

โครงการศึกษาแนวทางการจัดการรถโดยสาร
ระบบไฟฟ้าจำนวน 200 คัน

Study of the Guideline for Providing
200 Electric Buses in Thailand

เสนอโดย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



แนวทางการประเมินต้นทุนราคาารถโดยสารไฟฟ้า
และค่าซ่อมบำรุง จำนวน 200 คัน

แนวทางการประเมินต้นทุนราคารถโดยสารไฟฟ้าและค่าซ่อมบำรุง

1. ราคารถโดยสารไฟฟ้า

ในการศึกษานี้ได้ประเมินความเป็นไปได้ของราคารถโดยสารไฟฟ้าโดยแบ่งเป็น 4 กรณี

- ก) ราคารถโดยสารปรับอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยวิธีนำเข้าสำเร็จรูปทั้งคัน (CBU) โดยไม่ได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้า
- ข) ราคารถโดยสารปรับอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยวิธีนำเข้าสำเร็จรูปทั้งคัน (CBU) และได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้า
- ค) ราคารถโดยสารปรับอากาศใหม่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นราคาค่าสินค้า+ค่าประกัน+ค่าขนส่ง (Cost, Insurance and Freight: CIF)
- ง) ราคารถโดยสารปรับอากาศใหม่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยวิธีนำเข้าชิ้นส่วน มาประกอบในประเทศ (CKD) และได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้า

ซึ่งการประเมินราคาของรถโดยสารไฟฟ้างดงกล่าวข้างต้น จะอ้างอิงการหาข้อมูลราคาตามแนวทางของหลักเกณฑ์ที่คณะกรรมการ ป.ป.ช. ได้กำหนดไว้ คือ

- 1) เป็นราคามาตรฐานที่มีคณะบุคคล องค์กร หรือหน่วยงานกำหนดไว้
- 2) เป็นราคาที่เคยซื้อเคยจ้างครั้งสุดท้ายในระยะเวลา 2 ปีงบประมาณ
- 3) เป็นราคาตลาด โดยสืบจากท้องตลาด เว็บไซต์ต่าง ๆ (3 ราย)

เนื่องจากปัจจุบัน ยังไม่ได้มีบริษัทที่ดำเนินการผลิตและจำหน่ายรถโดยสารไฟฟ้าในประเทศไทย ที่ปรึกษาจึงได้ใช้แนวทางที่ (2) ในการประเมินราคาของรถโดยสารไฟฟ้า โดยอ้างอิงราคาจากการซื้อรถโดยสารไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง “โครงการศึกษาเปรียบเทียบและแนวทางการส่งเสริมรถโดยสารพลังงานไฟฟ้าเพื่อสังคมคาร์บอนต่ำของประเทศไทย” ซึ่งโครงการดังกล่าวได้ซื้อรถโดยสารไฟฟ้าเข้ามาเพื่อดำเนินการวิจัย (ราคา C.I.F) เป็นมูลค่า 11,953,760 บาท¹

การคำนวณราคารถโดยสารไฟฟ้าในกรณี (ก) ได้คำนวณจากหลักเกณฑ์การคิดราคารถยนต์รวมภาษีนำเข้าดังรายการต่อไปนี้²

- 1) ราคา C.I.F. (ราคาสินค้า + ค่าขนส่ง + ค่าประกันภัย)
- 2) ภาษีอากรขาเข้า 40% ของ ราคา C.I.F. (รถโดยสาร)
- 3) ภาษีสรรพสามิต = (C.I.F. + อากรขาเข้า + ภาษีค่าธรรมเนียมอื่นไม่รวมถึงภาษีมูลค่าเพิ่ม) × อัตราภาษี / 1 - (1.1 × อัตราภาษี) โดยอัตราภาษีรถไฟฟ้า 10%
- 4) ภาษีกระทรวงมหาดไทย = 10% ของภาษีสรรพสามิต
- 5) VAT 7% ของ ราคา C.I.F. + ภาษีอากรขาเข้า + ภาษีสรรพสามิต + ภาษีกระทรวงมหาดไทย

¹ราคารถโดยสารไฟฟ้า 326,536 ดอลลาร์สหรัฐฯ (USD) อุปกรณ์ประจุไฟฟ้า 15,000 USD คิดอัตราแลกเปลี่ยน 35 บาทต่อ USD

²<http://auto.sanook.com/5654/>

ดังนั้นราคารถโดยสารไฟฟ้าในกรณี (ก) ที่เป็นการนำเข้าแบบไม่ได้ยกเว้นภาษีจึงมีราคารวมทั้งหมดเท่ากับ 20,389,431 บาท และในกรณี (ข) ที่ได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้าจะมีราคาทั้งหมดเท่ากับ 13,539,523 บาท และกรณี (ค) อ้างอิงราคาของ กฟภ. เท่ากับ 11,953,760 บาท

ส่วนในกรณี (ง) เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีการผลิตรถโดยสารไฟฟ้าในขนาดที่จะดำเนินการสั่งซื้อในประเทศไทย และยังไม่มีความชัดเจนในการส่งเสริมการลงทุนที่ชัดเจนที่จะสามารถประเมินราคาของรถโดยสารไฟฟ้าที่ผลิตในประเทศไทย จึงใช้แนวทางการเปรียบเทียบราคารถยนต์ในรุ่น Toyota Hybrid (ตามคำแนะนำของกรมการพิจารณาด้านเทคนิคฯ ในการจัดทำร่าง TOR) ซึ่งเป็นรุ่นที่เคยมีการนำเข้าทั้งคันและปัจจุบันมีการประกอบภายในประเทศ เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนของราคารถในกรณีที่นำเข้าทั้งคันและการประกอบในประเทศ ผลการวิเคราะห์พบว่าราคารถยนต์ที่ประกอบในประเทศมีราคาประมาณร้อยละ 46.7 เปรียบเทียบกับราคารถยนต์ที่มีการนำเข้าทั้งคันจากต่างประเทศ³ ดังนั้นจึงประมาณราคาในกรณี (ง) โดยใช้สัดส่วนดังกล่าวคูณกับราคารถโดยสารไฟฟ้านำเข้าทั้งคันในกรณี (ก) ซึ่งราคารถโดยสารในกรณี (ง) นี้จะมีราคาเท่ากับ 9,188,401 บาท

