

# *DEEP STOPS*

להבין לעומק את נושא  
החניות העמוקות

שלומי פלניצקי

# חניות עמוקות - רקע

הראשון שפרסם את נושא החניות העמוקות היה דווקא צולל חסר רקע בנושא הדקומפרסיה, ריצ'רד פייל, ביולוג ימי שנהג לאסוף דוגמאות של בעלי חיים בעומק רב. פייל שם לב לעובדה שמצלילות מסוימות הוא יוצא מותש ועייף ומאחרות רענן.

כאשר התחיל לחקור את התופעה הוא שם לב שדווקא בצלילות בהן אסף דגים סיים את הצלילה פחות עייף ועם תחושה גופנית הרבה יותר טובה מאשר בצלילות בהן לא הצליח לאסוף דגים. עובדה זו נראתה לו מוזרה כיוון שדווקא בצלילות המוצלחות הוא נדרש ליותר מאמץ.

כאשר התחיל לנתח את ההבדלים בין הצלילות הוא שם לב לעובדה שכאשר תפס דגים נאלץ לבצע עצירות עמוקות יותר מהעצירה שהופיעה בטבלאות הדקומפרסיה.

# חניות עמוקות – רקע

לדגים יש מעין "שקיק שחיה" (המשמש להם כ"מאזן ציפה"). כאשר אסף פייל דגים מעומק של 60 מטר ברגע שהיה מעלה אותם לגובה פני המים שקיק הציפה היה גדל פי 7 מנפחו והורג את הדג. לכן, בכדי לשמור על הדג חי היה פייל עוצר במהלך העלייה ומנקז את האוויר מהשקיק בעזרת מחט עדינה. עצירות אלו היו הרבה יותר עמוקות מהעצירה הראשונה שדרשה טבלת הצלילה: אם למשל הצלילה הייתה לעומק של 60 מטר, העצירה הראשונה הייתה אמורה להתבצע בסביבות ה-15 מטר, אך העומק בו נאלץ פייל לעצור עבור הדג היה בסביבות ה-40 מטר למשך 2-3 דקות.

# חניות עמוקות – רקע

פייל חקר את התופעה ומצא סימוכין רבים, חלקם מדעיים, אשר תמכו בממצאים האישיים שלו. לאור זאת פרסם את מאמרו

The Importance of Deep Safety Stops :

Rethinking Ascent Patterns From Decompression Dives

אותו ניתן לקרוא בקישור הנ"ל, שם גם ניתנת שיטה לחישוב העצירה העמוקה הראשונה.

כאן בעצם טמונה הבעיה שלנו, באיזה עומק לבצע את החנייה הראשונה? שכן אנו יודעים שהרקמות בעלות זמני המחצית הארוכים יותר - הרקמות האיטיות, סופחות חנקן (או הליום) גם בעליה. לכן לפני שנשתמש בשיטה של פייל עדיף שנלמד קצת יותר לעומק את הנושא.

# ריצ'רד פייל



# גרף הלחצים - רקע

- בכדי להבין טוב יותר את הנושא נשתמש בגרף לחצים בו נראה כיצד מתנהגת כל אחת מהרקמות ההיפותטיות שלנו בזמן צלילה. אך לפני שנגיע לגרף הלחצים מעט רקע לגבי ספיחת הגזים:
- הגוף כולו סופח חנקן (או הליום) בזמן הצלילה (תחת לחץ) כאשר חלק מהרקמות בגוף סופחות גזים מהר יותר מאחרות.
- חוקרים רבים מעדיפים להשתמש במושג "תא" (Compartment) במקום "רקמה" (Tissue) אך שני המושגים משמשים לתיאור אותו הדבר ובסך הכל מדובר על דקויות מקצועיות בלבד.
- מבחינה אנטומית קיימות בגוף ארבע סוגי רקמות עיקריות: שרירים, עצמות, שומן ועצבים. גוף האדם כולו מורכב מצירוף רקמות אלו באחוזים משתנים.

# גרף הלהצעים - רקע

- לשם חישובי דקומפרסיה הגוף מחולק למספר מסוים של תאי רקמות תאורטיים כאשר מספר הרקמות הנלקחות בחשבון תלוי במודל הדקומפרסיה המדויק, או יותר נכון בחוקר שתכנן את המודל.
- כל אחת מהרקמות קולטת ופולטת את הגזים בזמנים שונים על פי זמני מחצית שונים.
- M-Values : כמות (מתח) הגז האינרטי המרבי שיכולה רקמה היפותטית לספוג מבלי לקבל מחלת דקומפרסיה.

# גרף הלחצים - רקע

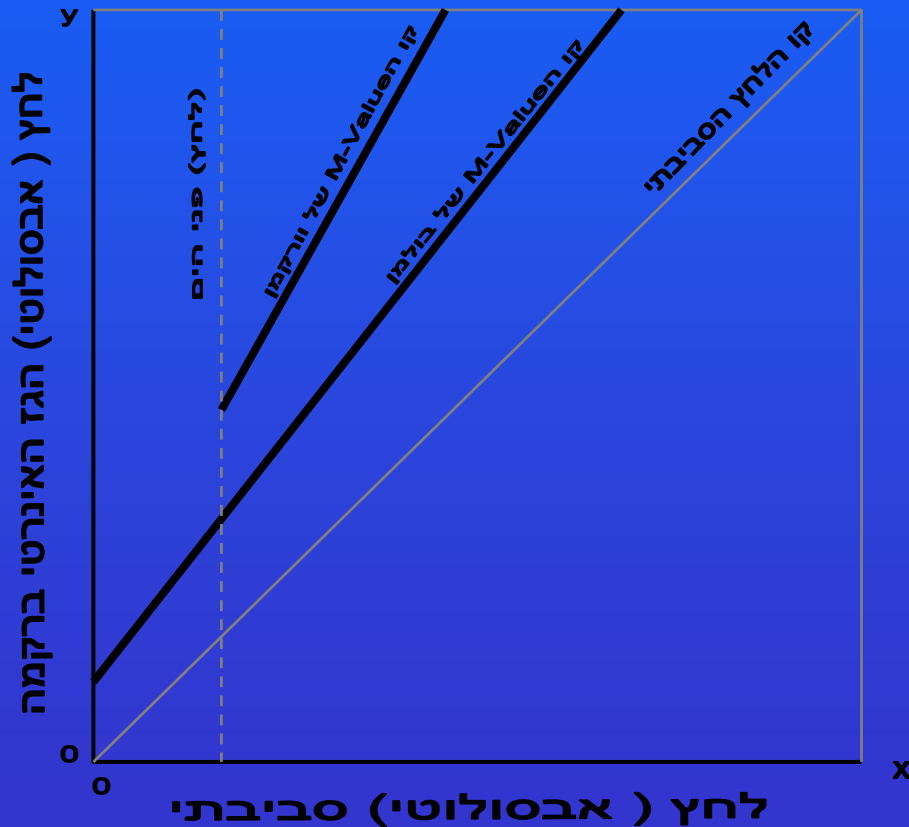
- ה M-Values הינם לחצים ולכן משתמשים בחישובים ביחידות של לחץ. לשם נוחות משתמשים ביחידות עומק (מטרים או רגל) שמייצגות לחץ עומק ( 10 מטר = 1 אטמ").
- רקמות מהירות מסוגלות "לסבול" מתחים גבוהים יותר של לחץ מאשר רקמות איטיות מבלי שיופיעו סימנים של מחלת הדקומפרסיה ולכן יש להן ערכי מתח (M-Values) גבוהים יותר.
- לרקמות שונות קיים M-Values לעומקים שונים, כאשר הערכים משתנים בצורה ליניארית בהתאם לעומק (לחץ).



# גרף הלחצים -רקע

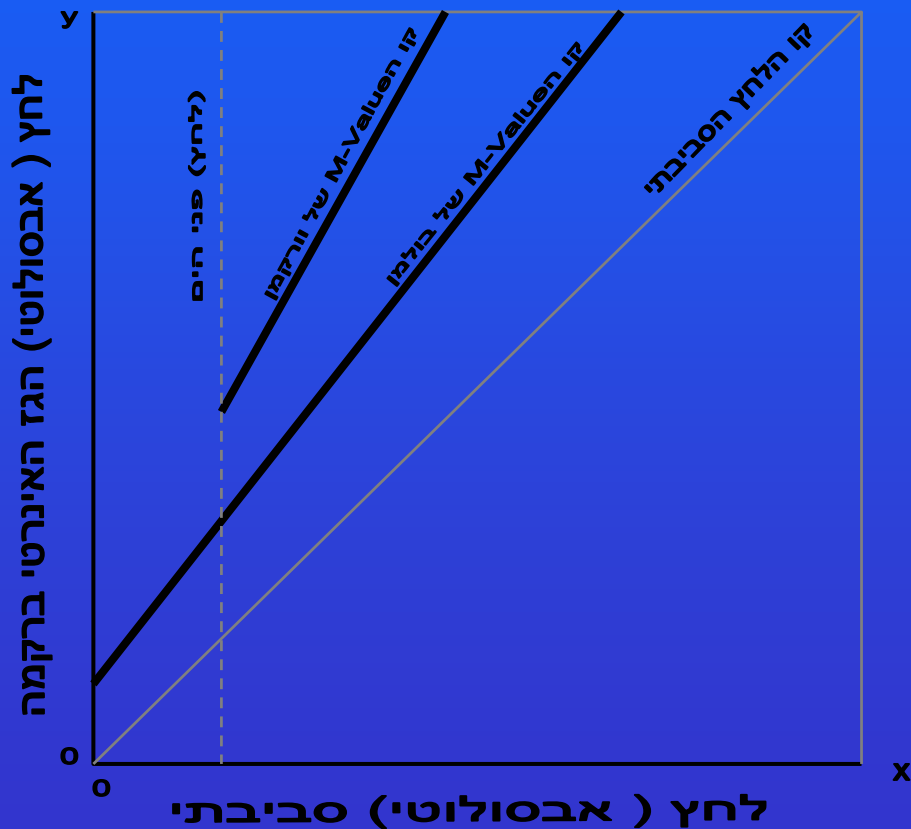
- כאשר הציג וורקמן את רעיון M-Values בשנת 1965 הוא יצא מנקודת הנחה שהגז האינרטי ברקמת הצולל לא יהפוך מתמיסה לבועה כל עוד לא תהיה חריגה מהערכים. מאז, עם התפתחות טכנולוגית האולטרה סאונד נעשה שימוש נרחב בכל העולם במכשיר דופלר בחקר הדקומפרסיה. תוצאת מחקר זה הוכיחו מעל לכל ספק שבגוף הצולל קיימות בועיות במהלך הצלילה ואחריה גם אם הצולל לא נפגע ממחלת הדקומפרסיה. תופעה זו, אשר זכתה לכינוי "בועיות שקטות", קיבלה הכרה מלאה במחקר הדקומפרסיה אך המכניזם של היווצרות וגדילת בועיות בגוף האדם עדיין לא ברור דיו.
- אז בואו נראה כיצד כל זה נראה על גרף לחצים - הלכה למעשה:

