompresjonstabell, må dette søkes opp fra kildene. Vi er likevel sikker på at informasjonen i tabellen er et godt utgangspunkt for en brukbar oversikt.

Hovedgrunnen til å ta med tabellen, er å prøve å illustrere hvor mange begreper og betegnelser som «svirrer rundt» og hvor viktig det er å prøve å være eksakt når et spesifikt tabellsett skal omtales. Benevnelser som «franske», «tyske», «Bühlmann» og «Navy tables» brukes ofte, som om det skulle være entydig beskrivende for hvilke tabeller det er snakk om.

De ni øverste dekompresjonstabellene blir brukt til arbeidsdykking. De øvrige blir mest brukt til sportsdykking eller bare militær dykking og i liten grad ved arbeidsdykking.

Vi henvendte oss til de to dykke-entreprenørene som opererer på norsk sokkel, Subsea7 (SS7) og Technip, med anmodning om å få opplyst hvilke dekompresjonstabeller de benytter ved overflateorientert dykking «world wide». Reaksjonen var positiv og vi fikk tilsendt tabellene og opplyst fra SS7 at de i den senere tid har benyttet de norske tabellene (NDTT) overalt i verden og fra Technip at de benytter de sivile franske (MT92). Vurdering av de tilsendte tabellene bekreftet dette.

Til luftdykking bruker NOAA siste versjon av USN tabellene. De svenske lufttabellene anvendes i liten grad utenfor Sverige.

Etter dette falt det naturlig å gjøre en detaljert sammenligning for de tabellene som er kort beskrevet under.

3.2 De norske tabellene (NDTT)

Disse ble først presentert i en NUI-rapport av Arntzen og Eidsvik (1980). Lufttabellene hadde Royal Navy (RN) sine som utgangspunkt. RN var basert på Hemplemans konsept fra 1952 med ett enkelt diffusjonsstyrt vev, "(single) tissue slab" og beregning av såkalt kritisk volum ("critical volume").

Fra www.dykketabeller.no :

Første utgave av Norske dykke- og behandlingstabeller kom ut i 1986.

Den andre – "utvidet og revidert utgave" kom ut i 1991. Foruten en revisjon av teksten tok vi også inn noen nye kapitler.

Den "tredje utgave" fikk også en omfattende revisjon av teksten og en del nytt stoff. Den kom i 2004, ble trykket på vannfast "papir" (ekstrudert polypropylenfilm, som ser ut som papir), og fikk "ekte" spiralinnbinding.

Den engelske utgaven, som kom ut i 2006, og er en oversettelse av den norske tredje utgaven fra 2004. Også for denne, og alle senere utgaver, på norsk eller oversatt blir det brukt vannfast "papir". Andre opplag av engelsk versjon vil bli trykket November 2008. Feiltrykk i første opplag er rettet i dette andre opplaget.

Den danske utgaven kom ut i 2007 og er også en oversettelse av den norske tredje utgaven fra 2004.

Revidert tredje utgave. Etter noe tids bruk ble det funnet enkelte trykkfeil. Det ble og gjort noen mindre endringer/justeringer i teksten. Dette ble innarbeidet i det nye opplag med påskriften "Tredje utgave – revisjon mai 2008. Den regnes således fortsatt som tredje utgave, da de endringer som er gjort ligger på detaljplanet. Vi fant det likevel riktig å gi boken et nytt ISDN nr. Fullstendig liste over rettelser kan du se [her](#).

Nye opplag. Det vil i løpet av 2008 komme nye opplag av så vel den engelske som den danske utgaven. I den danske utgaven blir det ingen oppretting, da den tidligere har fått innarbeidet de rettelsene vi finner i den norske tredje utgaven fra mai 2008. Det nye opplaget av den engelske utgaven vil bli rettet opp tilsvarende det vi finner i den norske. Det betyr også at den vil få nytt ISDN-nummer.

3.3 US Navy Revisjon 6 (USN6)

USN tabellene fra 1956-7 baserte seg på klassisk Haldane-teori fra 1906, parallelle halvtids-vev (symmetrisk, eksponentiell inn- og utvasking) og overmetningsgrenser (M-verdier). Vesentlige forskjeller var flere langsomme vev og justerte M-verdier. Etterfølgende revisjoner fulgte dette sporet, flere langsommere vev og ytterlig justering av M-verdier.

Gerth og Doolette (2009) forklarte endringene som er gjort med lufttabellene fra tidligere versjoner til USN Diving Manual Revisjon 6 (USN6) med henvisning til Gerth og Doolette (2007) som omtaler modifikasjoner fra Thalmans algoritmer/M-verdier, VVal-18 til VVal-18M.

Gerth og Doolette (2012) introduserte enda en modifisert algoritme, VVal-79, som overflødiggjør den «manuelle justering» av NSL, som er gjort i USN6, og hvor det anbefales å innføre de lettere justerte NSL ved neste revisjon (7) av USN manual. VVal-79 algoritmen kommer også ut med lenger TDT for enkelte dybde-BTs-kombinasjoner. Dette er illustrert i Figur 13 i Gerth og Doolette (2012). Her ser en at for et par dybde-BTs kombinasjoner gir den anbefalte nye VVal-79 algoritme 10 min. lenger total stopptid. Vi kommer tilbake til dette senere.

Fra Wikipedia:

The **Thalmann Algorithm (VVAL 18)** is a [deterministic decompression model](#) originally designed in 1980 to produce a [decompression schedule](#) for [divers](#) using the [US Navy Mk15 rebreather](#).^[1] It was developed by Capt. [Edward D. Thalmann](#), M.D., USN, who did research into [decompression](#) theory at the [Naval Medical Research Institute](#), [Navy Experimental Diving Unit](#), the [State University of New York at Buffalo](#) and [Duke University](#). The algorithm forms the basis for the current [U.S. Navy](#) mixed gas and standard air dive tables.^{[2]^[broken citation]}

The Mk15 rebreather supplies a constant partial pressure of oxygen of 0.7 bar (70 kPa) with nitrogen as the inert gas. Prior to 1980 it was operated using schedules from printed tables. It was determined that an algorithm suitable for programming into an underwater decompression monitor (an early [dive computer](#)) would offer advantages. This algorithm was initially designated "MK15 (VVAL 18) RTA", a real-time algorithm for use with the Mk15 rebreather.^[3]

VVAL 18 is a deterministic model that utilizes the [Naval Medical Research Institute](#) Linear Exponential (NMRI LE1 PDA) data set for calculation of decompression schedules. Phase two testing of the US Navy Diving Computer produced an acceptable algorithm with an expected maximum incidence of decompression sickness less than 3.5% assuming that occurrence followed the [binomial distribution](#) at the 95% confidence level.

USN6 er hentet fra internett ;

http://www.supsalv.org/00c3_publications.asp

3.4 Kanadiske tabeller (DCIEM-92)

De kanadiske tabellene ble første gang utgitt i 1983 og beskrevet i DCIEM-rapport av Nishi og Lauckner (1984). De baserer seg på Kidd-Stubbs pneumatiske analoge computer modell, (Stubbs and Kidd, 1965). Denne hadde fire vev i serie og ble gjort om til en elektronisk / software utgave, kalt KS-1971, men modifisert i henhold til erfaring.

Våre analyser er basert på en sivil utgave fra 1992, hentet fra internett;
<http://www.divetable.de/skripte/p125936.pdf>

Denne har tabeller i både fot (fsw) og meter sjøvann (msw). Vi har benyttet de metriske tabellene.

Ved ervervsmessig dykking i Australia er det påbudt å bruke de kanadiske tabellene (Doolette, 2003).

3.5 Franske sivile tabeller (MT92)

De første sivile luft-tabeller i Frankrike ble publisert av arbeidsministeriet, «Ministère du Travail» (MT), i 1974. Basert på erfaring med disse, utgav Comex nye lufttabeller i 1986. Disse ble videre justert ved bruk av en modell med bare tre parametre (en M-verdi og infinitielt antall Haldane-vev) som var justert til erfaringsdata med maksimal sannsynlighetsberegning («maximum likelihood»). Tabellene ble innlemmet i franske dykkeforskrifter i 1992 og kalles MT92.

Hentet fra internett ;

<http://www.seveke.de/tauchen/download/tabellen/marine-nat/utilisation-tables-mt92-fr.pdf>

Disse tabellene er *forskjellig* fra de franske militære som gjerne kalles MN90 (se tabellen).

3.6 Tyske tabeller (BGV C23)

De tyske forskriftene (« Das berufsgenossenschaftliche Vorschriften» BGV) for arbeidsdykking, C23 inkluderer obligatoriske dekompresjonstabeller.

2012-utgaven ble hentet fra internett; <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/c23.pdf>

Det er ikke funnet noen forskjeller i selve tabellene i forhold til 2001-utgaven av forskriftene.

Vi har ikke kunnet finne angivelse av opprinnelsen. Men i workshop-proceedings skriver Dr. Wolfgang Forster (2001) «The lookout for safe and modern tables attracted us to the French regulations and we took a lot of the schedules from these». Og ved sammenlig

ning med de franske MT92 har vi ikke kunnet finne annen forskjell enn at de tyske har grense for nødsfall («ausschließlich für den Notfall gedacht», på norsk gjerne kalt «stjernedykk») og små forskjeller i opp- og nedstigningshastighet.

