



**JERUSALEM
COLLEGE OF
TECHNOLOGY**
LEV ACADEMIC CENTER

**פורום אקדמאים
למודעות גרעינית**

איום גרעיני בהיבט מעשי

ד"ר יהושע סוקול

החוג להנדסת חשמל ואלקטרוניקה

המרכז האקדמי לב

21.06.2021

שלמי תודה

מכון שרידות	ברונשטיין	ד"ר מיכאל	■
קמ"ג	בריל	ד"ר מוטי	■
מכון GIEP	יאנובסקי	ד"ר משה	■
מרכז BESA	לבל	מר משה	■
מכון ויצמן	פלקוביץ'	פרופ' גרגורי	■

(אורות עציון)	בארי	הרב דן	■
(פיקוד העורף)	ברוש	סא"ל בנימין	■
(טכניון)	גנדלמן	פרופ' שלמה	■
(רפא"ל)	הרטל	מר אורן	■
(מכון ויצמן)	וקסמן	פרופ' אלי	■
(קופ"ח מכבי)	גבריאלי חודיק	ד"ר גבריאלי	■
(F.I.R.S.T)	לאור	ד"ר אפרים	■
(לויטן מהנדסים)	לויטן	ד"ר איתי	■
(טכניון)	סגל ז"ל	פרופ' יצחק	■
(אוני' בר-אילן)	סנדומירסקי ז"ל	פרופ' ולדימיר	■
(אוני' תל-אביב)	רוטנברג	פרופ' ואדים	■
(ממ"ג שורק)	שלזינגר	פרופ' טוביה	■
(טכניון)	שפירא	פרופ' מיכאל	■

המסר

- יש מה לעשות
- יש הרבה מה לעשות
- צמצום אבידות ונזקים פי 20 ויותר!
- עדיף לעשות בעוד מועד

תוכן העניינים

- מבוא היסטורי – הירושימה
- פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות
- פצצת מימן – מה נשתנה ?
- קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות
- יעילות ההגנה האזרחית
- סיכום





“Little Boy” (הירושימה)

אורך: 3 מ'

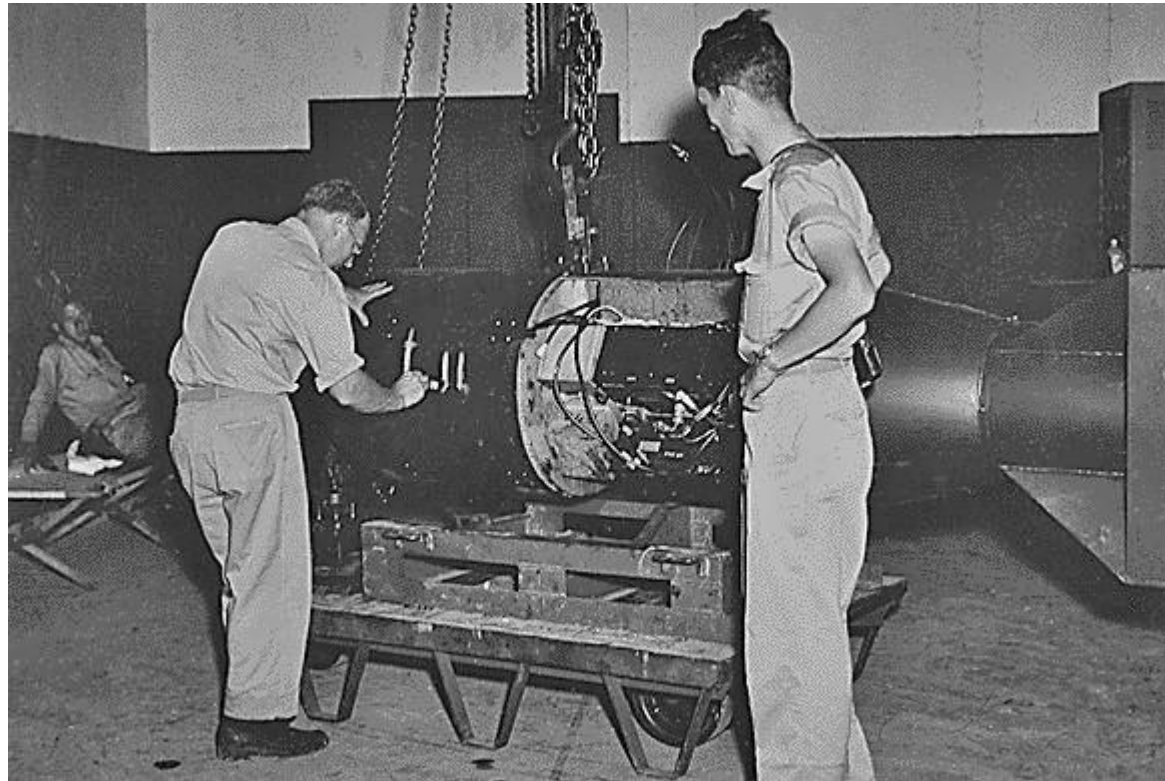
קוטר: 0.7 מ'

משקל: 4000 ק"ג

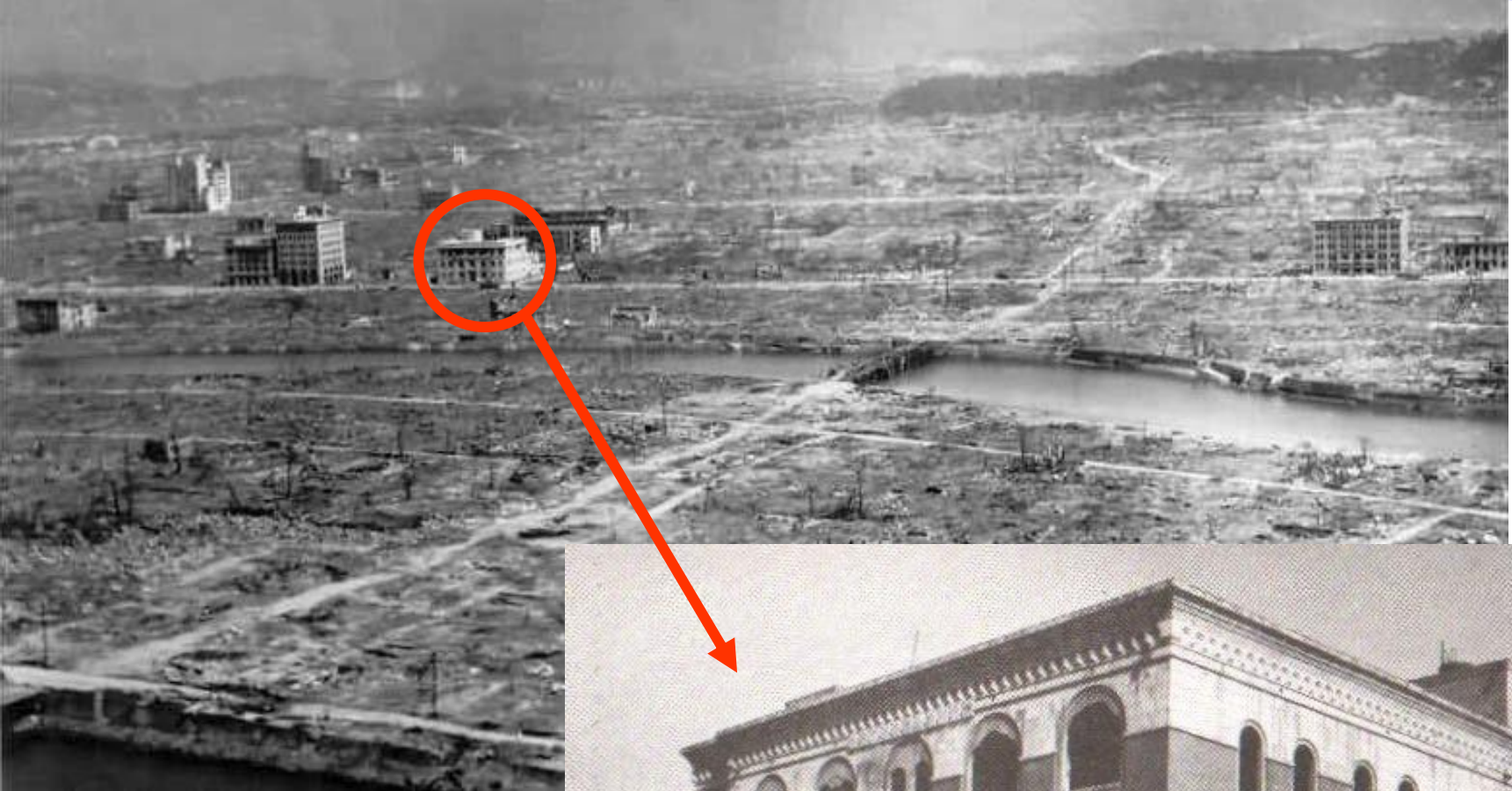
תפוקה: **16** קילו-טונות

דהיינו שווה ערך 16,000 טונות TNT

גובה הפיצוץ: **500** מ'





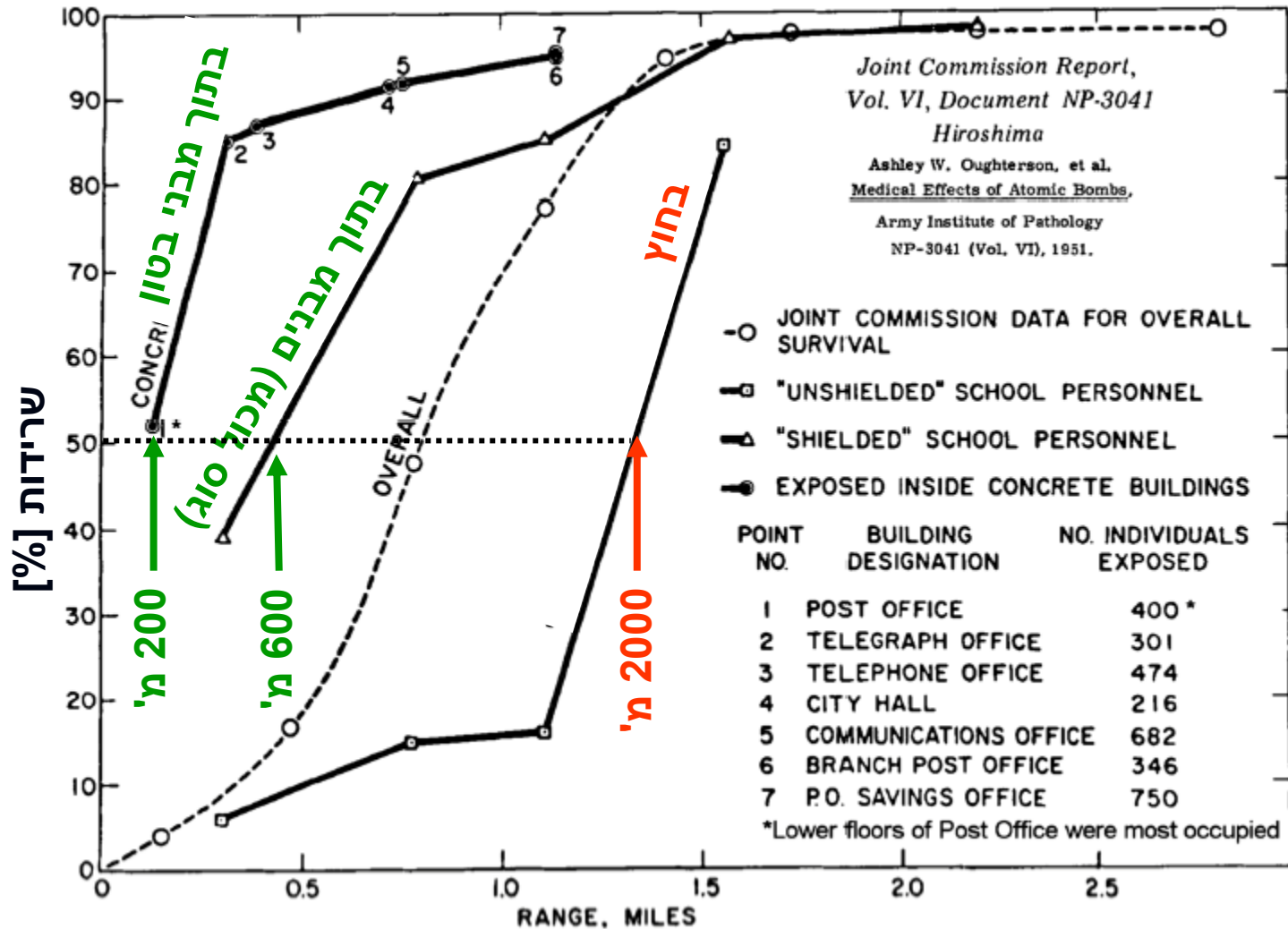


200 מ' מנקודת אפס

550 מ' מנקודת הפיצוץ

שרידות: 50% !

