

**בחינת השפעת שימושי קרקע
על מקדמי מילוי חוזר
באקוויפר החוף**

דוח שלב ד'-

**בחינת קשר כמותי בין השינוי בשימושי הקרקע למקדמי
המילוי החוזר וחישוב מקדמי מילוי לשנת 2010**

אפריל 2015

149140.ד.15.078

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com
תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל" 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com

טופס בקרה לפרסומים במערך תכנון ידע וטכנולוגיה

הלקוח: רשות המים

שם הפרויקט: בחינת השפעת שימושי קרקע על מילוי חוזר באקוויפר החוף- דו"ח שלב ד'- בחינת קשר כמותי בין השינוי בשימושי הקרקע למקדמי החידור וחישוב מקדמי חידור לשנת 2010

מס' מבנה:

סוג המסמך: דוח

מקום הקובץ:

מספר פרסום: 149140.ד.15.078

מהדורה: 2

עורך: ד"ר סבטלנה לומלסקי, ד"ר דורית מטמון ואדוה אביטל

מאשר: אורי לבנה

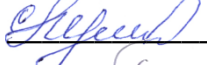
תיעוד מהדורות


מס' מהדורה	תאריך	תיאור	מספר קובץ	ערך	אישר
1	דצמבר 2014	בחינת השפעת שימושי קרקע על מקדמי מילוי חוזר באקוויפר החוף- דו"ח שלב ד'- בחינת קשר כמותי בין השינוי בשימושי קרקע למקדמי החידור וחישוב מקדמי חידור לשנת 2010		סבטלנה לומלסקי, דורית מטמון, אדוה אביטל	אורי ליבנה
2	אפריל 2015	בחינת השפעת שימושי קרקע על מקדמי מילוי חוזר באקוויפר החוף- דו"ח שלב ד'- בחינת קשר כמותי בין השינוי בשימושי קרקע למקדמי המילוי החוזר וחישוב מקדמי מילוי לשנת 2010		סבטלנה לומלסקי, דורית מטמון, אדוה אביטל	אורי ליבנה

תכולת המסמך המאושר (אם מצורפים מסמכי משנה)

מס' סידורי	תיאור	מהדורה	תאריך	מס' קובץ

תיעוד העורך:

עורך: ד"ר סבטלנה לומלסקי חתימה:  תאריך: 25.4.2015

המאשר: אורי ליבנה חתימה:  תאריך: 25.4.2015

26 אפריל 2015

לכבוד

ד"ר יעקב ליבשיץ
השירות ההידרולוגי

,א.נ.,

הנדון: בחינת השפעת שימושי קרקע על מקדמי מילוי חוזר באקוויפר החוף- דוח שלב ד'- בחינת קשר כמותי בין השינוי בשימושי קרקע למקדמי המילוי וחישוב מקדמי מילוי**חוזר לשנת 2010**

הדו"ח הנוכחי מסכם את שלב ד' של העבודה שמטרתו הינה בחינת הקשר בין מקדמי המילוי החוזר לשינוי בשימושי הקרקע, ופיתוח מתודולוגיה לחישוב מקדמי הגשם (α) על סמך שינוי שימושי הקרקע בתקופות 1970 - 1990 ו 1990 - 2010. תוצרי העבודה לשלב זה כוללים בין היתר, חישוב מקדמי מילוי מגשם עדכניים לשנת 2010 לפי תאי יוסום והמלצות לעבודת המשך. דו"ח זה כולל את כל התיקונים והערות הרפרנט שהועלו בפגישה שהתקיימה ביום 15.3.15 ברשות המים ומהווה גירסה מעודכנת לדו"ח שהודש בדצמבר 2014.

בשלב הראשון של הניתוח בוצעה בדיקה – האם קיימת קורלציה בין שינוי השטח הבנוי בתקופה 1970-1990 לבין השינוי במקדמי הגשם מכילולי מודלים של אקוויפר החוף עבור 1970 ביחס ל 1990? ב 25% מתאי USOM נמצאה התאמה בין שינוי בשטח הבנוי (הגדלה) לבין שינוי במקדמי הגשם ממודלים של תהל והמודל של גירבי (הקטנה של המקדמים בין 1970 ל 1990).

באופן כמותי, חושב הקשר בין השינויים במקדם הגשם ל 1% שינוי בשטח הבנוי בעזרת הפרמטר $\Delta\alpha$ (נוסחה 4.1) לכל תא USOM בו קיימת התאמה. ערכי $\Delta\alpha$ הממוצעים שחושבו לפי אזורים:

אזור החוף 0.018-, אוגר מערבי 0.013-, אוגר מרכז 0.033-, מזרח 0.024-.

בשלב הבאים התבצע מיצוע של $\Delta\alpha$ מתאי USOM לתאים הידרולוגיים והשלמה של הערכים בתאים הידרולוגיים ללא ערך. לאחר מכן הוצגו ערכי $\Delta\alpha$ ברזולוציה של תאי USOM, כאשר כל תאי USOM השייכים לאותו תא הידרולוגי מקבלים אותו ערך. סיום הניתוח לתקופה 1970-1990 כלל חישוב ערכי מקדם הגשם α_{1990} לכל תא USOM על סמך מקדמי הגשם המקוריים α_{1970} , והכפלת ערך $\Delta\alpha$ בשינוי השטח הבנוי (נוסחה 4.3).



עבור התקופה 1990-2010 נעשה שימוש בערכי השינוי השטח הבנוי בין 1990 ל 2010. ערך השינוי מוכפל בפרמטר $\Delta\alpha$ נתן את השינוי המחושב במקדמי הגשם מ 1990 ל 2010. בשלב האחרון בניתוח נערכה

השוואה בין מקדמי הגשם שחושבו בעזרת המתודולוגיה בעבודה זו למקדמי המילוי החוזר מתוך הכיול האחרון של המודל המאוחד. ההשוואה הראתה שבכ 75% מתאי יוסום קיימת התאמה טובה עד מספקת בין מקדמי הגשם שחושבו למקדמים מכיול המודל. המלצות העבודה כוללות שימוש בערכי מקדמי הגשם המחושבים בעזרת מתודולוגיה זו עבור כיולים עתידיים של מודלים של אקוויפר החוף. באופן ספציפי מומלץ לבצע כיול מחדש של המודל המאוחד לשם הערכה מדוייקת יותר של המילוי החוזר לאקוויפר.

נשמח לעמוד לרשותך גם בעתיד.

בכבוד רב ,

אורי ליבנה

העתק: ד"ר סבטלנה לומלסקי, ד"ר דורית מטמון, גב' אדזה אביטל-תהל

רשימת איורים

- איור 4-1: תשתית EXCEL להצגה מרחבית לפי תאי USOM
- איור 4-2: קביעת דיוק של שינויים בשטח הבנוילשם ניתוח שינויים במקדמי גשם
- איור 4-3: שינויים בשימושי קרקע בתקופה 1970-1990
- איור 4-4: מקדמי גשם α עבור השנים 1970 ו-1990
- איור 4-5: שינויים במקדמי גשם בתקופה 1970 - 1990
- איור 4-6: בדיקת התאמות בין השינויים בשטח הבנוי לבין השינויים במקדמי גשם בתקופה 1970 - 1990
- איור 4-7: שינוי במקדם גשם ל- 1% של שינוי בשטח בנוי בתקופה 1970 – 1990
- איור 4-8: שינוי במקדם גשם ל- 1% של שינוי בשטח בנוי ברזולוציה של תאים הידרולוגיים בתקופה 1970 – 1990
- איור 4-9: ערכי $\Delta\alpha$ מעודכנים על רקע של מפת רגישות הידרולוגית ומפת מרזבות
- איור 4-10: ערכים מעודכנים של $\Delta\alpha$ לניתוח הכמותי עבור התקופה 1990 – 2010
- איור 4-11: מקדמי גשם מעודכנים עבור שנת 1990
- איור 4-12: סכמה של הליך הניתוח הכמותי עבור התקופה 1990-2010
- איור 4-13: שינויים בשטח הבנוי בתקופה 1990-2010
- איור 4-14: שינויים במקדמי α בתקופה 1990-2010
- איור 4-15: מקדמי גשם α מחושבים עבור שנת 2010
- איור 4-16: מקדמי גשם α עבור שנת 2010 מכיול המודל המאוחד של אקוויפר החוף
- איור 4-17: מיפוי סטיות בין מקדמי α המחושבים לבין המכויילים
- איור 4-18: ערכי סטייה (ERR) בין מקדמי α המחושבים והמכויילים על רקע של מפת רגישות הידרולוגית ומפת מרזבות

הערכות המילוי החוזר באקוויפר החוף חשובות מאוד לשם ניהול האקוויפר כאחד ממקורות המים העיקריים בישראל. המילוי החוזר הממוצע מגשם והשקיה מוערך בכ- 240 מלמ"ק לשנה (רשות המים, השירות ההידרולוגי, 2014), מהם 85%-90% מקורם מגשם. מקדמי המילוי החוזר מגשם (α) ומהשקיה (β) מושפעים בעיקר מסוג הקרקע ושימושי הקרקע. בשלבי העבודה הקודמים מופו שימושי הקרקע על פני אקוויפר החוף עבור התקופות 1970, 1990 ו-2010. תוצרי העבודה מוצגים בדו"ח שלב ב' כאטלס מפות מרחבי. בשלב ג' של העבודה נותחו תוצרי המיפוי והנתונים הקיימים בהיבטים של השוואת השינויים לאורך ציר הזמן, ניתוח סטטיסטי וחיתוכים במימד הזמן והמרחב, ברמת תאי יוסום. כמו כן בכדי ללמוד על מגמות כלליות הוצגו ניתוחים לתאי אוגר הידרולוגיים.

תוצרי הניתוח והשוואה כללו, בין היתר, אטלס מפות נושאיות וניתוחים טבלאיים המתארים את השינוי באופן מרחבי וכמותי עבור: פרישת האזורים הבנויים, פרישת השטחים העירוניים, פרישת השטחים המעובדים ופרישת החולות. ניתוחים אלו הניחו את התשתית לקראת שלב העבודה הנוכחי, המתמקד בקשר הכמותי בין השינויים בשימושי הקרקע למקדמי החידור ולחישוב המקדמים העדכניים לשנת 2010.

מטרת שלב ד' של העבודה הינה בחינת הקשר ו/או מידת ההתאמה בין מקדמי המילוי החוזר מגשם לשינוי בשימושי הקרקע בין השנים 1970-1990 ופיתוח מתודולוגיה לחישוב מקדמי הגשם על סמך שינוי שימושי הקרקע בתקופה העוקבת 1990-2010. תוצרי העבודה לשלב זה כוללים בין היתר, מיפוי מקדמי מילוי מגשם והשקיה עדכניים לשנת 2010 לפי תאי יוסום והמלצות לעבודת המשך.

מתודולוגיה ליצירת הקשר בין השינוי בשימושי הקרקע למקדמי המילוי

החוזר

המתודולוגיה לבניית הקשר בין השינויים בשימושי הקרקע באקוויפר החוף בין השנים 1970 ל-1990 ובין 1990 ל-2010, לבין הערכת מקדמי המילוי החוזר באקוויפר החוף גובשה ואושרה בשלב א' של העבודה. מתודולוגיה זו נועדה לבחון מגמות של השפעת שינויים בשימושי הקרקע מעל אקוויפר החוף לאורך תקופות זמן על מקדמי המילוי החוזר לאקוויפר ולבנות כלי חישובי שייתן הערכה כמותית של השינוי במקדמי המילוי החוזר ביחס לשינויים בשימושי הקרקע.