BGV C23-tabellene må *ikke* forveksles med DECO2000, Bühlmann/Hahn tabellene, som utgis av det tyske sportsdykkerforbudet (VDST), og også ofte kalles «tyske tabeller» eller «sveitsiske tabeller».

3.7 Grenser for dykk uten dekompresjonsstopp (NSL)

For at det skal være mulig å skjelne forskjellene er disse delt på tre figurer (1-3). Siden HSE BTL «stopper» på 4 timer (240 min.) er det ikke vist lenger BT enn dette.

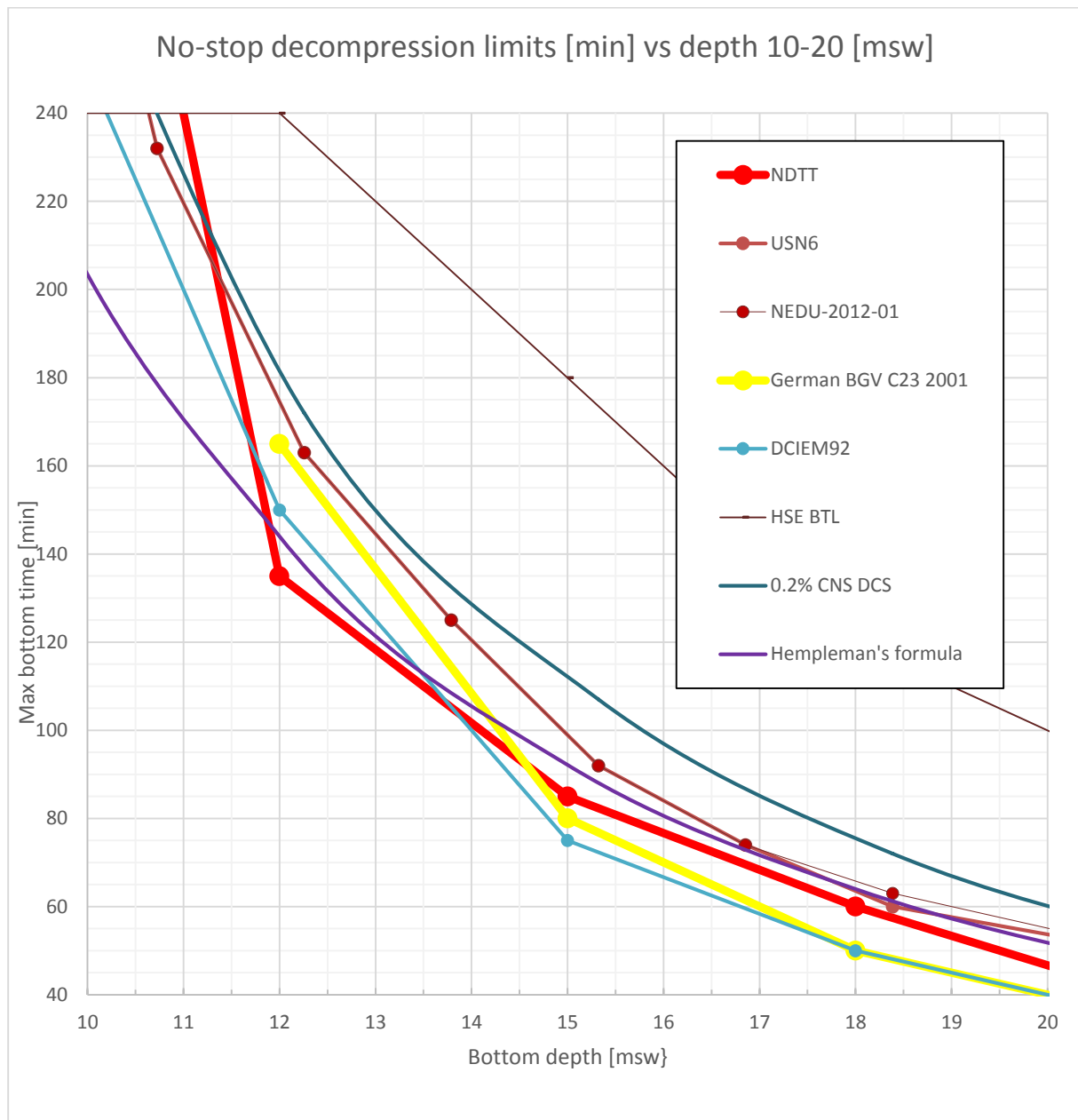
Fremstillingene av de norske (NDTT), tyske (BGV C23) og kanadiske (DCIEM) trenger ikke nærmere forklaring, bortsett fra at det minnes om at de tyske er lik de franske sivile (MT92).

HSE BTL er ikke NSL, men bare vist for sammenligningens del.

For USN gjelder det at verdiene som står i gjeldende Revisjon 6 av manualen er vist med lyst brunt (USN6), mens verdier som i NEDU-rapport 2012-01 (Gerth og Doolette, 2012) er anbefalt for fremtidige revisjoner, er vist med mørkere brunt og noe mindre symboler. Alle punkt som er foreslått endret, ses på figur 2 og 3, og alle er foreslått endret i retning av forlengete BT for gitt bunndyp. Mørk blå kurve, uten symboler, og merket 0,2 % CNS DCS, er verdier som er beregnet til å gi 0,2 % sannsynlighet for trykkfallsyke med symptomer i sentralnervesystemet (Gerth og Doolette, 2012).

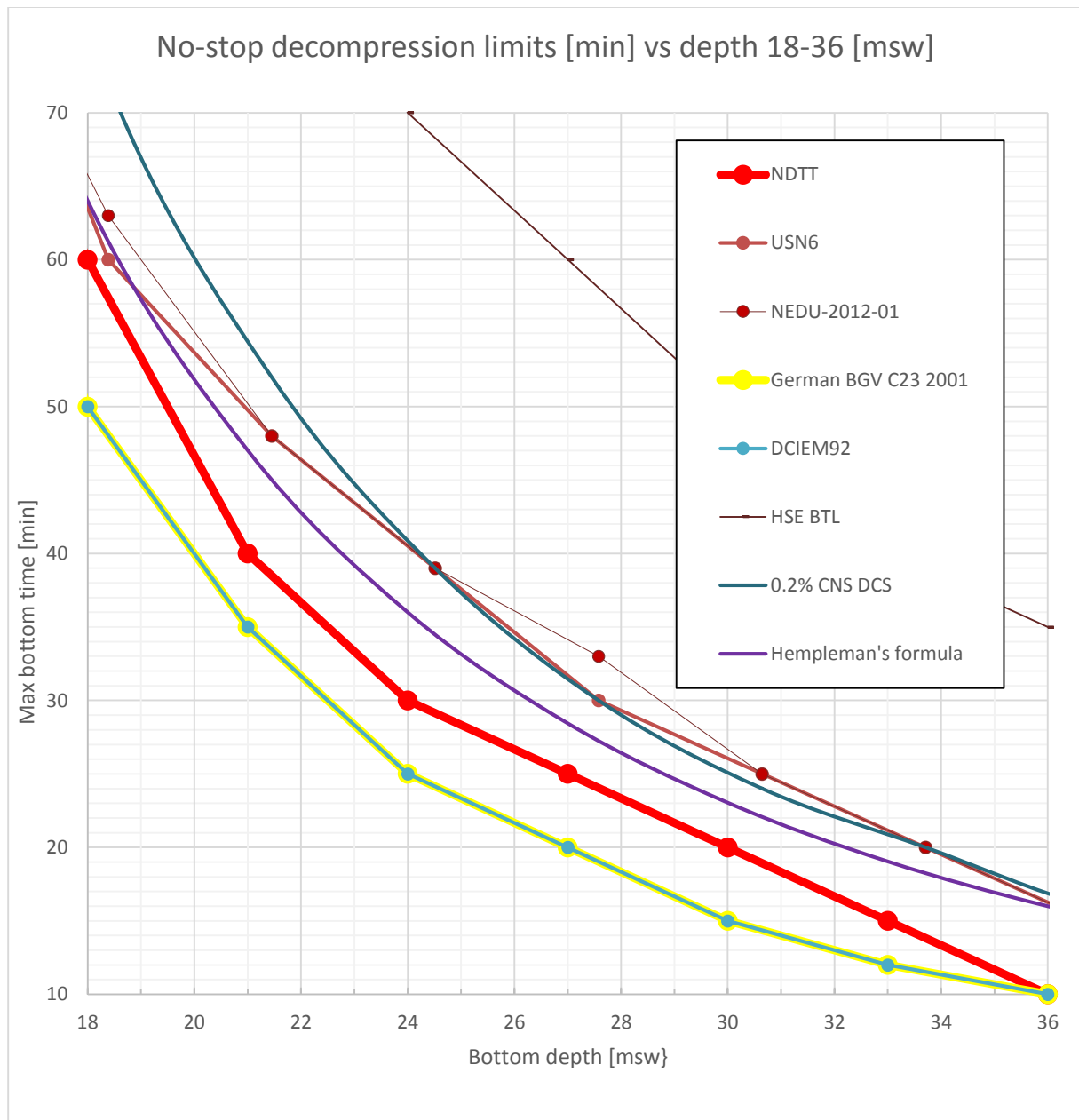
Hempleman (1982) fant at NSL for BT mindre enn 100 min., kunne fremstilles veldig bra ved en formel hvor dybde multiplisert med kvadratroten av BT settes lik en konstant. Denne sammenhengen er vist ved en lilla kurve uten symboler i figurene.

