



IPFM

הפאנל הבינלאומי
לחומרים בקיעים

IPFM

INTERNATIONAL PANEL
ON FISSIONABLE MATERIALS

שליטה בחומרים בקיעים במזרח התיכון

צעדים לקראת מזרח תיכון חופשי מנשק גרעיני
וכל סוגי הנשק להשמדה המונית

פראנק נ. וון היפל, סגן חוסיין מוסוויאן, אימד קיאיי,
הארולד א. פייבסון וזיאה מיאן

אוקטובר 2013

תוכן עניינים

4	אודות הפאנל הבינלאומי לחומר בקיע.....
5	תקציר.....
6	הקדמה.....
8	מצב אי ההפצה במדינות השונות באזור הנדון.....
10	הקפאה גרעינית, שקיפות והפחתה מדורגת על ידי ישראל.....
10	סיום ייצורם של פלוטוניום ואורניום מועשר.....
12	הצהרה על מצבורי הפלוטוניום והאורניום המועשר והשמתם תחת פיקוח.....
14	ריסון גרעיני ברחבי המזרח התיכון.....
14	איסור על הפרדה ושימוש בפלוטוניום.....
16	סיום השימוש באורניום מועשר כדלק בכורים.....
17	הגבלת העשרת האורניום לפחות מ-6 אחוזים.....
18	העשרה שנעשית "בדיוק בזמן".....
19	הפסקה בבניית יכולות ההעשרה האיראניות.....
20	שליטה רב לאומית בהעשרה.....
21	הסכמי אימות (Verification).....
21	הסכמי ביטחונות כלליים - Comprehensive Safeguards Agreements.....
21	פרוטוקולים נוספים.....
24	צעדי שקיפות מעבר לפרוטוקול הנוסף.....
24	ארגון אזורי למחזור דלק ואימות.....
26	סיכום.....
28	מראי מקום.....

אודות ה- IPFM

הפאנל הבינלאומי לחומר בקיע (IPFM) נוסד בינואר 2006. זוהי קבוצה עצמאית של מומחים משמונה עשר מדינות בתחום בקרת הנשק ואי הפצתו, הכוללות מדינות בעלות נשק גרעיני וממדינות ללא נשק גרעיני.

משימתו של הפאנל היא לנתח את הבסיס הטכני ליוזמות מדיניות מעשיות על מנת לאחד, לאבטח ולהקטין את מאגרי האורניום המועשר והפלוטוניום. חומרים בקיעים אלו הם מרכיבי היסוד בנשק גרעיני, והשליטה בהם חיונית להשגת פירוק נשק גרעיני, עצירת הפצתו וההבטחה שארגוני טרור לא ישיגו נשק גרעיני.

יש להתייחס הן אל המלאי הצבאי והן אל המלאי האזרחי של חומרים בקיעים. ברשות המדינות בעלות הנשק הגרעיני עדיין ישנו מלאי של חומר בקיע עבור נשק ומלאי של דלק גרעיני עבור הצי שיספיק כדי לבנות עשרות אלפי פצצות גרעין. בצד האזרחי, כמויות מספקת של פלוטוניום כבר הופרדה להכנת מספר דומה של פצצות גרעין. אורניום מועשר במידה גבוהה מנוצל בדלק לכורים אזרחיים ביותר ממאה אתרים. הכמות הכללית המנוצלת למטרה זו מספיקה להכנת מאות פצצות מדגם הירושימה, תכנון הנמצא בתחום היכולת של ארגוני טרור.

בראש הפאנל עומדים פרופ' ר. ראג'אמאן (Rajaraman) מאוניברסיטת ג'וואהארלאל נהרו (Jawaharlal Nehru University) בניו דלהי ופרופ' פרנק פון היפל (Frank von Hippel) מאוניברסיטת פרינסטון. 29 חברי הפאנל כוללים מומחים לענייני גרעין מברזיל, קנדה, סין, צרפת, גרמניה, הודו, איראן, יפן, קוריאה הדרומית, מקסיקו, הולנד, נורבגיה, פקיסטן, רוסיה, דרום אפריקה, שבדיה, בריטניה וארצות הברית. ביוגרפיות קצרות של חברי הפאנל נמצאות באתר האינטרנט של הפאנל, www.fissilematerials.org.

מחקרים ודו"חות של הפאנל מועברים לארגונים בינלאומיים, ממשלות וארגונים לא ממשלתיים. ניתן לעיין בדו"חות באתר האינטרנט ובבלוג של הפאנל - www.fissilematerials.org/blog.

תכנית אוניברסיטת פרינסטון למדע וביטחון עולמי מספקת לפאנל סיוע במחקר ובשירותים מנהליים.

המימון הראשוני לפאנל מגיע ממענקי מחקר שניתנו לאוניברסיטת פרינסטון מקרן ג'ון די וקתארין טי מקארטור (John D. And Catherine T. MacArthur Foundation) בשיקאגו ומתאגיד קארנגי (Carnegie Corporation) בניו יורק.

תקציר

אנו מציעים יוזמות אפשריות לשליטה בחומרים בקיעים היכולות לשמש כצעדים ראשונים לקראת יצירת מזרח תיכון חופשי מנשק גרעיני וכל נשק אחר להשמדה המונית (נל"ה). היוזמות כוללות פעולות שביכולתה של ישראל - המדינה היחידה באזור בעלת נשק גרעיני - לבצע על מנת להביא לפירוק נשק גרעיני; אלו צעדים של ריסון קולקטיבי בייצור חומרים בקיעים ופעולות בהן יש לנקוט מצד כל המדינות באזור כדי לטפח ביטחון שפעילויותיהן הגרעיניות האזרחיות יהיו אכן שוחרות שלום באופיין ולא ישמשו ככיסוי לפיתוח נשק גרעיני.

עבור ישראל צעדים ראשונים אלה כוללים את סיומו של ייצור פלוטוניום ואורניום מועשר, הכרזה על קיומם של מאגרים אלה והעמדתם תחת פיקוח בינלאומי כצעדים לקראת פירוקם. הפירוק הסופי של ישראל מנשק גרעיני הוא תנאי הכרחי לקיומו של מזרח תיכון חופשי מנשק גרעיני ולהפיכתו באופן רחב יותר לחופשי מנל"ה.

המדיניות האזורית שאנו מציעים תסייע לקרב את הפיכתו של המזרח התיכון לחופשי מנשק גרעיני, ולחיזוקו של האזור החופשי, כאשר ייכנס לתוקף. הצעדים כוללים הימנעות מהפרדת פלוטוניום, הימנעות משימוש באורניום מועשר ברמה גבוהה או בפלוטוניום כחומרי דלק, ופירוק מפעלים ממשלתיים להעשרה. צעדים אלה יחזקו באופן משמעותי את משטר אי ההפצה הגלובלי אם יאומצו על ידי כל מדינות העולם, כולל על ידי המדינות בעלות נשק גרעיני.

צעדים אלה ראויים ליישום בזכות עצמם ועל מדינות ליזום את קידום הצעדים האלו בכל זמן שהדבר מתאפשר. אין לעכב התקדמות על ידי יצירת התניות, הגבלות בזמן או התניית צעד כזה בצעד אחר.

למרות שאיננו עוסקים בנשק כימי או ביולוגי בנייר זה, חיוני הדבר שהמדינות באזור יאשרו ויישמו את האמנה נגד נשק כימי ואת האמנה נגד נשק ביולוגי. הדבר קיבל חשיבות מרכזית בעקבות השימוש בנשק כימי במלחמת האזרחים בסוריה בשנת 2013 והחלטתה של סוריה לאחר מכן להצטרף לאמנת הנשק הכימי, להכריז על קיומו של מלאי מסוג זה ברשותה, ותחת פיקוח להשמיד את הנשק הכימי שברשותה. על מצרים וישראל לעשות כך גם כן לגבי אמנת הנשק הכימי. על כל שלוש המדינות לאשר את אמנת הנשק הביולוגי.

אזור חופשי מנשק גרעיני (NWFZ) במזרח התיכון הוצע לראשונה בעצרת הכללית של האו"ם בשנת 1974 על ידי איראן ומצרים, על מנת להסיג לאחור את פיתוחו של נשק גרעיני על ידי ישראל ועל מנת לעצור הפצה נוספת של נשק זה באזור. זאת על ידי הצטרפות כל המדינות באזור לאזור החופשי ולאמנה לאי-הפצת נשק גרעיני (NPT). ההצעה הייתה מבוססת על הדגם של האמנה משנת 1967 להפיכת אמריקה הלטינית לאזור חופשי מנשק גרעיני.² בשנת 1990 הורחבה ההצעה על ידי מצרים לאיסור על נשק כימי וביולוגי, כלומר יצירת אזור חופשי מנל"ה (נל"ה) במזרח התיכון.³

הרעיון בדבר אזורים חופשיים מנשק גרעיני הוכח כהצלחה. הם הוקמו בחמישה אזורים: אמריקה הלטינית והים הקאריבי (בתוקף מ-2002), דרום האוקיאנוס השקט (1986), דרום-מזרח אסיה (1997), אפריקה (2009) ומרכז אסיה (2009).⁴ נכון ל-2013, מכילים אזורים אלה 97 מדינות חברות, המהוות יותר ממחצית המדינות בקהילייה הבינלאומית, והם מכסים את חצי הכדור הדרומי.

בניגוד לכך, המזרח התיכון הפך לקרקע פורייה להפצת נשק גרעיני. ישראל נצמדת לנשק הגרעיני שברשותה, מסרבת להצטרף לאמנה לאי-הפצת נשק גרעיני, מרחיבה באופן משמעותי את מלאי החומרים הבקיעים לייצור נשק ומפתחת אמצעי שיגור מתקדמים. תכניות גרעין סודיות נמצאו בעיראק בשנת 1991, בלבן בשנת 2003 ובסוריה בשנת 2007 - באותו זמן בו היו מדינות אלה חברות חתומות על האמנה לאי-הפצת נשק גרעיני (NPT). בשנת 2003 נודע שלאיראן תכנית בלתי מוצהרת של מחקר ופיתוח להעשרת אורניום, וכור בהקמה המסוגל לשמש לייצור פלוטוניום.

בשנת 1995 הסכימה ועדת הבחינה וההרחבה של האמנה לאי-הפצת נשק גרעיני (NPT Review and Extension Conference), על הארכת האמנה לזמן בלתי מוגבל והחלטה הקוראת להתקדמות לקראת יצירת מזרח תיכון חופשי מנל"ה. ההחלטה "קוראת לכל המדינות במזרח התיכון לנקוט בצעדים מעשיים בפורומים המתאימים שמטרתם להתקדם, בין היתר, לקראת הקמתו של המזרח התיכון כאזור חופשי מנל"ה, נשק גרעיני וביולוגי ומערכות השיגור שלהם באופן הניתן לאימות ולהימנע מצעדים שנועדו להכשיל את השגתה של מטרה זו".⁵

הסכם על יצירת מזרח תיכון חופשי מנל"ה היה תנאי להשגת הארכת האמנה לאי-הפצת נשק גרעיני בשנת 1995; למעשה, ללא מחויבות ליצירת אזור כזה, לא הייתה מושגת הארכה.⁶ כתוצאה מההבנות של 1995, מדינות רבות החברות באמנה, מייחסות חשיבות עליונה להפיכת המזרח התיכון לאזור חופשי מנל"ה ורבות מהמדינות שאינן גרעיניות, אם לא כולן, מאמינות שחלק זה בהסכם בדבר הארכה בלתי מוגבלת של תוקף האמנה לא קוים על ידי המדינות הגרעיניות.

רק בוועידת הסקר של האמנה לאי-הפצה בשנת 2010, הוסכם לכנס ועידה (עד סוף שנת 2012) על "הפיכתו של המזרח התיכון לאזור חופשי מנשק גרעיני וכל הסוגים האחרים של נל"ה". השגריר יאקו לאיאווה (Jaakko Laajava) מפינלנד מונה לשמש כמתאם. עם זאת, בנובמבר 2012 הודיעה ארצות הברית שהועידה נדחתה "עקב התנאים הנוכחיים במזרח התיכון והעובדה שהמדינות באזור לא הגיעו להסכמה על תנאים מקובלים לקיום הועידה".⁷ הסכמה מצד כל הצדדים להשתתף בוועידה עליה הסכימו המדינות השותפות לאמנה לאי-הפצת נשק גרעיני תהווה צעד חשוב בפני עצמו.

היחסים הפוליטיים במזרח התיכון אינם נוטים כיום לטובת משא ומתן על יצירת אזור חופשי מנל"ה, אך ישנם גם יסודות להתקדמות אפשרית לקראת מטרה זו. רוב המדינות הערביות מסרבות להכיר בישראל כל עוד היא כובשת את השטח הפלסטיני בגדה המערבית וממשיכה את הסגר על עזה.⁸ באוגוסט 2013 החלו נציגים פלסטינים בשיחות שלום עם נציגים ישראליים בחסותה של ארצות הברית, השיחות הראשונות מסוגן מזה חמש שנים.⁹

שלוש מדינות באזור (עיראק, לוב וסוריה) הודו בקיומן של תכניות לפיתוח נשק כימי ובשנת 2013 נעשה שימוש בנשק כימי בסוריה. השימוש הראשון מסוגו מאז שנות ה-80, כאשר הפעיל משטר סדאם חוסיין בעיראק נשק כימי נגד איראן ונגד האוכלוסייה הכורדית בעיראק עצמה. בספטמבר 2013 הצטרפה סוריה לאמנה נגד נשק כימי, הצהירה על מלאי הנשק הכימי שלה והסכימה להשמיד את הנשק שברשותה.¹⁰ הדבר נדרש על ידי החלטה של מועצת הביטחון של האו"ם, המאשרת מחדש את החלטת הארגון נגד נשק כימי (OPCW - Organization for the Prohibition of Chemical Weapons), הקובעת שסוריה "תשלים את השמדת מלאי הנשק הכימי והציוד במחצית הראשונה של 2014".¹¹

לאור התפתחות זו, יש ללחוץ על מצרים, שלא חתמה על האמנה נגד נשק כימי, וישראל, שלא אשררה את האמנה, ללכת בעקבות סוריה ולקבל את תנאי האמנה באופן מלא. יש ללחוץ על שלוש מדינות אלה להצטרף לאמנה נגד נשק ביולוגי. בעבר, סירבה מצרים לאשרר את האמנה נגד נשק כימי, האמנה נגד נשק ביולוגי והאמנה הכוללת נגד ניסויים גרעיניים (CTBT - Comprehensive nuclear Test Ban) כל עוד מסרבת ישראל להצטרף לאמנה לאי-הפצת נשק גרעיני כמדינה ללא נשק גרעיני.

לבסוף, מאז 2003 מתנהל עימות בינלאומי על תכנית הגרעין של איראן. הסיכויים להשגת פתרון בתחום זה התחזקו בעקבות בחירתו ביוני 2013 של חסאן רוחאני (Hassan Rouhani) כנשיא איראן, אשר הצהיר בספטמבר 2013, בנאום בעצרת הכללית של האו"ם ש"לנשק גרעיני ונשק אחר להשמדה המונית אין מקום בדוקטרינת ההגנה והביטחון של איראן, והדבר סותר את ערכיו הדתיים והאתיים הבסיסיים".¹²

הניסיון מפריצות הדרך שהביאו לסיומה של המלחמה הקרה והמאמצים הדיפלומטיים שהובילו לאמנות למניעת הפצת נשק גרעיני, נגד נשק כימי, נגד נשק ביולוגי ולאיסור כללי על ניסויים גרעיניים מראים שניתן להשיג התקדמות בהיעדר יישובם של קונפליקטים ומחלוקות פוליטיים גדולים. אכן, התקדמות בנושאים אלה עשויה לתרום לבניית אמון ושיפור ביחסים.

