

האוניברסיטה העברית בירושלים
הפקולטות למדעי הטבע, למדעי החברה, ולחקלאות

דו"ח לוועדת הניטור
על תוכנית הלימודים החדשה
הידרולוגיה ומשאבי מים
למוסמך ולדוקטור

תוכנית הלימודים החדשה נפתחה בשנת 2011. בהתאם להחלטת הוועדה המתמדת של האוניברסיטה, בגמר 3 שנים ראשונות להרצתה, מוקמת וועדה חיצונית לבחינת תוכנית הלימודים. דו"ח זה מוגש לוועדה לקראת התכנסותה הראשונה. הדו"ח נערך לפי התבנית המקובלת באוניברסיטה להערכה עצמית.

נכתב ע"י
פרופ' חיים גבירצמן, יו"ר התוכנית

1. חזון התוכנית:

1.1. מטרת תוכנית הלימודים

המטרה היא ליצור ידע מחקרי, לקיים הוראה איכותית, ולהכשיר אנשי מקצוע בתחום ההידרולוגיה ומשאבי המים. הבעיות בתחום זה הולכות ומחריפות בכל העולם, כולל ישראל. תוכנית הלימודים החדשה נבנתה באופן אינטגרטיבי, במטרה להקנות לתלמידים ידע בכל התחומים הקשורים במישרין ובעקיפין להידרולוגיה ולמשאבי המים. לפיכך, ההכשרה המקצועית כוללת קורסים בכל מקצועות היסוד של מדעי הטבע, ובתחומי המחקר המשיקים: גיאולוגיה, חקלאות, גיאוגרפיה, מדעי האטמוספירה, ומדעי הסביבה.

1.2. ההיסטוריה של התוכנית

תוכנית לימודים בהידרולוגיה הייתה קיימת באוניברסיטה העברית בירושלים לפני יובל שנים, בראשותו של פרופ' ליאו פיקרד, ובה התחנכו מרבית ההידרולוגים הוותיקים שגילו את מקורות המים בישראל ופתחו את מערכות ההפקה. ברם, תוכנית הלימודים נקלעה לשני משברים. הראשון היה המעבר של מרבית חוקרי מי התהום בסוף שנות השבעים (של המאה ה-20) מהפקולטה למדעי הטבע בירושלים אל הפקולטה לחקלאות ברחובות. השלב השני היה בראשית שנות התשעים, כאשר חוקרי הגיאוגרפיה הפיסית עברו מגבעת רם להר הצופים (ובכללם המורים להידרולוגיה של מים עיליים). פיזור אנשי הסגל וחוסר שיתוף הפעולה פגעו במחקר, בהוראה ובהכשרה המקצועית של שלוש הקבוצות. לדוגמא, במחלקה לגיאולוגיה שנותרה בגבעת רם, לא התקיימו קורסים בהידרולוגיה בין השנים 1978-1992. באותה התקופה הידרדרו לימודי ההידרולוגיה ונפגעה ההכשרה המקצועית בכל המוסדות האקדמיים בארץ¹ עקב צמצום הפיתוח הטכנולוגי². היו שטענו שהאקדמיה בישראל הידרדרה עד כדי "אנורקסיה הידרולוגית"³ שלא ניתן להחלים ממנה. אולם, הפריחה הנוכחית מלמדת שתחזית זו הייתה קודרת מדי.

מקצוע ההידרולוגיה "קם-לתחייה" באוניברסיטה העברית בירושלים, עקב קליטת דור חדש של מדענים. החוקרים החדשים יזמו שיתוף פעולה מחקרי, ויצרו חיבור בין חמש קבוצות: 1. חוקרים מהמכון למדעי כדור הארץ בפקולטה למדעי הטבע, שעוסקים בהידרו-גיאולוגיה, בהידרולוגיה של מי תהום, גיאוכימיה של מים, גיאומורפולוגיה, אטמוספירה, פיסיקה של עננים, וגשמים, 2. חוקרים מהמחלקה לקרקע ומים בפקולטה לחקלאות, שעוסקים בקרקעות, השקיה ודישון, זיהומי מים, טכנולוגיה של טיפול במים ושפכים, וכלכלת מים, 3. חוקרים מהמחלקה לגיאוגרפיה בפקולטה למדעי החברה, שעוסקים בהידרולוגיה של מים עיליים, ניהול משאבי מים, ובמטאורולוגיה, 4. חוקרים מהמכון הגיאולוגי בירושלים שעוסקים בהידרו-גיאולוגיה, גיאוכימיה, מדידות שדה, ומודלים ממוחשבים של תנועת מי תהום ומזהמים, 5. חוקרים ממכון וולקני בבית דגן שעוסקים בקרקעות, השקיה ודישון, ובפיתוח כלי מדידה בשדה. החיבור המקצועי בין החוקרים בשלוש הפקולטות של האוניברסיטה העברית ובשני מכוני המחקר הממשלתיים הביאו בשנת 2011 לפתיחתה של תוכנית הלימודים החדשה בהידרולוגיה ומשאבי מים.

¹ מרכזו אברהם ודגן גדעון, 1995, מדיניות לקידום המחקר והפיתוח ההידרולוגי במדינת ישראל, משרד המדע.

² הרפז יואב, 1996, בחינה והצעות לשיפור היישום של מחקרים במשק המים, נציבות המים.

³ רוזנטל אליהו, 1998. אנורקסיה הידרולוגית, הדסות מים, 36: 41-44.

1.3. השתלבות התוכנית בחזון האוניברסיטה

האוניברסיטה העברית בירושלים הוקמה בשנת 1925 כחלק מתהליך התחייה הלאומית, במטרה לחדש את היצירה היהודית בארץ ישראל, בכל תחומי המדע והתרבות. בהתאם לכך, תוכניות לימודים חדשות נפתחות באוניברסיטה העברית בהתאם למגמות העולמיות ולפי הצרכים המקומיים המתחדשים. במסגרת זו הוקמה גם התוכנית להידרולוגיה ומשאבי מים, בכדי להכשיר אנשי מקצוע שיוכלו להתמודד עם המחסור הגלובלי במים, ובכללו במשבר המים בישראל.

1.4. השוואה לתוכניות לימוד באוניברסיטאות אחרות

בטכניון בחיפה ובאוניברסיטת בן-גוריון בנגב קיימות תוכניות לימודים בתחום ההידרולוגיה ובמשאבי המים. במכון ויצמן, באוניברסיטת תל-אביב, באוניברסיטת בר-אילן, באוניברסיטת חיפה, ובאוניברסיטה באריאל אין תוכניות לימוד ייעודיות בתחום זה.

בטכניון, בפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, עוסקים חוקרים רבים בנושא המים. חוקרי הטכניון עוסקים בעיקר בפיתוח מערכות הפקה ואספקה של מים, ניהול מאגרי מים, פיתוח מערכות טיפול במים, ופיתוח שיטות התפלה של מים, ובהגנת הסביבה. הדגש המחקרי בטכניון הוא כמובן הנדסי-טכנולוגי, ובהתאם לכך גם תוכנית הלימודים מתמקדות בהנדסה ובטכנולוגיה. תוכנית לימודים זו שונה לחלוטין מהתוכנית באוניברסיטה העברית.

באוניברסיטת בן-גוריון קיימות שתי קבוצות העוסקות בהידרולוגיה: הראשונה במחלקה לגיאולוגיה וסביבה בפקולטה למדעי הטבע בקמפוס הראשי בבאר-שבע, והשנייה במכון צוקרברג לחקר המים בקמפוס בשדה בוקר. החוקרים באוניברסיטת בן-גוריון עוסקים בעיקר בהידרוגיאולוגיה, גיאוכימיה, פיתוח מודלים ממוחשבים, איכות מים, וטיפול במים. תוכנית לימודים ייעודית בהידרולוגיה ומשאבי מים קיימת בקמפוס שדה בוקר. באופן עקרוני היא דומה לתוכנית הלימודים באוניברסיטה העברית, אם כי היקף הלימודים מצומצם יותר.

הבעיה המרכזית הקיימת בכל המוסדות האקדמיים בארץ היא שבכל מוסד קיימת קבוצת חוקרים קטנה, בהשוואה לסטנדרטים המקובלים באוניברסיטאות בחו"ל, ולכן החוקרים מתמקדים במקצת התחומים ולא בכולם. עקב מצבת כוח האדם המצומצמת, הקורסים הניתנים בכל אחד מהמוסדות לא מקיפים את כל התחומים הדרושים לקבלת הידע המלא בתחום. בכדי להתגבר על בעיה יסודית זו, תוכנית הלימודים בהידרולוגיה ומשאבי מים באוניברסיטה העברית בירושלים התגבשה ע"י חיבור של חוקרים משלוש פקולטות ומשני מכוני מחקר ממשלתיים, באופן שהקורסים יקיפו את מירב התחומים. בדרך זו התלמידים לומדים קורסים מתקדמים במקצועות היסוד של מדעי הטבע (מתמטיקה, פיסיקה, כימיה וביולוגיה), קורסים מתקדמים בהידרולוגיה ומשאבי מים (חומר תיאורטי, עבודת מעבדה ומחקר בשדה) קורסים מתקדמים במקצועות הנושקים (גיאולוגיה, מטאורולוגיה, חקלאות, גיאוגרפיה ומדעי הסביבה), וכן קורסים בנושאים משלימים (תכנון עירוני, כלכלת מים ומשפט המים). אין היום בארץ אף מוסד אקדמי המעניק תוכנית לימודים מקיפה בהידרולוגיה ומשאבי מים כמו התוכנית הנוכחית. יחד עם זאת, יש להסתייג, מכיוון שבתוכנית הלימודים הנוכחית אין קורסים מספיקים בנושאים הנדסיים-טכנולוגיים, וקיימות חולשות אחרות (כפי שיפורט בהמשך).

1.5. התוכנית בהשוואה לצרכי משק המים בישראל ובעולם

מדינת ישראל התמודדה במשך עשרות שנים עם משבר מים חריף, עקב התנאים האובייקטיביים: אקלים חצי-מדברי השורר בה, מקורות המים טבעיים מוגבלים בכמותם, צפיפות אוכלוסייה גבוהה, והגידול המתמיד בצריכה. התמודדות זו הביאה את מדינת ישראל לפיתוח יכולות מדעיות-טכנולוגיות גבוהות ביותר, וליכולת התמודדות עם בעיות במגוון רחב של תחומים. הרפורמה הארגונית-כלכלית-משפטית שהתרחשה במשק המים בשנים האחרונות הביאה את ישראל למעמד יחיד בעולם שבו למרות התנאים האובייקטיביים הקשים, המים מסופקים לכל הצרכנים בכמות ובאיכות הרצויות וברמת אמינות גבוהה. כיום, ישראל נמנית בין המדינות המובילות בעולם בנושא ההידרולוגיה ומשאבי המים, ובכללו בתעשיית ה-Clean-tec⁴, וחברות הזנק ישראליות רבות מייצאות ידע ומוצרים לכל העולם.⁵

בניגוד לישראל, בעיית המחסור במים הולכת ומחריפה בעולם: למיליארד בני אדם אין גישה למים, ולשני מיליארד בני אדם אין מערכות ביוב. במדינות בהם יש מים בברזים – הם אינם ראויים תמיד לשתיה מבחינה בריאותית (לפי הסטנדרטים המקובלים). אסונות טבע והתפרצות מגפות מתרחשות בעולם השלישי בשל המים. ההתחממות הגלובלית צפויה להגביר את התרחשות האירועים הקיצוניים (שיטפונות, יובש, וכד'). המצב ילך ויחמיר בעתיד בשל תהליך האורבניזציה המואץ. מציאות זו מאתגרת, והידע הקיים בישראל יכול להועיל לאנושות.

