

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

Leif Gustavsson

leif.gustavsson@lnu.se

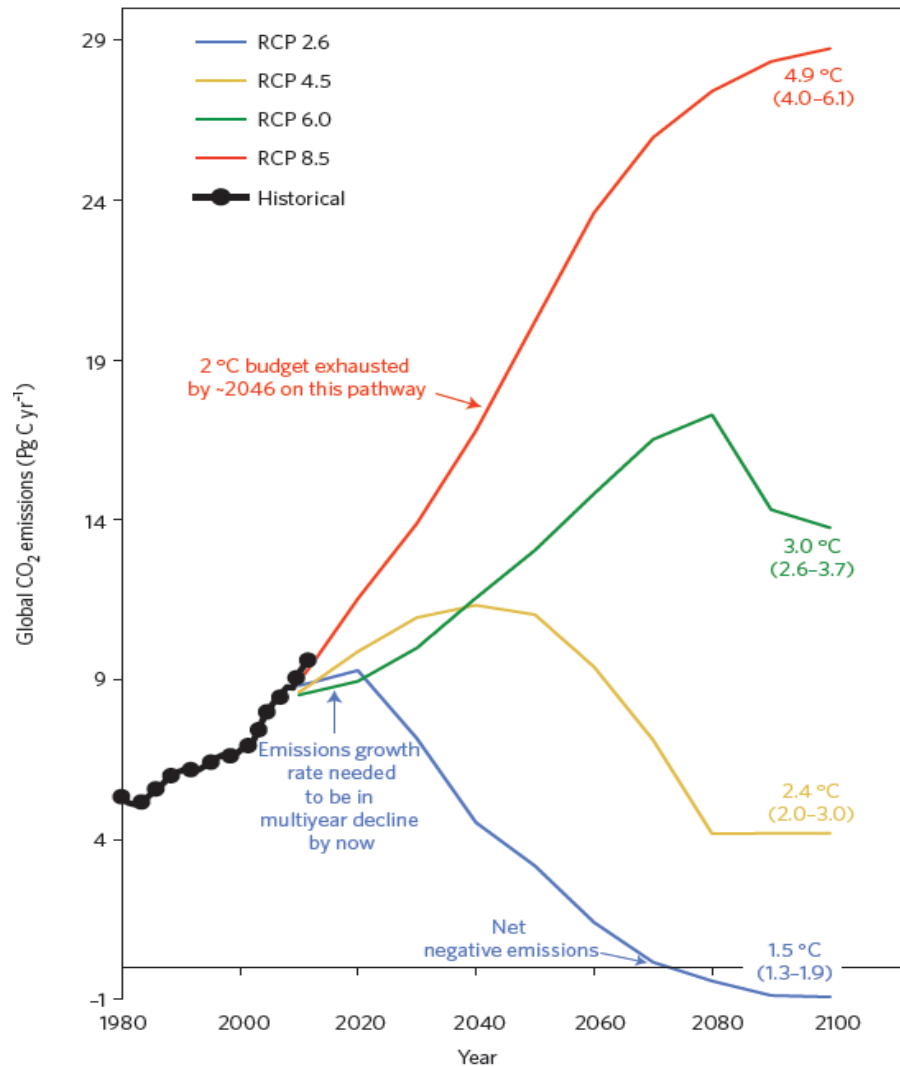
Energiting Sydost 2016, 10 november, 11.50 – 12.35

Netport Science Park, Biblioteksgatan 4

Karlshamn



Klimatscenarier – Globala utsläpp av koldioxid



RCP8.5: Strålningsdrivningen ökar till 8.5 W/m² år 2100. Utsläpp av växthusgaser som BAU. ΔT_H 4.9 °C

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”

RCP6.0: Strålningsdrivningen stabiliseras vid 6.0 W/m² år 2100. Strategier genomförs för att minska utsläpp. ΔT_H 3.0 °C

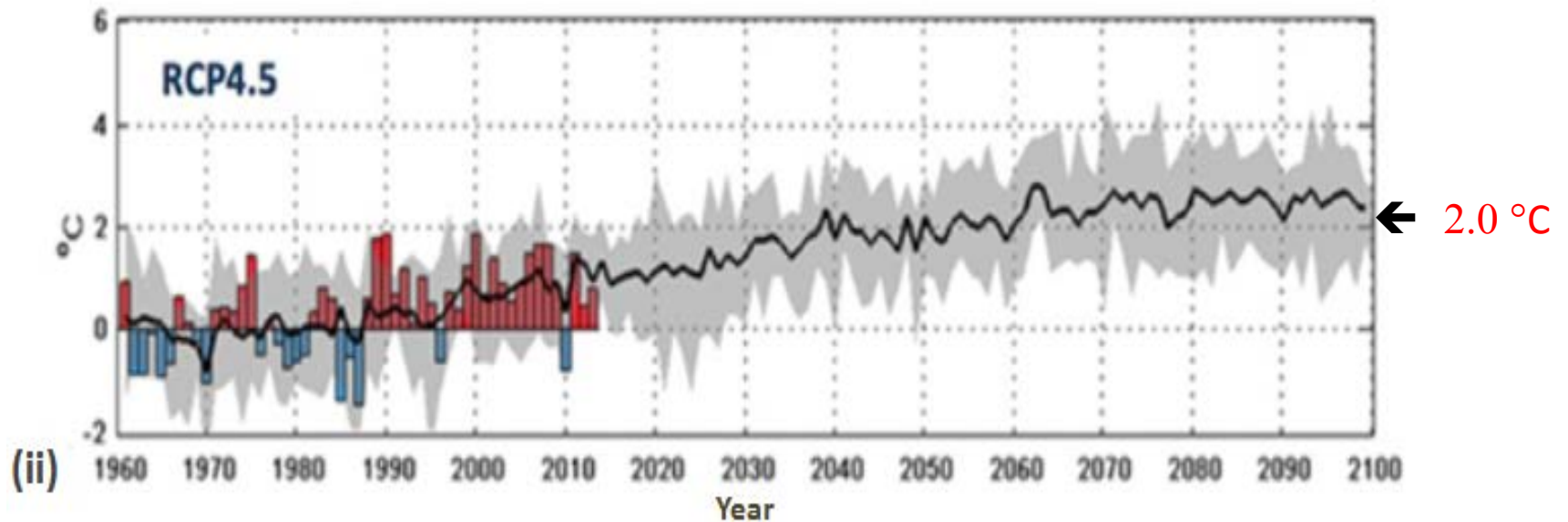
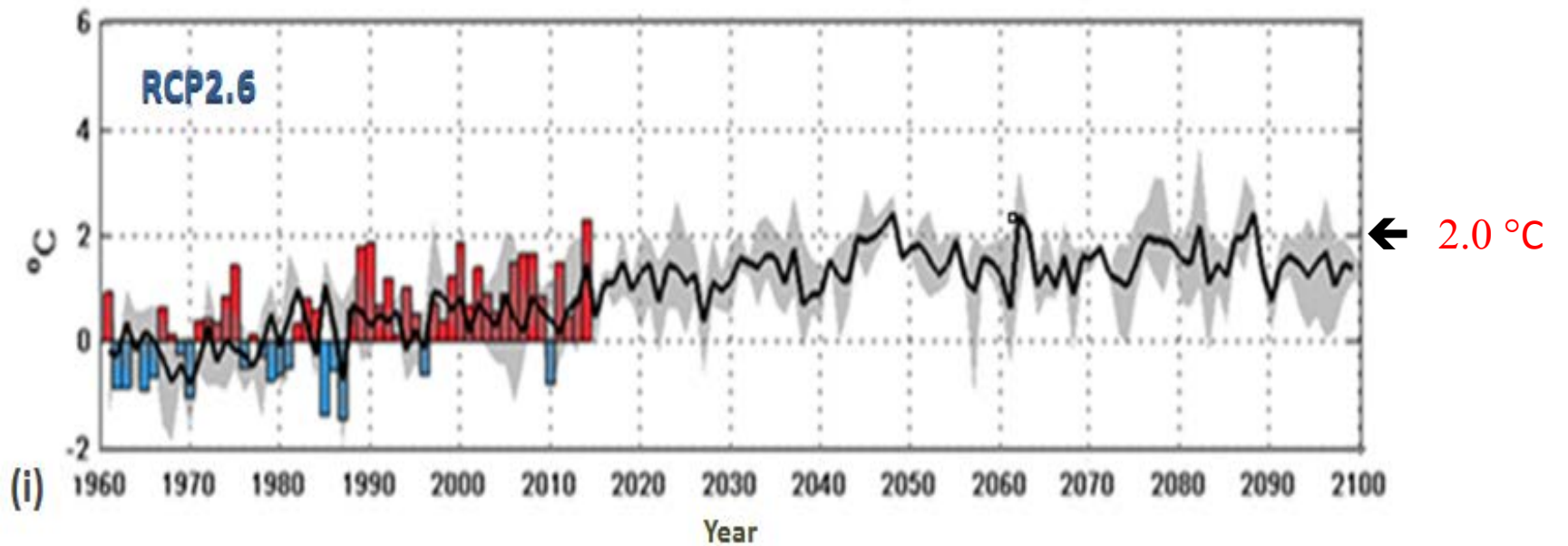
RCP4.5: Strålningsdrivningen stabiliseras vid 4.5 W/m² år 2100. Kraftfull minskning av utsläpp. ΔT_H 2.4 °C

RCP2.6: Strålningsdrivningen stabiliseras vid 2.6 W/m² år 2100. Radikal minskning av utsläpp. ΔT_H 1.5 °C

Source: Sanford, et al. The climate policy narrative for a dangerously warming world. Nat Clim Change, 4 (2014), pp. 164–166