מצב אי ההפצה במדינות השונות באזור המוצע

לצורך מחקר זה, אנו מאמצים את ההמלצות של המחקר שנעשה בשנת 1991 על ידי מזכ"ל האו"ם אשר קבעו שאזור חופשי מנל"ה במזרח התיכון יכול את "כל המדינות הקשורות ישירות לקונפליקטים נוכחיים באזור, כלומר כל המדינות החברות בליגה הערבית, הרפובליקה האסלאמית של איראן וישראל".¹³ הגדרה זו כוללת את כל המדינות הנכללות בתמונה מספר 1.

ישראל היא החברה האפשרית היחידה באזור החופשי מנל"ה במזרח התיכון שיש ברשותה נשק גרעיני. תנאי חיוני להצלחת הפיכת האזור המתוכנן למציאות יהיה עבור ישראל לוותר על הנשק הגרעיני שלה ולהצטרף לאמנה לאי-הפצה כמדינה ללא נשק גרעיני.¹⁴ פרט לישראל, כל המדינות החברות הפוטנציאליות במזרח תיכון חופשי מנל"ה הן חברות האמנה לאי-הפצת נשק גרעיני (טבלה 1).

כל המדינות הלא גרעיניות באזור המתוכנן החופשי מנל"ה חתמו על הסכם כולל לביטחונות (Comprehensive Safeguards Agreement) עם הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית, פרט לסומליה. ג'יבוטי חתמה על הסכם הביטחונות, אך נכון ליוני 2013, ההסכם לא נכנס לתוקף. הסכמים אלה מחייבים כל מדינה להכריז על החומרים הגרעיניים שברשותה, על פעילויותיה בתחום ולאפשר פיקוח של הסוכנות הבינ"ל לאנרגיה אטומית (סבא"א), על מנת לאמת דיווחים אלה.

תמונה 1:

המדינות המצויות כאן חברות בליגה הערבית פרט לאיראן וישראל ויכולות להיות חלק ממזרח תיכון חופשי מנשק גרעיני או באופן נרחב יותר חופשי מנל"ה. מקור: צרינג ואנגייאל שאווה (Tsering Wangyal Shawa), אוניברסיטת פרינסטון.



לאור מאמציה הסודיים של עיראק לפני 1991 להשיג טכנולוגיות להעשרת אורניום, יצרה סבא"א פרוטוקול נוסף (Additional protocol) להסכם על הביטחונות כאמצעי להגברת השקיפות של תכניות גרעין. נכון לאמצע 2013, רק שמונה חברות של האזור המתוכנן חתמו על הפרוטוקול הנוסף ואשררו אותו (איחוד האמירויות הערביות, בחריין, ירדן, כווית, עיראק, לוב ומאוריטניה). איראן חתמה בשנת 2003, אך לא אשררה את הפרוטוקול הנוסף. היא צייתה מרצונה לפרוטוקול עד אשר העבירה מועצת הנגידים של סבא"א (IAEA Board of Governors) את שיתוף הפעולה של איראן לגבי תכנית הגרעין שלה בעבר למועצת הביטחון של האו"ם.

האמנה למניעת ניסויים גרעיניים (CTBT) משנת 1996, כמו האמנה לאי-הפצה, היא הסכם מרכזי בתחום בקרת הנשק ואי ההפצה שמדינות בעלות נשק גרעיני ומדינות לא גרעיניות נקראות להצטרף אליה. ערב הסעודית, סוריה וסומליה לא חתמו על האמנה ושש מדינות נוספות באזור החופשי המתוכנן חתמו אך עדין לא אשררו אותה (טבלה 1). מאחר וישראל, איראן ומצרים חתמו על האמנה למניעת ניסויים גרעיניים ובכך הפגינו את כוונתן למלא את סעיפיה בעיקרון, הן יכולות לאשרר אותה באופן עצמאי או לתאם ביניהן אישור במשותף כאמצעי בונה אמון.¹⁵

כל החברות האפריקאיות בליגה הערבית פרט לסומליה חתמו על האמנה האפריקאית לאזור חופשי מנשק גרעיני (הסכם

פלינדאבה - Pelindaba), אשר נכנסה לתוקף בשנת 2012, אך נכון לסוף 2013 אושרה רק על ידי שלוש מדינות - אלג'יריה, לוב ומאוריטניה.¹⁶ בכל מקרה, חברות בהסכם פלינדאבה אינה מוסיפה כל מגבלות או דרישות בתחום הפיקוח מעבר לאלה שנקבעו עבור מדינות ללא נשק גרעיני באמנה לאי-הפצת נשק גרעיני.

האזור שמתוכנן להיות חופשי מנל"ה אמור לכסות את כל סוגי הנשק להשמדה המונית ולא רק את הנשק הגרעיני. הדבר יצריך מצד כל המדינות באזור את אשרור האמנות נגד נשק כימי ונשק ביולוגי. לא כולן עשו זאת (טבלה 1).

אמנה לאזור חופשי מנל"ה במזה"ת, ככל הנראה תיקח דוגמא מההסכמים הקיימים לאזורים חופשיים מנשק גרעיני ותגביל פעילות גרעינית של מדינות גרעיניות שאינן מהאזור. לדוגמה, ההסכם האפריקאי לאזור חופשי מנשק גרעיני, אוסר על מדינות שאינן חברות בהסכם, להציב "מתקנים גרעיניים" בשטחן של המדינות החברות בהסכם. ההסכם על הפיכת אמריקה הלטינית לאזור חופשי מנשק גרעיני, מרחיב את האיסור גם לשטחי הים הסמוכים. סביר להניח שמדינות שיהיו חברות במזרח תיכון חופשי מנל"ה ירצו גם הן לאסור טיסות של מטוסים נושאי נשק גרעיני מעל שטחן כמו גם נוכחות של אניות הנושאות נשק גרעיני, זאת לפחות במימי המפרץ הפרסי והים האדום.

	NPT	BWC	CWC	CTBT
Algeria	12 Jan. 1995	22 July 2001	14 Aug. 1995	11 July 2003
Bahrain	3 Nov. 1988	28 Oct. 1988	28 April 1997	12 April 2004
Comoros	4 Oct. 1995	17 Sept. 2006	–	(S) 12 Dec. 1996
Djibouti	16 Oct. 1996	–	25 Jan. 2006	15 July 2005
Egypt	26 Feb. 1981	(S) 10 April 1972	–	(S) 14 Oct. 1996
Iran	2 Feb. 1970	22 Aug. 1973	3 Nov. 1997	(S) 24 Sept. 1996
Iraq	29 Oct. 1969	19 June 1991	13 Jan. 2009	(S) 19 Aug. 2008
Israel	–	–	(S) 13 Jan. 1993	(S) 25 Sept. 1996
Jordan	11 Feb. 1970	30 May 1975	29 Oct. 1997	25 Aug. 1998
Kuwait	17 Nov. 1989	18 July 1972	28 May 1997	6 May 2003
Lebanon	15 July 1970	26 March 1975	20 Nov. 2008	21 Nov. 2008
Libya	26 May 1975	19 January 1982	6 Jan. 2004	6 Jan. 2004
Mauritania	26 Oct. 1993	–	9 Feb. 1998	30 April 2003
Morocco	27 Nov. 1970	21 March 2002	28 Dec. 1995	17 April 2000
Oman	23 Jan. 1997	31 March 1992	8 Feb. 1995	13 June 2003
Qatar	3 Apr. 1989	17 April 1975	3 Sept. 1997	3 March 1997
Saudi Arabia	3 Oct. 1988	24 May 1972	9 Aug. 1996	–
Somalia	5 Mar. 1970	(S) 3 July 1972	28 June 2013	–
Sudan	31 Oct. 1973	17 Oct. 2003	24 May 1999	10 June 2004
Syria	24 Sept. 1969	(S) 14 April 1972	14 Sep. 2013	–
Tunisia	26 Feb. 1970	18 May 1973	15 April 1997	23 Sept. 2004
UAE	26 Sept. 1995	19 June 2008	28 Nov. 2000	18 Sept. 2000
Yemen	1 June 1979	1 June 1979	2 Oct. 2000	(S) 30 Sept. 1996

טבלה 1: תאריכי האשרור או ההצטרפות [או החתימה (S) של מדינות שעדיין אינן חברות] של מדינות לאמנה לאי-הפצת נשק גרעיני מ-1968 (NPT), האמנה נגד נשק ביולוגי מ-1972 (BWC), האמנה נגד נשק כימי מ-1993 (CWC) והאמנה הכללית נגד ניסויים גרעיניים מ-1996 (CTBT) של החברות הפוטנציאליות באזור המתוכנן להיות חופשי מנל"ה במזרח התיכון. בספטמבר 2013 אישרה סוריה את האמנה נגד נשק כימי.¹⁸

הקפאה גרעינית, שקיפות והכחתה מדורגת על ידי ישראל

על מנת להצטרף למזרח התיכון כאזור חופשי מנל"ה, תידרש ישראל לוותר על הנשק הגרעיני שברשותה. ההערכה היא שברשות ישראל נשק גרעיני מאז שנות ה-60 המאוחרות.¹⁹ מתוך התבססות על הערכת ייצור הפלוטוניום שלה, על מספר מערכות אמצעי השיגור שלה ועל הצהרות של המודיעין של ארצות הברית, הסיקו חוקרים עצמאיים של ישראל יש היום ככל הנראה כ-80 ראשי נפץ גרעיניים וכן, שמלאי זה נשאר יציב בעשור האחרון.²⁰

האמונה הרווחת היא שישראל היא המדינה היחידה באזור שמפרידה פלוטוניום וכנראה גם היחידה שמעשירה אורניום לרמה גבוהה של העשרה - מרכיבי היסוד בנשק גרעיני. יתכן שברשותה עכשיו פלוטוניום בכמות מספקת ל-200 ראשי נפץ גרעיניים, ההערכה כוללת בתוכה גם פלוטוניום שנמצא כבר בנשק גרעיני קיים.

עד שיכנס לתוקפו אזור חופשי מנל"ה במזרח התיכון, תצטרך ישראל להשמיד את כל הנשק הגרעיני שברשותה ולהעמיד את כל החומרים הבקיעים שברשותה תחת מערכת הביטחונות של סבא"א, כפי שעשתה דרום אפריקה כאשר ויתרה על הנשק הגרעיני שברשותה בשנות ה-90 המוקדמות. הדבר ייקח זמן, אך ישראל תוכל להוכיח את נכונותה לעשות כן על ידי:

- סיום כל תהליך הפרדה של פלוטוניום והעשרת אורניום וסגירה או העמדה תחת הביטחונות של סבא"א, את כל אמצעי הייצור הגרעיניים; וכן

- הכרזה על מלאי החומרים הבקיעים שברשותה והעמדת חלקים ממנו תחת פיקוח של סבא"א עד לפירוקו המלא.

צעדי מעבר אלה יסייעו להפיכת המזרח התיכון לאזור חופשי מנל"ה והם נידונים בהרחבה בהמשך.

סיום ייצורם של פלוטוניום ואורניום מועשר

ישנה אמונה רווחת שהארסנל הגרעיני של ישראל מבוסס על פלוטוניום ושאותו פלוטוניום יוצר על ידי חשיפת אורניום טבעי לקרינה בכור המופעל במים כבדים שסופק על ידי צרפת במרכז המחקר הגרעיני בנגב ליד דימונה (תמונה 2). מעריכים שהפלוטוניום הופרד בתהליך כימי מהאורניום שנחשף לקרינה במפעל תת קרקעי הסמוך לכור.²¹ על ידי סגירת הכור בדימונה וסיום עבודת העיבוד (reprocessing), ישראל תגביל את כמות הפלוטוניום בו תוכל להשתמש בפיתוח נשק גרעיני.

סביר להניח שניתן לאמת צעדים אלה במידה סבירה ללא גישה לאתר עצמו. חיישנים אינפרא אדומים יוכלו לאמת את סגירת הכור מהאוויר על ידי זיהוי הירידה בטמפרטורה מחוץ לבניין המכיל את הכור ובמגדלי הקירור של הכור. סיום עיבוד הפלוטוניום

תמונה 2:

המרכז למחקר גרעיני בנגב ליד דימונה, ישראל. משערים שהכור שנמצא תחת המבנה בצורת הכיפה למטה מימין משמש לייצור פלוטוניום עבור נשק גרעיני, כאשר הפלוטוניום מופרד במפעל עיבוד הנמצא במבנה תת-קרקעי סמוך. יתכן שהמבנה מכיל גם מפעל להעשרת אורניום באמצעות צנטריפוגות גז.

מקור: Google Earth



במבנה התת-קרקעי יהיה ניתן לאימות על ידי ניטור מחוץ למבנה שיבדוק היווצרות של קריפטון 85, המשתחרר כאשר פותחים דלק גרעיני שנחשף לקרינה בשלב הראשון של העיבוד. מאחר שגז זה אינו מגיב לחומרים כימיים, קשה לזהות וללכוד אותו ורוב מפעלי העיבוד הגרעיניים אינם מנסים זאת.²²

זיהוי מרחוק של סגירת הכור הגרעיני ומפעל העיבוד של ישראל יוכל להיות הצעד הראשון לקראת ניטור אזורי מצד השותפים האפשריים לאזור המתוכנן להיות חופשי מנ"ה. הדבר עשוי גם לכלול הסכמים לטיסות פיקוח הדדיות על ידי מטוסים לא חמושים או כלי טיס מונחים מרחוק על מנת לגלות פעילות גרעינית סודית.

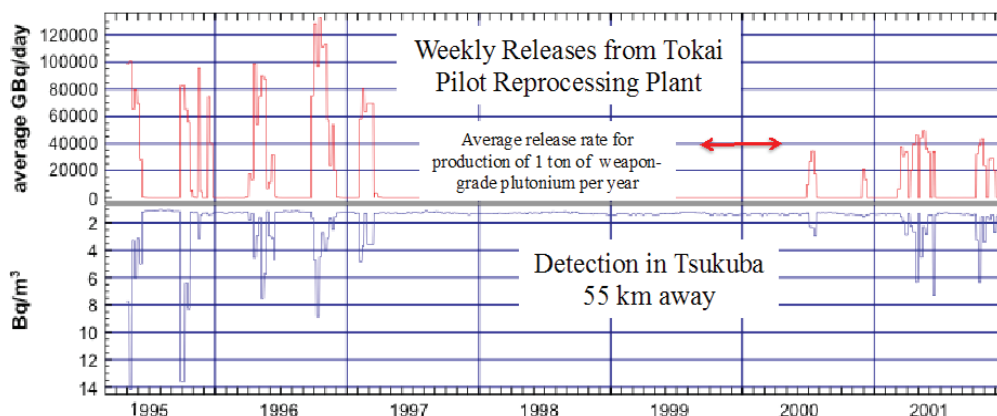
הסכם השמים הפתוחים מ-1992 בין נאט"ו וברית וארשה יצר תקדים לטיסות פיקוח מסוג זה. ההסכם מתיר 42 טיסות פיקוח בשנה מעל ארצות הברית ורוסיה\בלארוס ומספר קטן יותר של טיסות מעל מדינות קטנות יותר (עד 12 טיסות בשנה). החיישנים המותרים בשימוש הם ציוד רדאר אופטי אינפרא אדום ומפתח סינתטי (synthetic aperture radar), אך ניתן להוסיף בהסכמה גם חיישנים מסוגים נוספים על מנת לאסוף ולנתח דגימות אוויר.²³

ישנו בסיס לאופטימיות שחיישנים יוכלו במסגרת טיסה לגלות מתקנים גרעיניים בלתי מוצהרים במזרח התיכון. הסימנים האופייניים למתקנים גרעיניים כוללים חום מכור לייצור פלוטוניום (תמונה 3). ניתן גם לגלות ייצור ושימוש באורניום הקספלואוריד (UF_6), הגז המשמש בהעשרת אורניום בצנטריפוגות, באמצעות תוצר המשנה שלו מתהליך הפירוק הכימי UO_2F_2 - המיוצר מתגובה של הלחות באוויר עם הקספלואוריד אורניום הנפלט מציוד במפעל ההופך את תחמוצת האורניום לגז ההקספלואוריד המיועד להעשרה ולאחר מכן הופך אותו בחזרה להקספלואוריד או לחומר מתכתי.²⁴ גילוי ממרחק ובכיוון הרוח של קריפטון 85 ממפעל לעיבוד הוכח כאפשרי (תמונה 4).