# גרף הלחצים - צירי הגרף



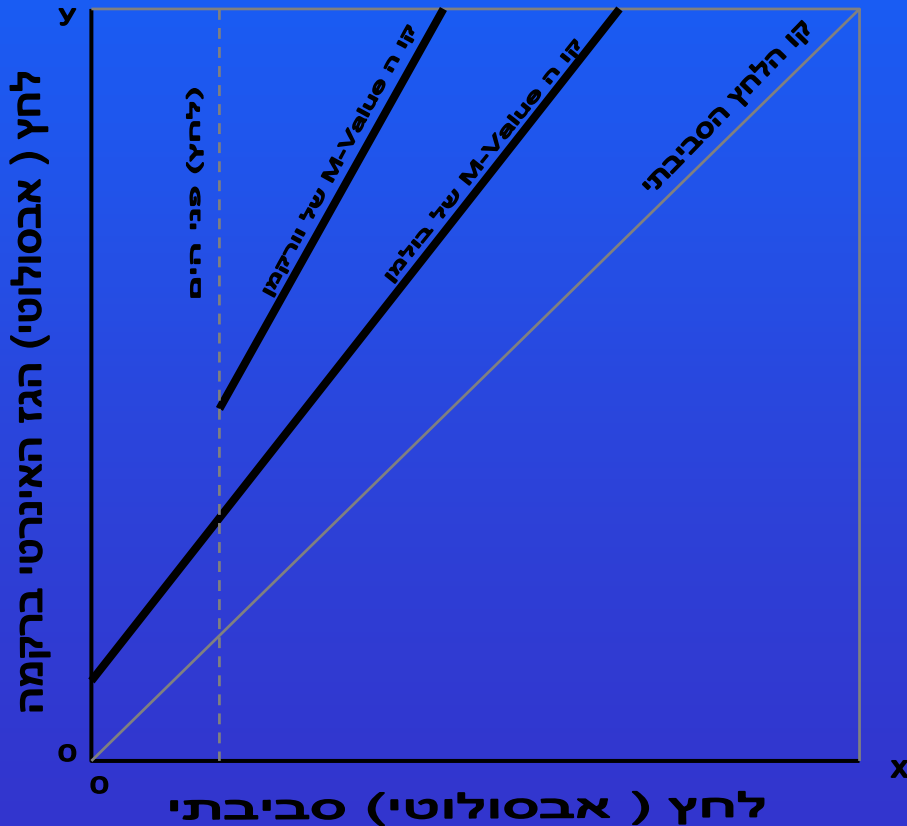
- ציר  $Y$  מתאר את הלחץ של הגז האינרטי ברקמה.
- ציר  $X$  מתאר את הלחץ הסביבתי של הצולל בכל נקודת זמן כאשר ה  $X$  מייצג את העומק המרבי אליו הגיע הצולל תוך התקדמות שמאלה על ציר ה  $x$  עד ללחץ (אבסולוטי) 0.
- הקו האנכי המקווקו מסמן את פני הים - לחץ מד עומק 0 (1 אטמ' אבסולוטי או 14.7 PSI)

# גרף הלחצים - לחץ סביבתי



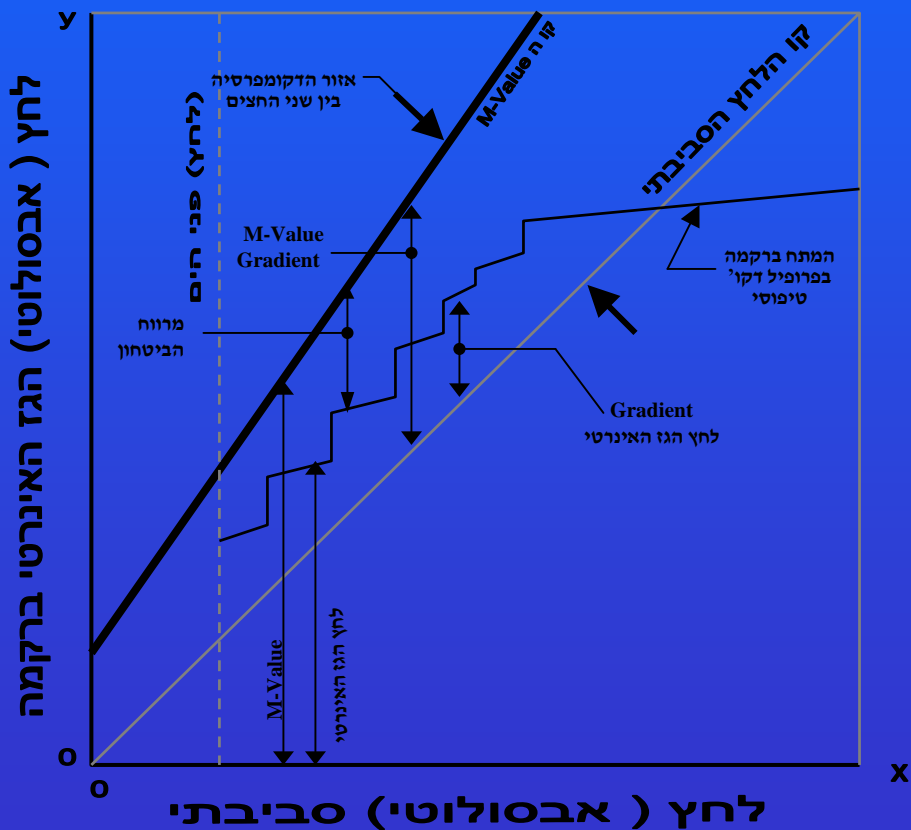
- קו הלחץ הסביבתי היינו קו יחוס חשוב ביותר בגרף הלחצים. קו זה הוא בעצם אוסף של נקודות בהן יגיע מתח (עומס) הגז ברקמה לשוויון עם הלחץ הסביבתי.
- קו ה M-Values של וורקמן יוצא מלחץ סביבתי של 1 אטמ' (פני הים) לעומתו הקו של בולמן יוצא מלחץ סביבתי 0.
- הסיבה לכך נעוצה בעובדה שוורקמן ערך ניסויים עבור הצי האמריקאי שצלילותיו נערכו בים

# גרף הלהצעים - קו ה M-Value



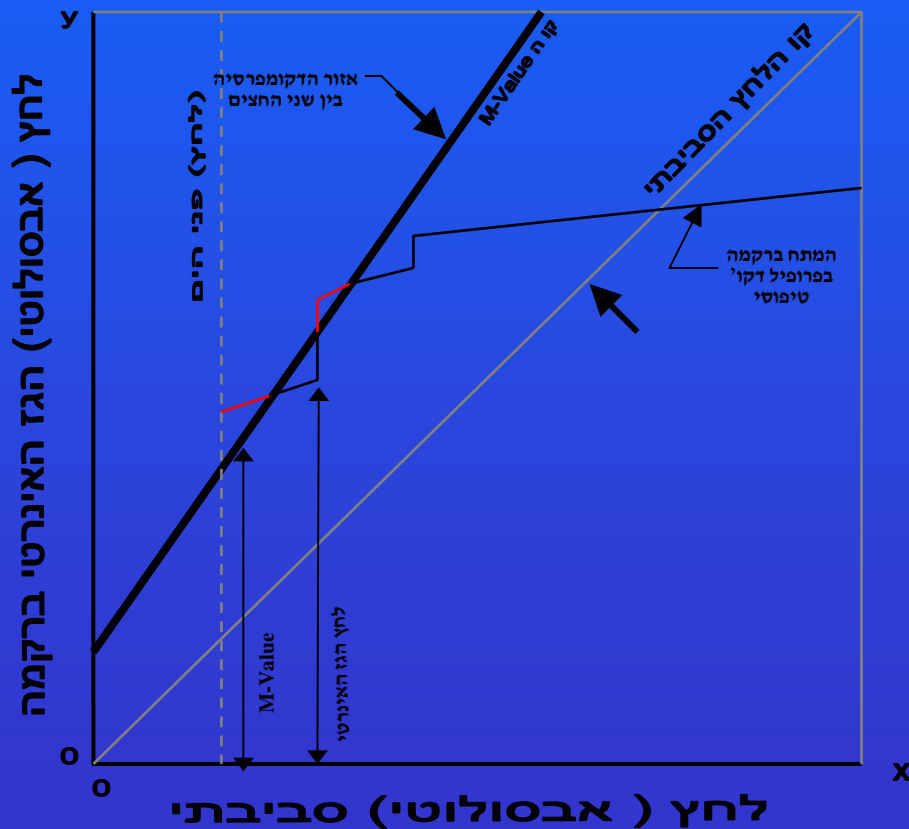
- לעומתו בולמן, שערך ניסויים בשוויץ, לקח בחשבון צלילה באגמים אשר נמצאים בגובה רב בהרי שוויץ.
- אפשר לראות שערכי ה M-Values של בולמן שמרניים יותר מערכיו של וורקמן - תוצאה של מעקב אחר כמות וגודל של בועיות שקטות בעזרת מכשיר אולטרה סאונד (דופלר) במהלך השנים.
- לאחר שהבנו את הגרף נמשיך ונראה כיצד מתנהגת רקמה היפותטית בתוך הגרף.

# גרף הלהצים - מתח רקמה

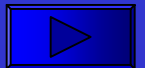


- הקו המדורג מייצג את המתח (הלחץ) ברקמה היפותטית. המדרגות הינן תוצאה של עצירות דקומפרסיה.
- קו המתח ברקמה יוצא מהנקודה שבא מתחילה העלייה של הצולל לעבר פני המים, אפשר לראות שקו המתח יורד עם הזמן מתוך שאיפה להגיע לשוויון עם הלחץ הסביבתי (ביחס לקו הלחץ הסביבתי).
- אפשר לראות שהירידה המדורגת במתח הרקמה נעשה בתוך אזור הדקומפרסיה.

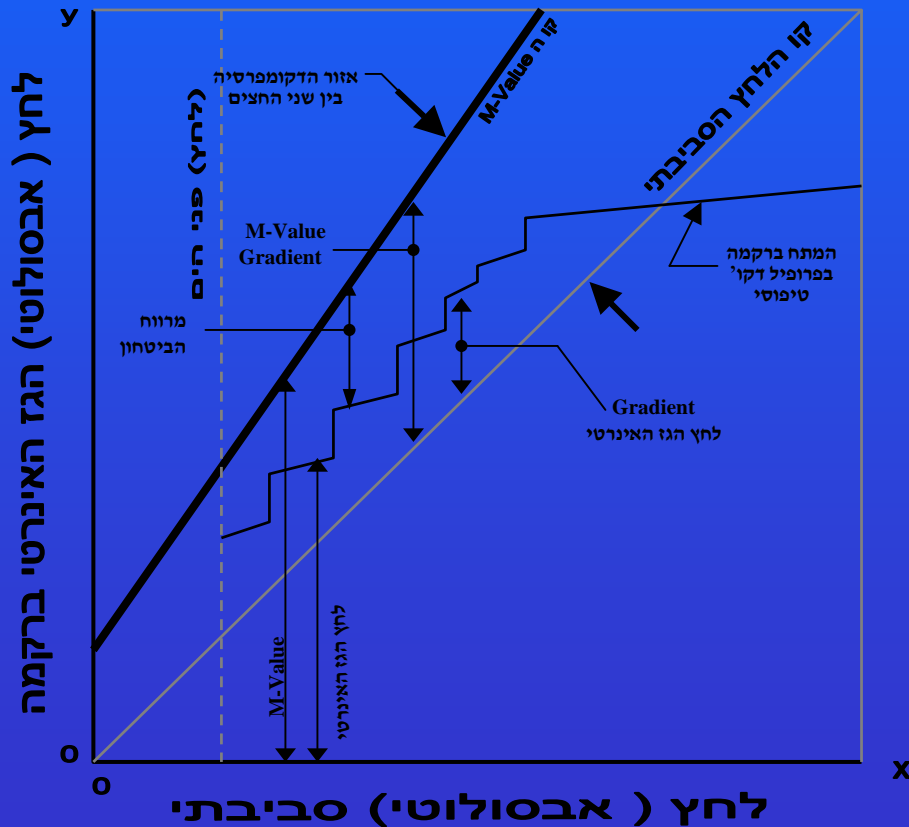
# גרף הלהצעים - חריגה מה M-Value



- במידה וקו המתח יחצה את קו ה-MV יופיעו אצל הצולל סימני מחלת הדקומפרסיה בסבירות גבוהה מאד.



