

Bioenergi och bilar: Primärenergianvändning, koldioxid och integrering av förnybar energi

Leif Gustavsson

leif.gustavsson@lnu.se

Bioenergidagen 2016

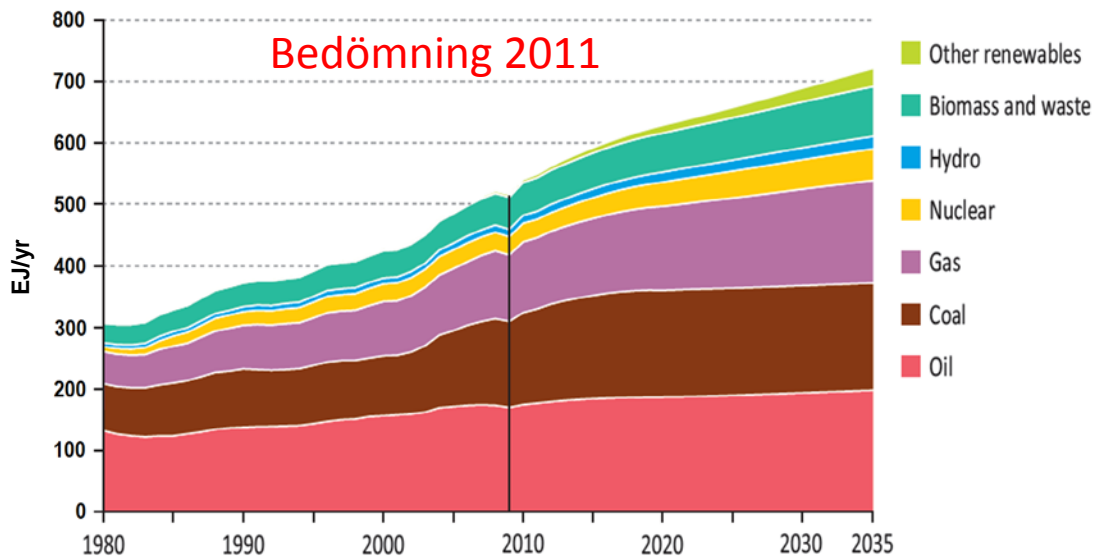
25 November, 13.00 – 13.25

Linnéuniversitetet, Hus H, Sal Linné

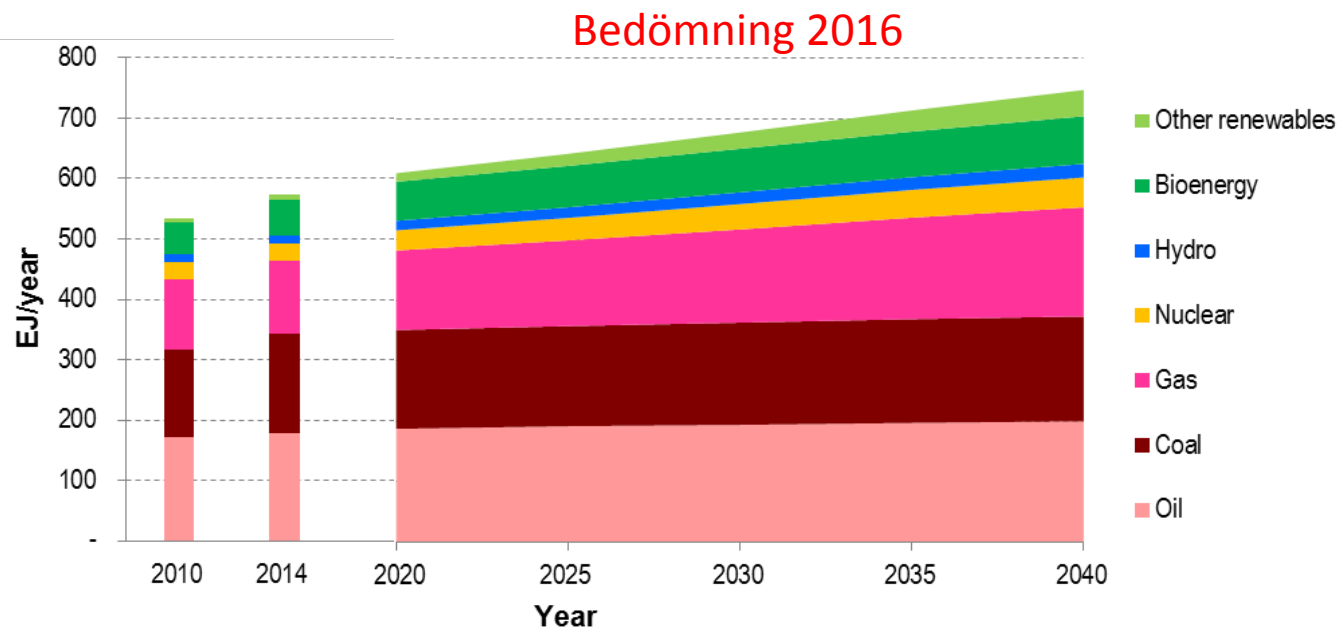
Växjö



Global primärenergianvändning och trend i utveckling



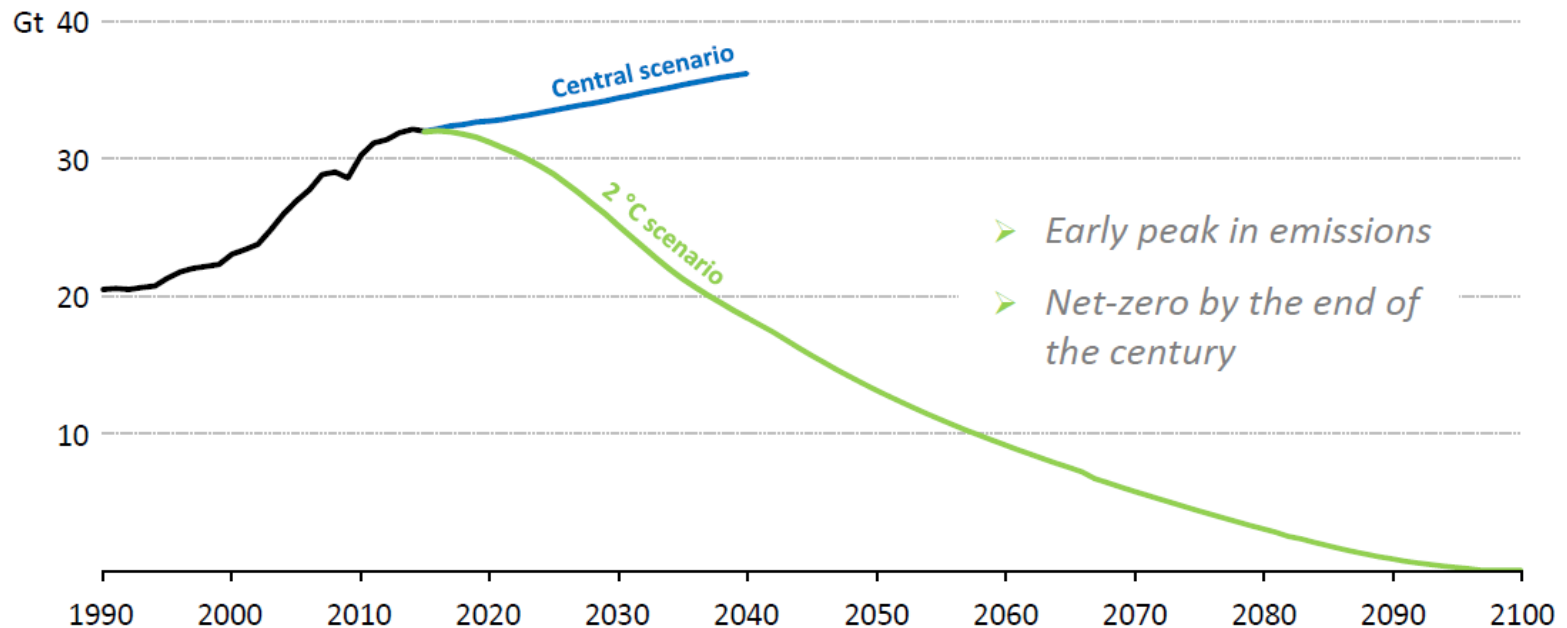
År	2010	2014
Totalt i Exajoul	533	573
Fördelning i %		
Oil	32.4	31.2
Coal	27.3	28.7
Gas	21.4	21.1
Total fossil	81.1	81.0
Bioenergy	10.0	10.4
Nuclear	5.7	4.8
Other	3.2	3.8



Source: International Energy Agency (IEA),
 2011. World Energy Outlook 2011
 IEA, 2013. World Energy Outlook 2013;
 IEA, 2012. Key World Energy Statistics
 IEA, 2016. World Energy Outlook 2016