ในการประเมินตามแนวทางที่ 3 ซึ่งองค์การได้ขอราคาจากผู้ประกอบการที่สนใจ โดยการกำหนดคุณลักษณะทางเทคนิคเบื้องต้นให้ ได้ราคาตามแสดงดังตารางที่ 1 และราคาจากการสำรวจใน Website โดยใช้คำสำคัญ "electric bus 12 m price" แสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบราคารถโดยสารไฟฟ้าขนาด 12 m และ ค่าบำรุงรักษา 10 ปี

ชื่อบริษัท	ยี่ห้อ	ราคารถไม่รวมภาษี /คัน (ล้านบาท)	ราคารถรวมภาษี /คัน (ล้านบาท)	ส่วนลดกรณีซื้อ 200 คัน	ค่าซ่อม/คัน ปีที่ 1-5	ค่าซ่อม/คัน ปีที่ 6-10
1. บ. อี.ซี.ไอ. กวีป้า	Yutong	13.720	20.555	2%	692.79 บาท	692.79 บาท
2. บ. ไทยยานยนต์ไฟฟ้า (คุณสมบัติไม่ตรง)	Foton	10.000	14.980	-	387 บาท	2,079 บาท
3. บ. ช ทวี (บจม.)	Bonluck	13.680	20.500	5%	3 บาท/กม. (750 บาท)	6 บาท/กม. (1,500 บาท)
4. บ. เบต้า เอ็นเนอร์ยี่	Golden Dragon	15.010	22.500	15%	958.60 บาท	1,046.55 บาท
5. บ. ลีอกเสี่ยว	BYD	15.340	22.990	-	930 บาท	1,650 บาท
6. บ. รถไฟฟ้า (บจม.)	E-Bus	14.690	22.000	3 ล้านบาท/คัน	900 บาท	1,400 บาท

³รถยนต์ Toyota Hybrid นำเข้าทั้งคันจากต่างประเทศราคาประมาณ 3,000,000 บาท ในขณะที่ราคาขายรถยนต์ที่ประกอบในประเทศไทยราคาประมาณ 1,400,000 บาท

The screenshot displays a search results page on Alibaba.com for the query "electric bus 12 m price". The page layout includes a top navigation bar with the URL, search bar, and "Trade Assurance" option. On the left, a sidebar provides various filters: "Related Category", "Product Features" (Diesel, Hybrid), "Max Speed" (91-110 km/h, 71-90 km/h), "Transmission Type" (Manual, Automatic), "Steering Position" (LHD, RHD), "Emission Standard" (Euro 4, Euro 2), "Sample Order" (Paid samples), and "Supplier Features" (Supplier by Area: Asia). The main content area shows a grid of product listings, each with an image, title, price, and a "Contact Supplier" button. The listings include: 1) "China 12m hot good price low floor european standard e-bus" by Zhuhai Granton Bus & Coach Co., priced at US \$100-300 / Unit. 2) "ZEV Electric bus for sale passenger bus with low entry" by Zhongzhi New Energy Vehicle Co., priced at US \$180000-250000 / Unit. 3) "high quality 12 meter 42 seats city bus, pure electric bus ..." by Shiyan Rockrich Industry & Trade, priced at US \$200000-300000 / Unit. 4) "Chinese 12m electric bus price" by Zhengzhou Dongfeng Mid-South E., priced at US \$100-200 / Unit. 5) "12m european certificate electric bus price" by Zhuhai Granton Bus & Coach Co., priced at US \$1000-2000000 / Unit. 6) "Best price of new bus 12 meter of 40 seater bus electric inte..." by Zhongzhi New Energy Vehicle Co., priced at US \$200000-300000 / Unit. 7) "China 12m 33 seats electric city bus price" by Zhuhai Granton Bus & Coach Co., priced at US \$100-200 / Unit. 8) "ZEV6129 coach bus 12 meter 50 seater intercity bus tourist" by Zhongzhi New Energy Vehicle Co., priced at US \$100000-150000 / Unit. A right sidebar features additional product recommendations, including "10m to 12 m battery electric bus complete system regeneration", "small sightseeing bus for 6 people, electric golf cart with CE", and "8 seats electric shuttle bus with nice design and good price from Suzhou".

รูปที่ 1 ราคาารถโดยสารไฟฟ้าขนาด 12 m จาก Website โดยใช้คำสำคัญ "electric bus 12 m price"

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าราคารถโดยสารไฟฟ้า (ไม่รวมภาษี) ที่แต่ละบริษัทเสนอมาและราคาจากเว็บไซต์ มีราคาอยู่ในช่วง 10 ล้านบาท ถึง 15.34 ล้านบาท ช่วงราคาที่แตกต่างกันนี้เนื่องจากรถโดยสารไฟฟ้าที่แสดงมีขนาดมอเตอร์, ระบบขับเคลื่อนและควบคุมมอเตอร์, ขนาดแบตเตอรี่, ชุดควบคุมแบตเตอรี่, โครงสร้างแชสซี รวมถึงอุปกรณ์ร่วมต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ซื้อ, เทคโนโลยีที่เลือกใช้ และเทคนิคการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต ดังได้นำเสนอไว้แล้วในรายงานการศึกษาของทีมที่ปรึกษา เช่น กำหนดระยะทางที่ต้องการ, รูปแบบการขับเคลื่อน, ระบบป้องกันมอเตอร์และแบตเตอรี่ และ ระบบการอัดประจุเป็นต้น