תמונה 3: הרגישות בהדמיה תרמית נראית כאן על ידי כתמי החום הנראים מחוץ לקרונות הנושאים מכלים של פסולת גרעינית שקיבלה צורת זכוכית המעוברת מצרפת לגרמניה. מקור: גרינפיס



תמונה 4: גילוי מרחוק של קריפטון 85 במפעל העיבוד של טוקאי (Tokai) ביפן.²⁵



ישראל תוכל להוציא מכלל פעולה ולפרק את הכור בדימונה לאחר סגירתו. באופן דומה, ניתן להוציא מכלל פעולה את מפעל העיבוד הסמוך על ידי יציקת בטון לתוכו לאחר שיוצאו ממנו הפסולת הרדיואקטיבית ברמות גבוהות והדלק הבלתי מעובד. את הדלק הגרעיני ניתן לאחסן במקום מאובטח בקרבת מקום עד שמקום מספיק ובטוח מבחינה גיאולוגית, יהיה זמין.

לחלופין, יכולה ישראל לשים את הכור בדימונה תחת פיקוח של סבא"א על מנת להבטיח שינוצל רק למטרות של שלום. ישנו כבר תקדים למערכת פיקוח של סבא"א בישראל. כור המחקר במרכז המחקר הגרעיני בשורק ודלק האורניום המועשר שבו נמצאים בפיקוח בהסכם עם ארצות הברית, אשר סיפקה לישראל את הכור והדלק שבו בשנות ה-50 המאוחרות.

מעריכים שהכור בדימונה מייצר לא רק פלוטוניום אלא גם טריטיום המשמש לפיתוח הנשק הגרעיני של ישראל. שלא כמו פלוטוניום 239, שזמן מחצית החיים שלו הוא 24,000 שנה, זמן מחצית החיים של הטריטיום היא 12 שנה ולכן יש לייצר אותו מחדש אלא אם כן הנשק המכיל אותו יוצא מכלל שימוש או מונח בקרן זווית על מנת לעבור תהליך של היחלשות בעוצמתו לרמה השווה לקילו טון של חומר נפץ כימי.²⁶ מעריכים שישראל בנתה מצבור של טריטיום המאפשר לה לתחזק את הנשק הגרעיני שברשותה למשך עשור או יותר בטרם תידרש לעמוד מול אפשרויות אלה או שתוכל לייצר מחדש טריטיום ממקור אלטרנטיבי שאינו מכורים.²⁷

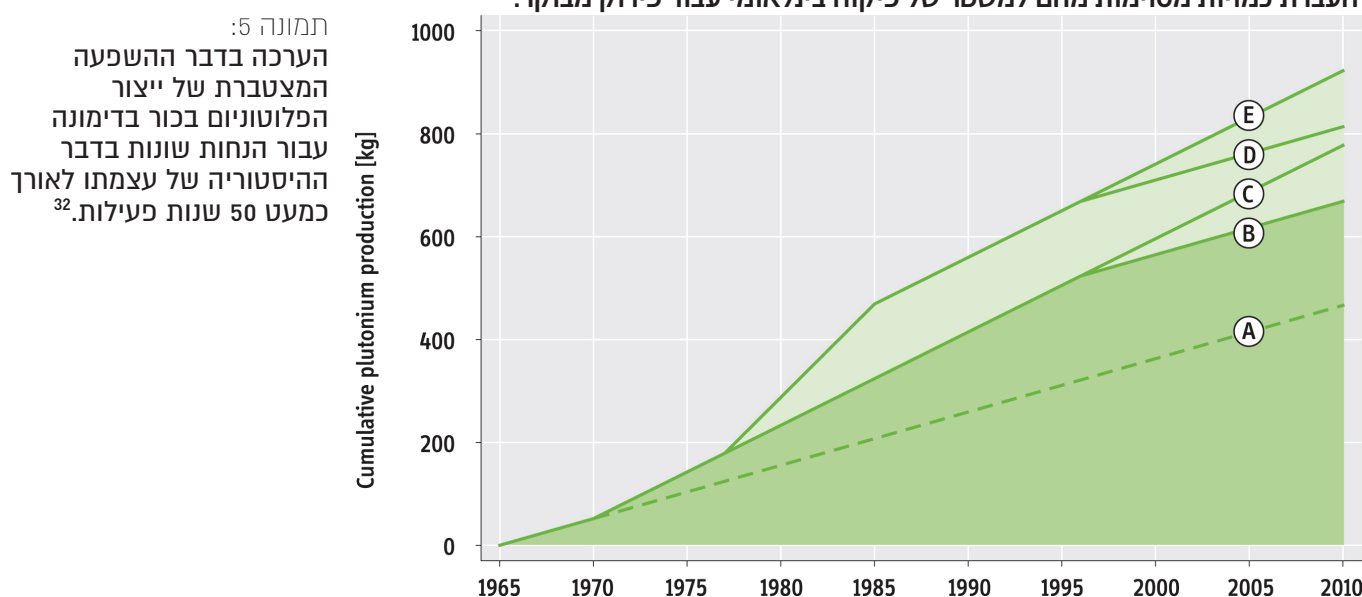
ישנם דיווחים שישראל ביצעה פעילות של העשרת אורניום במרכז המחקר הגרעיני בנגב ויתכן גם במקומות אחרים כחלק מתכנית הגרעין שלה.²⁸ על ישראל להצהיר על המקומות בהם נערכה פעילות זו ולהתיר לסבא"א לוודא שהפעילות בתחום זה הסתיימה.

הצהרה על מצבורי הפלוטוניום והאורניום המועשר והשמתם תחת פיקוח

צעד שני לקראת הפיכת המזרח התיכון לחופשי מנ"ה ומנשק גרעיני עבור ישראל, יהיה הצהרה על גודלם של מצבורי הפלוטוניום המופרד והאורניום המועשר שברשותה. ההערכה שנעשתה עבור הפאנל הבינלאומי לחומרים בקיעים קובעת שישראל ייצרה 850 ק"ג של פלוטוניום בטווח טעות של 125 ק"ג לכאן או לכאן (תמונה 5).²⁹ אם נניח את קיומם של 4-5 ק"ג פלוטוניום בכל ראש נפץ גרעיני, תהיה הכמות מספקת ל-145 עד 240 ראשי קרב. מעריכים שישראל השיגה באופן סודי עד ל-300 ק"ג של אורניום לייצור נשק ממפעל של חיל הים האמריקאי בשנות ה-60.³⁰

בסיכומו של דבר, ניתן יהיה לבדוק את הייצור ההיסטורי של פלוטוניום בישראל בטכניקות של "ארכיאולוגיה גרעינית". הדבר יכלול מדידת שינויים איזוטופיים של שאריות מיסודות מסוימים במבני המתכת הקבועים התומכים בליבת הכור בדימונה.³¹ מדידת המבנים תחשוף את ההשפעה המצטברת או "הזרימה" של נויטרונים דרך ליבת הכור במהלך תקופת חייו, ותספק את הבסיס להערכת כלל ייצור הפלוטוניום בכור.

ישראל תוכל להפחית באופן הניתן לאימות ובמדורג את כמויות הפלוטוניום והאורניום המועשר שברשותה עבור נשק, על ידי העברת כמויות מסוימות מהם למשטר של פיקוח בינלאומי עבור פירוק מבוקר.



פירוק הנשק הגרעיני האחרון של ישראל והעברת החומרים הבקיעים למשטר של פיקוח בינלאומי - במקביל להשלמתן של פעולות אחרות על ידי צדדים אחרים לאזור החופשי מנל"ה, שיתנו לישראל ביטחון שאינה עומדת יותר מול איומים ביטחוניים קיומיים - יהיו הצעד האחרון בפירוקה מנשק גרעיני. באמצעות התחייבות פומבית למטרה זו, ישראל יכולה לתרום לתהליך אזורי של יצירת צעדים בוני אמון ולסייע בהצבת הבסיס למזרח תיכון חופשי מנל"ה הניתן לאימות.

ריסון גרעיני ברחבי המזרח התיכון

כל מאמץ להתקדם לקראת מזרח תיכון חופשי מנל"ה חייב להתחשב בדאגות הביטחוניות ארוכות הטווח של ישראל לגבי שכניה, ההיסטוריה של מאמצי ההפצה הסודיים של נשק גרעיני במזרח התיכון והמחלוקת המתמשכת על תכנית הגרעין האיראנית. עבור ישראל - ואולי גם מדינות אחרות באזור - להשתתף באופן מלא במאמצים להשגת אזור כזה ידרוש כנראה צעדים משמעותיים חדשים, ביניהם צעדים של ריסון גרעיני שימשו כמחסומים טכניים ופוליטיים חזקים בכל ניסיון עתידי לפתח יכולות גרעיניות. צעדים אלה יכללו:

- איסור על הפרדה ו\או שימוש בפלוטוניום ואורניום 233;
- איסור על השימוש באורניום מועשר כדלק בכורים גרעיניים;
- הגבלה על העשרת אורניום לשישה אחוזים או פחות;
- הסכם עם מדינות העוסקות בהעשרה שלא לצבור אורניום מועשר אלא לאמץ שיטות ייצור של "בדיוק בזמן";
- הפוגה בהעשרת האורניום של איראן;
- התחייבות להפחית בהדרגה תכניות העשרה לאומיות ולהעמיד פעולות העשרה תחת שליטה רב לאומית.

בהמשך נדון בחשיבות ובמעשיות למזרח התיכון של הצעדים המוצעים. אם יתקבלו צעדים אלה באופן גלובלי, יחזק הדבר באופן משמעותי את משטר אי ההפצה העולמי ואת היסודות לעולם ללא נשק גרעיני.

איסור על הפרדה ושימוש בפלוטוניום

מנקודת מבט של הפצה גרעינית, מחזור של דלק גרעיני מאורניום או תוריום על מנת לפתח פלוטוניום או אורניום 233 הוא פעולה מסוכנת, מאחר שהתוצרים הם חומרים בקיעים הניתנים לשימוש בנשק.³³ העיבוד (Reprocessing) נועד במקור להפריד פלוטוניום מאורניום טבעי שנחשף לקרינה לצורך פיתוח נשק גרעיני. מפעלי עיבוד מסחריים נועדו להפריד פלוטוניום מדלק גרעיני. פלוטוניום זה, למרות שבדרך כלל אין בו שימוש לנשק - ניתן עדיין לעשות בו שימוש כזה.³⁴

בשעה שישראל היא המדינה היחידה באזור שמעבדת דלק גרעיני, מצרים ואיראן החלו לבחון אפשרויות לעיבוד ברמה של מעבדה.³⁵ סבא"א לא דיווחה על כל צעדים מצד איראן לבניית מתקן לעיבוד, אך כור המים הכבדים באראק (תמונה 6) דומה לכור

תמונה 6:

הכור הגרעיני באראק (Arak). הכור התרמי בעל ה-40 מגה וואט אמור להתחיל לפעול בשנת 2014. הוא יוכל לייצר 10-12 ק"ג פלוטוניום בשנה באמצעות הדלק המעובד שלו, כמות מספיקה למתקן גרעיני או שניים. הכור נמצא תחת פיקוח של סבא"א.

מקור: Google Earth





תמונה 7:

אתר דייר אלזור (Dair Alzour (Al Kibar) בסוריה באוגוסט ואוקטובר 2007. בשנת 6 בספטמבר 2007 הרסה ישראל את האתר. במאי 2011 דיווח מזכ"ל סבא"א שסביר מאוד שהבניין שנהרס היה כור גרעיני שהקמתו הייתה צריכה להיות מדווחת לסוכנות. כתוצאה מכך, ביוני 2011 קבעה מועצת הנגידים של סבא"א שסוריה נמצאת במצב של אי היענות (non-compliance) עם ההסכם על מערכת הביטחונות של האמנה לאי-הפצת נשק גרעיני. מקור: (Google Earth (August 2007) and Digital Globe/ISIS (October 2007).

המים הכבדים המתודלק באורניום טבעי שהודו, פקיסטאן ומדינות אחרות משתמשות בו כדי לייצר פלוטוניום לתכניות הנשק שלהן.

ההעתק הסורי הבנוי חלקית של כור הפלוטוניום של קוריאה הצפונית, שנהרס בתקיפה ישראלית בשנת 2007 (תמונה 7), יועד ככל הנראה להפרדת פלוטוניום.³⁶ עדיין לא ברור היכן הייתה מיועדת להיעשות הפרדת הפלוטוניום.

גם אם ינהלו מדינות המזרח התיכון תכניות אזרחיות שאפתניות בתחום הגרעין, אין להן צורך ביכולות עיבוד דלקים גרעיניים. שלא כמו העשרת אורניום, עיבוד אינו חיוני עבור הכורים הגרעיניים היום. הדבר מייקר את החשמל המופק בכורים ומקשה על הטיפול בפסולת גרעינית על ידי התמוססות של דלק גרעיני, צורה יציבה של פסולת, ויוצר סוגים חדשים ורבים של פסולת רדיואקטיבית שיש לייצב אותה לקראת סילוקה.³⁷

עיבוד אזרחי החל בשנות ה-60 המאוחרות ובשנות ה-70 משום שהאמינו שהאורניום יהיה עד מהרה יקר מדי עבור כורים המקוררים במים, המנצלים ביעילות את רק את אנרגיית הביקוע הנמצאת באורניום 235 המשמש לתגובת שרשרת (0.7 אחוזים מתוך האורניום הטבעי). כורי תרבית (Breeder reactors) הפועלים על פלוטוניום כדלק גרעיני, המקוררים על-ידי נתרן נוזלי ובעלי נויטרונים מהירים הוצעו על מנת להפוך אורניום 238 שאינו משמש בתגובת שרשרת (99.3 אחוזים מתוך האורניום הטבעי) לפלוטוניום 239 המשמש לתגובת שרשרת.

למרות שהיו עליות זמניות במחיר האורניום כתוצאה מתנודות בביקוש הצפוי, המחיר הריאלי של האורניום לא עלה לטווח הארוך מאז 1970.³⁸ היום האורניום מהווה רק אחוז קטן מהעלות של חשמל מכורים גרעיניים חדשים. החלק העיקרי בעלות החשמל המופק מכורים גרעיניים נובע מעלות הקמת הכורים עצמם. כורי "תרבית" לא נעשו מסחריים עקב עלותם הגבוהה, אמינותם הנמוכה ובעיות בטיחות.³⁹ עם זאת, הודו ורוסיה בונות כורי תרבית להדגמה וסין שוקלת לעשות את הדבר גם כן.