הירושימה – שרידות



תוכן העניינים

- מבוא היסטורי: הירושימה
- **פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות**
- פצצת מימן – מה נשתנה ?
- קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות
- יעילות ההגנה האזרחית
- סיכום

כלי נשק גרעיניים

“Atomic” (fission)

Hiroshima

Severe damage

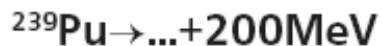
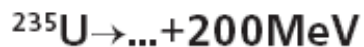
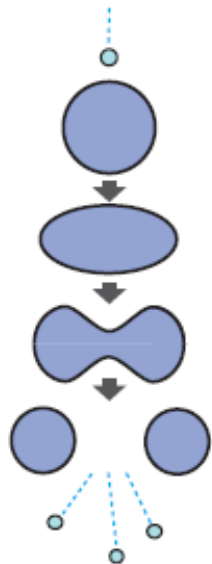
range

1-20 KT

~16 KT

1-1.5 km

Nuclear Fission



$n \sim 1\text{MeV}$

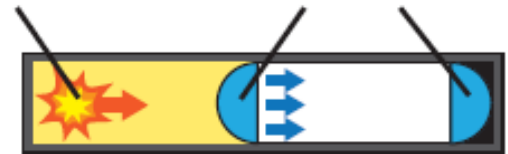
1 kg $\sim 10^{14}$ J $\sim 2 \cdot 10^6$ kg oil ~ 20 kt TNT

A-bomb designs

Conventional chemical explosive

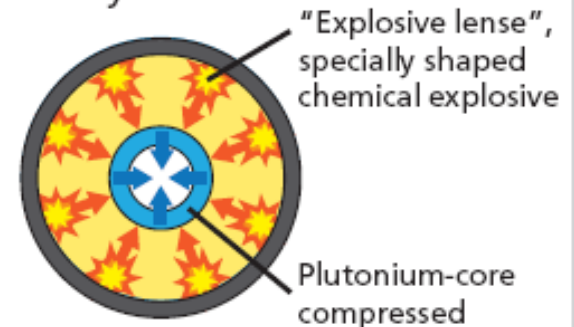
Sub-critical pieces of Uranium-235 combined

“Little Boy”



Gun-type assembly method

“Fat Man”



Implosion assembly method

פיצוץ גרעיני

■ פגיעה פיזית מיידית בגוף ובציוד

■ הדף, חום, קרינה

■ פגיעה בגוף מתמשכת

■ נשורת רדיו-אקטיבית

■ פגיעה בציוד מיידית רחבת-היקף

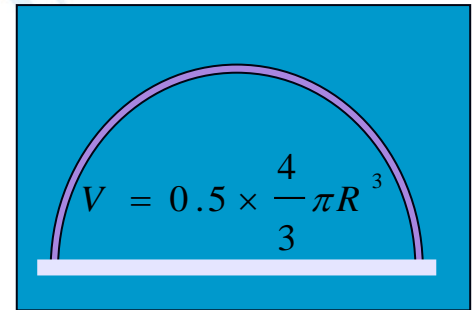
■ דופק אלקטרו-מגנטי EMP

גל הדף – לחץ-יתר

Approximations

$$E_{blast} = E_{total} = E \quad (\text{actually } E_{blast} \approx 0.5 \times E_{total})$$

$$P_{front} = P_{bulk} = p \quad (\text{actually } P_{front} > P_{bulk})$$



Then

$$p \approx \frac{E}{0.5 \times \frac{4}{3} \pi R^3}$$

Scaling with yield:

$$R(\text{damage}) \sim E^{1/3}$$

$$E = 20 \text{ KT} = 20 \times 10^{12} \text{ cal} = 2 \times 10^{13} \text{ cal} \approx 8 \times 10^{13} \text{ J}$$

$$p(R = 1 \text{ km}) = \frac{8 \times 10^{13}}{\frac{2}{3} \pi (10^3)^3} \approx 4 \times 10^4 \text{ (Pa)} \approx 0.4 \text{ (atm)}$$

20 KT: Severe damage range ~ 1-1.5 km

גל הדף – לחץ-יתר

Scaling with yield:

$$R(\text{damage}) \sim E^{1/3}$$

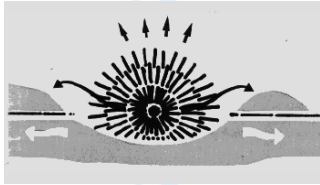
פצצה חזקה פי 1000 <= טווח הנזק פי 10

פצצת 20KT: נזק כבד למבנים עד 1-1.5 km

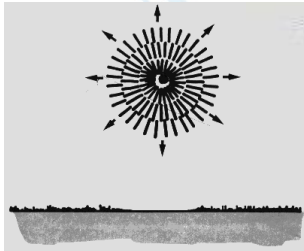
דרגות נזק

- כבד: מבנה קורס (או יש להרוס אותו כי אי-אפשר לתקן)
- בינוני: מבנה לא שמיש אך ניתן לתיקון
- קל: שמיש (ניפוץ חלונות, פגיעה בגגות)

תרחישי ייחוס



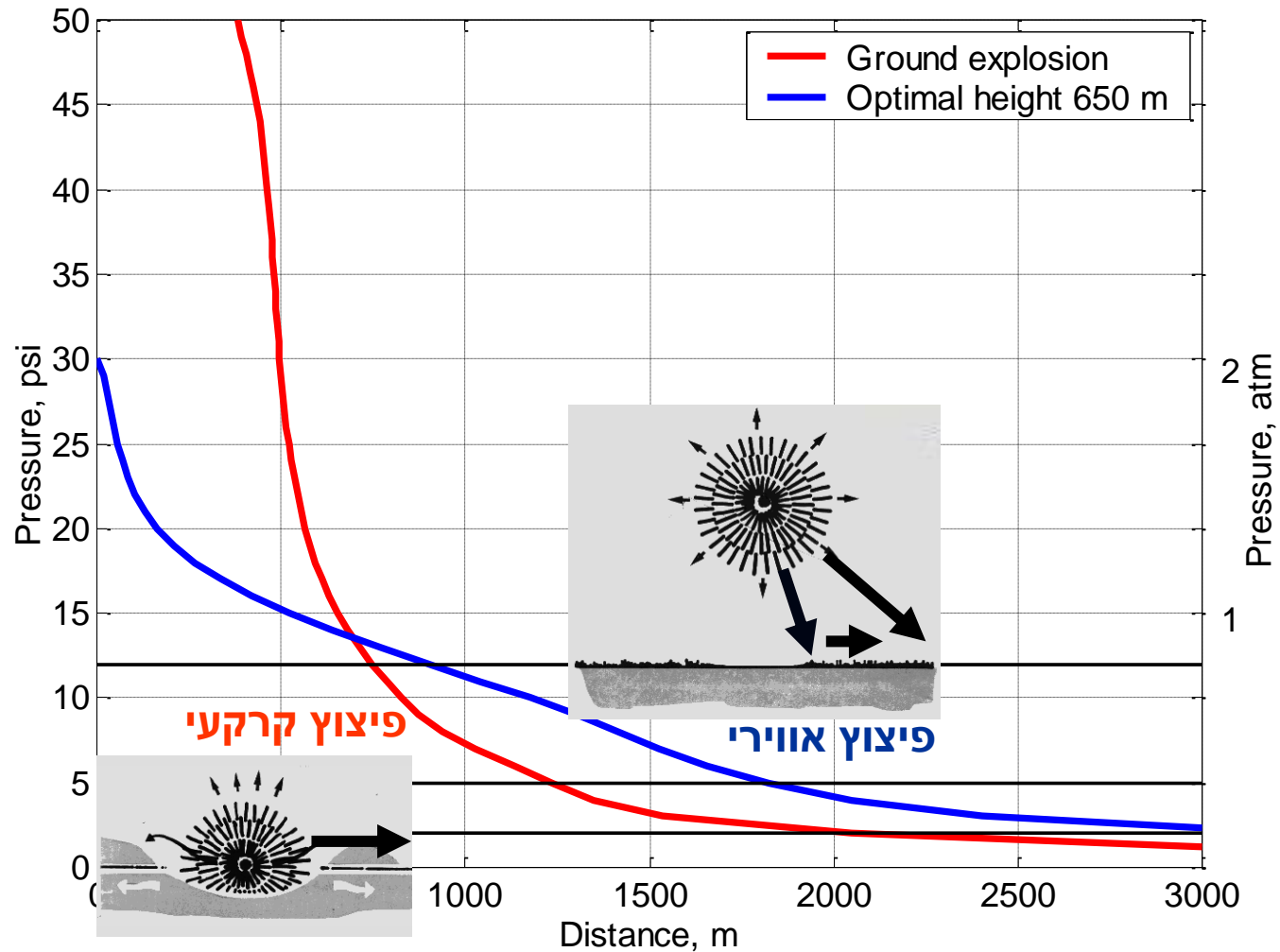
1. פצצת אטום 20 KT **פיצוץ קרקעי**



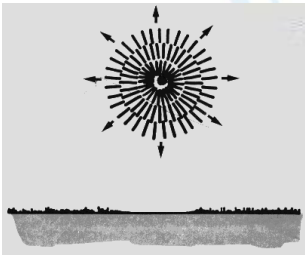
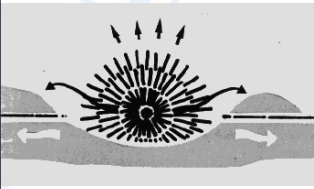
2. פצצת אטום 20 KT **פיצוץ אווירי**

גל הדף – לחץ-יתר

20 KT



סוגי פיצוץ – לפי גובה

-	+		
<p>1. אין נשורת</p> <p>2. מקלט תת-קרקעי</p> <p>שורד אפילו</p> <p>בנקודת אפס</p>	<p>שטח ההרס</p> <p>מרבי</p> <p>$\times 2$</p>		<p>פיצוץ</p> <p>אווירי</p>
<p>שטח ההרס מצומצם</p> <p>יותר</p> <p>כ-1/2 ביחס לפיצוץ אווירי</p>	<p>1. יש נשורת</p> <p>2. הרס מוחלט</p> <p>סביב נקודת</p> <p>אפס</p>		<p>פיצוץ</p> <p>קרקעי</p>
<p>אין פגיעה פיזית</p>	<p>דוא"מ EMP</p> <p>רחב היקף</p>	<p>< 30 ק"מ</p>	<p>פיצוץ</p> <p>ברום</p> <p>גבוה</p>

נזק למבנים

דרגות נזק

- **כבד:** מבנה קורס (או יש להרוס אותו כי אי-אפשר לתקן)
- **בינוני:** מבנה לא שמיש אך ניתן לתיקון
- **קל:** שמיש (נזק לחלונות, דלתות, גגות)

נזק למבנים

פיצוץ אווירי 20KT – מרחק מנקודת אפס

נזק קל $\pm 20\%$	נזק בינוני $\pm 20\%$	נזק כבד $\pm 20\%$	
4000 מ'	1200 מ'	1000 מ'	בניין בטון
1200 מ'	600 מ'	500 מ'	ממ"ד
0			מקלט תת-קרקעי

נזק למבנים

פיצוץ קרקעי 20KT – מרחק מנקודת אפס

נזק קל $\pm 20\%$	נזק בינוני $\pm 20\%$	נזק כבד $\pm 20\%$	
3000 מ'	900 מ'	750 מ'	בניין בטון
800 מ'	600 מ'	500 מ'	ממ"ד
200 מ'	150 מ'		מקלט תת-קרקעי

11,000 איש \ קמ"ר

צפיפות ייחוס

טווח הרס ממ"דים



טווח הרס מבני בטון



25,000

צפי אבידות

טווח הרס – קומה מפולשת



טווח ניפוץ
שמשות מוחלט

צפי אבידות: דו"ח בריטי UK 1950

~~RESTRICTED~~

~~TOP SECRET~~

HOME OFFICE

CD/SA.16

OFFICE OF THE CHIEF SCIENTIFIC ADVISER

THIS DOCUMENT HAS BEEN
DOWNGRADED TO RESTRICTED
Authority in file No. ASA 10/4/2
Date 23/1/58 Initials WST

THIS DOCUMENT HAS BEEN
DOWNGRADED TO Unclassified
Authority in file No. SAG 68 3/3/2
Date 1990 Initials WST

THE NUMBER OF ATOMIC BOMBS EQUIVALENT TO THE LAST WAR AIR ATTACKS ON GREAT BRITAIN AND GERMANY

Summary

During the last war, a total of 1,300,000 tons* of bombs were dropped on Germany by the Strategic Air Forces. If there were no increase in aiming accuracy, then to achieve the same total amount of material damage (to houses, industrial and transportation targets, etc.) would have required the use of over 300 atomic bombs together with some 500,000 tons of high explosive and incendiary bombs for targets too small to warrant the use of an atomic bomb. Increases in accuracy could cause a substantial reduction in this figure of 300 atomic bombs, to as few as 100-150 bombs for very accurate attacks.