משום כך, קיים ביקוש למומחי מים בכל העולם, והפוטנציאל התעסוקתי של בוגרי התוכנית כולל את מוסדות המחקר והפיתוח. אנשי מקצוע רבים דרושים (בארץ ובחו"ל) לחברות העוסקות בהפקת מים, באספקת מים, בטיפול בזיהומי מים, בפיתוח שיטות טיפול במים שוליים, בפיתוח שיטות להתפלת מים מלוחים, בתכנון וניהול משאבי מים, בחיזוי שיטפונות והערכת סיכונים, בפיתוח תעשיית הקליין-טק, ובהגנת הסביבה. בוגרי התוכנית יוכלו להשתלב במערכת האקדמית, ברשויות המים השונות, בחברות ייעוץ, בתעשייה ובחברות הזנק חדשות.

למרות ההישגים הרבים, משק המים הישראלי עומד בפני אתגרים גדולים, ועל המערכת האקדמית להתכונן לבאות. להלן מספר דוגמאות: השפעת תעלת הימים על ים המלח וסביבתו, השפעת מיקרו-מזהמים אורגניים המצויים במי השפכים המושבים להשקיה על היבולים החקלאיים ועל הבריאות, פיתוח שיטות זולות להתפלת מי ים ולטיפול במים שוליים, פיתוח וניהול תשתיות מים בטכנולוגיות הי-טק ובחישה מרחוק, חיזוי מטאורולוגי והתרעה בזמן אמיתי לשיטפונות בזק, ניצול יעיל יותר של מי שיטפונות, ואולי אף ייצוא מים למדינות שכנות. האקדמיה צריכה להכשיר כוח אדם מקצועי צעיר שיוכל להתמודד עם אתגרים אלו ואחרים.

1.6. סיכום ביניים: רוח והפסד מקיום התוכנית

תוכנית הלימודים בהידרולוגיה ומשאבי מים הייתה חסרה במשך עשרות השנים, הן מבחינה אקדמית והן מבחינת צרכי משק המים, וחבל שנפתחה כל-כך מאוחר. תוכנית הלימודים באוניברסיטה העברית היא המקיפה ביותר בהשוואה לתוכניות הלימודים האחרות הקיימות בארץ.

⁴ <http://www.moital.gov.il/NR/exeres/673CBDAE-4931-4088-912A-4F12007749E4.htm>

⁵ <http://www.watec-israel.com>

2. מבנה ארגוני

2.1. בעלי תפקידים

יושב ראש התוכנית הוא פרופ' חיים גבירצמן מהמכון למדעי כדור הארץ. הוועדה האקדמית של התוכנית מורכבת משלושה נציגים – אחד מכל פקולטה. היושב ראש הנוכחי הוא נציג הפקולטה למדעי הטבע, פרופ' משה שנקר הוא נציג הפקולטה לחקלאות, ופרופ' אפרת מורין היא נציגת הפקולטה למדעי החברה.

2.2. קבלת החלטות

יושב ראש התוכנית, בהתייעצות עם מנחי הסטודנטים, אחראי על קבלת תלמידים, קביעת היקף לימודי ההשלמה (במידה ונדרשים), אישור תוכניות הלימודים לסטודנטים ואישור שינויים בתוכנית, מינוי וועדות מלוות לכל אחד מהסטודנטים למוסמך ודוקטור, וחלוקת מלגות. כמו כן, היו"ר אחראי על הקשר עם המכון למדעי כדור הארץ, הפקולטה למדעי הטבע והנהלת האוניברסיטה, אחראי על עבודת המזכירות, ומטפל בבעיות שוטפות של הסטודנטים.

הוועדה האקדמית אחראית על קביעת תוכנית הלימודים, ארגון ימי עיון וכינוסים, וקבלת החלטות אדמיניסטרטיביות עקרוניות.

לכל סטודנט למוסמך ודוקטור מתמנית וועדה-מלווה בת 2-3 חברים (מעבר למדריכים) מקרב מורי התוכנית, והיא אחראית לאשר (או לדרוש שינויים) את הצעת המחקר, לבחון את הסטודנט על התזה, ולתת את הציון הסופי. אחד מתוך חברי הוועדה המלווה מתמנה ליושב ראש הוועדה, ועליו להגיש דו"ח על ישיבות הוועדה ועל הציונים.

2.3. מינוי ראש התוכנית

יושב ראש התוכנית מתמנה לקדנציה של 3 שנים. היו"ר הראשון יזם את פתיחת תוכנית הלימודים והתמנה בהסכמה. יושבי הראש הבאים יתמנו בהסכמה או בהצבעה. לאחר התייעצות ראשונית מסתבר, שלתפקיד היו"ר הבא תתמנה פרופ' אפרת מורין.

2.4. סגל מנהלי

הגב' מגי פרקין משמשת כמזכירת התוכנית. היא מבצעת את התפקיד הזה בנוסף לתפקידה כמזכירת כל תוכניות הלימודים האחרות במכון למדעי כדור הארץ (שתי תוכניות לתואר ראשון - גיאולוגיה ואטמוספירה, ושלוש תוכניות לתארים שני ושלישי - גיאולוגיה, אטמוספירה ואוקיינוגרפיה).

2.5. סיכום ביניים: חזקות וחולשות של המבנה הארגוני

תוכנית הלימודים החדשה נפתחה ללא תקציב (לפי החלטת הוועדה המתמדת של האוניברסיטה משנת 2010). בשלב הנוכחי המערכת האדמיניסטרטיבית הקיימת במכון למדעי כדור הארץ מריצה את התוכנית באופן שוטף על חשבונה. כמובן, החוסר בתקציב אינו מאפשרת פיתוח.

תהליך נוסף המתקיים באוניברסיטה עשוי להשפיע על המבנה הארגוני של התוכנית. בשנת 2012 נפתח בית הספר המתקדם ללימודי סביבה. לבי"ס זה צורפו תוכניות הלימודים בנושא הסביבה הקיימות בשלוש הפקולטות הנידונות. השאלה העומדת על הפרק היא: האם תוכנית הלימודים בהידרולוגיה ומשאבי מים צריכה להצטרף לביה"ס החדש? אם כן - האם יש צורך במערכת אדמיניסטרטיבית נפרדת? אם התוכנית תהיה עצמאית - מהי המערכת האדמיניסטרטיבית הדרושה? הנהלת האוניברסיטה תצטרך לקבל החלטה בנושא זה, על סמך המלצה של וועדת הניטור.

3. תוכנית הלימודים:

3.1. דרישות מקדימות

כל סטודנט המצטרף לתוכנית צריך להיות בעל רקע בסיסי (מהתואר הראשון) במקצועות היסוד הדרושים ללימודי ההידרולוגיה ומשאבי המים. הדרישות המקדימות כוללות את הקורסים בטבלה הבאה. לימודי השלמה נדרשים כאשר אחד (או יותר) מהקורסים חסרים. לימודי ההשלמה יכולים להתבצע במקביל לקורסי החובה לתואר מוסמך. אולם אם יש צורך בהשלמות רבות, יתכן ויידרש סמסטר אחד להשלמות, לפני תחילת הלימודים.

שם הקורס	נ"ז
מתמטיקה	5
פיסיקה-מכניקה	5
מבוא לביולוגיה - התא החי	3
מבוא לאקלים	3
כדור הארץ הדינמי	4
הידרולוגיה של מי תהום	3
מדעי הקרקע	3
תכנות	4
סטטיסטיקה	4

3.2. הקורסים שבתוכנית

הדרישה לתואר מוסמך מחקרי, כמו בכל יתר החוגים במדעי הטבע באוניברסיטה, היא 32 נקודות זכות. הסטודנט חייב לקחת 7 קורסים והם מזכים ב 19-21 נ"ז (תלוי אם הוא לומד בירושלים או ברחובות). הסטודנט חייב להשלים ל 32 נ"ז מתוך רשימת קורסי הבחירה.

הטבלה דלהלן מורכבת משלושה חלקים: הראשון הוא רשימת קורסי החובה (עם מספר חלופות), השני הוא רשימת קורסי הבחירה בירושלים, והשלישי הוא רשימת קורסי הבחירה ברחובות. שבעת קורסי החובה צריכים להילקח מהרשימה הראשונה באופן הבא: שני הקורסים הראשונים שברשימה, ואחד מתוך כל זוג קורסים חליפיים בהמשך הרשימה. לפיכך, קורסי החובה כוללים קורסים בהידרולוגיה עילית, סמינר, תהליכי הסעה, שיטות נומריות, שיטות שדה, סיור לימודי, וטיפול במים.

מס הקורס	שם הקורס	נ"ז	סמסטר	מרצה	תשע"א	תשע"ב	תשע"ג
	חובה						
40701	הידרולוגיה של מים עיליים: תהליכים ומודלים	3	א	פרופ' אפרת מורין			לא
68800	סמינר בהידרולוגיה	2	ב	פרופ' חיים גבירצמן			
70875	תהליכי הסעה במי תהום	3	א	פרופ' חיים גבירצמן	לא		לא
71918	תנועת מומסים בקרקע	4	ב	פרופ' רוני וולך		לא	לא
70865	שיטות נומריות במדעי כדור הארץ	3	א	פרופ' חיים וד"ר עימנאל			
71980	שיטות נומריות	3	א	ד"ר יהודית ריבלין		לא	
68804	שיטות שדה בהידרולוגיה של מי תהום	2	א	ד"ר יוסי יחיאלי		לא	לא
40730	שיטות שדה בהידרולוגיה עילית	2	א	ד"ר תמיר גרודק			לא
89400	סיור לימודי לים המלח	3	ב	פרופ' חיים גבירצמן			
89301	סיור לימודי לאגן הכינרת	3	ב	פרופ' חיים גבירצמן			
71930	השקיה בקולחים והשלכותיה הסביבתיות	3	ב	ד"ר חורחה טרצ'יצקי		לא	
71130	טיפול במים ובקרת איכותם	4	ב	פרופ' אבנר עדן	לא	לא	לא
מס הקורס	שם הקורס	נ"ז	סמסטר	מרצה	תשע"א	תשע"ב	תשע"ג
	ירושלים						
70570	שיטות שדה בחקר הרביעון	5	א	פרופ' יהודה אנזל		לא	
70511	יישומי ג'י.איי.אס במדעי כדור הארץ	3	א	מר עדי בן-נון			
70555	מבוא למדידות גיאומטריות	1	א	פרופ' בועז לזר			לא
70365	מבוא לסטרטיגרפיה	3	ב	ד"ר זוהר גבירצמן			
82850	חישה מרחוק סביבתית	3	ב	ד"ר קרן הספל-ארליך			
76628	לכדוה"א MATLAB תכנות גאווה ו	4	שנתי	מר רועי כנעני			
70515	משאבי המים בישראל	3	א	פרופ' חיים גבירצמן			
70324	גיאומייה של מי תהום	3	א	פרופ' בועז לזר			
40697	ספלאולוגיה: תהליכים וסובב במערות	4	א	פרופ' עמוס פרומקין		לא	לא
89847	תהליכים כימיים וגיאומימיים	2	א	פרופ' עובדיה לב		לא	
40478	פתוח מודלים למערכות סביבתיות	3	א	פרופ' אפרת מורין			לא
82825	שימוש מכ"ם במטאורולוגיה	2	ב	פרופ' דני רוזנפלד		לא	
40461	מבוא למטאורולוגיה סינופטית	3	א	פרופ' אורי דיין			
82508	שינויים אקלימיים	2	א	פרופ' דני רוזנפלד			
40460	אקלים מזרח הים התיכון	2	ב	פרופ' אורי דיין			
40770	חישה מרחוק: קורס מתקדם	4	ב	ד"ר נועם לוין			לא
מס הקורס	שם הקורס	נ"ז	סמסטר	מרצה	תשע"א	תשע"ב	תשע"ג
	רחובות						
71123	הרכב כימי של משאבי מים	3	א	ד"ר אליהו וקשל	לא	לא	לא
71129	פיסיקה מתקדמת של הקרקע	4	א	פרופ' מועלם, ד"ר בריוזקין		לא	לא
71136	מכניקת הזורמים והידראוליקה	4	א	פרופ' שני, ד"ר בריוזקין	לא		לא
71185	התנהגות מזהמים אורגניים בסביבה	3	ב	פרופ' בני חפץ		לא	
71610	אגרוטאורולוגיה	3	א	ד"ר ו. תנאי, ש. כהן			לא
71625	משאבי המים של ישראל וניהולם	3	א	פרופ' עדין, ד"ר קורצמן			
71935	זיהום קרקע ומים	3	ב	פרופ' יונה חן	לא	לא	לא
71972	כימיה של הקרקע	4	ב	ד"ר משה שנקר		לא	לא
71973	כימיה פיזיקלית ותופעות שטח פנים בקרקע	4	א	ד"ר יעל מישאל		לא	לא
71148	מבוא לכלכלת משאבי טבע וסביבה	3	א	ד"ר עידו קן			
73541	מודלים של יחסי גומלין בין הצמח וסביבתו	3	א	פרופ' אורי שני		לא	לא
71185	התנהגות מזהמים אורגניים בסביבה	3	ב	פרופ' בני חפץ		לא	
71622	פיסיקה של מים בקרקע	4	ב	ד"ר פרידמן וד"ר הולצמן			