Energisektorns utsläpp av koldioxid - enligt IEA 2016

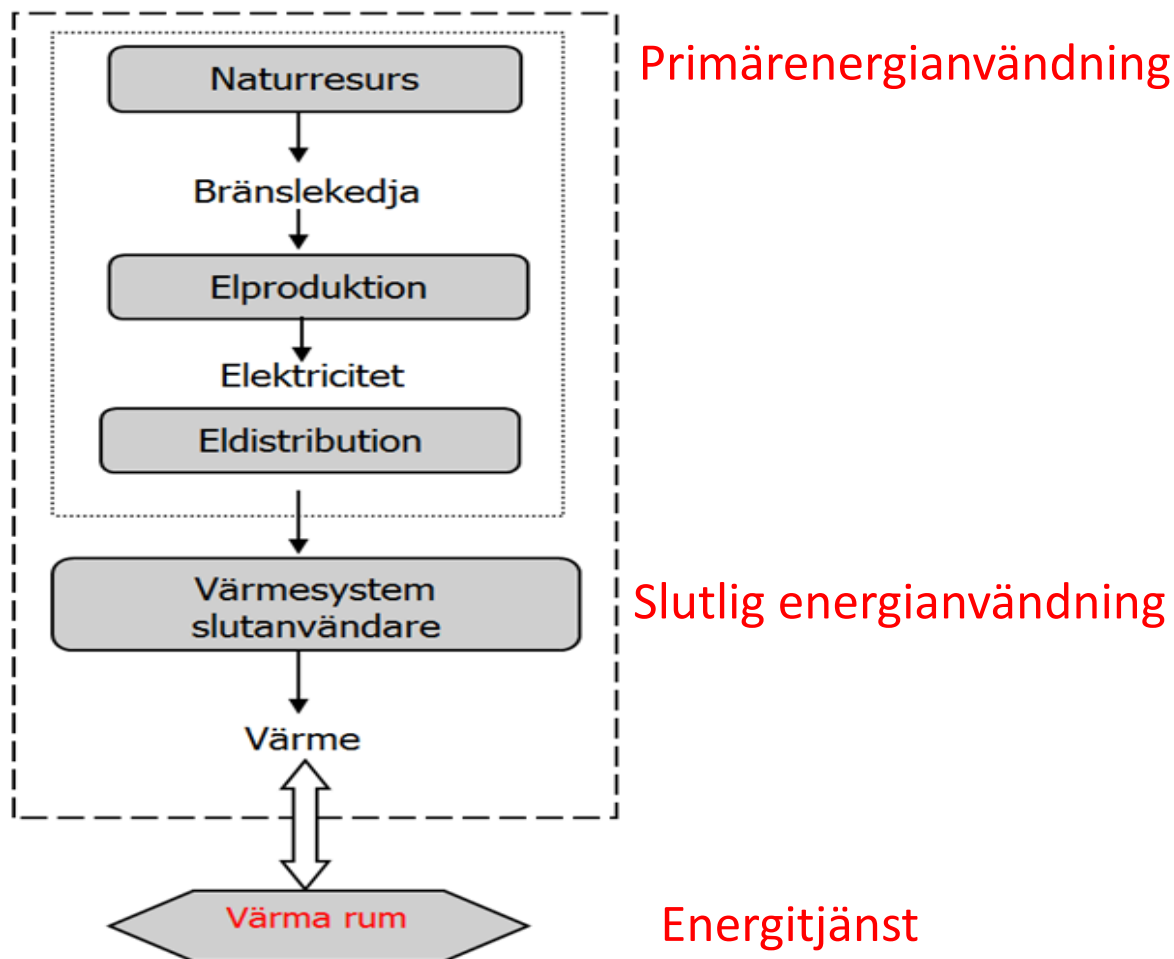
Paris agreement, article 2a: "Holding the increase in the global average temperature to well below 2 °C above pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C above pre-industrial levels"



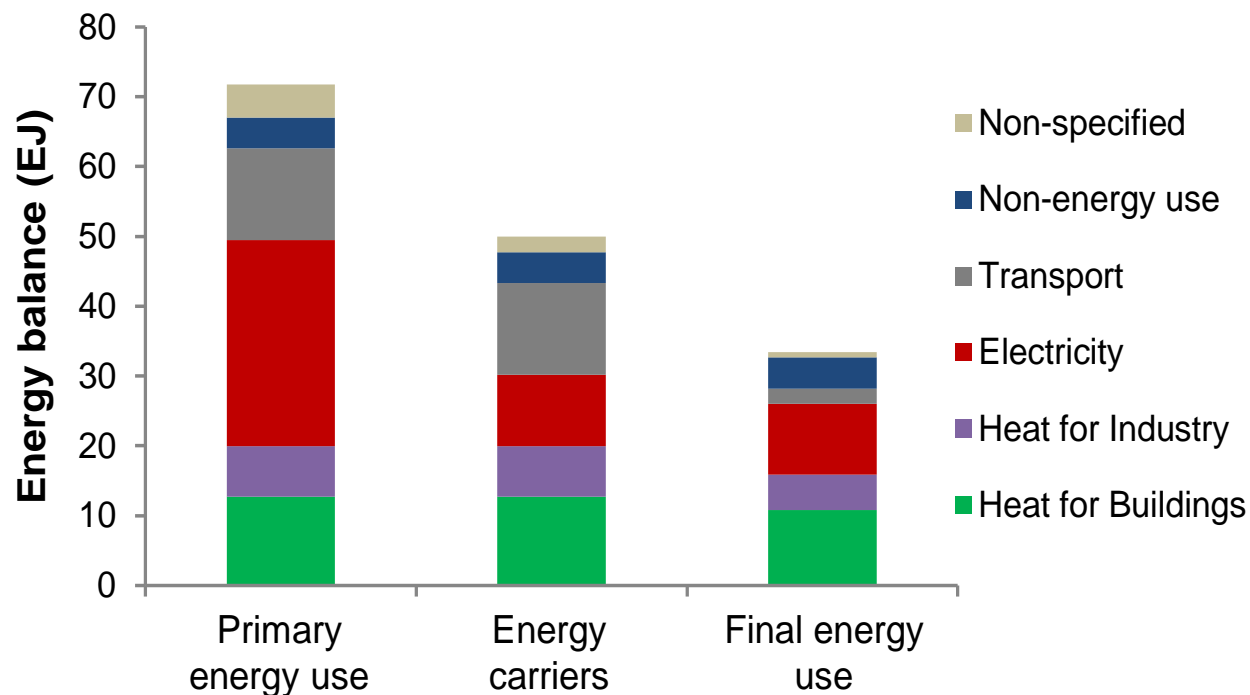
Current pledges fall short of limiting the temperature increase to below 2 °C; raising ambition to 1.5 °C is uncharted territory

Vi behöver förnybara resurseffektiva energi- och materialkedjor - från naturresurs till levererad tjänst