Atomic bombs are relatively more efficient for killing people than they are for damaging houses, and the total of 300,000 civilian air raid deaths in Germany could have been caused by about 80 atomic bombs delivered with the accuracy of the last war area attacks, or by about 20 atomic bombs accurately placed at the centres of large German cities.

צפי אבידות (הרוגים) – UK 1950

מקור	80 פצצות של 20 קילו-טונות על ערי גרמניה	20 קילו-טונות לונדון: 11,000 איש / קמ"ר	תנאים
British Mission to Japan, 1946		50,000	התקפת פתע
UK Home Office 1950	300,000	25,000	35% במקלטים 60% בבתים

מדוע 300 ולא 2000 = 80×25 ?

1. דיוק סופי $m=500$ Circular Error Probability – מחצית הפצצות
בפחות מ- 500 מ' מהמטרה ($4 \times$)

2. צפיפות האוכלוסייה (ערי גרמניה) כ-7000 איש/קמ"ר ($1.5 \times$)

צפי אבידות (הרוגים) – ישראל

מקור	80 פצצות של 20 קילו-טונות על ישראל	20 קילו-טונות 11,000 איש / קמ"ר	תנאים
British Mission to Japan, 1946		50,000	התקפת פתע
סוקול 2010 UK Home Office 1950	300,000	25,000	ממ"ד 50%
Socol et al. <i>Defence & Strategy</i> (2012)	150,000	12,000	ממ"ד 100%
	20,000	1,500	תת-קרקעי 100%

תוכן העניינים

- מבוא היסטורי: הירושימה
- פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות
- **פצצת מימן – מה נשתנה ?**
- קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות
- יעילות ההגנה האזרחית
- סיכום

פצצת אטום מול מטח קונבנציונלי

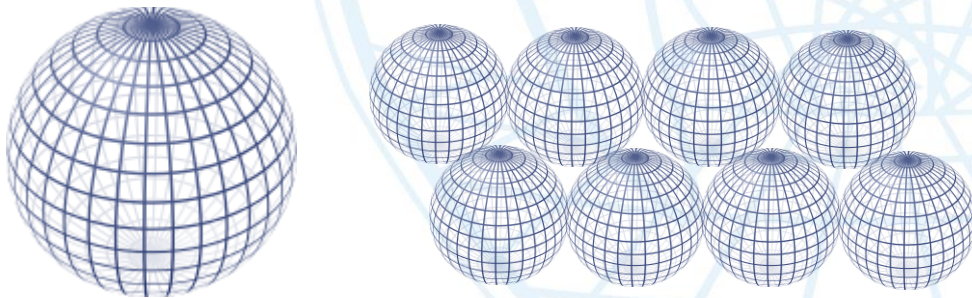
פצצת אטום 20,000 טונות ~

??? טילי 0.5 טונה (סקאד)

פצצת אטום מול מטח קונבנציונלי

פצצת אטום 20,000 טונות ~

??? טילי 0.5 טונה (סקאד)



$$V_1 = 8 \times V_{1/8}$$

$$r_1 = 2 \times r_{1/8}$$

$$S_1 = 4 \times S_{1/8}$$

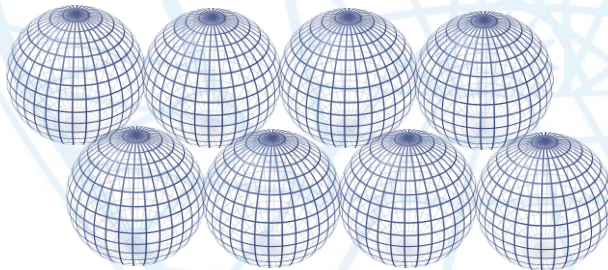
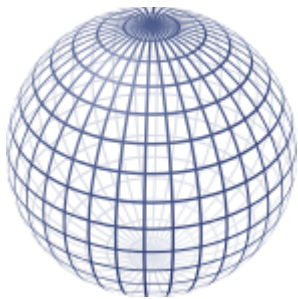
פצצת אטום מול מטח קונבנציונלי

פצצת אטום 20,000 טונות ~

??? טילי 0.5 טונה (סקאד)

פצצת מצרור:

הרבה קטנים << אחד גדול



$$V_1 = 8 \times V_{1/8}$$

$$r_1 = 2 \times r_{1/8}$$

$$S_1 = 4 \times S_{1/8}$$

$$2 \times \text{שטח} \leq 8 \leftarrow 1$$

$$3 \times \text{שטח} \leq 27 \leftarrow 1$$

$$10 \times \text{שטח} \leq 1000 \leftarrow 1$$

פצצת אטום מול מטח קונבנציונלי

פצצת אטום 20,000 טונות ~

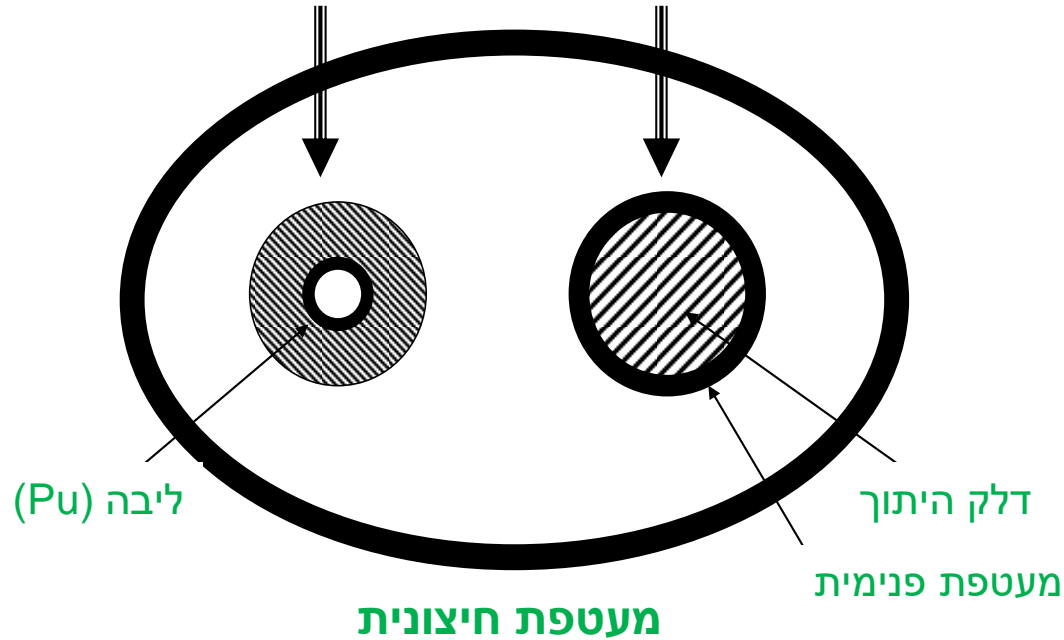
750 טילי 0.5 טונה (סקאד)

- Shock pressure $p \sim \text{yield} / r^3$
 - Destruction $r \sim (\text{yield})^{1/3}$
 - Destroyed area $\sim (\text{yield})^{2/3}$
- פצצת מצרור:
הרבה קטנים << אחד גדול
- Effective kilotonnage (EKT):
 - A-bomb: $20 \text{ KT} = 20^{2/3} = 7.4 \text{ EKT}$
 - Shock wave ~50% energy
 - Conventional: shock wave ~ 100% energy
- 750 missiles \times 0.5 T:
 $750 \times (2 \times 0.5 \times 10^{-3})^{2/3} = 7.5 \text{ EKT}$

פצצת מימן

פצצת אטום – "נפץ"

מטען שניוני – היתוך גרעיני



- תפוקה מעשית: עד כ- 1000 קילו-טונות (1 מגה-טונה 1MT)
- מסובכת בהרבה
- קשה למזער

פצצת מימן מול פצצות אטום

פצצת מימן 1,000,000 טונות ~

?? פצצות אטום 20,000 טונות

פצצת מימן מול פצצות אטום

פצצת מימן 1,000,000 טונות ~

14 פצצות אטום 20,000 טונות

- Shock pressure $p \sim \text{yield} / r^3$
- Destruction $r \sim (\text{yield})^{1/3}$
- Destroyed area $\sim (\text{yield})^{2/3}$
- Effective kilotonnage (EKT):
 - H-bomb: $1000 \text{ KT} = 1000^{2/3} = 100 \text{ EKT}$
 - A-bomb: $20 \text{ KT} = 20^{2/3} = 7.4 \text{ EKT}$
 - 14 A-bombs:
 $14 \times 7.4 \text{ EKT} = 103 \text{ EKT}$

ישראל

מטרה יחידה לפצצת מימן:
הטבעת הפנימית של גוש דן

ירושלים וחיפה: תבליט הררי

באר שבע: צפיפות אוכלוסיה נמוכה

פצצת-על – 50 מגה-טונות



■ אפשרי

■ לא מעשי

■ גודל

■ משקל (כ-30 טונות)

"צאר-בומבה": ברה"מ 1961 Царь-бомба



פצצת-על – 50 מגה-טונות



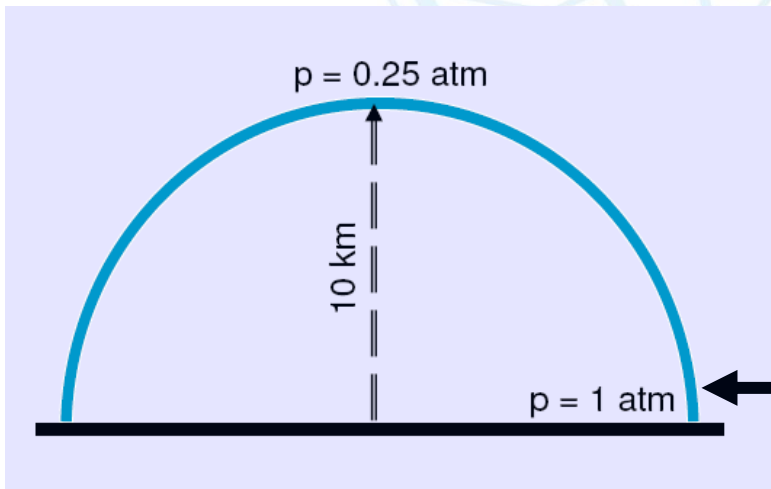
50,000 KT (3000×Hiroshima)

“Tsar-bomba”: USSR, 1961

Burst height: 4000 m

Snow at ground zero!

$$R(\text{damage}) \ll E^{1/3}$$



Scaling with yield breaks:
“punching” the atmosphere

Ya.B. Zeldovich, unpublished

**Maximal range of severe
damage ~ 10 km**

תוכן העניינים

- מבוא היסטורי: הירושימה
- פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות
- פצצת מימן – מה נשתנה ?
- **קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות**
- יעילות ההגנה האזרחית
- סיכום

קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות

- 2500 שנות קרינה 😊
- הפצצות אטום – השלכות ארוכות-טווח
- צ'רנוביל ופוקושימה
- 'פצצה מלוכלכת'
- נשורת גרעינית וההגנה מפניה

Radon therapy

centuries of clinical applications

- Radon spas –
Herodotus and Hippocrates:
 - arthritis & other inflammatory conditions



Radon Health Mine
Boulder, MT, United States

Rheumatol Int (2013) 33:2839–2850
DOI 10.1007/s00296-013-2819-8

ORIGINAL ARTICLE

Long-term benefits of radon spa therapy in rheumatic diseases:
results of the randomised, multi-centre IMuRa trial

Franke Annegret · Franke Thomas

- Mainstream medicine – Europe

- “Alternative treatment” – USA

Historical use of x-rays: Treatment
of inner ear infections and prevention
of deafness

EJ Calabrese and G Dhawan

Human and Experimental Toxicology
11
12
© The Author(s) 2013
Reprints and permissions:
sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav
DOI: 10.1177/0960327113493303
hve.sagepub.com
SAGE

תגובה טיפוסית לסכנות קרינה



מה אזהבים להציג ...



ומה באמת

Darwin, Australia 1942



Sendai, Japan 2011



כפר יחזקאל 1976



סרטן: כמה ניצולי הפצת אטום מתו מסרטן כתוצאה מהקרנתם (במאה ה-20)?