I figur 1 observeres at for alle NSL, mindre enn 240 min. (og dypere enn 11 msw), utmerker NDTT seg ved å ha den korteste tillatte maksimaltid på 12 msw. For dybder f.o.m 15 msw, angir NDTT maksimaltider større enn de franske / tyske og kanadiske, men mindre enn USN6.



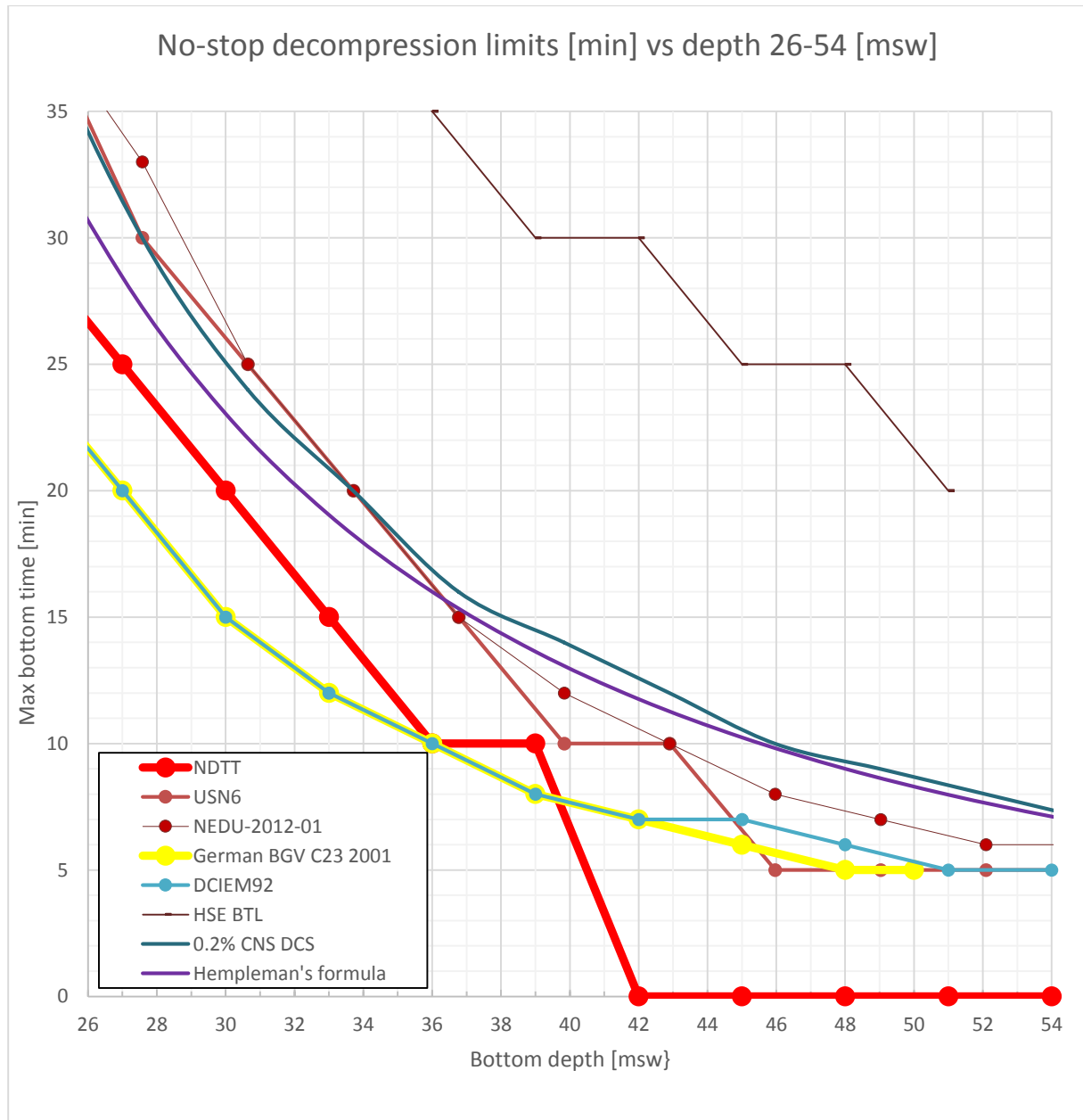
Figur 1 Maksimalt tillatte bunnstider som tillates uten å måtte ta dekompresjonsstopp, som funksjon av bunnndyp 10-20 msw. Se tekst for nærmere forklaring av hver kurve

Dette forholdet fortsetter på figur 2 helt t.o.m 33 msw.



Figur 2 Maksimalt tillatte bunntider som tillates uten å måtte ta dekompresjonsstopp, som funksjon av bunndyp, 18-36 msw. Se tekst for nærmere forklaring av hver kurve

I figur 3 ses at trenden med at de norske maksimale bunntidene ligger over de kanadiske og de tyske/franske, men under USN6s, fortsetter helt til 40 msw, med unntak at både norske, kanadiske og tyske/franske alle angir 10 min. for 36 msw. For dybdene f.o.m 42 t.o.m 54 msw skiller NDTT seg ut ved at det ikke tillates dykk uten dekompresjonsstopp overhodet, mens alle de andre tabellene tillater 5 min. eller mer.



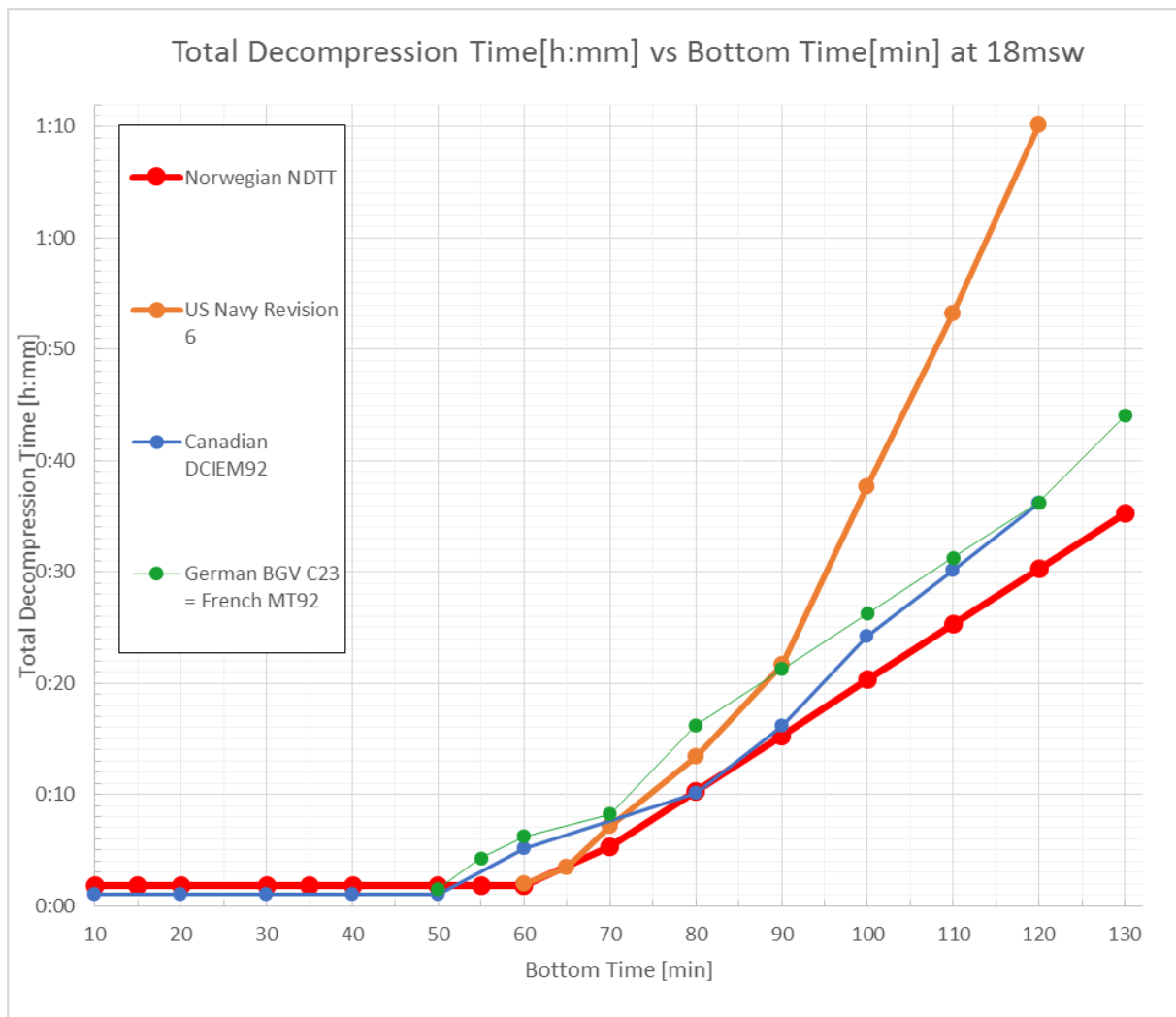
Figur 3 Maksimalt tillatte bunntider som tillates uten å måtte ta dekompresjonsstopp, som funksjon av bunndyp, 26-54 msw. Se tekst for nærmere forklaring av hver kurve