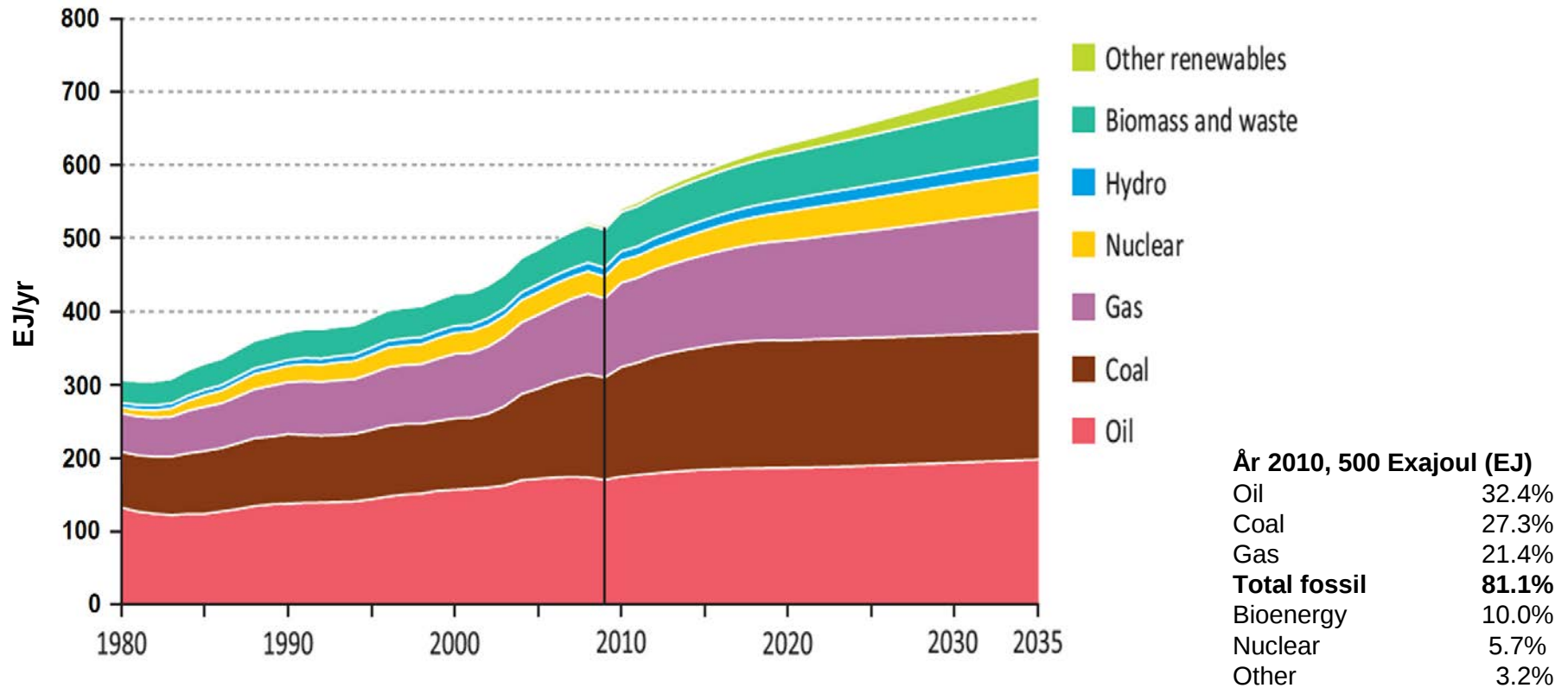
RCP = Representative Concentration Pathways

Förändrad medeltemperatur i Växjö



Global primärenergianvändning 1980-2009 och trend i utveckling till 2035*

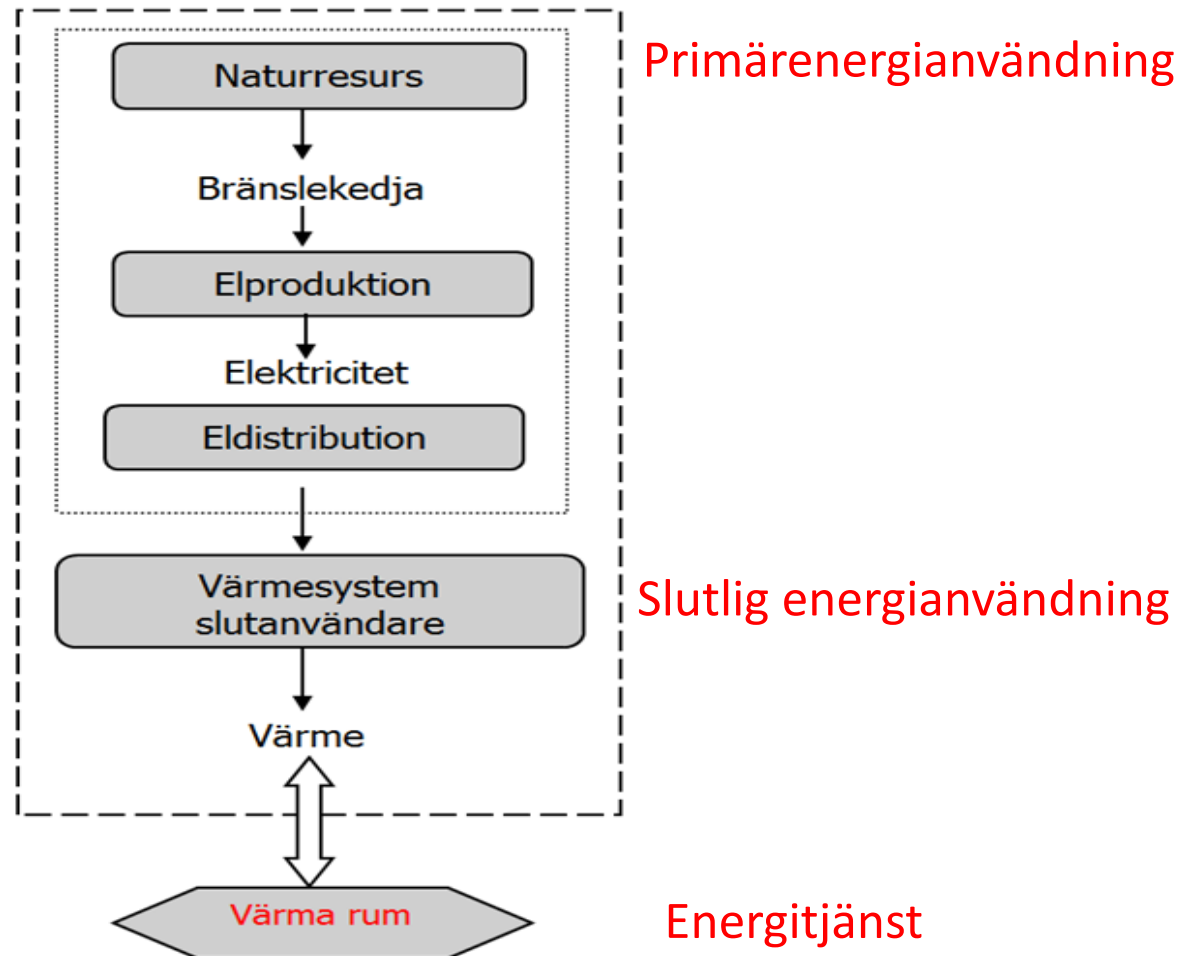
*Den bedömda utvecklingen inbegriper nya policyscenarier i vilka länderna ökar sina åtaganden för att minska utsläppen av växthusgaser



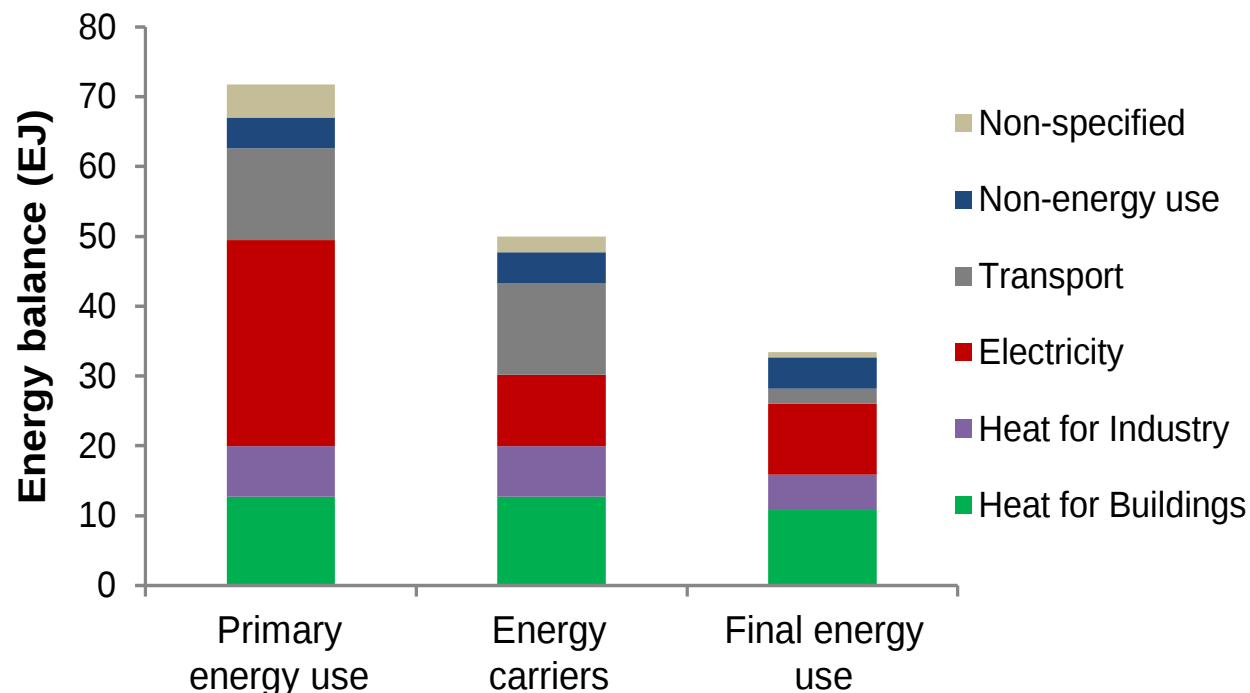
Source: International Energy Agency, 2011. World Energy Outlook 2011
International Energy Agency, 2012. Key World Energy Statistics