3.1

הנחות העבודה בבסיס המתודולוגיה

1. מקדמי המילוי החוזר של שנות ה-70 (זלינגר וחובריו, 1988; בוטבול, 1977) הם הבסיס בעבודה זו. מקדמים אלו נקבעו בעיקר על סמך (1) שימושי הקרקע ו-(2) סוג הקרקע, וכילו לראשונה בעזרת מודל AQSIM. **בעבודה הנוכחית מניחים כי מקדמים אלו "נכונים" עבור שנות ה-70-80.**
2. העבודה תעסוק בעיקר בקשר בין מקדמי המילוי **מגשם** α לשינויים בשימושי הקרקע על בסיס ההנחה שמקדמים אלו הם המשפיעים ביותר על המילוי החוזר, ביחס למקדמי השקיה. זאת מכיוון שרוב המילוי החוזר לאקוויפר (85-90%) הוא מגשם.
3. שינוי **מקדם ההשקיה** β כתוצאה משינוי שימושי קרקע ברזולוציה של תאי USOM הוא זניח מהסיבות הבאות:
 - **הרזולוציה המרחבית** של תאי USOM אינה מאפשרת לבטא שינויים במקדם ההשקיה, המושפע משינויים ברזולוציה מרחבית של שדה בודד. הגורמים המשפיעים על הערך של מקדם ההשקיה הם שיטת ההשקיה וסוג הגידולים, המשתנים ברמת השדה.
 - מבחינת **הרזולוציה בזמן**, הגורמים המשפיעים על מקדם ההשקיה משתנים בתדירות גבוהה ואין מעקב אחרי שינויים מסוג זה.
 - משתי הסיבות לעיל נובע שלא ניתן להגדיר שינוי ריאלי במקדם ההשקיה ברזולוציה זו.
4. השינוי בשטחים החקלאיים מכתובי מיפוי של האזורים שעבורם המקדם β "מופעל" בחישובים.
5. השינויים במקדם הגשם נותחורק ביחס לשינויים בשטח הבנוי. זאת מכיוון ששינוי בשטח פתוח נובע מהפיכתו לבנוי או חקלאי. שטח חקלאי משפיע על מקדם ההשקיה, בעוד ששטח בנוי משפיע על מקדם הגשם.
6. הנחה של **קשר לינארי** בין השינויים במקדמי הגשם לבין השינויים בשטחים הבנויים. ההנחה היא שעבור כל תא יוסום מקדם השינוי קבוע בזמן.

4. ניתוח כמותי ליצירת קשר בין שינוי בשימושי קרקע למקדמי המילוי החוזר

4.1 יישום המתודולוגיה

המתודולוגיה המוצעת נועדה לבחון השפעת שינויים בשימושי הקרקע מעל אקוויפר החוף על מילוי החוזר לאקוויפר בתקופה ההיסטורית ולפתח שיטת חישוב לחיזוי כמותי של שינויים במקדמי המילוי החוזר כפונקציה של שינויים בשימושי הקרקע.

שלב היישום מתייחס לשני נושאים עקרוניים:

- בדיקת קיום התאמות בין שינויים בשימושי הקרקע לבין שינויים במקדמי מילוי החוזר.
- אימות החישובים לפי המתודולוגיה המוצגת בעבודה זאת ביחס לתוצאות הכיול של המודל האחרון (המודל המאוחד).

בשלב היישום נעשה ניתוח כמותי של שתי קבוצות נתונים:

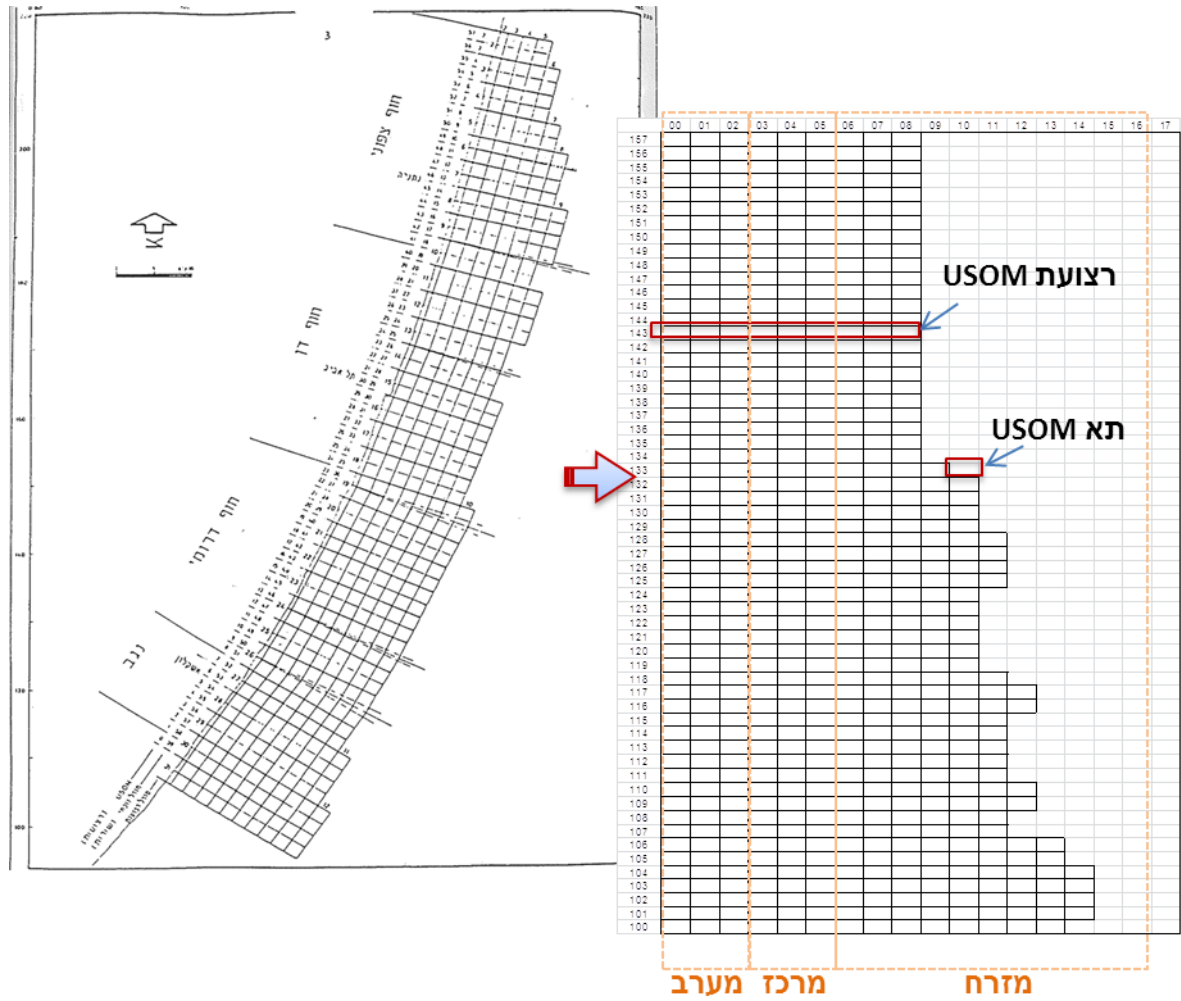
1. ניתוח שימושי קרקע על בסיס מיפוי שימושי קרקע ל-3 נקודות זמן (1970, 1990, 2010).
2. ניתוח מקדמי מילוי החוזר שהינם תוצאה מכיול מודלים שונים של אקוויפר החוף עבור תקופות שונות.

הניתוחים בוצעו על תשתית EXCEL ברזולוציה של תאי USOM (איור 1-4), מתייחסים לשתי תקופות זמן (1970-1990 ו-1990-2010). תהליך יישום של מתודולוגיה כולל:

- חישוב שינוי בשימושי הקרקע בין 3 נקודות זמן אלו לכל תא USOM.
- ניתוח נתונים עבור תקופה 1970-1990
- ניתוח נתונים עבור תקופה 1990-2010



איור 1-4: תשתית EXCEL להצגה מרחבית לפי תאי USOM



4.2 עקרונות הניתוח הכמותי

- הניתוח הכמותי של שינויים בשימושי קרקע מתבסס על העקרונות הבאים:
- שינויים בשימושי קרקע מוצגים ב-% מסה"כ שטח של תא USOM.
- שטח בנוי: הניתוח הכמותי מתייחס לשינוי של "סה"כ שטח בנוי" בלבד ולא מתייחס לתת-סוגים בנפרד. בשלב ניתוח שימושי קרקע במערכת ה-GIS הוגדרו שלושה תת-סוגים של שטח בנוי: "אזור בנוי צפוף", "אזור בנוי מרווח" ו"אזור בנוי", כאשר תחת הקטגוריה "אזור בנוי" הוכנסו שטחים שעבורם אין שיוך חד-משמעי לאחת משתי הקטגוריות הראשונות (בפועל הקטגוריה "אזור בנוי" מכילה בתוכה גם "אזור בנוי צפוף" וגם "אזור בנוי מרווח"). עקב אי-הוודאות הנ"ל, חלוקת השטח הבנוי לתת-סוגים מאבדת את משמעותה.
- שטח חקלאי: הניתוח הכמותי מתייחס לשינוי של "סה"כ שטח חקלאי" בלבד ולא מתייחס לתת-סוגים בנפרד. בשלב ניתוח שימושי קרקע במערכת ה-GIS הוגדרו שני תת-סוגים של

שטח חקלאי: "שטח מושקה" מייצג שטחים חקלאיים מושקים בוודאות ו"שטח מעובד" המייצג שטחים חקלאיים שעבורם אין מידע לגבי השקיה. עקב אי-וודאות הנ"ל, אין משמעות בחלוקת השטח החקלאי לתת-סוגים עבור הניתוח הזה.

- הגדרת שינויים במקדמי α ($\Delta\alpha$). הקשר בין שינויים בשטח בנוי לבין שינויים במקדמי α מוגדר עבור כל תא USOM כשינוי במקדם α ל- 1% של שינוי בשטח בנוי. להלן נוסחה לחישוב עבור התקופה 1970-1990:

$$\Delta\alpha = \frac{\alpha_{90} - \alpha_{70}}{\Delta\text{Build}, \%} \quad (4.1)$$

כאשר ΔBuild מייצג את השינויים המחושבים בשטח הבנוי (ב-% מסה"כ שטח של תא USOM).

- קביעת דיוק של שינויים בשטח הבנוי. בנוסחה 4.1 השינויים במקדמי α מנורמלים בשינוי השטח הבנוי. עבור ערכים קטנים מאוד של ΔBuild , כלומר שינויים קטנים מאוד בשטח בנוי, אפשר לקבל ערכים גדולים מאוד של $\Delta\alpha$. לכן נדרש להגדיר את הדיוק של ΔBuild ולהימנע מחלוקה במספרים קטנים מאוד. באיור 2-4 (א) מוצגים ערכי ΔBuild עבור התקופה 1970-1990 בכל תאי USOM באקוויפר. הערכים המינימליים של השינויים שהתקבלו הינם בסדר גודל של 10^{-9} . כמובן, שערכים קטנים כאלה אינם מציגים שינויים אמיתיים בשטח הבנוי ויכולים לנבוע מרמת הדיוק של הניתוח ועיבוד התמונה במערכת ה-GIS. לכן נשאלת השאלה – מה הוא הערך המינימלי של השינויים בשטח הבנוי שמייצג שינוי משמעותי בשטח? ערך שינוי שיש להתייחס אליו בניתוח ההשפעה על מקדמי הגשם, שאינו מושפע מרזולוציית עיבוד התמונה ב-GIS.

כדי לענות על שאלה זו בוצע הניתוח הבא:

עבור כל אחד מהאזורים באקוויפר; מערב, מרכז ומזרח (המסומנים באיור 1-4), חושב ממוצע $\Delta\alpha$ (נוסחה 4.1) כאשר בכל חישוב נלקח ערך מינימלי שונה עבור שינוי בשטח בנוי, ΔBuild . בשלב הראשון חושב הממוצע עבור כל ערכי ΔBuild בכל התאים (הערך המינימלי הוא 0). בכל אחד מהשלבים הבאים חושב הממוצע רק לתאים בהם השינוי בשטח הבנוי, ΔBuild גדול שווה מערך מינימלי של 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 5%. טבלה 4.1 מסכמת את תוצאות הניתוח.