Colon dose (Gy)	Number of subjects	Person-years	Solid cancer	
			Number of deaths	Number of excess cases ^a
<0.005	38,509	1,465,240	4,621	2
0.005–	29,961	1,143,900	3,653	49
0.1–	5,974	226,914	789	46
0.2–	6,356	239,273	870	109
0.5–	3,424	129,333	519	128
1–	1,763	66,602	353	123
2+	624	22,947	124	70
Total	86,611	3,294,210	10,929	527

1950-2003:

$$527 + 94 \approx 600$$

Leukemia

死亡 Deaths		
観察数 Observed	推定過剰数 Estimated excess	寄与率 Attributable risk
69	4	6%
14	5	36%
27	10	37%
30	19	63%
39	28	72%
25	28	100%
合計 Total	204	46%

$$600 / 11,000 :$$

(!) קרינה גרעינית – מסרטן חלש

מוטציות: כמה נתגלו בצאצאי הניצולים?

0 (אפס)

מוטציות נצפו בבעלי חיים מוקרנים במעבדה
אך לא בבני אדם (גם לא אחרי צ'רנוביל)

Radiation mutagenesis

- 1927 – discovered in flies (Herman Muller)
- 1946 – Nobel prize
- 2021 – “not yet” observed in the offspring of the A-bomb survivors

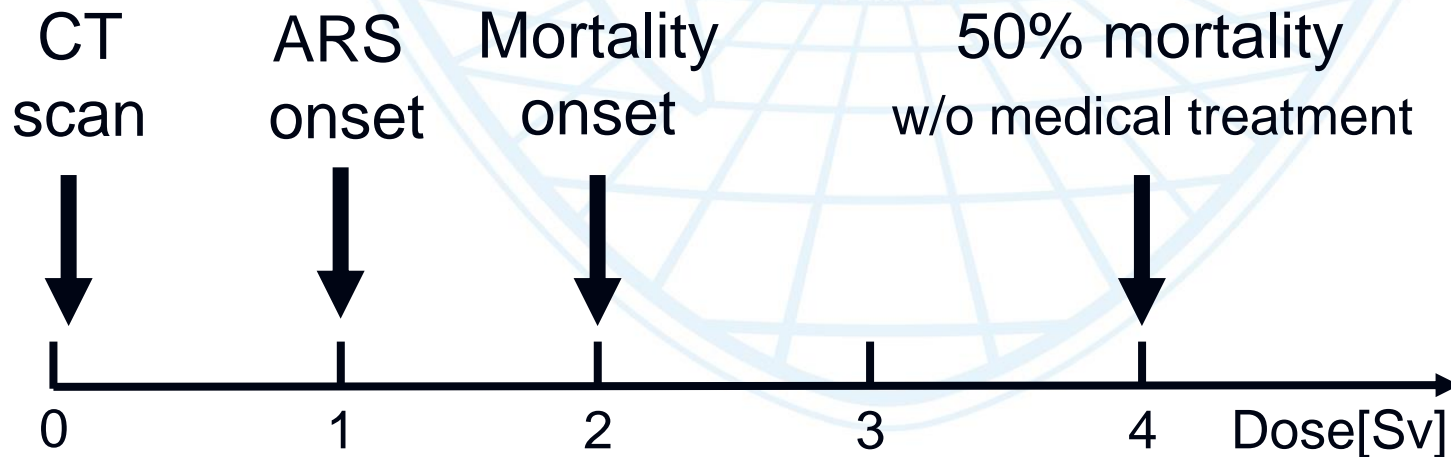
Radiation effects

Deterministic

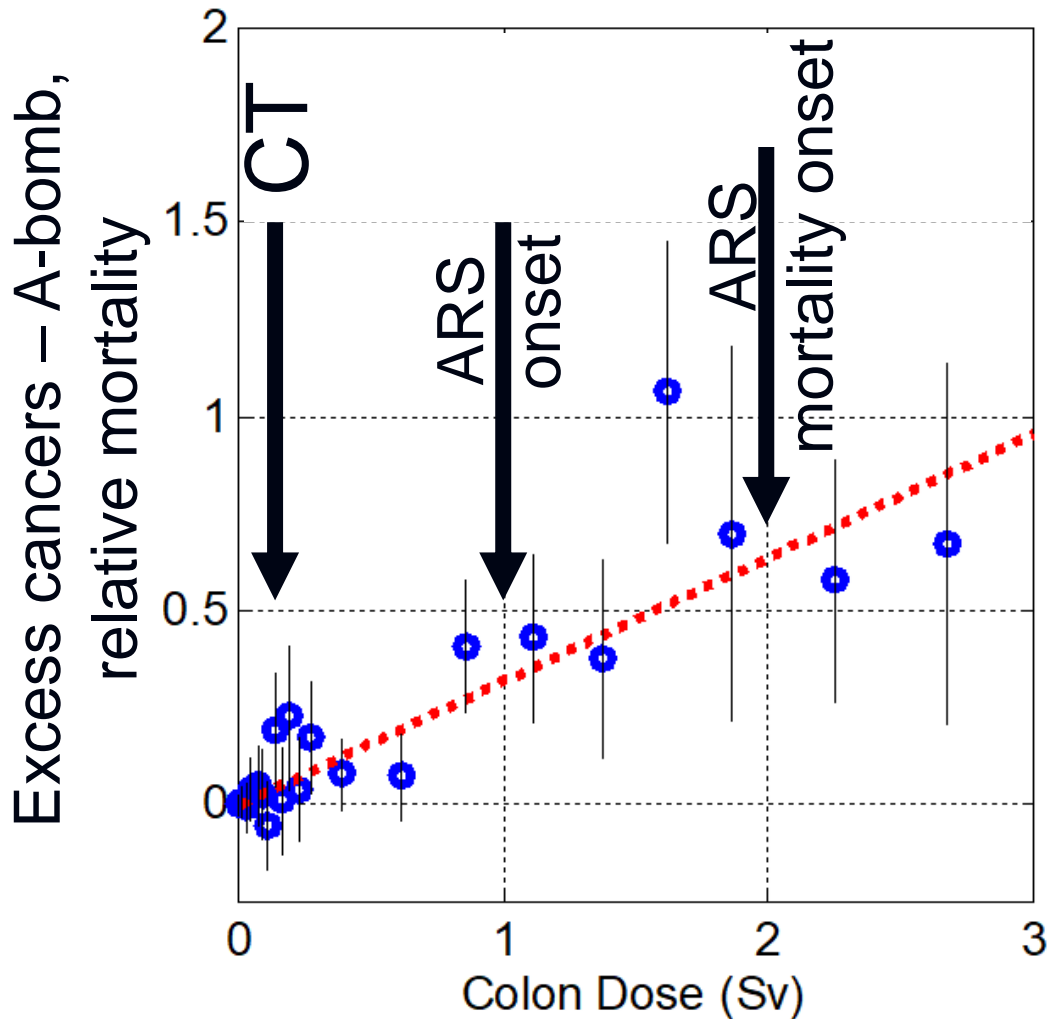
ARS: acute radiation syndrome
Death in 2-8 weeks – or full recovery

Stochastic

Cancers, cataracts etc.
Life-long risk



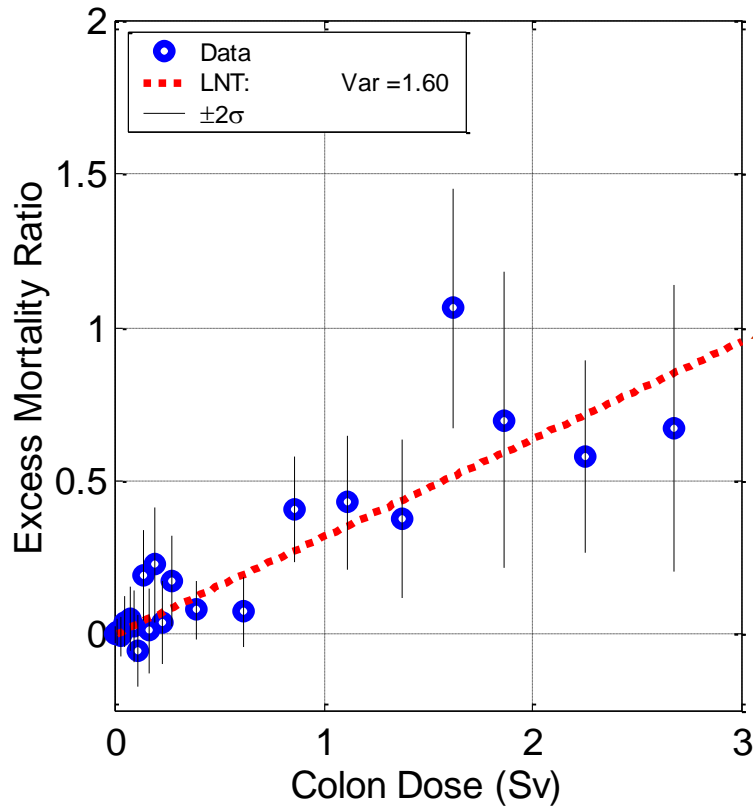
Linear No-Threshold (LNT) Model



LNT

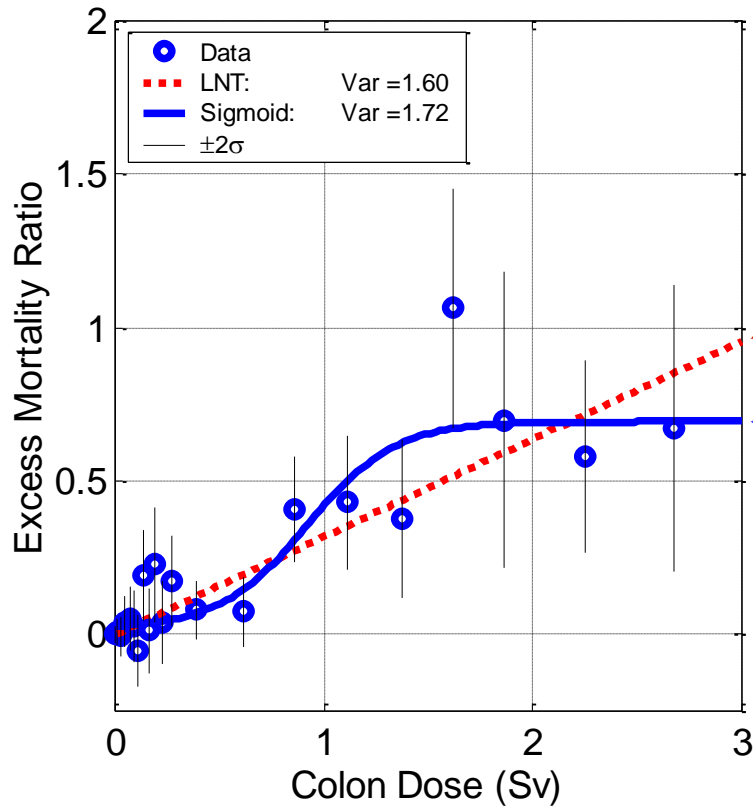
ARS:
acute radiation
syndrome.
Death in 2-8 weeks
or full recovery