כפי שניתן לראות בטבלה, ישנם קורסים רבים שלא התקיימו בשנים האחרונות. מציאות זו נובעת מארבע סיבות: א. חלק מהקורסים ניתנים מלכתחילה פעם בשנתיים. ב. חלק מהקורסים לא התקיימו עקב הצמצום בכוח האדם (להלן פרק 5), במיוחד בפקולטה לחקלאות בה ירדו 4 מורים ממצבת כוח האדם, ובפקולטה למדעי החברה בה ירד מורה אחד. ג. חלק מהקורסים לא ניתנו מאחר והמורים מן החוץ הקטינו בהדרגה את השתתפותם בהוראה (עקב אי היכולת לשלם להם). ד. חלק נוסף מהקורסים לא התקיימו מסיבות אישיות של מורי הקורס. מציאות זו פוגעת בתוכנית הלימודים ובהכשרה המקצועית ומהווה סימן אזהרה.

3.3. פיצול הלימודים בין הקמפוסים

תוכנית הלימודים נבנתה באופן שתפחית, עד כמה שניתן, את הצורך בנסיעות בין הקמפוסים. לפיכך, מקצת הקורסים ניתנים במקביל בירושלים וברחובות. להלן מספר דוגמאות: הקורס בתהליכי הסעה ניתן במקביל ע"י פרופ' וולך ברחובות ופרופ' גבירצמן בירושלים. הקורס במשאבי המים ניתן ע"י פרופ' עדין ברחובות ופרופ' גבירצמן בירושלים. הקורס בטכנולוגיה של טיפול במים ניתן ע"י פרופ' עדין ברחובות וד"ר טרצינסקי בירושלים. הקורס בשיטות נומריות ניתן ע"י ד"ר ריבלין ברחובות וד"ר עמנואל בירושלים. לפיכך, כל סטודנט יכול לקחת את הקורס במקומו הקבוע, ללא צורך בנסיעות.

מאידך, ישנם קורסים שלא ניתן היה למצוא להם מקבילה בין הקמפוסים, חלקם קורסי חובה וחלקם בחירה. עבור קורסי החובה, הסטודנטים נדרשים לנסוע בין הקמפוסים, ועבור קורסי הבחירה הם יכולים לנסוע בין הקמפוסים. מערכת השעות נבנתה באופן שקורסים אלו מרוכזים בירושלים ביום ראשון בשבוע, וביום זה הסטודנטים מרחובות נוסעים לירושלים, וכן גם להיפך. הצורך בנסיעה מסתכם בדרך-כלל בסמסטר אחד במהלך שתי שנות הלימוד לתואר מוסמך.

בכדי להתמודד עם הפיצול בין הקמפוסים נבנתה מערכת של וידאו-קונפרנס. מערכת זו עדין לא פועלת עבור הקורסים בתוכנית הנוכחית, אולם היא יכולה להיכנס לפעולה בהתאם לצורך.

3.4. מספר התלמידים

בשנה הראשונה, תשע"א, השתתפו 11 סטודנטים בתוכנית הלימודים (9 מוסמכים + 2 דוקטורנטים). מתוכם היו 9 סטודנטים חדשים, ועוד 2 סטודנטים שהיו רשומים לתוכנית ההתמחות בהידרולוגיה שבתוך החוג לגיאולוגיה (בשנת תש"ע) אשר הועברו לתוכנית החדשה להמשך הלימודים. בסוף שנה זו סיימו 2 הסטודנטים הוותיקים את תואר המוסמך שלהם.

בשנה השנייה, תשע"ב, השתתפו 17 סטודנטים בתוכנית (11 מוסמכים + 6 דוקטורנטים), מתוכם 9 וותיקים ועוד 8 חדשים. בסוף שנה זו סיימו 3 סטודנטים את התוכנית ואחד פרש.

בשנה השלישית, תשע"ג, השתתפו 19 סטודנטים בתוכנית (13 מוסמכים + 6 דוקטורנטים), מתוכם 13 וותיקים ועוד 6 חדשים. בשנה הנוכחית צפויים לסיים 7 סטודנטים.

סיכום כל הנתונים הנ"ל בטבלה הבאה. כפי שניתן לראות, קצב ההתפתחות של תוכנית היה גבוה יותר מהציפיות. הגידול העיקרי הוא בשני הקמפוסים בירושלים. סביר שהמצב הנוכחי קרוב למצב יציב, בו מספר הסטודנטים המצטרפים דומה למספר המסיימים. כמות הסטודנטים שבתוכנית מוגבלת בהתאם ליכולת ההדרכה (ולתקציבים) של חברי הסגל, כדלהלן.

הערות	סר"כ	חקלאות				חברה				טבע				תשע"א
		דוקטור	מוסמך	דוקטור	מוסמך	דוקטור	מוסמך	דוקטור	מוסמך					
		המדריך	הסטודנט	המדריך	הסטודנט	המדריך	הסטודנט	המדריך	הסטודנט	המדריך	הסטודנט	המדריך	הסטודנט	
	ממשיכים 2 חדשים 9			חפץ+אשל חפץ+קורצמן	שביט יונתן שפירא חעי	מורין	פלאג נדב	מורין+דיין מורין	ברטוב מאיה חנן אלון	גבירצמן+ששל עמנואל	עוד אמרי	גבירצמן לב עמנואל עמנואל גבירצמן+ששל	ברכיים נועם אלקיים חעי שילי מאי טובי עדי לבנון אלעד	
	סיימו 2													
	11				2		1		2		1		5	תשע"ב
ממשיכים 9 חדשים 8		הולצמן+ויסבורד הולצמן	גמות יונתן מירב בס	חפץ+אשל חפץ+קורצמן מישאל+ארגמן	שביט יונתן שפירא חעי יצחק יוחנן	מורין	פלאג נדב	מורין+דיין מורין	ברטוב מאיה חנן אלון סולמון רעות לוקישן אנטון	גבירצמן+ששל עמנואל גבירצמן+ששל	עוד אמרי יעל לוינסון לבנון אלעד	לב עמנואל עמנואל אנדל+מושקין	אלקיים חעי שילי מאי טובי עדי גרויסמן מטיאס	
סיימו 3 עזבו 1														
	17		2		3		1		4		3		4	
ממשיכים 13 חדשים 6		הולצמן+ויסבורד	גמות יונתן	חפץ+אשל מישאל+ארגמן חפץ+קורצמן	שביט יונתן יצחק יוחנן יהודה לוי	מורין	פלאג נדב יאיר רנח	מורין+דיין מורין	ברטוב מאיה חנן אלון סולמון רעות לוקישן אנטון	גבירצמן+ששל עמנואל גבירצמן+ששל	עוד אמרי יעל לוינסון לבנון אלעד	אחרנוב לזר+מורן עמנואל אנדל+מושקין אנדל+מורין לזר	שכטר תמר שירי לירון טובי עדי גרויסמן מטיאס דנסת אלעד פרידמאן אורן	
	19		1		3		2		4		3		6	

הטבלה הבאה מראה את מספר התלמידים בהידרולוגיה בהשוואה למספר התלמידים בתוכניות הלימוד האחרות במכון למדעי כדור הארץ. במהלך 3 השנים להרצת התוכנית, תלמידי ההידרולוגיה גדלו מ 14% ל- 20% ול- 22% מכלל תלמידי המכון. מספר התלמידים בתוכנית ההידרולוגיה דומים מאד למספר התלמידים בתוכניות הלימודים לאטמוספירה ואוקיינוגרפיה.

תשע"ג	תשע"ב	תשע"א		
26	24	25	גיאולוגיה	מוסמך
2	6	5	אטמוספירה	
7	4	1	אוקיינוגרפיה	
13	11	9	הידרולוגיה	
12	17	19	גיאולוגיה	דוקטור
10	6	8	אטמוספירה	
9	9	10	אוקיינוגרפיה	
6	6	2	הידרולוגיה	

3.5. אפקטיביות התוכנית

כשני שלישים מהתלמידים הם בוגרי האוניברסיטה העברית וכשליש סיימו את התואר הראשון במוסדות אחרים. שמות המוסדות משם הגיעו התלמידים מובא בטבלה. כפי שניתן לראות, התוכנית קולטת סטודנטים מאוניברסיטאות אחרות (תל אביב, בן גוריון, ובר אילן) ומכללות אחדות (תל-חי ואורט).

משפחה	שם	מוסד לימודים לתואר ראשון
אלקיים	רועי	המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה
בר נוי	נעם	עברית – טבע
ברטוב	מאיה	עברית – טבע
גנות	יונתן	עברית - חקלאות
גרויסמן	מטיאס	עברית – טבע
דנטה	אלעד	המכללה האקדמית תל-חי
טובי	עדי	עברית – חקלאות
יאיר	רינת	עברית – טבע
יצחק	יהותן	עברית – חקלאות
לבנון	אלעד	עברית – טבע
לוי	יהודה	עברית – חקלאות
לוינסון	יעל	עברית – טבע
לוקשיין	אנטון	עברית – טבע
סלמון	רעות	אוניברסיטת בן-גוריון
עוז	אמרי	עברית – טבע
פלג	נדב	עברית – טבע
פרידהיים	אורן	אוניברסיטת בר אילן
רונן	אלון	עברית – חברה
שביט	יונתן	המכללה האקדמית תל-חי
שילר	מאי	אוניברסיטת תל-אביב
שפירא	רועי	עברית – חקלאות
שילר	מאי	אוניברסיטת תל-אביב
שירי	לירון	אוניברסיטת בן גוריון
שכטר	תמר	עברית – טבע

האפקטיביות של תוכנית לימודים חדשה נבחנת לפי השאלה: האם התוכנית מהווה אבן שואבת לתלמידים ממוסדות אחרים? או שבאים אליה תלמידים שבין כה וכה היו לומדים באוניברסיטה בתוכניות אחרות? קשה לתת תשובה לשאלה זו בשלב הנוכחי. הטבלה מראה ששליש מהתלמידים באים מבחוץ, וזוהי הצלחה. אולם, אין אפשרות להעריך מה היו עושים תלמידים אלו ללא קיומה של התוכנית.