Exempel på energikedja för rumsuppvärmning med el



Primär och slutlig energianvändning inom EU27 år 2010

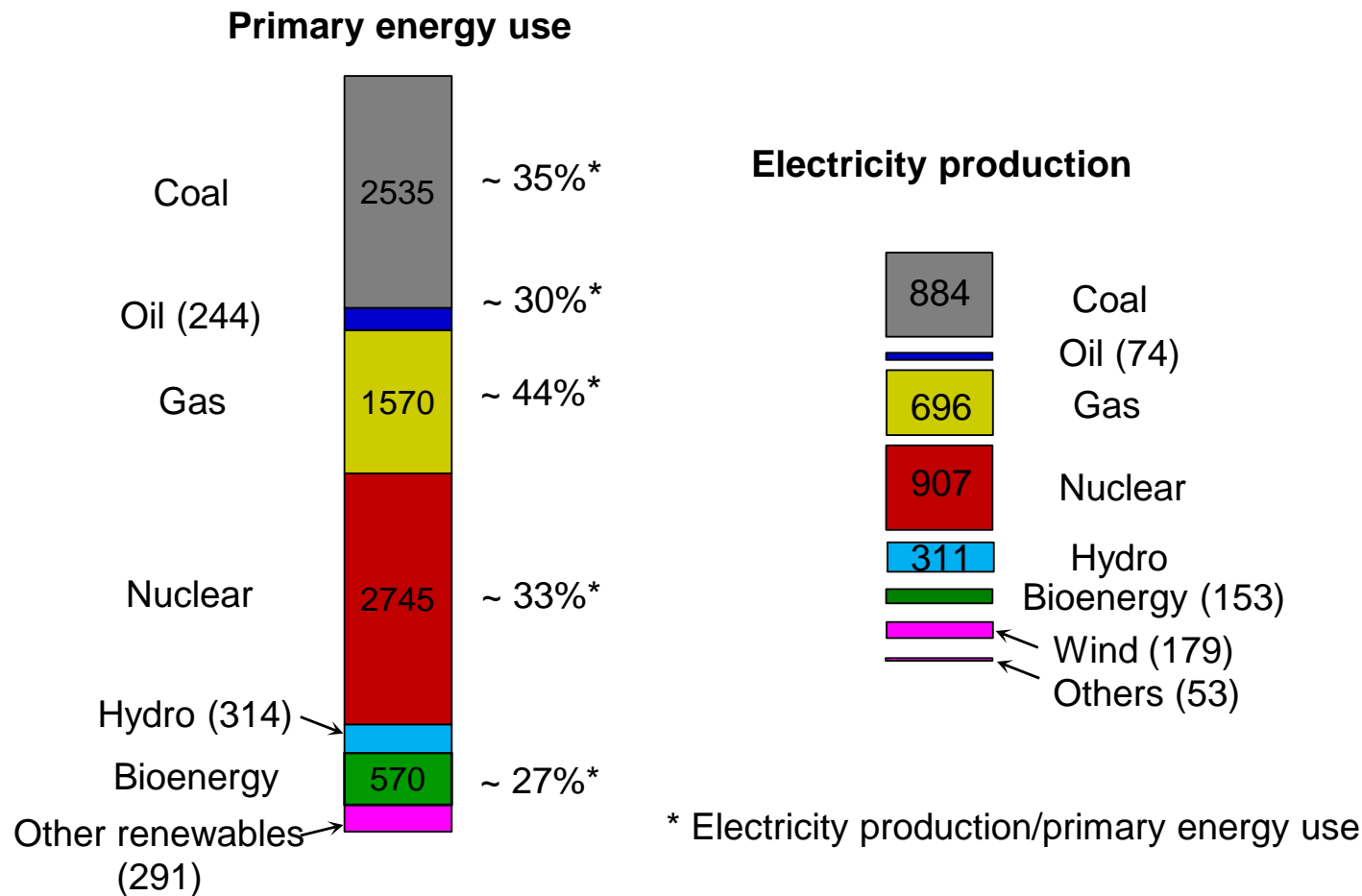


Nästan 50% av slutlig energianvändning inom EU är för värme inom bostäder, service och industri

Värme har en hög verkningsgrad från primärenergi till slutlig användning jämfört med el och transporter

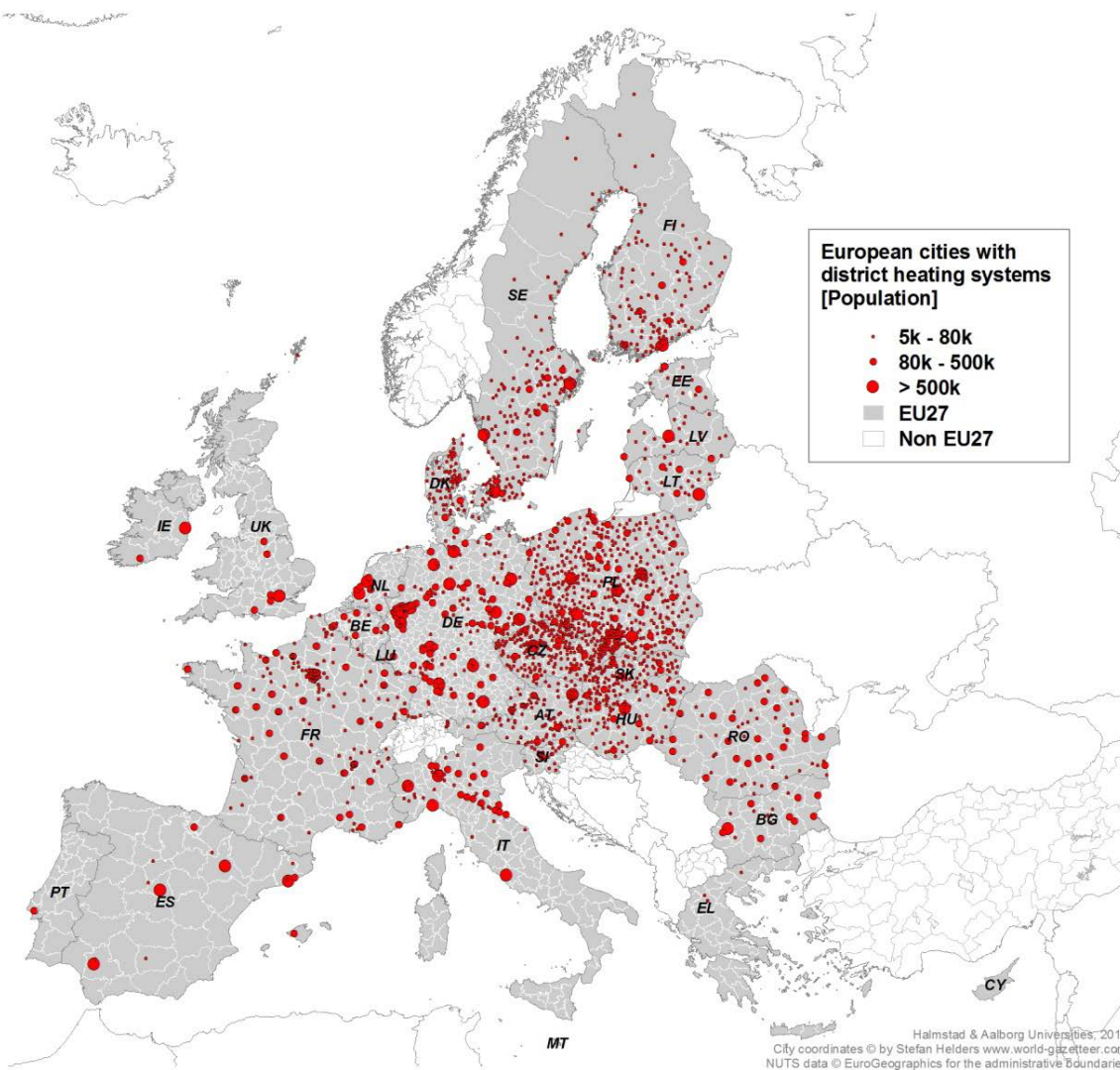
Kan verkningsgrad för el och transporter förbättras genom samproduktion av el och värme, och elektrifiering av transporter?

Primärenergianvändning inom EU27 för elproduktion och producerad mängd el år 2011 (TWh)



Moderna biobaserade kraftvärmeverk har en verkningsgrad om $\approx 85\%$ (el och värme)