หากต้องการพิจารณาราคาของชิ้นส่วนหลักของรถโดยสารไฟฟ้าได้แก่ มอเตอร์, ระบบขับเคลื่อนและควบคุมมอเตอร์, แบตเตอรี่, ชุดควบคุมแบตเตอรี่, ชุดอัดประจุ สามารถสืบจากเว็บไซต์⁴ ต่าง ๆ ได้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2 - รูปที่ 6 จะพบว่าช่วงราคานี้เป็นราคาประมาณทั่วไปของอุปกรณ์แต่ละส่วนยังไม่ได้มีการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ ซึ่งการกำหนดจะขึ้นอยู่กับกรออกแบบและเทคโนโลยีที่เลือกใช้ หรือเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ใช้งาน

เนื่องจากเทคโนโลยีของยานพาหนะไฟฟ้าเป็นเทคโนโลยีใหม่และไม่เปิดเผยมากนัก นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเทคนิคและวิธีการออกแบบที่สามารถพิจารณาได้หลายลักษณะ จากร่างขอบเขตงานและร่างเอกสารการประกวดราคาและกำหนดราคากลางโครงการจัดซื้อพร้อมว่าจ้างซ่อมรถโดยสารไฟฟ้า จำนวน 200 คัน ได้กำหนดคุณลักษณะเบื้องต้นไว้ว่ารถโดยสารนี้ต้องสามารถเดินรถได้ระยะทางไม่น้อยกว่า 250 km และมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไม่เกิน 1 kWh/km การกำหนดคุณลักษณะเช่นนี้สามารถออกแบบรถโดยสารไฟฟ้าได้หลายลักษณะ เช่น

การพิจารณาเลือกใช้มอเตอร์ เมื่อพิจารณาจากพิกัดกำลังที่ต้องการ โดยพิจารณาจากภาระรวมทั้งต้องการขับเคลื่อนที่คือน้ำหนักรวมผู้โดยสารของรถโดยสาร และเทคนิคการขับเคลื่อน สามารถเลือกชนิดของมอเตอร์, เทคนิคการควบคุมและวิธีป้องกัน, ระบบระบายความร้อน รวมถึงประสิทธิภาพ ได้หลายแบบ จากราคาที่สืบค้นได้ จะเห็นได้ว่าความเป็นไปได้ของราคาเฉพาะมอเตอร์ไม่รวมระบบระบายความร้อนและระบบป้องกันจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.35 - 0.45 ล้านบาท

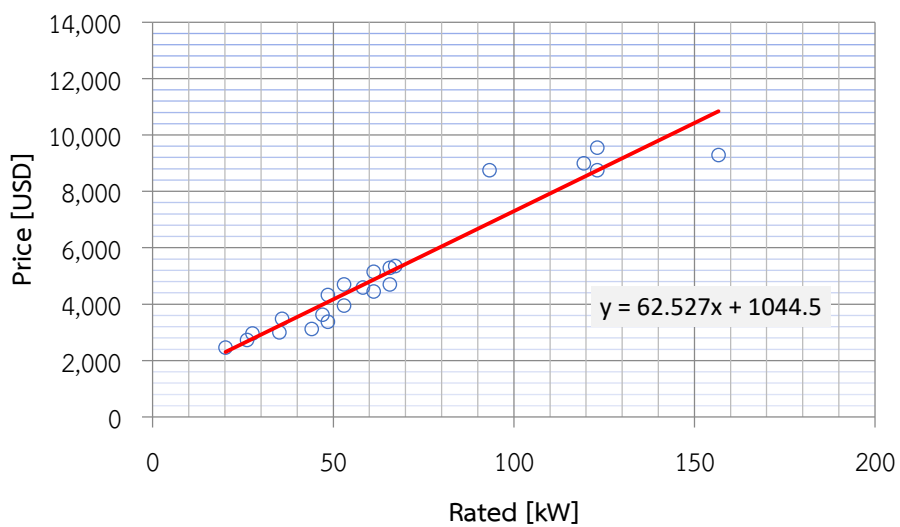
การพิจารณาเลือกใช้ระบบขับเคลื่อนและควบคุมมอเตอร์ จำเป็นต้องมีขนาดเพียงพอและสัมพันธ์กับชนิด, พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ต้องการของมอเตอร์ จากราคาที่สืบค้นได้ จะเห็นได้ว่าความเป็นไปได้ของราคาเฉพาะระบบควบคุมมอเตอร์ไม่รวมระบบระบายความร้อนและระบบป้องกันของตัวเองจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.25 - 0.40 ล้านบาท

การพิจารณาเลือกขนาดของแบตเตอรี่ จะพิจารณาจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้ในการเดินรถ โดยต้องพิจารณาถึงระบบปรับอากาศ, ระบบแสงสว่าง, อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในรถโดยสาร, รูปแบบการอัดประจุ และปริมาณประจุคงเหลือต่ำสุดเพื่อเป็นการป้องกันการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ (SOC : State of Charge) จากราคาที่สืบค้นได้พบว่าความเป็นไปได้ของราคาเฉพาะแบตเตอรี่อยู่ในช่วงประมาณ 3.50 - 5.50 ล้านบาท