מאידך, הגידול במספר התלמידים בתוכנית ההידרולוגיה ומשאבי מים התרחש בו בזמן שמספר התלמידים בתוכנית ללימודי סביבה הצטמצם. סביר להניח שהגידול באחת בא באופן חלקי על חשבון הקיטון בשנייה, ובכך אין כל רווח לאוניברסיטה. גם על שאלה זו לא ניתן כרגע לענות תשובה באופן ברור.

3.6. סיכום ביניים: חזקות וחולשות של תוכנית הלימודים

תוכנית הלימודים מקיפה את מגוון התחומים הדרוש להכשרת מומחים להידרולוגיה ומשאבי מים. יחד עם זאת חסרים מספר קורסים, לדוגמא: "מעבדה במודלים ממוחשבים בהידרולוגיה". כמו כן, יש הכרח שכל קורס יתקיים לפחות פעם בשנתיים. הפתרון האפשרי הוא מימון של מורים מן החוץ או קליטת חוקרים חדשים.

התוכנית קולטת סטודנטים הן מבין הבוגרים של התואר הראשון באוניברסיטה העברית והן בוגרים ממוסדות אחרים, ובכך היא אפקטיבית ותורמת לגידול מספר הסטודנטים באוניברסיטה העברית. התוכנית התפתחה במהירות בשלוש השנים הראשונות לקיומה, והגיעה כמעט לגודל המתוכנן לפי ההערכות הראשוניות. התוכנית יכולה לגדול עוד אילו יהיו יותר חברי סגל, כי הביקוש כפול מההיצע.

4. תקצוב התוכנית

4.1. רקע

הנהלת האוניברסיטה פתחה את תוכנית הלימודים החדשה בתנאי חד-משמעי שהיא לא תדרוש תוספת תקציב להוראה ולאדמיניסטרציה ולא תדרוש תוספת תקנים של חוקרים (החלטת הוועדה המתמדת משנת 2010). לפיכך, התוכנית התבססה בעיקר על קורסים קיימים, ואליהם צורפו מספר קורסים חדשים של המורים הקיימים או של מורים מתנדבים מן החוץ (מהמכון הגיאולוגי וממכון וולקני). כמו כן, התוכנית התבססה על שרותי המזכירות של המכון למדעי כדור הארץ, ללא תוספת תקציב לאדמיניסטרציה.

4.2. מימון המחקר של התלמידים

תקציבי המחקר למימון מחקרי הסטודנטים בתוכנית להידרולוגיה ומשאבי מים הושגו ע"י המדריכים שלהם בדרכים הסטנדרטיות. מקורות המימון הבולטים הם רשות המים, משרד החקלאות, ISF, BSF, GIF, ועוד. מקורות אלו היו זמינים לחוקרים גם בטרם הוקמה התוכנית להידרולוגיה. הקמת התוכנית לא הוסיפה מקור תקציבי לביצוע מחקרים.

4.3. מלגות ייעודיות

עבור ההרצה הראשונית של התוכנית, הוקצבו בכל שנה 3 מלגות מחיה שנתיות לסטודנטים (מלגה וחצי מהפקולטה למדעי הטבע ועוד מלגה וחצי מהפקולטה לחקלאות). בפועל, נבחרו 6 סטודנטים בכל שנה, וכל אחד מהם זכה במחצית המלגה.

4.4. משרות תרגול

מימון מתרגלים עבור הקורסים החדשים שנפתחו בתוכנית בהידרולוגיה נעשה בדרך הרגילה של מימון מתרגלים לקורסים באוניברסיטה. תקציב המתרגלים בקורסים החדשים שנפתחו בפקולטה למדעי הטבע הועברו למכון למדעי כדור הארץ בתוך תקציבה הרגיל, והם נוהלו ע"י ראש החוג למדעי כדור הארץ והמזכירה של מדעי כדור הארץ. ראש התוכנית להידרולוגיה לא התעסק בתקציב המתרגלים של הקורסים בהידרולוגיה.

4.5. סיכום ביניים: חזקות וחולשות של מנגנון התקצוב

אין מנגנון תקצוב ואין תקציב לתוכנית בהידרולוגיה ומשאבי מים. זוהי חולשה משמעותית מאד.

5. סגל התוכנית

5.1. סגל המורים

להלן רשימת המורים בתוכנית, שייכותם האקדמית, ותחום התמחותם העיקרי:

1. פרופ' עינת אהרונב	המכון למדעי כדור הארץ	פיסיקה של תהליכים גיאולוגיים
2. פרופ' יהודה אנזל	המכון למדעי כדור הארץ	שיטפונות וגיאומורפולוגיה
3. פרופ' יגאל אראל	המכון למדעי כדור הארץ	כימיה של מים
4. ד"ר ארקדי בריוזקין	המחלקה לקרקע ומים	פיסיקה של מים בקרקע
5. פרופ' חיים גבירצמן	המכון למדעי כדור הארץ	הידרולוגיה של מי תהום
6. ד"ר תמיר גרודק	המחלקה לגיאוגרפיה	הידרולוגיה של מים עיליים
7. פרופ' אורי דיין	המחלקה לגיאוגרפיה	מטאורולוגיה ואקלים
8. ד"ר רן הולצמן	המחלקה לקרקע ומים	פיסיקה של מים בקרקע
9. פרופ' קרן הספל	המכון למדעי כדור הארץ	מטאורולוגיה ואירוסולים
10. פרופ' רוני וולך	המחלקה לקרקע ומים	מודלים ממוחשבים בהידרולוגיה
11. ד"ר אליהו וקשל	המחלקה לקרקע ומים	הידרוגיאולוגיה
12. פרופ' אלכסנדר חיין	המכון למדעי כדור הארץ	פיסיקה של עננים
13. פרופ' בני חפץ	המחלקה לקרקע ומים	זיהומי מים
14. פרופ' יונה חן	המחלקה לקרקע ומים	כימיה של מים
15. ד"ר חורחה טרצ'יצקי	המחלקה לקרקע ומים	טיפול במים
16. ד"ר יוסי יחיאלי	המכון הגיאולוגי	הידרוגיאולוגיה
17. פרופ' עובדיה לב	המכון לכימיה	כימיה של מים
18. ד"ר נועם לוין	המחלקה לגיאוגרפיה	חישה מרחוק

19. פרופ' בעז לזר	המכון למדעי כדור הארץ	גיאוכימיה של מים
20. פרופ' יחזקאל מועלם	המחלקה לקרקע ומים	פיסיקה של מים בקרקע
21. פרופ' אפרת מורין	המחלקה לגיאוגרפיה	הידרומטאורולוגיה
22. ד"ר יעל מישאל	המחלקה לקרקע ומים	כימיה של קולואידים
23. פרופ' אבנר עדין	המחלקה לקרקע ומים	טיפול במים
24. ד"ר סיימון עמנואל	המכון למדעי כדור הארץ	הידרולוגיה של מי תהום
25. פרופ' עמוס פרומקין	המחלקה לגיאוגרפיה	מערכות קרסט
26. ד"ר שמוליק פרידמן	מכון וולקני	פיסיקה של מים בקרקע
27. ד"ר דני קורצמן	מכון וולקני	זיהום מי תהום
28. ד"ר עידו קן	המחלקה לכלכלה חקלאית	כלכלת משאבי מים
29. פרופ' דני רוזנפלד	המכון למדעי כדור הארץ	מטאורולוגיה
30. ד"ר איל שלו	המכון הגיאולוגי	מודלים ממחשבים בהידרולוגיה
31. פרופ' אורי שני	המחלקה לקרקע ומים	השקיה
32. פרופ' משה שנקר	המחלקה לקרקע ומים	דישון וזיהומי מים

מאז שנפתחה התוכנית יצאו לפנסיה ארבעה מורים (יונה חן, אבנר עדין, יחזקאל מועלם, ותמיר גרודק), אחד פרש מהאוניברסיטה (אורי שני), ואחד נפטר (אליהו וקשל). מצד שני, מורה אחד חדש נקלט (רן הולצמן).

5.2. המחויבות של המורים לתוכנית הלימודים

המחויבות של מרבית הסגל האקדמי לתוכנית גבוהה, וקיים שיתוף פעולה ראוי. מאידך, קיימות שתי בעיות שהולכות ומחריפות, אשר עלולות להקשות על ההוראה.

הבעיה הראשונה היא מידת המחויבות של המורים מן החוץ לתוכנית. כאמור לעיל, פתיחת תוכנית הלימודים נעשתה ללא תקציב ייעודי, ולכן המורים מן החוץ מלמדים בהתנדבות. אולם, התנדבות אינה יכולה להוות בסיס לעבודה לאורך זמן. אכן, המורים מן המכון הגיאולוגי החליטו (בשלבם) שאינם מוכנים לעבוד יותר ללא תמורה כספית. ד"ר איל שלו סרב להצטרף לתוכנית כבר מהשלב הראשון, ולכן מלכתחילה חסר בתוכנית קורס בנושא "מעבדה במודלים נומריים בהידרולוגיה". בהמשך התברר שלא ניתן לקיים גם את הקורס "שיטות שדה בהידרולוגיה של מי תהום". מאידך, הקורס "מבוא לסטטיסטיקה" ממשיך להתקיים.

הבעיה השנייה היא מידת המחויבות של מורי הפקולטה לחקלאות. המורים אלו קיימו את הקורסים שלהם במידה חלקית. במהלך 3 השנים האחרונות, קורסים אחדים לא התקיימו במשך שנתיים רצופות וחלקם אף לא התקיימו במשך כל 3 השנים (הפרטים בטבלה בפרק 3.2). הסיבה לכך היא מצוקת כוח האדם הכללית הקיימת במחלקה לקרקע ומים, וחוסר איש מלוא התקנים. התוכנית יצאה לדרך עם 12 מורים מהפקולטה לחקלאות, אבל עד כה עזבו את התוכנית 5 מורים (3 יצאו לפנסיה, אחד נפטר ואחד עזב את האוניברסיטה), ומנגד, אחד הצטרף. מצבת כוח האדם בקמפוס ברחובות כיום מונה 8 מורים בלבד. פיצוי חלקי למורים הפורשים נעשה באמצעות חוקרים ממכון וולקני (ד"ר קורצמן במקום פרופ' עדין, וד"ר פרידמן במקום פרופ' מועלם), אולם עדין חסרים מורים למספר משמעותי של קורסים.