איסור אזורי על עיבוד במזרח התיכון יהיה בהתאם למגמה העולמית בדבר התרחקות מהעיבוד. אולם, כיום, רק 6 מתוך 31 המדינות בעלות כורים גרעיניים מעבדות דלקים גרעיניים בכל קנה מידה שהוא: חמש מדינות גרעיניות (סין, צרפת, הודו, רוסיה והממלכה המאוחדת) ומדינה אחת שאינה גרעינית - יפן. צרפת ויפן, לשתייהן מדיניות של עיבוד הפלוטוניום בכורים בהם יוצר, מצאו כי עיבוד פלוטוניום אינו משתלם כלכלית.⁴⁰ עם זאת, עד עתה מצאו שתיהן את הדרך הקלה ביותר לנווט את מדיניות הפנים והבירוקרטיה שלהן באמצעות המשך מדיניות העיבוד. בהיעדרם של חוזים חדשים לעיבוד, החליטה הממלכה המאוחדת בשנת 2012 על הפסקת העיבוד כאשר יסתיימו החוזים הנוכחיים בעניין זה - כנראה בשנת 2018.⁴¹

איסור על הפרדת פלוטוניום במזרח התיכון צריך לכלול גם איסור על השימוש בפלוטוניום כדלק לכור. כיום רק מדינות המעבדות דלק גרעיני משתמשות בפלוטוניום כדלק. בנוסף למדינות המעבדות שאוזכרו למעלה, מספר מדינות באירופה (בלגיה, גרמניה, הולנד ושווייץ) העבירו את הדלק המנוצל שלהן לצרפת ולממלכה המאוחדת למטרות עיבוד והן קיבלו, או מתכוונות לקבל את הפלוטוניום בחזרה בצורת דלק מתחמוצת מעורבת של אורניום ופלוטוניום (MOX, uranium-plutonium). רק הולנד חידשה את חוזה העיבוד שלה עם צרפת.⁴²

סיכון דומה בתחום ההפצה קיים לגבי חשיפת התוריום לקרינה בכור גרעיני על מנת לייצר אורניום 233 אשר בדומה לפלוטוניום, ניתן להפרדה בתהליך עיבוד. בדומה לפלוטוניום, גם האורניום 233 ניתן לשימוש בנשק גרעיני ונחשב כדלק גרעיני אפשרי.⁴³ אפשרות זו תיסגר כחלק מאיסור כללי על עיבוד, אך כרגע אין מדינה העוסקת בהפיכת תוריום לאורניום 233 פרט להודו, ותכניתיה של הודו במהלך 60 השנים האחרונות היו יותר חזון המבוסס על משאבי התוריום הגדולים של הודו מאשר תכנית.⁴⁴

סיום השימוש באורניום מועשר כדלק בכורים

אורניום מועשר משמש במספר מדינות כדלק במחקר ובכורים גרעיניים של חיל הים. שש מדינות באזור המזרח התיכון המתוכנן להיות חופשי מנשק השמדה המוני המוזכרות בתמונה 1 מחזיקות ברשותן כורי מחקר, ושלושה כורים המתודלקים על ידי אורניום מועשר המכיל 20 אחוזים או יותר של אורניום 235, הנחשב כניתן לשימוש בנשק (טבלה 2). פרט לכור הישראלי בדימונה, כל אותם כורים וחומרי הדלק שלהם נמצאים תחת פיקוחה של סבא"א.

בספטמבר 1990, ערב מבצע "סופה במדבר" שהביא לנסיגת צבא עיראק מכווית, פתח סדאם חוסיין בתכנית מקוצרת להשגת אורניום מועשר בכמות מספקת לייצור נשק גרעיני מדלק גרעיני שסופק על ידי צרפת ורוסיה.⁴⁵ נראה שהמאמץ לא הגיע לתוצאות המבוקשות והדלק נלקח מעיראק לאחר המלחמה. התקפות ה-11 בספטמבר 2001 והפחד מטרור גרעיני שהתעורר בעקבותיהן, חיזקו והגבירו את הבהילות במאמצים הדלים שהובילה ארצות הברית, להביא לסיום השימוש באורניום מועשר כדלק גרעיני ברחבי העולם.

באופן טכני, הפיכת האורניום המועשר הקיים במזרח התיכון לאורניום מועשר ברמה נמוכה (low-enriched uranium (LEU) (המכיל פחות מ-20 אחוזים של אורניום 235) תהיה משימה מתבקשת. הכורים המופיעים בטבלה 2 בעלי דלק מועשר לרמה

Country	Research reactor (date of first operation, fuel supplier)	Power (megawatts thermal)	Fuel enrichment (% uranium-235)
Algeria	NUR (1989, Argentina)	1	19.7
	Es-Salam (1992, China)	15	10
Egypt	ETRR-1 (1961, Russia)	2	10
	ETTR-2 (1997, Argentina)	22	19.75
Iran	Teheran Research Reactor (1967, Iran)	5	19.75
	Subcritical assembly (1992, China)	0	natural
	Subcritical assembly (1992, China)	0	natural
	Critical assembly (1995, China)	0	natural
	MNSR (1994, China)	0.03	90 (1 kg)
Israel	Arak (not completed, Iran)	40	natural
	IRR-1 (Soreq, 1960, USA)	5	93
	IRR-2 (Dimona, 1963, Israel)	26-150	natural
Libya	IRT-1 (1981, Russia)	10	19.75
Syria	MNSR (1996, China)	0.03	90 (1 kg)

טבלה 2:

כורי מחקר במזרח התיכון והעשרת האורניום-235 של הדלקים שלהם.⁵⁰

של 19-20 אחוזים עברו כבר לאורניום מועשר ברמה נמוכה. הכורים היחידים שעדיין פועלים על אורניום מועשר הם כור המחקר הישראלי #1 (IRR-1) שסופק על ידי ארצות הברית ושני כורים מיניאטוריים (MNSR), המבוססים על נויטרונים שסופקו על ידי סין לאיראן ולסודיה.

בכור הישראלי IRR-1 אזור האורניום המועשר כדלק וישראל אינה יכולה יותר לייבא מאחר ואינה חברה באמנה לאי-הפצת נשק גרעיני. מאיץ חלקיקים נבנה באתר שורק על מנת לספק מקור אלטרנטיבי של נויטרונים למחקר ומצפים שהכור IRR-1 ייסגר בשנת 2017 או 2018.⁴⁶ משלוח של אורניום מועשר מנוצל מהכור הוחזר לארצות הברית בינואר 2010.⁴⁷ יתר האורניום המנוצל יוחזר לארצות הברית עם סגירת הכור.

כורי הנויטרונים המיניאטוריים (MNSR) באיראן וסוריה מכילים רק כק"ג אחד של אורניום מועשר כל אחד מהם. זוהי כמות פחותה בהרבה מ-25 ק"ג של אורניום מועשר המוגדרים על ידי סבא"א ככמות הנדרשת לפתח נשק גרעיני פשוט. תכנית להסבת כור הנויטרונים המיניאטורי שתאפשר לו לעבוד על אורניום המועשר בשיעור של 12 אחוזים, הושקה בשנת 2005 כפרויקט משותף של סבא"א, סין וארצות הברית.⁴⁸ הניתוח הטכני בענייני בטיחות ואורך חיים של ליבת האורניום המועשר ברמה נמוכה הושלם. בקרוב תסב סין את אחד הכורים המיניאטוריים שלה וצפוי שהכור בגאנה יהיה הראשון מסוג הכורים הזה שיעבור הסבה בשנת 2014.⁴⁹ ההסבה של כורי הנויטרונים באיראן ובסוריה התעכבה, עקב המחלוקות סביב תכניות הגרעין שלהן ומלחמת האזרחים בסוריה.

בעתיד יוכל כור גרעיני משותף רב עוצמה המתודלק באורניום מועשר ברמה נמוכה ובעל ציוד ניסיוני חדיש לספק דרך יעילה לביצוע חלק גדול מהמחקר המדעי המתבצע כעת במעבדות של המדינות השונות במזרח התיכון והדבר יוכל גם לתרום ליצירתה של שקיפות בין חוקרי הגרעין של האזור. הכור המשותף יכול להיות אחד הכורים הקיימים באזור בעל עוצמה של עשרה מגה וואט או יותר (ראה טבלה 2) או כור חדש.

שימוש משותף של מתקני מחקר יקרים על ידי אוניברסיטאות, מעבדות לאומיות ותעשיות הוא מנהג רווח באירופה ובארצות הברית. במזרח התיכון, דוגמה ראשונה לכך היא פרויקט ססאמי (אור מסונכרן למדע ניסיוני ויישומים במזרח התיכון - SESAME Synchrotron light for Experimental Science and Applications in the Middle East) הנמצא בירדן. החברות בו מגיעות מכל רחבי המזרח התיכון ונכון ל-2013 כוללות את בחריין, קפריסין, מצרים, איראן, ישראל, ירדן, פקיסטן, הרשות הפלסטינית ותורכיה.⁵¹

שימוש נוסף באורניום מועשר ברמה גבוהה כדלק, נעשה בכורי ההנעה של חיל הים. עד עתה, הוגבל שימוש זה למדינות בעלות נשק גרעיני. ארצות הברית, הממלכה המאוחדת, רוסיה והודו משתמשות באורניום מועשר ברמה גבוהה כדלק בכלי שיט. צרפת עברה מאורניום מועשר ברמה גבוהה לאורניום מועשר ברמה נמוכה ומעריכים שגם סין משתמשת בו. באפריל 2013 הודיע יו"ר הרשות לאנרגיה גרעינית של איראן פריידון עבאס ידאואן כי:

לכנות מנועים קטנים שבנייתם מצריכה דלק מועשר ל-45 עד 56 אחוזים, במקרה כזה, יתכן שנזדקק לדלק זה".⁵²

אין לכורי הנעה של חיל הים צורך להשתמש באורניום מועשר ברמה גבוהה. כפי שצוין למעלה, כורי חיל הים הצרפתי פועלים על אורניום מועשר ברמה נמוכה.⁵³ הכור המתוכנן של חיל הים של ברזיל, המדינה הלא גרעינית הראשונה שבונה כור כזה, יפעל על אורניום מועשר ברמה נמוכה.⁵⁴ אם איראן או כל מדינה אחרת באזור תקנה אניות או צוללות גרעיניות, ניתן יהיה להפעילן באורניום מועשר לרמה נמוכה. מכאן שאין צורך לשום מדינה לייצר אורניום מועשר ברמה גבוהה כדלק לכור. על מנת לחזק את משטר אי ההפצה, טוב יהיה אם מדינות בעלות כורי ההנעה המתודלקים באורניום מועשר יעברו לכורי הנעה המתודלקים באורניום המועשר ברמה נמוכה.⁵⁵

הגבלת העשרת האורניום לפחות מ-6 אחוזים

אורניום המועשר ברמה גבוהה עבור נשק, בדרך כלל מועשר ל-90 אחוזים או יותר באורניום 235. עם זאת, למען בטחונות, מתייחסת סבא"א לאורניום מועשר מעל לרמה של 20 אחוזים כחומר שמיש בנשק גרעיני. אפילו 20 אחוזים של העשרה, הם הרבה מעבר לרמת ההעשרה של פחות מ-5 אחוזים הנדרשת לתדלוק כורים גרעיניים מסחריים ברחבי העולם היום. הכור הגרעיני היחיד

בטווח הקרוב, יוכלו מדינות במזרח התיכון לייבא את הדלק הגרעיני המועשר לכורי החשמל שלהן, כפי שעושות כמעט כל המדינות האחרות בעלות כורים לחשמל. אם יבחרו מדינות במזרח התיכון לפתח העשרת אורניום כחלק מתכניות האנרגיה הגרעינית שלהן, כפי שעושה איראן, הן יוכלו להסכים על הגבלת העשרת האורניום ללא יותר משישה אחוזים, הרמה שנקבעה למפעל הצנטריפוגות הצרפתי החדש 'ז'ורז' בס 2 (George Besse II), המספק אורניום לאנזים הגרעיניות ולכורי החשמל של צרפת.⁵⁷ אם יונהג סוג חדש של כור לייצור חשמל שיתרונותיו יצדיקו העשרת דלק ברמה גבוהה יותר מזו, ניתן יהיה לשנות הגבלה זו בהסכם. (עם זאת, כפי שנדון בהמשך, אנו מאמינים שהעמדת כל מפעלי ההעשרה בעולם ולא רק אלה שבמזרח התיכון, תחת ניהול רב לאומי - יחזק את משטר אי ההפצה).

הכורים היחידים במזרח התיכון שיפעלו על אורניום מועשר לרמות מעל שישה אחוזים בעתיד הנראה לעין יהיו כורי מחקר. לאחר סגירה או הסבה של שלושה הכורים הנוכחיים באזור המתודלקים באורניום מועשר לרמה גבוהה, כור המחקר בעל שיעור הדלק המועשר ביותר יעמוד על 19.75 אחוזים, כלומר מעט מתחת לגבול המקובל של 20 אחוזים בין רמות ההעשרה הנחשבות שמישות בנשק לבין אלה שאינן כאלה. עם זאת, כורים אלה מצריכים רק כמות קטנה של דלק. לדוגמה, כור בסדר גודל של 20 מגה וואט הפועל 200 ימים בשנה מצריך רק כ-50 ק"ג אורניום מועשר לרמה של 20 אחוזים. בהשוואה, הצריכה השנתית לכור חשמל טיפוסי של 1,000 מגה וואט חשמל (בקירוב 3,000 מגה וואט תרמיים) היא בקירוב 20,000 ק"ג של אורניום מועשר לרמה של 4.5 אחוזים.

כמעט כל האורניום המועשר לרמה של 20% המנוצל בכורי מחקר בעולם מגיע מרוסיה וארצות הברית על ידי דילול של אורניום עודף מתעשיית הנשק הגרעיני. מלאי זה אמור להספיק לעוד מספר עשורים. אם אי פעם מלאי זה לא יספיק, יוכל חלק קטן ממפעל העשרה אחד לספק את הצריכה הגלובלית.

אם מדינות יהיו מודאגות מן האפשרות שרוסיה וארצות הברית יפסיקו את האספקה מסיבות שאינן קשורות למערכת הפיקוח של סבא"א, ניתן יהיה להקים מיד מלאי של אורניום מועשר ברמה של 19.75 אחוזים בפיקוחה של סבא"א. מלאי של אורניום ברמה של 5 אחוזים מוקם בימים אלה על ידי סבא"א בקזחסטן למקרה שמדינה כלשהי לא תוכל להשיג אורניום מועשר לרמה נמוכה בשוק המסחרי ו"שום עניין הקשור ליישום הפיקוח במדינה המבקשת אינו נשקל על ידי מועצת הנגידים של סבא"א".⁵⁸

איראן לא הצליחה להשיג דלק מועשר בשיעור של 20 אחוזים לכור המחקר בטהראן (TRR) בתנאים נוחים לה וזאת עקב המחלוקת על תכנית ההעשרה האיראנית. כור זה קיבל את המשלוח היחיד של הדלק שלו מארגנטינה בשנת 1992. על כן, מאז 2010 מייצרת איראן אורניום מועשר בשיעור של 20 אחוזים בעצמה. הדבר העלה חששות שאיראן תוכל לנצל את מלאי האורניום בשיעור של 20 אחוז על מנת להסב אותו לאורניום שמיש בנשק גרעיני. עד אשר יועשר אורניום טבעי (המכיל 0.7 אחוזים אורניום 235) לרמה של 20 אחוזים, יסתיימו למעלה מ-90 אחוזים מהמלאכה לייצור אורניום שמיש בנשק.⁵⁹ במילים פשוטות יותר, ככל שרמת ההעשרה של האורניום גבוהה יותר, כך מהיר יותר יהיה התהליך של הכשרתו לשמש בנשק גרעיני.