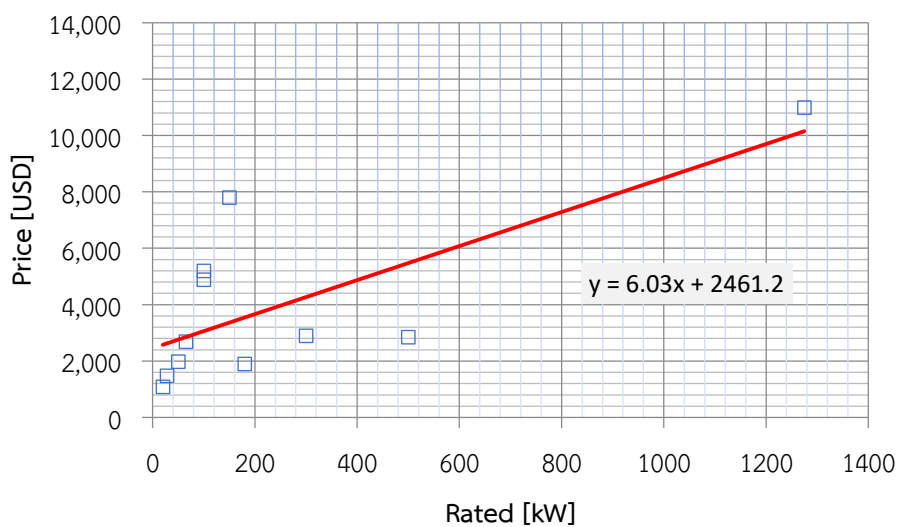
จากคุณลักษณะของแบตเตอรี่และขนาดที่เลือกใช้ จำเป็นต้องมีระบบควบคุมแบตเตอรี่ที่สัมพันธ์กันรวมถึงลักษณะการระบายความร้อนด้วย จากราคาที่สืบค้นได้ จะเห็นได้ว่าความเป็นไปได้ของราคาเฉพาะระบบควบคุมแบตเตอรี่ไม่รวมระบบระบายความร้อนจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.15 - 0.25 ล้านบาท และระบบ

⁴ <https://www.alibaba.com/> และ <http://www.ewest.com/>

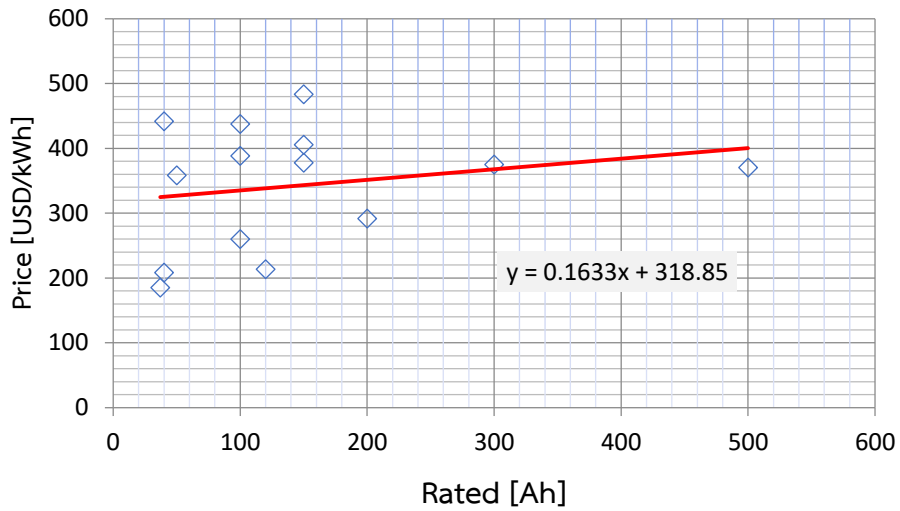
อัตราประจุมัรวมชุดสื่อสารระหว่างชุดอัตราประจุมักับชุดควบคุมแบตเตอรี่จะอยู่ในช่วงราคาประมาณ 0.20 - 0.40 ล้านบาท



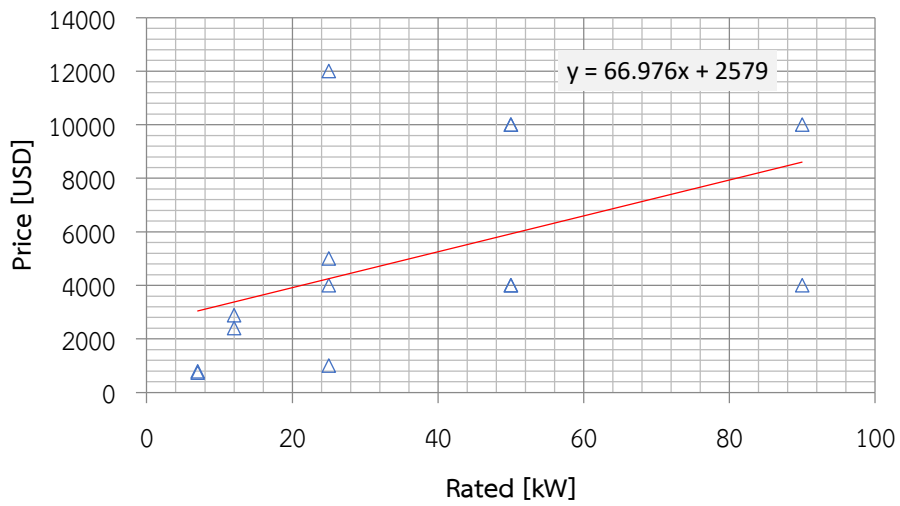
รูปที่ 2 ราคาตลาดของมอเตอร์ตามพิกัดกำลัง