5.3. המחויבות של הסגל להדרכת תלמידים בתוכנית

ההדרכה בפועל של סטודנטים למוסמך ודוקטור בתוכנית להידרולוגיה ומשאבי מים התבצעה עד היום ע"י 6 חברי סגל מהקמפוס בגבעת רם (אהרונוב, אנזל, גבירצמן, לב, לזר ועמנואל), 3 חברי סגל מהקמפוס ברחובות (הולצמן, חפץ ומישאל), ו-2 חברי סגל מהר הצופים (דיין ומורין). ההדרכה בפועל נעשית כמובן בשיתוף עם מדריכים נוספים ממוסדות אחרים.

למרות שקיים פוטנציאל נוסף להצטרפות סטודנטים נוספים לתוכנית להידרולוגיה ומשאבי מים, הפוטנציאל לא ממומש. הסיבה לכך היא אדמיניסטרטיבית. שיטת הרישום באוניברסיטה לתוכניות לימודים בין-פקולטיות היא שהסטודנטים הרשומים לתוכנית משתייכים לפקולטה ששם מעוגנת התוכנית (מבחינה אדמיניסטרטיבית). לפיכך, היום, כאשר התוכנית מעוגנת בפקולטה למדעי הטבע, הסטודנטים מרחובות ומהר הצופים המצטרפים לתוכנית נרשמים כסטודנטים במדעי הטבע, והם נגרעים מפקולטות האם שלהם. מציאות זו לא מעודדת את ההצטרפות לתוכנית מהפקולטות האחרות ופוגעת במחויבות של חברי הסגל לתוכנית. מציאות זו משפיעה בעיקר על מיעוט התלמידים מרחובות. היא פחות משמעותית על רישום התלמידים מהר הצופים כי תלמידי המחלקה לגיאוגרפיה מעדיפים לקבל תעודה מהפקולטה למדעי הטבע ולא מהפקולטה למדעי החברה.

מסתבר שדרוש שינוי אדמיניסטרטיבי שיעודד את הצטרפותם של סטודנטים נוספים לתוכנית. רצוי שהסטודנטים מהפקולטה לחקלאות יישארו רשומים בפקולטה של המדריך שלהם, ובכך לא תהיה מניעה של סגל המחלקה לקרקע ומים לצרף סטודנטים נוספים לתוכנית.

5.4. תקנים וגיוסים

לתוכנית להידרולוגיה ומשאבי מים אין תקנים ייעודיים. גיוס של מורים להשלמת תוכנית הלימודים נעשה ממוסדות אחרים. המכון הגיאולוגי ומכון וולקני הם המוסדות שמשם מגויסים חוקרים כיום. אולם, קשה לגייס אותם ללא תקציב לתשלום למורים מן החוץ.

5.5. סיכום ביניים: חזקות וחולשות למצבת הסגל

היום קיים סגל אקדמי רחב המסוגל ללמד את מגוון המקצועות הדרוש להוראת התוכנית. יחד עם זאת קיימים "חורים" שכדאי להשלימם. ראשית, רצוי למלא את תקני החוקרים במחלקה לקרקע ומים ברחובות, ולהקטין שם את מצוקת כוח האדם. שנית, דרושים מורים מן החוץ ללמד קורסים ספציפיים, כפי שמובא בטבלה בפרק 3.2. כמו כן, יש לשקול אם ראוי ליצור תקנים חדשים לקליטת אנשי סגל בתחומים בהם דרושים היום מורים מן החוץ (לדוגמא: מעבדה במודלים נומריים בהידרולוגיה).

יש לשנות את המערכת לרישום הסטודנטים באוניברסיטה באופן שכל סטודנט יהיה רשום בפקולטה אליה משתייך המדריך שלו. העיגון של הסטודנטים בפקולטה אליה משתייך יו"ר התוכנית גורמת לנזק.

6. מסקנות

6.1. סיכום:

תוכנית הלימודים בהידרולוגיה ומשאבי מים הייתה חסרה בארץ במשך עשרות השנים, הן מבחינה אקדמית והן מבחינת צרכי משק המים, וחבל שנפתחה כל-כך מאוחר. תוכנית הלימודים באוניברסיטה העברית היא המקיפה ביותר בהשוואה לתוכניות הלימודים האחרות הקיימות בארץ. התוכנית קולטת מגוון רחב של תלמידי מחקר, הן בוגרי האוניברסיטה העברית והן בוגרי מוסדות אחרים. התוכנית התפתחה במהירות עקב הביקוש הגדול ללימודים בתחום זה. אולם, קשה יהיה להגדיל את התוכנית באופן משמעותי מעבר למצב הקיים עקב מספרם המוגבל של חברי הסגל המדריכים.

להלן מספר סוגיות עקרוניות שיש לדון בהם באופן יסודי, הן בוועדת הניטור של התוכנית, והן ע"י הנהלת האוניברסיטה, ולהמליץ על עתידה של התוכנית החדשה בהידרולוגיה ומשאבי מים.

6.2. תקצוב התוכנית

תוכנית הלימודים החדשה נפתחה ללא תקציב ייעודי. במבט לטווח הרחוק, אין תוחלת לתוכנית הלימודים החדשה ללא תקנים חדשים, ללא יכולת תשלום למורים מן החוץ, ללא תקציב לתשתית האדמיניסטרטיבית, וללא תקציב לקידום תוכניות מיוחדות.

6.3. מבנה ארגוני

האם תוכנית הלימודים צריכה להיות חלק מבית הספר המתקדם לסביבה? או שעליה להמשיך ולתפקד באופן עצמאי? האם בית הספר המתקדם לסביבה שהוקם בשנה הנוכחית הוא גוף בר-קיימא? האם השתלבות בבית הספר המתקדם לסביבה תסייע בתקצוב התוכנית? האם משמעות ההצטרפות לבית הספר המתקדם לסביבה מסתכמת בחובת התלמידים להשתתף בעוד 2-3 קורסי-ליבה בלבד?

קיימות השלכות נוספות לשאלת השתלבות בבית הספר המתקדם לסביבה: האם תעודה של מוסמך או דוקטור במדעי הסביבה שווה יותר או פחות מתעודת מוסמך או דוקטור בהידרולוגיה ומשאבי מים. מבחינה תעסוקתית והמשך לימודים והתמחות בארץ ובחו"ל יש, לעניות דעתנו, יתרון לתעודה בהידרולוגיה ומשאבי מים. יתכן איפה שלא כדאי להצטרף לבית הספר לסביבה!?

6.4. העיגון האקדמי של התוכנית

האם התוכנית בהידרולוגיה ומשאבי מים צריכה להיות מעוגנת מבחינה אקדמית בפקולטה למדעי הטבע? או לעבור מפקולטה אחת לשנייה בסבב? שאלה זו אינה תלויה בשאלה הקודמת, כי גם במקרה שהתוכנית תצורף לבית הספר המתקדם לסביבה, היא תישאר עצמאית מבחינה אקדמית.

ההסכמות שגובשו בין חברי הסגל של התוכנית, כאשר היא הוקמה, היו שבכל 3 שנים יבחר יו"ר חדש, והתפקיד יעבור בסבב בין הפקולטות. חילוף היו"ר גורם בהכרח לשינוי במיקום העוגן של התוכנית, היינו ברישום הסטודנטים ובשרותי המזכירות. היום התוכנית מעוגנת בפקולטה

למדעי הטבע, הסטודנטים רשומים בפקולטה למדעי הטבע, ושרותי המזכירות ניתנים ע"י המכון למדעי כדור הארץ. כאשר יוחלף היו"ר, העיגון יעבור לפקולטה אחרת, והמשמעות היא שהתלמידים יהיו רשומים בפקולטה אחרת, ושרותי המזכירות ג"כ יעברו לפקולטה אחרת. שינויים אלו מורכבים ומסובכים, ויש לדון בכדאיותם. הפתרון הטוב ביותר לבעיה זו היא ששיטת הרישום של הסטודנטים תשתנה, והסטודנטים יישארו להיות רשומים בפקולטת האם שלהם (בפקולטה של המדריך הישיר). מאידך, התוכנית יכולה להיות מעוגנת מבחינה אקדמית ומבחינה אדמיניסטרטיבית בפקולטה אחת, ללא צורך במעבר אחת ל 3 שנים.

האקדמיה הלאומית למדעים שבארה"ב פרסמה בשנת 1991 ספר בנושא המחקר וההוראה בהידרולוגיה, שכותרתו: Opportunities in the Hydrologic Sciences. ההמלצה החד-משמעית העולה מהדו"ח היא שלימודי ההידרולוגיה ומשאבי המים צריכים להיות מעוגנים בבתי הספר למדעי כדור הארץ, ולא בבתי ספר להנדסה, לחקלאות ולחברה. להלן ציטוט:

The field of hydrologic science (or "water science" or hydrology) has developed into a distinct Earth science discipline with the goal of understanding the movement of water at all scales and environments and its interaction with climate and life on Earth.

רשימת נספחים

נספח מס' 1: סילבוסים של הקורסים

נספח מס' 2: כתבה בעיתון האוניברסיטה על תוכנית הלימודים

נספח מס' 3: כינוס מתוכנן לסטודנטים העוסקים בהידרולוגיה ומשאבי מים

נספח מס' 1: סילבוסים של הקורסים

40701 הידרולוגיה של מים עלילים: תהליכים, תצפיות ומודלים קורס מתקדם בנושא הידרולוגיה של מים עלילים. הקורס כולל את הנושאים הבאים: משקעים (עובי ועצמות גשם, גודל ואנרגיה של טיפות הגשם, ניתוח סטטיסטי של משקעים, מדידת משקעים בתחנות ובאמצעי חישה מרחוק), חידור (תהליך החידור, מדידת חידור, מודלים להערכת חידור, יצירת הקרום והשפעתו על החידור), הידרולוגיה של מדרונות (יצירת נגר מדרוני בתהליכים שונים, רציפות הזרימה במדרון), זרימה באפיקים (בסיס פיזיקלי, סיווג מצבי זרימה, הילוך גאות באמצעות מודלים פיזיקאליים וקונספטואליים, חלחול באפיק מדידות זרימה), אגן ההיקוות (תהליכי נגר עילי ומודלים), שיטפונות.

68800 סמינר בהידרולוגיה הכנת סיכום בכתב והצגה בכיתה של עבודה המסכמת מחקר עצמאי (על סמך ספרות, חישובים, מדידות או ניסיונות) על נושא שאינו קשור בעבודת הגמר של התלמיד ובהדרכת מורים ממורי החוג שאינם מדריכי עבודת המוסמך.

70875 תהליכי הסעה במי תהום דיפוזיה בתווך נקבובי, דיספרסיה הידרו-דינמית, משוואת ההסעה, הסעת מומסים ריאקטיביים, ריאקציות ספיחה בשיווי משקל, זיהום מי תהום, התפשטות עננות מזהמים, זרימה רב פאזית, טכנולוגיות לשיקום אקוויפר, שאב וטפל, שיקום ביולוגי, הסעת חום במי תהום, קונבקציה חופשית ומאלצת, הסעת הידרוקרבונים.