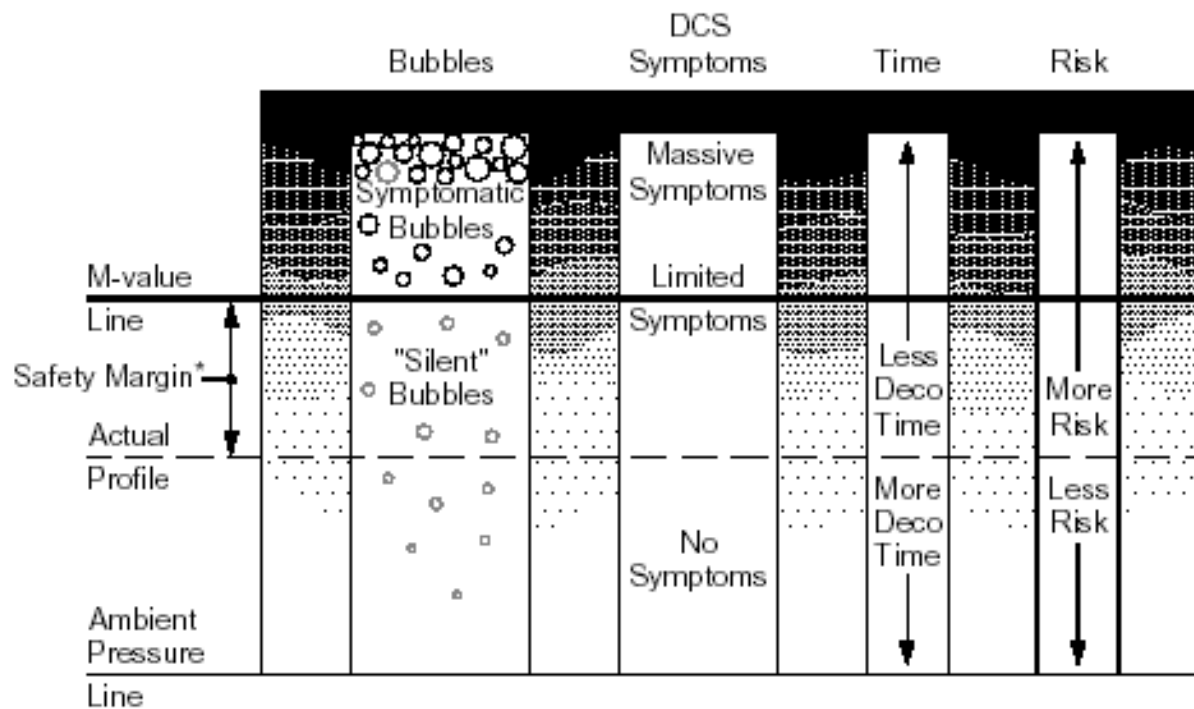
# גרף הלהצעים - מרווח הבטיחות



- מרווח הבטיחות הנו האזור שבין קו ה M-Values וקו המתח ברקמה. ע"י שליטה על גודל מרווח הבטיחות אנו שולטים על שמרנות הפרופיל.
- מרווח הבטיחות הוא אזור "אפור" אשר תלוי במשתנים רבים כגון: מצבו הכללי של הצולל, מצבו הפיזי לפני הצלילה, עומק וזמן התחתית של הצלילה, מאמץ ועוד.

# מרווח הבטיחות

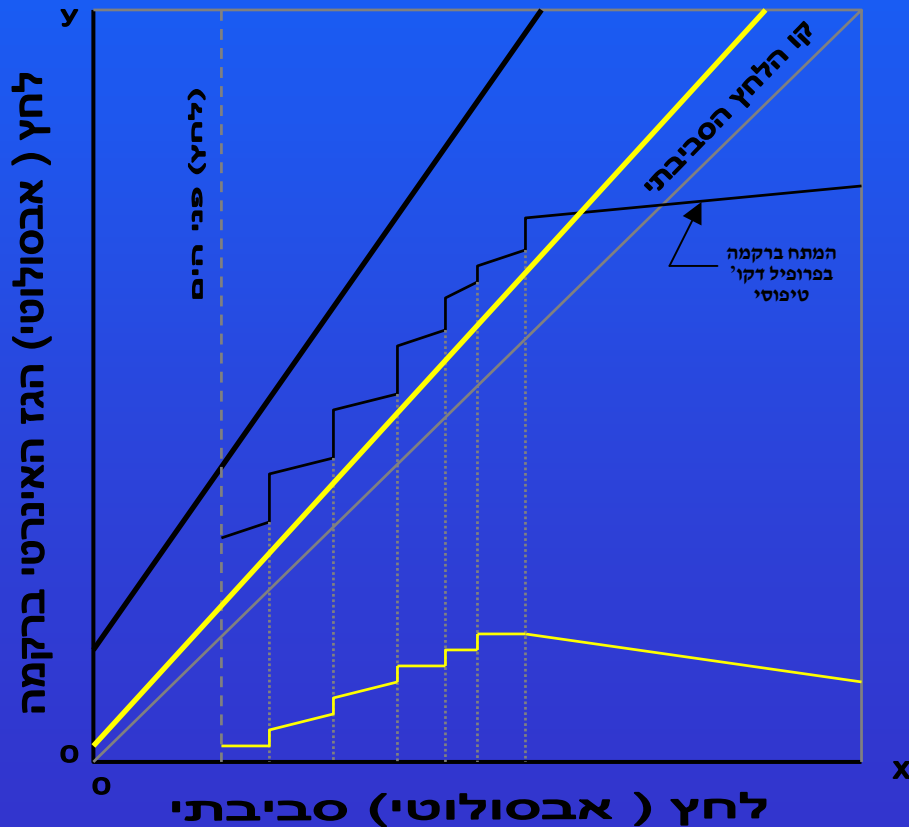
An M-value Concept: A solid line drawn through a fuzzy, gray area; a representative threshold beyond which a high frequency of symptoms of decompression sickness (DCS) can be expected in a majority of divers



\* varies according to individual disposition, physical condition, acceptable risk, etc.

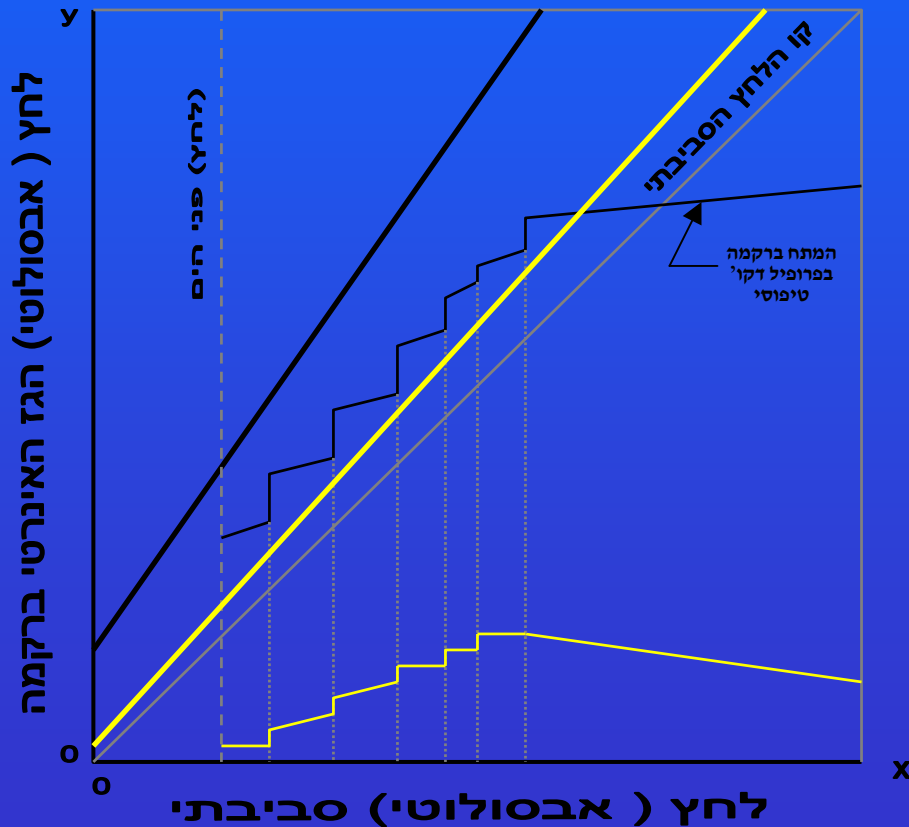


# גרף הלחצים - תהליך הדקומפרסיה



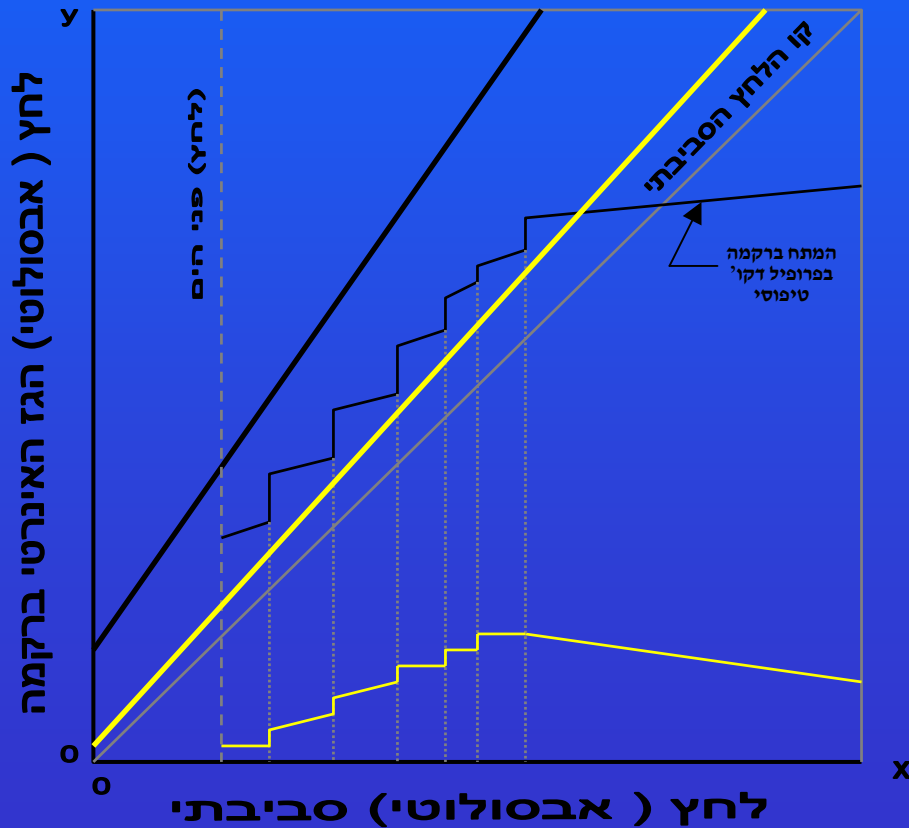
- כאמור קו המתח ברקמה יוצא מהנקודה שבא מתחילה העלייה של הצולל לעבר פני הים. בגרף שלפנינו שני קווי מתח (לחץ) של שתי רקמות שונות: העליונה (שחורה) מייצגת רקמה מהירה. השניה (הצהובה) מייצגת רקמה איטית.
- במשך כל זמן העלייה שואף מתח הגז האינרטי ברקמות להגיע לשוויון עם הלחץ הסביבתי.