3.8 Totale dekompresjonstider for hvert bunndyp

Som nevnt ble dypene 18, 24, 30, 36 og 48 msw valgt for sammenligning av TDT. For USN6 gav dette en spesiell utfordring, fordi revisjon 6 ikke har metriske utgaver av tabellen, men bare fsw, med angitt omregningsfaktor, 3,26336 fsw/msw. Eksempelvis blir nærmeste dypere dyp enn 48 msw, 160 fsw lik 49,03 msw, og nærmeste grunnere er 150 fsw og blir 45,96 msw. I figurene 1-3 kan man se at det faktisk ikke finnes et eneste relevant dyp hvor den «amerikanske dybden» er rimelig nært de metriske. For å kunne gjøre en valid sammenligning, fant vi at det var nødvendig å interpolere mellom nærmeste dypere og nærmeste grunnere USN6 dyp og plote en vektet dekompresjonstids-verdi for hver bunndyp/BT-verdi. Eksempelvis er for 18 msw / 120 min. BT TDT grunnere dybde 55fsw(16,85msw) 49:50 min:s og dypere 60fsw(=18,39msw) 1:17:00 t:min:s og interpolert TDT blir 1:10:09 som er plottet i figur 4, sammen med de andre interpolerte og direkte avleste TDT for hver BT. Dykkeprofiler for 55, 60 fsw og for 18 msw / 120 min. er vist i figur 9.

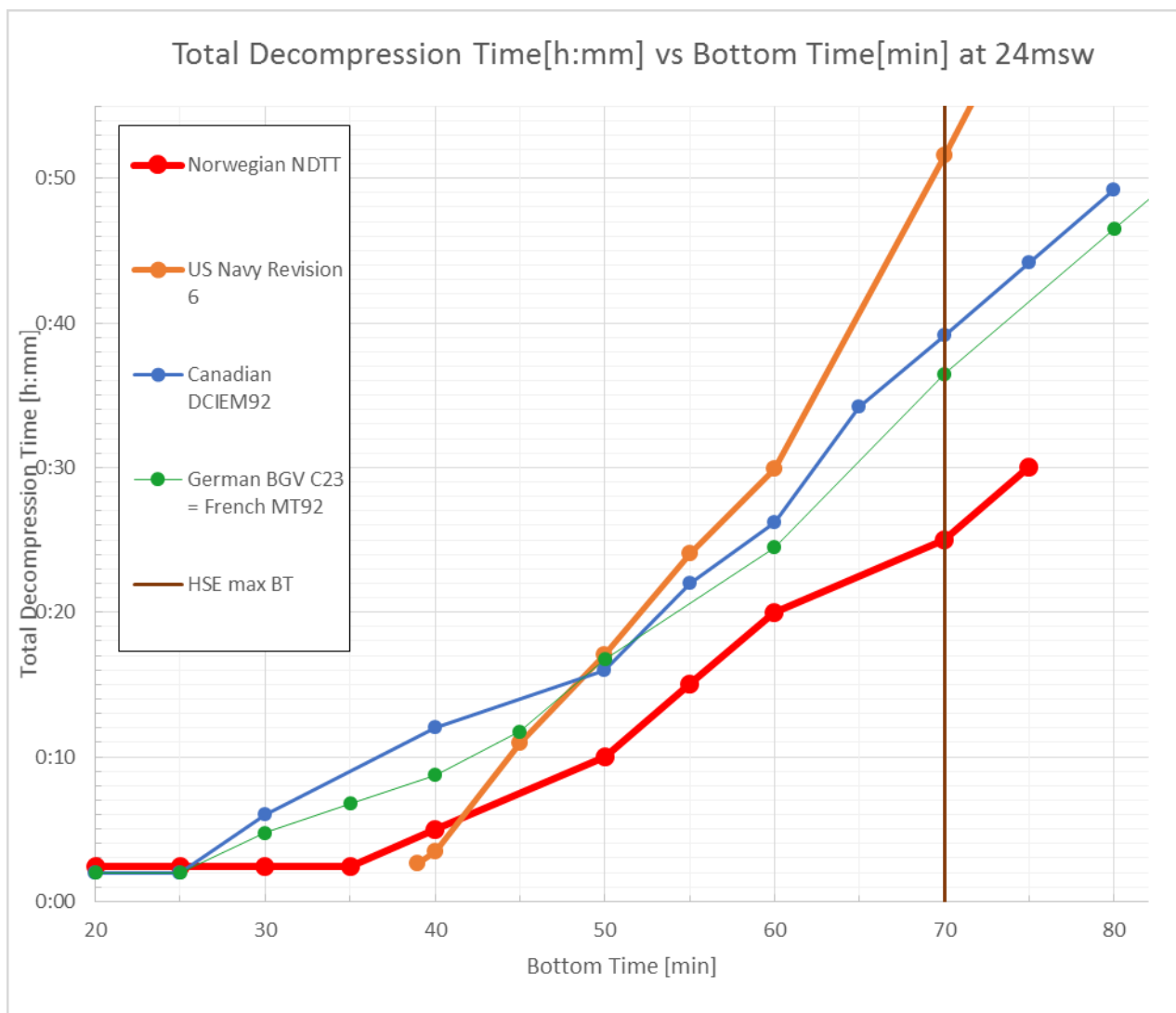
I alle figurene gjelder det at det er bare dykk (bunndyp/BT-kombinasjoner) som ikke er «eksepsjonelle», nød eller «stjernedykk» som er tatt med (franske tabeller angir ikke dette og det er de tyske angivelsene for «not» v/ «rød strek» som er fulgt). For USN6 tabellene er det bare «rene luft dykk» som er med, dvs ikke profiler som angir bruk av oksygen hverken i vannet eller kammer. Dykk hvor oksygen er anbefalt («Recommended») er tatt med, men ikke hvor det er påkrevd («Required»).

For 18 msw (figur 4) er HSE BTs-begrensning 3 timer (180 min.) og altså «langt til høyre» på x-aksen i forhold til alle relevante BTer og derfor ikke vist. I figurene 5-8 er HSE BTs-begrensning vist som en vertikal brun strek.



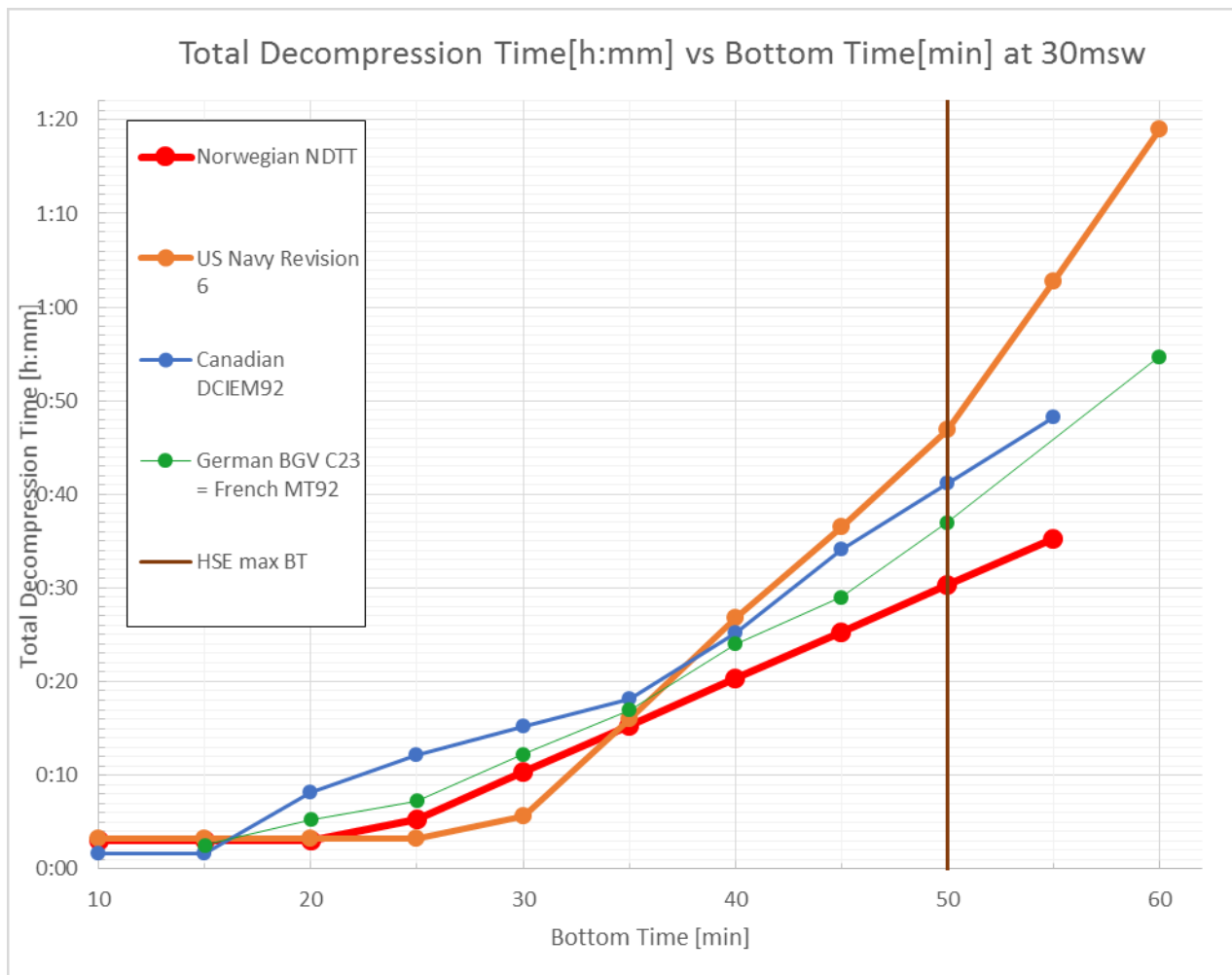
Figur 4 Totale dekompresjonstider for 18 msw (US Navy verdier interpolert mellom 55 og 60 fsw) bunndyp. Se tekst for utdypende forklaringer

Figur 5 viser totale dekompresjonstider for 24 msw bunndyp. Den brutte lysebrune streken skal vise at US Navy tabell har punkt utenfor aksene, nærmere bestemt 1:14:04 TDT for 80 min. BT, og tilsvarende 0:56:30 for 90 min. BT for tyske tabeller.