71918 תנועת מומסים בקרקע מנגנונים להולכה מולקולארית ומשוואות מאזן. מעבר מסה וחום עם איברמקור. שטף קונבקציה ומשוואות מאזן. ניסוח תנאי שפה והתחלה. מקדמי הדיפוזיה והדיספרסיה ומשוואות הקונבקציה- דיספרסיה לתיאור תנועת מומסים בקרקע. הפיתרון הבסיסי למשוואת הדיפוזיה (שיטת ההחזרה ועקרון הסופרפוזיציה). פיתרון ע"י פונקציות גרין לבעיות בתחום הסופי וחצי-אינסופי. פיתרון משוואת הקונבקציה-דיספרסיה למקרים שונים. תנועת מומסים לא-אינרטיים - איזותרמות וקינטיקה. השפעת מיבנה ותכונות הקרקע על תהליכי מעבר המסה. גישת המערכת (system approach) לתיאור תנועת מומסים בקרקע. דוגמאות: מעבר מסה בעמודת קרקע; תנועת נותבים בתווך הלא-רווי והרווי; אומדן פרמטרים של הקרקע מעקום פריצה מדוד (הבעיה ההפוכה); תנועת מזהמים נדיפים.

70865 שיטות נומריות במדעי כדור הארץ במהלך הקורס סטודנטים יכירו שיטות נומריות בסיסיות ומתקדמות וישתמשו בהם כדי לפתור מגוון בעיות במדעי כדור הארץ. התוכנה תשמש ככלי העיקרי של הקורס. נושאים שיטופלו בקורס כוללים: מבוא ל- MATLAB ועקרונות של פעולות חשבון במחשב, אנליזה של מטריצות, אינטרפולציה, שורשים של משוואות, אינטגרציה וגזירה נומרית, משוואות דיפרנציאליות, מבוא לשיטות הפרשים סופיים ואלמנטים סופיים שמשמשים כבסיס למודלים נומריים.

71980 שיטות נומריות שיטות נומריות באנליזה. פתרון משוואות לא ליניאריות. אינטרפולציה. גזירה ואינטגרציה נומרית. בשיטות נומריות באלגברה ליניארית. היפוך מטריצות. פתרון משוואות ליניאריות. חישובי ערכים עצמיים ווקטורים עצמיים.

68804 שיטות שדה בהידרולוגיה של מי תהום מטרה: לימוד של שיטות עבודה בשדה של מחקר הידרולוגי הקורס יכול ללוש ימי שדה, כל אחד של 5-6 שעות. לפני כל יציאה לשדה יהיה שיעור הכנה ולאחר כל יציאה יהיה שיעור סיכום ובדיקת תרגילים. 1. קדיחה של קידוחי מחקר ותצפית א. קדיחת קידוח ידני על ידי אוגר וציוד נוסף, כנראה בחוף ים המלח. הקדיחה תכלול דיגום של סדימנטים ומים (לבדיקת אחוז רטיבות ולאנליזות כימיות). ב. עבודה במעבדה על דוגמאות אלו, כולל חישוב של אחוז רטיבות והוצאת מים לאנליזה כימית בעזרת צנטריפוגה. ג. ביקור בקידוחי מחקר (או שאיבה) שמתבצעים במסגרת אחד ממחקרי המכון הגיאולוגי. 2. שיטות דיגום ומדידות שדה בקידוחי מחקר א. לימוד של שימוש במכשירי מדידה במי תהום, כולל חומציות, מוליכות חשמלית, חמצן מומס ועוד. ב. ביצוע פרופילים של מוליכות חשמלית בקידוחים קרובים לים לצורך מיקום של הפן הביני ג. לימוד הקשר בין מוליכות חשמלית למליחות מי תהום. ד. דיגום מי תהום בעזרת משאבות מסוגים שונים (משאבה טבולה, משאבת יניקה, משאבה פריסטלטית), בעזרת נטל (ללא שאיבה) ודוגם רב שכבתי (MLS) ה. מדידות מפלסי מי תהום על ידי מד מפלס ובעזרת ציוד אלקטרוני המאפשר מדידות רציפות (DIVER) של לחץ מים ומליחות מי תהום – שימוש באוגר נתונים למדידות של לפחות 24 שעות. 3. מבחני שאיבה א. ביצוע מבחן שאיבה רגיל בקידוח תצפית – חישוב של תולכה ומוליכות הידראולית ב. אפשרות של ביצוע מבחן השפעה על ידי שאיבה בקידוח שואב ומדידת מפלס בקידוחי תצפית שבקרבתו – חישוב של תולכות ושל אגירות האקוויפר. ג. מבחן SLUG לחישוב תכונות האקוויפר.

40730 שיטות שדה בהידרולוגיה עלית במסגרת הקורס יילמדו שיטות ומכשירי מדידה בתחום ההידרולוגיה העלית כולל: ניסויי המטרה להערכת חידור, מדידת זרימה באפיקי נחלים והערכת הסעה של סדימנטים. הקורס בנוי מארבעה סורים הכוללים מדידות וניסויים בשטח.

89400 סיור לימודי לים המלח מטרת הקורס היא להציג בפני התלמידים את המערכת האקולוגית המלאה באזורים המלח. מערכת זו משלבת את מגוון הנושאים בהם עוסקים במדעי הסביבה: הגאולוגיה של הבקע, הגיאוכימיה של התמלחות, מי התהום במדבר יהודה ומעיינות חוף ים המלח, שמורות הטבע, החי והצומח באזור, הבורות המתפתחים על חוף ים המלח, הפקת המחצבים במפעלי ים המלח, פתוח התיירות ובתי המלון, התוכניות לבניית תעלת הימים, תפקוד האגם כמערכת אקולוגית טבעית. הקורס יכול ל-2 הרצאות מבוא, 3 ימי סיור בשטח, ו-3 מפגשים להצגת העבודות הסמינריות.

89301 סיוור לימודי לאגן הכנרת להציג בפני התלמידים מערכת אקולוגית שלמה, אגם הכנרת ואגן ההקוות שלה. מערכת זו משלבת את מגוון הנושאים בהם עוסקים במדעי הסביבה: גאולוגיה של בקע הירדן, הידרולוגיה ומקורות המים של הכנרת, החי והצומח באגן הכנרת, תפקוד האגם כמערכת אקולוגית טבעית, מפעל המוביל הארצי, חשיבות הכנרת כמקור מים שתיה עיקרי למדינת ישראל, ואיכות המים בכנרת ובמוביל הארצי.

71930 קולחים - השבה, השקיה והשלכות סביבתיות היבטים חקלאיים וסביבתיים של השבת הקולחים, אפיונם והשימוש בהם להשקיה: מקור המים והטיפול בהם; איכות המים - מדדי איכות ודרכים לשיפור האיכות; היבטים בריאותיים, ארגוניים ורגולטוריים; השפעת איכות המים על הקרקעות והגידולים; היבטים טכנולוגיים של השימוש בקולחים; כוונים עתידיים של שינוי מאפייני הקולחים והשלכותיהם על אופן השימוש ועל ההשפעות על החקלאות והסביבה.

71130 טיפול במים ובקרת איכותם חלקיקים במים ואפיונם. הפתחה, שיקוע מואץ אלקטרופלוקולציה. שיטות סינון ואופטימיזציה, סינון דרך ממברנות, התפלת מים. שיטות חיטוי, תוצרי לוואי מזיקים. ספיחה וחלוף יונים, ריכוך מים והרחקת ברזל ומנגן. ביולוגיה של טיפול בשפכים, יישומים הנדסיים של מודלים ביולוגיים. תהליכי בוצה משופעלת, מעבר חמצן. מירבגים ביולוגיים, ביו-דיסקים. תכנון בריכות ייצוב חמצון ומאגרי קולחים. היבטים הנדסיים של טיפול בבוצות מים ושפכים.

70570 שיטות שדה בחקר הרביעון מטרת הקורס הינה הבנת תהליכים גיאומורפיים בטווחי זמן של הרביעון תוך כדי הקניית ניסיון בעבודה ותייעוד מפורט בשדה. נדון במערכות נחליות בשולי הערבה תוך כדי חשיבה על הגורמים שיצרו טראסות, מניפות סחף וקרקעות. נדון בקשר מדרונות-אפיקים, הובלת סדימנט ומה הגורמים שיכולים להשפיע על תהליכים סדימנטריים ופדוגנטיים כגון אקלים וטקטוניקה באזורים ארדיים. נחקר מניפות סחף, טאלוסים, טראסות נחליות בנגב הדרומי-ערבה. הקורס כולל מפגשים בכיתה שילכלו: הרצאות, הכנה לעבודות השדה והצגת סיכום מחקרי השדה על ידי הסטודנטים. הקורס יכלול מחנה מרוכז בן 5 ימים. הלינה בשטח.

70511 יישומי ג'י.אי.אס הקורס יציג ויממש את העקרונות עליהם מבוססות מערכות מידע גיאוגרפי בקשר ליישומים במדעי הסביבה וגיאולוגיה. חלקו הראשון יעסוק במודל הווקטורי: מבוא למערכות מידע גיאוגרפי, שיטות ייצוג נתונים, עקרונות מסדי נתונים, היטלים ומערכות קואורדינטות, מקורות נתונים ואופן קליטתם, מטה-דאטה, עריכה וקידוד, תשאול וניתוח מרחבי של שכבות נתונים, יסודות הכרטוגרפיה והפקת מפות. בחלקו השני- מודל הנתונים הראסטרי: מבנה נתונים ראסטרי, אלגברה של מפות, סוגי פונקציות: מקומיות, מוקדיות וכלליות, שיטות אינטרפולציה, פונקציות עלות, מודל גבהים ספרתי ותוצריו, אוטומציה של הליכי עבודה-בניית מודלים.

70555 מבוא למדידות גיאומטריות יחידות, חישובי שגיאה וספרות משמעותיות; שקילה ומדידות צפיפות - צפיפות של תערובות מים מלוחים/מתוקים טיטרציות של מי ברז וחישוביהן בשיטת גראן.

70365 מבוא לסטרטיגרפיה סביבות סדימנטריות. תהליכים סדימנטריים. פצאים ויחסיהם במרחב ובזמן, מודלים קלאסיים. אוניפורמיות ואקטואליות. ליתו- ביו- וכרנו-סטרטיגרפיה. המערכות הסטרטיגרפיות הגלובליות. סטרטופי. תרגול הכנת תכנים ומפות ושיחזור תהליכים סטרטיגרפיים והיסטוריה גאולוגית.

82850 חישה מרחוק סביבתית ההגדרה של חישה מרחוק. האינטראקציה של קרינה אלקטרומגנטית עם חומרים שונים - בליעה, פליטה, פיזור, שבירה, החזרה והעברה. חיישנים ופלטפורמות. חישה מרחוק עם קרינה מועברת, קרינה נפלטת וקרינה מוחזרת. חישה מרחוק פעילה - לידר, מכ"ם וסקטרומטריה של מיקרוגלים. יישומים של חישה מרחוק - שטף קרינת השמש, פרופיל הטמפרטורה האטמוספירית, פרופילים של גזים הבולעים קרינת השמש, פרופילים של גזי חממה, תכונות אירוסולים ועננים, טמפרטורת פני הים, גובה פני הים וזרמים בפני השטח, גובה גלים כאינדיקטור למהירות ולכיוון הרוח מעל הים, ותכונות פני קרקע.

76628 תכנות מתמטי ב MATLAB למדעי כדור הארץ הכרת סביבת העבודה של MATLAB הגדרת וקטורים, מטריצות, ופעולות שונות עליהם. הכרת פונקציות פנימיות שונות עבודה עם פולינומים, פתרון משוואות ליניאריות יצירת גרפים דו ממדים ותלת מימדים שונים, תכנות, מבני בקרה, כתיבת פונקציות וסקריפטים.