טבלה 4.1: ממוצע השינוי במקדם הגשם ביחס לשינוי בשטח בנוי עבור ערך מינימלי של

$\Delta Build$, עבור אזורי מערב, מרכז, מזרח האקוויפר

ניתוח מרחבי (1970-1990)			
ממוצע שינוי במקדמי α ל-1% של שינוי בשטח בנוי, $Average(\Delta\alpha)$	מערך מינימלי של שינוי שטח בנוי, ב-%		
	מערב	מרכז	מזרח
= $\Delta Build$	274108.464	25996.772	92836.818
0	0.041	0.074	0.091
0.1	0.029	0.068	0.047
0.5	0.016	0.032	0.035
1	0.015	0.030	0.019
2	0.014	0.021	0.016
3	0.011	0.012	0.008
5			

באיור 2-4 (ב) מוצג גרף הקורלציה בין הערך המינימלי של השינוי בשטח הבנוי לבין הערך הממוצע המחושב של השינוי במקדמי α ל-1% של שינוי בשטח בנוי. טבלה 4.2 מסכמת את ניתוח הקורלציות:

טבלה 4.2: סיכום ניתוח הקורלציה בין ממוצע השינוי במקדם הגשם ביחס לערך המינימלי של השטח

הבנוי בתא USOM

חישוב ממוצע שינוי במקדמי α ל-1% של שינוי בשטח בנוי, $Average(\Delta\alpha)$	ערך מוחלט של $\Delta Build$ מינימלי, ב-% מסה"כ שטח של תא USOM
חלוקה במספר קטן מאוד גורמת לתוצאה שואפת לאין סוף, אין משמעות לערכים כאלה	0-0.1
ערכי הממוצע המחושבים אינם מייצגים את המצב האמיתי, ומושפעים מרמת הרזולוציה שלעיבוד התמונה במערכת GIS	0.1-1.0
ערכי הממוצע מתייצבים ונראה שניתן להשתמש בתוצאות החישוב	1.0-3.0
ניתן להשתמש בתוצאות החישוב ללא מגבלה	>3.0

לסיכום: בעבודה זאת ערך מוחלט של שינוי מינימלי בשטח הבנוי הרלוונטי לניתוח = 1%



איור 2-4: קביעת דיוק של שינויים בשטח הבנוי לשם ניתוח שינויים במקדמי גשם

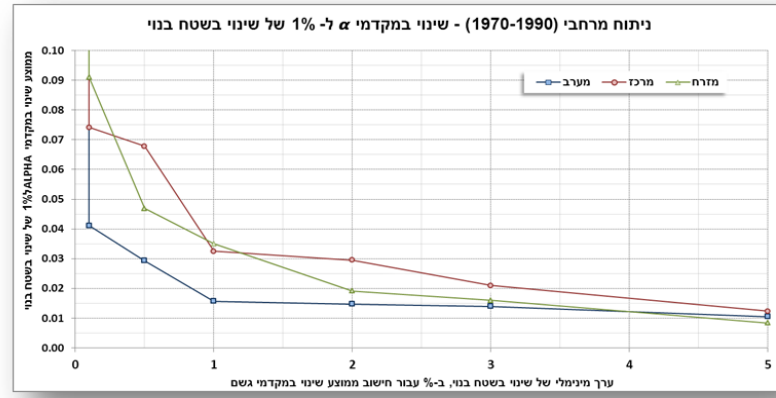
א) שינויים בשטח בנוי בין 1970 ל 1990 בכל תאי יוסום

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
157	11.99%	7.27%	1.17%	5.31%														
158	16.00%	7.71%	4.41%	1.84%				2.81%	2.27%									
159		0.00%	0.00%	0.05%														
154	0.00%	0.00%		6.34%	4.54%	0.00%	9.97%											
153	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.09%	1.96%	0.08%	1.44%										
152	10.26%	2.89%	8.36%	8.80%	11.16%	0.82%	0.89%											
151	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.32%	4.02%	0.00%											
150	0.00%	0.94%	16.14%	21.86%	1.93%			1.84%										
149	4.63%	7.28%	7.79%	6.92%	2.21%	4.66%	0.35%											
148	10.41%	2.50%	0.69%	0.00%	0.00%	0.00%	3.58%	0.89%										
147	3.40%	7.83%	1.34%	9.62%	3.66%	4.02%	16.33%	11.27%										
146	0.00%	4.03%			3.31%	8.71%	0.66%	3.36%										
145	10.80%	0.00%	0.99%	2.05%	7.92%	0.00%	0.66%	3.00%										
144	40.32%	8.15%	1.49%	0.73%	2.89%	2.26%	16.09%	7.88%										
143	1.84%	18.87%	6.22%	6.35%	2.85%	0.00%	0.18%											
142	0.00%	8.69%		8.67%	2.40%	1.56%	12.22%	0.51%										
141	3.10%	4.24%	1.00%	6.41%			11.66%	1.33%										
140	2.83%	2.97%		4.11%	0.00%		0.91%	0.00%										
139	14.87%	4.63%	0.00%	10.15%	2.45%		6.13%	0.00%										
138	0.89%	0.15%	7.74%	15.85%	15.08%	0.00%	6.89%	0.00%										
137	6.64%	18.03%	19.60%	11.71%	13.13%	23.85%	0.66%	1.04%	4.36%									
136	19.83%	6.43%	4.10%	0.41%	2.48%	4.93%	0.49%	1.66%	2.26%									
135	0.08%	1.41%	0.00%	6.72%	8.63%	6.71%	5.28%	6.47%	15.62%									
134	7.41%	21.59%	27.30%	13.96%	1.38%	0.00%	0.57%	0.01%	6.13%									
133	6.38%	8.88%	11.15%	1.96%	7.68%	0.64%	4.81%	2.97%										
132	15.06%	2.17%	0.00%	0.44%	18.89%	0.00%	3.29%	0.00%	6.78%									
131	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.85%	17.96%	0.00%	0.00%	0.00%	2.10%								
130	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	19.20%	26.83%	0.00%	0.00%	3.16%									
129	0.00%	0.42%	4.27%	0.95%	2.29%	22.01%	5.64%	0.00%										
128	0.00%	0.00%	13.26%	0.17%	0.00%	0.00%	3.08%	0.00%	0.00%									
127	0.08%	26.91%	26.79%	37.2%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%									
126	17.29%	29.87%	38.12%	22.04%	7.22%	9.63%	0.00%	0.24%	0.00%									
125		1.95%	0.14%	2.89%	6.63%	7.14%	0.74%	10.37%	14.68%									
124		0.00%	0.00%	3.05%	4.45%	8.17%	6.99%	32.76%	0.00%									
123	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.67%	8.96%	0.15%	0.00%	0.00%									
122	0.00%	0.00%	0.00%	2.96%	0.00%	5.48%	7.06%	2.53%										
121	0.00%	0.00%	7.37%	7.27%	0.00%	3.62%	8.61%	0.00%	0.00%									
120	0.00%	0.00%	11.31%	23.87%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%									
119	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.32%									
118	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.74%	0.02%								
117	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	11.80%	0.00%	4.14%	0.37%	0.00%							
116	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.75%	1.92%	3.74%	6.68%	0.41%	0.00%								
115	0.00%	0.00%	0.00%	1.85%	0.00%	4.02%	0.00%	0.00%	0.00%	1.51%								
114	8.67%	26.47%	0.94%		0.63%	0.01%	0.00%	0.00%										
113	5.85%	4.95%	9.07%	16.91%	0.55%	0.11%	13.72%	0.00%	0.78%									
112	0.01%		6.38%	2.13%	2.15%	4.08%	0.48%	4.44%	1.03%									
111	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.28%	3.17%	3.63%	0.00%	0.00%									
110	0.00%	0.00%	0.00%	0.32%		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%									
109			1.51%	2.82%	7.36%		0.00%	1.67%										
108	3.84%	0.36%	6.82%	8.09%	1.96%	1.53%	1.72%	3.88%	3.16%									
107	42.71%	15.31%	21.26%	8.67%	6.07%	7.88%	6.61%	1.46%	0.18%									
106	25.16%	33.99%	9.61%	9.89%	0.06%			0.93%	0.00%									
105	6.67%	8.38%	0.29%	0.00%	0.34%	6.07%	2.39%	2.56%	0.32%	0.00%								
104	9.78%	2.74%	0.58%	2.29%		1.63%	2.05%	0.90%	2.47%									
103	0.00%	0.00%	0.00%	0.97%	0.84%		0.77%	0.44%	1.00%									
102	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.70%	3.72%	4.39%										
101	0.00%	1.15%	0.01%	23.72%	0.00%	2.26%	8.10%	21.17%	0.00%	0.00%								
100	4.50%	8.16%	21.74%	10.21%	2.97%	4.08%	4.63%		0.00%	0.00%								

שינוי בשטח בנוי ב-%
 מינימלי ✓ $-6.21 \cdot 10^{-5}$
 מירבי ✓ 42.7
 ממוצע ✓ 4.4

(1970-1990)

ב) השפעה של מגבלת השינוי המינימלי בשטח הבנוי על חישוב שינוי מקדם α



לסיכום:
 שינוי מינימלי בשטח הבנוי הרלוונטי לניתוח כ-1%



4.3 ניתוח הקשר בין השינויים בשימושי הקרקע לשינויים במקדמי גשם עבור

התקופה 1990-1970

4.3.1 חישוב שינויים בשימושי קרקע לכל תאי USOM

בהתאם לעקרונות שהוצגו בפרק 4.2 :

1. שינויים בשימושי קרקע מחושבים כ- % מסה"כ שטח של תא USOM לפי נוסחה הבאה :

$$\Delta A[\%] = \frac{A_{90}^i - A_{70}^i}{A_{USOM}} \times 100\%, \quad (4.2)$$

כאשר, i - סוג של שטחים מבחינת שימושי קרקע (שטח בנוי, שטח פתוח ושטח חקלאי).

A_{90}^i - שטח של אזור בתוך תא USOM המייצג סוג i של שימושי קרקע בשנת 1990.

A_{70}^i - שטח של אזור בתוך תא USOM המייצג סוג i של שימושי קרקע בשנת 1970.

A_{USOM} - שטח של תא USOM

2. לצורך הניתוח הכמותי נעשה שימוש רק בערכי $|\Delta A| \leq 1\%$. בתאי USOM בהם התקבלו ערכי $|\Delta A| > 1\%$ נקבע $\Delta A = 0$.

שינויים בשימושי קרקע: בנוי, פתוח וחקלאי, בתקופה 1990-1970 מוצגים באיור 4-3. הגוונים האדומים מצביעים על תאי USOM בהם נצפתה עלייה בשטחים מסוג הספציפי והגוונים הירוקים מצביעים על ירידה.

4.3.2 הצבת מקדם גשם לכל תאי USOM

לצורך חישוב שינויים במקדם גשם α בתקופה 1990-1970 נאספו מקדמים עבור שתי נקודות זמן – 1970 ו-1990 (מוצגים באיור 4-4). להלן פירוט מקורות הנתונים :

1. הצבת מקדם גשם מקורי לשנות ה-70 - רוב המקדמים התקבלו כתוצאת כיוול מודל AQSIM שבוצע ב-1988 ע"י זלינגר וחובי, פרט לקטע אשדוד – ראשון שעבורו נעשה שימוש בתוצאת כיוול של מודל מפורט עבור אזור השפד"ן שבוצע ב-1977 ע"י בוטבול.

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com
תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל" 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com



2. הצבת מקדם גשם מכילים לשנות ה-90 באיור 4-4 מוצגות שתי קבוצות מקדמי גשם שהתקבלו משני מקורות מידע:

- מקור המקדמים המוצגים תחת השם **1990 תהל** הוא כיולי המודלים הרגיונליים שנבנו בתהל של אקוויפר החוף.
- מקור המקדמים המוצגים תחת השם **1990 ג'רבי** הוא הדו"ח של יוחנן ג'רבי, 1992 "כיולו של אקוויפר החוף ונתוני מתאם של מדידת מפלסים בין קידוחים באקוויפר". באיור 4-4 ניתן לראות שהנתונים מג'רבי אינם מכסים את כל שטח האקוויפר. לא כוילו מקדמי גשם בחלק המערבי (2-3 תאי USOM המערביים בכל רצועה) ובחלקים מזרחיים של האקוויפר.

4.3.3 חישוב השינוי במקדמי גשם בין שנות ה-70 לשנות ה-90

שינויים במקדם גשם α חושבו כהפרשי הערך המוחלט של המקדמים בשתי נקודות זמן ($\alpha_{90} - \alpha_{70}$). באיור 4-5 מוצגים השינויים המחושבים עבור שתי קבוצות הנתונים שצוינו בסעיף 4.3.2. הגוונים הירוקים מצביעים על תאי USOM בהם נצפתה עלייה במקדמי גשם והגוונים האדומים מצביעים על ירידה (הפוך לצביעת שינויים בשימושי קרקע).