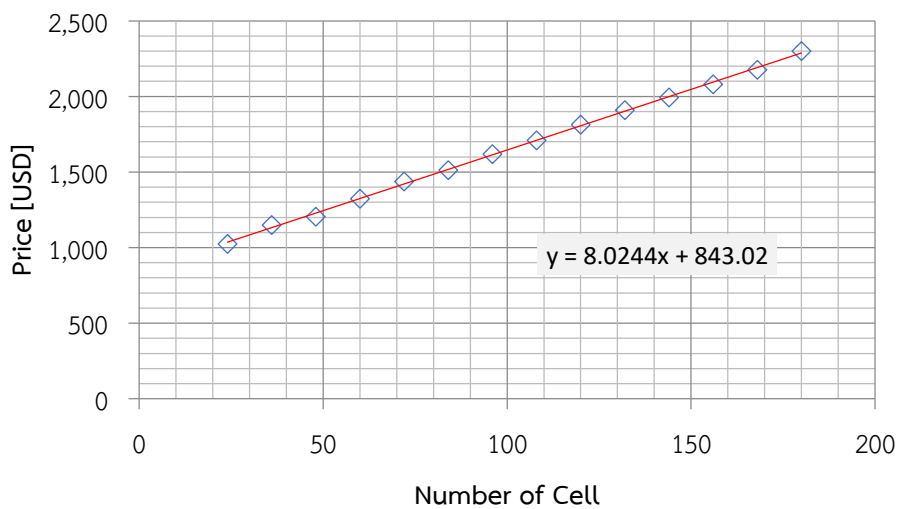
รูปที่ 3 ราคาตลาดของชุดขับเคลื่อนและควบคุมมอเตอร์ตามพิกัดกำลัง



รูปที่ 4 ราคาตลาดของแบตเตอรี่ต่อหน่วย kWh



รูปที่ 5 ราคาตลาดของเครื่องอัดประจุต่อหน่วย kW



รูปที่ 6 ราคาตลาดของชุดควบคุมแบตเตอรี่ต่อเซลล์

ราคาของอุปกรณ์หลักส่วนที่เกี่ยวข้องทางด้านไฟฟ้าของรถโดยสารไฟฟ้าที่ได้กล่าวไปข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการที่จะกำหนดราคาที่แน่นอนเป็นไปได้ยาก เนื่องจากอุปกรณ์แต่ละส่วนจำเป็นต้องเลือกใช้งานอย่างเหมาะสมและสัมพันธ์กันโดยต้องพิจารณาทั้งศาสตร์ด้านวิศวกรรม ด้านความปลอดภัย และหลักเศรษฐศาสตร์ ทั้งด้านจุลภาคเฉพาะตัวรถและมหภาคในด้านการใช้พลังงานโดยรวมของประเทศด้วย เพื่อให้เห็นช่วงของราคาที่เป็นไปได้จึงสรุปตัวเลขที่สามารถสืบค้นได้จากวิธีต่าง ๆ ไว้ในตารางที่ 2 และราคาที่เป็นไปได้ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบราคารถโดยสารไฟฟ้าด้วยวิธีการประเมินแบบต่าง ๆ

วิธีการประเมิน	ราคา [ล้านบาท]
ราคารถโดยสารปรับอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยวิธีนำเข้าสำเร็จรูปทั้งคัน (CBU) โดยไม่ได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้า	20.39
ราคารถโดยสารปรับอากาศที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยวิธีนำเข้าสำเร็จรูปทั้งคัน (CBU) และได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้า	13.54
ราคารถโดยสารปรับอากาศใหม่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นราคาค่าสินค้า+ค่าประกัน+ค่าขนส่ง (Cost, Insurance and Freight: CIF)	11.95
ราคารถโดยสารปรับอากาศใหม่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยวิธีนำเข้าชิ้นส่วน มาประกอบในประเทศ (CKD) และได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้า (เปรียบเทียบกรณี Toyota Prius)	9.19
ราคาจากผู้ประกอบการที่สนใจ (ไม่รวมภาษี)	13.68 - 15.34
ราคาจากผู้ประกอบการที่สนใจ (รวมภาษี)	20.50 - 22.99

ตารางที่ 3 ราคาชิ้นส่วนหลักของรถโดยสารไฟฟ้าส่วนที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า

ชิ้นส่วน	ราคา [ล้านบาท]
มอเตอร์ไฟฟ้า	0.35 - 0.45
ระบบขับเคลื่อนและควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	0.25 - 0.40
แบตเตอรี่	3.50 - 5.50
ระบบควบคุมแบตเตอรี่	0.15 - 0.25
ชุดอัดประจุ	0.20 - 0.40

เพื่อเป็นการสนับสนุนผู้ประกอบการในประเทศให้มีโอกาสได้ประโยชน์จากโครงการและเหมาะสมกับลักษณะการบริหารจัดการขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ จากการศึกษาตามแนวทางที่ได้เสนอพบว่าราคารถโดยสารไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพจะอยู่ในช่วง 9,188,401.00 - 13,539,523.00 ล้านบาท

2. ค่าซ่อมบำรุงรถโดยสารไฟฟ้า

เนื่องจากยังไม่ได้มีการใช้รถยนต์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายโดยทั่วไป การประเมินต้นทุนการซ่อมบำรุงรถยนต์ไฟฟ้ามักจะประเมินโดยการเปรียบเทียบกับค่าซ่อมบำรุงของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine, ICE) จากการศึกษาข้อมูลจากการวิจัยพบว่าโดยทั่วไปแล้วค่าซ่อมบำรุงของรถยนต์ไฟฟ้าจะมีมูลค่าต่ำกว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เนื่องจากไม่ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายในส่วนของของเหลวสำหรับเครื่องยนต์ เช่น น้ำมันเครื่อง เป็นต้น รวมทั้งอุปกรณ์สิ้นเปลืองของเครื่องยนต์ เช่น หัวเทียน สายพาน เป็นต้น ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4⁵ และตารางที่ 5 จากการวิเคราะห์เฉลี่ยแล้วค่าซ่อมบำรุงของรถยนต์ไฟฟ้ามีมูลค่าต่ำกว่ารถยนต์เครื่องยนต์ทั่วไปอยู่ประมาณร้อยละ 35 ดังแสดงในรูปที่ 7

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการซ่อมบำรุงรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์และรถยนต์ไฟฟ้า