# גרף הלחצים - תהליך הדקומפרסיה



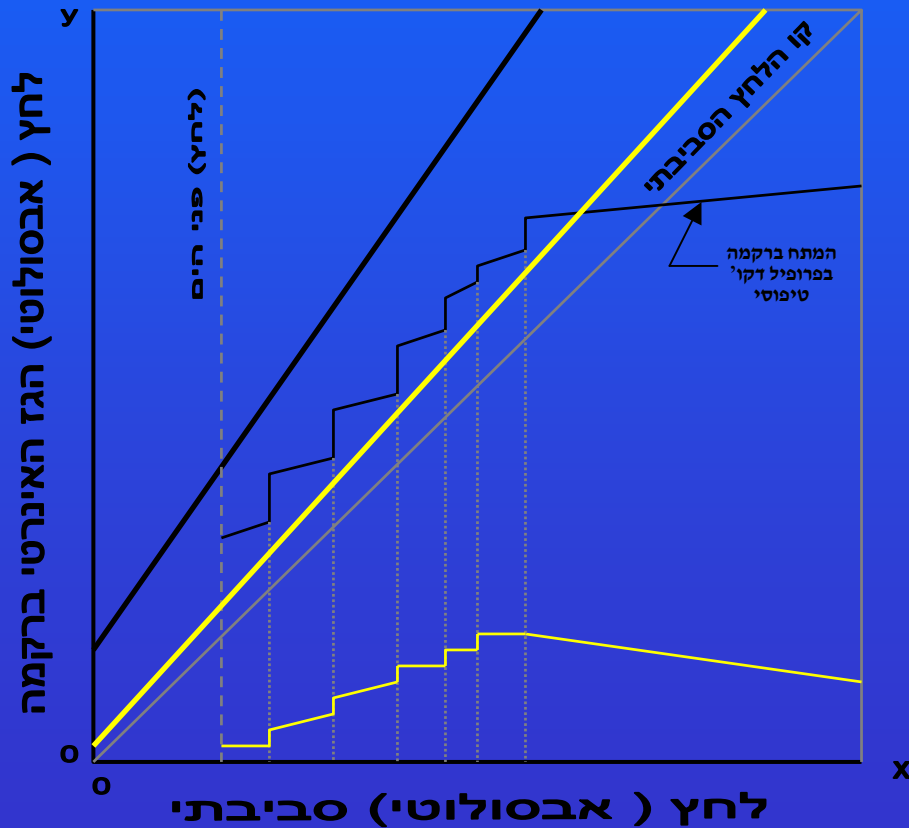
- אפשר לראות שהרקמה המהירה, אשר זמני במחצית שלה מהירים, הגיעה לשוויון (רוויה) עם הלחץ הסביבתי כבר בתחילת העלייה. במהלך העלייה, כאשר היא חוצה את קו הלחץ הסביבתי, מתוך שאיפה להגיע לשוויון עם הלחץ הסביבתי הלחץ ברקמה יורד.
- כיוון שקצב העלייה גדול מקצב פינוי הגז האינרטי ברקמה קיים חשש שהמתח ברקמה יגיע לערך המקסימלי – ל M-Values

# גרף הלחצים - תהליך הדקומפרסיה



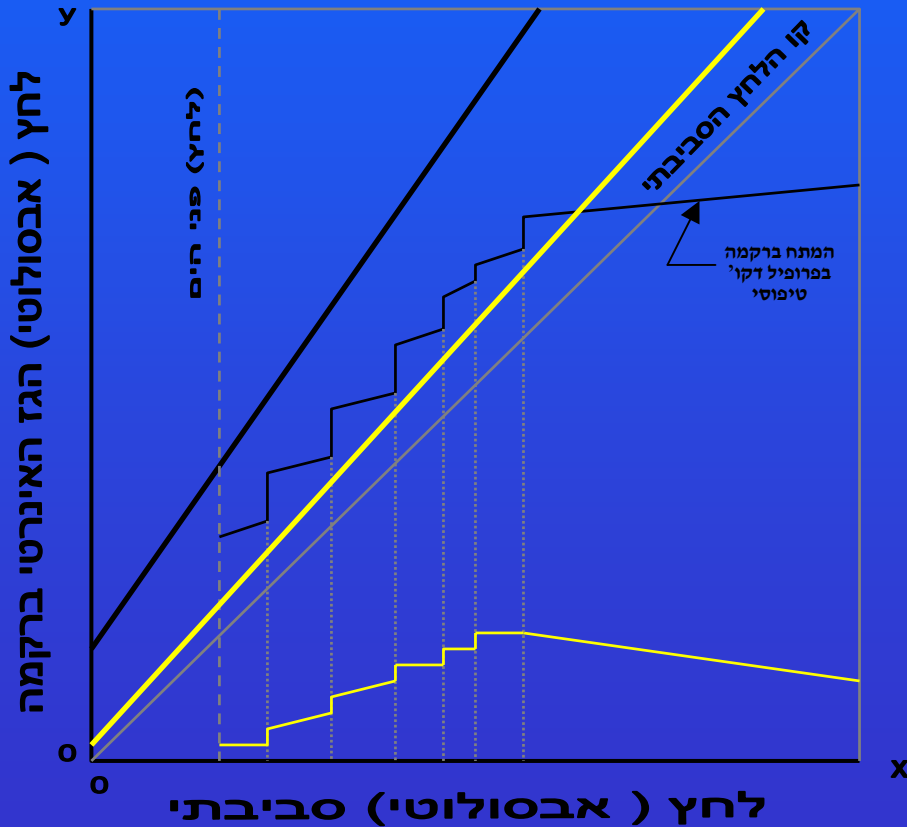
- לכן, בכדי להאט את קצב העלייה עד לפינוי הגזים האינרטיים ברקמה למצב בטוח מבצעים עצירת דקומפרסיה.
- גם הרקמה האיטית (צהובה) שבה מתח נמוך שואפת להגיע לשוויון לחצים עם הסביבה ולכן כל זמן העלייה היא עדיין סופחת גזים אינרטיים והמתח (לחץ) ברקמה עולה.
- הדוגמא שלפנינו מתארת ביצוע עצירות דקומפרסיה עם תערובת מועשרת בחמצן, דבר המזרז את פינוי הגז האינרטי מהרקמה.

# גרף הלחצים - תהליך הדקומפרסיה



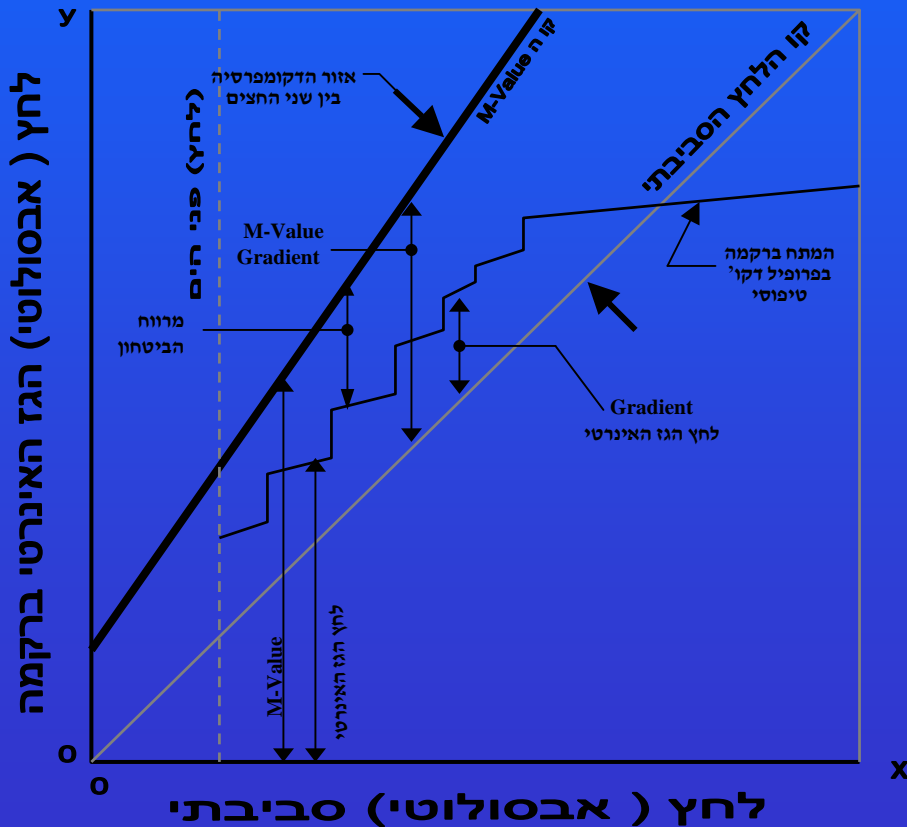
- במידה והמתח ברקמה יגיע ל-  $M$  Values יופיעו אצל הצולל סימוני מחלת הדקומפרסיה.
- בתכנון טבלאות דקומפרסיה קיימת שאיפה להגיעה לפרופיל אידיאלי, פרופיל שיהיה הקצר ביותר (הקטנת מאמץ גופני, כמות גזים, היפותרמיה וכד') אך גם מספיק בטוח בהיבט מחלת הדקומפרסיה.

# גרף הלחצים - תהליך הדקומפרסיה



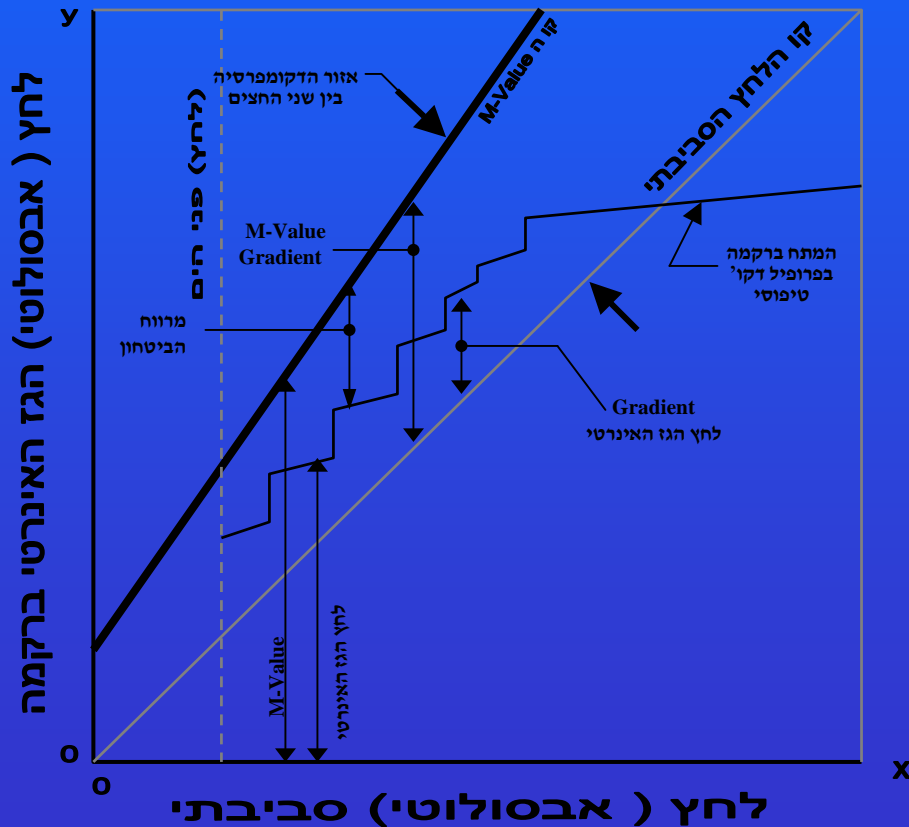
- כפי שנראה בדוגמאות בהמשך, המודל ההלדני מאפשר למתח ברקמה להגיע קרוב מאוד ל M-Values ורק אז קובע את העצירה הראשונה וגם את העצירות הבאות.
- פרופיל צלילה שכזה מקטין מאוד את מרווח הבטיחות והסיכוי שהצולל יקבל מחלת דקומפרסיה עולים. בנוסף, ברמה גבוהה של סבירות, יחוש הצולל עייפות וחולשה לאחר הצליל.
- הסיבה העיקרית לתופעות אלו הנה היווצרות של בועיות המכונות (Silent Bubbles "בועיות שקטות" or Micro Bubbles)