**Det behövs 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

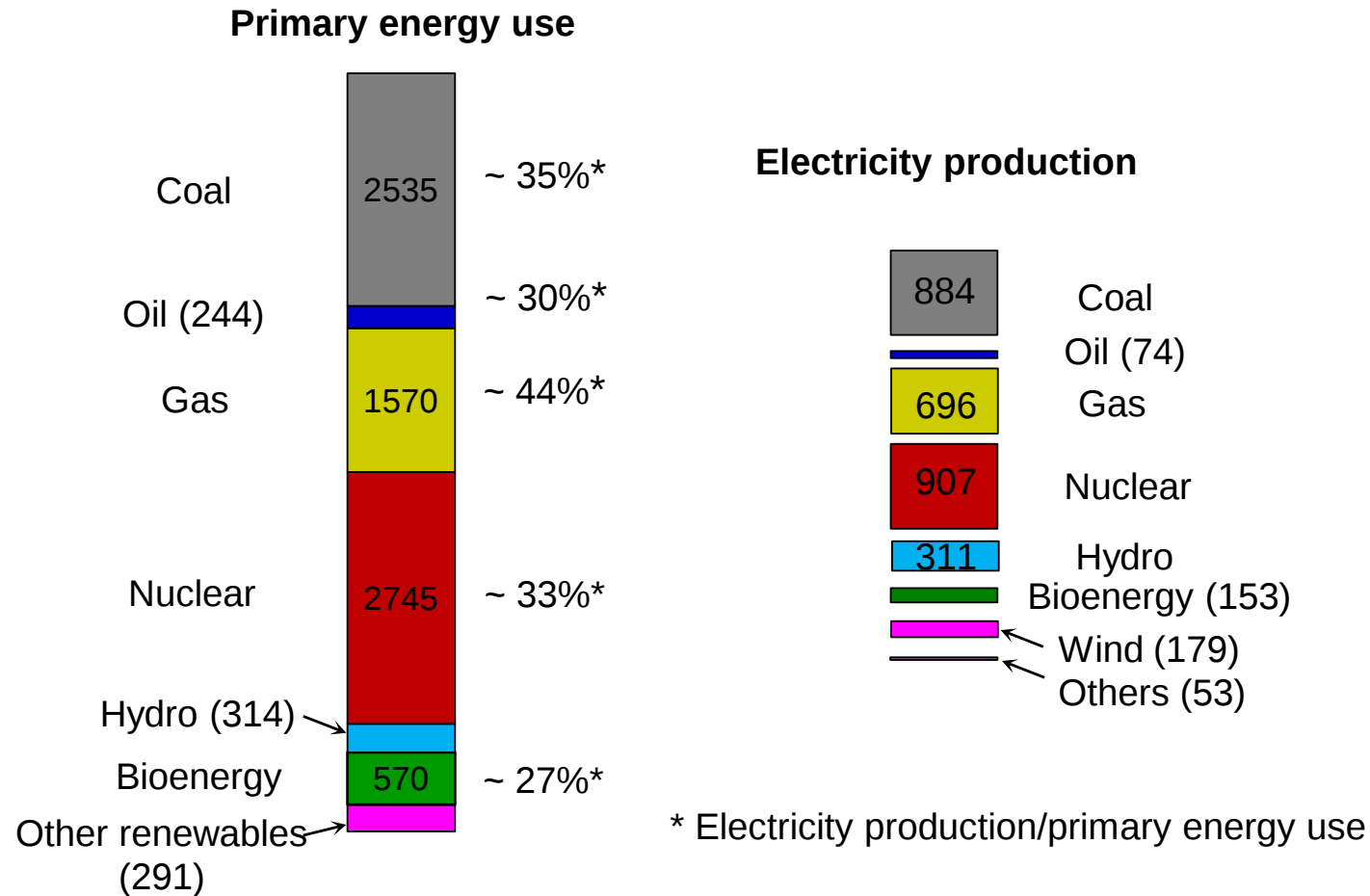


Nästan 50% av slutlig energianvändning inom EU är för värme inom bostäder, service och industri

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

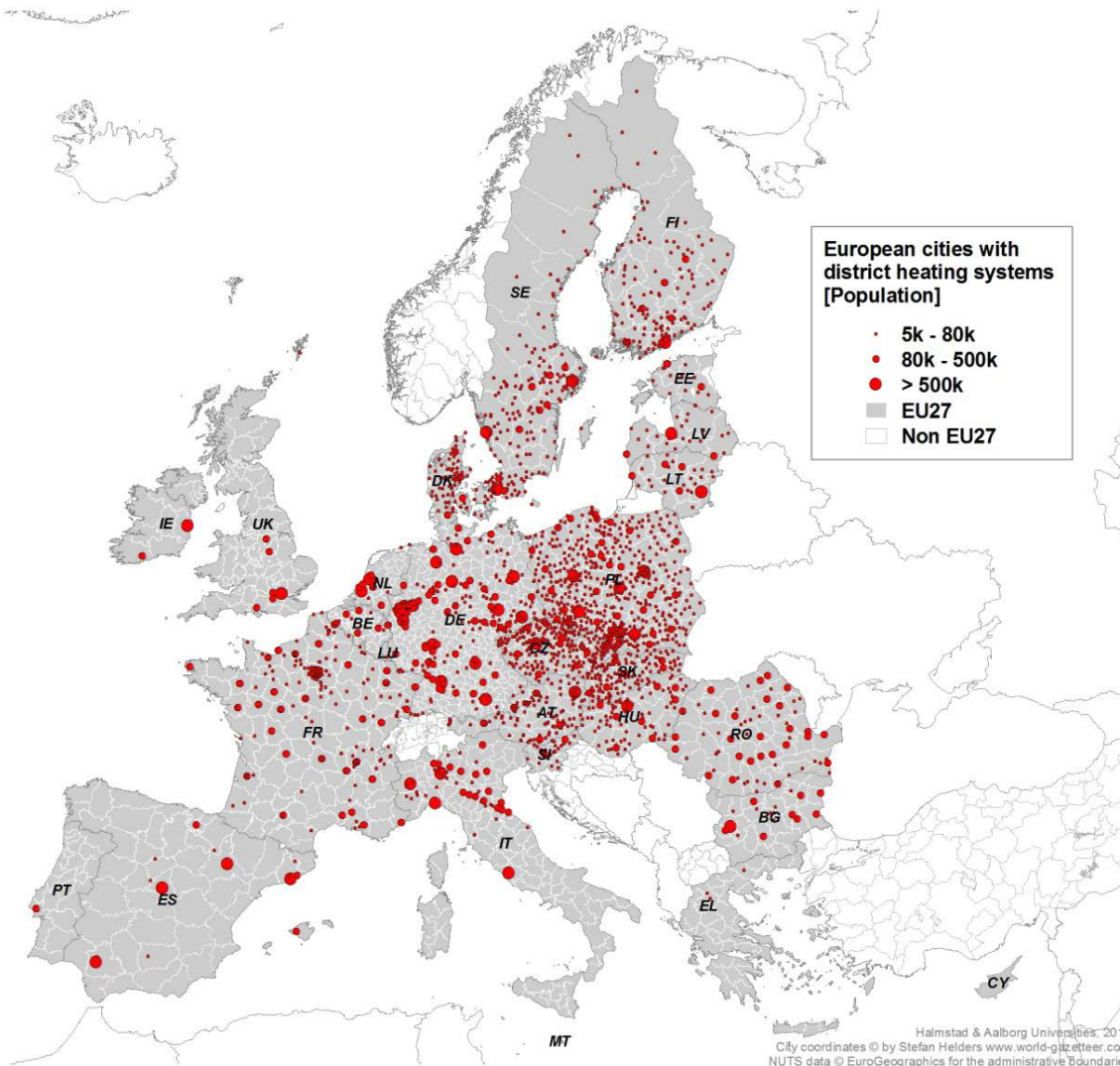
Kan verkningsgrad för el och transporter förbättras genom samproduktion av el och värme, och elektrifiering av transporter?

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



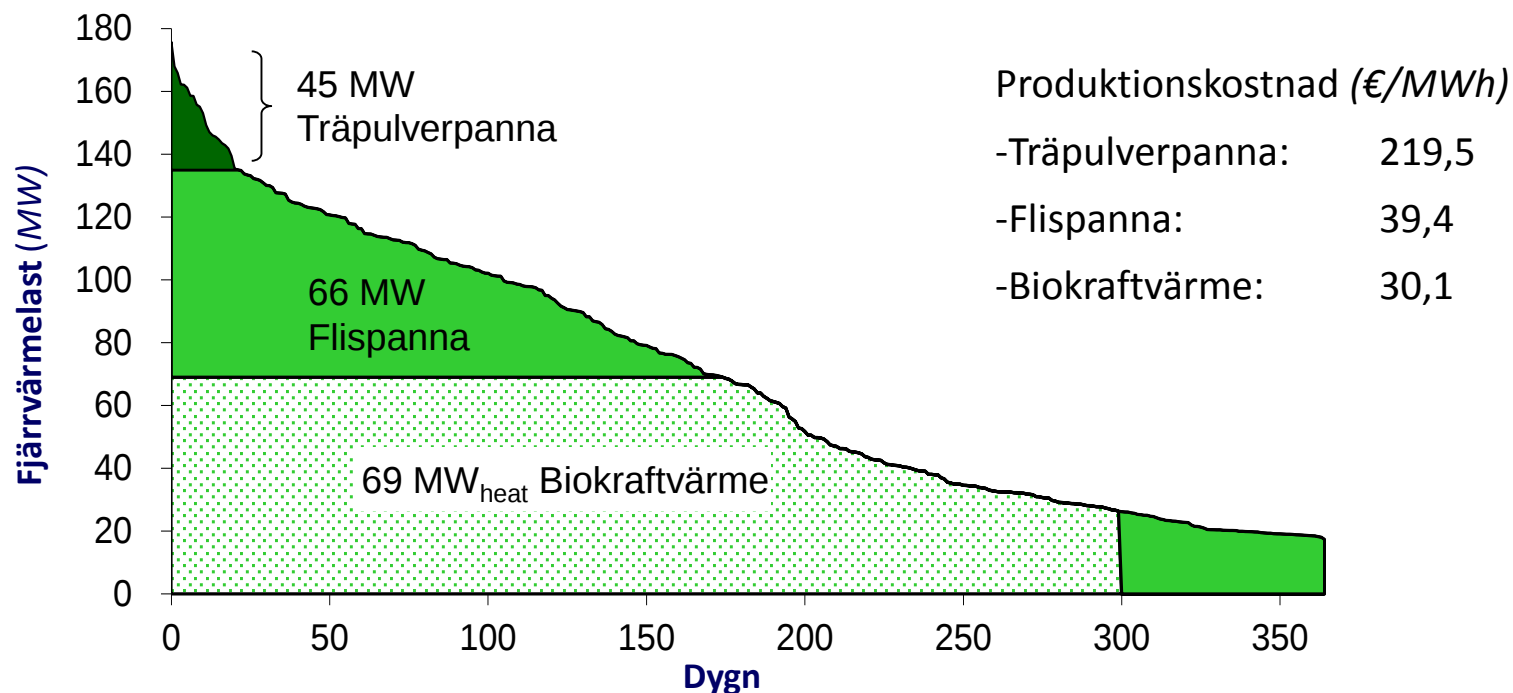
Moderna biobaserade kraftvärmeverk har en verkningsgrad om $\approx 85\%$ (el och värme)