איראן תוכל להשעות את ייצורו של אורניום מועשר ברמה של 20 אחוזים מאחר שנכון לאוגוסט 2013 היא ייצרה אורניום בכמות מספקת (מעל 250 ק"ג) כדי לספק את הכור בטהראן למשך 10 עד 27 שנה.⁶⁰ איראן חזרה והביעה את נכונותה לסיים את ההעשרה לרמה של 20 אחוזים אם תוכל להשיג אספקה קבועה של אורניום כזה מייבוא.

העשרה על פי צורך (Just-in-time enrichment)

איראן היא המדינה היחידה במזרח התיכון המעשירה אורניום למטרות אזרחיות. על פי דו"ח סבא"א מאוגוסט 2013, לאיראן מלאי של 6,774 ק"ג גז אורניום הקסאפלואוריד, המכיל 4,500 ק"ג אורניום בקירוב מועשר לרמה של 5 אחוזים אורניום 235.⁶¹ 53 ק"ג נוספים של אורניום הקסאפלואוריד מועשר לרמה של 3.34 אחוזים הוסבו לאורניום דו חמצני (UO₂), החומר המשמש לדלק בכור החשמל בבושהר. השימוש היחיד שיש לאיראן באורניום מועשר ברמה של עד ל-5 אחוזים הוא כדלק בביצוע העשרה לרמה של 20 אחוזים עבור כור המחקר בטהראן (TRR), עבורו, כפי שכבר צוין, ישנה אספקה ל-10 עד 27 שנה.

צבירתו של אורניום מועשר עד לרמה של 5 אחוזים של אורניום 235 הוא דבר מדאיג. העשרה מ-5 ל-90 אחוזים של אורניום 235 נמשכת כרבע מהזמן שנמשכת העשרה של אורניום בצורתו הטבעית.⁶² מלאי של 4,500 ק"ג של אורניום מועשר לרמה של 5-3.5

אחוזים אורניום מועשר יספיק על מנת לייצר 141-216 ק"ג של אורניום מועשר לרמה של 90 אחוזים - מספיק ליצירת חמש עד עשר פצצות גרעין.⁶³

איראן תוכל להגביר את האמון בכוונותיה אם לא תאגור אפילו אורניום הקספולואוריד מועשר ברמה של עד ל-5 אחוזים. היא תוכל לעשות זאת על ידי הסבת האורניום המופחת שברשותה לדלק עבור הכור בבושהר. עד אשר תוכל איראן לעשות זאת, היא תוכל לייצא את רוב האורניום המופחת שלה לרוסיה על מנת שזו תסב אותו לדלק עבור הכור בבושהר, ותשמור מתוכו לעצמה רק את הכמות הנדרשת למחקר ופיתוח של הסבת דלק.

הפסקה בבניית יכולות ההעשרה האיראניות

ברגע זה, אין לאיראן דרישות להעשרה עבור כורי חשמל. הדלק עבור הכור שלה בבושהר, כור החשמל היחיד באזור, מגיע מרוסיה. תחת לחץ מערבי, עיכבה רוסיה את השלמת הכור בבושהר ואת אספקת הדלק אליו ובכך יצרה דאגה באיראן מפני התלות ברוסיה עבור אספקת דלק. בנוסף, מצדיקה איראן את תכנית ההעשרה שלה על ידי ציון תכניות לבניית 20 כורים לייצור חשמל והצורך לאספקה סדירה של אורניום מועשר ברמה נמוכה עבור דלק לכורים אלה.⁶⁴ איראן טוענת שהסכמים לספק לה אורניום מועשר הופרו בעבר. לאחר המהפכה של 1979, סירבה צרפת לספק לאיראן אורניום מועשר ממפעל ההעשרה ז'ורד' בסה שבו השקיעה איראן קודם לכן.⁶⁵

ככל שתמשיך איראן בבניית יכולות ההעשרה שלה, תגבר הדאגה הבינלאומית לגבי קיצור הזמן שיקח לה להעשיר אורניום טבעי לרמה של 90 אחוזים עבור נשק גרעיני, אם תבחר לעשות כן. נכון לאוגוסט 2013, נראה שיש לאיראן יכולת העשרה של 8,600 (SWU/yr) מתוך כ-10,400 צנטריפוגות IR-1 מדור ראשון.⁶⁶ 12,000 צנטריפוגות IR-1 נוספות היו בשלבים שונים של התקנה. בנוסף, איראן הייתה בתהליך של התקנת קרוב ל-3,000 צנטריפוגות IR-2m שכל אחת מהן היא בעלת יכולת העשרה משוערת של פי ארבעה מהצנטריפוגות בהן נעשה שימוש עד היום.⁶⁷ הצנטריפוגות ממוקמות במתקני ההעשרה בנתאנז (Natanz) ובפורדו (Fordow).



תמונה 8: מפעל ההעשרה בנתאנז (שמאל) הנבנה במהלך 2003, אולמות הצנטריפוגות הקבורים כיום מסומנים באדום, ומפעל ההעשרה בפורדו (ימין) בשנת 2012 עם חיצים המציינים כניסה דרך ארבע מנהרות. בשני המקרים, אולמות הצנטריפוגות נמצאות מתחת לקרקע להגנה מפני תקיפה. שני האתרים נמצאים תחת פיקוחה של סבא"א. מקור: Google Earth.

כ-170 צנטריפוגות נדרשות על מנת להכין ק"ג 1 של אורניום מועשר ברמה המספיקה לנשק גרעיני מאורניום טבעי. עם יכולת הפרדה של 8,600 צנטריפוגות לשנה, ניתן יהיה לייצר קרוב ל-50 ק"ג בשנה או שתי פצצות גרעין. עם זאת, הערכה זו היא מופרזת, מאחר שהקסקדות (צבר צנטריפוגות שקשורות האחת לשניה) מתוכננות לייצר אורניום ברמת העשרה נמוכה. על פי הערכות המבוססות על מידע מפורט יותר, זמן הייצור יהיה שנה וחצי בקירוב בתוספת חודש ליצירת קישורים בין זוגות של קסקדות.⁶⁸ לאחר שתתחיל איראן להפעיל את הצנטריפוגות המותקנות בימים אלו, היא תגדיל את יכולת ההעשרה שלה ביותר מפי שלושה ותקצר את הזמן הנדרש לפיתוח שתי פצצות גרעין לחצי שנה בלבד. אם ישולבו הצנטריפוגות המתקדמות באולם הצנטריפוגות בנתאנו, יתקצר זמן הפיתוח עוד יותר.

איראן תוכל להבטיח את עצמה מפני אפשרות של קיצוץ באספקת הדלק הגרעיני בכך שתקנה מצבור שיספיק עד לעשר שנים עבור הכור בבושהר, אפשרות מאיימת פחות וזולה יותר. לדבר יהיה ערך מוסף של מתן זמן לבניית אמון בכוונות שוחרות השלום של תכנית ההעשרה האיראנית.⁶⁹

שליטה רב לאומית בהעשרה

הסכנות המובנות שבהפצת העשרת אורניום והפרדת פלוטוניום (עיבוד) מוכרות זה זמן רב. הדו"ח על הפיקוח הבינלאומי על אנרגיה גרעינית (Report on the International Control of Atomic Energy) - הידוע כדו"ח אצ'סון-לילינטאל (Acheson-Lilienthal Report) - שהוכן על ידי מחלקת המדינה של ארצות הברית בשנת 1946 טען שהעשרת אורניום ועיבוד מחדש של אורניום שעבר הקרנות על מנת לייצר פלוטוניום, הן "פעילויות מסוכנות" מטבען, משום שהן מספקות דרכי ייצור קלות לקראת נשק גרעיני.⁷⁰ מחברי הדו"ח הציעו משום כך שציוד להעשרת אורניום ומתקנים להפרדת פלוטוניום יוצאו מתחום השליטה הלאומית ויוצבו תחת ניהולה של סוכנות בינלאומית עצמאית.

ההצעה של דו"ח אצ'סון-לילינטאל לא התקבלה עקב המלחמה הקרה. מאז, התפשטו תכניות ההעשרה והעיבוד, ברוב המקרים כחלק מתכניות לפיתוח נשק גרעיני, אך במספר מקרים התפשטו גם למדינות ללא נשק גרעיני. היום, מקרב 24 המדינות הלא גרעיניות בעלות כורים לייצור חשמל, חמש (ברזיל, גרמניה, איראן, יפן והולנד) מפעילות מפעלים להעשרת אורניום ואחת (יפן) היא בעלת מפעל לעיבוד.

בשנת 2003 הדאגה מפני ההחלטה האיראנית להעשרת אורניום הביאה את מוחמד אל-ברדעי (ElBaradei), אז מנהל סבא"א, להעלות מחדש את ההצעה לשליטה רב לאומית על כל מפעלי ההעשרה, כולל אלה שבמדינות הגרעיניות.⁷¹ אימוץ דגם זה באופן עולמי ימנע את ההתנגדויות - אותן מבטאות בין היתר המדינות הלא מזוהות⁷² - לכפיית משטר פיקוח גרעיני מפלה על מדינות לא גרעיניות ואיראן במיוחד. עם זאת, המשבר סביב תכנית ההעשרה האיראנית הוא כל כך מסוכן, שחיוני שפתרון דיפלומטי לאותו משבר לא יהיה בן ערובה להסכם בינלאומי.

כמדינה היחידה במזרח התיכון בעלת תכנית העשרה אזרחית, תוכל איראן למלא תפקיד חלוצי בחיזוק משטר אי ההפצה על ידי אימוץ שליטה בינלאומית על תכנית ההעשרה שלה ומעבר לקנה מידה עולמי מתכניות העשרה לאומיות. אפשרות אחת עבור מדינות אחרות באזור בעלות כורים או תכניות לבנות כורי חשמל תהיה להצטרף לניהול מפעלי ההעשרה האיראניים, לסייע בהצבת מטרות לתכנית ולממן כל התרחבות. על מנת להגשים מטרה זו, חשוב שהסכם להפיכת המזרח התיכון לאזור חופשי מנ"ח יחייב את כל הצדדים החתומים לוותר על הזכות להעשרה ועיבוד למטרות שלום, המוקנית בסעיף 4 באמנה לאי-הפצת נשק גרעיני.⁷³

איחוד האמירויות הערביות בונה ארבעה כורים גרעיניים לייצור חשמל, אך הסכימה בהסכם לשיתוף פעולה גרעיני עם ארצות הברית ש"לא תחזיק ברשותה ציוד גרעיני רגיש בשטחה ולא תעסוק בפעילויות בשטחה הקשורות להעשרה או עיבוד של חומרים גרעיניים".⁷⁴ איחוד האמירויות הערביות משתמשת בשירותי העשרה מאירופה ורוסיה.⁷⁵

בנוסף, ההסכם בין איחוד האמירויות הערביות וארצות הברית על שיתוף הפעולה הגרעיני, מסתיים בהבהרה הקובעת שהתנאים שהתקבלו על ידי איחוד האמירויות הערביות:

"לא יהיו פחות טובים בהיקפם ובהשפעתם מאלה שעשויים להינתן, מדי פעם, לכל מדינה לא גרעינית אחרת במזרח

התיכון, בהסכם לשיתוף פעולה גרעיני למטרות שלום. אם לא יקרה דבר זה, בזמן כלשהו, תספק ממשלת ארצות הברית על פי בקשתה של ממשלת איחוד האמירויות הערביות פרטים מלאים על התנאים המשופרים עליהם הוסכם עם המדינה הלא גרעינית האחרת במזרח התיכון, וזאת במידה שהדבר עולה בקנה אחד עם החוקים והתקנות שלה וההסכמים עליהם היא חתומה. אם תתבקש על ידי ממשלת איחוד האמירויות הערביות, תתייעץ איתה ממשלת ארצות הברית לגבי אפשרות של תיקון הסכם זה כך שהמצב המתואר לעיל יוחזר על כנו.⁷⁶

הסכמי אימות (Verification)

לאור אי האמון ההדדי הנובע מההיסטוריה של מלחמות והפצת נשק באזור, כל יצירה של אזור חופשי מנל"ה, תזדקק למנגנון חזק של מערכת אימותים. כדי לבנות אמון בדרך למזרח תיכון חופשי מנל"ה, המדינות באזור, יצטרכו להפוך לפתוחות יותר. מוקדם יותר דנו בתהליך של צעד אחר צעד שבו ישראל תפסיק ייצורם של חומרים בקיעים, תצהיר על המצבור שלה ותשים את חלקם תחת פיקוח סבא"א לקראת הסדרתם. במקביל, המדינות הלא גרעיניות באזור צריכות להנהיג שקיפות מלאה בפני סבא"א, אשר תחל עם הסכם ביטחונות כולל וחתימה על הפרוטוקול הנוסף (Additional Protocols - AP).

הסכמי ביטחונות כלליים - Comprehensive Safeguards Agreements

תחת סעיף 3.4 של האמנה לאי-הפצה, חייבות כל המדינות הלא גרעיניות לחתום על הסכם ביטחונות כללי עם סבא"א תוך 180 יום לאחר הצטרפותן לאמנה.⁷⁷ כפי שצינו קודם לכן, ההסכמים מחייבים את המדינה להצהיר על מלאי החומרים הגרעיניים שברשותה, הפעילויות שהיא מבצעת ולהקים מערכת אימות של סבא"א לזיהוי ההצהרות הכוללת מדידות במתקנים.

בקוד 3.1 לפני גילוי תוכנית הגרעין הסודית של עיראק בשנת 1991, הגבילה סבא"א את פעילויות האימות שלה לאתרים שהוצהרו כבעלי חומרים גרעיניים, כפי שקובע סעיף 3 תת סעיף 1 באמנה לאי-הפצה:

"הפיקוח הנדרש על ידי סעיף זה ייושם לכל מקור או חומר בקיע מיוחד בכל הפעילויות הגרעיניות שוחרות השלום בשטחה של מדינה כזו, תחת אזור שיפוט או המבוצע תחת שליטתה בכל מקום שהוא".⁷⁸

עיראק לא הפרה את תנאי הסכם הביטחונות שלה עם סבא"א בשנות ה-80 משום שלפי קוד 3.1 של ההסדרים הנלווים בהסכם הביטחונות בכללי שהיה בתוקף באותו הזמן, מדינות אינן נדרשות לדווח לסבא"א על בניית מתקנים גרעיניים חדשים עד 180 יום לפני שמובאים חומרים גרעיניים לתוכם. בשנת 1992, לאחר גילוי תכנית ההעשרה הסודית של עיראק, תיקנה מועצת הנגידים של סבא"א את קוד 3.1 כך שיחייב מדינות לדווח על מתקנים גרעיניים חדשים: "מרגע קבלת ההחלטה לבנות או לאשר בנייה, האפשרות המוקדמת מבניה".⁷⁹

כל המדינות הלא גרעיניות שחתמו על הסכמי ביטחונות כוללים קיבלו את השינוי מלבד איראן, שקיבלה את השינוי באופן זמני בין 2003-2006, אך לאחר מכן חזרה לקוד בניסוחו המקורי לאחר שמועצת הנגידים של סבא"א העבירה את הטיפול במקרה שלה למועצת הביטחון של האו"ם. לאור תכניותיה של איראן להרחיב את התשתיות הגרעיניות שלה, שכללו בתקופה מסוימת כוונה מוצהרת לבנות מפעלי העשרה נוספים, תידרש איראן להתחייב לקוד 3.1 בגרסתו המתוקנת כצעד בונה אמון ולוודא שלסבא"א ניתנת ההזדמנות לאמת את כל המידע לגבי המתקנים הגרעיניים המתוכננים.

