



תחבורה ציבורית חשמלית

דורון ודאי וד"ר דן וינשטוק

פורום האנרגיה, מוסד שמואל נאמן, הטכניון

18 באוקטובר 2017

## סדר יום

- למה חשמול התחבורה צריך להתחיל מהתחבורה הציבורית?
- ההשפעה על מערכת החשמל
- עובדות ומספרים
- מסקנות והמלצות

## למה חשמול התחבורה צריך להתחיל מהתחבורה הציבורית?

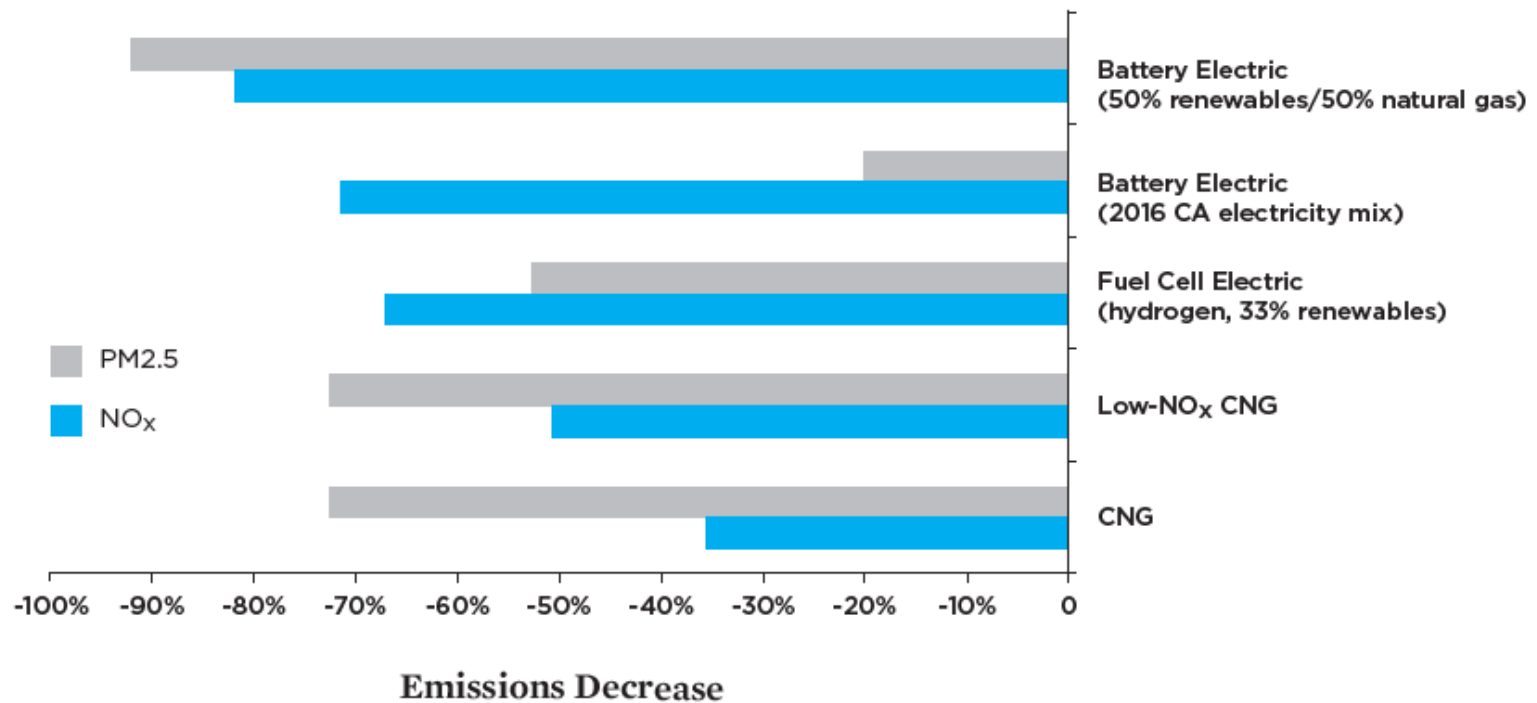
- בישראל נוסעים כיום כ- 20,000 אוטובוסים וכ- 21,000 מוניות, לעומת כ- 2,726,000 מכוניות נוסעים המונעות בבנזין.
- כלומר, התחבורה הציבורית מהווה רק 1.5% מכלי הרכב בארץ.