# מתי אפשר לבצע את העצירה הראשונה ?



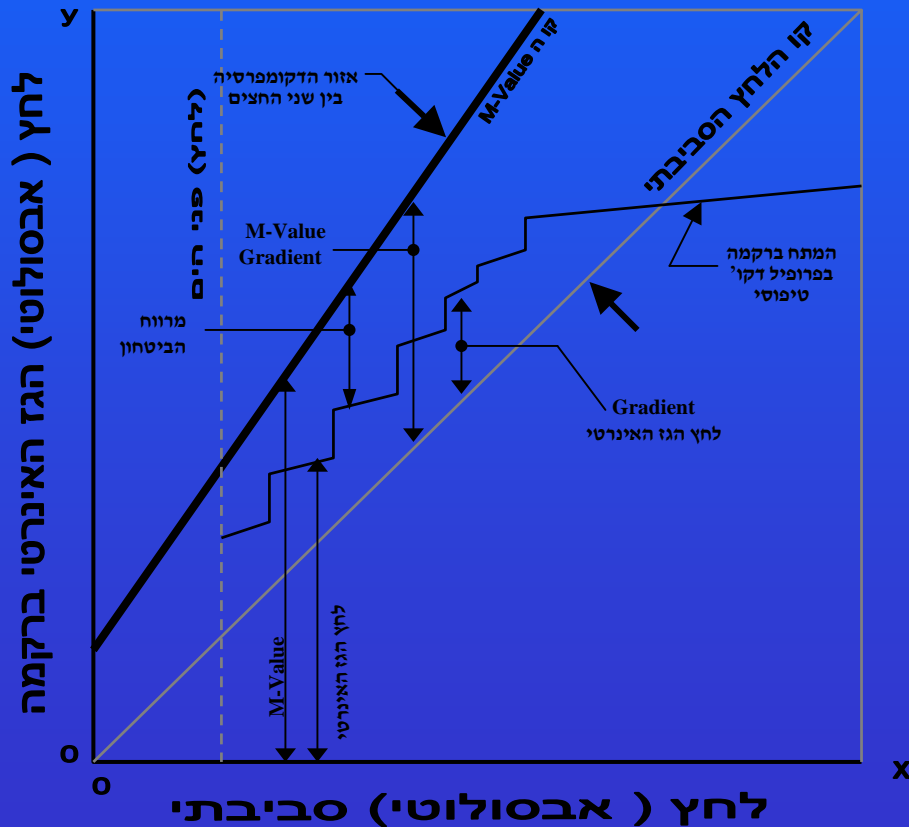
- חשוב לזכור שיש גבול לעד כמה העצירה הראשונה תהיה עמוקה.
- הרקמות המובילות (הרקמות המהירות ביותר) הן אשר קובעות את עצירת הדקומפרסיה.
- מנקודת המבט של תהליך הדקומפרסיה, אסור שהעצירה הראשונה תהיה עמוקה מאזור הדקומפרסיה כיון שמחוץ לאזור זה הרקמות עדיין סופחות גז אינרטי.
- ככלל, נדרש מתח יתר (לחץ יתר) מסוים ברקמה בכדי ליצור פינוי יעיל של גז אינרטי.

# מתי אפשר לבצע את העצירה הראשונה ?



- כמו כן יש לקחת בחשבון את הרקמות האיטיות שסופחות גז אינרטי במשך רוב זמן העלייה (כולל עצירות).
- בהקשר למודל מסיסות הגז (המודל ההלדני) אפשר להגדיר את עצירת הדקומפרסיה העמוקה ביותר האפשרית כעצירה הסטנדרטית הבאה לאחר שהרקמה המובילה חוצה את קו הלחץ הסביבתי.
- עצירה סטנדרטית: בדר"כ מבצעים עצירות כל 3 מ', כך שאם ציר ה- X מתקדם במקטעים של 3 מ' אז העצירה הבאה תהיה במקטע הבא לאחר מפגש הקווים.

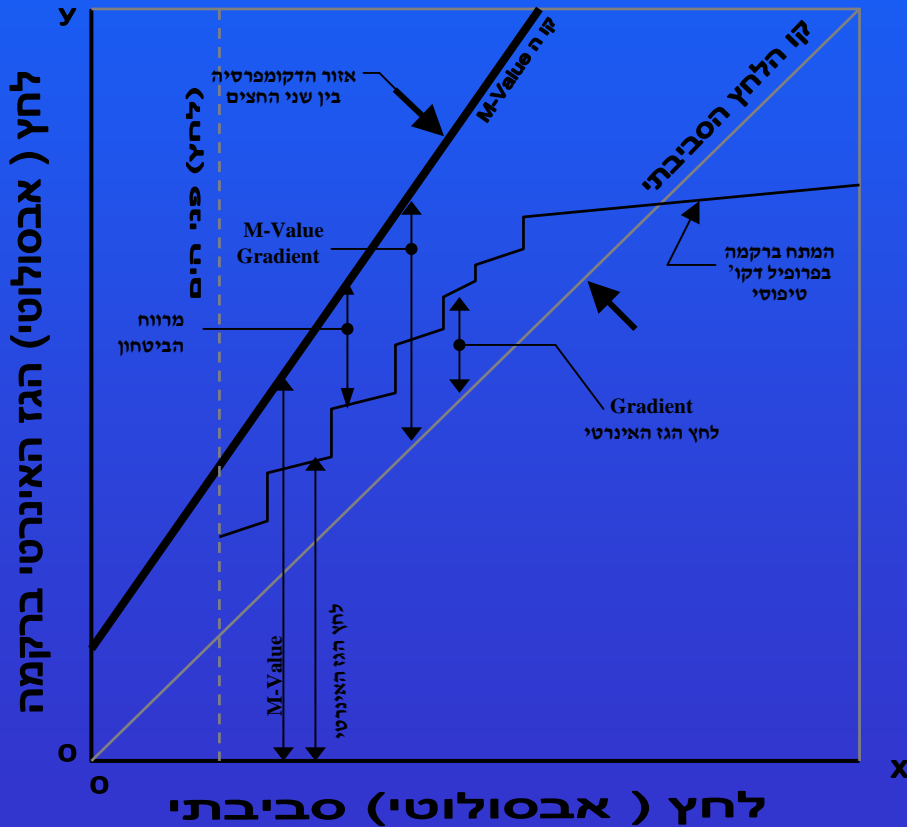
# גרף הלחצים - Gradients



- המושג Gradients מבטא את קצב העלייה או הירידה בלחץ.
- בגרף הלחצים משתנה ה Gradients כל הזמן בעת ביצוע עצירות דקו' וככל שהעצירה תהיה קרובה יותר ל-M-Values יהיה לנו Gradients גדול יותר או קצב עליית וירידת לחץ גדולים יותר.
- חוקי הפיסיקה ומודלי בוועיות רבים מלמדים אותנו כי עליות וירידות לחץ גדולות הן זרז לייצור והתרחבות של בוועיות.

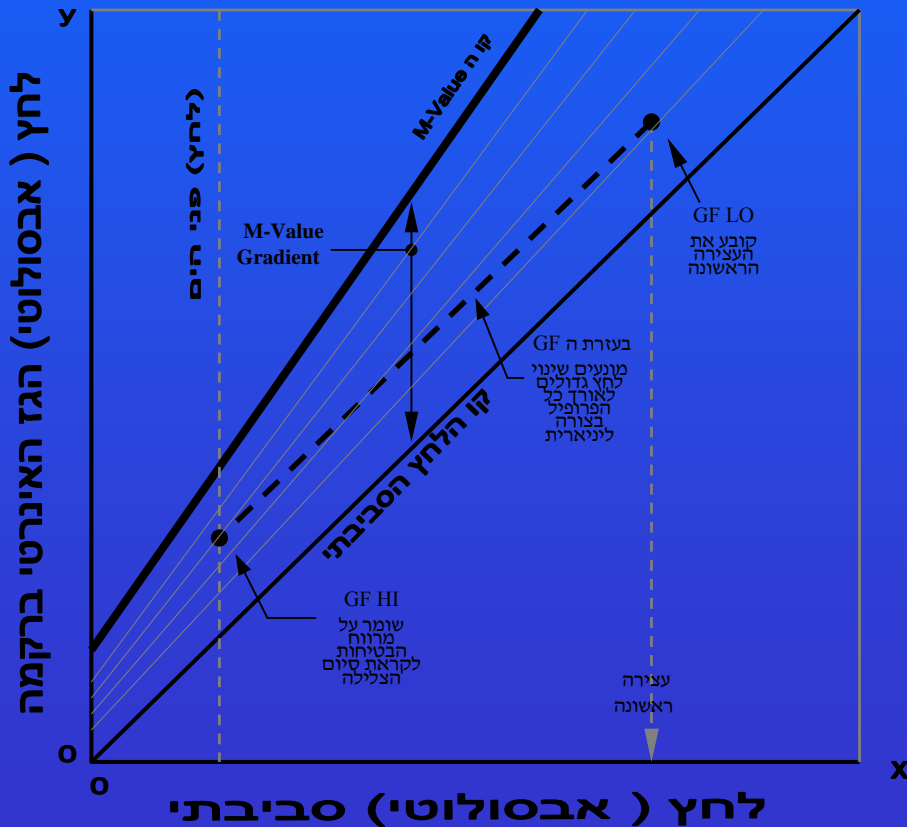


# גרף הלחצים - Gradients



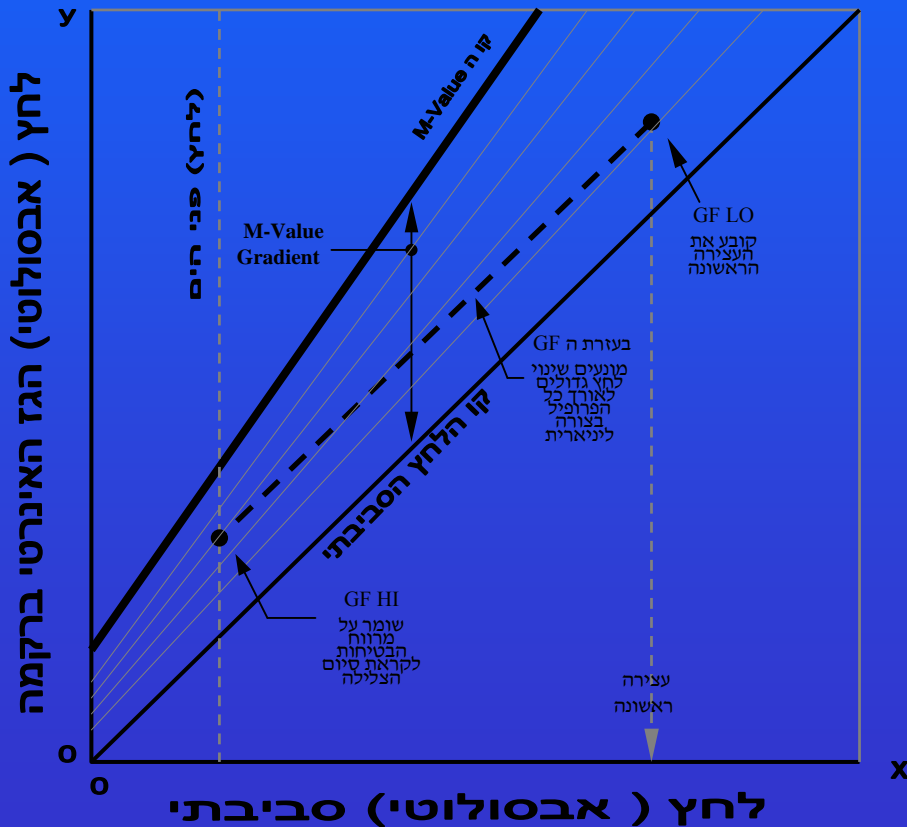
- אם ניקח נתון זה ונשתמש בו במודל מסיסות הגזים (המודל ההלדני) נסיק, שככל שהמתח של הגז האינרטי ברקמה יעלה על הלחץ הסביבתי (או על גרף הלחצים - ככל שקו המתח יתרחק מעל קו הלחץ הסביבתי) ייווצרו בגוף הצולל יותר בועיות.