פרוטוקולים נוספים

לאחר הגילוי בשנת 1991 של המאמצים הסודיים של עיראק להשגת טכנולוגיות להעשרת אורניום, פיתחה סבא"א פרוטוקול נוסף שאושר על ידי הוועד המנהל שלה בשנת 1997. הפרוטוקול הנוסף נועד להוסיף על הסכם הביטחונות הכללי. הפרוטוקול הנוסף דורש ממדינות שאשררו אותו לספק לסבא"א מידע על:⁸⁰

- מחקר ופיתוח הנוגעים למחזור הדלק הגרעיני שאינו כרוך בחומרים גרעיניים או תכניות לפעילויות ולבניית מתקנים לעיבוד דלק במהלך עשר השנים הקרובות.
 - השימושים והתוכן של מתקנים באתרים גרעיניים שלא הוצהר עליהם שהם מכילים חומרים גרעיניים ועל פי בקשה "במקומות שזוהו על ידי הסוכנות כנמצאים מחוץ לאתר גרעיני ואשר הסוכנות מעריכה שעשויים להיות בעלי חשיבות תפעולית לאותו אתר".
 - כרייה, ייבוא ועיבוד של אורניום ותוריום לפני השלב בו הם מגיעים לצורתם הטהורה המצריכה פיקוח.
 - כמויות ושימושם של חומרים גרעיניים הנחשבים מזעריים מכדי להיות תחת פיקוח של סבא"א.
 - כל עיבוד של פסולת המכילה חומרים גרעיניים לגביהם הסתיים הפיקוח של סבא"א.
 - ייצוא וייבוא של ציוד גרעיני או ציוד וחומרים העשויים לשמש בבניית כורים, מתקני ייצור למים כבדים או מתקני ייצור מעגל דלק, וכן
 - כל מידע אחר "המזוהה על ידי הסוכנות על בסיס רווחים צפויים בתחום היעילות והאפקטיביות ומוסכם עליו [על ידי מדינה] שימש בפעילות מבצעית של זיקה לפיקוח במתקנים ואתרים הנמצאים מחוץ למתקנים בהם נעשה שימוש בחומרים גרעיניים בדרך כלל".
- נכון לסוף 2012, שמונה מדינות במזרח התיכון אישרו את הפרוטוקול הנוסף (טבלה 3):
- איחוד האמירויות הערביות, שברשותה כורי חשמל בבנייה;
 - בחריין, ירדן וכווית, העוסקות בפעילות מחקרית בדבר האפשרות של השקת תכנית גרעין, אך השעו את תכניותיהן בעקבות התאונה בפוקושימה;⁸¹
 - עיראק ולוב, לשתייהן היו תכניות גרעין סודיות שנוהלו תחת ממשלות שמאז הופלו מהשלטון; ובנוסף
 - מאוריטניה.
- כפי שצוין קודם, איראן חתמה על הפרוטוקול הנוסף בשנת 2003 ומרצונה קיימה את דרישותיה בהמתנה לאשרור עד 2006, כאשר הועבר הטיפול במקרה שלה למועצת הביטחון של האו"ם. איראן עדיין לא אשררה את הפרוטוקול הנוסף.
- בין המדינות במזרח התיכון שאינן בעלות נשק גרעיני ולא חתמו על הפרוטוקול הנוסף:
- סוריה סירבה לשתף פעולה עם מאמצי סבא"א להבהיר את אופי פעילות התוכנית הנקשרת עם הכור הגרעיני שהרסה ישראל בשנת 2007;⁸²

טבלה 3: מצב אשור
הפרוטוקול הנוסף והסכם
הביטחונות הכללי עבור
המדינות שעשויות להיות
חברות במזרח תיכון חופשי
מנ"ה נכון לספטמבר
2013.⁸⁶

	Additional Protocol in force	Steps toward AP ratification	Comprehensive Safeguards Agreement not in force
Bahrain	2011		
Comoros	2009		
Djibouti		Signed 2010	Signed 2010
Egypt		None	
Iran		Signed 2003	
Iraq	2012		
Israel			X
Jordan	1998		
Lebanon		None	
Kuwait	2003		
Libya	2006		
Mauritania	2009		
Oman		None	
Qatar		None	
Saudi Arabia		None	
Somalia		None	X
Sudan		None	
Syria		None	
United Arab Emirates	2010		
Yemen		None	

• ערב הסעודית שוקלת תכנית אנרגיה גרעינית בקנה מידה גדול;

• למצרים היו תכניות לבחון הצעות מחיר לכור לייצור חשמל;⁸³ וכן קטאר מעוניינת בייצור חשמל ממקור גרעיני, אך עדיין לא קיבלה החלטה בעניין.⁸⁴ בשלב זה, לא ידוע על תכניות גרעין משמעותיות מצד שש המדינות הנותרות שאינן חתומות על הפרוטוקול הנוסף: ג'יבוטי, לבנון, עומאן, סומליה, סודאן ותימן.⁸⁵ כחלק מתהליך בניית האמון הנדרש להפיכת המזרח התיכון לאזור חופשי מנ"ה, יידרשו המדינות באזור שעדיין לא אשררו את הפרוטוקול הנוסף לאשר אותו.

חמש המדינות הגרעיניות החתומות על האמנה לאי-הפצה (ארצות הברית, בריטניה, רוסיה, צרפת וסין) חתמו ואשררו גרסאות מוגבלות של הפרוטוקול הנוסף עם סבא"א המכסות במקרה הטוב (במקרה של ארצות הברית) פעילויות גרעיניות לא מלחמתיות.⁸⁷ כחלק מתהליך בניית האמון, תוכל גם ישראל לחתום על פרוטוקול נוסף עם סבא"א שיעסוק בפעילויות גרעיניות לא מלחמתיות.

צעדי שקיפות מעבר לפרוטוקול הנוסף

תקופת ההענות האיראנית לפרוטוקול הנוסף מ-2003 עד 2006 אפשרה לסבא"א להבין את הפעילויות האיראניות בתחום המחקר והפיתוח, ייצור הצנטריפוגות והעשרת האורניום. בנוסף, אפשרה לסבא"א תקופת ההיענות, לגלות חלק או את כל הפעילויות האיראניות הבלתי מוצהרות בתחומי מחקר ופיתוח, צנטריפוגות העשרה, העשרה באמצעות ליזר ועיבוד. כמו כן, השיגה סבא"א ראיות המצביעות על כך שאיראן ביצעה פעילות של מחקר ופיתוח הנוגעים לתכנון נשק גרעיני. ראיות אלו הובילו להחלטת מועצת הנגידים של סבא"א מ-2006 שקבעה:

"חיוני שאיראן תקיים צעדי שקיפות כפי שנדרש על ידי מנהל הסוכנות, כולל גם על פי מסמך GOV/2005/67 העוסק בתחומים שמעבר לדרישות הרשמיות שנכללו בהסכם הביטחונות והפרוטוקול הנוסף, וכולל גם גישה לאינדיבידואלים, תיעוד הנוגע להשגת חומרים, ציוד שיכול לשמש לפעילות כפולה, מעבדות ברשות הצבא ומחקר ופיתוח ככל שתדרוש סבא"א במסגרת החקירות שהיא מנהלת".⁸⁸

כתוצאה מכך, הצהירה מועצת הביטחון של האו"ם מכוח סעיף 41 של מגילת האו"ם ש"איראן תספק גישה ושיתוף פעולה כפי שתדרוש סבא"א... על מנת לפתור את כל הבעיות הקיימות, כפי שהן מתוארות בדו"חות סבא"א".⁸⁹

החלטה זו נתנה לסבא"א חופש פעולה נרחב לדרוש מידע וגישה למקומות שונים בתוך איראן. במהלך 2012, דרשה סבא"א שוב ושוב רשות לבקר באתר צבאי מסוים בפרצ'ין (Parchin) לגביו היו טענות שאיראן ביצעה ניסויים בקריסה פנימה (implosion). איראן סירבה לציית לדרישה זו.⁹¹

מדינות אחרות במזרח התיכון יהיו חייבות להפגין רמה גבוהה של שיתוף פעולה ושקיפות בתמורה לנכונות ישראלית לקבל פירוק מוחלט ומאומת של נשק גרעיני. הניסיון שנצבר בפירוק הנשק של דרום אפריקה מהווה תקדים מועיל.

בשנות ה-70 וה-80 היתה לדרום אפריקה תכנית גרעין שייצרה אורניום לנשק והצליחה לייצר שש פצצות גרעין. עם זאת, בשנת 1990 פורק נשקה הגרעיני ובשנת 1991 הצטרפה דרום אפריקה לאמנה לאי-הפצת נשק גרעיני כמדינה ללא נשק גרעיני והעבירה את האורניום המועשר ברמה גבוהה שברשותה לרשות פיקוח סבא"א. על מנת לאשר שהתחייבותה של דרום אפריקה קוימה במלואה, בדקה סבא"א את המתקנים הגרעיניים בדרום אפריקה, כולל אלה שבהם התבצע פיתוח הנשק הגרעיני, הרישומים ההיסטוריים שלהם וביצעה בדיקות עקביות על פי אותם רישומים ועדויות פיזיות. סבא"א ביקרה גם באתרים שנראו חשודים בעיניה. התהליך נמשך שנים מספר (1991-1993).

כאשר הצהירה לבסוף סבא"א כי באה על סיפוקה עם ההצהרה הדרום אפריקאית, היא ביססה חלק גדול מהביטחון שחשה על שיתוף הפעולה שנוצר עם ממשלת דרום אפריקה. הפקחים המובילים כתבו במאמר שפורסם בביטאון סבא"א (IAEA Bulletin) שמסקנותיהם:

"היו בעלות בסיס טכני מוצק ונתמכו באופן משמעותי על ידי השקיפות והפתיחות של השלטונות בדרום אפריקה בנוגע לגישה למידע ואתרים, ובייחוד הרצון המופגן של השלטונות לאפשר גישה לכל אתר שסבא"א זיהתה".⁹²

כפי שמוכיחות דוגמאות אלה, עבודתה של סבא"א בתמיכת יצירתו של אזור חופשי מנל"ה במזרח התיכון תסתייע במתן גישה שמעבר להסכם הביטחונות המקובל ולפרוטוקול הנוסף.⁹³

ארגון אזורי למחזור דלק גרעיני ואימות

גם אם כל המדינות באזור יאשרו את הפרוטוקול הנוסף להסכם הביטחונות הכולל עם סבא"א וישתפו פעולה מעבר לדרישות ההסכם, כפי שפורט קודם, עדיין, לא יהיה זה מספיק לבניית אמון הדדי בנוגע להיעדרה של פעילות גרעינית חשאית. בדומה לכך, יתכן מחסור באמון אשר ייגרם על ידי שיטת הפיקוח של הארגון לאיסור נשק כימי (OPCW) בנוגע לאמנה נגד נשק כימי. לאמנה נגד נשק ביולוגי אין בשלב זה שיטת אימות.

סביר להניח שכחלק מהאימות של המזרח התיכון כאזור חופשי מנ"ה, יהיו השכנים מעוניינים לפקח זה על זה בפעולות הקשורות לנ"ה. הדבר יצריך את הקמתו של מערך לאימות אזורי.⁹⁴

ברזיל וארגנטינה סיפקו את התקדים לכך. לאחר שפירקו שתיהן את תכניות הנשק הגרעיני שלהן בשנת 1990, הצעד הראשון בו נקטו בתחום האימות, היה הקמתה של שיטת פיקוח בילטראלית בחודש יולי 1991. הסוכנות הברזילאית-ארגנטינית לפיקוח ושליטה על חומרים גרעיניים (ABACC - Brazilian-Argentine Agency for Accounting and Control of Nuclear Materials), אשר החלה במלאכת הפיקוח ביולי 1992. רק בשנת 1994 הסכימו ברזיל וארגנטינה לשים את כל המתקנים הגרעיניים שלהן תחת פיקוח של סבא"א בהסכם מרובע שכלל את ארגנטינה, ברזיל, הסוכנות המשותפת של שתיהן וסבא"א.⁹⁵ הסוכנות המשותפת לברזיל וארגנטינה התבססה על הדגם של שיטת הפיקוח של יוראטום (Euratom), החולקת אחריות בתחום הפיקוח עם סבא"א במדינות האיחוד האירופי שאין ברשותן נשק גרעיני וגם מפקחת על הפעילות הגרעינית של שתי המדינות באיחוד שלהן נשק גרעיני, צרפת ואנגליה.

כפי שצוין קודם לכן, אם ימשיכו היכולות בתחום ייצור האנרגיה הגרעינית במזרח התיכון לגדול, יתכן שבשלב מסוים יוכלו מתקני הסבת והעשרת אורניום אזוריים, לתת מענה כלכלי שישירת את כל צרכי החשמל באזור. למפעלי העשרת אורניום תחרותיים, כבר עתה יש יכולות של יותר מעשר מיליון יחידות עבודת הפרדה בשנה - כמות המספקת לפחות לכמה עשרות של כורי מים קלים. בכל תסריט סביר, ייקח לפחות שני עשורים להשיג יכולות ייצור חשמל ברמה כזו באזור.

הארגון שיהיה ממונה על האימות יספק מעקב אזורי וכן מעקב עבור סבא"א, וינהג בשקיפות לגבי כל החומרים הגרעיניים בכל מתקן העשרה באזור ובהסבת אורניום לאורניום הקספלואוריד למטרות העשרה או מאורניום הקספלואוריד לאחר ההעשרה. הארגון גם יפקח על הכרייה, הזיקוק, ייבוא האורניום והפעלתם של כל מתקני מעגל דלק באזור.

בהתחשב במצב הפוליטי הסוער במזרח התיכון, קיומו של נשק גרעיני בידי ישראל, השימוש בנשק כימי במלחמת האזרחים בסוריה, הכישלון במציאת פתרון למשבר הגרעיני סביב איראן והכיבוש המתמשך של פלסטין, אין זה סביר שאזור חופשי מנל"ה במזרח התיכון יקום בקרוב. עם זאת, ניתן להשיג התקדמות במספר אבני בניין לקראת מטרה זו.

על ישראל לנקוט בצעדים ראשוניים על מנת להראות שהיא מעוניינת בפירוק הנשק הגרעיני והחומר הבקיע הלא מפוקח שברשותה, במסגרת מזרח תיכון חופשי מנל"ה. ישראל יכולה לפתוח בתהליך על ידי סיום ייצור הפלוטוניום והאורניום המועשר, הצהרה על גודל המלאי של חומרים אלה שברשותה והעברה של חלק מהחומרים הבקיעים שברשותה לפיקוח סבא"א לקראת פירוק.