A-bomb survivors' life-span study



Linear No-Threshold Model

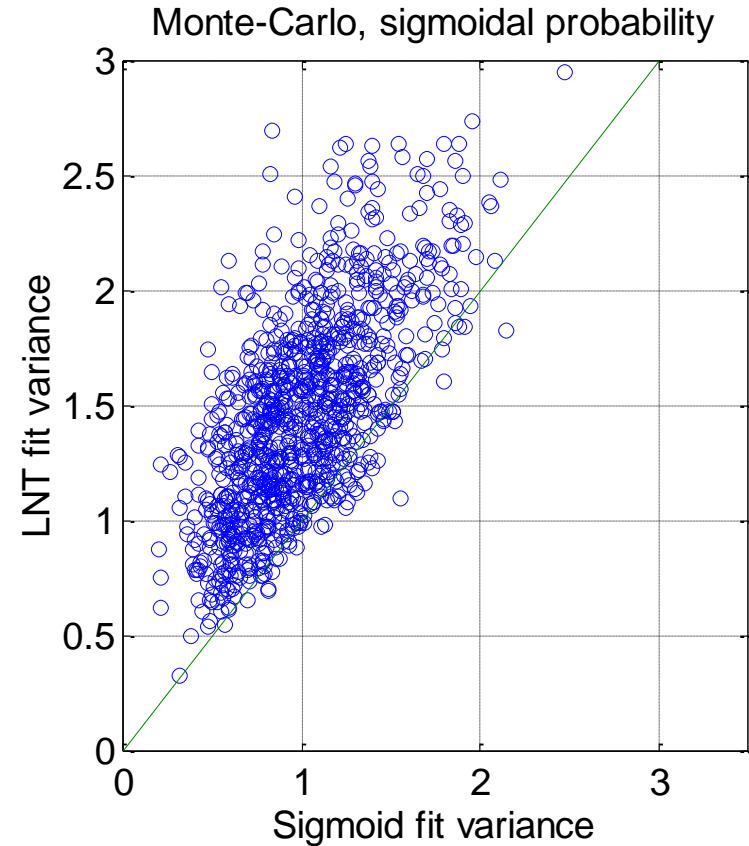
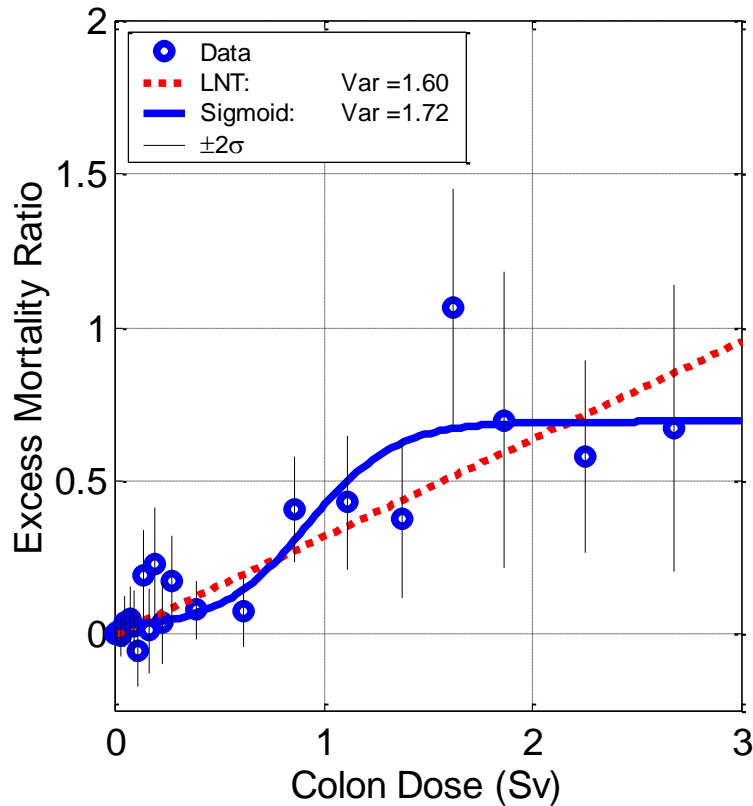
A-bomb survivors' life-span study



Linear No-Threshold Model

Sigmoid (threshold) Model

A-bomb survivors' life-span study



Socol & Dobrzynski, *Dose-Response* (2015)

Chernobyl accident – overview

- Population affected: $\sim 5,000,000$
 - Children (0-18) : $\sim 1,250,000$
- Evacuated: 300,000
- Thyroid dose (av.): 350 mSv
 - 70% below 200 mSv; 2.5% above 2000 mSv



I-131



I-131



Childhood thyroid cancers

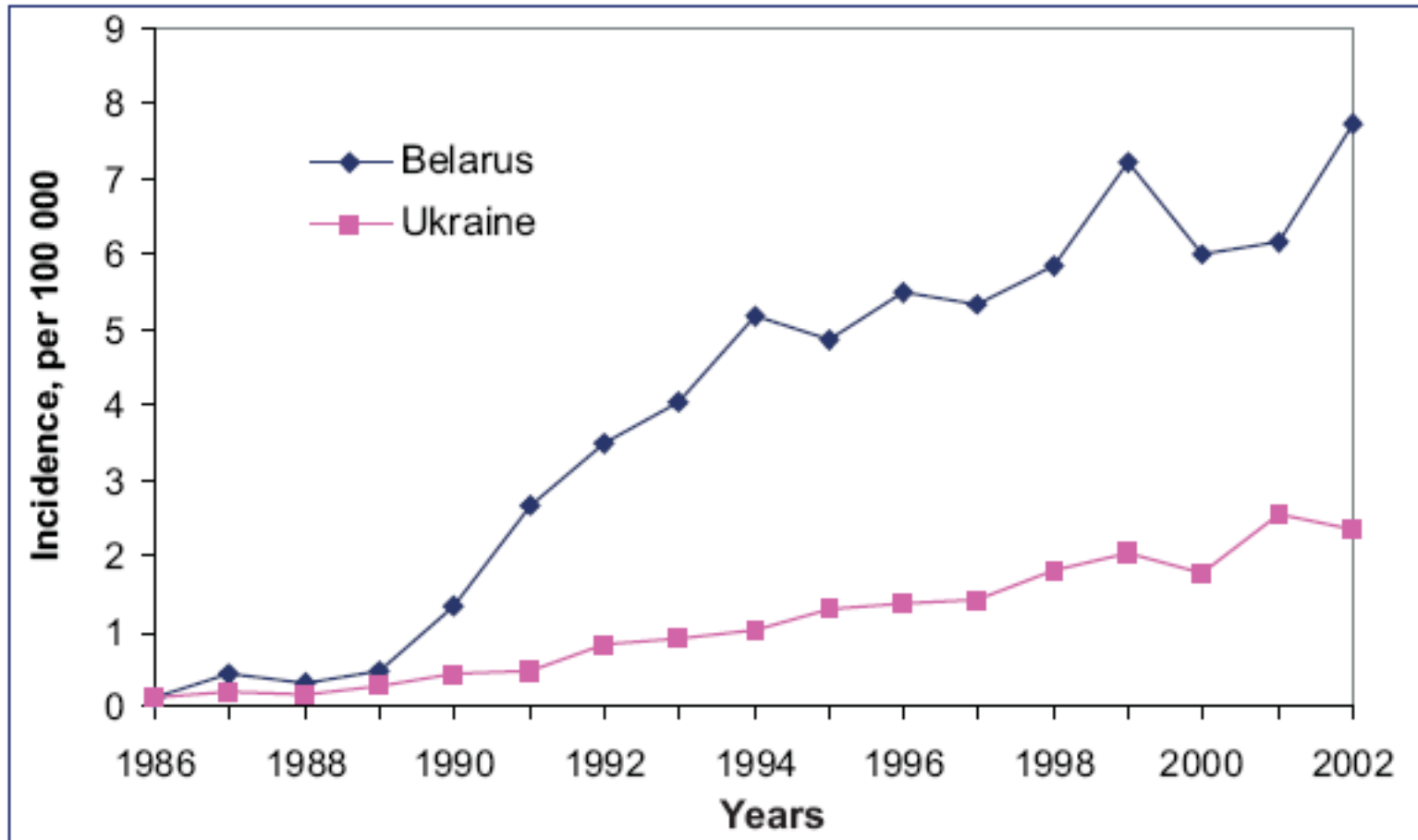
- Observed: above 6000
 - 1992-2005
- Lethal: 15
- no increase in other cancers
- no increase in non-cancer diseases

The Chernobyl Forum 2006 / UNSCEAR 2008

“...it is most likely that a large fraction of these thyroid cancers is attributable to radioiodine intake”

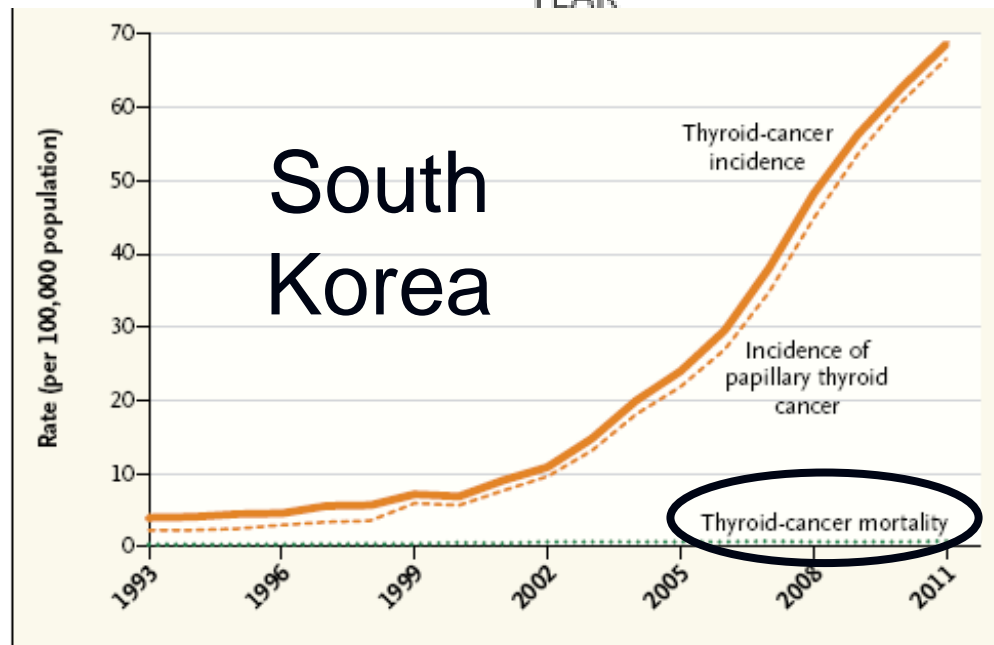
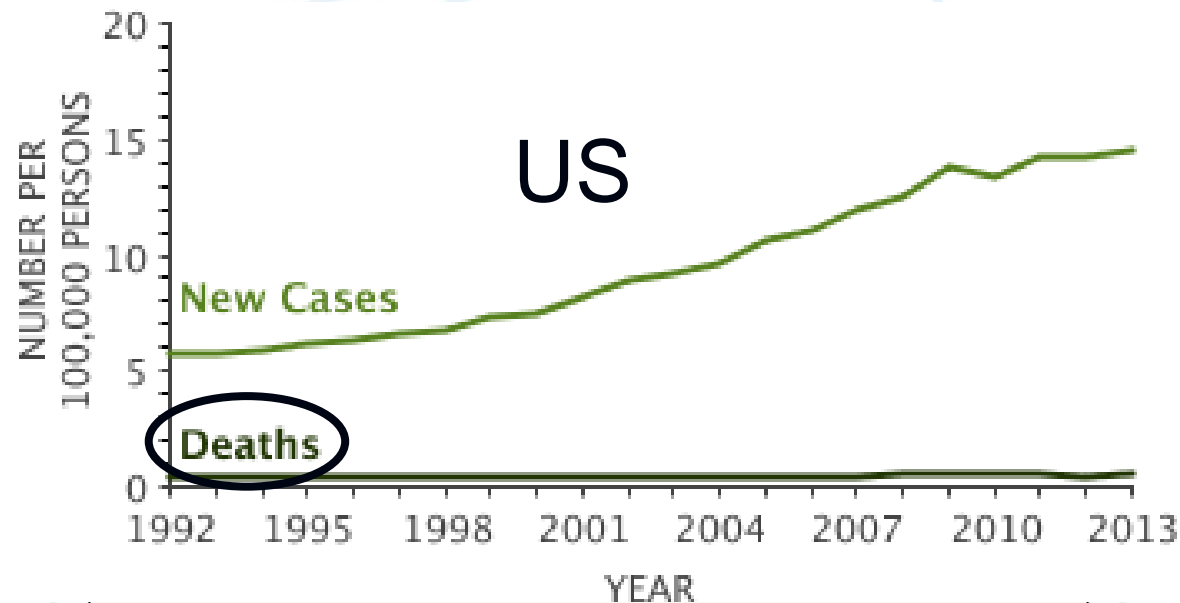
– Really ???