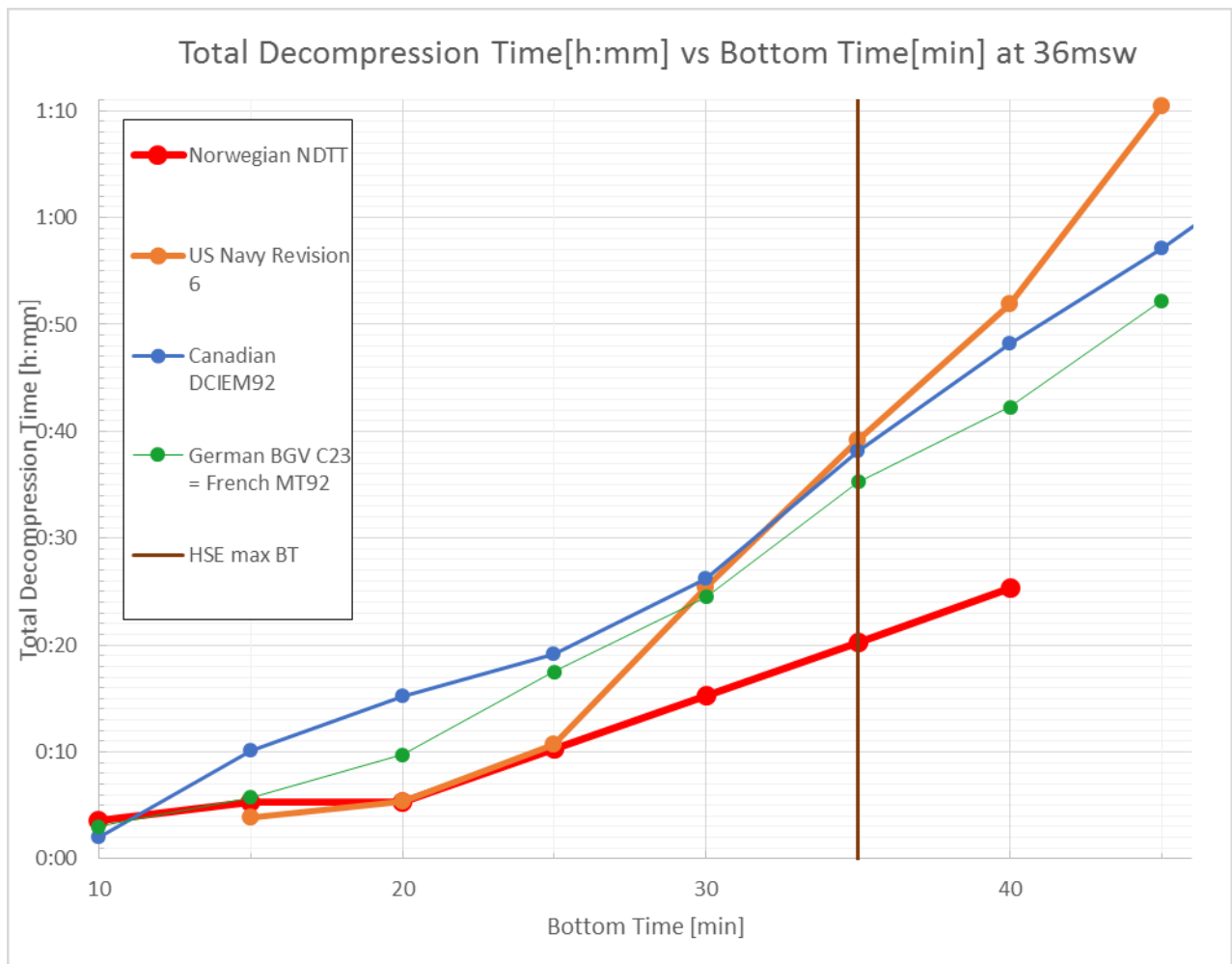
Figur 5 Totale dekompresjonstider for 24 msw (US Navy verdier interpolert mellom 70 og 80 fsw) bunndyp. Se tekst for utdypende forklaringer

Figur 6 viser totale dekompresjonstider for 30 msw bunndyp.



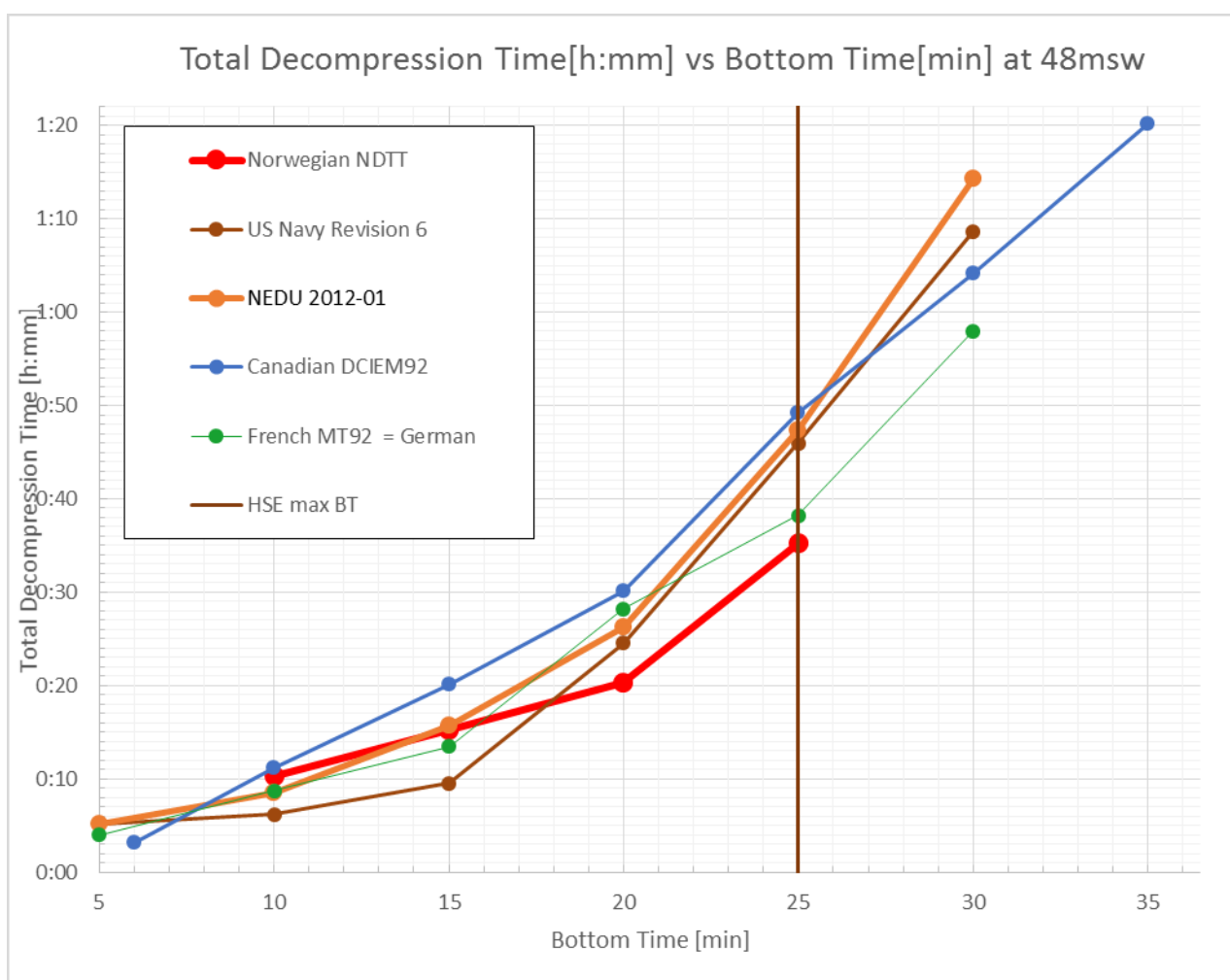
Figur 6 Totale dekompresjonstider for 30 msw (US Navy verdier interpolert mellom 90 og 100 fsw) bunndyp. Se tekst for utdypende forklaringer

Figur 7 viser totale dekompresjonstider for 36 msw bunndyp. Den brutte lyseblå streken skal vise at de kanadiske tabellene har punkt utenfor aksene, nærmere bestemt 1:07:10 TDT for 50 min. BT. Det skal også nevnes at som for 150 og 160 fsw (se figur 8) angir NEDU-rapport 2012-01 (Gerth og Doolette, 2012) også for 110 og 120 fsw anbefaling om endring av TDT. Men her er det så små endringer at de ikke er funnet verdt å plotte (maksimal interpolert endring +90s for 20 min. BT og -15s for 40 min. BT).