כל המדינות באזור יכולות לנקוט במידה של איפוק גרעיני שיתרום לבניית אמון ברעיון שמזרח תיכון חופשי מנל"ה הוא אפשרי, מעוגן וניתן לאימות באופן אפקטיבי. איפוק בתחומים אלה, אם יאומץ במידה נרחבת יותר, יחזק גם את משטר אי-ההפצה בעולם כולו:

- איסור על הפרדת פלוטוניום וסיום השימוש בפלוטוניום ואורניום מועשר ברמה גבוהה כדלק בכורים;
- הגבלת העשרת האורניום לפחות משישה אחוזים, איסור על צבירת אורניום מועשר שאין בו צורך מיידי והגבלות ביניים על יכולות העשרה לרמות שאינן עלולות להוביל לפחד מפריצת דרך לקראת נשק גרעיני;
- העמדת מתקני כריית, עיבוד, ייבוא, הסבה והעשרה של אורניום תחת פיקוחו של הארגון האזורי המתוכנן וסבא"א;
- אימוץ עולמי של הפרוטוקול הנוסף; וכן
- הסכם על צעדי שקיפות מעבר לפרוטוקול הנוסף, על פי בקשת סבא"א.

בסיכומי של דבר, יהיה צורך במשא ומתן על המבנה והפעילות של ארגון אזורי על מנת להשלים את פעילויות האימות של סבא"א והארגון נגד נשק כימי. ארגון מסוג זה יספק למדינות האזור בסיס נוסף לביטחון שכל שכנותיהן מקיימות את ההתחייבויות שנטלו על עצמן בהצטרפותן למזרח תיכון חופשי מנשק גרעיני וכל נשק אחר להשמדה המונית.

- 1 החלטה 3263 (XXIX) של הועדה הראשונה של העצרת הכללית של האו"ם, "הקמתו של אזור חופשי מנשק גרעיני באזור המזרח התיכון," 9 דצמבר 1974.
- 2 אזור חופשי מנשק גרעיני באמריקה הלטינית הוצע לראשונה באו"ם בשנת 1962 על ידי ברזיל.
- 3 הצעה על ידי נשיא מצרים, חוסני מובאראק, הוגשה לאו"ם ב- 16 באפריל 1990, אצל מוחמד נביל פהמי, "Egypt's Disarmament Initiative," Bulletin of the Atomic Scientists, November 1990.
- 4 "Nuclear-Weapon-Free Zones (NWFZ) At a Glance," Arms Control Association, September 2012, www.armscontrol.org/factsheets/nwfz.
- 5 מסמך מסכם של הועדת הסקר והארכה של הצדדים לאמנה לאי הפצת נשק גרעיני, 17 לאפריל עד 12 למאי 1995, NPT/CONF.1995/32 (Part II), Annex, Resolution on the Middle East, www.un.org/disarmament/WMD/Nuclear/1995-NPT/pdf/Resolution_MiddleEast.pdf.
- 6 נשיא ועידת הסקר והארכה של האמנה לאי הפצת נשק גרעיני 1995, השגריר Jayantha Dhanapala מסרי-לנקה אמר "באופן אישי אני מאמין שהוועידה לא הייתה מאמצת את הארכה הבלתי מוגבלת ללא הצבעה אם עניין ההחלטה [בנוגע למזרח תיכון] לא היה מיושב כפי שיושב." Jayantha Dhanapala with Randy Rydell, Multilateral Diplomacy and the NPT: An Insider's Account, United Nations Institute for Disarmament Research, Geneva, 2005, p.57.
- 7 US Department of State, "2012 Conference on a Middle East Zone Free of Weapons of Mass Destruction (MEWMDZFZ)," 23 November 2012).
- 8 על הכיבוש הישראלי והסגר, ראה לדוגמא את הדוח השנתי של האספה הכללית של האו"ם שנכתב על-ידי הנציג לענייני זכויות אדם בשטחים הפלסטינים הכבושים באו"ם 1967, ריצארד פאלק (Richard Falk). הדוח האחרון יצא ב 19 בספטמבר 2012, <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N12/515/86/PDF/N1251586.pdf?OpenElement>.
- 9 Harriet Sherwood, "Israelis and Palestinians meet for peace talks," The Guardian, 14 August 2013.
- 10 OPCW to Review Request from Syria," Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, 13" September 2013, www.opcw.org/news/article/opcw-to-review-request-from-syria. See also "Assad: Syria needs one year to destroy chemical weapons," BBC, 19 September 2013 www.bbc.co.uk/news/world-middle-east-24155674.
- 11 U.S. Department of State, עבוד ההסכם האמריקאי-רוסי על השמדה הניתנת לאימות של הנשק הכימי הסורי, ראה, Washington, D.C., 14 September 2013, www.state.gov/r/pa/prs/ps/2013/09/214247.htm.
- 12 United Nations Security Council Resolution 2118, 27 September 2013, www.un.org/News/Press/docs/2013/sc11135.doc.htm.
- 13 Statement by President Hassan Rouhani of Iran, United Nations General Assembly, New York, 24 September 2013, http://gadebate.un.org/sites/default/files/gastatements/68/IR_en.pdf.
- 14 United Nations Security Council Resolution 2118, 27 September 2013, www.un.org/News/Press/docs/2013/sc11135.doc.htm.
- 15 ישראל לא יכולה להצטרף ל NPT כמדינה גרעינית עקב סעיף 9.3, שמגביל חברות של מדינות גרעיניות לאלו שביצעו

- 15 אנו מודים לשגריר פול מיייר (Paul Meyer) מקנדה עבור הצעה זו.
- 16 African Nuclear Weapon Free Zone Treaty (Treaty of Pelindaba),” Disarmament Treaties Database,”
.United Nations Office of Disarmament Affairs, disarmament.un.org/treaties/t/pelindaba
- 17 Disarmament Treaties Database, United Nations Office of Disarmament Affairs, disarmament.un.org/treaties
- 18 United Nations Secretary-General announcement of Syria’s ratification of Chemical Weapons Convention,
14 September 2013, <http://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2013/CN.592.2013-Eng.pdf>
- 19 Avner Cohen, “Crossing the threshold: the untold nuclear dimension of the 1967 Arab-Israeli War and its
contemporary lessons,” Arms Control Today, June 2007
- 20 Robert Norris and Hans Kristensen, “Global nuclear weapons inventories, 1945–2010,” Bulletin of the
Atomic Scientists, July/August 2010. ראה גם את החלק של הערכת הסיכונים הסודית מסוכנויות המודיעין, A Primer on
Rowan Scarborough, Rumsfeld’s War (Regnery, the Future Threat: The Decades Ahead: 1999–2020
2004), שם מוערך מספר ראשי הקרב שבידי ישראל בשנת 1999 (60–80) והערכה עתידית ל-2020 (85–65). p. 197
- 21 Israel” in Global Fissile Material Report 2010: Balancing the Books–Production and Stocks (International”
(Panel on Fissile Materials, 2010).
- 22 לכידת קריפטון-85 (Krypton-85) אינה בלתי אפשרית. מאמצים נעשו במפעל עיבוד הדלק של צי חיל הים בארה”ב
ובמפעל ניסיוני בגרמניה. מצד שני, המערכות בהן נעשה שימוש היו עדיין בשלבי הפיתוח. Patricia Paviet-Hartmann, W. Kerlin,
and S. Bakhtiar, Treatment of Gaseous Effluents Issued from Recycling – A Review of the Current Practices and
Prospective Improvements (Idaho National Laboratory, INL/CON-10-19961, 2010); and E. J. Hutter, R. Von Ammon,
W. Bumiller, and G. Neffe, “Final results and consequences of the development of a cryogenic krypton separation
system,” Proceedings of the 19th DOE/NRC Nuclear Air Cleaning Conference, Seattle, WA, 18–21 August 1986
- 23 .Treaty on Open Skies,” U.S. Department of State, www.state.gov/t/avc/trty/102337.htm
- 24 R. Scott Kemp, “Initial analysis of the detectability of UO_2F_2 aerosols produced by UF_6 released from uranium
conversion plants,” Science & Global Security, 16, 2008, p. 116; and “Source terms for routine UF_6 emissions,”
Science & Global Security, 18, 2010, p. 119
- 25 R. Scott Kemp, “A performance estimate for the detection of undeclared nuclear-fuel reprocessing by
atmospheric ^{85}Kr ,” Journal of Environmental Radioactivity, 99, 2008, p. 1341
- 26 עירוב של דאוטריום (D) וטריתיום יכול לשמש לשם העצמת התשואה של פיצוץ קטן הנוצר מביקוע עם פרץ של
נויטרונים (n) מתגובה של $\text{D} + \text{T} \rightarrow \text{He}^4 + \text{n}$, ראו לדוגמא,
Frank von Hippel, Harold Feiveson, and Christopher Paine, “A low-threshold nuclear test ban,” International
Security, Vol. 12, No. 2, Fall 1987, p. 135
- 27 מקור חלופי יכול להיות נויטרון ממאיץ חלקיקים שיכול ליצור טריתיום (T) באמצעות התגובה:

$n + \text{lithium-6} \rightarrow T + \text{helium-4}$. נדרש רק מקור צנוע יחסית של נויטרון מכיוון שרק פחות מחמישה אחוזים של הנויטרונים המיוצרים בכור בדימונה זמינים עבור ייצור טריטיום. הכור בדימונה פועל באמצעות אורניום טבעי כדלק. אורניום-238 מהווה 99.3 אחוז מהאורניום הטבעי ומרבית הנויטרונים שלא נדרשים לתגובת שרשרת בכור מים כבדים המופעל באמצעות אורניום טבעי כדלק נספגים באורניום-238 לשם ייצור פלוטוניום-239. ראו דיון ב:

.Global Fissile Material Report 2010 (International Panel on Fissile Materials, 2010), p. 114

מאיצים סינכרוניים של 2 mA (MeV, 150-MeV - מגה אלקטרון וולט, mA - מילי אמפר) הזמינים באופן מסחרי יכולים לייצר כנויטרון פר פרוטון כמטרת הפרדות (spallation) או כ-1.5 אחוז ממספר הנויטרונים המיוצר בכור בדימונה הפועל בעזרת אורניום טבעי ברמה של 70MV תרמי.

R. Scott Kemp, "Nuclear proliferation with particle accelerators," Science & Global Security, 13, 2005, p. 183

"Israel" in Global Fissile Material Report 2010, op. cit" 28

.Ibid 29

Victor Gilinsky and Roger Mattson, "Revisiting the NUMEC affair," Bulletin of the Atomic Scientists, 30 March/April 2010, p. 61

Alex Gasner and Alexander Glaser, "Nuclear archaeology for heavy-water-moderated plutonium production reactors," Science & Global Security, 19, 2011, p. 223 31

Global Fissile Material Report 2010: Balancing the Books-Production ו"ישראל" ב (and Stocks (International Panel on Fissile Materials, 2010 32

Robert Alvarez, "Managing the uranium-233 stockpile of the United States," Science & Global Security 21, 2013, pp.53-69 33

בשנת 1997 יפן החליטה כמחווה של רצון טוב כלפי ארה"ב, לערבב את הפלוטוניום המופרד שלה עם אורניום לא מועשר. בזמן ממשלו של ג'ורג' וו. בוש, AREVA הציעה באופן דומה לשנות את התכנון של מפעל ההפרדה שבקשה למכור לארה"ב, כך שלא יהיה ניתן להפריד פלוטוניום בצורה מלאה מהאורניום. דדום קוריאיה טוענת כי הפרדה בחום גבוה (Pyro processing) היא "עמידה בפני תפוצה" משום שהיא לא מפרידה יסודות טרנס אורניומיים ומספר תוצרי ביקוע של מתכות הלנתניים מהפלוטוניום. אך, כל התערובות האלו ברות שימוש בנשק ומתקני הפרדה ועיבוד יכולים לעבור בקלות להפרדת פלוטוניום טהורה. ראו לדוגמא:

Jungmin Kang and Frank von Hippel, "Limited proliferation-resistance benefits from recycling unseparated trans uranics and lanthanides from light-water reactor spent fuel," Science & Global Security, 13, 2005, p. 169; and R. Bari et al, Proliferation Risk Reduction Study of Alternative Spent Fuel Processing, Brookhaven National Laboratory, BNL-90264-2009-CP, 2009

Pierre Goldschmidt, "The IAEA Reports on Egypt: Reluctantly?" Carnegie Endowment for International Peace, 2 June 2009; and Report by the IAEA Director General, Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran, 15 November 2004 35

Report by the IAEA Director General, Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Syrian Arab Republic, 30 August 2012 36

See e.g. Frank von Hippel, "The costs and benefits of reprocessing," in Nuclear Power's Global Expansion: Weighing its Costs and Risks, Henry Sokolski, ed., Strategic Studies Institute, 2010 37

R. Price, "An analysis of uranium exploration and price," Facts and opinions, NEA News, 2005 - No. 23.1, 38

- p. 8 from 1970 to 2002 in constant dollars; and US Energy Information Administration, 2012 Uranium Marketing Annual Report, Table S1a 1994-2012, in current dollars
- See e.g., Fast Breeder Reactor Programs: History and Status (International Panel on Fissile Materials, 2010).
- J.M. Charpin, B. Dessus and R. Pellat, Report to the Prime Minister [of France]: Economic Forecast Study of the Nuclear Power Option, 2000, Tables on pp. 43, 56, 214., 215; and Japan Atomic Energy Commission, "Estimation of Nuclear Fuel Cycle Cost and Accident Risk Cost (Statement) 2011
- UK Nuclear Decommissioning Authority, Oxide Fuels: Preferred Option, 2012
- להולנד יש כור אחד בן 40 שנה, בעוצמה של 0.5GWe.
- ראו לדוגמא, Robert Alvarez, "Managing the uranium-233 stockpile of the United States," op. cit.
- (M.V. Ramana, The Power of Promise: Examining Nuclear Energy in India (Penguin-Viking, 2012
- Rodney Jones et al, Tracking Nuclear Proliferation (Carnegie Endowment for Peace, 1998), pp. 190-1
- Dan Williams, "Israel to phase out civilian atomic reactor by 2018," Reuters, 20 March 2012
- Frank Munger, "Spent HEU fuel from Israel," knoxnews.com, 21 January 2010
- CRP on Conversion of Miniature Neutron Source Research Reactors (MNSR) to Low Enriched Uranium (LEU)" www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical_Areas/RRS/mnsr.html
- James Matos, Argonne National Laboratory, personal communication, 18 February 2013
- מאגר המידע של סבא"א על כורי מחקר, זמין ב - nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx
International Atomic Energy Agency, Nuclear Research Reactors in the World, Reference Data Series Number 3, IAEA, Vienna, 2000
- SESAME: Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East (סינכרוטרון מאיץ חלקיקים) למדע ויישומים ניסויים במזרח התיכון, www.sesame.org.jo/sesame
- AEOI head: Iran to enrich uranium to 50% if nuclear-powered vessels needed," Fars News Agency, 16" April 2013
- צוללות התקיפה הצרפתיות מסוג (Suffren), שיתחילו את פעילותן ב 2017 יעשו שימוש באורניום שיועשר לרמות השימוש בכורי מים קלים אזוריים ולכן גם יקבלו את אספקת האורניום שלהן מאותו מפעל העשרה שמספק את דלק האורניום המועשר לכורי החשמל של צרפת.
- Ministère de la Défense, Le Programme Barracuda, Le Sous-marin D'attaque Du 21ème Siècle, Dossier de Presse, 22 December 2006, available at groups.google.com/forum/?hl=fr&fromgroups=#!topic/noticiarionaval/jQ7ygev_n6s
- " בברזיל דלק לאב טיפוס של ליבה קרקעית וככל הנראה לשם שימוש ראשון מסוגו בצוללות תקיפה SSN באורניום מועשר לרמה נמוכה של (4-6%), בדומה לאוטו האן (Otto Hahn) [ספינת משא גרמנית שפעלה על-ידי אנרגיה גרעינית בין השנים 1968-1979],

55 55 בדוח אישור התקציב הפיסקלי לשנת 2009, וועדת הכוחות המזוינים של הסנאט כללה את ההתבטאות הבאה: "הוועדה מנחה את המשרד לכורים של הצי לבחון לעומק אפשרות של שימוש באורניום מועשר ברמה נמוכה כדלק בכורים חדשים או בכורים שיעברו הסבה לספינות או לצוללות."