בנוסף, באיור 4-5 מופיע מיפוי של הפרשים בין שתי קבוצות הנתונים הנ"ל. ההפרשים חושבו כשינוי במקדמי גשם מבוססים על נתוני קבוצת 1990 תהל פחות שינוי במקדמי גשם מבוססים על נתוני קבוצת 1990 ג'רבי. ניתן לראות שבכ-50% מהתאים ישנם הבדלים גדולים (>0.1) בין שתי הקבוצות.



4.3.4 ניתוח כמותי

שינוי בשטח הבנוי הינו הגורם הדומיננטי עבור שינוי במקדמי גשם, לכן הניתוח הכמותי מתעסק בחישוב הקשר בין שינויים בשטח הבנוי לשינויים במקדמי גשם. הניתוח כולל את השלבים הבאים:

1. בדיקת התאמות בין השינויים בשטח הבנוי לבין השינויים במקדמי גשם.

בדיקת התאמות הינה בדיקה איכותית המבוססת על השוואת מגמות שינוי בשטח הבנוי מול השינוי מקדם הגשם ומטרת הבדיקה - איתור תאים מתאימים לניתוח הכמותי. כלומר, באזורים שבהם ישנה עלייה בשטח הבנוי צפויה ירידה בערך של מקדם הגשם וההיפך, ירידה בשטח הבנוי אמורה לגרום לעליית מקדמי הגשם.

הבדיקה נעשתה ברזולוציה של תאי USOM עבור כל קבוצת מקדמי גשם בנפרד (מדובר בשתי קבוצות מקדמי גשם שהוצגו בסעיף 4.3.2 - **תהל 1990** ו-1990 ג'רבי).

לצורך הצגת תוצאות הבדיקה הוגדרו 3 קטגוריות:

מסומן בצבע	הגדרה והערות	רמת התאמה	זיהוי
אפור	אין שינויים בשטח הבנוי ואין שינויים במקדמים, לכן התאים האלה אינם רלוונטיים לניתוח הכמותי.	התאמה	-1
כחול	מגמת שינוי בשטח הבנוי תואמת את מגמת השינוי במקדם, לכן התאים האלה רלוונטיים לניתוח הכמותי.	התאמה	1
וורוד	שינויים בשטח הבנוי אינם תואמים את השינויים במקדמים, לכן לא ניתן להשתמש בתאים האלה לניתוח הכמותי.	אין התאמה	0

באיור 4-6 מופיע מיפוי של תוצאות הבדיקה לפי 3 הקטגוריות. המיפוי מראה:

- נתונים של קבוצת **תהל 1990** מכסים סה"כ 516 תאי USOM בעלי נתונים קיימים. מתוכם 58 תאים בלבד (11%) מכילים נתונים מתאימים לניתוח הכמותי.
- נתונים של קבוצת **1990 ג'רבי** מתייחסים לסה"כ 308 תאי USOM בעלי נתונים קיימים. מתוכם 92 תאים בלבד (30%) מכילים נתונים מתאימים לניתוח הכמותי.



בנוסף, באיור 4-6 מוצג מיפוי מקור הנתונים בתאים הרלוונטיים לניתוח הכמותי. מטרת המיפוי הינה הצגת התמונה המרחבית של פריסת התאים המתאימים לניתוח הכמותי ואיתור חפיפות בין נתוני תהל וג'רבי. לפי תוצאות המיפוי ב-21 תאים קיימת חפיפה בין נתוני תהל וג'רבי, ב-37 תאים מופיעים נתונים של תהל בלבד וב-71 תאים – נתונים של ג'רבי בלבד. כלומר הנתונים המשולבים כוללים 129 תאים (25%) בהם קיימת התאמה בין שינויים בשטח הבנוי לשינויים במקדם הגשם. על מנת לספק מקסימום מידע לניתוח הכמותי הוחלט לאחד את שתי קבוצות הנתונים. בתאים שבהם ישנה חפיפה הוגדר הערך הממוצע.

2. חישוב הקשר הכמותי בין השינויים בשטח הבנוי לבין השינויים במקדמי גשם

כמו שהוגדר בפרק 4.2 (נוסחה 4.1), הקשר הכמותי בין שינויים בשטח בנוי לבין שינויים במקדם גשם מחושב עבור כל תא USOM כשינוי המקדם ל-1% של שינוי השטח הבנוי – $\Delta\alpha$. על בסיס זה חושבו $\Delta\alpha$ עבור שלוש קבוצות נתונים: נתונים של תהל, נתונים של ג'רבי ונתונים משולבים. תוצאות החישובים מוצגות באיור 4-7. השוואת התוצאות בין שלוש קבוצות הנתונים מתייחסת לערכים הממוצעים של $\Delta\alpha$ המחושבים לפי 4 אזורים מסומנים באיור 4-7 (חוף, מערב, מרכז ומזרח). להלן ריכוז התוצאות:

$\Delta\alpha$ - ממוצע לפי אזורים:				מקור הנתונים
מזרח	מרכז	מערב	חוף	
-0.036	-0.032	-0.013	-0.018	1990 תהל
-0.017	-0.029	-0.010	-	1990 ג'רבי
-0.024	-0.033	-0.013	-0.018	1990 משולב

מבחינת השפעה של שינויים בשטח הבנוי על מקדמי הגשם הערכים שהתקבלו מצביעים על המגמות הבאות:

- השפעה נמוכה יחסית נצפתה באזורים המערבים (חוף ומערב)
 - השפעה משמעותית ביותר התקבלה באזור המרכזי
 - באזור המזרחי אפשר להגדיר השפעה בינונית
- כדי לאפשר השוואת תוצאות החישוב עם נתונים של השירות ההידרולוגי חושבו ערכי השינוי במקדמי הגשם בתקופה 1970-1990 ברזולוציה של תאים הידרולוגיים, והם מוצגים באיור 4-8. עבור כל תא הידרולוגי חושב



הממוצע של הערכים הקיימים בתאי ה USOM בתא ההידרולוגי. בצבע וורוד מסומנים תאים שבהם לא התקבלו תוצאות.

3. בדיקת התאמות נוספות

- איור 4-9 מייצג את ערכי ה- $\Delta\alpha$ המשולבים על רקע של מפת רגישות ההידרולוגית ועל רקע של מיפוי המרזבות.

- לצורך ניתוח הקשר בין הרגישות ההידרולוגית לבין $\Delta\alpha$ חושב הערך הממוצע של $\Delta\alpha$ לכל אזור רגישות:

$\Delta\alpha$	רגישות הידרולוגית	
-0.025	לא רגיש	0
-0.026	ביניים	1
-0.027	גבוהה	2

- הערכים הממוצעים שהתקבלו אינם מצביעים על קשר בין $\Delta\alpha$ ורגישות ההידרולוגית של האזור.

- לצורך בדיקת התנהגות של $\Delta\alpha$ בתחומי המרזבות חושבו הערכים הממוצעים של $\Delta\alpha$ עבור שלושה תחומים של השתרעות המרזבות:

$\Delta\alpha$	% שטח המרזבה מסה"כ שטח של תא USOM
-0.010	<10%
-0.024	>=10% and <50%
-0.031	>50%

הערכים הממוצעים שהתקבלו מצביעים על כך שככל שנוכחות המרזבות נרחבת יותר השינויים במקדמי גשם גדולים יותר. זאת בניגוד להנחה ששינויי בינוי מעל מרזבות ישפיעו פחות, עקב חידור מוגבל ומקדם גשם נמוך. כלומר אין התאמה של ערכי $\Delta\alpha$ לתחומי המרזבות.



4. הכנת נתונים לניתוח כמותי עבור התקופה 1990-2010

- שינויים במקדם גשם ל- 1% של שינויים בשטח בנוי ($\Delta\alpha$) שהתקבלו על בסיס הנתונים המשולבים מייצגים את תכונות האקוויפר ברמה סבירה וניתן להשתמש בתוצאות אלה לניתוח הכמותי עבור התקופה 1990-2010.
- יש לשים לב כי כמות ערכי $\Delta\alpha$ מהנתונים המשולבים היא חלקית ותקפה רק לחלק מתאי USOM באקוויפר (איור 4-7). בתאים בהם לא התקבלה התאמה במגמות אין ערך.
- לכן, נעשה בשלב הבא מיצוע ערכי $\Delta\alpha$ לרזולוציה של תאים הידרולוגיים (איור 4.8), והשלמה של הערכים בתאים הידרולוגיים ללא ערך על בסיס נתוני התאים הסמוכים (איור 4-10).
- השלב האחרון של הכנת נתוני $\Delta\alpha$ עבור הניתוח הכמותי לתקופה הבאה כלל הצגה של הערכים ברזולוציה של תאי USOM, כאשר כל תאי ה USOM השייכים לאותו תא הידרולוגי מקבלים אותו ערך של $\Delta\alpha$.
- הערכים הסופיים של $\Delta\alpha$ עבור הניתוח הכמותי לתקופה 1990 – 2010 מוצגים באיור 4-10 ברזולוציה של תאים הידרולוגיים וברזולוציה של תאי USOM.
- מקדמי הגשם עבור שנת 1990 עודכנו על בסיס ערכי $\Delta\alpha$ שהתקבלו ומוצגים באיור 4-11. הערכים חושבו בעזרת הנוסחה 4.3 (מבוססת על נוסחה 4.1):

$$\alpha_{1990} = \alpha_{1970} + [\Delta\alpha * \Delta Build_{(1990-1970)}] \quad (4.3)$$

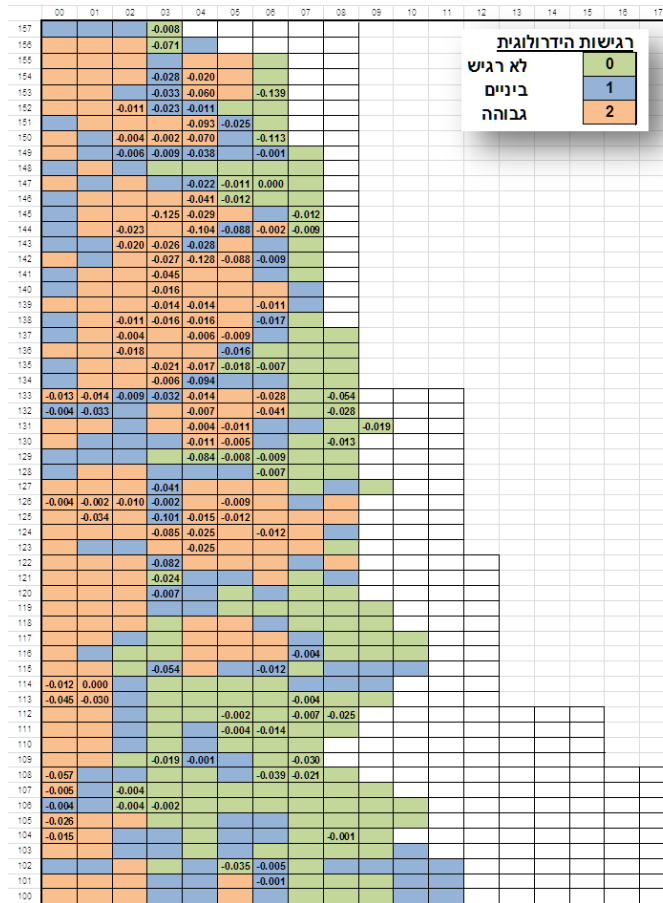
כאשר, $[\Delta\alpha * \Delta Build_{(1990-1970)}]$ מייצגים את השינוי במקדמי הגשם לתקופה 1970-1990. המקדמים המעודכנים ישמשו כתנאי התחלה לניתוח כמותי עבור התקופה 1990-2010.