	ICE	EV
Tires	Tires are the common denominator between both types of vehicles. The recommended rotation is every 7500 miles. Hence you will have 13 scheduled trips to your mechanic in the first 100,000	
Oil change	The frequency of oil changes vary from person to person and manufacturer. The number used to be 3000 miles. If you change every 5000, that will be 20 scheduled visits out of your daily routine.	No thanks!
Automatic transmission Fluid	This is generally recommended to be changed at 100,000. Depending on whether you flush the system and change the filter or just add fluid.	No thanks!
Coolant	Generally this will last for 150,000 before recommended change, but you DO have to keep a check on it throughout the life of the ICE for you can do considerable engine damage if you let it run hot.	If you have a thermal management system on your battery, you will have a similar check.
Spark Plugs and wires	Generally recommended in the first 100,000.	No thanks!
Muffler	Location and driving distance are just a few issues that will determine the life of your muffler. Short distances do not give time for condensation to dry out thus shortening the life unless it is stainless steel. It is also a high probability that you have to replace more than just the muffler.	No thanks!
Brakes	Depending on your vehicle and driving style, you will probably have at least 2 trips to your mechanic in the first 100,000.	The regenerative brakes will cut your visits to the mechanic in half. Still we will plan on one visit in the first 100,000.
The big 100,000 mile maintenance	Timing belts are recommended every 60,000-100,000 with most ICEs not equipped with timing chains. In fact, most recommend that you go ahead and replace the water pump while you are at it. Most service centers will charge for the pump only since the labor is already invested in the timing belt. Cost \$600- \$800 for the timing belt only.	The big "potential" cost is the battery replacement. At 100,000 miles, your battery may have lost up to 20% of its range, though studies from the American Chemical society predict well managed batteries may last up to twenty years. Unlike the timing belt, you are not running the risk of damaging your vehicle by continuing to drive, so many may continue to drive without this expense. The initial cost in 2012 was around \$500-\$600/kWh. Studies show this cost could drop to \$150-\$250/kWh in the next 5-8 years which happens to be the warranty period for most EV battery systems. Already 2013 is showing some packs at 400/kWh.
	Other possible expenses that the ICE can encounter in the first 100,000 include a catalytic converter and automatic transmission as some of the more expensive possibilities.	Some batteries are designed in such a manner as to replace modules opposed to the entire pack which will generally be the better OEM solution. This has allowed some 24kWh OEM refurbished packs to be offered for \$5500 or \$240/kWh with a core charge.

⁵<http://insideevs.com/ev-vs-ice-maintenance-the-first-100000-miles/>

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบต้นทุนรถยนต์ไฟฟ้าในรุ่นต่าง ๆ

Year	Make	Model	Type	Battery Cost	Battery Life*	Main.	Tires	Tire Mileage	City M P G	Hwy M P G	Fuel	City kWh/mi	Hwy kWh/mi	Flex Fuel City MPG	Flex Fuel Hwy MPG	Insurance	Federal Incentive
2013	Tesla	Model S	BEV	\$24,000	12	\$490	\$450	50,000				0.36	0.35			\$2,298	\$7,500
2013	Ford	E150 Van	FFV			\$999	\$450	50,000	13	17	Regular			9	12	\$2,100	
2013	Toyota	Rav4	BEV	\$10,960	12	\$866	\$450	50,000				0.43	0.46			\$2,433	\$7,500
2013	Volkswagen	Eos	ICE			\$803	\$450	50,000	22	30	Diesel					\$2,240	
2013	Ford	CMax Energi	PHEV	\$3,040	12	\$849	\$450	50,000	40	36	Regular	0.36	0.4			\$2,776	\$4,007
2014	Honda	Accord	PHEV	\$1,760	11	\$834	\$450	50,000	47	46	Regular	0.29	0.29			\$2,270	\$3,626
2013	Chevrolet	Volt	PHEV	\$6,600	12	\$608	\$450	50,000	35	40	Premium	0.36	0.37			\$2,587	\$7,500
2013	Honda	Civic	HEV	\$520	12	\$777	\$450	50,000	44	44	Regular					\$3,093	
2013	Toyota	Prius	PHEV	\$1,760	12	\$714	\$450	50,000	51	49	Regular	0.35	0.35			\$2,535	\$2,500
2013	Chevrolet	Cruze Eco	ICE			\$849	\$450	50,000	22	34	Regular					\$2,831	
2013	Chevrolet	Malibu	ICE			\$770	\$450	50,000	25	36	Regular					\$2,576	
2013	Hyundai	Elantra Sdn	ICE			\$643	\$450	50,000	28	38	Regular					\$2,772	
2013	Toyota	Prius	HEV	\$520	12	\$761	\$450	50,000	51	48	Regular					\$2,390	
2013	Chevrolet	Spark	ICE			\$549	\$450	50,000	28	37	Regular					\$2,896	
2013	Nissan	Leaf S	BEV	\$9,600	12	\$823	\$450	50,000				0.27	0.33			\$1,952	\$7,500
2014	Chevrolet	Spark	BEV	\$8,400	11	\$490	\$450	50,000				0.26	0.31			\$1,142	\$7,500

* - Battery life number of years in this table is set to provide battery replacement in the 11th year of simulation.