70515 משאבי המים בישראל הקורס יתרכז באספקטים המדעיים של משאבי המים בישראל, תוך הדגשת בעיות בנושאי איכות המים וכמותם בהווה ובעתיד. מאזן המים הישראלי; ייצור וצריכה; קולחין והשבה; האקוויפרים; מי תהום פוסיליים; כניסת מי-ים; זיהום בניטראטים; הובלת מזהמים בתוך הבלתי-רווי; זיהום הקשור בהשקאה בקולחין; זיהום הנובע מנוזלים אורגניים; איכות מי-שתייה; תחזיות צריכה; חלופות לפתרון משבר המים.

70324 גאוכימיה של מי-תהום

40697 ספלאולוגיה: תהליכים וסובב במערות הקורס דן בהיבטים התת קרקעיים של הקרסט. גורמים גאולוגיים והידרולוגיים המשפיעים על התפתחות מערות. ספלאוגנזה בסביבה ואדוסית, פראטית כלואה וחופית. המסה היופוגנית (בעומק רב). מורפולוגיה של המסה, ארוזיה והתמוטטות במערות. ספלאוגנזה והתפתחות אקוויפרים. בעיות מים, סביבה ואדם במערות.

89847 תהליכים כימיים וגאוכימיים הקורס מציג את התהליכים הכימיים העיקריים שמתרחשים במערכות מים טבעיות וגישה סיסטמטית לחישוב פילוג צורונים כימיים במים. במסגרת הקורס ידונו הנושאים הבאים: איכות מים אופיינית למקורות שונים, עקרונות תרמודינמיים, חישוב מקדמי אקטיביות והשפעת חוזק יוני, פילוג הצורונים של חומצות ובסיסים במערכות חד-ורב-פרוטיות, עקומות-pC

pH, בקופרים טבעיים ועקומי טיטריציה, מערכת הקרבונט והאנלוגיה למערכות כימיות אחרות, נקודות אקוילנציה (איזון), אלקליניות וחומציות, השפעת תהליכים ביולוגיים על ההגבה והאלקליניות של גופי מים, קומפלוקסציה ושיקוע והשפעתם על זמינות נוטריינטים ורעילות, חומרים הומים ופולבים והשפעתם על איכות מים והסעת מזהמים, חומרים אורגניים במים עיליים, במי תהום ובמי שתייה, מיקרומזהמים אורגניים, חשיבות קולואידים במים, יציבות קולואידית ועירור, מערכות חמזר ועקומות pe-pH.

40478 פיתוח מודלים למערכות סביבתיות מודלים משמשים לחקר מערכות בכל תחומי המדע. הקורס עוסק בפיתוח מודלים למערכות סביבתיות מתחומי הגיאוגרפיה ומדעי כדור הארץ. נלמד מהו מודל, שלבים בפיתוח מודל, סוגי מודלים שונים, שיטות כול, אופטימיזציה ואימות המודל, מבחני רגישות ומבחני אי-וודאות. שימוש בניתוחי GIS במודלים מרחביים, ומודלים נומריים. הקורס כולל תרגילים של כתיבת מודלים ושימוש השיטות הנלמדות. תוכנת MATLAB תשמש לכתיבת המודלים בקורס (לימוד עצמי של התוכנה במהלך הקורס). רקע ב GIS - מומלץ. הקורס כולל פרויקט סיכום אישי מתחום המחקר או העניין של הסטודנט/ית.

82825 שימוש מ"ם במטאורולוגיה תכונות פילוג הגדלים של טיפות גשם והגורמים להתהוותם. מבוא קצר להתפשטות גלי מיקרו ומבנה מערכת מ"ם מטאורולוגי. פיתוח מתמטי של משוואת המ"ם המטאורולוגי. שימושים בפיסיקת העננים והגשם במכשיר מ"ם, כולל מ"ם דופלר. מדידות גשמים באמצעות מ"ם.

40461 מבוא למטאורולוגיה סינופטית מערכות לחץ בסיסיות ומפיון, מאפייני הרוח, הכוחות הפועלים על האוויר בתנועה, סקלות של מערכות מטאורולוגיות, תכונותיהן של מערכות בסקלה סינופטית ומבנה הזרימה המאפיין אותן, מערכות זרימה אזוריות, הקשר בין מערכות לחץ ברום ובקרע, עקרונות אבחון המערכות הסינופטיות באמצעות מפות קרקע ורום.

82508 שינויים אקלימיים גורמים הקובעים את האקלים הנוכחי: מאזני האנרגיה של כדור הארץ, הצירקולציה האטמוספירית והאוקיאנית, כיסוי הקרח, מחזור הפחמן והרכב האטמוספירה. אקלימי העבר: איך השתנה האקלים בעבר, מסקלות של מאות מיליונים עד לאלפי שנים. תקופות הקרח כדוגמא לשינויים כאלה. תנודות אקלימיות בסקאלות של עשרות שנים עד שנים בודדות. אקלים העתיד: האם העולם מתחמם? מדוע? איך ישתנה האקלים ב-100 השנים הבאות? אלו חלק מן החששות הסביבתיים שייזונו בקורס.

40460 אקלים מזרח הים התיכון וישראל המהלך העונתי של מערכות הלחץ העולמיות באזור המזרח התיכון, תפרוסת אזורי האקלים, התנהגות עונתית של הגורמים האקלימיים במזרח אגן הים התיכון: רוחות אזוריות (פנים ורום), מסלולי הסעה של גושי אויר, מסלולי שקעים, תפרוסת גושי האוויר, העננות והמשקעים הנלווים להם. קלימטולוגיה של סופות אבק באזור. התכונות הכלליות של אקלים ארץ ישראל. אזורי האקלים השונים בארץ: מישור החוף ושפלת הנגב, אזור ההרים ושקע הירדן. דיון באפיוני האלמנטים האקלימיים כגון רוח וגשם באזורים גיאוגרפיים נבחרים בארץ.

40770 יישומי מחקר מתקדמים בחישה מרחוק הקורס יכסה נושאים שונים הקשורים ליישומים סביבתיים של חישה מרחוק, עם דגש על יישומים יבשתיים בתחום הספקטראלי של ה VIS-NIR-SWIR. מטרת הקורס תהיה להעניק לסטודנטים את הרקע הנדרש לביצוע מחקר בחישה מרחוק, הכוללים עבודה שדה, קליטת נתונים, עיבוד מקדים של ההדמאות ומפוי. הקורס יהיה בנוי מקריאת מאמרים (אחד כל שבוע), הרצאות תיאורטיות, תרגול מעשי במעבדת המחשבים ועבודה (לא יהיה מבחן). הנתונים בהם ייעשה שימוש בקורס יכללו צילומי אוויר, הדמאות לוויין מולטי-ספקטראליות MODIS Landsat, SPOT ו QuickBird, הדמאות מוטטות היפר-ספקטראליות, וספקטרומים מהשדה ומספריות ספקטראליות. התוכנות בהן ייעשה שימוש יהיו ENVI ו ERDAS, בהתאם לתרגיל.

71123 הרכב כימי של משאבי מים תכונות פיסיקליות של מים ודרכי הפועתם במערכות השונות בכדור הארץ. תפוצת היסודות הכימיים הראשיים בליטוספירה. תפוצת היסודות קורט מתכתיים במקורות מים. הסתייעות באיזוטופים למחקרים הידרוכימיים. הסתייעות בשיקולים הידרוכימיים ואיזוטופיים לזיהוי מודלים הידרוגאולוגיים. שימושי מחשב. איכות המים והתאמתם לצרכים עירוניים, חקלאיים ותעשייתיים. טכניקות לדגימות מים בשדה.

71129 פיזיקה מתקדמת של הקרקע מושג הרצף בסביבה נקבובית - הגדרה וחישוב הפוטנציאל. משפטי הרציפות בצורתם הדיפרנציאלית והאינטגרלית. פונקציית פוטנציאל, פונקציית זרם ושדה המהירויות. זרימה ליד גבולות אטומים. זרימה מעל שכבות אטימות למחצה. זרימה אל נקז. פני ביניים בין שני זורמים. מגבלות האנלוגיה בין המשטח הפריאטי לפן הביני. רציפות פני ביניים. אנאיזוטרופיה. מוליכות הידראולית-כיוונית. זרימה בקרקע אנאיזוטרופית. זרימה בלתי רוויה. תכונות הידראוליות של קרקעות: תאחיזת מים; המוליכות ההידראולית; דיפוזיביות; המוליכות החשמלית; דיפוזיה מולקולארית ודיספרסיה. פתרונות לזרימה אופקית ואנכית, בתנאי אי-רוויה.

71136 מכניקת הזורמים והידראוליקה

71185 התנהגות מזהמים אורגניים בסביבה תהליכים עיקריים המשפיעים על ההתנהגות ויחסי הגומלין של מזהמים בסביבה. תהליכים בין מולקולאריים אשר משפיעים על תכונות חומרים אורגניים, ומעברי פאזות של החומרים בסביבה. מנגנונים וטרנספורמציה של מזהמים במערכות מים וקרקע, שיטות להערכת מידים כימיים של מזהמים אורגניים. במעבדה יעסקו התלמידים בדיוגם, טיפול, מיצוי, זיהוי וכימות של מזהמים אורגניים בדוגמאות שנאספו.

71610 אגרומטאורולוגיה הרחבת הידע במטאורולוגיה החקלאית. הקניית ידע בסיסי בשיטות ובמערכות מדידה ואיסוף נתונים הנמצאים בשימוש באגרומטאורולוגיה - מדידות של טמפרטורה, לחות, רוח, קרינה וצריכת מים של גידולים. הקורס יכלול הרצאות, מעבדות ופרויקטים מעשיים.

71625 משאבי המים של ישראל וניהולם מצב משאבי המים בישראל ובעולם. מפת מצוקת המים העולמית. התארגנות גופים בינלאומיים ומקומיים להגדלת משאבי המים. מי התהום בישראל: מקורות ותהליכי זרימה והסעה. רשת המים הארצית ותפעולה. מים עיליים: מקורות ותהליכים. ניצול מים שוליים והשבת מים ומיחזורם לחקלאות, לעיר ולתעשייה. התפלת מים: תהליכים ופרויקטים. החדרת מים, מניעת איבוד מים, גשם מלאכותי. ניהול אינטגרטיבי בר-קיימא של מערכות המים העתידיות

71935 זיהום קרקע ומים

71972 כימיה של הקרקע תכונות כימיות כלליות של הקרקע. יחסי גומלין בין שלוש הפאזות של הקרקע. כימיה של מרכיבי קרקע עיקריים ושל יסודות קורט אחדים. דיאגרמות יציבות ומצבי שיווי משקל סימולטניים. קינטיקה של תהליכים מרכזיים. פעולת גומלין בין תרכובות אורגניות לבין יסודות שונים. הרקע הכימי לשימוש בדשנים.

71973 כימיה פיזיקלית ותופעות שטח פנים בקרקע ערכת הקרקע ומרכיביה. מבנה שטח הפנים של מוצקי הקרקע המינרליים. הקרקע כמערכת קולואידית-פזורה. השכבה החשמלית הכפולה. תופעות בסיסיות המושפעות מהשכבה החשמלית הכפולה. משוואות ספיחה קלסיות. תהליכי קומפלקסציה ליד שטחי פנים, מחקרים עכשוויים בתופעות שטח פנים בקרקע.