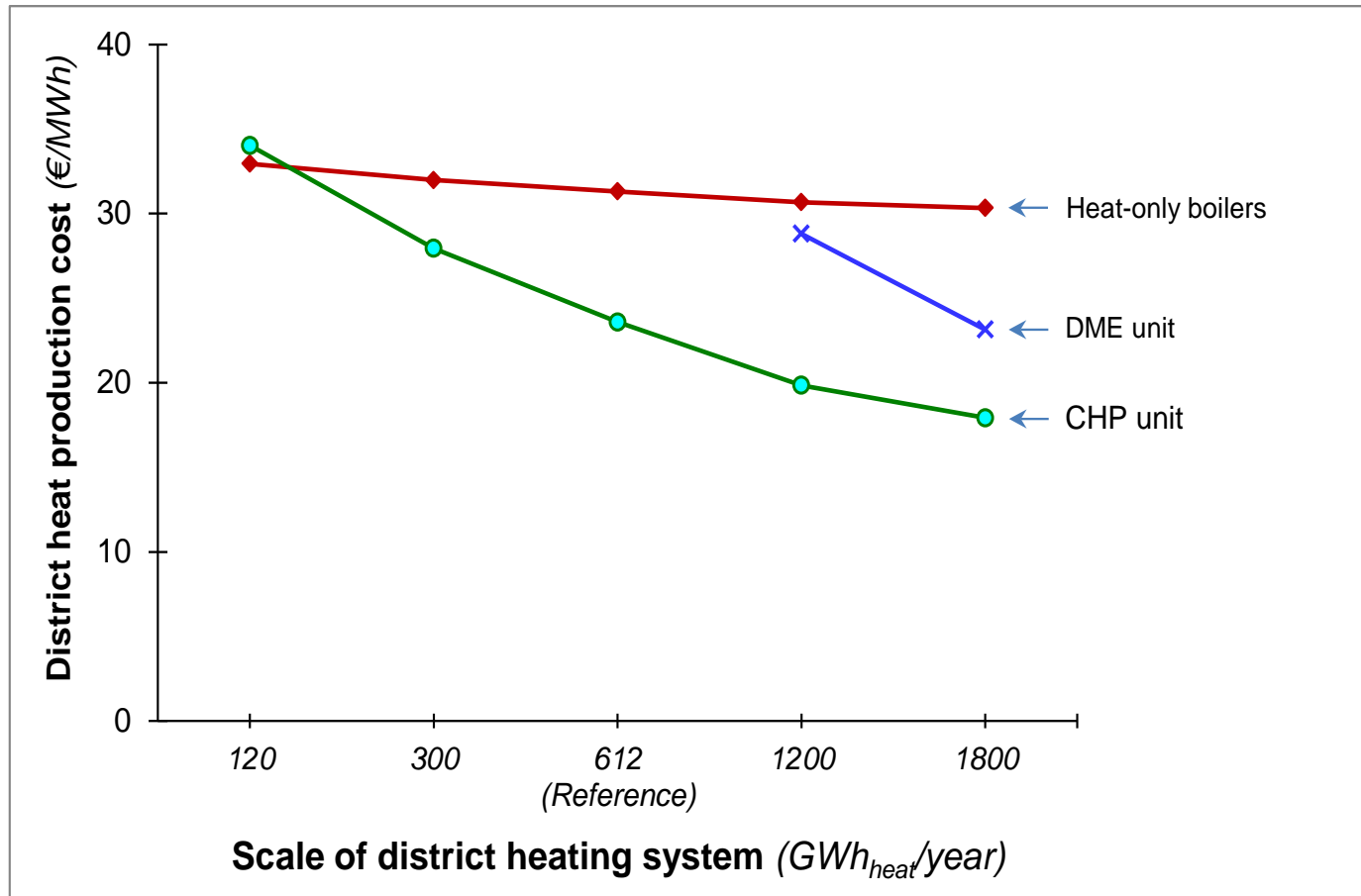
Fjärrvärmesystem inom EU27



- Cirka 6000 fjärrvärmesystem finns idag
- Fjärrvärme svarar för cirka 13% av total värmeförsörjning av bostäder och service
- Potential expansion är upp till 30% år 2030 och 50% år 2050.

Produktionskostnad biobaserad fjärrvärme

Olika stora fjärrvärmesystem och olika omvandlingstekniker



Adapted from: Truong N.L. and Gustavsson L. 2013.
Integrated biomass-based production of district heat,
electricity, motor fuels and pellets of different scales. *Applied
Energy* 104:623-632

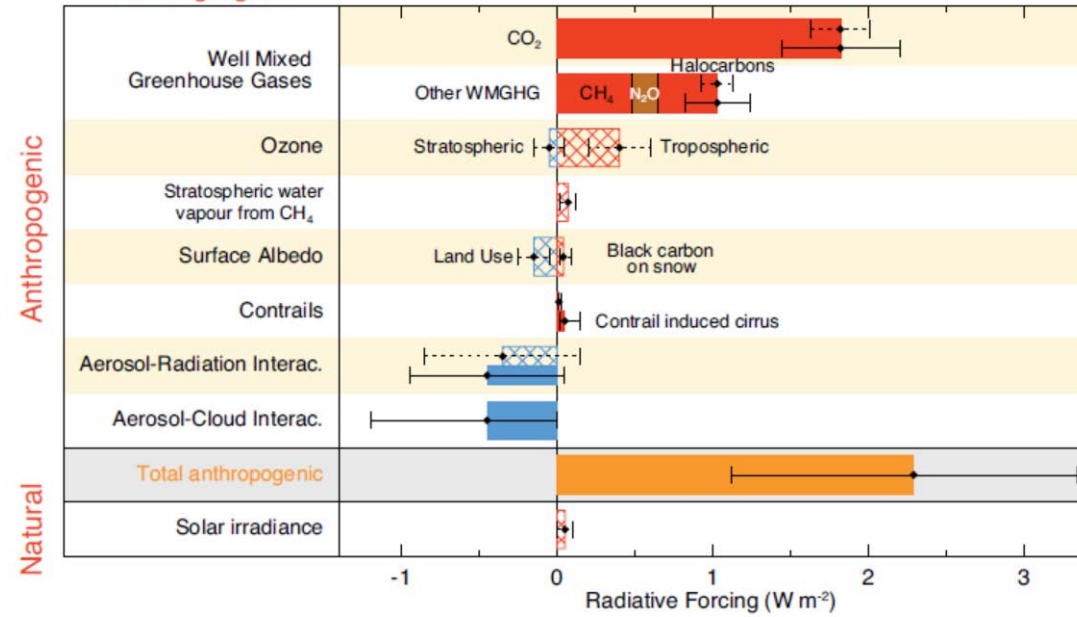
Bioenergi är kontroversiellt internationellt Dess klimatnytta ifrågasätts

Stories from Climate Central's Science Journalists and Content Partners, *August 9th, 2016*

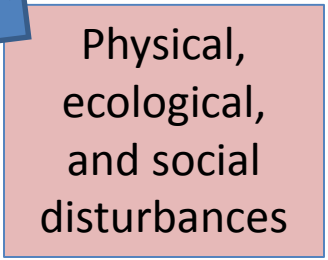
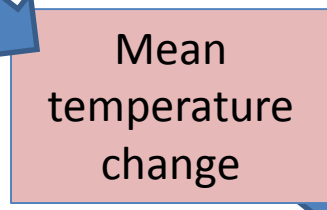
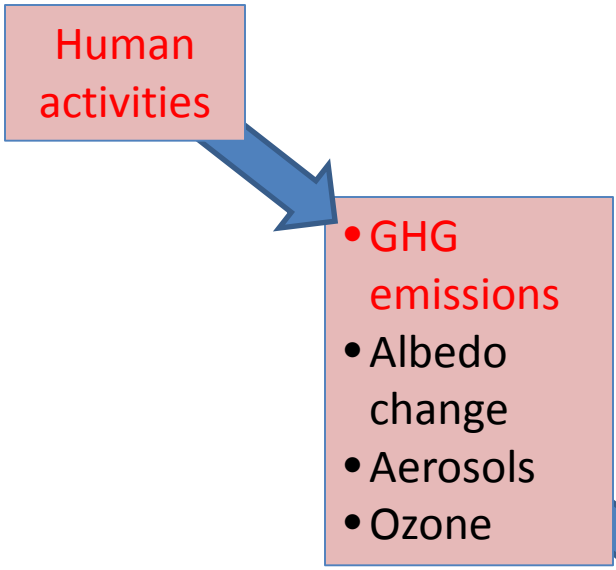
European Union climate rules treat woody biomass energy as if it's as clean as solar or wind energy, despite it releasing more heat-trapping carbon dioxide for every megawatt of electricity produced than coal



Radiative forcing of climate between 1750 and 2011
Forcing agent



(IPCC 2013)



Antropogen klimatpåverkan

Kumulativa CO₂ emissioner är enligt IPCC den bästa predikatoren för framtida globala temperaturförändringar

Ett jämförande exempel: Bioel och kolel

En MWh elektricitet produceras varje år under 40 år i en separat elproduktionsanläggning

Hela energikedjor beaktas - från utvinning av bränsle till förbränning

Bästa teknik förutsätts

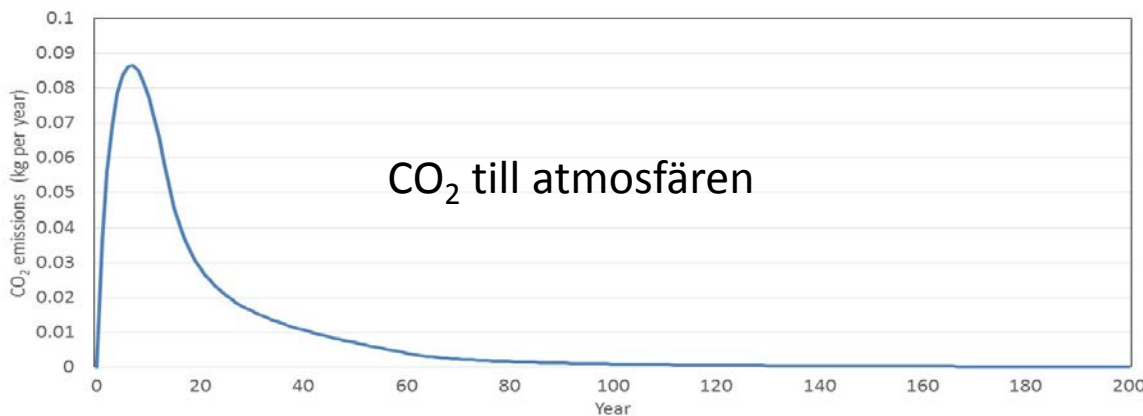
Bioenergi

- Grot (grenar och toppar) skördas i södra Norrland
- Transporteras 100 km med lastbil + 250 km med tåg + 1100 km med fartyg till hamn i Europa
- Levereras som flis
- Verkningsgrad anläggning: 42% (LHV)

Stenkol

- Utvinning och transport släpper ut CO₂ motsvarande 10% av utsläpp vid förbränning
- Verkningsgrad anläggning: 44% (LHV)
- Grot (grenar och toppar) lämnas kvar i skogen och bryts ned naturligt

En avgörande fråga: Vad händer med biomassan om den inte används för energi?



Based on: Gustavsson L., Haus S., Ortiz C., Sathre R., and Truong N.L. (2015) *Climate effects of bioenergy from forest residues in comparison to fossil energy*. Applied Energy, Vol. 138: p. 36-50.