ที่มา <http://evtc.fsec.ucf.edu/research/project6.html>

รูปที่ 7 การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับค่าซ่อมบำรุงรถยนต์ไฟฟ้า⁶

ที่ปรึกษาได้ประเมินราคาซ่อมบำรุงรถโดยสารไฟฟ้าจากข้อมูลราคากลางสำหรับซ่อมบำรุงรถโดยสาร NGV ของ ขสมก. ซึ่งเป็นรถโดยสารประเภทใช้เครื่องยนต์ โดยพิจารณาเฉพาะค่าซ่อมบำรุงในส่วนที่จำเป็นสำหรับรถโดยสารไฟฟ้าในช่วงระยะเวลา 5 ปี ดังแสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 7 ซึ่งค่าซ่อมบำรุงรถโดยสาร NGV ในช่วงปีที่ 1-5 คาดว่ามีค่าประมาณ 925.91 บาทต่อคันต่อวัน และในช่วงปีที่ 6-10 มีค่าประมาณ 1,635.94 บาทต่อคันต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 8 ในขณะที่ค่าซ่อมบำรุงรถโดยสารไฟฟ้ามีค่าประมาณ 652.50 บาทต่อคันต่อวัน และ 1,272.30 บาทต่อคันต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งโดยเฉลี่ยในช่วง

⁶<https://cleantechnica.com/2012/12/18/ev-maintenance-much-cheaper-than-that-of-ice-vehicles/> และ <http://www.plugincars.com/study-electrics-35-less-costly-maintain-comparable-ice-vehicles-125755.html>

ระยะเวลา 10 ปี ค่าซ่อมบำรุงรถโดยสารไฟฟ้าจะมีค่าประมาณร้อยละ 75 ของค่าซ่อมบำรุงของรถโดยสาร NGV ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ค่าซ่อมบำรุงรถโดยสารไฟฟ้าเปรียบเทียบกับรถโดยสาร NGV

	รายการซ่อมบำรุง	ICE [บาท]		EV [บาท]	
		ต่อครั้ง	ต่อปี	ต่อครั้ง	ต่อปี
1	การบำรุงรักษา 10,000 กม.				
1.1	จารบีหล่อลื่นระบบช่วงล่าง	435	4,350		
1.2	อะไหล่ทั่วไป เช่น แบตเตอรี่/น้ำกลั่น ไดชาร์ด/ไดสตาร์ท/ระบบแสงสว่าง	1,000	10,000	200	1,000
1.3	อุปกรณ์อะไหล่สำหรับก๊าซรั่ว	500	5,000		
2	การบำรุงรักษา 20,000 กม.				
2.1	ซ่อมบำรุงระบบเบรก	13,116	65,580	13,116	65,580
2.2	อะไหล่ทั่วไป เช่น ประเก็น แหวนรองอะไหล่ไฟฟ้า	2,000	10,000	200	1,000
2.3	เปลี่ยนหัวเทียน	1,800	9,000		
3	การบำรุงรักษา 30,000 กม.				
3.1	เปลี่ยนไส้กรองเชื้อเพลิง	200	600		
3.2	เปลี่ยนไส้กรองอากาศ (ลูกใน)	940	2,820		
3.3	เปลี่ยนไส้กรองอากาศ (ลูกนอก)	1,850	5,550		
4	การบำรุงรักษา 100,000 กม.				
4.1	ถุงลมรองรับน้ำหนัก	23,730	23,730	23,730	23,730
4.2	ชุดลูกยางกันโคลง	16,494	16,494	16,494	16,494
4.3	ชุดลูกหมากคันชัก	1,674	1,674	1,674	1,674
4.4	ชุดหม้อลมห้ามล้อ	6,000	6,000	6,000	6,000
4.5	ชุดเบรควาล์ว	1,599	1,599	1,599	1,599
4.6	ชุดวาล์วควบคุมลม	4,062	4,062	4,062	4,062
4.7	ท่อยางหม้อลมเบรก	5,500	5,500	5,500	5,500
5	การบำรุงรักษา 100,000 กม.				
5.1	ยกฝาสูบ/เปลี่ยนบ่าวาล์ว	2,000	2,000		
5.2	เปลี่ยนสายหัวเทียน	3,600	3,600		
5.3	ชุดคอยล์จุดระเบิดก๊าซ	6,000	6,000		
5.4	ชุดออกซิเจนเซ็นเซอร์	6,100	6,100		
5.5	เปลี่ยนท่ออากาศ	1,200	1,200		
	รวม	99,800	190,859	72,575	126,639

ตารางที่ 7 สรุปเปรียบเทียบรายการซ่อมบำรุงรถโดยสาร ICE (NGV) กับ EV ในช่วงระยะเวลา 5 ปี (ต่อคันต่อวัน)

	รายการ	ICE [บาท]	EV [บาท]
1	ค่าอะไหล่สิ้นเปลือง	522.90	347
2	ค่าน้ำมันหล่อลื่น	50.54	-
3	ยาง	116.6	116.6
4	ตัวถัง	-	-
5	ค่าแรง	129.95	129.95
6	น้ำยาเครื่องปรับอากาศ	20	20
7	ค่าล้างรถ	14.44	14.44
8	ประตูอัตโนมัติ	-	-
9	น้ำมันเกียร์อัตโนมัติ	46.93	-
10	อื่น ๆ	10.11	10.11
11	ค่าดำเนินการ	14.44	14.44
	รวม	925.91	652.50

ตารางที่ 8 ค่าซ่อมบำรุงช่วงปีที่ 1-10 ของรถโดยสาร NGV (ต่อคันต่อวัน)

รายการ	ช่วง 5 ปี	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10	เฉลี่ยปีที่ 6-10	เฉลี่ย 10 ปี
1 ค่าอะไหล่สิ้นเปลือง	522.90	534.86	576.23	620.92	669.68	721.76	624.69	573.80
2 ค่าน้ำมันหล่อลื่น	50.54	68.07	73.34	79.03	85.23	91.86	79.51	65.02
3 ยาง	116.60	157.05	169.20	182.32	196.64	211.93	183.43	150.01
4 ตัวถัง		111.59	120.22	129.55	139.72	150.59	130.33	130.33
5 ค่าแรง	129.95	175.04	188.85	203.21	219.17	236.21	204.50	167.22
6 น้ำยาเครื่องปรับอากาศ	20.00	175.04	188.85	203.21	219.17	236.21	204.50	112.25
7 ค่าล้างรถ	14.44	19.45	20.95	22.58	24.35	26.25	22.72	18.58
8 ประตูอัตโนมัติ		63.21	68.10	73.38	79.14	85.30	73.83	73.83
9 น้ำมันเกียร์อัตโนมัติ	46.93	63.21	68.10	73.38	79.14	85.30	73.83	60.38
10 อื่น ๆ	10.11	13.61	14.67	15.81	17.05	18.37	15.90	13.01
11 ค่าดำเนินการ	14.44	19.45	20.95	22.58	24.35	26.25	22.72	18.58
รวม	925.91	1,400.58	1,509.46	1,625.97	1,753.64	1,890.03	1,635.94	1,280.92