Figur 7 Totale dekompresjonstider for 36 msw (US Navy verdier interpolert mellom 110 og 120 fsw) bunndyp. Se tekst for utdypende forklaringer

Figur 8 viser totale dekompresjonstider for 48 msw bunndyp. De mørke og lyse brune linjene med sirkler skal vise at for 150 og 160 fsw angir NEDU-rapport 2012-01 (Gerth og Doolette, 2012) anbefaling om tillegg i TDT for alle unntatt korteste (5 min.) BT ved neste revisjon (7) av USN manual. Størst forskjell er +6:40 for 160 fsw/15min. (I NEDU-rapportens figur 13 og 14 er dette vist som 7 min., fordi dette angir endring i stopptid og når det er forskjellig antall stopp blir forskjellen mindre, fordi «reisetid» mellom stoppene er inkludert i stopptiden.) Når dette interpoleres med +5:00 for 150 fsw/15min. gir det +6:06 for 48msw, som vist i plott. Legg merke til at dette punktet legger seg midt på NDTT-kurven. For 120 fsw er største forskjell +2:00 (BT 20 min.). Interpolert til 36msw gir det +1:30. Kuriøst kan bemerkes at selv om samlet stopptid for 120fsw/40min. ikke blir endret med ny algoritme, så vil det at det innføres stopptid på 30fsw gjøre at samlet oppstigningstid (TDT) blir 15 s kortere (altså -0:15). Disse beskjedne endringene for 36 msw er ikke verdig et eget plott (figur 7). For «våre» resterende dyp, 100 fsw og grunnere (figur 4-6), anbefaler ikke NEDU 2012-01 endringer.



Figur 8 Totale dekompresjonstider for 48 msw (US Navy verdier interpolert mellom 150 og 160 fsw) bunndyp. Se tekst for utdypende forklaringer

Hovedtendensen er at de norske tabellene tillater betydelig kortere dekompresjonstider enn alle de andre tabellene det er sammenlignet med. Unntakene for dette er få og små og for det meste begrenset til de korteste BT. For BT i nærheten av HSE BTL er dekompresjonstidene fra norske tabeller for det meste betydelig kortere enn de andre tabellene og forskjellene til USN6 er særlig markante.

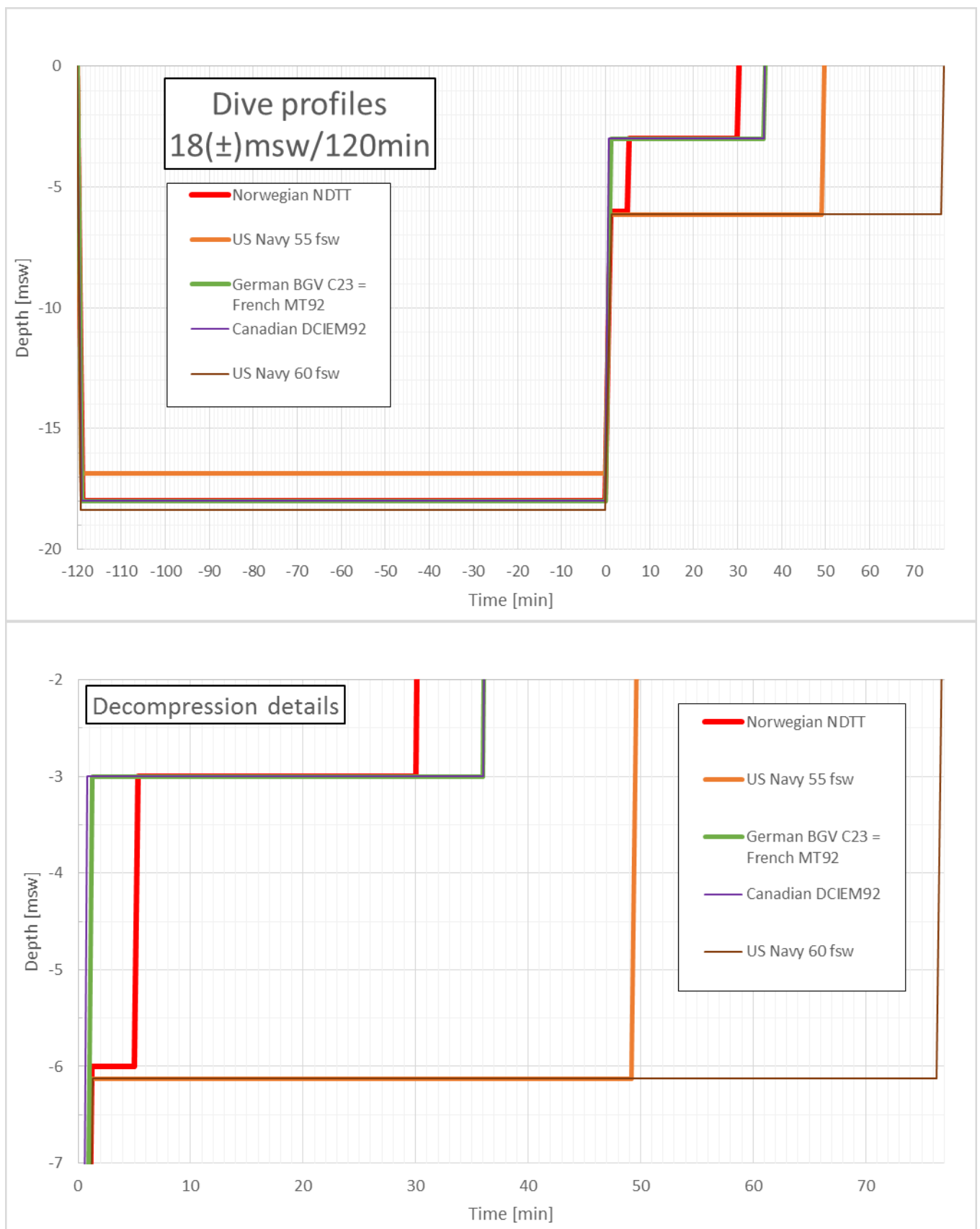
3.9 Komplette dykkeprofiler

For å illustrere hvordan hele dykk med kompresjon, bunnfase og dekompresjon kan se ut, er såkalte «firkant-dykk» hvor bunn-tid og -dyp er kjørt helt til kanten av det hver av tabellene tillater, plottet i figurene 9-13. Det er valgt ut en BT for hver av de valgte bunn-dypene. For USN6 er både nærmeste grunnere og dypere dyp, omregnet fra fsw til msw, plottet.

Da selve ned- og opp-stigningene tar svært kort tid i forhold til hele dykket, er det ikke lett å skjelne forskjeller i hastighetene. Både USN6 og DCIEM angir klart maksimale ned- og oppstigningshastigheter. BGV C23 angir maksimal oppstigningshastighet 10 msw/min., men ikke nedstigningshastighet. MT92 angir oppstigningshastighet mellom 9 og 15 msw/min. (Technip setter optimalt 12 msw/min.), og nedstigningshastighet mindre enn 30 msw/min. De norske tabellene angir maksimal oppstigningshastighet, men ikke nedstigningshastighet. Der har vi valgt en som tradisjonelt har vært brukt ved dype kammerluftdykk i norske marinen. De benyttete hastighetene er vist i tabellen under.