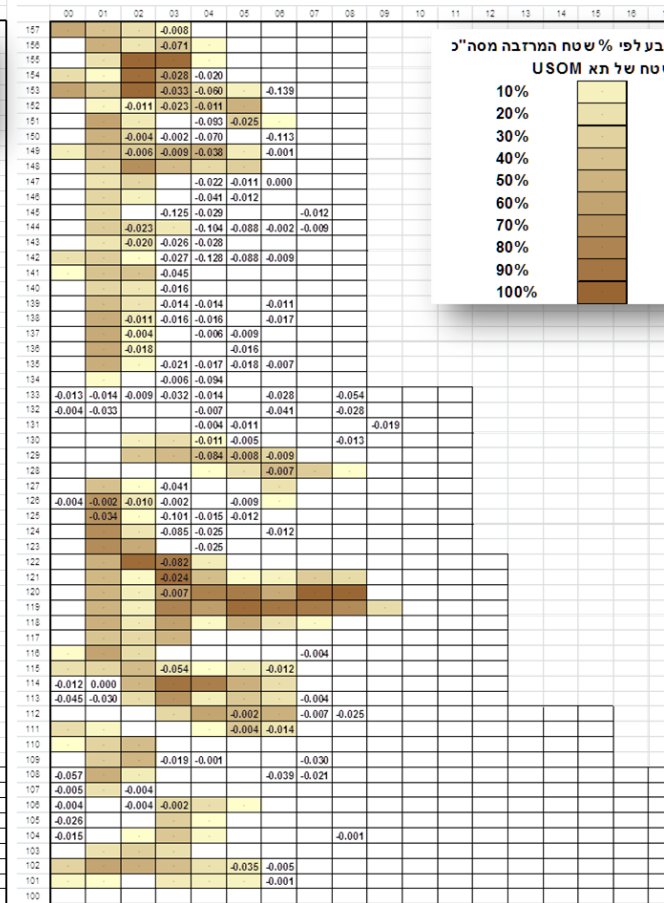
איור 9-4: ערכי $\Delta \alpha$ מעודכנים על רקע של מפת רגישות הידרולוגית ומפת מרזבות

$\Delta \alpha$ מחושב על בסיס נתונים המשולבים עבור תקופה 1970-1990

על רקע של מפת רגישות הידרולוגית



על רקע של מיפי המרזבות



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com
תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל" 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com



איור 11-4: מקדמי גשם מעודכנים עבור שנת 1990

מקדמי גשם α מחושבים עבור 1990

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
157	0.519	0.319	0.150	0.248	0.250													
156	0.598	0.319	0.150	0.379	0.380													
155	0.600	0.390	0.250	0.430	0.430	0.429	0.429											
154	0.620	0.530	0.200	0.499	0.349	0.350	0.346											
153	0.550	0.230	0.290	0.498	0.399	0.400	0.399											
152	0.549	0.220	0.109	0.248	0.366	0.370	0.370											
151	0.520	0.230	0.230	0.220	0.359	0.346	0.350											
150	0.550	0.300	0.218	0.341	0.399	0.350	0.349											
149	0.550	0.250	0.219	0.269	0.360	0.380	0.300	0.300										
148	0.549	0.330	0.180	0.220	0.380	0.270	0.150	0.150										
147	0.400	0.299	0.180	0.178	0.359	0.200	0.199	0.200										
146	0.400	0.349	0.180	0.200	0.398	0.398	0.200	0.199										
145	0.348	0.300	0.220	0.429	0.445	0.370	0.150	0.199										
144	0.592	0.279	0.180	0.340	0.548	0.369	0.145	0.198										
143	0.600	0.546	0.539	0.536	0.598	0.320	0.200	0.200										
142	0.550	0.519	0.500	0.475	0.599	0.310	0.197	0.200										
141	0.549	0.399	0.360	0.476	0.510	0.340	0.147	0.150										
140	0.550	0.400	0.430	0.400	0.500	0.360	0.100	0.100										
139	0.549	0.420	0.400	0.449	0.470	0.400	0.189	0.150										
138	0.550	0.430	0.339	0.408	0.518	0.450	0.329	0.130										
137	0.649	0.448	0.378	0.409	0.499	0.448	0.300	0.150	0.150									
136	0.648	0.439	0.380	0.380	0.420	0.320	0.250	0.180	0.180									
135	0.700	0.500	0.350	0.399	0.379	0.319	0.259	0.259	0.260									
134	0.629	0.456	0.445	0.426	0.500	0.400	0.260	0.260	0.260									
133	0.199	0.199	0.258	0.269	0.438	0.500	0.399	0.400	0.399									
132	0.148	0.180	0.300	0.250	0.344	0.470	0.399	0.400	0.399									
131	0.150	0.150	0.280	0.300	0.294	0.446	0.250	0.150	0.150	0.150								
130	0.200	0.200	0.300	0.330	0.345	0.344	0.200	0.100	0.099	0.100								
129	0.250	0.200	0.249	0.320	0.449	0.396	0.249	0.100	0.100									
128	0.600	0.250	0.247	0.450	0.350	0.300	0.270	0.150	0.150									
127	0.700	0.645	0.415	0.418	0.400	0.330	0.240	0.130	0.130	0.130								
126	0.672	0.655	0.462	0.332	0.339	0.300	0.204	0.210	0.210									
125	0.672	0.718	0.434	0.320	0.355	0.288	0.245	0.249	0.249									
124	0.670	0.700	0.370	0.310	0.370	0.316	0.304	0.247	0.250									
123	0.672	0.754	0.423	0.318	0.360	0.297	0.289	0.216	0.210									
122	0.700	0.650	0.370	0.273	0.302	0.258	0.292	0.210	0.220									
121	0.660	0.670	0.379	0.215	0.215	0.189	0.189	0.146	0.140									
120	0.700	0.705	0.488	0.268	0.189	0.160	0.150	0.140	0.130									
119	0.696	0.678	0.510	0.312	0.199	0.150	0.120	0.130	0.130	0.130								
118	0.694	0.641	0.451	0.264	0.174	0.130	0.120	0.120	0.130	0.130								
117	0.675	0.516	0.387	0.246	0.180	0.110	0.079	0.078	0.100	0.100	0.100							
116	0.600	0.560	0.350	0.200	0.170	0.109	0.080	0.079	0.100	0.100	0.100							
115	0.700	0.600	0.370	0.149	0.190	0.150	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100							
114	0.698	0.605	0.360	0.110	0.130	0.100	0.100	0.130	0.100	0.100								
113	0.748	0.649	0.368	0.145	0.150	0.150	0.150	0.149	0.150	0.150								
112	0.700	0.600	0.389	0.149	0.149	0.149	0.150	0.150	0.150									
111	0.700	0.480	0.360	0.150	0.150	0.090	0.089	0.090	0.100									
110	0.600	0.470	0.350	0.100	0.090	0.070	0.070	0.130										
109	0.750	0.450	0.300	0.200	0.179	0.180	0.200	0.200										
108	0.698	0.350	0.279	0.089	0.090	0.070	0.200	0.199	0.099									
107	0.696	0.449	0.339	0.130	0.080	0.060	0.058	0.070	0.100	0.100								
106	0.597	0.449	0.370	0.130	0.080	0.070	0.070	0.070	0.100	0.100	0.100							
105	0.649	0.450	0.400	0.150	0.090	0.090	0.079	0.069	0.100	0.150	0.150							
104	0.648	0.480	0.420	0.149	0.100	0.089	0.080	0.070	0.110	0.100								
103	0.720	0.600	0.500	0.180	0.180	0.180	0.110	0.080	0.100	0.050	0.050							
102	0.750	0.500	0.400	0.150	0.150	0.149	0.110	0.090	0.080	0.050	0.050	0.050						
101	0.700	0.400	0.350	0.123	0.100	0.049	0.110	0.100	0.090	0.050	0.050	0.050						
100	0.700	0.350	0.279	0.094	0.097	0.049	0.100	0.100	0.100	0.050	0.050	0.050						

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com
 תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל" 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com



4.4 ניתוח כמותי עבור התקופה 1990-2010

4.4.1 הליך הניתוח הכמותי

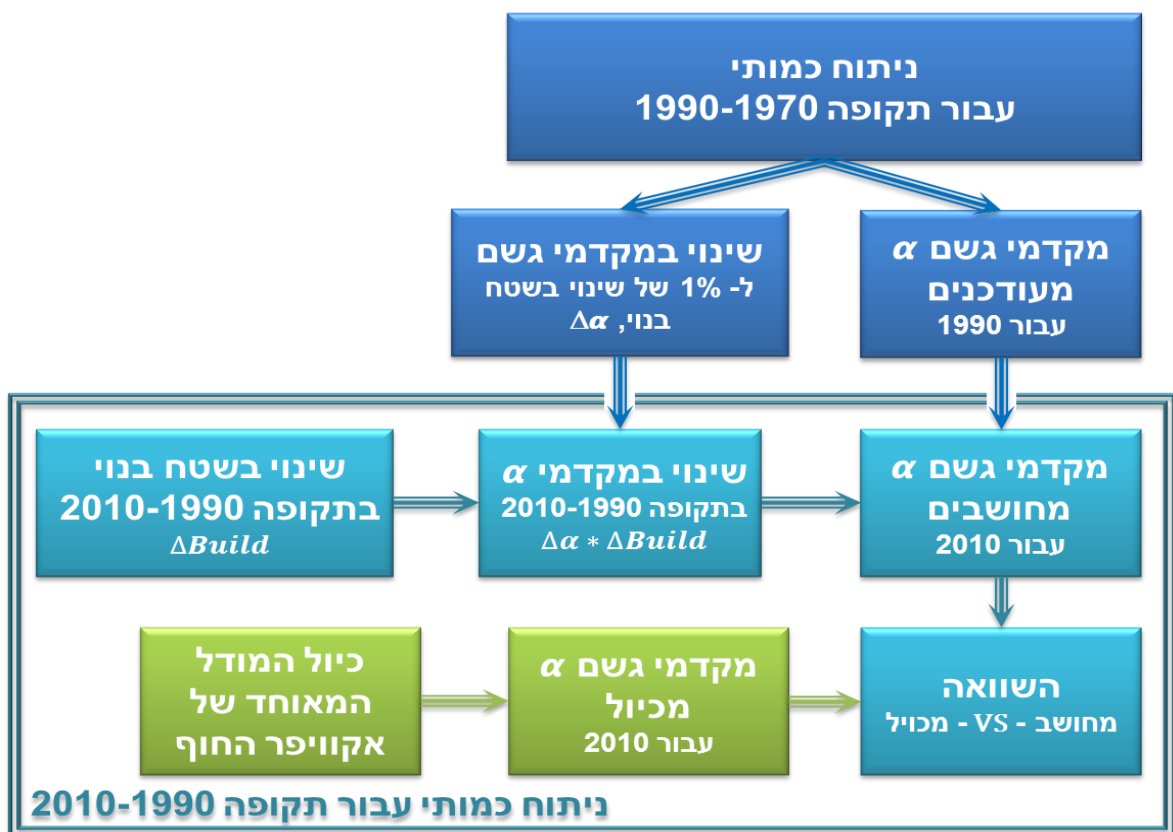
הניתוח הכמותי עבור התקופה 1990-2010 משתמש בשתי תוצאות עיקריות של הניתוח הכמותי עבור התקופה שלפניו 1970-1990:

1. ערכי שינוי במקדם גשם ל- 1% של שינוי בשטח בנוי ברזולוציה של תאי USOM בתקופה 1970 – 1990 (איור 4-10). שימוש בנתונים אלה עבור תקופה 1990-2010 מתבסס על ההנחה שהיחס בין שינוי בשטח בנוי לבין שינוי במקדם גשם אינו משתנה עם הזמן.
2. ערכי מקדמי הגשם המעודכנים עבור שנת 1990 (איור 4-11).

הליך הניתוח הכמותי עבור התקופה 1990-2010 מוצג באופן סכמתי באיור 4-12. החישובים בניתוח זה מסתמכים על נוסחה 4.4:

$$\alpha_{2010} = \alpha_{1990} + [\Delta\alpha * \Delta Build_{(2010-1990)}] \quad (4.4)$$

איור 4-12: סכמה של הליך הניתוח הכמותי עבור התקופה 1990-2010



בהתאם לסכמה הניתוח הכמותי כולל את השלבים הבאים :

1. חישוב שינוי בשטח בנוי בתקופה 2010-1990, $\Delta Build_{(2010-1990)}$
2. חישוב שינוי במקדמי α בתקופה 2010-1990 ע"י הכפלת $\Delta Build_{(2010-1990)}$ במקדם $\Delta\alpha$
3. חישוב מקדמי הגשם α עבור שנת 2010 ע"י נוסחה 4.4.
4. הצבת מקדמי הגשם α שהתקבלו בכיול המודל המאוחד של אקוויפר החוף עבור שנת 2010
5. השוואת הנתונים המחושבים עם תוצאות הכיול

שינויים בשטח הבנוי בתקופה 2010-1990 חושבו לפי העקרונות שהוצגו בפרק

4.2. תוצאות החישוב מוצגות באיור 4-13 ברזולוציה של תאי USOM.