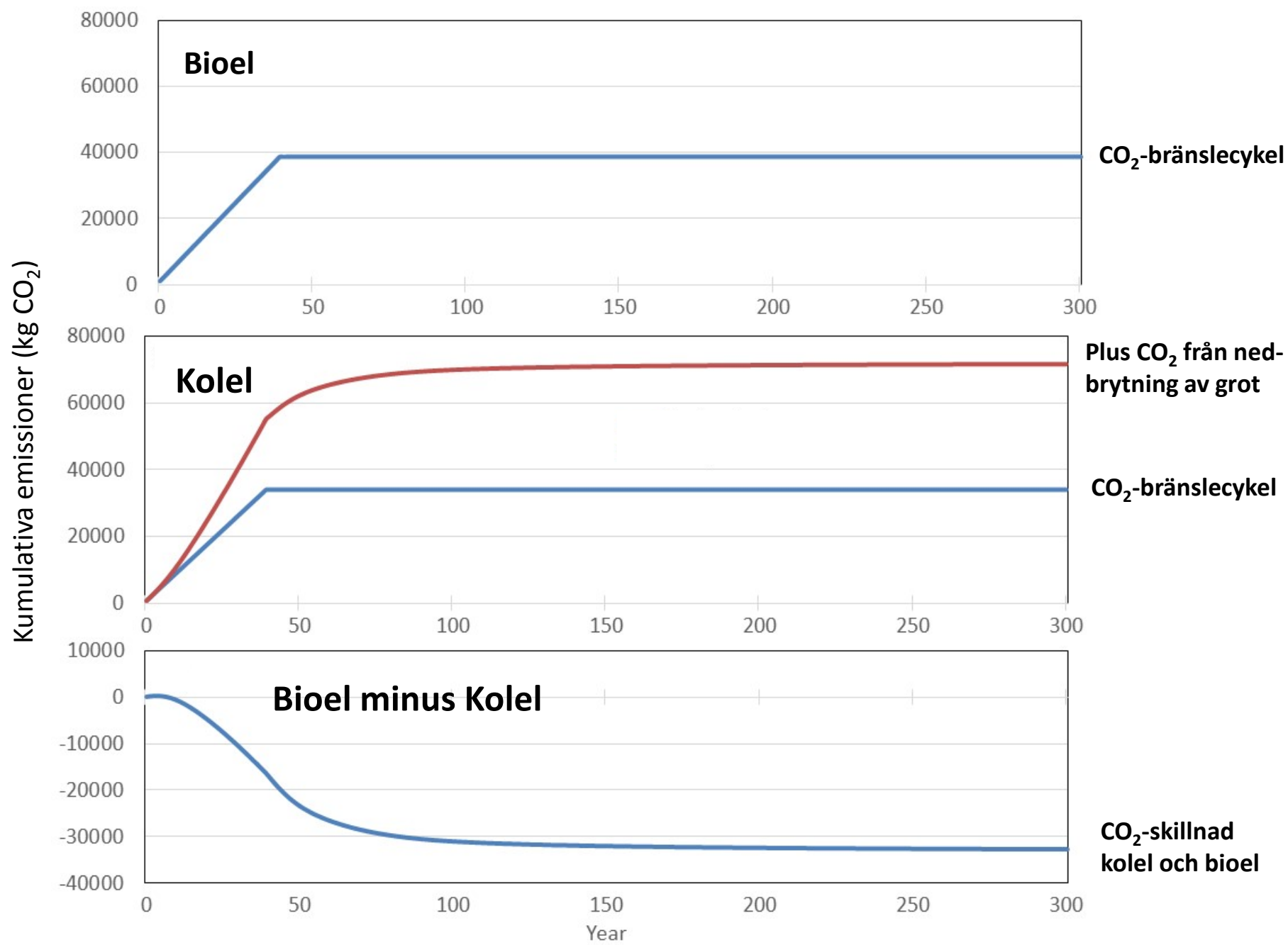
Naturlig nedbrytning av grot som lämnats kvar i skogen i södra Norrland



Hyggesrester lagda i hög (vänster) matas ned i en grop och förbränns (höger bild)
Norra Florida i USA.

Kumulativa CO₂ emissioner till atmosfären

(Baserat på Sathre, Truong & Gustavsson, 2016. Climate effects of electricity production fuelled by coal, forest slash and municipal solid waste with and without carbon capture, manuscript)



Bioenergi och bilar – många alternativ

Här redovisas:

- Biodrivmedelsproduktion i separata anläggningar
 - Metanol
 - DME
- Bioel
 - Samproducerad
 - Separat produktion

Grundantaganden:

- Jämförelsen baseras på en körsträcka om 1 km
- Hela energikedjor beaktas
- Råvara är grot (grenar och toppar)

Analyserade parametrar

- Primärenergianvändning
- CO₂-bränslecykel
- CO₂ från naturlig nedbrytning av grot
- Kumulativa CO₂-emissioner
- Hur jordens stålningsbalans påverkas

Analyserade bilar

Märke	Model	Energibehov bilen (kWh/km)		
		El	Bensin	Diesel
Ford				
- Laddhybrid, bensin	Fusion	0.103	0.306	-
- Bensinhybrid	Fusion	-	0.500	-
Mercedes-Benz				
- El	B-class	0.249	-	-
- Bensin	B-class	-	0.597	-
- Diesel	B-class	-	-	0.510
Toyota				
- Laddhybrid, bensin	Prius	0.052	0.313	-
- Bensinhybrid	Prius	-	0.422	-

Biobaserade omvandlingstekniker

Separat elproduktion

- Ångturbin (BST)
- Förgasningsteknik med kombicykel (BIGCC)

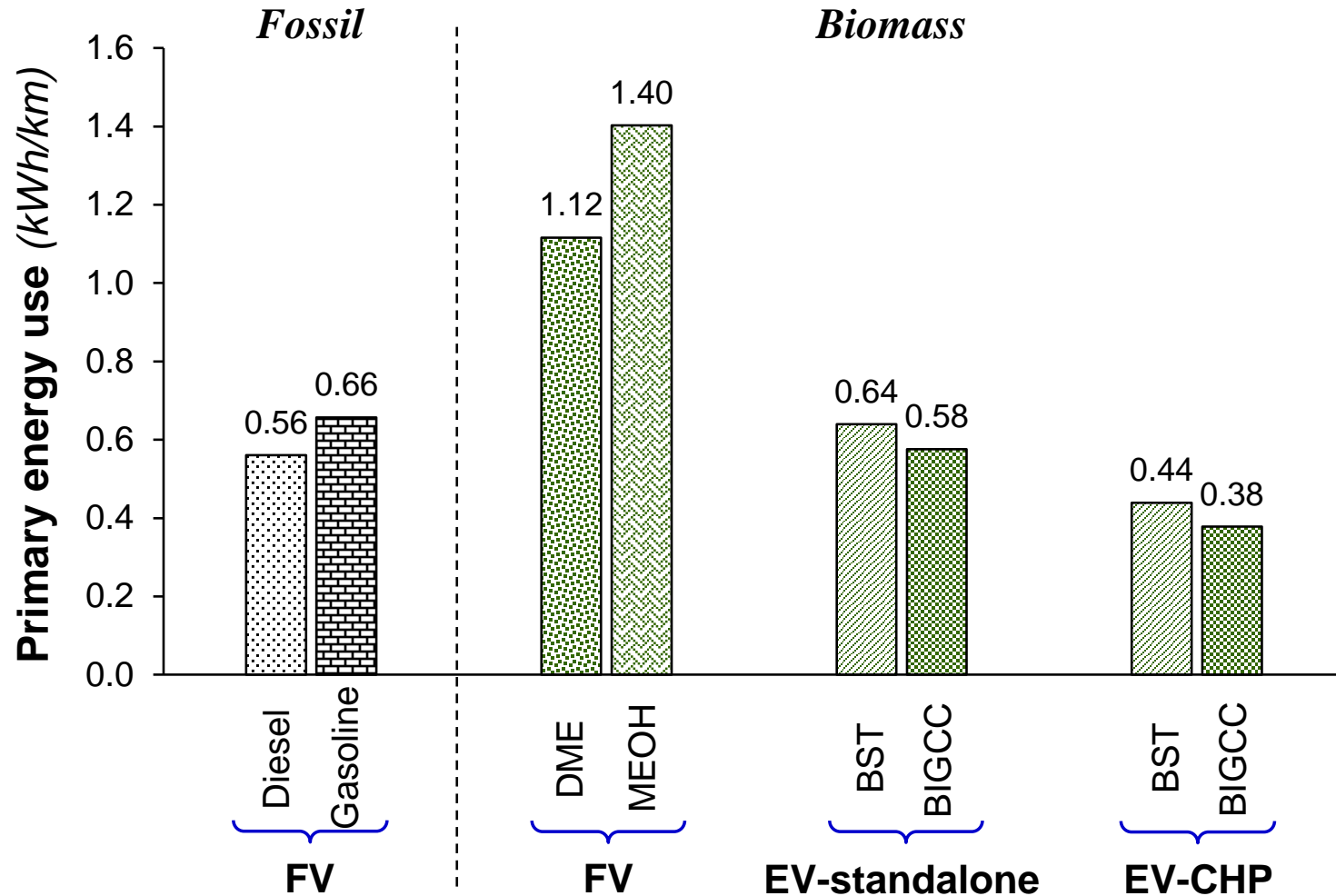
Samproduktion av el och fjärrvärme

- Ångturbin (BST)
- Förgasningsteknik med kombicykel (BIGCC)