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.

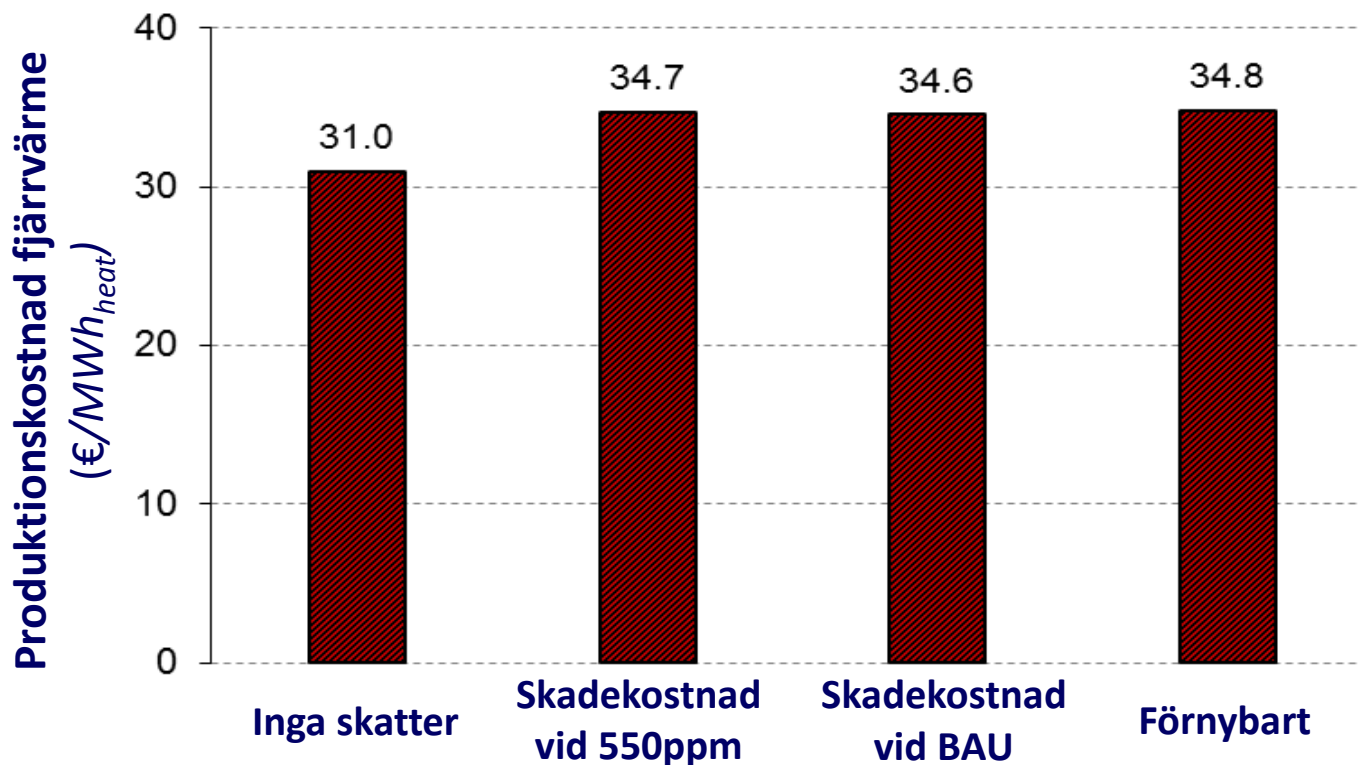
Förnybar fjärrvärmeproduktion – optimerat system



Adapted from: Truong, N. L, Dodoo, A. and Gustavsson, L. *Effects of heat and electricity saving measures in district-heated multistory residential buildings*. Applied Energy, 2014. 118(0): p. 57-67.

Produktionskostnad fjärrvärme

Systemstorlek 610 GWh/år



Skadekostnad kopplat till **550 ppm** CO₂ i atmosfären

\$30 per ton CO₂

Skadekostnad kopplat till **Business-as-usual**

\$85 per ton CO₂

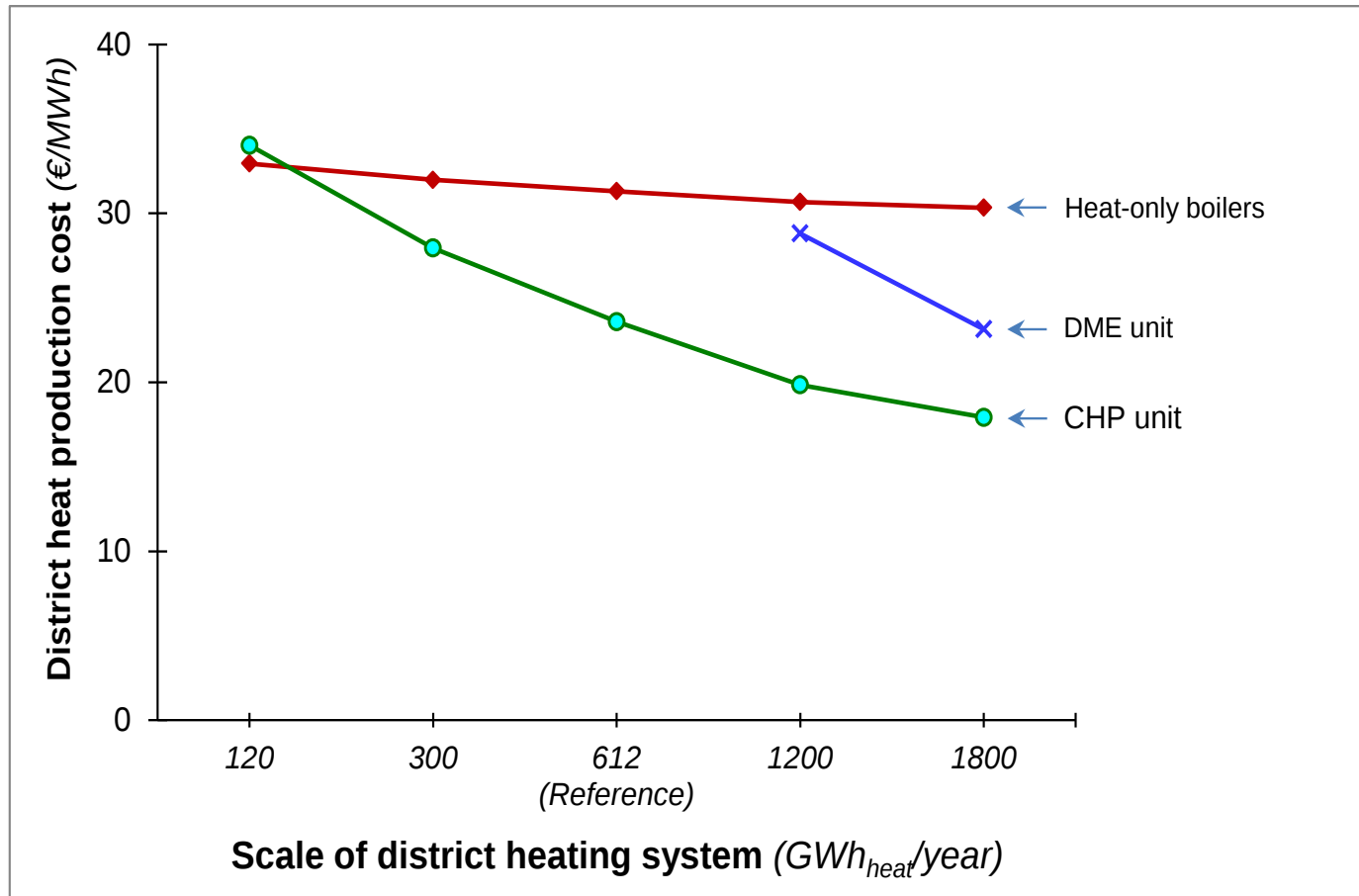
Baserat på *The Stern Review on the Economics of Climate Change*, 2006

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.”