# גרף הלחצים Gradients Factors



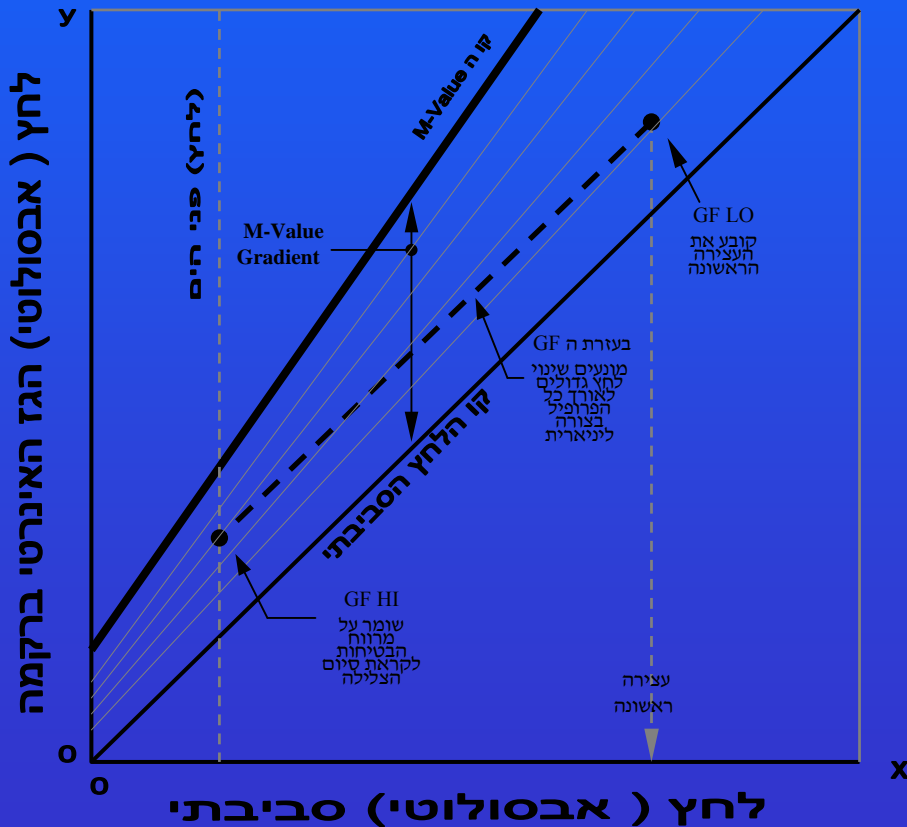
- בעזרת שימוש ב Gradients Factors ניתן לשמור על שינויי לחץ קטנים לאורך כל הפרופיל.
- ל Gradients Factors גישה עקבית של שמרנות בחישובי הדקומפרסיה על ידי קביעת עצירות עומק בתוך אזור הדקומפרסיה תוך הקטנת שינויי הלחץ ושמירה על מרווח בטיחות לאורך כל פרופיל הדקומפרסיה (בצורה ליניארית).

# גרף הלחצים Gradients Factors



- ה Gradients Factors בסך הכל מייצג את השבר העשרוני (האחוז) של ה-M-Value (הפרש הלחצים שבין הלחץ הסביבתי למתח המקסימלי המותר ברקמה).
- ערך ה GF LO קובע את העומק בו תתבצע העצירה הראשונה, ערך זה מייצג בעצם את המרחק באחוזים בין המתח ברקמה והלחץ הסביבתי (העומק באותה נקודת זמן).
- ערך ה GF HI מבצע את אותו הדבר עבור העצירה האחרונה.

# גרף הלחצים Gradients Factors



- חשוב לזכור שהעצירה האחרונה האמיתית של הצולל מתבצעת על פני המים לאחר הצלילה.
- בשל נפילת הלחץ החדה בין העצירה האחרונה ( ב 3 מטר ) לפני הים מומלץ בסיום הצלילה לעלות את שלושת המטרים האחרונים במשך דקה. קיימים אף כאלה שממליצים לעלות את שלושת המטרים האחרונים בקצב של מטר לדקה.

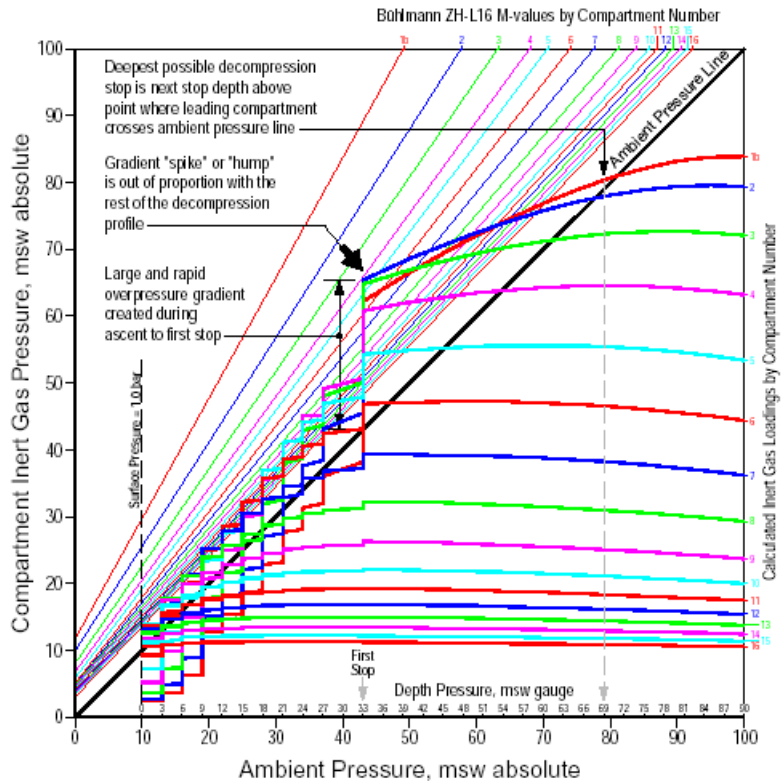
# חניות עומק – הצגת הבעיה

גרף לחצים היינו כלי מעולה לניתוח של פרופיל הצלילה. בעזרתו ניתן לזהות בקלות היכן עלולה להיווצר לנו בעיה בפרופיל הצלילה ולשנות את הפרופיל בהתאם.

בכדי להבין היכן הבעיה נשתמש בגרף לחצים אשר מתאר פרופיל צלילה מלא שחושב על פי שימוש במודל מסיסות הגז ההלדני .

# חניות עומק – הצגת הבעיה

Pressure Graph: Complete Decompression Profile Using Conventional Calculation Method



Notes:

1. 13/50 Trimix dive to 90 msw (293 fsw) for 20 minutes bottom time.
2. Deco mixes: Nitrox 36% at 33 msw, Nitrox 50% at 21 msw, and Nitrox 80% at 9 msw.
3. Conservatism factor is minimal (15%).
4. Ascent rate is 10 msw/min.
5. Inert gas loadings are shown leaving the bottom at 20 minutes run time.
6. Run times are leaving the stop.
7. This deco profile is representative for the typical deep "bounce dive."

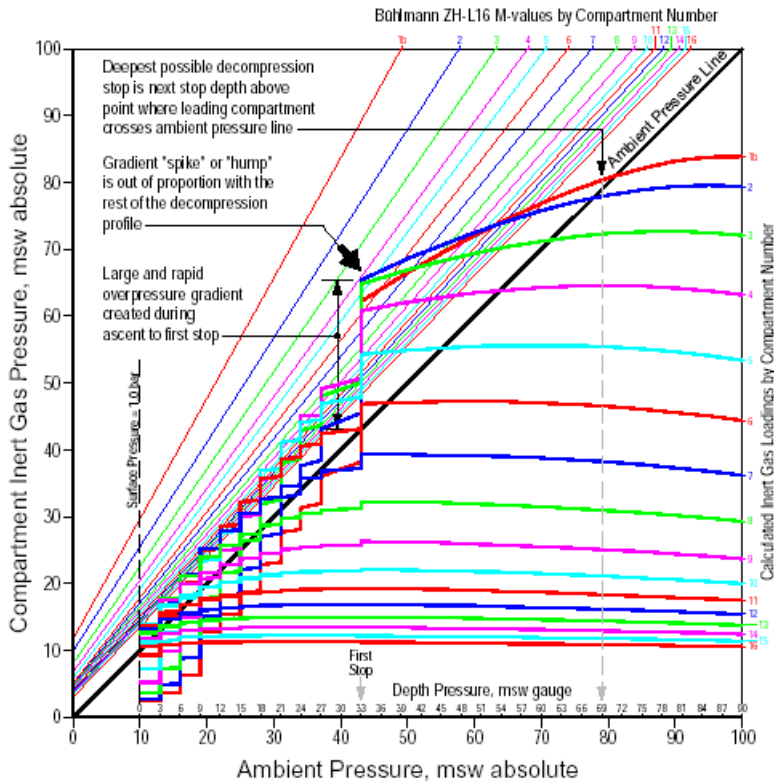
Decompression Table

Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)
33	29	15	45	0	100		
27	31	12	51				
24	33	9	60				
21	36	6	73				
18	40	3	99				

- לפני שנתאר את הבעיה בפרופיל צלילה שתוכנן ע"פ מודל מסיסות הגזים הקונבנציונלי נסקור את גרף הלחצים.
- גרף הלחצים שמשמאל דומה מאוד לגרף הלחצים בו השתמשנו עד כה.
- פרופיל הצלילה תוכנן על פי מודל ZH-L16 של בולמן ומופיעים בו 16 קוים שמייצגים 16 ערכי מתח משתנים ברקמה כאשר לעומתם (בצבעים תואמים) 16 M-Values.