Childhood thyroid cancers

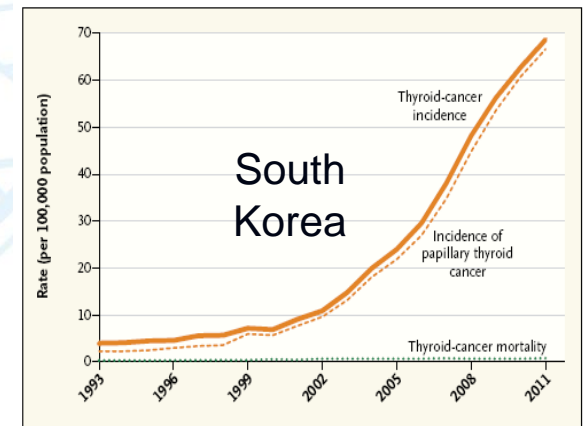
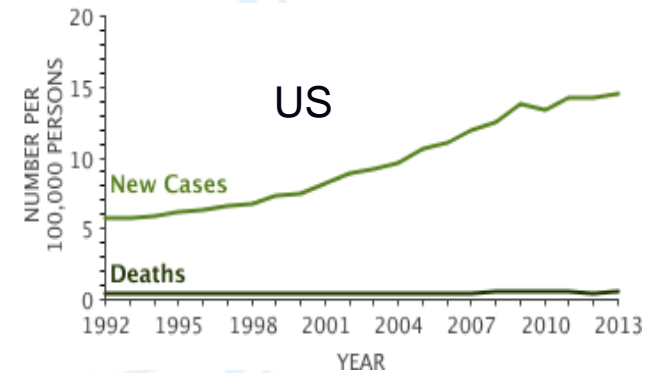
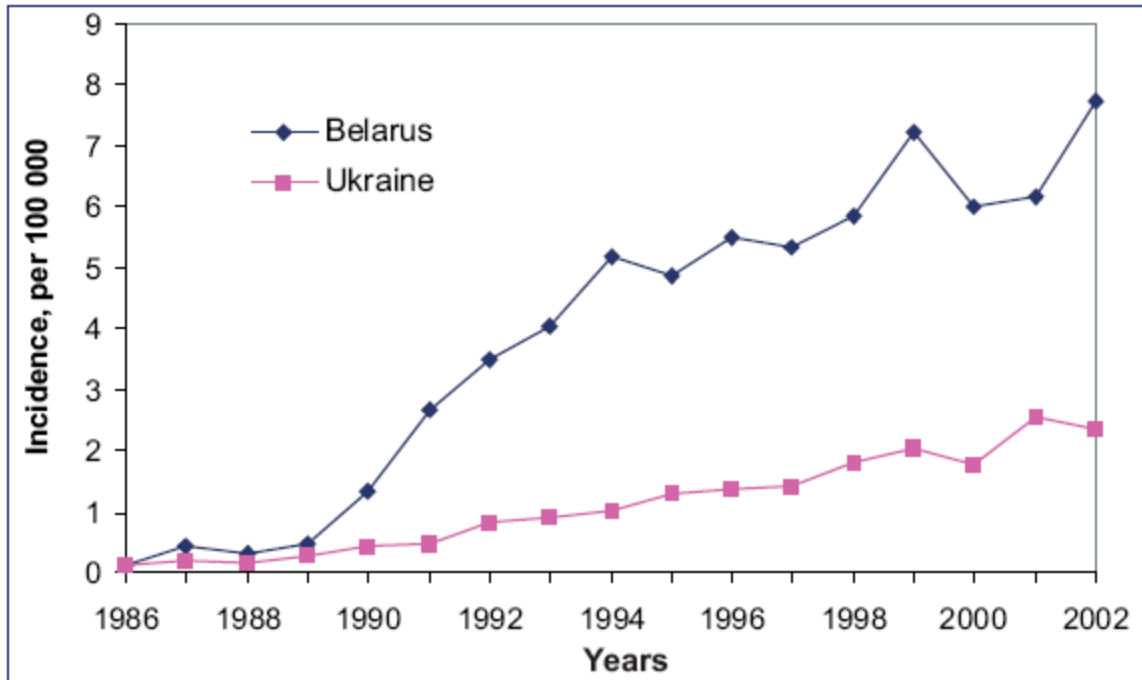


The Chernobyl Forum: 2003-2005 (2nd revised version)
IAEA, Vienna, 2006

Thyroid cancers – US and Korea



Chernobyl thyroid cancers: overdiagnosis?



Worldwide Thyroid-Cancer Epidemic? The Increasing Impact of Overdiagnosis

Salvatore Vaccarella, Ph.D., Silvia Franceschi, M.D., Freddie Bray, Ph.D., Christopher P. Wild, Ph.D., Martyn Plummer, Ph.D., and Luigino Dal Maso, Ph.D.

Several reports have described dramatic increases over recent decades in the incidence of thyroid cancer,¹ predominantly small papillary carcinomas,² even as thyroid-cancer-related mortality rates have not changed substantially.³ The largest increase has been observed in South Korea:

the incidence among people 15 to 79 years of age (standardized to the world population) increased from 12.2 cases per 100,000 persons in 1993–1997 to 59.9 cases per 100,000 persons in 2003–2007,¹ making thyroid cancer the most commonly diagnosed cancer among women in that country.

The introduction of new diagnostic techniques (ultrasonography, computed tomography, and magnetic resonance imaging), combined with increased medical surveillance and access to health care services, can lead to massive increases in detection of small papillary lesions caused by the

**Above 200 PubMed
papers in 2017-2018**

Childhood thyroid cancers

Overdiagnosis ?

15 lethal cases

Childhood thyroid cancers

6000 thyroid **surgeries**



Fatal complications (rate 1/400)



15 lethal cases

1992 – 2005:

USSR disintegration

Socio-political chaos

Collapse of healthcare

Carcinogenesis probable; quantitative estimations – unreliable

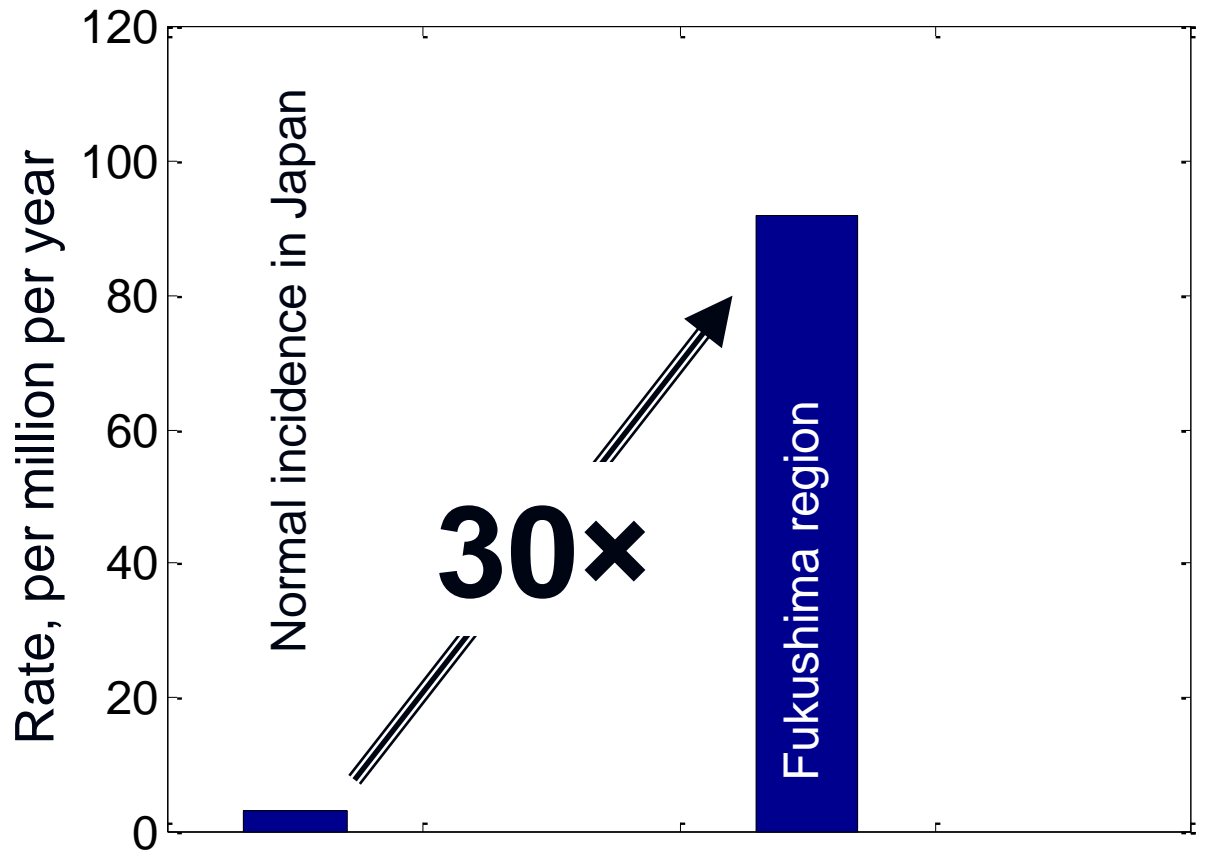
Socol Dose-Response (2015)

Socol et al. Chemico-Biological Interactions (2019)

Fukushima accident – overview

- Population affected: ~1,500,000
Children (0-18) : ~350,000
- Thyroid dose: 2-20 mSv
- **Estimated thyroid cancer: ~ 0**
- Evacuated: 160,000
- **Evacuation-related deaths: >1600 in 2 years**

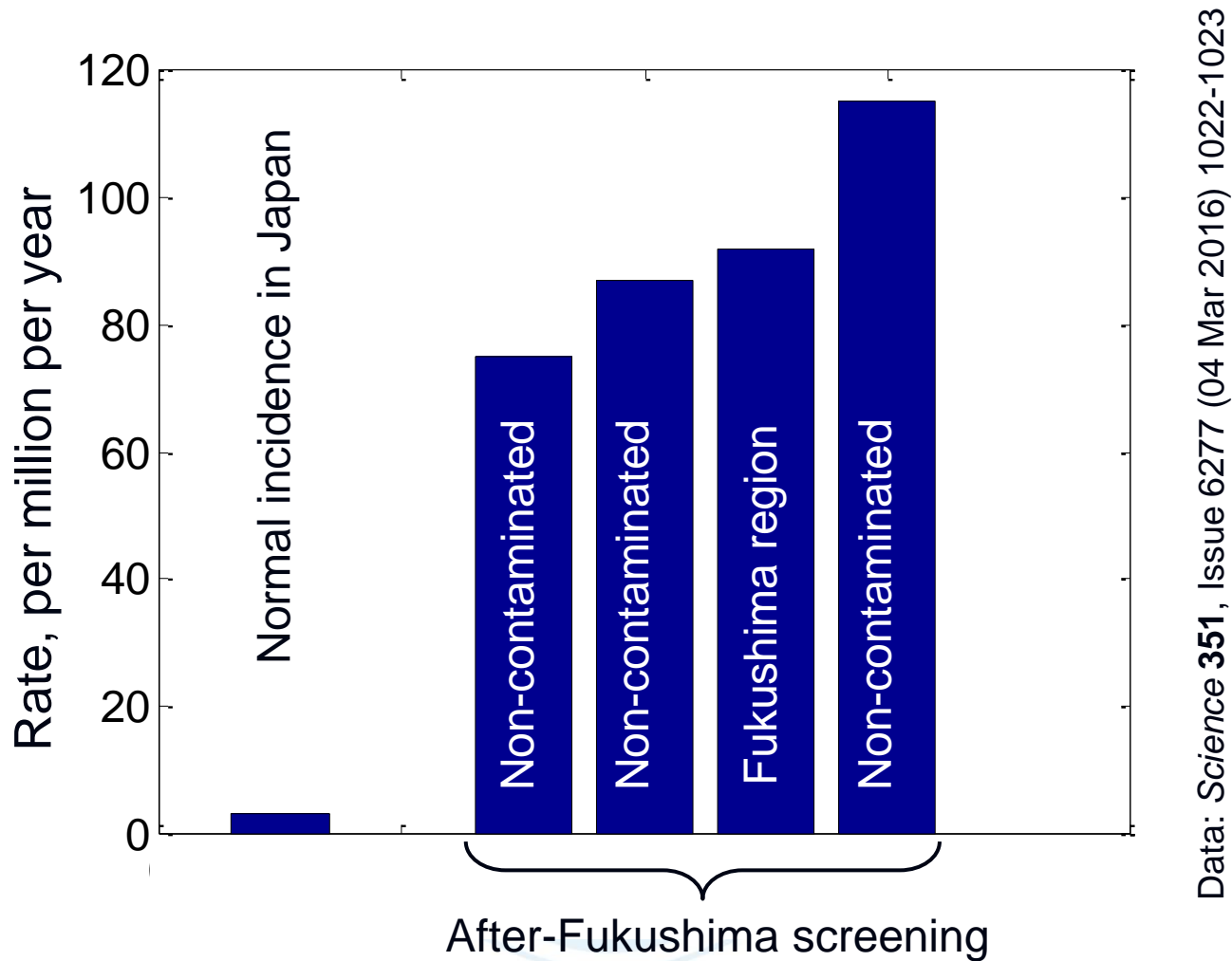
Childhood thyroid cancer



100% screening Fukushima, ages 0-18

Sensitive modern ultrasonography

Childhood thyroid cancer



Overdiagnosis! Carcinogenesis claims – unfounded

פצצה מלוכלכת

מקור להקרנה רפואית Cs-137
3000 Ci ~ 0.1 PBq

זמן חשיפה – תמותה	קצב הקרינה	תרחיש
20 דקות	9 Gy/h	מקור מוסתר במרחק 1 מ'
מעל 10 ימים	1.6×10^{-2} Gy/h	פיזור על פני 10×10 מ'
אין תופעות מיידיות	1.40 Gy/year	פיזור על פני $10 \times 100,000$ מ'

פצצה מלוכלכת

פינוי ממושך אינו כדאי אם הזיהום נמוך מ-500 mSv/year
רקע טבעי × 200 !

Table 1. Summary of evacuation cost and benefit for Cs-137 contamination.