Senate Report 110-335: Senate Arms Service Committee, National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2009, p. 515, <http://beta.congress.gov/congressional-report/110th-congress/senate-report/335/1>

56 "Iran begins loading Bushehr nuclear reactor," BBC, 21 August 2010

57 "Ceremony marks the first cascade at Georges Besse II," Areva, 26 May, 2009" www.urenco.com/page/216/Ceremony-marks-the-first-cascade-at-Georges-Besse-II.aspx

58 The complete set of requirements and the current status of the IAEA Fuel Bank may be found at www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Assurance-of-Supply/iaea-leu-bank.html

59 ייצור של קילוגרם אורניום המועשר ל-90% מאורניום טבעי עם רמה של 0.4 U-235 שנשאב באורניום מדולל (depleted uranium - DU), דורש 169 SWU. ייצור של 20% אורניום מועשר עם 3.5% U-235 מאורניום מדולל, דורש 10.5 SWU.

60 סבא"א דיווחה שנכון ל-16 באוגוסט 2013, איראן ייצרה כ-372 קילוגרם של UF₆ מועשר "עד ל-20% באורניום-235. כשני שלישי ממשקל זה (כ-252 קילוגרם) יהיה אורניום. מתוך 324 קילוגרם, 185 קילוגרם (המכילים כ-125 קילוגרם אורניום) הוזנו לתוך תהליך המרה לייצור של 87 קילוגרם של אורניום U-235. סבא"א אישרה שחלק מה U-235 המדובר שימש לשם ייצור של 21 רכיבי דלק עבור כור המחקר בטהראן (TRR).

Report by the IAEA Director General, Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions in the Islamic Republic of Iran, 28 August 2013

הרכב דלק ממוצע בליבת TRR מכיל 18 פלטות דלק, כל אחת עם 77.5 גרם של אורניום. הדלק המיוצר עם כן, מכיל כ-29 קילוגרם של אורניום. ליבה מלאה של 27 רכיבי דלק תכיל כ-37.8 קילוגרם של 20% אורניום. [המידע על מבנה ליבת TRR - Kazem Farhadi and Samad Khakshournia, Nuclear Research Center, Atomic Energy Organization of Iran, "Feasibility study for Tehran Research Reactor power upgrading," Annals of Nuclear Energy Vol. 35 (2008) p. 1177]

ה TRR הוא כור בעוצמה של 5 MW (תרמי). כור שכזה צורך כ-1.2 גרם של אורניום-235 ל-MWd בבערה של 40% של תכולת אורניום-235, ה TRR יצרך $5 \times (1.2/0.4)/0.2 = 75$ גרם של אורניום מועשר לרמה נמוכה ליום. בשנת 1992, ארגנטינה, סיפקה לאיראן 115.8 קילוגרם של אורניום מועשר לרמה נמוכה. אם הדלק נצרך עד 2012, זה יתאים לצריכה ממוצעת של 6 קילוגרם של אורניום מועשר ברמה נמוכה לשנה או לעבודה בעוצמה מלאה של בערך 80 יום לשנה. איראן טענה לשימוש של 60 יום בעוצמה מלאה בדו"ח שלה לסבא"א משנת 2009 (<http://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/HeaderInfo.aspx?Rid=214>). אך זה במצב בו הדלק אזל לה. 12% מכורי המחקר בעולם פעלו ל-210 ימים או יותר בשנה (<http://nucleus.iaea.org/RRDB/Content/Util/UtilHigh.aspx>). שזה מקביל לדרישה שנתי של 16 קילוגרם של אורניום מועשר לרמה של 20% לכור בעוצמה של 5 MW. אם מניחים עבודה בעוצמה מלאה במשך 210-80 ימים, ה-252 קילוגרם של אורניום מועשר לרמה של 20% שאיראן ייצרה אמורים היו, נכון למאי 2013, להספיק עבור 27-10 שנים.

61 Report by the Director General, Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions in the Islamic Republic of Iran, 22 May 2013

62 ייצור של קילוגרם אורניום המועשר לרמה של 90% מאורניום טבעי, עם 0.4% אורניום-235 שנשאב באורניום מדולל (depleted uranium - DU), דורש 169 SWU. ייצור מאורניום המועשר ל-5% עם 0.7% אורניום-235 באורניום מדולל דורש 43

- 63 מתוך ההנחה שאורניום מדולל שנותר מתהליך העשרה שהוא בעל רמת העשרה של 0.7% (כמו באורניום טבעי).
- 64 בפברואר 2013, הסוכנות האיראנית לאנרגיה גרעינית הצהירה על 16 אתרים לכורי חשמל עתידיים.
www.presstv.ir/detail/2013/02/23/290389/iran-to-build-16-nuclear-power-plants
- 65 Oliver Meier, "Iran and foreign enrichment: a troubled model," Arms Control Today, January 2006
- הסיפור הופך למסובך יותר עקב העובדה שאיראן ביטלה מיד לאחר מהפכת 1979 חוזה לעבודות העשרה מהמפעל. לעוד חוזים שבוטלו וקדמו ל-1979 עם איראן ראו:
Chronology of Iran's Nuclear Programme, 1957-2007, available at
www.oxfordresearchgroup.org.uk
- 66 איראן ייצרה 2253 קילוגרם של UF6 המועשר לדמה של עד 5% (אנו מניחים 3.5%) בין ה-22 לאוקטובר 2012 ל-10 לאוגוסט 2013 (0.72 שנים). אנו מניחים ש אורניום מדולל מכיל 0.4% אורניום-235, איראן ייצרה 49 קילוגרם של 20~ אחוז UF6 מאורניום מועשר בדמה של 3.5% בכור הניסיוני בנתנו בין 16 לספטמבר 2013 ו 16 לאוגוסט 2013 (0.74 שנים). לכן ניתן להניח 0.7% של אורניום-235 באורניום המדולל.
- Report by the Director General, Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions in the Islamic Republic of Iran, 28 August 2013
- 67 David Albright and Christina Walrond, Iran's Advanced Centrifuges, Institute for Science and International Security, 18 October 2011, available at isis-online.org
- 68 אם קסקדות הצנטריפוגות סודרו לשם ייצור של אורניום בדמה המספיקה עבור נשק (90%) באמצעות שלושה שלבי ביניים (3.5%, 20% ו-60%).
- William C. Witt, Christina Walrond, David Albright, and Houston Wood, Iran's Evolving Breakout Potential, Institute for Science and International Security, October 2012
- 69 Frank von Hippel, "National fuel stockpiles: an alternative to a proliferation of national enrichment plants?" Arms Control Today, September 2008, p. 20
- 70 A Report on the International Control of Atomic Energy, prepared for the Secretary of State's Committee on Atomic Energy, 16 March 1946, fissilematerials.org/library/ach46.pdf, chapter V
- 71 Mohammed ElBaradei, "Towards a safer world," The Economist, 16 October 2003
- 72 "השרים מחזקים בשנית את הזכות הבסיסית והבלעדית של המדינות לפתח מחקר, לייצר ולהשתמש באנרגיה גרעינית למטרות שוחרות שלום, מבלי אפליה והתאמה למחויבויות החוקיות שלהן. על כן, לא אמורות לעמוד בדרכן חסימה או מניעה של הזכות של מדינות לפתח אנרגיה גרעינית למטרות שוחרות שלום. יתרה מזאת הם [השרים] (המתרגם) מחזקים את האמירה שבחירות והחלטות של מדינות, כולל אלו של הרפובליקה האסלאמית של איראן, בתחום השימוש בטכנולוגיה גרעינית ומדיניות מעגל הדלק למטרות שלום צריכות להיות מכובדות."
- Statement on the Islamic Republic of Iran's Nuclear Issue, XV Ministerial Conference of the Non-Aligned Movement
.Tehran, Islamic Republic of Iran, 27-30 July 2008

73 סעיף IV.1 לאמנה למניעת הפצה גרעינית מצהיר ש"אין דבר באמנה שאמור להתפרש כבר השפעה על הזכות הבלעדית של צדדים לאמנה לפתח מחקר, לייצר ולעשות שימוש באנרגיה גרעינית למטרות שלום מבלי להיות נתונים לאפליה ובהתאם לסעיפים I ו- II של אמנה זאת." הדיון הוא האם תוכנית ההעשרה האירנית היא למטרות שלום בלבד, או שעומדת מאחוריה מוטיבציה לספק לאיראן אפשרות לנשק גרעיני.

74 Agreement for Cooperation between the Government of the United States and the Government of the United Arab Emirates Concerning Peaceful Uses of Nuclear Energy, U.S. Government Printing Office, 21 May 2009, www.gpo.gov/fdsys/pkg/CDOC-111hdoc43/pdf/CDOC-111hdoc43.pdf

75 World Nuclear Association, "Nuclear Power in the United Arab Emirates," www.world-nuclear.org

76 Agreement for Cooperation between the Government of the United States and the Government of the United Arab Emirates, op. cit

77 תבנית הסכם הביטחונות הכללי של סבא"א פורסם באתר שלה כ INFCIRC/153, The Structure and Content of Agreements between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons

78 "מקור" (Source material) הוא אורניום טבעי טהור או אורניום מדולל, או תוריום אשר יכול, בתהליך של הקרנה לייצור פלוטוניום. חומר מיוחד ("Special material") הוא אורניום מועשר, פלוטוניום או U-233, כולל בתוך דלק גרעיני. IAEA, Safeguards Glossary, 2001, p. 31

79 Subsidiary arrangement to the agreement between The Government of [...] and the International Atomic Energy Agency for the application of safeguards in connection with the treaty on the non-proliferation of nuclear Weapons (IAEA, 2 November 2011), www.iaea.org/OurWork/SV/Safeguards/documents/Online_Version_SG-FM-1170_-_Model_Subsiary_Arrangement_Code_1-9.pdf, Code 3.1.2

80 תבנית הפרוטוקול הנוסף פורסם על-ידי סבא"א באתר שלה כ INFCIRC/540, (corrected), Model Protocol Additional to the Agreement between State (S) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards

81 World Nuclear Association, "Nuclear Power in Jordan"; www.world-nuclear.org; "Bahrain postpones nuclear energy plans," Trade Arabia, 17 October 2012

82 Report by the IAEA Director General, Implementation of the IAEA Safeguards Agreement in the Syrian Arab Republic, 30 August 2012

83 "After revolution, Egypt turns to nuclear," Nuclear Intelligence Weekly, 21 September 2012, p. 5"

84 Qatar's N-power plan 'economically feasible,'" 10 February 2012, nucpros.com/content/qatar's-n-power-plan-economically-feasible

85 כפי שצוין לג'יבוטי וסומליה אין הסכם ביטחונות כללי בתוקף.

86 IAEA, Status List: Conclusion of Safeguards Agreements, Additional Protocols and Small Quantities Protocols, as of 24 September 2013, www.iaea.org/safeguards/documents/sir_table.pdf

87 לדיון אודות הפרוטוקול הנוסף עליו הסכימו החברות הגרעיניות ב NPT ראו: chapter 6, Global Fissile Material Report 2007

89 החלטת מועצת הביטחון של האו"ם 1737, דצמבר 23 2006; סעיף 41 של מגילת האומות המאוחדות מצהיר ש"מועצת הביטחון יכולה להחליט אילו צעדים שלא כוללים שימוש בכוחות מזוינים צריכים להינקט על-מנת לאכוף את החלטותיה, והיא יכולה לקרוא למדינות החברות באו"ם ליישם צעדים אלו. אלו עשויים לכלול הפרעה חלקית או מלאה של יחסים כלכליים כמו גם של רכבות, ים, אוויר, דואר, טלגרם, רדיו ואמצעים אחרים של תקשורת ואת הפסקת היחסים הדיפלומטים."

90 ראה לדוגמא, דוח מזכ"ל סבא"א למועצת הנגידים של סבא"א, Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions in the Islamic Republic of Iran, 16 November 2012, paragraphs 43-45. הבסיס לחששות סבא"א הונחו בדוח של מזכ"ל סבא"א מה-8 לנובמבר 2011 הנושא שם זהה, נספח C, פסקאות 41-51.

91 בין 2004-2005 איראן נתנה לסבא"א גישה לחלקים שונים באתר Parchin. איראן הייתה מעורבת במשא ומתן ממושך עם סבא"א ודרשה שבתמורה לשקיפות מלאה (כולל יישום הפרוטוקול הנוסף) ומגבלות על תוכנית ההעשרה שלה (כגון עצירת העשרה לרמה של 20% והטלת מכסה של העשרה עד ל-5%), מועצת הביטחון תרפה את הסנקציות כנגדה ותכיר בזכותה הלגיטימית להעשרה תחת ה-NPT.

92 Adolf von Baeckmann, Garry Dillon, and Demetrius Perricos, "Nuclear verification in South Africa," IAEA Bulletin 1, 1995, p. 42; the official IAEA report was made to the IAEA General Conference, The Denuclearization of Africa, GC(XXXVII)/1075, 9 September 1993.

93 במקרה של המשך תוכנית העשרה בצנטריפוגות, יכללו תהליכים בנוגע לייצור מרכיבי מפתח בצנטריפוגות, הרכבתם והתקנתם; וניטור וידאו של נקודות מפתח בקסקדות הצנטריפוגות, כמו נקודות ההזנה ונקודות השאיבה.

94 בכיר ישראלי לשעבר טען בשלהי 2012, שאזור חופשי מנל"ה במזרח התיכון "יכלול הקמה של מוסדות ייעודיים ליישום ואימות של האזור ולבסוף גם מכניזם לאכיפה שצריכים להיות אזוריים בטבעם. אמירה זו נכונה על אף קיומם של מוסדות בינלאומיים ייעודיים (כמו סבא"א והארגון למניעת הפצת נשק כימי)". אריאל לויטה, לשעבר מנכ"ל הוועדה הישראלית לאנרגיה גרעינית, "Reflections on 'The regional security environment and basic principles for the relations of the members of the zone'", מסמך רקע שהוצג באיגוד למניעת תפוצה של האיחוד האירופי, סמינר שני לקידום בניית אמון ותמיכה ביצירת מזרח תיכון נקי מנל"ה ואמצעי השילוח שלהם. בריסל, 5-6 בנובמבר, 2012, www.nonproliferation.eu/documents/backgroundpapers/levite.pdf. ה-OPCW הוא הארגון למניעת ייצור והפצתו של נשק כימי, הסוכנות האחראית על יישום ואימות האמנה נגד נשק כימי.

95 Mitchell Reiss, *Bridled Ambition: Why Countries Constrain Their Nuclear Capabilities* (Johns Hopkins, 1995), pp. 61-64.

תרגום לעברית: יוחנן כץ

עריכה והתאמה לעברית: נדב שאלתיאל ושרון דולב