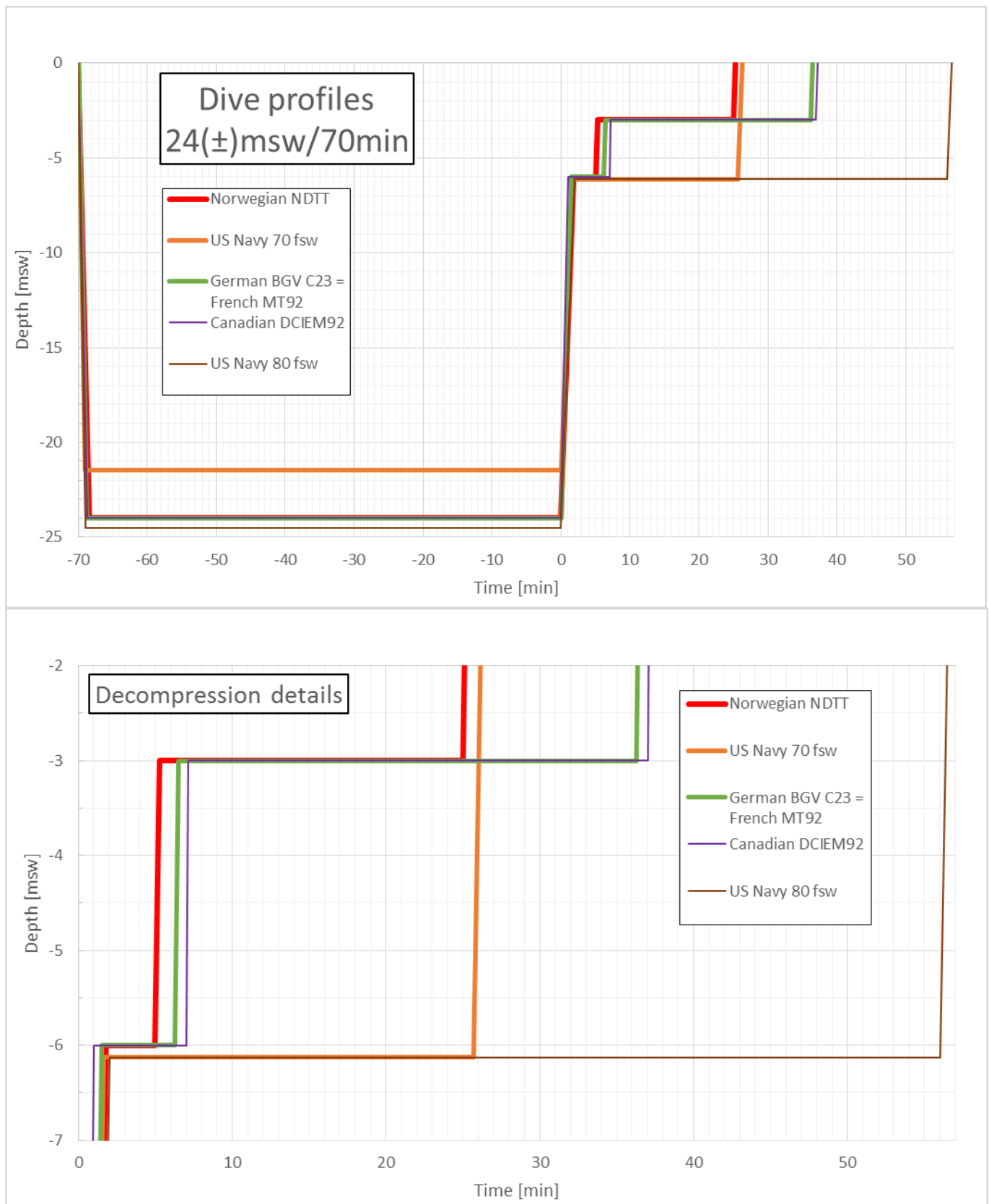
	Nedstigningshastighet [msw/min.]	Oppstigningshastighet [msw/min.]
NDTT	15	10
USN6	22,98	9,193
DCIEM-92	18	18
BGV C23 / MT92	18	12

Figur 9 viser dykkeprofiler for 55 fsw, 60 fsw og 18 msw bunndyp med 120 min. bunntid.



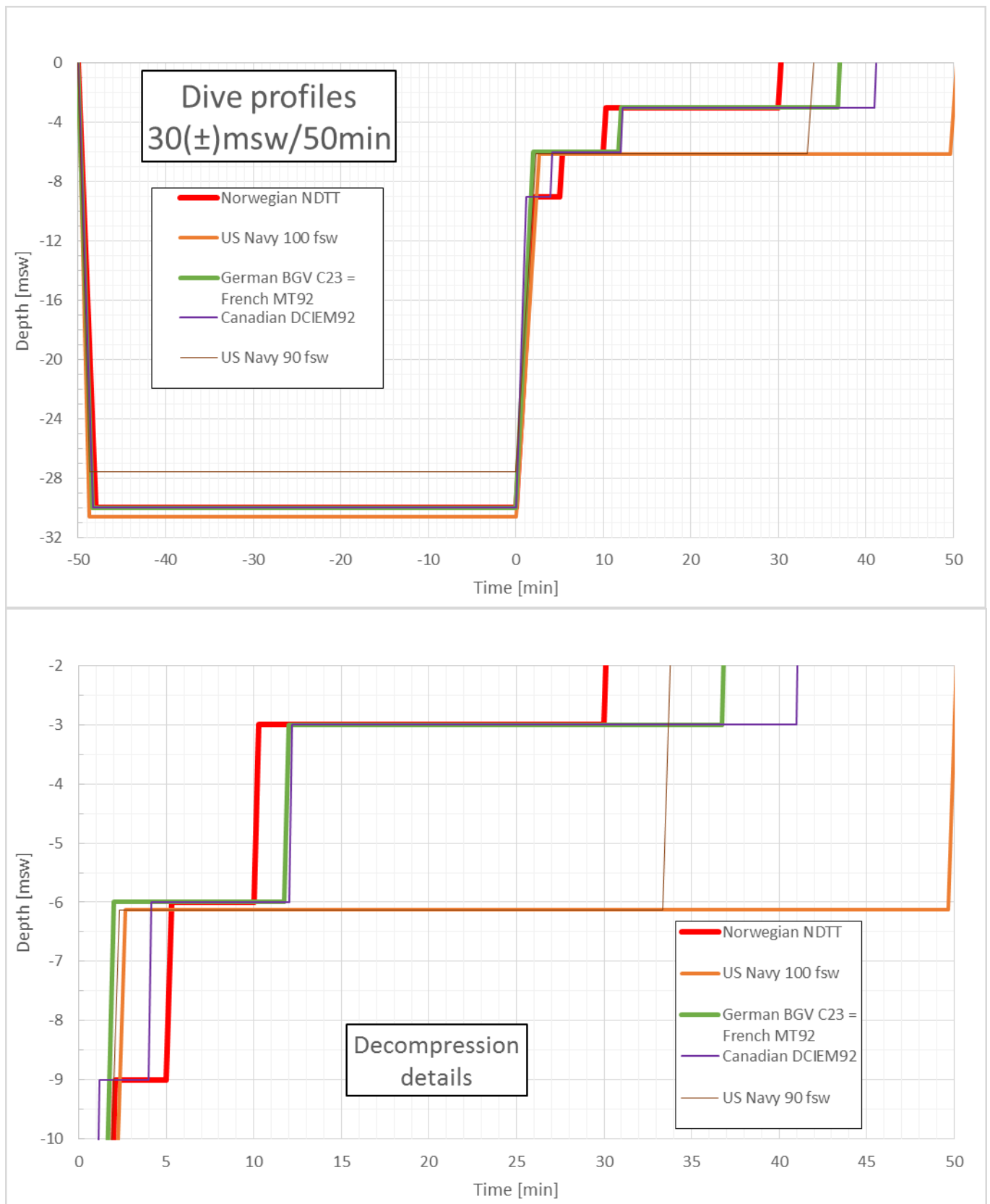
Figur 9a&b Dykkeprofiler for 55 fsw, 60 fsw og 18 msw bunndyp, 120 min. bunntid. I nederste panel er detaljer for slutten av dekompresjonen blåst opp.

Figur 10 viser dykkeprofiler for 70 fsw, 80 fsw og 24 msw bunndyp med 70 min. bunntid.



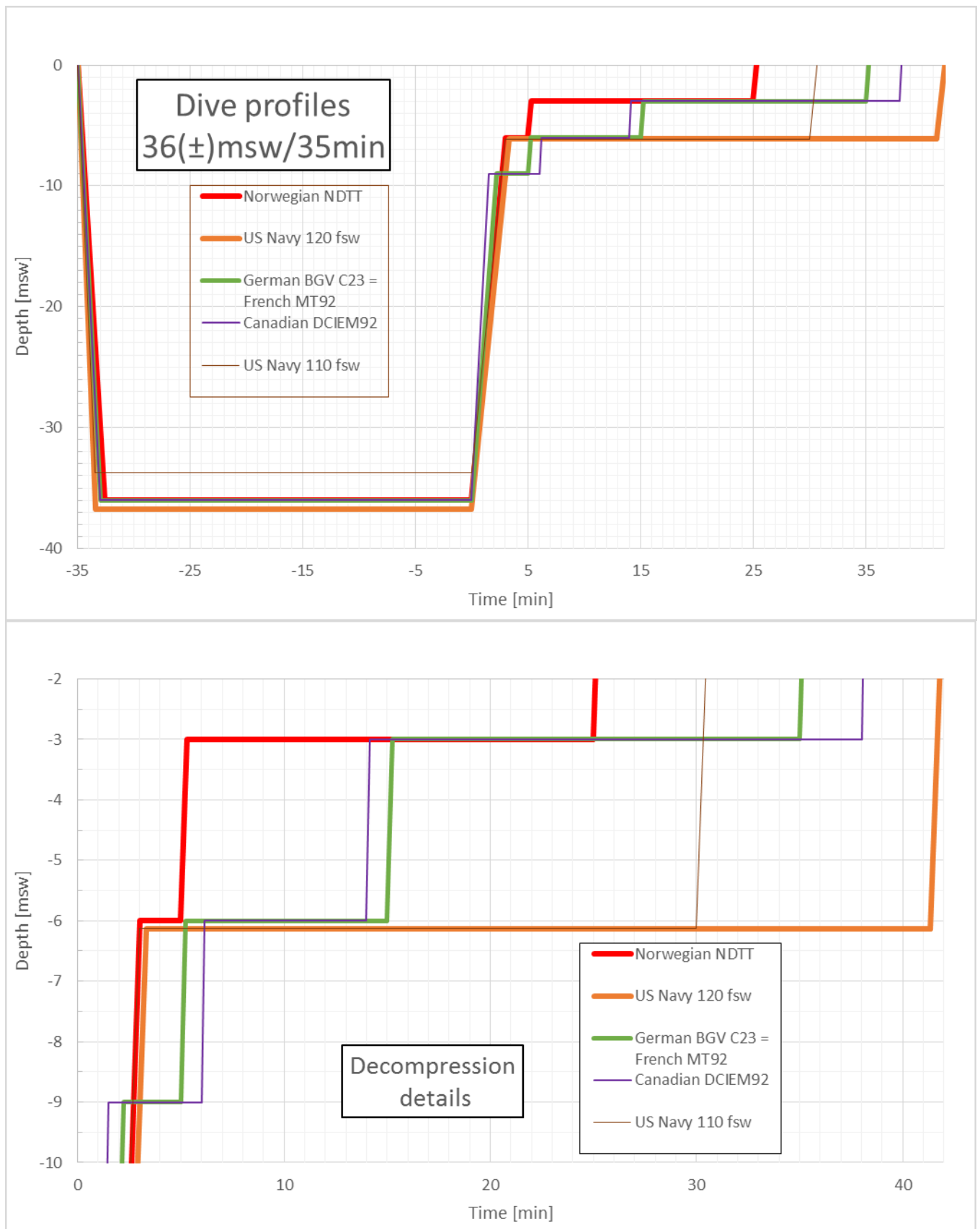
Figur 10a&b Dykkeprofiler for 70 fsw, 80 fsw og 24 msw bunndyp, 70 min. bunntid. I nederste panel er detaljer for slutten av dekompresjonen blåst opp