71148 מבוא לכלכלת משאבי טבע וסביבה מושגים כלליים בכלכלת רווחה. השפעות חיצוניות בייצור וצריכה. מוצרים ציבוריים והשפעות חיצוניות. זכויות קניין והקצאה יעילה של משאבי טבע. שוליים אינטנסיביים ואקסטנסיביים בשימושי קרקע. משאבי טבע מתכלים ומשאבי טבע מתחדשים. מוסדות לניהול משאבי טבע. יישומים: משק המים, שימושי קרקע וחקלאות מים.

73541 מודלים של יחסי גומלין בין הצמח וסביבתו משוואות זרימת המים והסעת המלחים. תנאי שפה והתחלה למשוואות אלו. אוופורנספירציה פוטנציאלית כתנאי שפה. משוואות המקור מבלע למים וליונים. ההצגה הפרשית (finite difference) של משוואות הזרימה, ההצגה הפרשית של תנאי השפה וההתחלה. שימוש במודל (נומרי) אינטגרטיבי הכולל תנועה של מים ומלחים בקרקע, משוואות קליטה של מים ומלחים ע"י הצמח, טרנספירציה פוטנציאלית וממשית, צמיחה (נוף ושרשים), יבול. שימוש במודל לניתוח כמותי של השפעת תנאי גידול שונים: משך הגידול ומבנה הצמח, כמות המשקעים וההשקיה, מליחות מי ההשקיה, מליחות ראשונית בקרקע, אקלים ושעורי T_p שונים, סוג הקרקע, על קליטת מים, יבול, ועל דליפת מים ומלחים מתחת לבית השורשים.

71185 התנהגות מזהמים אורגניים בסביבה תהליכים עיקריים המשפיעים על ההתנהגות ויחסי הגומלין של מזהמים בסביבה. תהליכים בין מולקולאריים אשר משפיעים על תכונות חומרים אורגניים, ומעברי פאזות של חומרים בסביבה. מנגנונים וטרנספורמציה של מזהמים במערכות מים וקרקע, שיטות להערכת מדדים כימיים של מזהמים אורגניים. במעבדה יעסקו התלמידים בדיגום, טיפול, מיצוי, זיהוי וכימות של מזהמים אורגניים בדוגמאות שנאספו.

71622 פיסיקה של המים בקרקע יחסי מים-קרקע. מושגים, הגדרות והקשרים בין תכונות הקרקע. הידרוסטטיקה. לחץ אוסמוטי. מתח פנים. עקומי תאחיזה של קרקעות. תופעת ההיסטרזה. זרימה רוויה בקרקע. משוואות הזרימה. דיפוזיה ותנועה מסית. עומד הידראולי, חוק דרסי ומגבלות הקיום שלו, מוליכות הידראולית וחדירות. זרימה באקוויפר כלוא, ובאקוויפר פריאטי, הנחות דפואי. זרימה לבאר. זרימה באזור הבלתי רווי. שיטות מדידה של תכולת רטיבות. טנסיומטרים ומגבלות השימוש בהם, מד נויטרינים, שימוש בקרינת גמא. מוליכות הידראולית באי רוויה. השפעת התכונות של הקרקע על תהליכי הניקוז. חלחול והתאדות מקרקע בתנאי זרימה תמידית, משוואות חלחול בזרימה לא תמידית.

By Daniel Avihai-Kremer

New Waters

A new graduate program in hydrology is training a new cadre of water experts for Israel

Field trip to the Sea of Galilee: students visit the Yarmouk river (left) whose waters are shared by Israel and Jordan in accordance with the 1994 peace treaty and (opposite) measure Sea of Galilee waters for rate of flow and brackishness. Opposite, top: students aboard marine laboratory study zooplankton samples from the Sea of Galilee

“ISRAEL is the only culturally Western country situated in a semi-arid zone — and yet we have running water available 24 hours a day,” says Professor Haim Gvirtzman, head of the new graduate program in hydrology, an inter-faculty cooperative project based at the Fredy and Nadine Herrmann Institute of Earth Sciences on the Edmond J. Safra Campus. “People don’t realize it, but this is a miracle. In nearby Amman and Damascus the taps are often dry.”

It has recently been accepted that the worldwide water crisis overshadows the energy crisis. In Western countries where water supplies are plentiful, high levels of pollution require a significantly large investment in technology to render the water usable. In semi-arid — not to mention arid — zones the water supplies are both scarce and polluted. “It is really quite simple,” says Prof. Gvirtzman. “As population and quality of life increase, water availability decreases and water pollution increases. The result will be an intensification of the water crisis worldwide.”

The science of hydrology studies surface water and water within layers of fractured and folded rock. “In order to understand how best to manage water you need more than a combined knowledge of geology and water,” says Gvirtzman. “The *modus operandi* of our program is to create connections between biologists, chemists, physicists, mathematicians,



computer scientists, earth science people, geographers, statisticians and atmospheric scientists. Nowadays it is impossible to work solely within the confines of any single discipline.”

Indeed, the graduate multidisciplinary program not only brings together some 25 experts from its three sponsoring faculties — the Faculty of Science, the Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment and the Faculty of Social Sciences — but also from the Ministry of Agriculture’s Volcani Center and the Geological Survey of Israel. “I believe we offer our students the best talent in the country,” says Gvirtzman.

The new graduate program opened in the 2010/11 academic year with 10 master’s and doctoral students, all Israelis. “Besides being excellent students, they have the distinct advantage of knowing the country well and understanding the local geology,” says Gvirtzman. “Hydrology is an applied science and although there are universal theoretical aspects, hydrologists tend to work in their own local environments.”

Nadav Peleg, 31, became interested in hydrology during his undergraduate studies in geology at the Hebrew University. Today a doctoral student working under the supervision of Dr. Efrat Morin (see page 20), he praises the program for “bringing together students from a wide variety of fields within the focus of geo-hydrology.” Although on a full scholarship, Peleg combines his studies with work as a counselor at the nearby Bloomfield Science Museum, helping to foster future hydrologists among high-school students.

In addition to existing courses of relevance in all three faculties, the new program includes some half-dozen new courses, including field studies of the Sea of Galilee and the Dead Sea, and a course on applied measurement in surface water and groundwater hydrology. Imri Oz, 31, is in the first stage of his direct-track doctoral degree studies under the



Environmental Learning

At the Hebrew University, students in a broad number of disciplines can take courses, teaching programs or study tracks that focus on the environment. These include:

🌀 Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, including at the new Institute of Environmental Sciences and Natural Resources in Agriculture —

undergraduate program in conservation and open-space management, with optional specialization in forestry; undergraduate subsidiary program in agriculture and the environment; undergraduate courses in selected topics in environmental quality and agriculture, in environmental economics, in environmental law and bio-legal issues, in environmental issues in breeding animals and in the ecology of nature conservation; master’s program in environmental quality and natural resources; master’s seminar in environmental quality and natural resources in agriculture; short-term international courses in related topics (in conjunction with MASHAV, Israel’s Agency for International Development Cooperation).

🌀 Faculty of Science — undergraduate program in environment studies (with option to combine with other Faculty programs or LL.B. studies); undergraduate and master’s tracks in environment studies; undergraduate courses in selected environmental topics and introduction to environmental sciences and in conservation biology; undergraduate and master’s course in toxins and their influence on man and the environment; inter-faculty master’s programs in environment studies and in hydrology and water; master’s course in concepts of green and sustainable chemistry.

🌀 Faculty of Social Sciences — undergraduate courses in selected topics in environmental issues (for management and environmental policy planning specialization), in the environment: a multifaceted problem, in selected topics in environmental economics, in planning and environmental quality and (for philosophy, economics and political science program) in environmental economics; undergraduate and master’s course in transportation and the environment; master’s programs in urban planning and in geography, planning and the environment; inter-faculty master’s specialization tracks in management, planning and environmental policy and in urban and regional studies; master’s courses in selected topics in environmental issues and in planning and environmental quality.

🌀 Faculty of Humanities — undergraduate course in China’s environment and its global impact; master’s course in a Jewish approach to environmental education (with the Rothberg International School)

🌀 Faculty of Law — undergraduate courses through environmental protection and distributive justice clinics at the Israel Justice Center: Law Clinics for Social Responsibility; undergraduate interdisciplinary workshop on environmental issues (with Faculty of Social Sciences).

🌀 Faculty of Medicine — undergraduate course in biotechnology and environment sciences; master’s courses in environmental and occupational health (international program) and in sustainable development for health.



supervision of Gvirtzman and is interested in the development and management of water resources. "It is a great program, whose broad range of courses gives us the tools we will use as professionals," he says. Indeed, Gvirtzman plans to add further new courses as the program develops, including one in specialist software for hydrology.

FOR Prof. Gvirtzman, the program's benefits are twofold: its impact on water management in Israel and as a potential source for technological developments in the "clean-tech" sector. The widespread interest in clean technologies and in efficient use of natural resources in both the public and private sectors means unbounded opportunities for hydrology start-ups, he says. "Look at China and think how many people there will need irrigation systems or water transport and purification systems. It is a huge market with astounding potential — and Israeli companies that are positioned to sell their water systems will be able to export huge quantities of clean-tech."

Gvirtzman sees almost limitless job opportunities for the program's graduates. "On the national level are the Ministry of Environmental Protection and the Water Authority and there are also positions in municipalities and local and regional authorities," he says. "Consulting and contracting firms such as the Tahal Group,

'it is impossible to work solely within the confines of any single discipline'

which is a global player, and clean-tech start-ups, provide further possibilities."

Master's student Adi Tovy, 30, has an undergraduate degree in nutrition from the Smith Faculty and changed direction to study physical geography in the Faculty of Social

Sciences before taking the plunge into hydrology. "Given the crucial importance of the water issue in the Middle East, I want to be involved in regional projects such as a cooperative water project with

Jordan" she says. "In fact, I am also studying Arabic."

Gvirtzman is optimistic about Israel's water situation and the importance of a well-trained cadre of scientists and researchers. "Even though the decisions are ultimately made by politicians while our focus is on understanding nature, hydrologists can offer expert advice on the impact and effects of building — or not building — projects such as the Red Sea - Dead Sea water conduit, or increasing Israel's water desalination capacity.

"Hydrologists don't determine national water policy but with their comprehensive training, our graduates will be capable of providing the tools and the expertise for policy development and effective management of water resources." 



Field trip to the Dead Sea: students investigate brine pools that have appeared at the Ein Qedem spring system (top) and (right) sinkholes on Mineral Beach



האוניברסיטה העברית בירושלים

התוכנית להידרולוגיה ומשאבי מים



יום העיון אסטונט'ס ב'נלסל:

חידושים במחקר בתחומי ההידרולוגיה ומשאבי המים בישראל

יום חמישי, 13 ליוני 2013

המכון למדע כדור הארץ, גבעת רם, ירושלים

יום העיון נועד לאפשר אסטונט'ס מכלל האוניברסיטאות ומכון המחקר בישראל להציג את עבודתם, ולהכיר את התחומים השונים בחקר המים בישראל:

- גיאוכימיה של מי תהום
- הידרומטאורולוגיה ונגר עילי
- הידרולוגיה של התווך הבלתי רווי
- הידרוגיאולוגיה
- טיפול במים וביוב
- טכנולוגיות מים

לפרטים נוספים אודות יום העיון, סדרי הרשמה ושליחת תקצירים להרצאה קצרה (15 דק') או פוסטר ניתן לגשת לאתר הכתובת:

WaterConf2013.huji.ac.il

סטונט'ס לתואר ראשון? מעוניינים להמשיך לתואר מוסמך?
בואו להיפגש עם קבוצות מחקר מובילות מתחום המים בישראל