Separat drivmedelsproduktion, DME och metanol (MeOH)

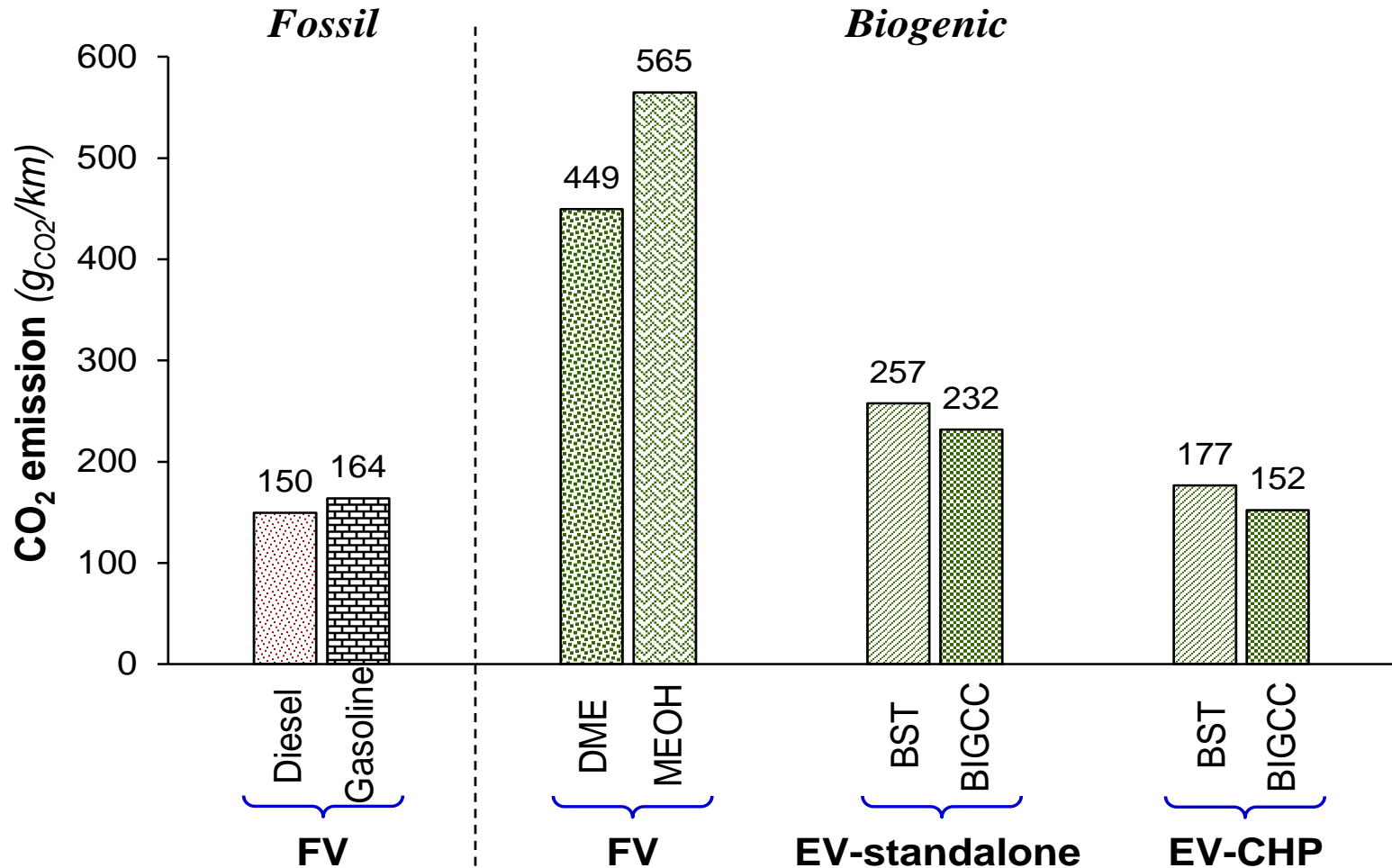
- Förgasningsteknik

Mercedes Benz B: Primärenergianvändning



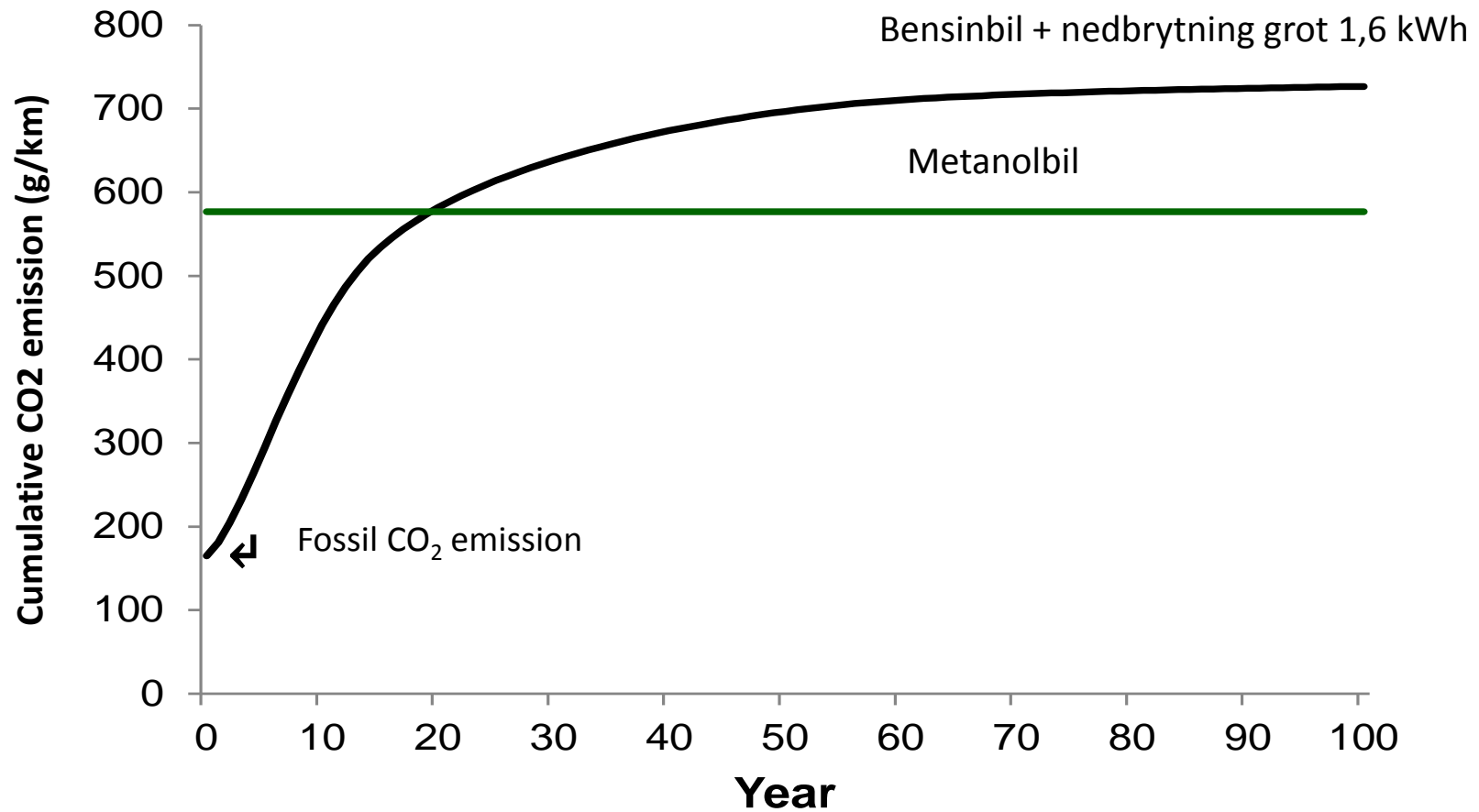
Based on Leif Gustavsson and Nguyen Le Truong, 2016. Bioenergy pathways for cars: Effects on primary energy use, CO₂ emission and energy system integration (accepted for publication in Energy, April 6, 2016)