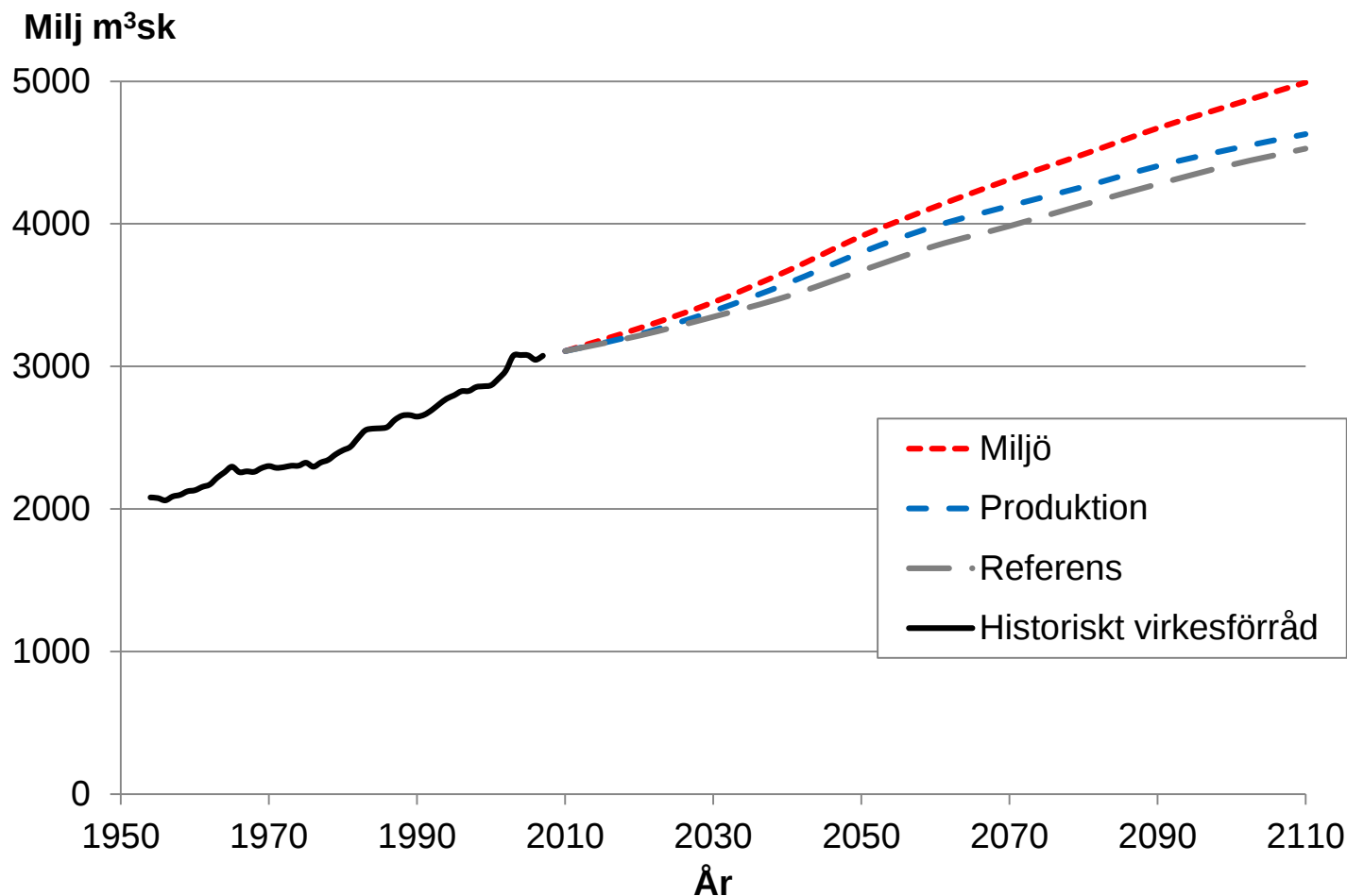
Produktionskostnad biobaserad fjärrvärme

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

Virkesförråd på produktiv skogsmark – historisk och framskriven utveckling



Virkesförråd på all produktiv skogsmark. Historisk utveckling enligt Riksskogstaxeringen fram till 2000 och framskriven utveckling i nationella scenarier 2010-2110.

Exempel på en modern träbyggnad



Fyra hus byggda i Växjö 2009 med massivträstomme. Varje byggnad har åtta våningar, 33 lägenheter och en uppvärmd golvyta om 3374 m²

Vinnare av stora Samhällsbygggarpriset 2010

Stora mängder restprodukter



Skogen



Träbearbetning



Byggplats



Rivning

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.



Human
activities

- GHG emissions
- Albedo change
- Aerosols
- Ozone

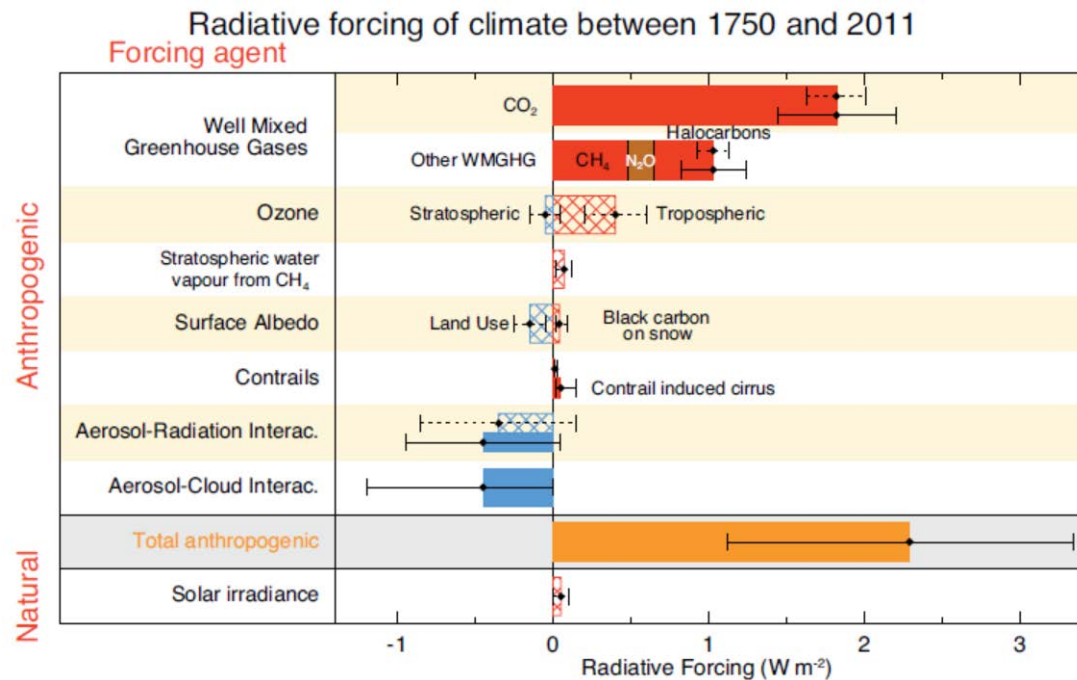
Radiative
forcing

Mean
temperature
change

Physical,
ecological,
and social
disturbances

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

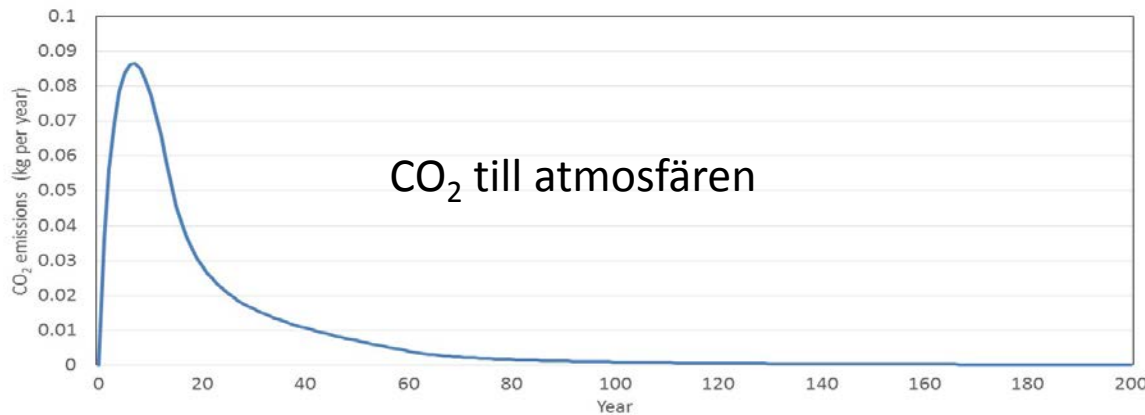
Bioenergi

- 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.