## למה חשמול התחבורה צריך להתחיל מהתחבורה הציבורית?

- אבל,
- זיהום האוויר הנפלט מאוטובוס דיזל אחד במשך יום עבודה אחד שווה לזיהום האוויר של 33 מכוניות נוסעים המונעות בבנזין.
- זיהום האוויר הנפלט ממזלזל אחת במשך יום עבודה אחד שווה לזיהום האוויר של 10 מכוניות נוסעים המונעות בבנזין.
- חשמול 1.5% מכלי התחבורה בישראל יפחית ב- 31.4% את זיהום האוויר.

# זיהום אוויר

FIGURE ES-3. Reducing Particulate Matter and Nitrogen Oxide Emissions by Switching to Electric Buses



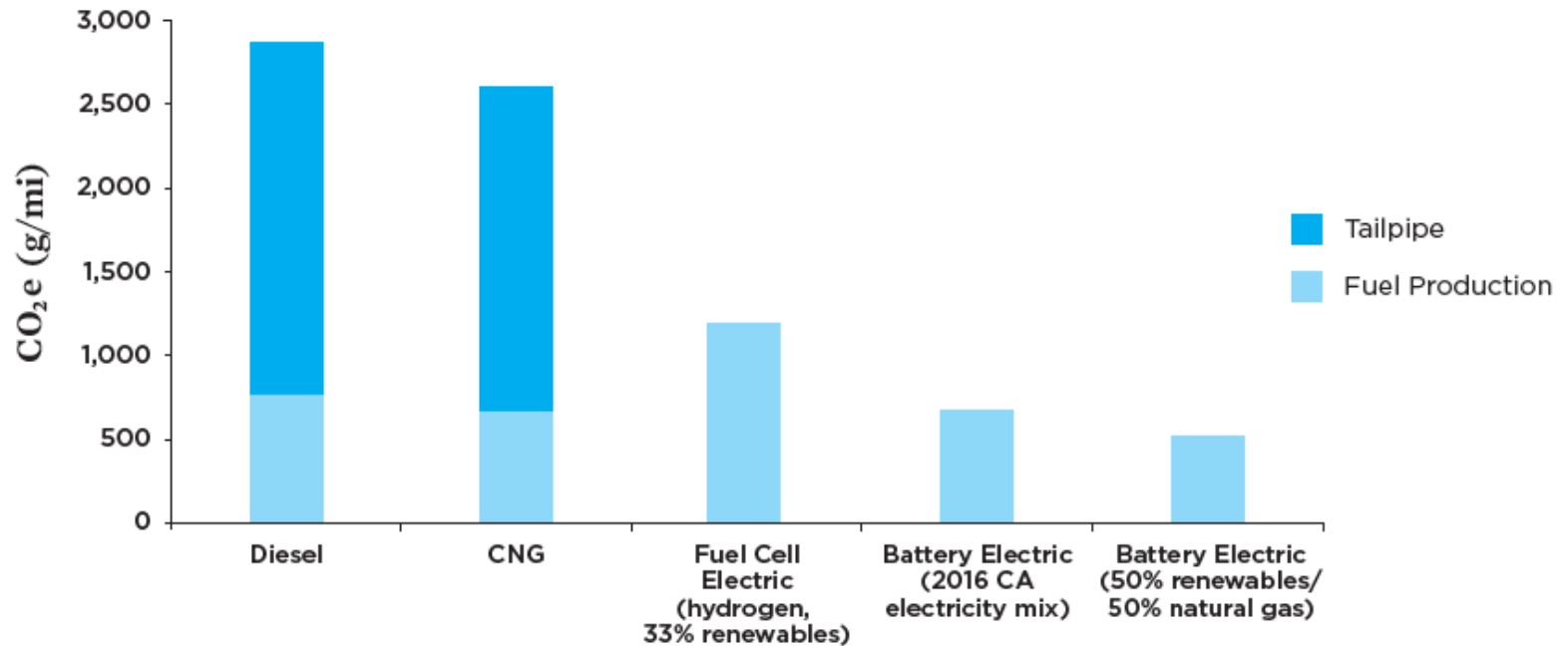
*Life cycle emissions of particulate matter (PM) and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) for battery electric, fuel cell electric, and compressed natural gas transit buses are low relative to a diesel bus.*

Notes: PM2.5 emissions refer to particles with diameters 2.5 micrometers and smaller. Comparison based on emissions from 40-foot transit buses.