Time of evacuation	LNT-projected QALY loss averted 500 mSv/1 st year	Human cost			
		Evacuation – loss of life and quality of life	Monetary loss, US\$ mean estimation	Statistical loss of life (QALY) ML/CET	Evacuation human cost, QALY
0 – 30 days	0.04	0.07	21,000	0.28	0.35
0 – 1 year	0.39	0.28	66,000	0.88	1.16
0 – 10 years	2.60	0.51	300,000	4.0	4.51
Permanent relocation	4.10	0.51	300,000	4.0	4.51

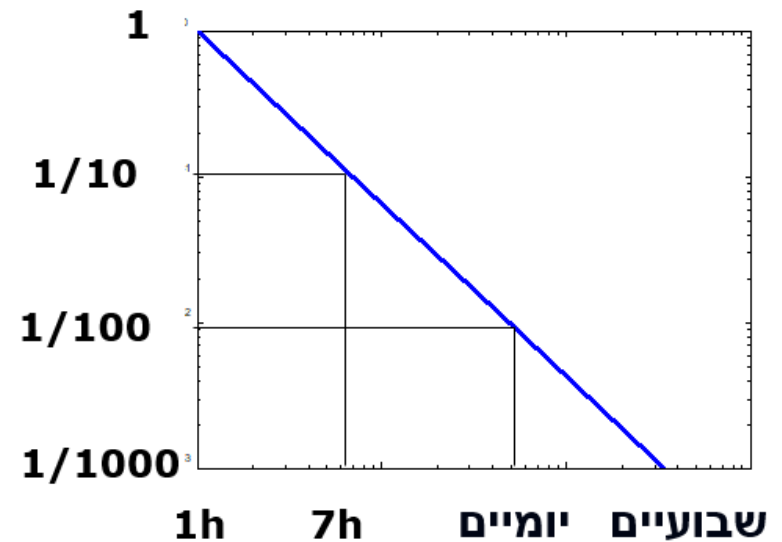
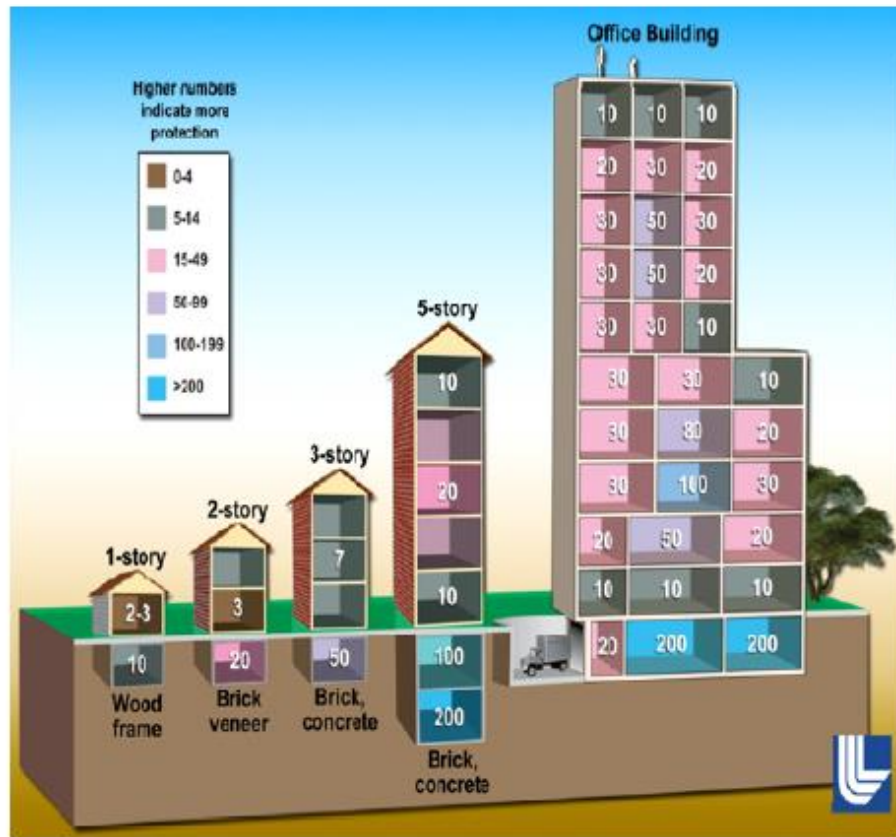
QALY – Quality-adjusted life year

CET – cost-effectiveness threshold

ML – mean value of monetary loss

Human cost cited according to Yanovskiy et al. (2019). The dose in column 2 is committed dose, which is about 20% of the open-air dose in urban environment

נשורת גרעינית – וההגנה מפניה



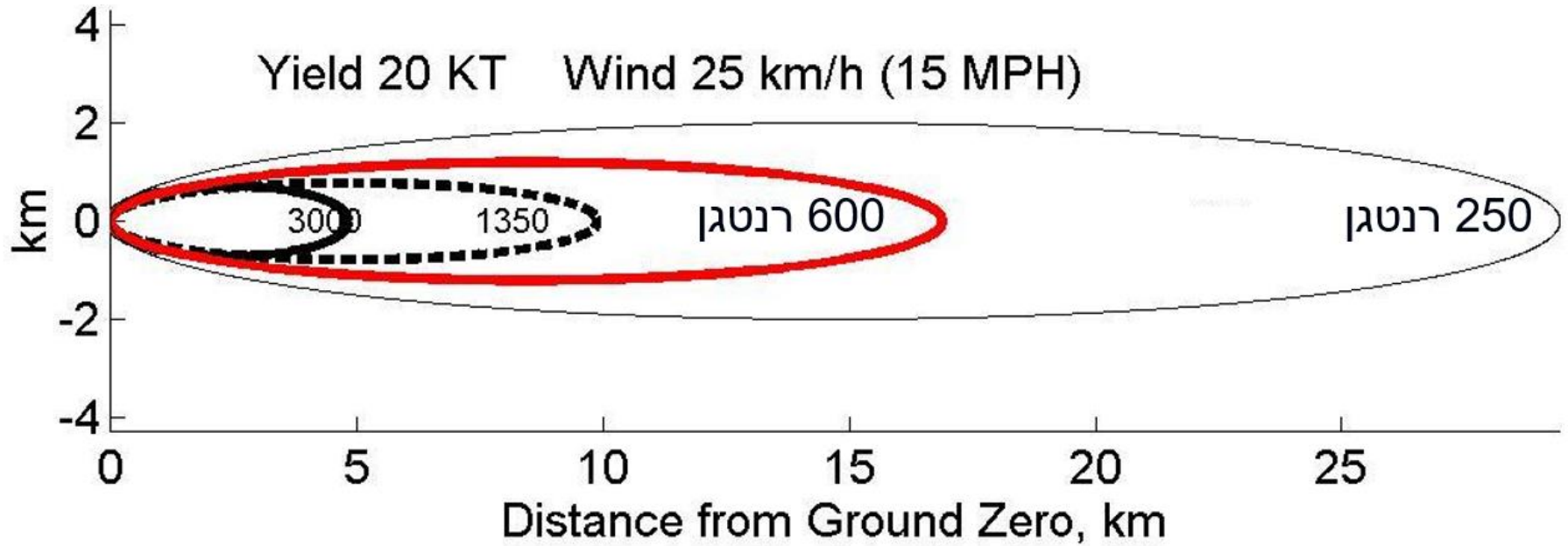
דעיכת קרינת הנשורת

שהייה במחסה: יום-יומיים

הגנה ע"י מבנים מצויים
← (PF)

Source:
Lawrence Livermore
National Laboratory,
2009.

זיהום רדיו-אקטיבי – פיצוץ קרקעי 20 קילו-טונות



תמותה ב-%

—————	—————	—————	
100%			10-100%	בחוץ/אווהל
100%	50-100%	0-50%	מחלה קלה	בית צמוד קרקע
מחלה קלה		אין תופעות	PF=20	קומה 3 מתוך 5
		אין תופעות	PF=40	ממ"ד

תוכן העניינים

- מבוא היסטורי: הירושימה
- פצצת אטום – צפי ההרס והאבידות
- פצצת מימן – מה נשתנה ?
- קרינה גרעינית – מיתוסים ועובדות
- **יעילות ההגנה האזרחית**
- סיכום

הגנה אזרחית

דו"ח מסכם – סקירת הפצצות אסטרטגיות (זירת האוקיאנוס השקט)
ארה"ב 1946

United States strategic bombing survey summary report (Pacific war)

האבידות האזרחיות ניתן לצמצם תוך שימוש בשיטות
ידועות ובדוקות פי 20 או יותר ע"י

פיזור (!)

פינוי מוקדם

התראה

מקלטים ותכנית חילוץ והצלה

צפי אבידות (הרוגים)

מקור	80 פצצות של 20 קילו-טונות על ישראל	20 קילו-טונות 11,000 איש / קמ"ר	תנאים
British Mission to Japan, 1946		50,000	התקפת פתע
סוקול 2010 UK Home Office 1950	300,000	25,000	ממ"ד 50%
Socol et al. <i>Defence & Strategy</i> (2012)	150,000	12,000	ממ"ד 100%
	20,000	1,500	תת-קרקעי 100%

$\times 30$

מקלט גרעיני

- מקלט רגיל – תת-קרקעי (עדיף), ממ"ד, ...
- מיועד לזמן שהיה של 48 שעות
 - אזור (אין צורך בסינון, האוויר לא הופך למזהם)
 - מים – 2 ליטר לאדם ליממה
 - כלי נסגר בתור שירותים מאולתרים
 - אמצעי היגיינה ועזרה ראשונה
 - אוכל ועוד

שדרוג ממ"ד למקלט גרעיני

■ התקנת מערכת אוורור ידנית (או גנראטור חירום)

■ אין צורך בסינון, האוויר לא הופך למזוהם

■ אבזור

■ מים – 2 ליטר לאדם ליממה

■ כלי נסגר בתור שירותים מאולתרים

■ אמצעי היגיינה ועזרה ראשונה

■ אוכל ועוד

■ כללי התנהגות

■ ניתן לצאת לכמה דקות

■ לא להכניס לכלוך מבחוץ, להקפיד על כללי היגיינה

מידע נוסף

פורום אקדמאים למודעות גרעינית ■

AFNA-forum.org ■

כרטיס הדרכה ■

AFNA-forum.org/nucl_card.pdf ■

60 שניות של הדרכה להתמודדות עם התקפה גרעינית

א) פול ארצה והתכסה כאשר אתה רואה הבזק. גם התכסות בעיתון יכולה למנוע כוויות ופגיעה בעיניים. הישאר שכוב במשך דקה שלמה. עצום את העיניים כל עוד האור בהיר כדי למנוע עיוורון.

ב) כלל 7-10 : קרינת הנשורת נחלשת פי 10 כעבור 7 שעות, וכן כל פעם שהזמן שעבר גדל פי 7. דהיינו, $1/10$ מהעוצמה ההתחלתית אחרי 7 שעות, $1/100$ אחרי 49 שעות (יומיים) ו- $1/1000$ אחרי שבועיים.

ג) הנשורת נראית כמו חול או אפר דק. היא יורדת ומצטברת על הקרקע ועל משטחים אופקיים או משופעים. אם אין נשורת – אין קרינה! כדי לוודא, הנח על הארץ דף נייר או צלחת, ובדוק כל 15 דקות אם יש חלקיקי נשורת. אם יש – היכנס למחסה. עדיף מקלט תת-קרקעי או קומת מרתף. עדיפות שנייה – בית קומות, אך לא קומת קרקע ולא קומת גג.

ד) הישאר במחסה יומיים. במקרה הצורך ניתן לצאת מהמחסה לזמן קצר, עד כמה דקות (אך עדיף רק כעבור 7 שעות). הקפד על כללי היגיינה: אל תכניס למחסה לכלוך מבחוץ, נקה את הידיים, אל תאכל מזון מזוהם.

ה) דאג מראש שבמחסה יהיו לפחות מים (2 ליטר לאדם ליממה) ודלי נסגר או סיר לילה (בתור שירותים מאולתרים). אין צורך באיטום המחסה – האוויר לא הופך למזוהם.

סיכום

- אין להיבהל
- יש הרבה מה לעשות
- צמצום אבידות ונזקים פי 20 ויותר!
- עדיף לעשות בעוד מועד

חיילים!

אינני קורא לכם למות מות גיבורים בעד ארצנו.

הנני קורא לכם לעשות הכול כדי שאלה שנגדנו

ימותו מות גיבורים בעד ארצם.