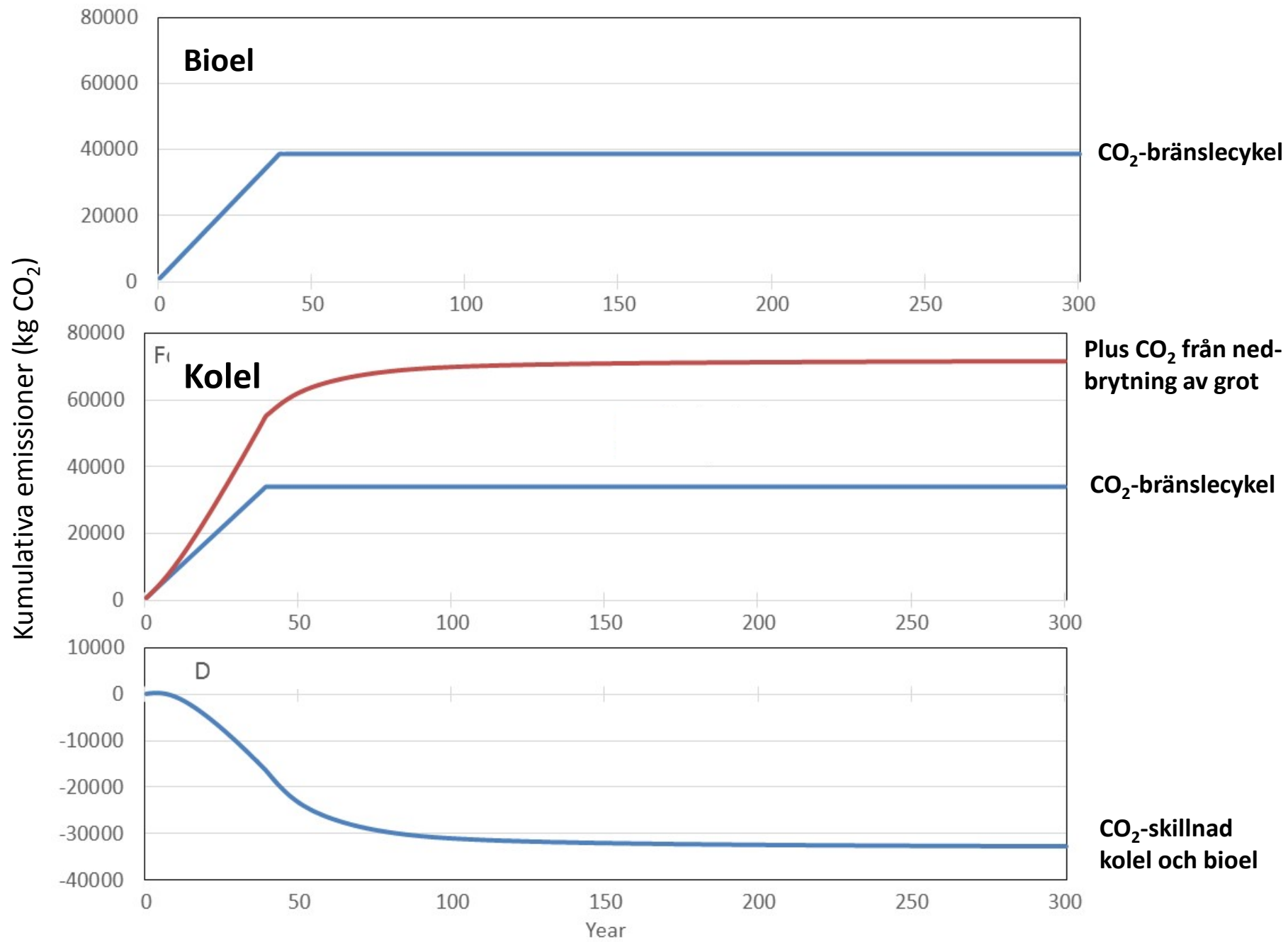
Naturlig nedbrytning av grot som lämnats kvar i skogen i södra Norrland



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

Kumulativa CO₂ emitter 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 energikedjan beaktas
- Råvara är grot (grenar och toppar)
- Grot skördas i södra Norrland
- Transporteras 100 km med lastbil + 250 km med tåg + 1100 km med fartyg till hamn i Europa
- Levereras som flis

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)

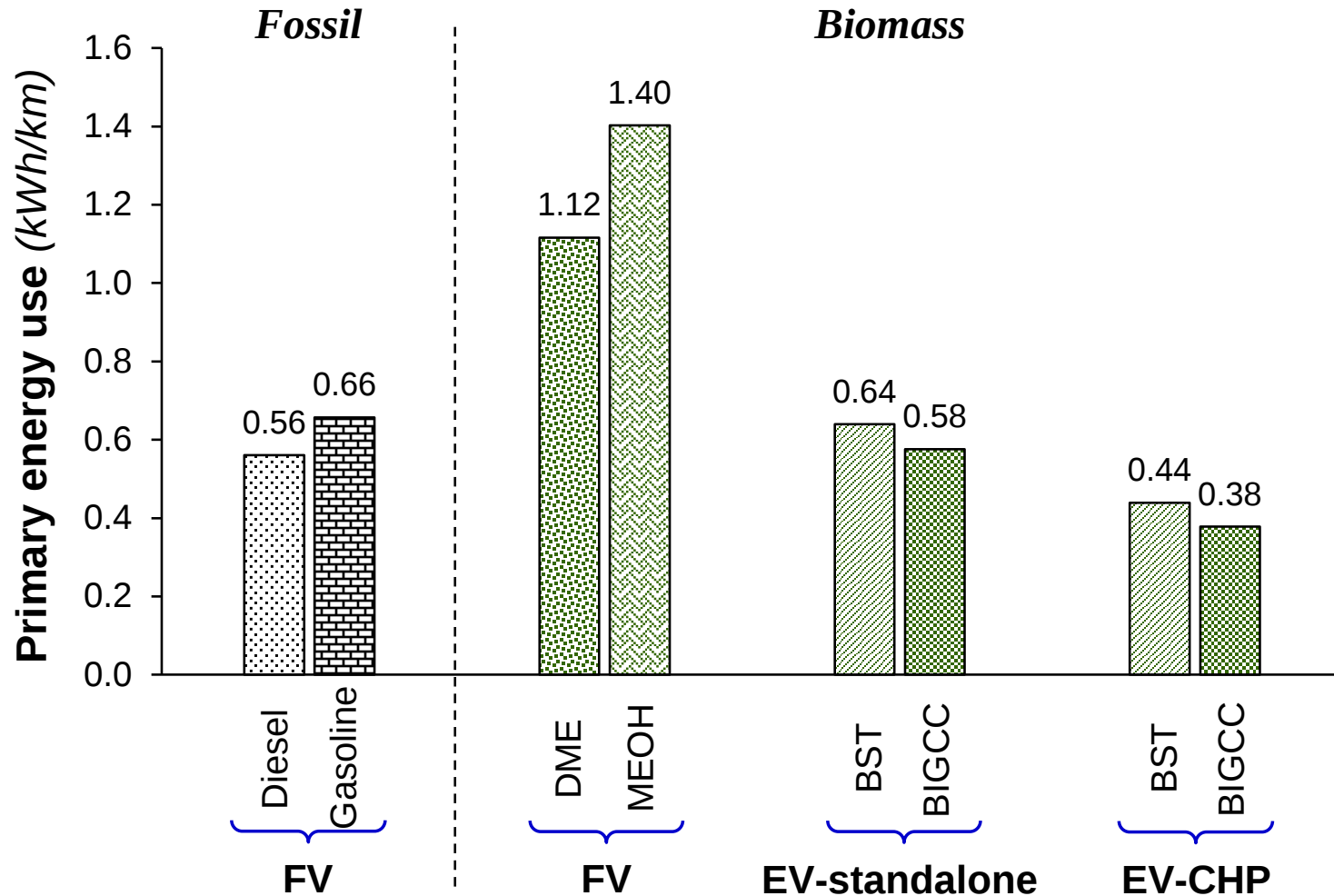
Samproduktion av el och fjärrvärme

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

Separat drivmedelsproduktion, DME och metanol (MeOH)