Source: 2016 Union of Concerned Scientists and The Greenlining Institute

# זיהום אוויר

FIGURE ES-2. Reducing Global Warming Emissions by Switching to Electric Buses



*Life cycle global warming emissions from diesel and compressed natural gas (CNG) buses are far higher than those from fuel cell electric buses (fueled by hydrogen, H<sub>2</sub>) or battery electric buses.*

Notes: Comparison based on emissions from 40-foot transit buses. CO<sub>2</sub>e stands for carbon dioxide equivalent.

Source: 2016 Union of Concerned Scientists and The Greenlining Institute

למה חשמול התחבורה צריך להתחיל מהתחבורה הציבורית?

- סיבה נוספת להקדמת חשמול התחבורה הציבורית לעומת חשמול התחבורה הפרטית:  
קלות יחסית בהקמת תשתיות הטעינה (בעיקר לגבי ציי האוטובוסים) בחניוני הלילה.

## ההשפעה על מערכת החשמל

- אנו סבורים כי המעבר לחשמול התחבורה הציבורית לא יהיה בעל השפעה רבה על מערכת החשמל וזאת מהסיבות הבאות:
- צריכת אנרגיה חשמלית שנתית נמוכה יחסית

$$1.6 \left[ \frac{kWh}{km} \right] \times 20,000 \times 55,000 [km] + 0.25 \left[ \frac{kWh}{km} \right] \times 21,000 \times 80,000 [km] = 2.18 [TWh]$$

- כ- 4.4% מכלל צריכת החשמל בישראל.



## ההשפעה על מערכת החשמל

- סיבה נוספת לכך שהמעבר לחשמול התחבורה הציבורית לא יהיה בעל השפעה רבה על מערכת החשמל היא הפרדה הטבעית הקיימת בתחבורה חשמלית בין מועד השימוש בחשמל (נסיעה) למועד צריכת החשמל (טעינה).
- הפרדה טבעית זו מאפשרת טעינה בזמנים בהם ההשפעה על מערכת החשמל היא מזערית, למשל:
  - טעינת האוטובוסים בשבת לקראת עומס יום ראשון
  - טעינה לילית