Helmut Moltke



Nuclear artillery



1953 "Atomic Annie"

280 mm 365 kg length=1.38m Yield:15 KT



1963 "W-48"

Caliber 155 mm

Length 846 mm

Weight 58 kg

Yield 0.1-1 KT



Hydrogen warheads **200-500 KT** "Peacekeeper" ICBM US 1983

Nuclear Proliferation

הם יבנו אותו, או יקנו,
או ישאלו, או יגנבו –

אבל ישיגו אותו

פרופ' מרטין ואן קרבליד
האוניברסיטה העברית

"Nota bene" No. 7, 24.02.2005

"They'll build, buy,
borrow, burgle it –

anyhow, they'll have it"

Prof. Martin Van Creveld, Hebrew University

דוגמה: מחסה קרינה

עפ"י תקן ארה"ב US FEMA TR-87

1. החלשת הקרינה פי 40

ע"י בטון 30 ס"מ

או אדמה, חול 45 ס"מ

או פלדה 10 ס"מ

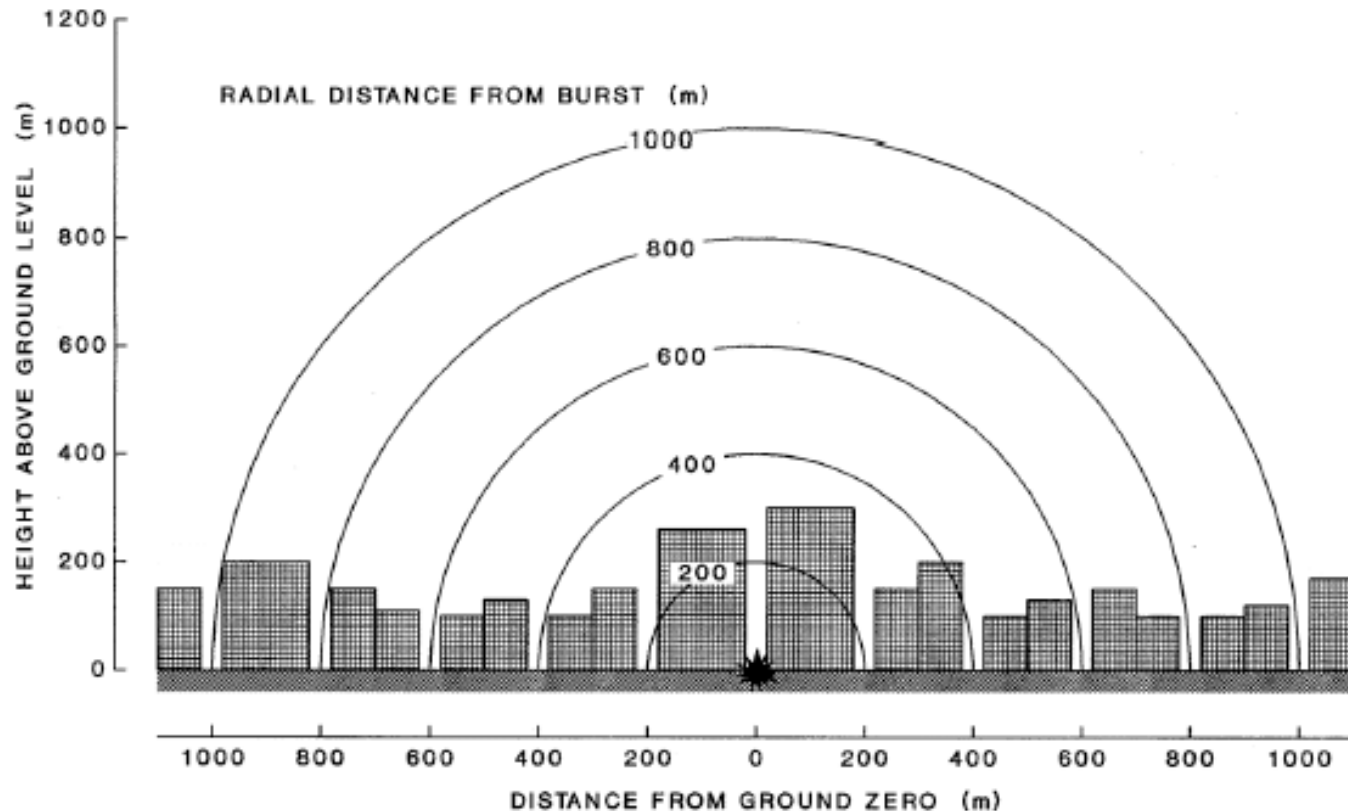
או עופרת 7 ס"מ

2. אוורור 5-10 מ"ק / (אדם x שעה)

שדרוג ממ"ד למחסה קרינה:

לדאוג לאוורור ולאבזור

סביבה עירונית: מיסוך הודי



Surface burst – Buildings provide significant mutual shielding from blast.

סביבה עירונית: מיסוך הודדי

חצי נזק ביחס להערכות לעיל ?

Table VI. Comparison of predicted airburst, flat surface, and modified surface burst effects.

<u>EFFECT</u>	<u>AIR</u>	<u>FLAT SURFACE</u>	<u>MODIFIED SURFACE</u>
Heavy damage	2.38 km ²	1.09 km ²	0.50 km ²
Moderate damage	4.78 km ²	1.86 km ²	0.28 km ²
Minor damage	17.12 km ²	4.49 km ²	0.35 km ²
Light damage	41.62 km ²	12.50 km ²	2.01 km ²
Fatalities	1,039,110	510,640	213,675
Injuries	1,677,451	511,519	167,610
Total Casualties	2,716,561	1,022,159	381,285

צפי אבידות: 10 KT, Manhattan

תופעות הקרינה

סרטן	תופעות מיידיות		מנה [רנטגן]
אין או זניח	צילום חזה	0.04	אין
	רקע שנתי טבעי	0.20	
	CT	0.5-2.0	
מוגבר	שינוי בספירת דם		25-100
	מחלת הקרינה (לא קטלנית)		100-200
עד פי 2 תוחלת החיים: 80 ← 77.5	סף תמותה ממחלת הקרינה		200
	LD ₅₀ : חצי מתים תוך 2-8 שבועות ללא טיפול רפואי		350
	100% תמותה ללא טיפול		600

הגנה אזרחית

ניסיון בין-לאומי (שווייץ, דנמרק וכו'):

לא מאמץ מרוכז – אלא

(1) מו"פ <= המלצות

(2) הטבות מס

נושאים לדוגמה

- הסברה, חינוך ותרגול
- שדרוג ממ"דים למחסי קרינה
- שדרוג מבנים תת-קרקעיים למקלטים (חניונים, מנהרות וכו')
- פיזור האוכלוסייה

צפי אבידות (הרוגים)

$$\text{מדוע } 300 \text{ ולא } 2000 = 25 \times 80 \text{ ?}$$

1. דיוק סופי $CEP=500\text{m}$ – מחצית הפצות בפחות מ- 500 מ'
מהמטרה ($4 \times$)

נחיה סופית \leq ל"א!!!

HEMP – High-altitude EMP

Nuclear explosion effects

- Shock wave
- Light emission
- Penetrating radiation
- Radioactive contamination (Fallout)

■ EMP – Electro-Magnetic Pulse

Scenario

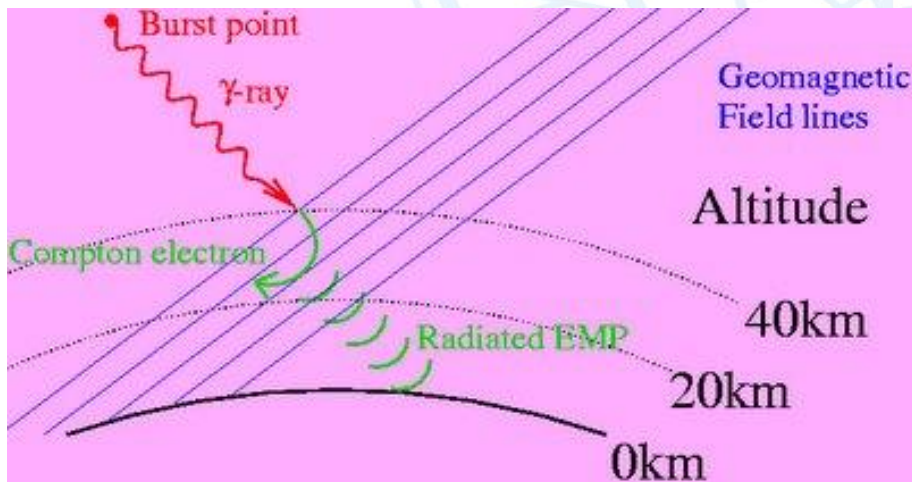
- simultaneously over the entire continental US

- no immediate casualties

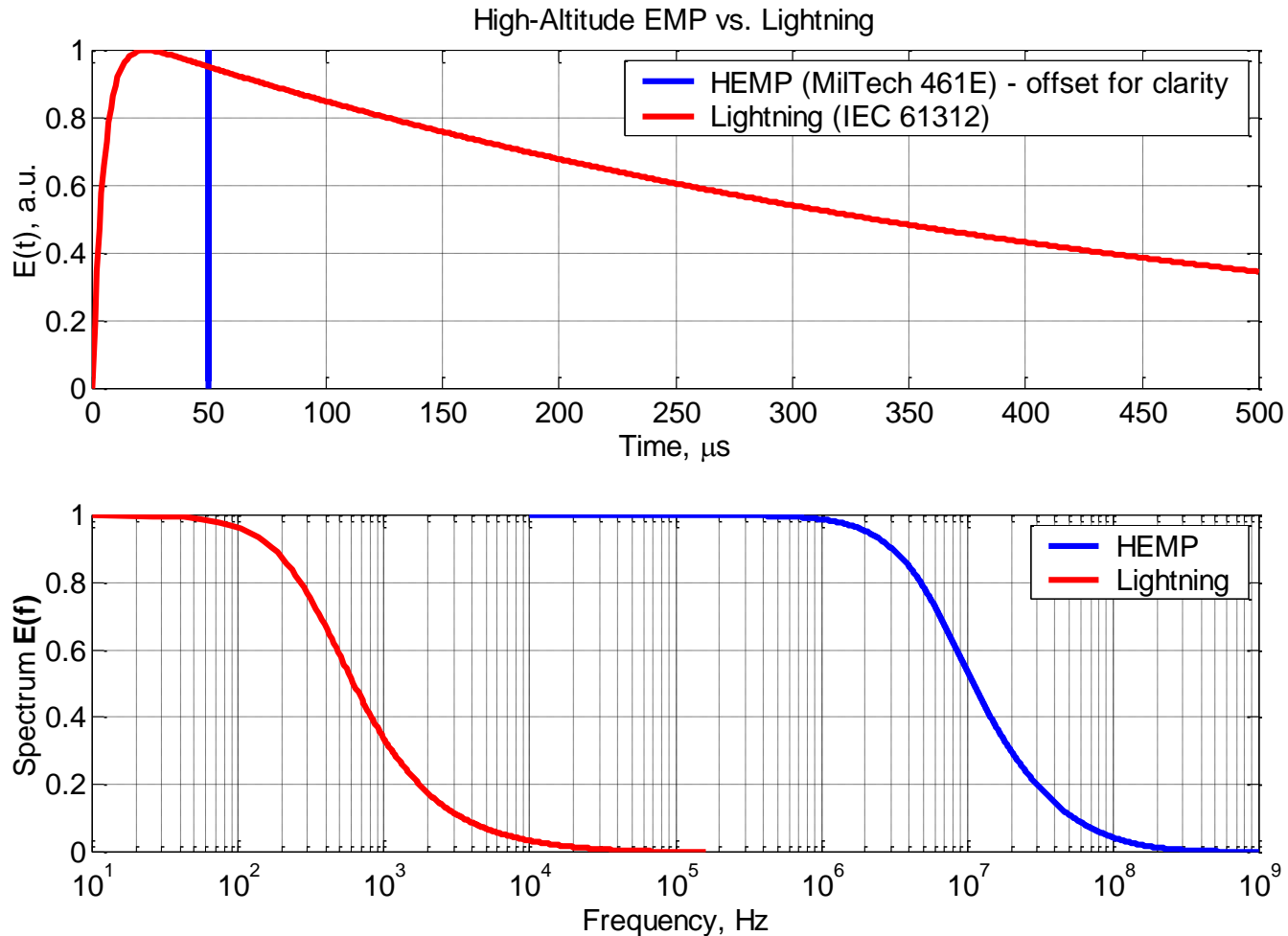
Electronic systems' shutdown

Electric grid disruption

Pilot strike ?!



EMP vs. Lightning



Lightning: $E \sim 5,000$ V/m at 1000 m

$E \sim 50,000$ V/m at 100 m; low frequencies

NOT anticipated to be damaged

- Military electronics
- Mobile phones
- Lap-tops
- Planes
- Cars
- ...

EMP protection summary

- Cost-efficiency – development stage
 - Keep it simple
 - Follow 80-20 principle
 - Make it redundant
 - Think system!