ตารางที่ 9 การประมาณค่าซ่อมบำรุงช่วงปีที่ 1-10 ของรถโดยสารไฟฟ้า (ต่อคันต่อวัน)

รายการ	ช่วง 5 ปี	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10	เฉลี่ยปีที่ 6-10	เฉลี่ย 10 ปี
1 ค่าอะไหล่สิ้นเปลือง*	346.96	354.89	382.34	411.99	444.35	478.90	414.50	380.73
2 ค่าน้ำมันหล่อลื่น	-	-	-	-	-	-	-	-
3 ยาง	116.60	157.05	169.20	182.32	196.64	211.93	183.43	150.01
4 ตัวถัง		111.59	120.22	129.55	139.72	150.59	130.33	65.17
5 ค่าแรง	129.95	175.04	188.85	203.21	219.17	236.21	204.50	167.22
6 น้ำยาเครื่องปรับอากาศ	20.00	175.04	188.58	203.21	219.17	236.21	204.44	112.22
7 ค่าล้างรถ	14.44	19.45	20.95	22.58	24.35	26.25	22.72	18.58
8 ประตูดัดโนมิตี		63.21	68.10	73.38	79.14	85.30	73.83	36.91
9 น้ำมันเกียร์อัตโนมัติ	-	-	-	-	-	-	-	-
10 อื่น ๆ	10.11	13.61	14.67	15.81	17.05	18.37	15.90	13.01
11 ค่าดำเนินการ	14.44	19.45	20.95	22.58	24.35	26.25	22.72	18.58
รวม	652.50	1,089.33	1,173.59	1,264.63	1,363.94	1,470.01	1,272.30	962.40
รวม (รถโดยสาร NGV)	925.91	1,400.58	1,509.46	1,625.97	1,753.64	1,890.03	1,635.94	1,280.92
สัดส่วนเทียบกับรถโดยสาร NGV ของ ขสมก.	70.5%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	75.1%

3. ต้นทุนรวมของรถโดยสารไฟฟ้าและค่าซ่อมบำรุง

ที่ปรึกษาได้คาดการณ์ต้นทุนของรถยนต์โดยสารไฟฟ้าจำนวน 200 คัน และค่าซ่อมบำรุงสำหรับช่วงระยะเวลา 10 ปี ดังแสดงในตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากรณี (ก) คาดว่าจะมีต้นทุนรวมทั้งหมดประมาณ 4,780 ล้านบาท กรณี (ข) มีต้นทุนรวมทั้งหมด 3,410 ล้านบาท กรณี (ค) มีต้นทุนรวมประมาณ 3,093 ล้านบาท และกรณี (ง) มีต้นทุนรวมประมาณ 2,540 ล้านบาท

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากรถโดยสารไฟฟ้าที่ ขสมก. มีโครงการจะสั่งซื้อมีความแตกต่างในบางส่วน เช่น เบาะที่นั่ง ลักษณะตัวถังของรถ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกับรถโดยสารไฟฟ้าที่ซื้อเข้ามาของ กฟภ. ซึ่งใช้เป็นราคาอ้างอิง ที่ปรึกษาจึงได้วิเคราะห์ค่าส่วนต่างดังกล่าวและคาดว่าราคารถโดยสารไฟฟ้าตามรูปแบบที่จะสั่งซื้อของ ขสมก. จะมีราคาประมาณ 10.76 ล้านบาทต่อคัน และมีต้นทุนรวมในการซื้อและซ่อมบำรุงตลอดระยะเวลา 10 ปี ประมาณ 2,853.55 ล้านบาท

ตารางที่ 8 คาดการณ์เฉลี่ยต้นทุนการจัดการรถโดยสารไฟฟ้าของ ขสมก. จำนวน 200 คันระยะเวลา 10 ปี

รายละเอียด	เปรียบเทียบกรณีจัดซื้อรถโดยสารไฟฟ้า [ล้านบาท]				
	แบบนำเข้าสำเร็จรูปทั้งคัน (CBU) รวมภาษีนำเข้า	แบบนำเข้าสำเร็จรูปทั้งคัน (CBU) ยกเว้นภาษีนำเข้า	ราคา CIF ที่เคยดำเนินการซื้อรถโดยสารไฟฟ้าของ กฟภ.	คิดส่วนต่างจากคุณสมบัติตัวรถโดยสารของ กฟภ.	แบบนำเข้าชิ้นส่วนและอุปกรณ์มาประกอบในประเทศ (CKD)
1. ต้นทุนตัวรถโดยสารปรับอากาศ	4,077.89	2,707.90	2,390.72	2,151.00	1,837.68
ราคาเฉลี่ยต่อคัน (1)	20.39	13.54	11.95	10.76 -5% = 10.22 -10% = 9.68 -12% = 9.46	9.19
2. ค่าบำรุงรักษา	702.55	702.55	702.55	702.55	702.55
ต้นทุนรวม (1+2)	4,780.44	3,410.45	3,093.27	2,853.55 -5% = 2,746.00 -10% = 2,638.45 -12% = 2,595.43	2,540.23