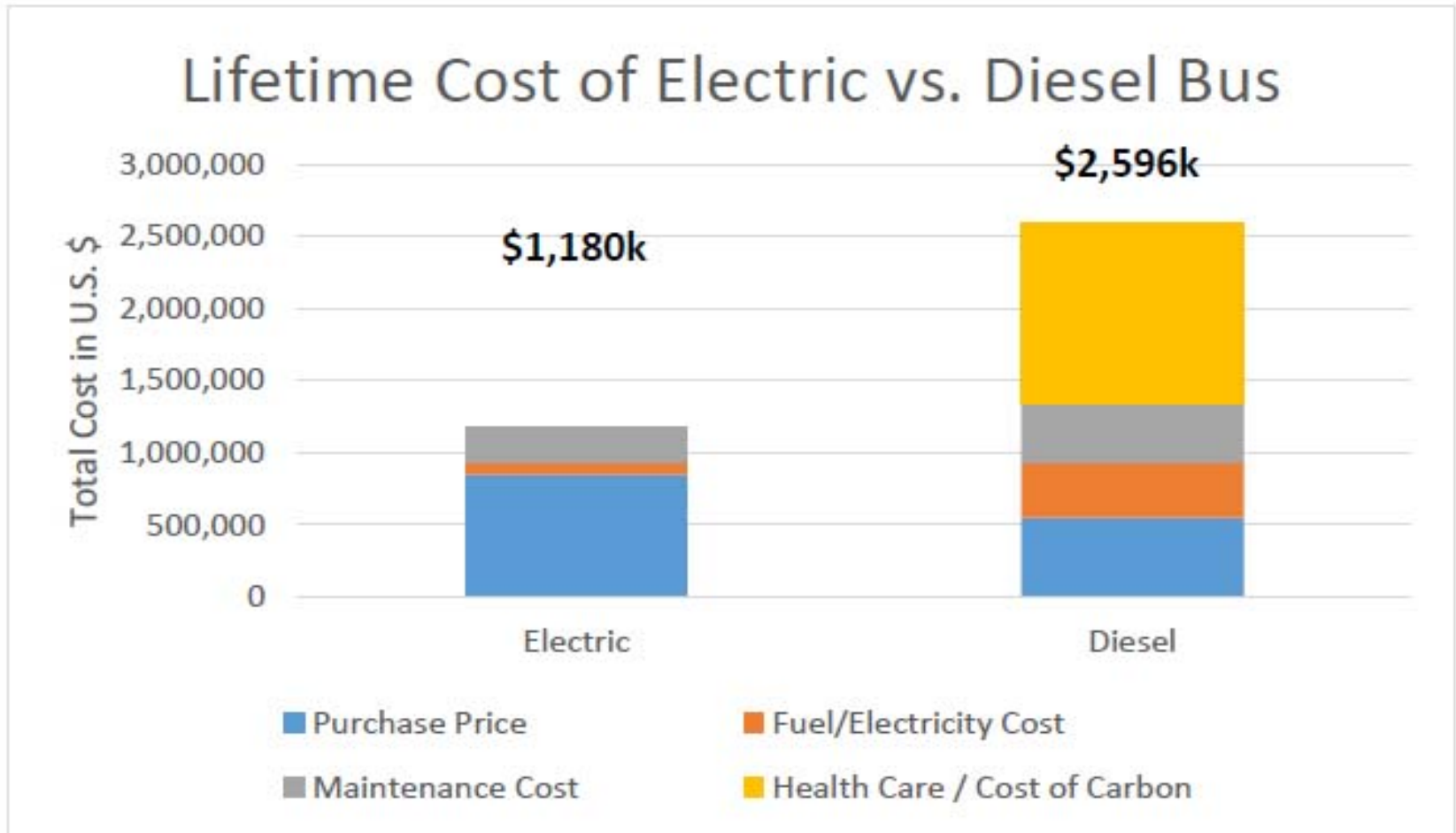
## עובדות ומספרים

- הנצילות (WTW\*) של מנועי שריפה פנימית היא בין 18% ל 35%.
- הנצילות (WTW\*) של אוטובוס חשמלי, היא למעלה מ 50%.
- הפליטה בארובת תחנת הכוח מבוקרת, מוקטנת על ידי אמצעים טכנולוגיים ומתבצעת גבוה מעל ראשינו, בעוד שהפליטה של מנוע שריפה פנימית אינה מבוקרת ומתבצעת בגובה האף של ילדינו.
- המשמעות של נצילות גבוהה וזיהום נמוך היא ירידה בעלות הישירה (עלויות תפעול) והעקיפה (תחלואה).
- עלות האנרגיה לקילומטר נסיעה באוטובוס חשמלי היא כ- 15% מעלות האנרגיה באוטובוס דיזל.

## עובדות ומספרים

- טווח הנסיעה היומי של אוטובוס עירוני מוגבל וידוע, בהתאם לקווים ולתוכנית העבודה היומית, ולכן "חרדת הטווח" (המכשול בפני כלי רכב חשמליים), לא קיימת במקרה של אוטובוס חשמלי.
- הטווח המקובל הוא 150 עד 200 קילומטרים ביממה.
- אוטובוסים "נחים" בחניונים / מסופים מסודרים ובהם ניתן להתקין עמדות טעינה.
- ציי האוטובוסים העירוניים פועלים באופן מלא בשעות העומס ולכולם שעות "בטלה" בלילה ולפעמים גם במהלך היום.
- משטר ההפעלה הנ"ל מאפשר זמני טעינה המספיקים לטעון את המצברים באמצעות מטענים סטנדרטיים ותקניים.