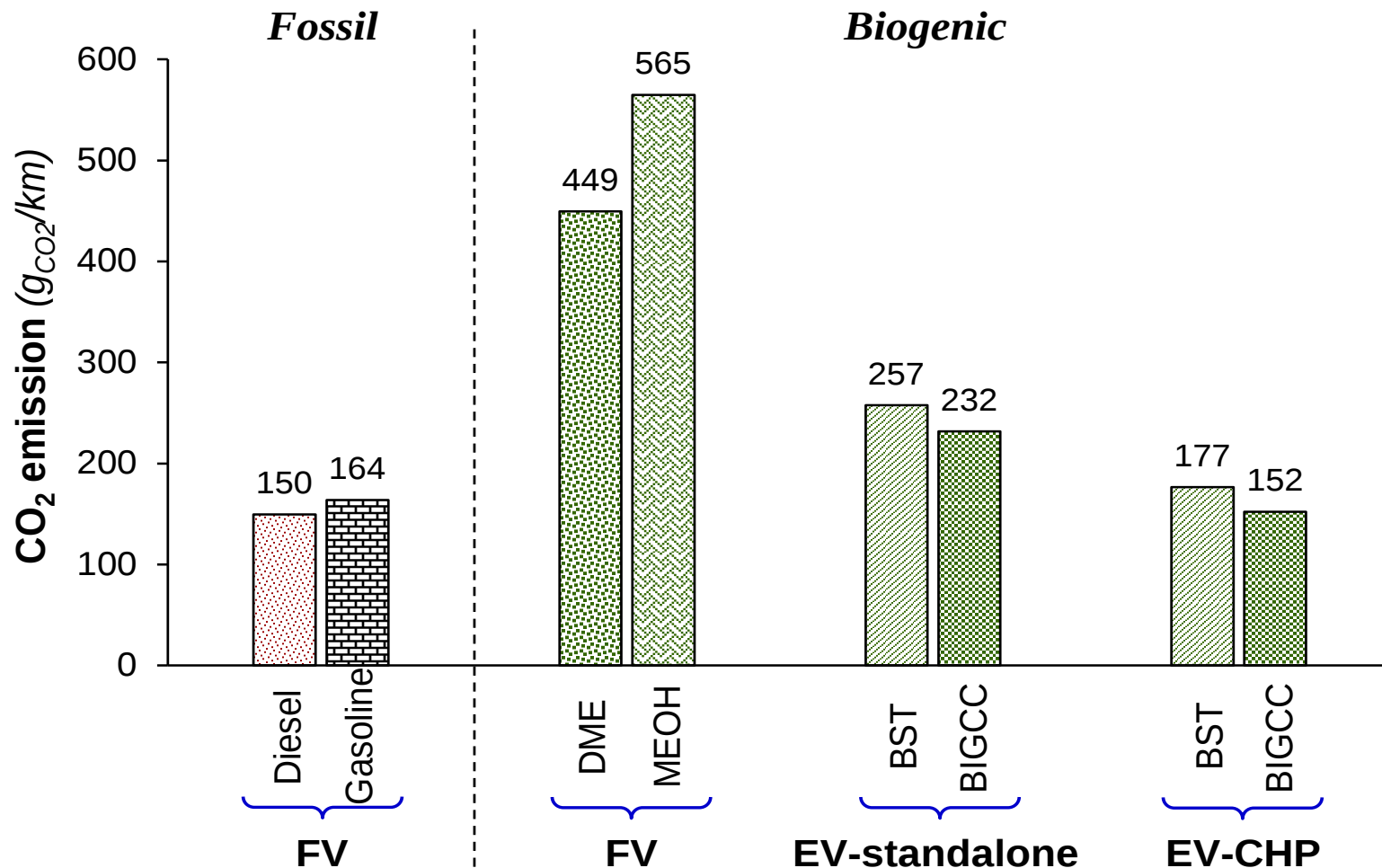
- Förgasningsteknik

Mercedes Benz B: Primärenergianvändning



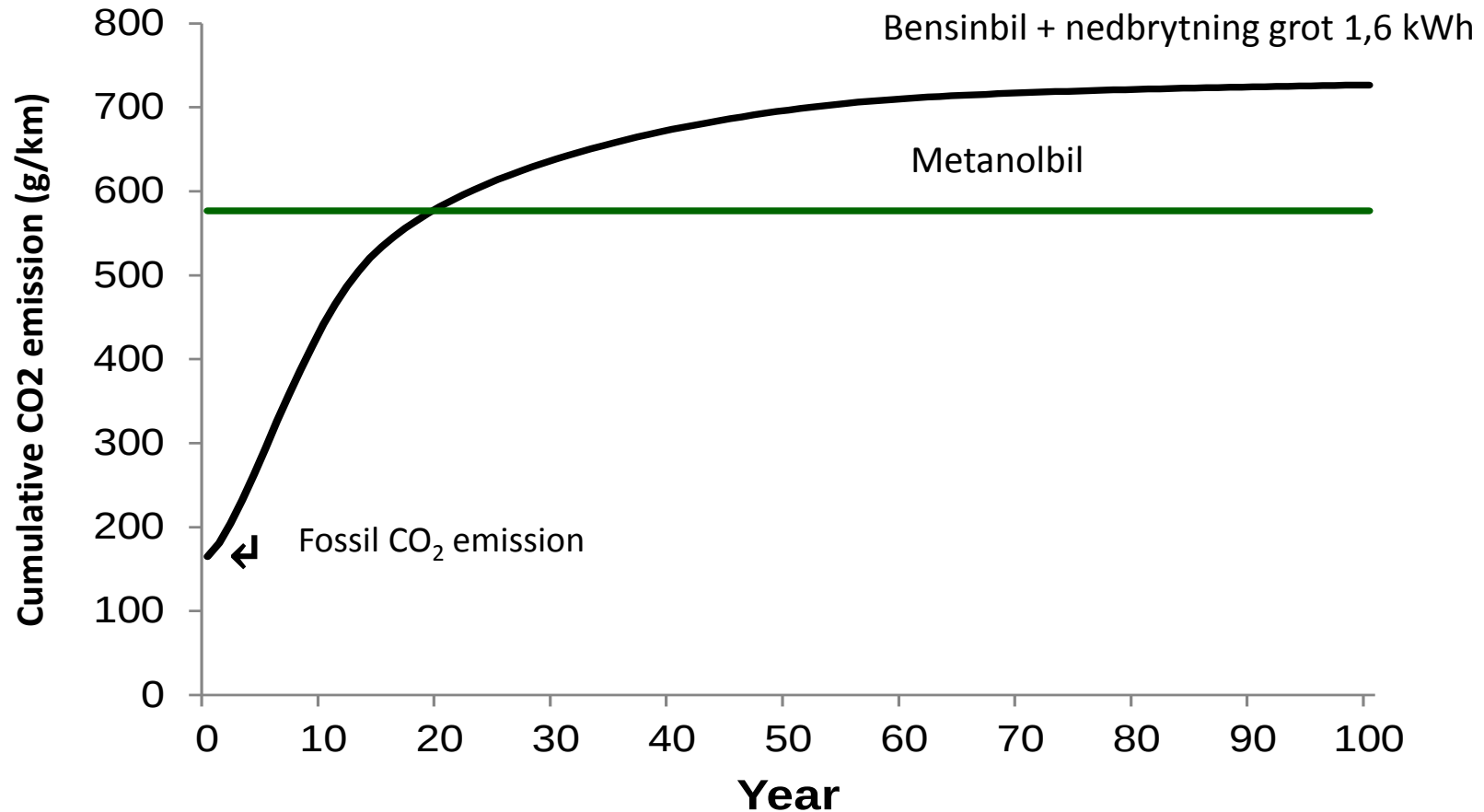
Based on Leif Gustavsson and Nguyen Le Truong, 2016. Bioenergy pathways for cars: Effects on primary energy use, CO₂ emission and energy system integration (accepted for publication in Energy, April 8, 2016)

Mercedes Benz B: CO₂ från bränslecykel



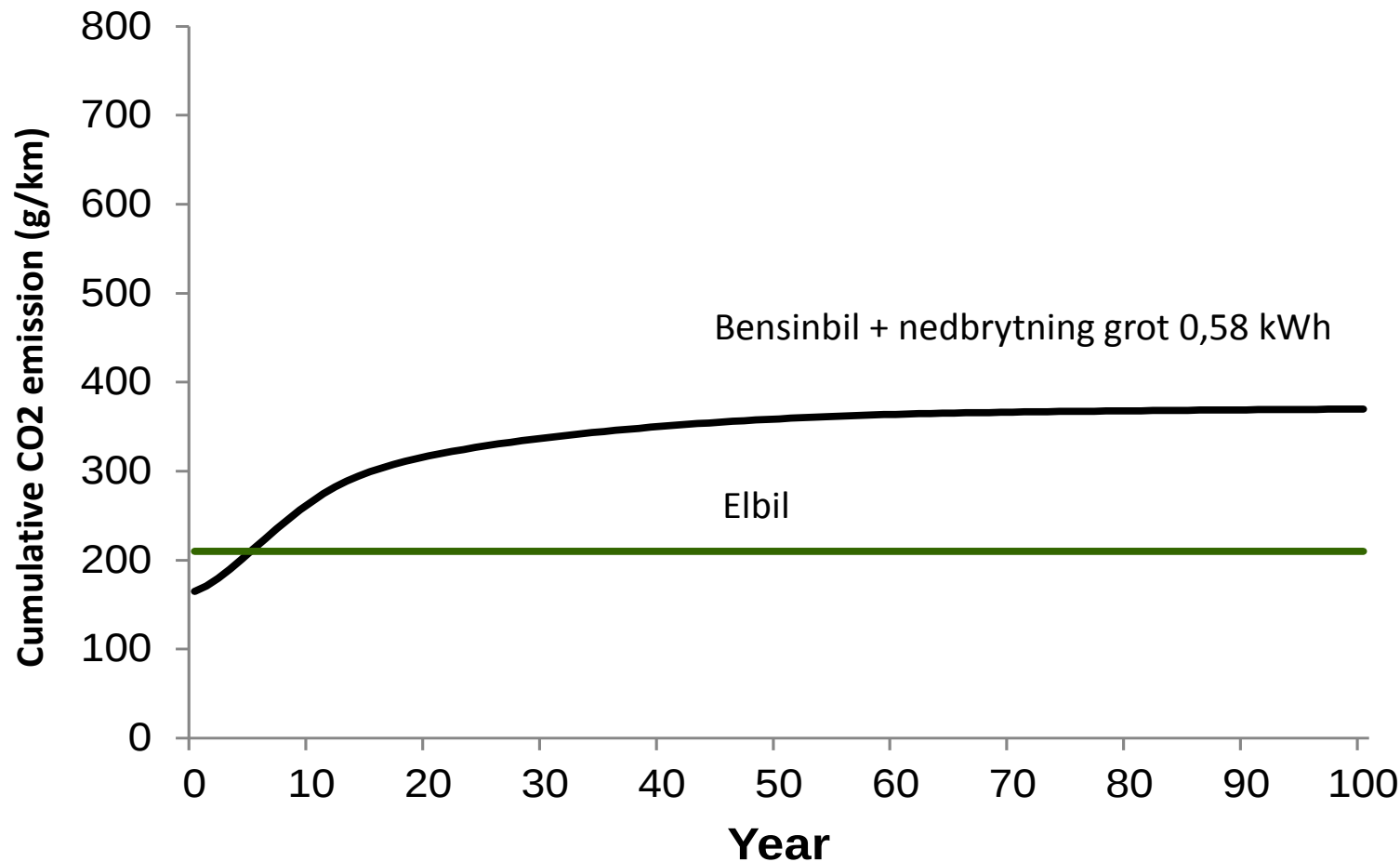
Based on Leif Gustavsson and Nguyen Le Truong , 2016. Bioenergy pathways for cars: Effects on primary energy use, CO₂ emission and energy system integration (accepted for publication in Energy, April 8, 2016)