שינויים במקדמי α בתקופה 2010-1990 חושבו כמכפלה של השינויים בשטח

הבנוי בשינויים במקדם גשם ל- 1% של שינוי בשטח הבנוי, כלומר $\Delta\alpha * \Delta Build_{(2010-1990)}$. תוצאות החישוב מוצגות באיור 4-14 ברזולוציה של תאי

USOM. תאים ריקים הם תאים בהם לא היה שינוי בשטח הבנוי בתקופה זו, או

תאים מחוץ לאזור המודל.

מקדמי גשם α המחושבים עבור שנת 2010 חושבו עבור כל תא USOM על סמך

מקדם הגשם המעודכן בשנת 1990 בתוספת שינוי במקדם α בתקופה 2010-1990.

תוצאות החישוב מוצגות באיור 4-15.

מקדמי גשם α שהתקבלו בכיול המודל המאוחד של אקוויפר החוף מוצגים באיור

4-16 ברזולוציה של תאי USOM.



שינויים בשטח הבנוי בתקופה 2010-1990

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
157	8%	10%	13%	2%														
156	5%	22%	14%	7%	12%													
155		29%	16%	20%		6%	4%											
154		8%		33%		18%												
153	7%	9%	4%	12%	11%	12%	17%											
152	-2%	16%	10%	18%	2%	5%	5%											
151	15%	5%	8%	3%	18%		4%											
150	-1%	8%	7%				1%											
149	1%	3%	10%	6%	4%	6%	9%	12%										
148	12%	4%	5%	2%	5%	10%		17%										
147	-6%	11%		5%		3%		7%										
146	3%	15%		9%	42%	4%	15%											
145	7%	11%	11%	27%	30%	5%	21%	23%										
144		24%	33%	2%	7%	19%	18%	23%										
143	18%	28%	9%	5%	19%	10%	6%	8%										
142	20%	41%	23%	11%	32%	4%	17%	19%										
141	7%	11%	8%	13%	5%	9%	19%	29%										
140	3%	10%			10%	4%	3%	14%										
139	2%	7%	2%	10%	11%	2%	12%	32%										
138		16%	14%	7%	14%	16%	33%	15%										
137	-3%			2%		11%	24%	35%	33%									
136	10%	5%	3%	36%	20%	27%	14%	21%	10%									
135	4%	10%	4%	28%		24%	16%	34%	24%									
134	19%	8%	12%	6%	58%	38%	10%	22%	8%									
133	10%	5%	7%	10%	24%	13%	4%	23%										
132		4%	2%	3%	21%	49%		13%	22%									
131	5%				10%	7%	3%	5%	23%	11%								
130	-4%		4%	9%	16%	20%	19%	3%	13%									
129	2%	14%	9%		30%	11%	25%	-2%	10%									
128	4%	4%	4%	4%	25%	34%	39%	18%	30%									
127	8%	10%	20%	7%	22%	3%	3%	15%	22%	33%								
126	7%	21%	46%	25%	17%	5%	16%	16%	8%									
125		5%	41%	53%	31%	22%	55%	23%	24%									
124			11%	12%	30%	23%	33%	22%	17%									
123	5%			6%	31%	26%	18%	14%	15%									
122	3%	1%	2%	4%	26%	11%	21%	28%	15%									
121	6%	6%	9%	21%	16%	11%	9%	23%	36%									
120	10%	5%	2%	26%	8%		7%		1%									
119				15%	6%	2%		14%		12%								
118			5%	8%		3%	16%	8%	14%	27%								
117		21%	7%	10%	7%	7%	26%	29%	3%									
116	8%	12%	16%	13%	15%	2%	22%	12%	3%	10%	5%							
115	16%	5%		13%	22%		23%	10%	13%	5%	12%							
114	13%	45%	39%		7%	-2%	1%			4%								
113	15%	56%	9%	10%		1%	19%	6%	5%									
112	8%	5%	3%	14%	10%	1%	3%	-1%	3%									
111	1%	13%	18%	15%	2%	11%	15%		2%									
110		7%	7%	6%	18%	11%	2%	2%										
109		11%	25%	8%	5%		3%	12%										
108	43%	20%	14%	15%	9%	6%	12%	9%	21%									
107	12%	54%	17%	7%	1%		7%	6%	7%	4%								
106	12%	9%	2%	16%	2%		3%	3%	12%	5%								
105	11%	15%	13%	11%	5%	1%	12%		10%	2%								
104	43%	35%	15%	5%		1%	-2%	9%	4%									
103	37%	16%		3%			4%	6%	3%		-2%							
102	18%	5%	14%	9%	6%		1%				5%							
101	16%	6%	16%	27%	9%	5%	2%	6%	3%	10%		2%						
100		6%	17%	29%	8%	10%	24%	20%	4%		1%	2%						



איור 14-4: שינויים במקדמי α בתקופה 1990-2010

שינויים במקדמי α בתקופה 1990-2010

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
157	-0.0008	-0.0010	-0.0013	-0.0006														
156	-0.0005	-0.0022	-0.0014	-0.0029	-0.0049													
155		-0.0029	-0.0016	-0.0040		-0.0024	-0.0017											
154		-0.0008		-0.0067		-0.0072												
153	-0.0007	-0.0009	-0.0004	-0.0049	-0.0045	-0.0112	-0.0162											
152	0.0002	-0.0016	-0.0010	-0.0076	-0.0006	-0.0044	-0.0049											
151	-0.0015	-0.0005	-0.0008	-0.0010	-0.0071				-0.0036									
150	0.0001	-0.0008	-0.0007						-0.0013									
149	-0.0001	-0.0003	-0.0010	-0.0012	-0.0009	-0.0002	-0.0003	-0.0005										
148	-0.0012	-0.0004	-0.0005	-0.0005	-0.0010	-0.0004		-0.0007										
147	0.0006	-0.0011		-0.0010		-0.0001		-0.0003										
146	-0.0006	-0.0030		-0.0053	-0.0255	-0.0010	-0.0044											
145	-0.0014	-0.0023	-0.0022	-0.0168	-0.0184	-0.0014	-0.0060	-0.0066										
144		-0.0048	-0.0067	-0.0013	-0.0043	-0.0054	-0.0052	-0.0067										
143	-0.0037	-0.0056	-0.0017	-0.0032	-0.0115	-0.0027	-0.0016	-0.0023										
142	-0.0041	-0.0083	-0.0046	-0.0068	-0.0199	-0.0011	-0.0049	-0.0054										
141	-0.0014	-0.0021	-0.0016	-0.0078	-0.0032	-0.0026	-0.0054	-0.0074										
140	-0.0003	-0.0010			-0.0010	-0.0004	-0.0003	-0.0014										
139	-0.0002	-0.0007	-0.0002	-0.0010	-0.0011	-0.0002	-0.0012	-0.0032										
138		-0.0016	-0.0014	-0.0007	-0.0014	-0.0016	-0.0033	-0.0015										
137	0.0003			-0.0002		-0.0011	-0.0024	-0.0035	-0.0033									
136	-0.0010	-0.0005	-0.0003	-0.0039	-0.0020	-0.0027	-0.0014	-0.0021	-0.0010									
135	-0.0004	-0.0010	-0.0004	-0.0028		-0.0024	-0.0016	-0.0034	-0.0024									
134	-0.0019	-0.0015	-0.0023	-0.0020	-0.0182	-0.0076	-0.0021	-0.0043	-0.0016									
133	-0.0010	-0.0010	-0.0015	-0.0031	-0.0074	-0.0026	-0.0007		-0.0045									
132		-0.0007	-0.0005	-0.0011	-0.0066	-0.0097		-0.0025	-0.0044									
131	-0.0005				-0.0031	-0.0014	-0.0006	-0.0009	-0.0047	-0.0022								
130	0.0004		-0.0007	-0.0029	-0.0051	-0.0041	-0.0038	-0.0006	-0.0027									
129	-0.0002	-0.0028	-0.0017		-0.0093	-0.0023	-0.0049	0.0003	-0.0020									
128	-0.0009		-0.0009	-0.0016	-0.0104	-0.0034	-0.0039	-0.0018	-0.0030									
127	-0.0016	-0.0019	-0.0040	-0.0027	-0.0090	-0.0003	-0.0003	-0.0015	-0.0022	-0.0033								
126	-0.0003	-0.0042	-0.0092	-0.0071	-0.0048	-0.0016	-0.0016	-0.0016	-0.0008									
125		-0.0009	-0.0083	-0.0151	-0.0088	-0.0062	-0.0055	-0.0023	-0.0024									
124		-0.0022	-0.0033	-0.0085	-0.0067	-0.0033	-0.0022	-0.0017										
123	-0.0002			-0.0016	-0.0088	-0.0075	-0.0018	-0.0014	-0.0015									
122	-0.0007	-0.0003	-0.0003	-0.0015	-0.0104	-0.0044	-0.0021	-0.0028	-0.0015									
121	-0.0018	-0.0011	-0.0018	-0.0083	-0.0064	-0.0042	-0.0009	-0.0023	-0.0036									
120	-0.0029	-0.0010	-0.0005	-0.0103	-0.0030		-0.0007		-0.0001									
119				-0.0041	-0.0016	-0.0006		-0.0014		-0.0012								
118			-0.0010	-0.0022		-0.0009	-0.0016	-0.0008	-0.0014	-0.0027								
117		-0.0041	-0.0014	-0.0029	-0.0021	-0.0019	-0.0026	-0.0029	-0.0003									
116	-0.0024	-0.0025	-0.0031	-0.0037	-0.0042	-0.0006	-0.0022	-0.0012	-0.0003	-0.0010	-0.0005							
115	-0.0046	-0.0011		-0.0038	-0.0063		-0.0023	-0.0010	-0.0013	-0.0005	-0.0012							
114	-0.0037	-0.0090	-0.0079		-0.0019	0.0005	-0.0001			-0.0004								
113	-0.0044	-0.0112	-0.0018	-0.0030		-0.0004	-0.0019	-0.0006	-0.0005									
112	-0.0022	-0.0009	-0.0006	-0.0040	-0.0028	-0.0004	-0.0003	0.0001	-0.0003									
111	-0.0006	-0.0026	-0.0036	-0.0015	-0.0002	-0.0011	-0.0041		-0.0006									
110		-0.0015	-0.0014	-0.0006	-0.0018	-0.0011	-0.0005	-0.0007										
109		-0.0021	-0.0051	-0.0008	-0.0005		-0.0007	-0.0035										
108	-0.0246	-0.0041	-0.0027	-0.0015	-0.0009	-0.0006	-0.0034	-0.0026	-0.0060									
107	-0.0012	-0.0022	-0.0007	-0.0001	0.0000		-0.0020	-0.0018	-0.0019	-0.0011								
106	-0.0012	-0.0004	-0.0001	-0.0003	0.0000		-0.0008	-0.0010	-0.0035	-0.0015								
105	-0.0011	-0.0006	-0.0005	-0.0002	-0.0001	0.0000	-0.0034		-0.0030	-0.0004								
104	-0.0086	-0.0035	-0.0015	-0.0018		-0.0004	0.0001	-0.0003	-0.0001									
103	-0.0074	-0.0016		-0.0014			-0.0001	-0.0002	-0.0001		0.0001							
102	-0.0037	-0.0005	-0.0014	-0.0035	-0.0024		0.0000					-0.0002						
101	-0.0033	-0.0006	-0.0016	-0.0076	-0.0024	-0.0013	0.0000	-0.0001	0.0000	-0.0001		-0.0001						
100		-0.0006	-0.0017	-0.0083	-0.0024	-0.0028	-0.0003	-0.0002	0.0000		0.0000	-0.0001						

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com
 תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל" 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com