# אוטובוס חשמלי לעומת אוטובוס דיזל



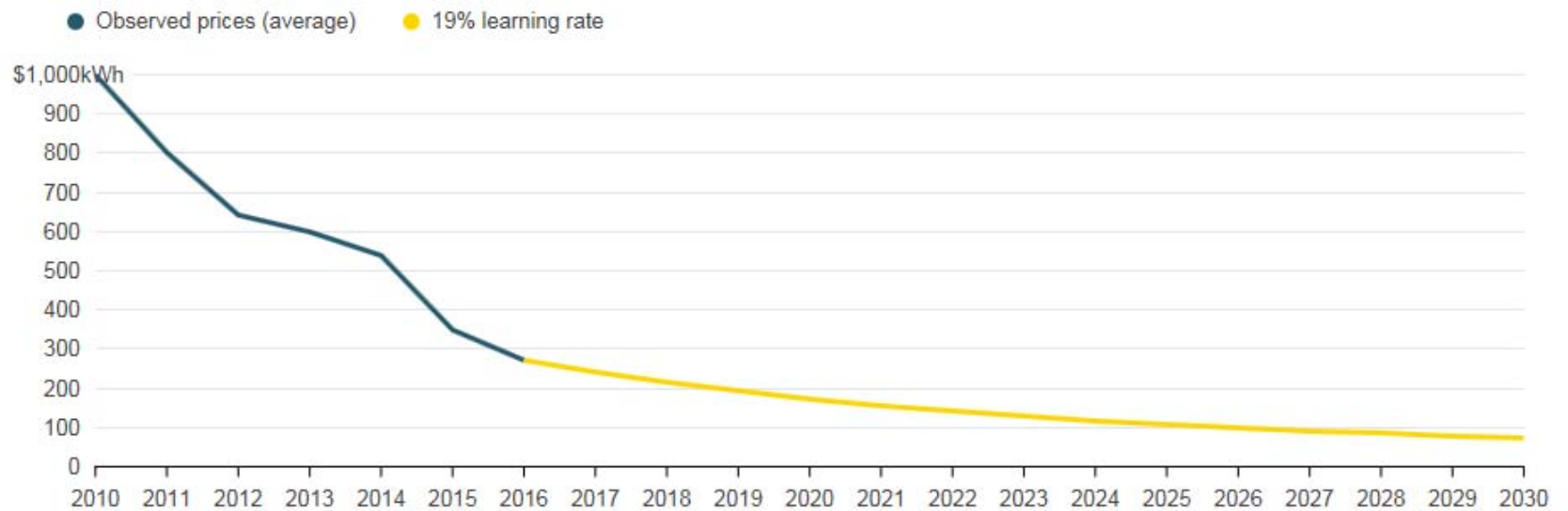
## אוטובוס חשמלי לעומת אוטובוס דיזל

<b>Lifetime - 12 Year View</b>			
<b>Category of Cost (cost in \$)</b>	<b><u>Electric</u></b>	<b><u>Diesel</u></b>	<b><u>Delta</u></b>
<b>Purchase Price</b>	850,000	550,000	300,000
<b>Fuel/Electricity Cost</b>	78,000	378,000	-300,000
<b>Maintenance Cost</b>	252,000	420,000	-168,000
<b>Health Care / Cost of Carbon</b>	0	1,248,000	-1,248,000
<b>Total Cost</b>	1,180,000	2,596,000	-1,416,000

# מחירי הסוללות

## Charging Forward

The prices of lithium-ion batteries are set to drop dramatically if they continue improving at current rates



Source: Bloomberg New Energy Finance

## פעילות BYD בעולם



*Dec*  
**2014**

*Amsterdam,  
the Netherlands*

Delivery of 35 units at Schiphol airport



*Oct*  
**2015**

*London, UK*

China President Xi  
Boarded a BYD Zero-emission  
double-decker bus

## פעילות BYD בעולם



*Mar*  
**2016**

*London, UK*

Double decker bus



*Sept*  
**2016**

*London, UK*

Europe's largest all electric  
bus fleet



## פעילות BYD בעולם



*Sept*  
**2016**

*TURIN, Italy*

Italian's first pure electric bus  
order - 12M ebus



*Oct*  
**2016**

*Liverpool, UK*

12M BYD ADL Enviro200 EV

## פעילות BYD בעולם



*Dec*  
**2016**

Delivery ceremony



*Jan*  
**2017**

*London, UK*

10.8M BYD ADL Enviro200 EV buses

## פעילות BYD בישראל

- אוטובוס אחד בדין משלים 4 שנות עבודה
- 17 אוטובוסים הוזמנו על ידי אגד והחלו לעבוד בחיפה
- 5 אוטובוסים הוזמנו על ידי מטרופולין ויכנסו לעבודה בשרון
- 6 אוטובוסים הוזמנו על ידי קווים ויכנסו לעבודה במודיעין

## פעילות BYD בישראל

**First electric bus pilot in Tel Aviv  
In full operation since August 2013**



## פעילות BYD בישראל



**17 electric buses in operation in the Haifa Bay area as of September 2017**  
**5 in the Sharon Area and 6 in Modiin**



## מסקנות

- חשמול התחבורה הציבורית יהיה קל ומהיר בהרבה מחשמול התחבורה הפרטית ויתרום רבות להפחתת זיהום האוויר העירוני.
- לחשמול התחבורה הציבורית לא תהיה השפעה משמעותית על מערכת החשמל.
- לחשמול התחבורה הציבורית תהיה השפעה גדולה ומהירה על איכות האוויר בערים.
- לאורך זמן אין לחשמול עלות נוספת מול אוטובוסים מונעים במנועי שריפה פנימית.
- היכולת הרגולטורית לגרום לשינוי קלה – רשות לתחבורה ציבורית יכולה לדרוש במכרזים  $X\%$  של רכב חשמלי והרשויות המקומיות יכולות להטיל מגבלות על כניסת אוטובוסים מזהמים לתחומי הרשות.