# חניות עומק – הצגת הבעיה

Pressure Graph: Complete Decompression Profile Using Conventional Calculation Method



Notes:

1. 13/50 Trimix dive to 90 msw (293 fsw) for 20 minutes bottom time.
2. Deco mixes: Nitrox 36% at 33 msw, Nitrox 50% at 21 msw, and Nitrox 80% at 9 msw.
3. Conservatism factor is minimal (15%).
4. Ascent rate is 10 msw/min.
5. Inert gas loadings are shown leaving the bottom at 20 minutes run time.
6. Run times are leaving the stop.
7. This deco profile is representative for the typical deep "bounce dive."

Decompression Table

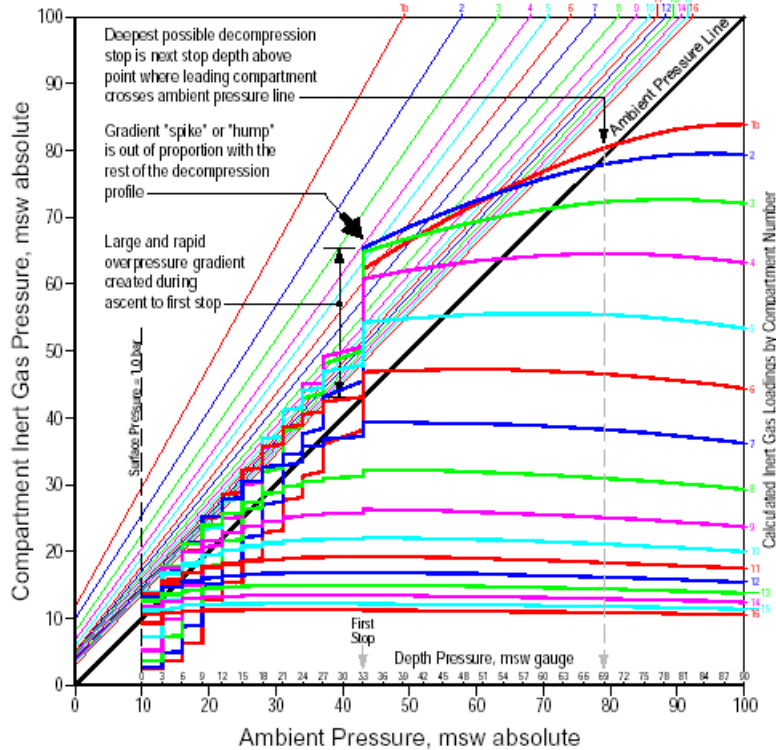
Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)
33	29	15	45	0	100		
27	31	12	51				
24	33	9	60				
21	36	6	73				
18	40	3	99				

- על ציר ה X רשומים ערכים ביחידות של עומק (שווה ערך ללחץ סביבתי) כאשר מעל הציר רשומים ערכי הלחץ כפי שיופיע במד הלחץ בצלילה. מתחת לציר מופיעים הערכים בלחץ אבסולוטי, כלומר כאשר מחוג מד הלחץ יראה על 0 מ' קיים בעצם לחץ של אטמוספירה אחת.
- עוד אפשר לראות שציר ה X מתחיל ב- 90 מטר, שזהו העומק המרבי של הצלילה שבפרופיל זה, וממשיך עד לפני הים בקפיצות של 3 מטר.
- הערות כלליות לגבי פרופיל הצלילה תורגמו ואפשר לצפות בהם בשקף

# חניות עומק – הצגת הבעיה

Pressure Graph: Complete Decompression Profile Using Conventional Calculation Method

Bohmann ZH-L16 M-values by Compartment Number



Notes:

1. 13/50 Trimix dive to 90 msw (293 fsw) for 20 minutes bottom time.
2. Deco mixes: Nitrox 36% at 33 msw, Nitrox 50% at 21 msw, and Nitrox 80% at 9 msw.
3. Conservatism factor is minimal (15%).
4. Ascent rate is 10 msw/min.
5. Inert gas loadings are shown leaving the bottom at 20 minutes run time.
6. Run times are leaving the stop.
7. This deco profile is representative for the typical deep "bounce dive."

Decompression Table

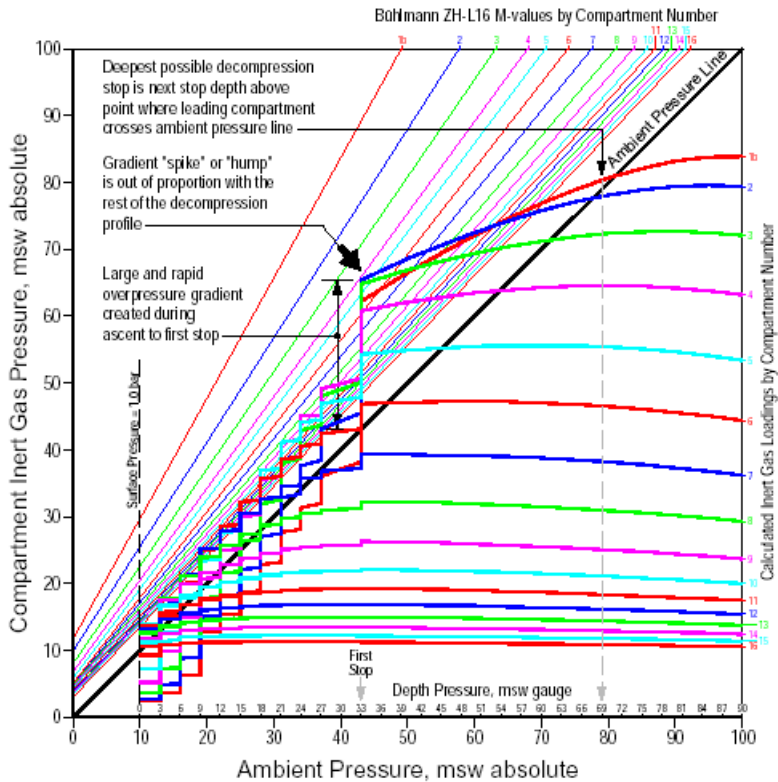
Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)
33	29	15	45	0	100		
27	31	12	51				
24	33	9	60				
21	36	6	73				
18	40	3	99				

- בפרופיל זה לרקמה המהירה ביותר יש את עומס הגז (מתח) הגדול ביותר בתחילת העלייה והיא מובילה.
- ה M-Values של רקמה מהירה זו מאפשר עליית מתח גבוהה ביחס לרקמות האיטיות.
- עקב כך נוצרת עליית מתח גבוהה בזמן העלייה ועד לעצירה הראשונה.
- עליית מתח זו הנה חסרת פרופורציה ביחס לפרופיל הדקומפרסיה כאשר הרקמות האיטיות יותר מובילות.
- כפי שניתן להניח, בועות רבות יכולות להיווצר בעת העלייה לעבר העצירה הראשונה.



# חניות עומק – הצגת הבעיה

Pressure Graph: Complete Decompression Profile Using Conventional Calculation Method



Notes:

1. 13/50 Trimix dive to 90 msw (293 fsw) for 20 minutes bottom time.
2. Deco mixes: Nitrox 36% at 33 msw, Nitrox 50% at 21 msw, and Nitrox 80% at 9 msw.
3. Conservatism factor is minimal (15%).
4. Ascent rate is 10 msw/min.
5. Inert gas loadings are shown leaving the bottom at 20 minutes run time.
6. Run times are leaving the stop.
7. This deco profile is representative for the typical deep "bounce dive."

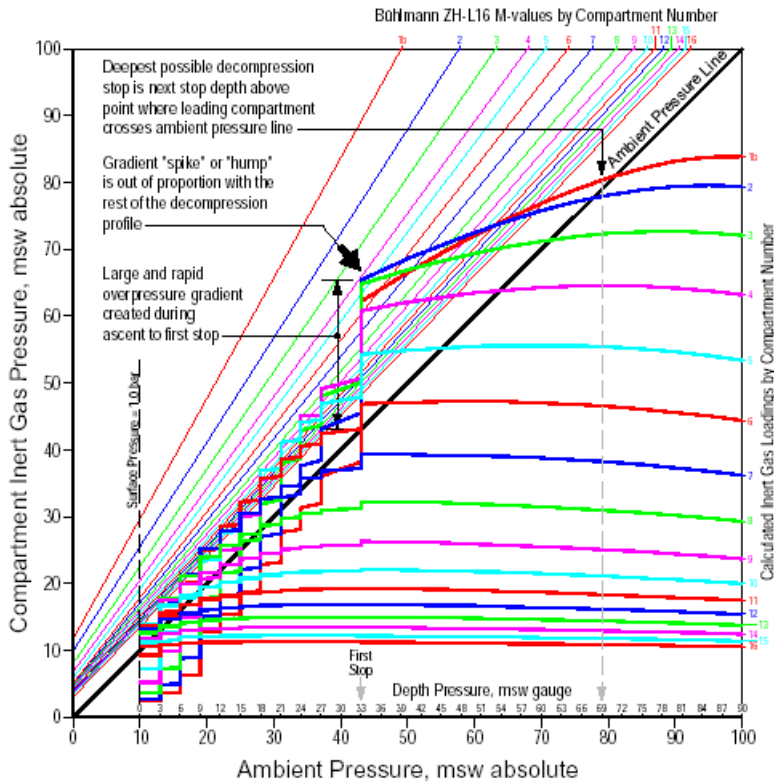
Decompression Table

Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)
33	29	15	45	0	100		
27	31	12	51				
24	33	9	60				
21	36	6	73				
18	40	3	99				

- במקרה זה נפילת הלחץ (Gradients) המחושבת הינה 22.4 מטר או 2.2 אט"מ.
- לשם השוואה, כאשר נפתח פחית מוגזת נפילת הלחץ בין הפחמן הדו-חמצני אשר מומס במשקה לבין האוויר (הלחץ הסביבתי) הוא בסביבות 3.1 ל 3.4 אט"מ.
- למרות שבפרופיל זה לא הייתה חריגה מעבר ל M-Values הצולל עלול לחוש בסימני עייפות ו/או חולשה כללית לאחר הצלילה. הסבר לכך אפשר למצוא בתיאוריה על נדידת בוועיות בגוף הצולל אשר מעכבות את פינוי הגז האינרטי מהגוף עקב הצטברות בוועיות בנימי הדם שבראות.

# חניות עומק – הצגת הבעיה

Pressure Graph: Complete Decompression Profile Using Conventional Calculation Method



Notes:

1. 13/50 Trimix dive to 90 msw (293 fsw) for 20 minutes bottom time.
2. Deco mixes: Nitrox 36% at 33 msw, Nitrox 50% at 21 msw, and Nitrox 80% at 9 msw.
3. Conservatism factor is minimal (15%).
4. Ascent rate is 10 msw/min.
5. Inert gas loadings are shown leaving the bottom at 20 minutes run time.
6. Run times are leaving the stop.
7. This deco profile is representative for the typical deep "bounce dive."