מקדמי גשם α מחושבים עבור 2010

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
157	0.518	0.318	0.149	0.247	0.250													
156	0.598	0.317	0.148	0.376	0.375													
155	0.600	0.387	0.248	0.426	0.430	0.427	0.427											
154	0.620	0.529	0.200	0.492	0.349	0.343	0.346											
153	0.549	0.229	0.290	0.493	0.395	0.389	0.382											
152	0.549	0.218	0.108	0.240	0.365	0.366	0.365											
151	0.518	0.230	0.229	0.219	0.352	0.346	0.346											
150	0.550	0.299	0.218	0.341	0.399	0.350	0.347											
149	0.549	0.249	0.218	0.267	0.359	0.380	0.299	0.300										
148	0.548	0.329	0.180	0.220	0.379	0.270	0.150	0.149										
147	0.400	0.298	0.180	0.177	0.359	0.200	0.199	0.199										
146	0.399	0.346	0.180	0.195	0.372	0.396	0.196	0.199										
145	0.346	0.298	0.218	0.412	0.427	0.369	0.144	0.193										
144	0.592	0.274	0.173	0.339	0.544	0.364	0.140	0.191										
143	0.596	0.541	0.537	0.533	0.587	0.317	0.198	0.198										
142	0.546	0.511	0.495	0.468	0.579	0.308	0.192	0.195										
141	0.548	0.397	0.358	0.468	0.507	0.337	0.141	0.142										
140	0.549	0.399	0.430	0.400	0.499	0.360	0.100	0.099										
139	0.548	0.419	0.400	0.448	0.469	0.400	0.188	0.147										
138	0.550	0.428	0.338	0.408	0.517	0.448	0.326	0.129										
137	0.650	0.448	0.378	0.409	0.499	0.446	0.298	0.146	0.150									
136	0.647	0.439	0.379	0.376	0.418	0.317	0.249	0.178	0.180									
135	0.700	0.499	0.350	0.397	0.379	0.317	0.258	0.256	0.260									
134	0.627	0.454	0.442	0.424	0.481	0.392	0.258	0.256	0.260									
133	0.198	0.198	0.256	0.266	0.430	0.497	0.398	0.400	0.395									
132	0.148	0.179	0.300	0.249	0.337	0.460	0.399	0.397	0.394									
131	0.149	0.150	0.280	0.300	0.290	0.445	0.249	0.149	0.145	0.150								
130	0.200	0.200	0.299	0.327	0.340	0.340	0.196	0.099	0.097	0.100								
129	0.250	0.197	0.247	0.320	0.440	0.394	0.244	0.100	0.098									
128	0.599	0.250	0.246	0.448	0.340	0.297	0.266	0.148	0.147									
127	0.698	0.643	0.411	0.416	0.391	0.330	0.240	0.129	0.128	0.130								
126	0.671	0.650	0.453	0.325	0.334	0.298	0.203	0.208	0.209									
125	0.672	0.717	0.426	0.305	0.347	0.282	0.239	0.247	0.246									
124	0.670	0.700	0.368	0.306	0.361	0.309	0.300	0.245	0.248									
123	0.672	0.754	0.423	0.316	0.351	0.290	0.288	0.215	0.209									
122	0.699	0.650	0.370	0.271	0.292	0.253	0.290	0.207	0.219									
121	0.658	0.669	0.377	0.207	0.209	0.184	0.188	0.143	0.136									
120	0.697	0.704	0.487	0.257	0.186	0.160	0.149	0.140	0.130									
119	0.696	0.678	0.510	0.308	0.197	0.149	0.120	0.129	0.130	0.130								
118	0.694	0.641	0.450	0.262	0.174	0.129	0.118	0.119	0.128	0.130								
117	0.675	0.512	0.385	0.244	0.178	0.108	0.076	0.075	0.099	0.100	0.100							
116	0.598	0.558	0.347	0.196	0.166	0.109	0.077	0.078	0.100	0.100	0.100							
115	0.695	0.599	0.370	0.146	0.184	0.150	0.097	0.099	0.099	0.100	0.100							
114	0.694	0.596	0.352	0.110	0.128	0.100	0.100	0.130	0.100	0.100								
113	0.744	0.638	0.366	0.142	0.150	0.150	0.148	0.148	0.149	0.150								
112	0.698	0.599	0.388	0.145	0.147	0.148	0.150	0.150	0.150									
111	0.699	0.477	0.356	0.148	0.150	0.089	0.085	0.090	0.099									
110	0.600	0.469	0.349	0.099	0.088	0.069	0.069	0.129										
109	0.750	0.448	0.295	0.199	0.179	0.180	0.199	0.196										
108	0.673	0.346	0.276	0.088	0.089	0.069	0.196	0.196	0.093									
107	0.695	0.447	0.338	0.130	0.080	0.060	0.056	0.068	0.098	0.100								
106	0.596	0.448	0.370	0.129	0.080	0.070	0.069	0.069	0.096	0.100	0.100							
105	0.648	0.449	0.399	0.150	0.090	0.090	0.076	0.069	0.097	0.150	0.150							
104	0.639	0.476	0.419	0.147	0.100	0.089	0.080	0.070	0.110	0.100								
103	0.713	0.598	0.500	0.179	0.180	0.180	0.110	0.080	0.100	0.050								
102	0.746	0.499	0.399	0.147	0.148	0.149	0.110	0.090	0.080	0.050	0.050	0.050						
101	0.697	0.399	0.348	0.116	0.098	0.048	0.110	0.100	0.090	0.050	0.050	0.050						
100	0.700	0.349	0.278	0.086	0.095	0.046	0.099	0.100	0.100	0.050	0.050	0.050						

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com
 תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל" 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com



עבור שנת 2010 מכיול המודל המאוחד של אקוויפר החוף מקדמי גשם : איור 4-16

מקדמי גשם α מכיול המודל עבור 2010

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
157	0.52	0.38	0.15	0.20	0.20													
156	0.60	0.32	0.18	0.34	0.46													
155	0.60	0.39	0.50	0.86	0.52	0.43	0.43											
154	0.62	0.53	0.20	0.60	0.42	0.39	0.35											
153	0.55	0.18	0.15	0.50	0.44	0.20	0.20											
152	0.55	0.22	0.02	0.13	0.37	0.19	0.19											
151	0.52	0.18	0.12	0.20	0.43	0.32	0.35											
150	0.55	0.30	0.18	0.35	0.44	0.42	0.42											
149	0.55	0.20	0.18	0.27	0.36	0.38	0.30	0.30										
148	0.55	0.26	0.14	0.22	0.30	0.27	0.15	0.05										
147	0.40	0.24	0.14	0.18	0.36	0.20	0.20	0.06										
146	0.40	0.35	0.18	0.20	0.44	0.56	0.20	0.20										
145	0.35	0.30	0.22	0.43	0.50	0.52	0.15	0.20										
144	0.60	0.28	0.18	0.34	0.61	0.52	0.15	0.20										
143	0.60	0.55	0.54	0.59	0.72	0.45	0.14	0.14										
142	0.55	0.52	0.50	0.48	0.72	0.43	0.14	0.10										
141	0.55	0.40	0.36	0.58	0.61	0.48	0.11	0.11										
140	0.55	0.40	0.43	0.60	0.75	0.50	0.07	0.07										
139	0.55	0.42	0.40	0.68	0.71	0.52	0.13	0.11										
138	0.55	0.43	0.34	0.62	0.78	0.59	0.33	0.13										
137	0.65	0.45	0.38	0.53	0.65	0.45	0.30	0.09	0.08									
136	0.65	0.44	0.38	0.38	0.42	0.32	0.25	0.11	0.09									
135	0.70	0.50	0.35	0.40	0.38	0.32	0.26	0.16	0.13									
134	0.63	0.46	0.45	0.43	0.50	0.40	0.26	0.16	0.13									
133	0.20	0.20	0.26	0.27	0.44	0.50	0.40	0.20	0.20									
132	0.15	0.18	0.30	0.25	0.35	0.47	0.40	0.20	0.20									
131	0.15	0.15	0.28	0.30	0.30	0.45	0.28	0.09	0.08	0.08								
130	0.20	0.20	0.30	0.33	0.35	0.35	0.20	0.10	0.10	0.10								
129	0.25	0.20	0.25	0.32	0.45	0.40	0.30	0.10	0.10									
128	0.60	0.25	0.25	0.45	0.35	0.30	0.27	0.09	0.09									
127	0.70	0.72	0.46	0.42	0.40	0.33	0.24	0.13	0.13	0.13								
126	0.70	0.60	0.47	0.47	0.48	0.45	0.33	0.25	0.25	0.25								
125	0.70	0.55	0.48	0.48	0.48	0.45	0.48	0.39	0.35	0.35								
124	0.75	0.60	0.70	0.40	0.53	0.53	0.39	0.42	0.27	0.27								
123	0.75	0.55	0.41	0.45	0.53	0.50	0.52	0.43	0.18	0.18								
122	0.75	0.60	0.41	0.33	0.53	0.50	0.50	0.47	0.36	0.42								
121	0.75	0.60	0.43	0.25	0.43	0.45	0.23	0.52	0.32	0.32								
120	0.75	0.60	0.56	0.24	0.18	0.16	0.10	0.12	0.25	0.25	0.25							
119	0.75	0.60	0.48	0.27	0.19	0.11	0.10	0.30	0.14	0.14	0.14							
118	0.70	0.50	0.40	0.24	0.18	0.13	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13							
117	0.60	0.60	0.38	0.18	0.18	0.11	0.08	0.10	0.13	0.15	0.20	0.20						
116	0.60	0.56	0.35	0.20	0.17	0.11	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.12						
115	0.70	0.60	0.37	0.15	0.19	0.15	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.20						
114	0.70	0.61	0.36	0.11	0.13	0.10	0.10	0.26	0.20	0.20	0.20	0.20						
113	0.75	0.65	0.37	0.15	0.15	0.15	0.15	0.11	0.15	0.15	0.15	0.15						
112	0.70	0.60	0.39	0.15	0.15	0.15	0.15	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08						
111	0.70	0.48	0.36	0.15	0.15	0.09	0.09	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10						
110	0.60	0.47	0.35	0.10	0.09	0.07	0.07	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10						
109	0.75	0.45	0.30	0.20	0.18	0.18	0.26	0.16	0.13	0.12	0.12	0.10	0.10					
108	0.70	0.35	0.28	0.09	0.09	0.07	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10						
107	0.70	0.45	0.34	0.13	0.08	0.06	0.12	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10						
106	0.60	0.45	0.37	0.13	0.08	0.07	0.07	0.07	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10				
105	0.65	0.45	0.40	0.15	0.09	0.09	0.08	0.07	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15				
104	0.65	0.48	0.42	0.15	0.10	0.09	0.08	0.07	0.11	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10			
103	0.72	0.60	0.50	0.18	0.18	0.18	0.11	0.08	0.06	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05			
102	0.75	0.50	0.40	0.15	0.15	0.15	0.11	0.09	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05			
101	0.70	0.40	0.35	0.13	0.10	0.05	0.11	0.10	0.05	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05			
100	0.70	0.35	0.28	0.10	0.10	0.05	0.10	0.10	0.06	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05				

כיול המודל המאוחד של אקוויפר החוף
כיול לשנים 1975-2006

תהלה מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com

תהלה ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל" 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com



4.4.2 בדיקת התאמות בין מקדמי הגשם המחושבים ותוצאות כיול המודל המאוחד של

אקוויפר החוף

בדיקת ההתאמות נעשתה ע"י חישוב סטייה (ERR) בין מקדמי α המחושבים והמכילים לפי הנוסחה הבאה:

$$ERR[\%] = \frac{\alpha_{\text{מכיל}} - \alpha_{\text{מחושב}}}{\alpha_{\text{מחושב}}} \times 100\%, \quad (4.5)$$

באיור 4-17 מוצגות תוצאות הבדיקה ברמת תאי USOM. להלן סיכום התוצאות:

- בבדיקה השתתפו סה"כ 518 תאי USOM.
- ב-49 תאים (9% מסה"כ תאי USOM) התקבלה סטייה גדולה מ-50%.
- ב-79 תאים (15% מסה"כ תאי USOM) הסטייה נמצאת בתחום בין 20% לבין 50%.
- ב-81 תאים (16% מסה"כ תאי USOM) הסטייה נמצאת בתחום בין 5% לבין 20%.
- ב-309 תאים (60% מסה"כ תאי USOM) התקבלה סטייה קטנה מ-5%.

מסיכום התוצאות רואים שברוב התאים נצפתה התאמה טובה (ב-60% מסה"כ תאי USOM) או מספקת (ב-16% מסה"כ תאי USOM) בין הערכים של α המחושבים על בסיס המתודולוגיה המוצעת לבין הערכים שהינם תוצאת כיול המודל המאוחד.