Figur 11 viser dykkeprofiler for 90 fsw, 100 fsw og 30 msw bunndyp med 50 min. bunntid.



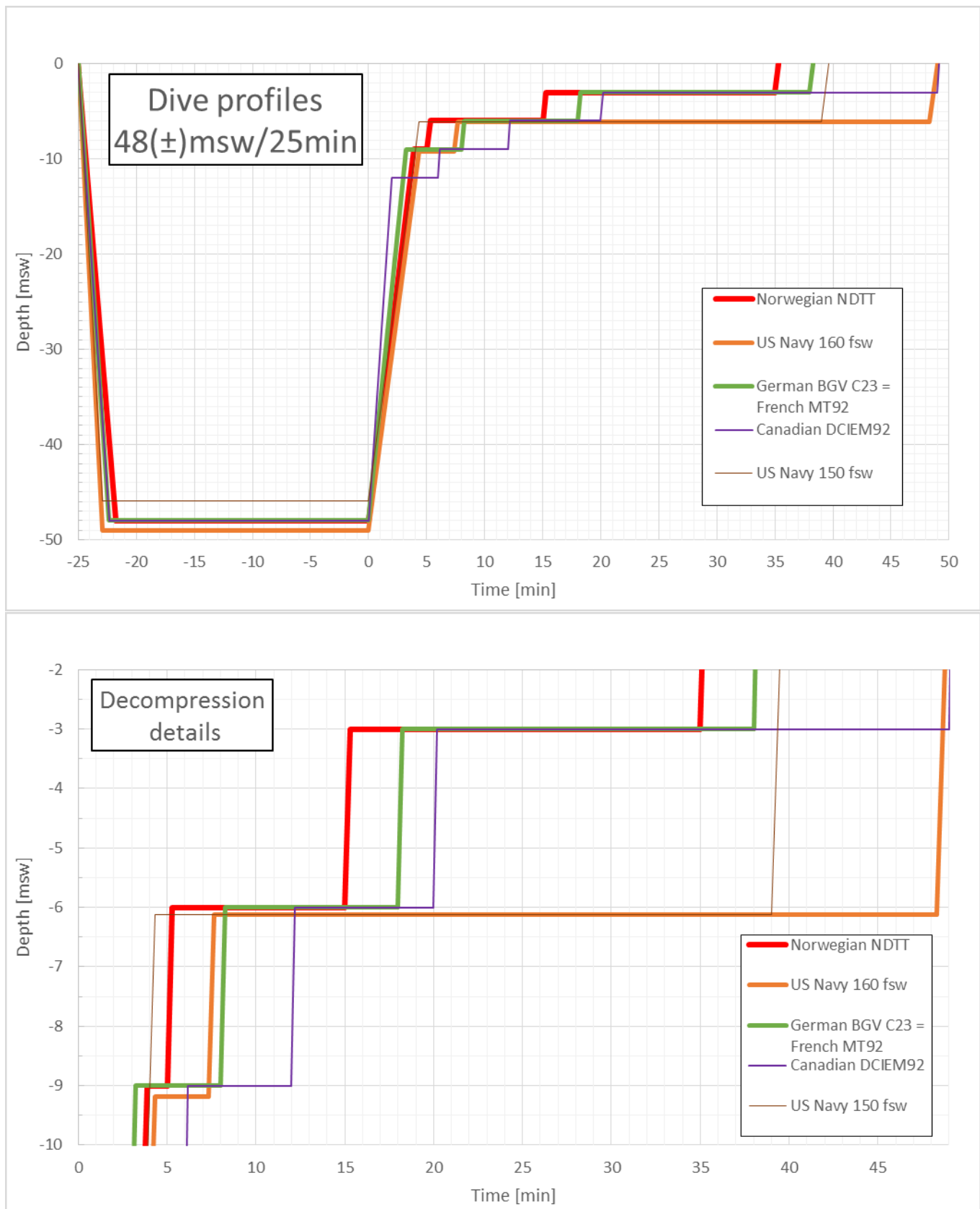
Figur 11a&b Dykkeprofiler for 90 fsw, 100 fsw og 30 msw bunndyp,, 50 min. bunntid. I nederste panel er detaljer for slutten av dekompresjonen blåst opp.

Figur 12 viser dykkeprofiler for 110 fsw, 120 fsw og 36 msw bunndyp med 35 min. bunntid.



Figur 12a&b Dykkeprofiler for 110 fsw, 120 fsw og 36 msw bunndyp, 35 min. bunntid. I nederste panel er detaljer for slutten av dekompresjonen blåst opp.

Figur 13 viser dykkeprofiler for 150 fsw, 160 fsw og 48 msw bunndyp med 25 min. bunntid.



Figur 13a&b Dykkeprofiler for 150 fsw, 160 fsw og 48 msw bunndyp, 25 min. bunntid. I nederste panel er detaljer for slutten av dekompresjonen blåst opp.

3.10 Risikofaktorer

NDTT har anbefalinger (ikke krav) om at det skal velges lenger bunntid ved kjente risikofaktorer som høy fysisk aktivitet, frysing under dekompresjonen, overvekt, høy alder (over 40 år) og dårlig fysisk form.

BGV C23 og MT92 har lignende formuleringer.

DCIEM-92 angir ikke noe om dette.

Men USN6 har motsatt filosofi. Der står at tabellene er designet for å gi trygg dekompresjon også ved hardt arbeid og eksepsjonell kulde.

3.11 Nitrox, PO₂

DCIEM-92 og BGV C23 er lufttabeller (dog med mulighet for rent oksygen under selve dekompresjonen), men sier ingenting om nitrox under BT. Men både MT92, USN6 og NDTT angir bruk av prinsippet om ekvivalent luftdyp (ELD) «Equivalent air depth (EAD)».

Grensene for PO₂ er dog noe forskjellig.

4 REFERANSER

- Arntzen, A. and Eidsvik, S. (1980) Modified air and nitrox diving and treatment tables, Bergen: Norwegian Underwater Institute. NUI 30-80.
- Doolette, D. J. (2003) 'Health outcome following multi-day occupational air diving', Undersea Hyperb Med, 30(2), pp. 127-34.
- Forster, W. (2001) 'German Experience'. Undersea Medical Society Workshop. First International Arthur Bomstein Workshop on Medical Aspects of Deep Tunneling and Diving. Fortynith Workshop of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Hamburg, Germany, 1998.05.01-2. Pinneberg, Germany: Hyperbaric Training Center Deutschland e.V., Hamburg, Germany.
- Gerth, W. A. and Doolette, D. J. (2007) VVal-18 and VVal-18M Thalmann algorithm air decompression tables and procedures, Panama City, FL: US Navy Experimental Diving Unit. NEDU TR 07-09.
- Gerth, W. A. and Doolette, D. J. (2009) Schedules in the integrated air decompression table of U.S. Navy Diving Manual, Revision 6: Computation and estimated risks of decompression sickness, Panama City, FL: US Navy Experimental Diving Unit. NEDU TR 09-05.
- Gerth, W. A. and Doolette, D. J. (2012) VVal-79 Maximum permissible tissue tension table for Thalmann algorithm support of air diving, Panama City, FL: US Navy Experimental Diving Unit. NEDU TR 12-01.
- Hempleman, H. V. (1982) History of evolution of decompression procedures. The physiology and medicine of diving 3rd edn. London: Baillière Tindall, p. 319-351.
- Nishi, R. Y. and Lauckner, G. R. (1984) Development of the DCIEM 1983 decompression model for compressed air diving, Downsview, Ontario, Canada: Defence and Civil Institute of Environmental Medicine. DCIEM No. 84-R-44.
- Stubbs, R. A. and Kidd, D. J. (1965) Control of decompression by analogue computer, Toronto, Canada: Canadian Forces Medical service, Institute of Aviation Medicine. Report No. 65-RD-8.
- Van Liew, H. D. and Flynn, E. T. (2005) 'Decompression tables and dive-outcome data: graphical analysis', Undersea Hyperb Med, 32(4), pp. 187-98.