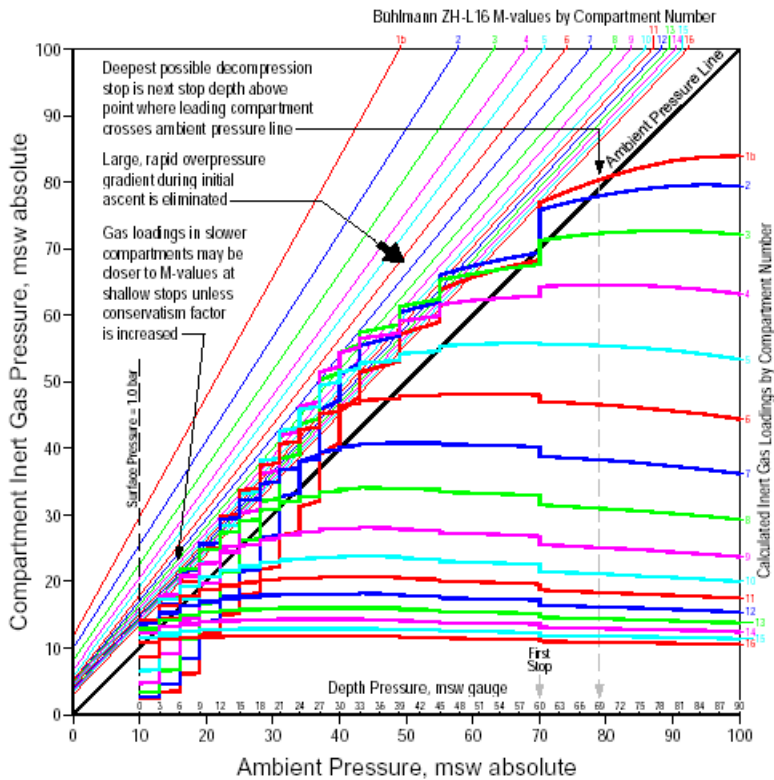
Decompression Table

Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)
33	29	15	45	0	100		
27	31	12	51				
24	33	9	60				
21	36	6	73				
18	40	3	99				

- בכל מקרה ניתן לראות כאן מצב של סיבה ותוצאה בין שינויי לחץ גדולים בזמן הצלילה לתופעות (סימפטומים) גופניים לאחר הצלילה.
- תופעות גופניות קלות או לא ברורות כגון עייפות, חולשה כללית או נמנום אשר בדרייב לא מקבלות טיפול רפואי יכולים להשתייך לקטגוריה הנקראת Decompression Stress - סימפטום נוסף של מחלת הדקומפרסיה.

# חניות עומק – הצגת הבעיה

Pressure Graph: Complete Decompression Profile Using Richard Pyle's Method For Deep Stops



**Notes:**

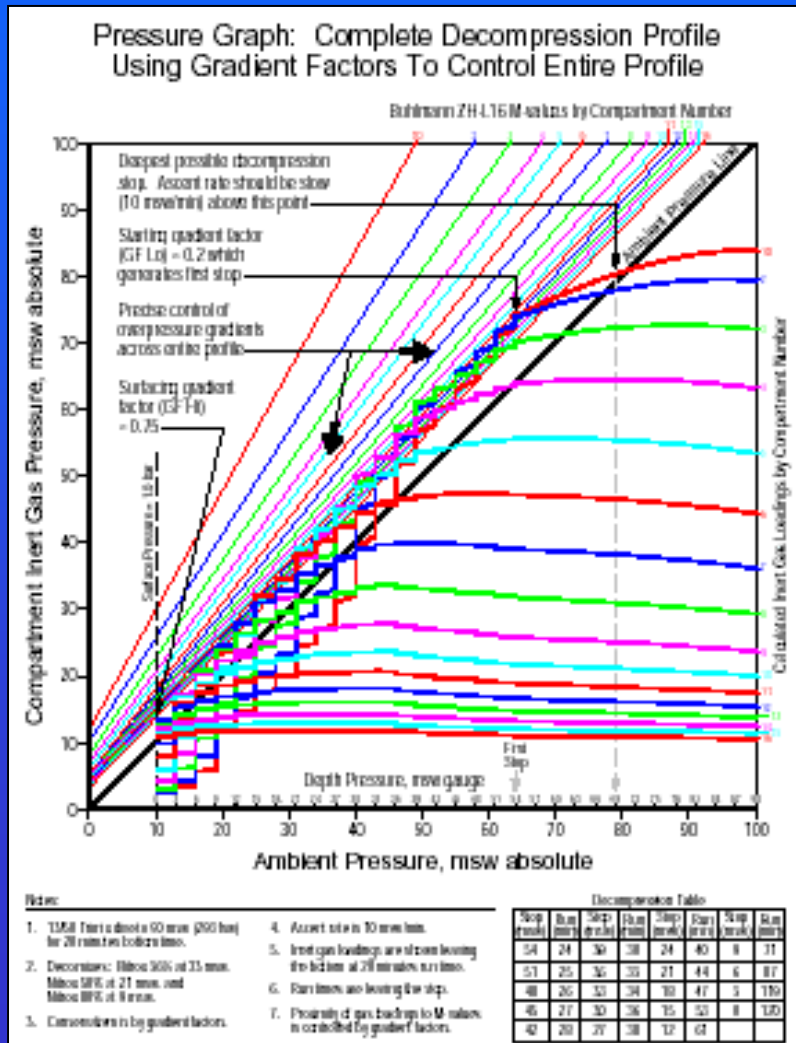
1. 13/50 Trimix dive to 90 msw (293 fsw) for 20 minutes bottom time.
2. Deco mixes: Nitrox 36% at 33 msw, Nitrox 50% at 21 msw, and Nitrox 80% at 9 msw.
3. Conservatism factor is minimal (15%).
4. Ascent rate is 10 msw/min.
5. Inert gas loadings are shown leaving the bottom at 20 minutes run time.
6. Run times are leaving the stop.
7. Deep stops result in higher gas loadings in slower compartments at shallow stops.

**Decompression Table**

Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)	Stop (msw)	Run (min)
60	26	27	36	12	57		
45	29	24	37	9	66		
39	31	21	40	6	81		
33	32	16	44	3	109		
30	33	15	49	0	110		

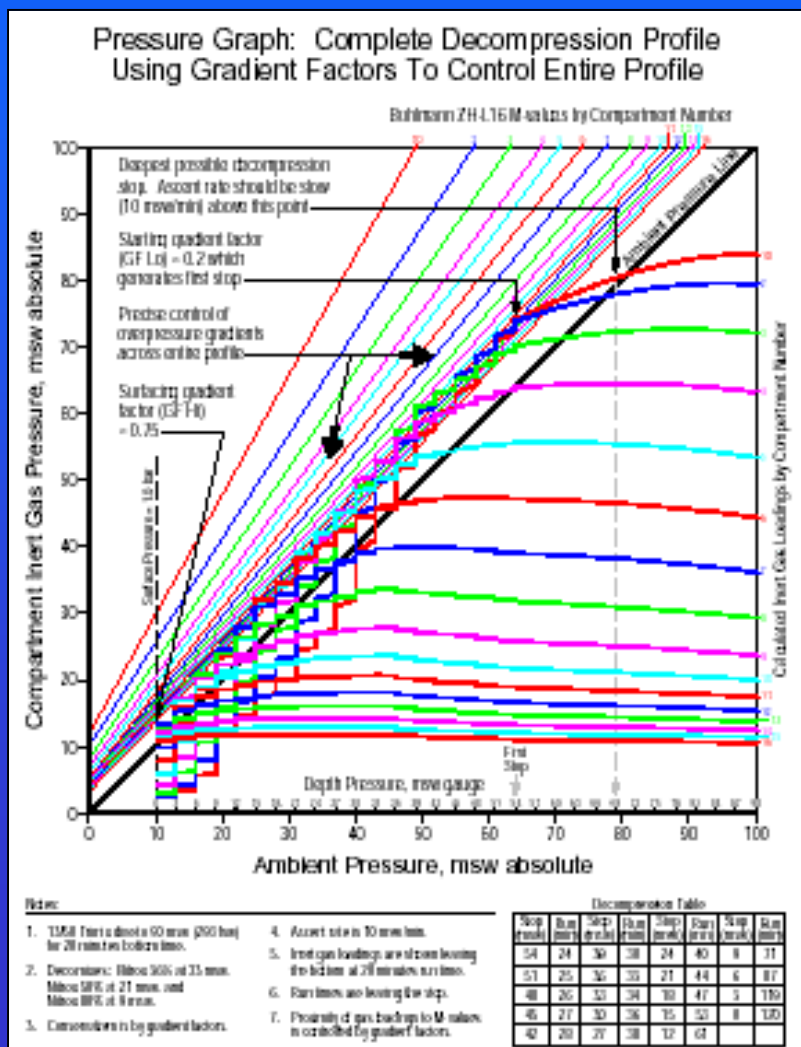
- הגרף הבא מתאר פרופיל צלילה עם חניות עומק ע"פ השיטה שפרסם הביולוג הימי ריצ'רד פייל.
- גרף זה הינו דוגמא לפרופיל שהפיקה תוכנת דקומפרסיה המדמה עצירות עומק על פי שיטתו של פייל.
- אפשר לראות שפרופיל זה טוב יותר מהקודם בכך שהוא מקטין את נפילת הלחץ שקיבלנו בפרופיל הקונבנציונלי. מאידך אנו רואים שהעצירות העמוקות מעלות בצורה חריגה את המתח ברקמות האיטיות ומקרבות אותן ל-M-Values
- בעיה זו ניתן לתקן רק ע"י החמרת רמת השמרנות בתוכנת הצלילה.

# חניות עומק – הצגת הבעיה



- הגרף השלישי מראה לנו פרופיל צלילה אשר תוכנן כולו ע"י שימוש ב Gradients Factors בכדי לשמור על שינויי לחץ קטנים לאורך כל הפרופיל.
- ל Gradients Factors גישה עקבית של שמרנות בחישובי הדקומפרסיה על ידי קביעת עצירות עומק בתוך אזור הדקומפרסיה תוך הקטנת שינויי הלחץ ושמירה על מרווח בטיחות לאורך כל פרופיל הדקומפרסיה.
- עצירת העומק האפשרית הראשונה הנה ב 60 מטר (העצירה הבאה לאחר מפגש הרקמה המובילה עם קו הלחץ הסביבתי)

# חניות עומק – הצגת הבעיה



- עצירת העומק האפשרית הראשונה הנה ב-60 מטר ( העצירה הבאה לאחר מפגש הרקמה המובילה עם קו הלחץ הסביבתי. נתון זה משמש לייחוס, מנקודה זו מומלץ להאט את קצב העלייה ל 10 מטר לדקה).
- העצירה העמוקה הראשונה נקבעה בפרופיל זה לעומק של 54 מטר ע"י קביעת GF LO של 20%.
- ע"י קביעת GF HI של 75% שומרים על שינויי לחץ קטנים לכל אורך הפרופיל.

# סיכום

הוספת העצירות העמוקות לפרופיל (תכנון) הצלילה יאריך בדרייב את זמן הצלילה הכללי. עם זאת, במידה והמטרה היא לבצע דקומפרסיה יעילה באמת אזי שהשאיפה לפרופיל אידיאלי (בטוחה אך קצרה) לא ממש נפגעה.

# מקורות

- מצגת זו הנה בעיקרה תרגום של שני מאמרים של

Erick C. Baker

מאמרים אלו צורפו לתוכנות דקומפרסיה רבות במטרה להקנות את הידע התיאורטי להבנת פרופילי הצלילה

- Clearing Up the Confusion About Deep Stops שיצא לאור

במגזין Immersed בחורף 98

- Understanding M-Values שיצא לאור במגזין Immersed בסתיו

# חניות עומק הלכה למעשה

הערות כלליות לגבי שלושת הפרופילים :

1. גז תחתית 13/50 טרימיקס לעומק מרבי של 90 מ' וזמן תחתית של 20 דקות.
2. תערובות דקו' - נייטרוקס 36% מעומק 33 מטר  
נייטרוקס 50% מעומק 21 מטר  
נייטרוקס 80% מעומק של 9 מטר
3. קצב עליה של 10 מטר בדקה.
4. הגרף מתאר את תחילת העלייה לאחר 20 דקות Run time.
5. Run time נמדד מעזיבת תחנת הדקו'.