Mercedes Benz B: CO₂ från bränslecykel



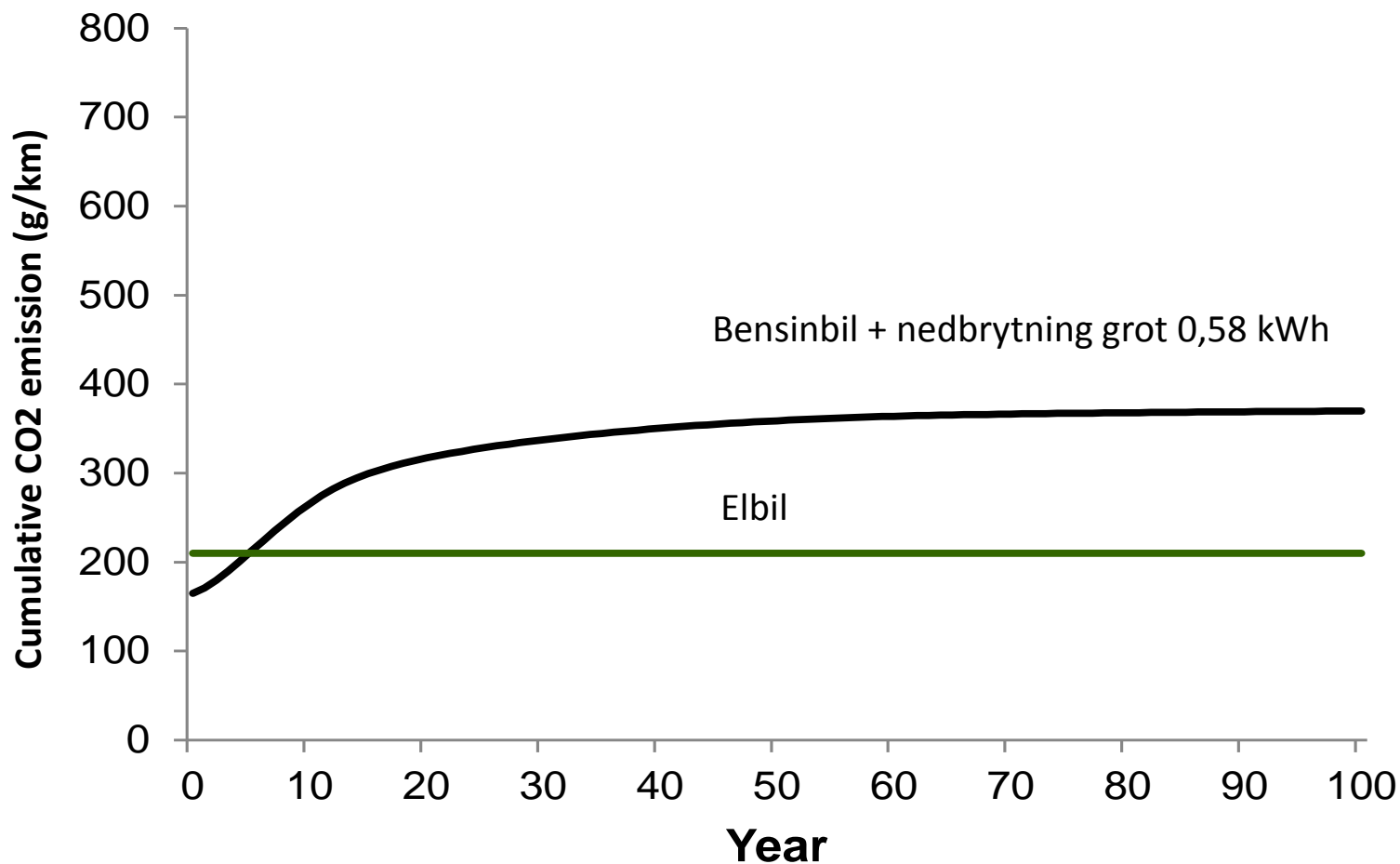
Based on Leif Gustavsson and Nguyen Le Truong , 2016. Bioenergy pathways for cars: Effects on primary energy use, CO₂ emission and energy system integration (accepted for publication in Energy, April 6, 2016)

Mercedes Benz B: Kumulativa CO₂-emissioner från bränslecykel och nedbrytning av grot - **Bensinbil** och **metanolbil**



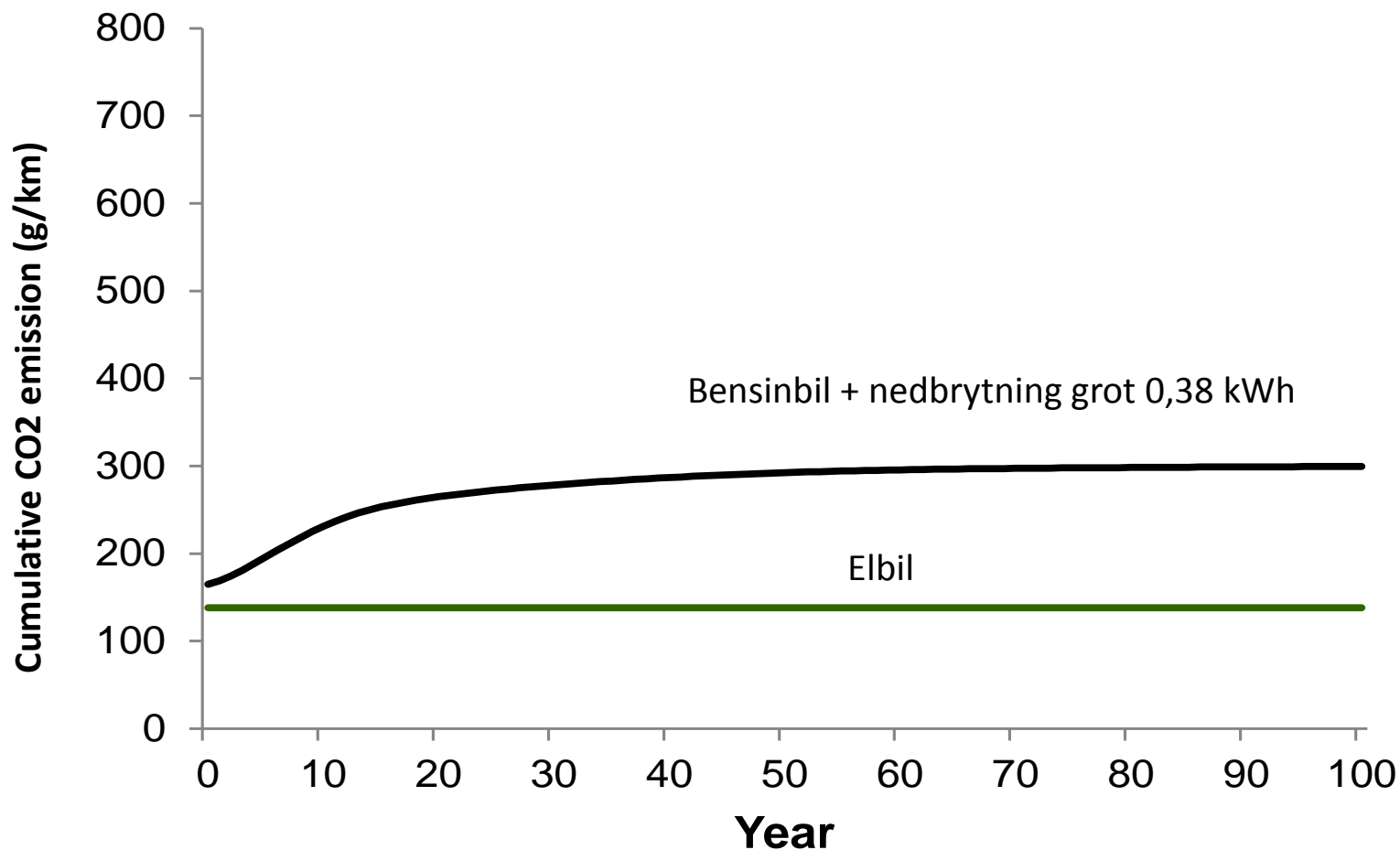
Based on Leif Gustavsson and Nguyen Le Truong , 2016. Bioenergy pathways for cars: Effects on primary energy use, CO₂ emission and energy system integration (accepted for publication in Energy, April 6, 2016)

Mercedes Benz B: Kumulativa CO₂-emissioner från bränslecykel och nedbrytning av grot - Bensinbil eller elbil med el från separat anläggning med BIGCC teknik



Based on Leif Gustavsson and Nguyen Le Truong , 2016. Bioenergy pathways for cars: Effects on primary energy use, CO₂ emission and energy system integration (accepted for publication in Energy, April 6, 2016)

Mercedes Benz B: Kumulativa CO₂-emissioner från bränslecykel och nedbrytning av grot - **Bensinbil** eller **elbil** med samproducerad el med BIGCC teknik



Based on Leif Gustavsson and Nguyen Le Truong , 2016. Bioenergy pathways for cars: Effects on primary energy use, CO₂ emission and energy system integration (accepted for publication in Energy, April 6, 2016)