יחד עם זאת, ב-24% מתאי USOM אין התאמה בין הערכים המחושבים לבין המכילים. ברובו מדובר באזורים של השוליים המזרחיים של אקוויפר החוף, אולם גם במרכז ישנם שלושה אזורים בעלי "אי-התאמה":

- אזור חדרה-קיסריה, אזור חקלאי, קשה לכיול עקב נוכחות של שני גורמים: מפעל החדרה נחלי מנשה ונחל חדרה.
- אזור שרון דרומי.
- אזור ראשל"צ-רחובות במעלה הזרימה משפד"ן.

באיור 4-18 מוצגת מפת הסטיות על רקע של מיפוי מרזבות ועל רקע של מיפוי אזורי רגישות ההידרולוגית. אין קורלציה בין תחום המרזבות והרגישות ההידרולוגית לבין מיקום האזורים בעלי "אי-התאמה".



השוואת מקדמי גשם α עבור 2010 מחושבים – VS – מכיל המודל

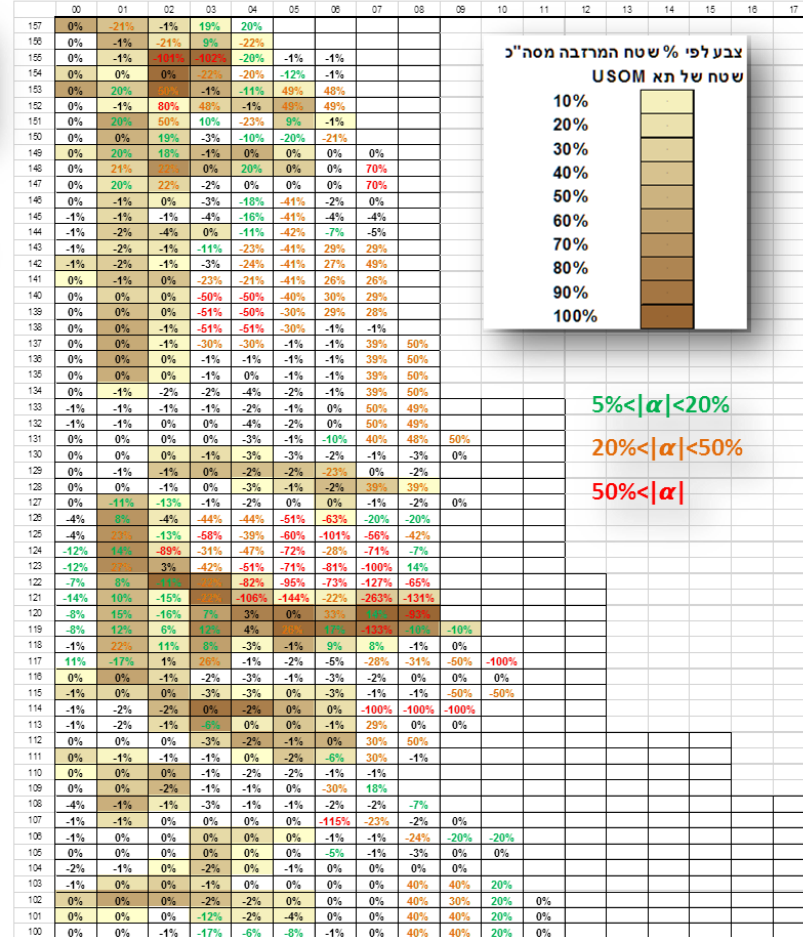
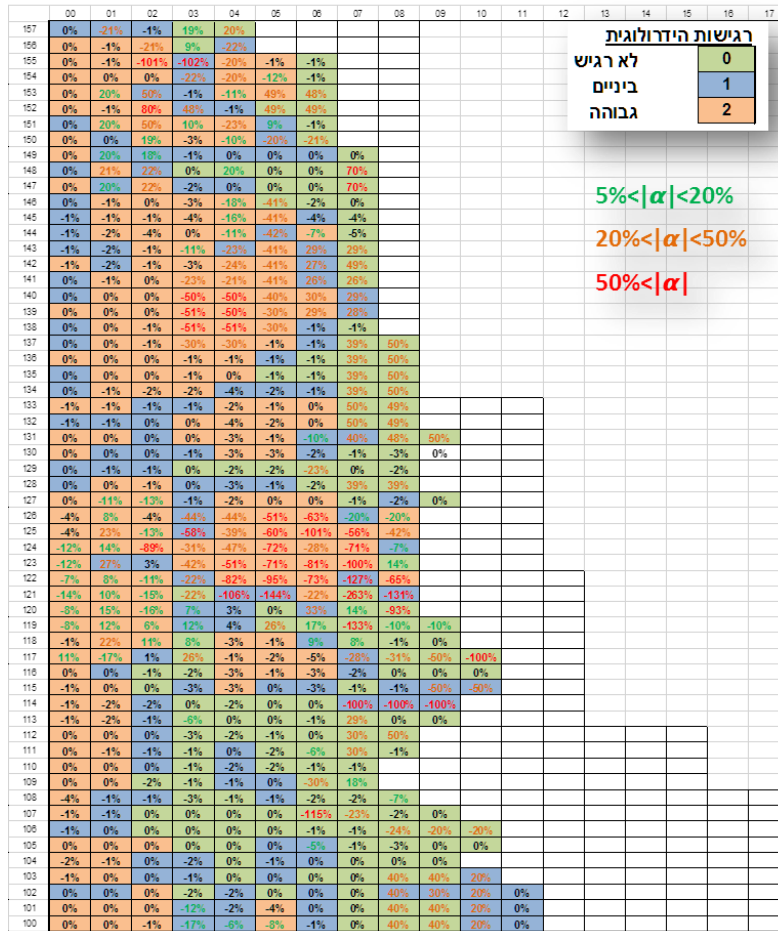
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	
157	0%	-21%	-1%	19%	20%														בנימינה
156	0%	-1%	-21%	9%	-22%														
155	0%	-1%	-101%	-102%	-20%	-1%	-1%												קיסריה
154	0%	0%	0%	-22%	-20%	-12%	-1%												
153	0%	20%	50%	-1%	-11%	49%	48%												חדרה
152	0%	-1%	80%	48%	-1%	49%	49%												
151	0%	20%	50%	10%	-23%	9%	-1%												עמק חפר
150	0%	0%	19%	-3%	-10%	-20%	-21%												
149	0%	20%	18%	-1%	0%	0%	0%	0%											שרון צפוני
148	0%	21%	22%	0%	20%	0%	0%	70%											
147	0%	20%	22%	-2%	0%	0%	0%	70%											שרון דרומי
146	0%	-1%	0%	-3%	-18%	-41%	-2%	0%											
145	-1%	-1%	-1%	-4%	-16%	-41%	-4%	-4%											גוש דן
144	-1%	-2%	-4%	0%	-11%	-42%	-7%	-5%											
143	-1%	-2%	-1%	-11%	-23%	-41%	29%	29%											חולון בת-ים
142	-1%	-2%	-1%	-3%	-24%	-41%	27%	49%											
141	0%	-1%	0%	-23%	-21%	-41%	26%	26%											ראשל"צ
140	0%	0%	0%	-50%	-50%	-40%	30%	29%											
139	0%	0%	0%	-51%	-50%	-30%	29%	28%											רחובות
138	0%	0%	-1%	-51%	-51%	-30%	-1%	-1%											
137	0%	0%	-1%	-30%	-30%	-1%	-1%	39%	50%										יבנה
136	0%	0%	0%	-1%	-1%	-1%	-1%	39%	50%										
135	0%	0%	0%	-1%	0%	-1%	-1%	39%	50%										אשדוד
134	0%	-1%	-2%	-2%	-4%	-2%	-1%	39%	50%										
133	-1%	-1%	-1%	-1%	-2%	-1%	0%	50%	49%										ניצנים
132	-1%	-1%	0%	0%	-4%	-2%	0%	50%	49%										
131	0%	0%	0%	0%	-3%	-1%	-10%	40%	48%	50%									אשקלון
130	0%	0%	0%	-1%	-3%	-3%	-2%	-1%	-3%	0%									
129	0%	-1%	-1%	0%	-2%	-2%	-23%	0%	-2%										גבר עמ
128	0%	0%	-1%	0%	-3%	-1%	-2%	39%	39%										
127	0%	-11%	-13%	-1%	-2%	0%	0%	-1%	-2%	0%									ניר עמ
126	-4%	8%	-4%	-44%	-44%	-51%	-63%	-20%	-20%										
125	-4%	23%	-13%	-58%	-39%	-60%	-101%	-56%	-42%										גבר עמ
124	-12%	14%	-89%	-31%	-47%	-72%	-28%	-71%	-7%										
123	-12%	27%	3%	-42%	-51%	-71%	-81%	-100%	14%										ניר עמ
122	-7%	8%	-11%	-22%	-82%	-95%	-73%	-127%	-65%										
121	-14%	10%	-15%	-22%	-106%	-144%	-22%	-263%	-131%										גבר עמ
120	-8%	15%	-16%	7%	3%	0%	33%	14%	-93%										
119	-8%	12%	6%	12%	4%	26%	17%	-133%	-10%	-10%									גבר עמ
118	-1%	22%	11%	8%	-3%	-1%	9%	8%	-1%	0%									
117	11%	-17%	1%	26%	-1%	-2%	-5%	-28%	-31%	-50%	-100%								גבר עמ
116	0%	0%	-1%	-2%	-3%	-1%	-3%	-2%	0%	0%	0%								
115	-1%	0%	0%	-3%	-3%	0%	-3%	-1%	-1%	-50%	-50%								גבר עמ
114	-1%	-2%	-2%	0%	-2%	0%	0%	-100%	-100%	-100%									
113	-1%	-2%	-1%	-6%	0%	0%	-1%	29%	0%	0%									גבר עמ
112	0%	0%	0%	-3%	-2%	-1%	0%	30%	50%										
111	0%	-1%	-1%	-1%	0%	-2%	-6%	30%	-1%										גבר עמ
110	0%	0%	0%	-1%	-2%	-2%	-1%	-1%											
109	0%	0%	-2%	-1%	-1%	0%	-30%	18%											גבר עמ
108	-4%	-1%	-1%	-3%	-1%	-1%	-2%	-2%	-7%										
107	-1%	-1%	0%	0%	0%	0%	-115%	-23%	-2%	0%									גבר עמ
106	-1%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	-1%	-24%	-20%	-20%								
105	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-5%	-1%	-3%	0%	0%								גבר עמ
104	-2%	-1%	0%	-2%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%									
103	-1%	0%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	40%	40%	20%								גבר עמ
102	0%	0%	0%	-2%	-2%	0%	0%	0%	40%	30%	20%	0%							
101	0%	0%	0%	-12%	-2%	-4%	0%	0%	40%	40%	20%	0%							גבר עמ
100	0%	0%	-1%	-17%	-6%	-8%	-1%	0%	40%	40%	20%	0%							



השוואת מקדמי גשם α עבור 2010 מחושבים – VS – מכיול המודל

על רקע של מפת רגישות הידרולוגית

על רקע של מיפי המרזבות



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com

תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל" 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com



6. מקורות ספרות

מ. בוטבול, 1977. מפעל השבת מי דן (צפון ודרום) - מודל הידרולוגי סיפרתי- הצבה וכיול. דו"ח תהל. 01/77/55.

ג'רבי יוחנן, 1992. כיולו של אקוויפר החוף ונתוני מתאם של מדידות מפלסים בין קידוחים באקוויפר. דו"ח מס' 9 - פרויקט "קוים אדומים" - אקוויפר החוף. השירות ההידרולוגי, דו"ח הידרו/2/1992.

א. זלינגר, מ. לוין, ד. בלנק וש. אברבך, 1988. כיול מודל הסימולציה של אקוויפר החוף ועדכון מאזן המים. תהל. 01/88/45.

רשות המים, השירות ההידרולוגי. 2014. התפתחות ניצול ומצב מקורות המים בישראל עד לסתיו 2012, מדינת ישראל, אוקטובר 2014.

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • אריק איינשטיין 5 אור יהודה 6037505 • www.tahal.com
תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924616 • פקס: 03-6924550 • דוא"ל: Lumelsky-S@Tahal.com