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



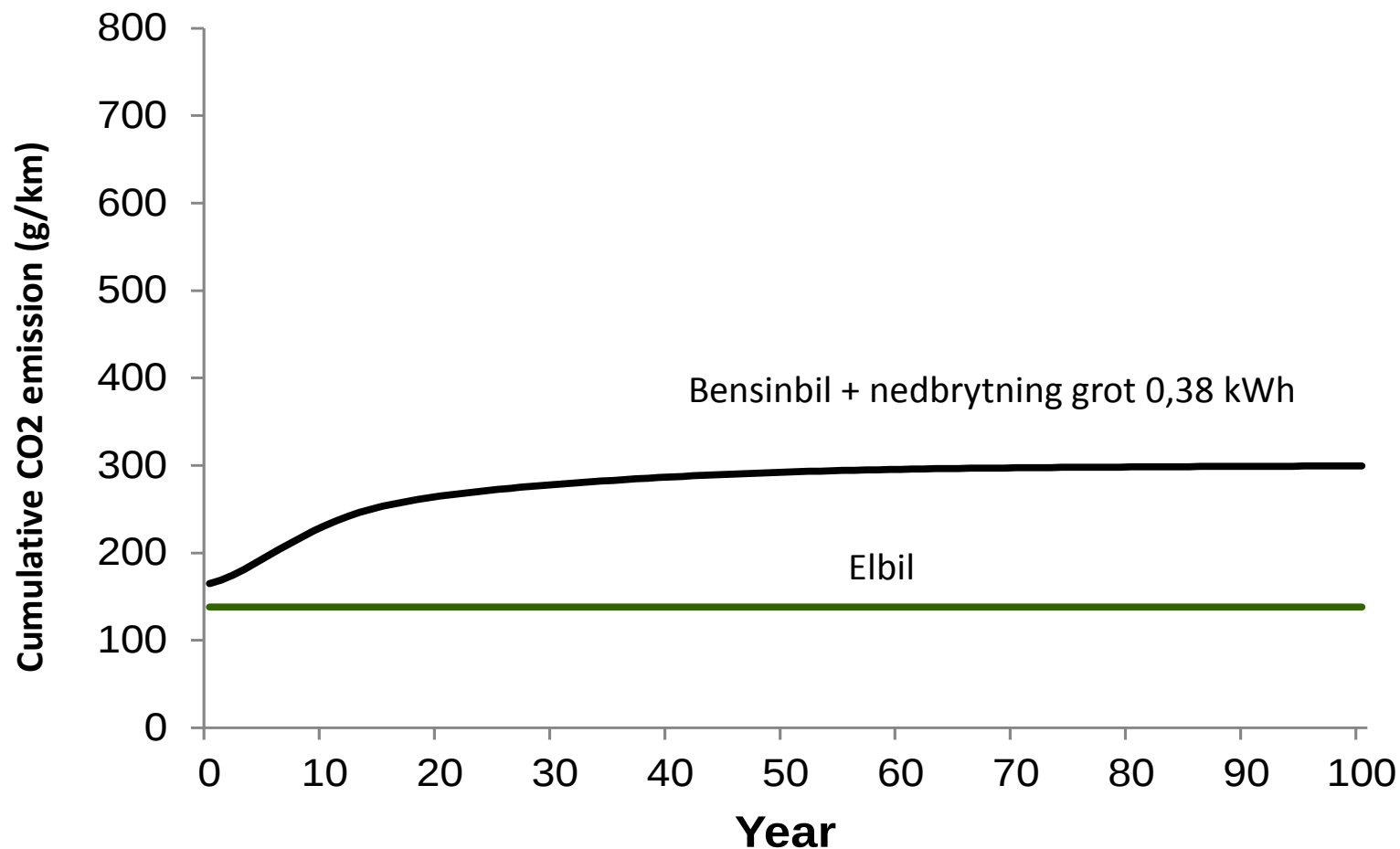
Based on Leif Gustavsson and Nguyen Le Truong , 2016. Bioenergy pathways for cars: Effects on primary energy use, CO₂ emission and energy system integration (accepted for publication in Energy, April 8, 2016)

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 8, 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 8, 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

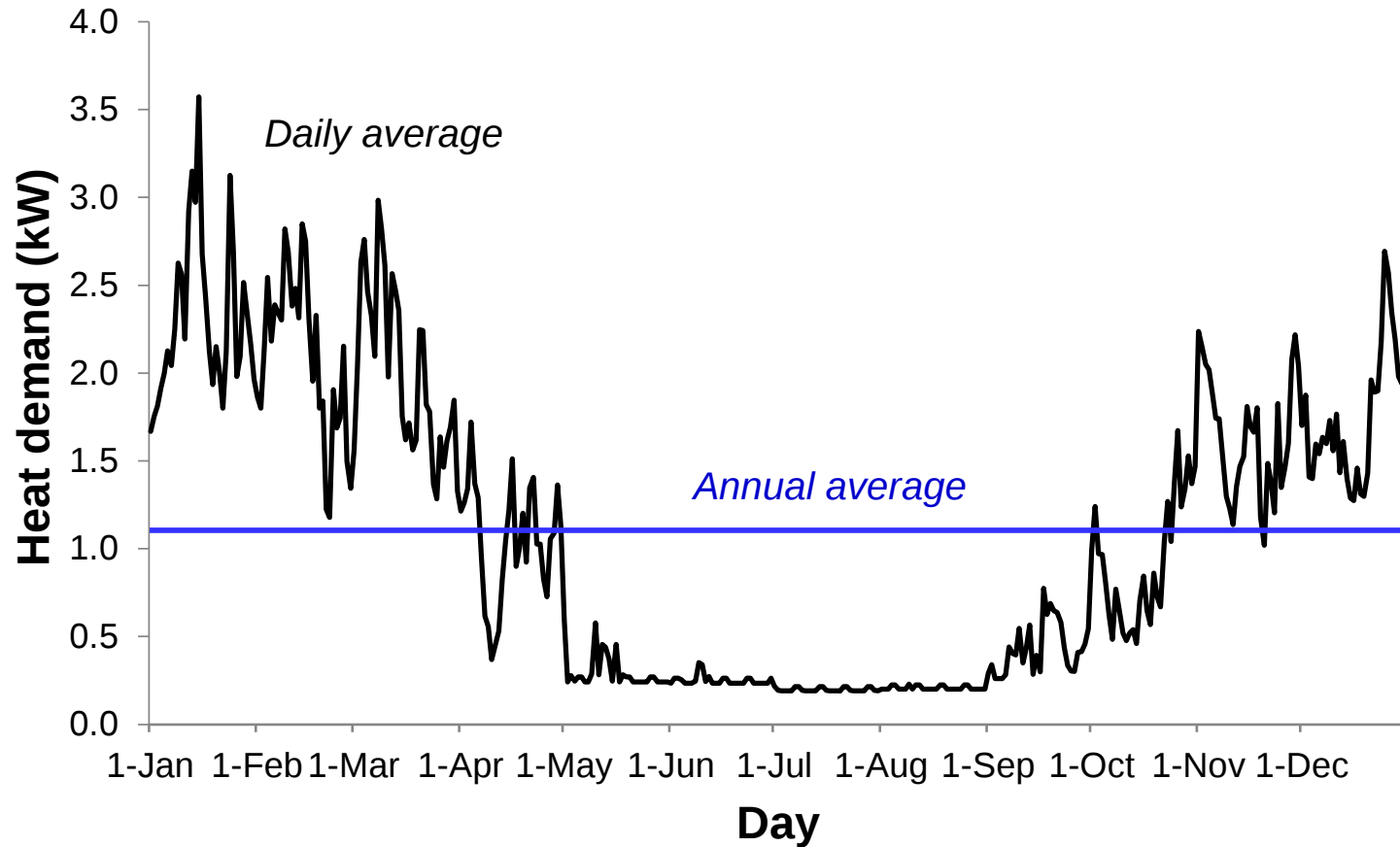
Årligt värmebehov 45 – 98 kWh/m²)

El årsgenomsnitt: 4-7 kWh/dag

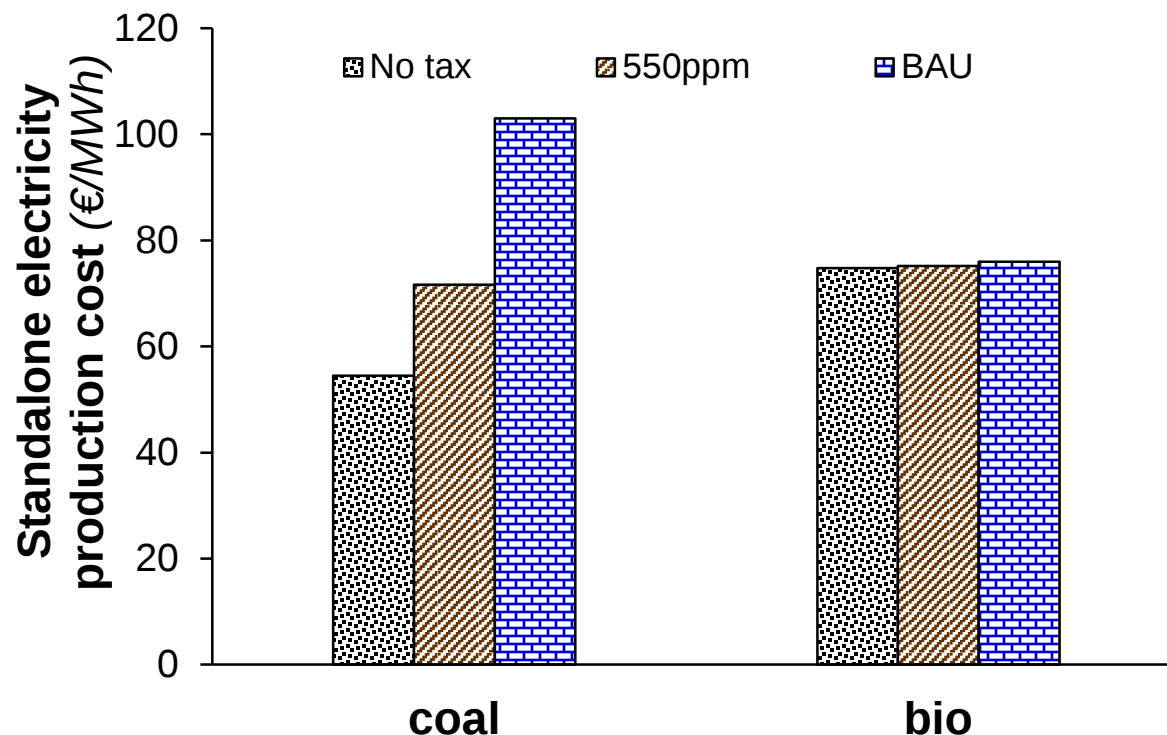
Värme årsgenomsnitt: 12-27 kWh/dag

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

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
- Ökad träbyggande ökar tillgången på bioråvaror
- Men hållbart skogsbruk viktigt
- Samproducerad bioel ökar systemverkningsgraden liksom förgasningsteknik med kombicykel
- 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 vindkraft 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?