Möjligheter att integrera förnybar el

Kapacitet batterier

Mercedes-Benz B: **28 kWh**

Tesla Modell S: **70-95 kWh**

Energibehov lägenhet om 100 m²

Årligt hushållselbehov 15 – 25 kWh/m²

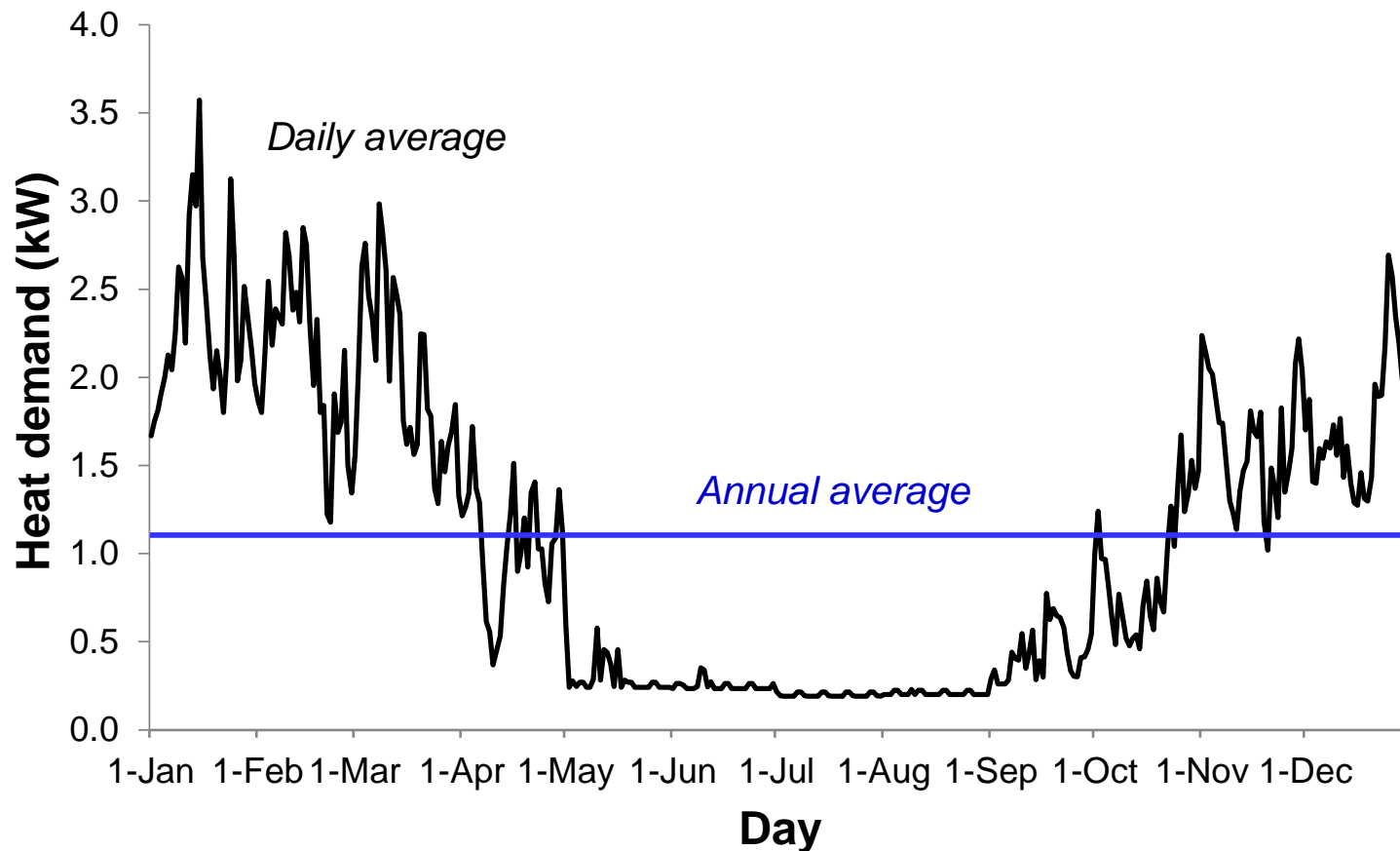
Årligt värmebehov 45 – 98 kWh/m²)

El årsgenomsnitt: **4-7 kWh/dag**

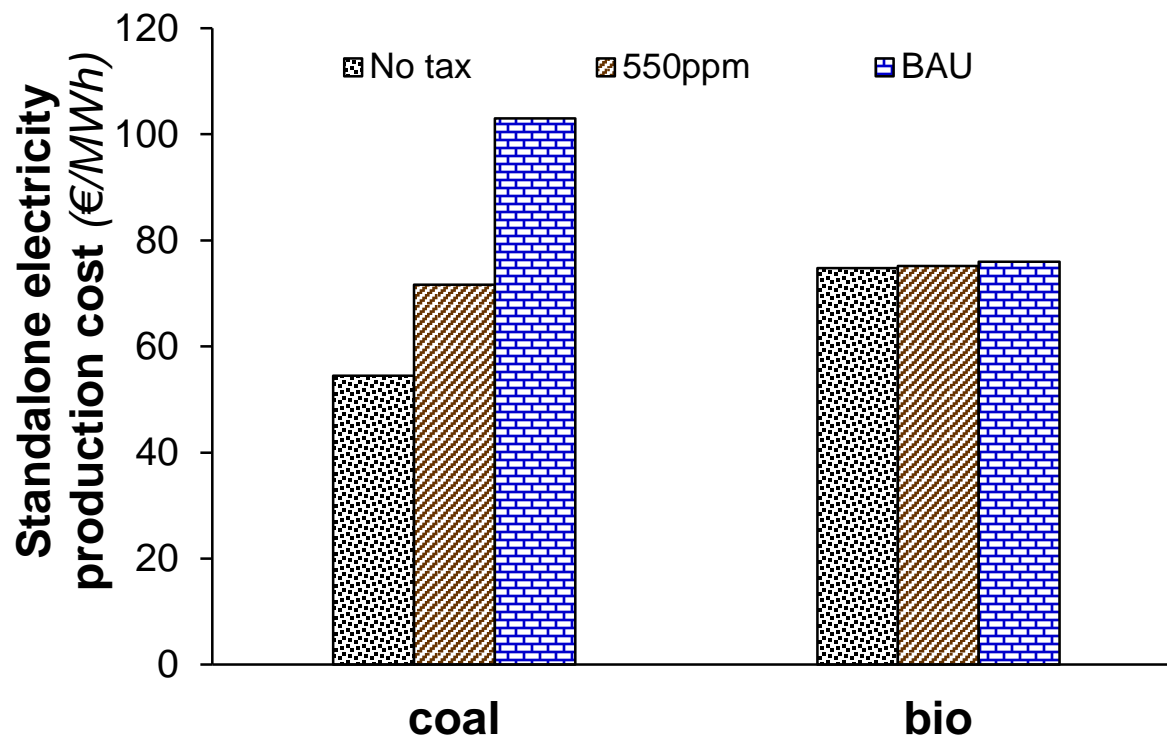
Värme årsgenomsnitt: **12-27 kWh/dag**

- 👉 Batterier i elbilar kan bidra till lagring av solex och vindel
- 👉 Fjärrvärme med kraftvärme och värmelager kan utnyttjas för att integrera solex och vindel – minskad elproduktion i kraftvärme vid tillgång på solex/vindel

Årlig värmeprofil för lägenhet om 100 m² vid årsbehov om 9800 kWh



Kostnad för separat elproduktion med stenkol eller biobränsle med eller utan skadekostnad för utsläpp av växthusgaser



Skadekostnad kopplat till 550 ppm CO₂ i atmosfären \$30 per ton CO₂
Skadekostnad kopplat till Business-as-usual \$85 per ton CO₂
Baserat på *The Stern Review on the Economics of Climate Change*, 2006

Stern in the Guardian Nov 6, 2016:
“With hindsight, I now realise that I underestimated the risks. I should have been much stronger in what I said in the report about the costs of inaction. I underplayed the dangers.”

Hur kan träbyggande, bioenergi och bilar samverka för minska klimatpåverkan?

- Förnybara resurseffektiva energi- och materialkedjor behövs
- Samproducerad bioel ökar systemverkningsgraden liksom förgasningsteknik med kombicycle
- Betydligt lägre primärenergibehov med elbilar än med biodrivmedelsbilar
- Betydligt större klimatfördelar med elbilar än med biodrivmedelsbilar
- Biodrivmedelsbilar kan ge en ökad klimatpåverkan under de första 30-50 åren jämfört med bensin-och diesalbilar
- Integration av sol och vind kan underlättas med elbilar och kraftvärmeproduktion
- Bioenergi behöver beaktas i ett övergripande systemperspektiv



Sweden and Norway adopt a 136-year-old technology to cut emissions.

Jason Deign, September 29, 2016,

<http://www.greentechmedia.com/articles/read/the-nordic-secret-to-heavy-vehicle-electrification-old-fashioned-cables>

Tack för visat intresse!

Frågor?

