



**HÖGT UPPSATTA MÅL FÖR FÖRNYELSEBAR ENERGI – FOKUS PÅ
BIOMASSANS ROLL HOS SLUTANVÄNDAREN
&
TIMES-SWEDEN KOMPETENSBYGGANDE**

Anna Krook Riekkola
Biträdande universitetslektor Energiteknik
Teknikvetenskap och matematik



Högt uppsatta mål för förnyelsebar energi –
Fokus på biomassans roll hos slutanvändaren

TIMES-Sweden
kompetensbyggande

Doktorand:
TIMES/Industri

Doktorand:
Nationalekonomi/
Hushållens transportval

Doktorand:
TIMES/Transport
sektorn

Nät-
verk

Syntes

Kompetens byggande

Utveckling av TIMES-Sweden och nationella beslutsunderlag

HÖGT UPPSATTA MÅL FÖR FÖRNYELSEBAR ENERGI – FOKUS PÅ BIOMASSANS ROLL HOS SLUTANVÄNDAREN

Överordnade syfte: Förbättra metoderna för identifiera kostnadseffektiv allokering av svensk biomassa för att nå högt uppsatta mål om förnyelsebar energi.

Vilket innebär:

- **Doktorand i energisystem:** Analyserar hur biomassan bör allokeras inom industrisektorn. För att uppnå målet krävs inte enbart ny teknikutveckling, utan även att existerande teknik/bränslen används mer effektivt.
- **Doktorand i Nationalekonomi:** Analyserar hur biomassan bör användas i transportsektorn, med fokus på hushållens val. Viktigt att öka förståelse för val av transportmedel och transportfordon, samt transportbeteende.
- **Syntes av seniora forskare:** Resultaten från de båda delstudierna analyseras i syntesen för förstå samspelet mellan teknik, politik och aktörers agerande för att nå målet om förnyelsebar energi.



TIMES-SWEDEN KOMPETENSBYGGANDE

Överordnade syfte: Bredda kompetensen och utveckla den nationella energisystemsmodellen TIMES-Sweden

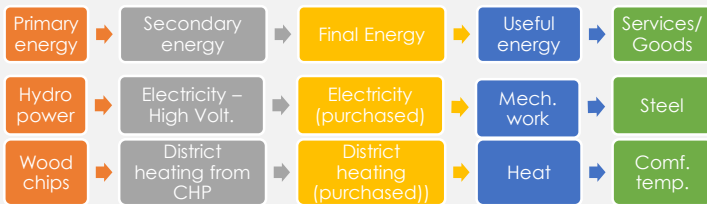
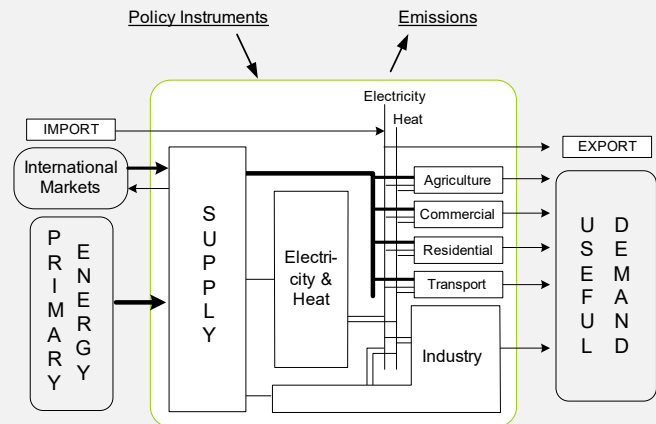
Vilket innebär:

- Stärka hur energisystem modeller kan bidra till den nationella policyanalysen för att nå olika miljö- och klimatmål.
- Skapa/Stärka nationella och internationella nätverk
- Doktorand m syfte att vidareutveckla representationen av transportsektorn i ESOM modeller.
- Introducera och diskutera energisystemanalys med andra miljöer/discipliner (fokus mot transportanalys).



TIMES-Sweden

Anna.Krook-Riekkola@LTU.se



TIMES: The Integrated MARKAL-EFOM System

TIMES-Sweden identifies how limited resources can be allocated in order to minimize the **total system costs**.

TIMES-Sweden is used to analyse how the development of the Swedish energy system change under different scenarios, e.g. different emissions targets, different taxes or other energy or environmental policies. **Policy analysis!** Environmental analysis!

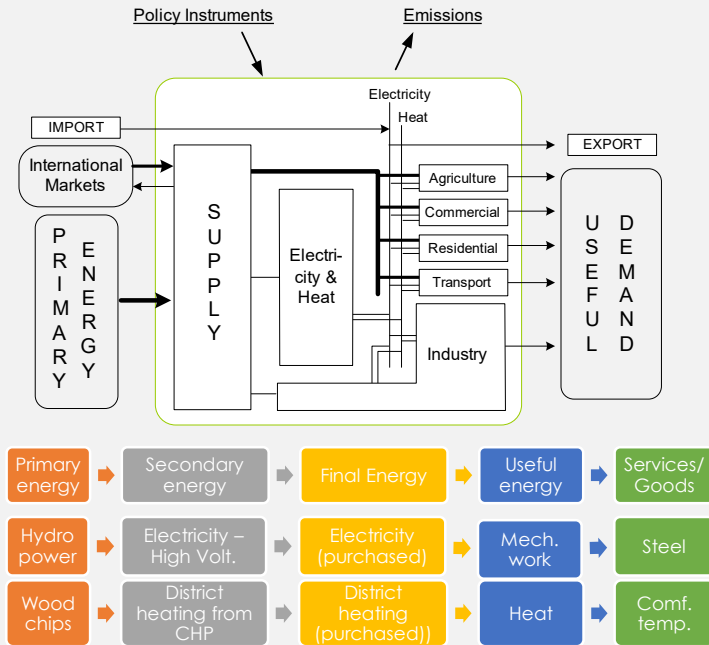
TIMES-Sweden is a comprehensive energy system model represented by **7 main sectors**: Industries, Residential, Services, Agriculture, Transports, ELC&DH and Energy supply and fuel production. The model is driven by a given demand which either is represented by useful energy (PJ/year) or by services or commodities (pers km/year, ton/year, etc).

TIMES-Sweden is based on the TIMES-platform (IEA-ETSAP) and share the main structure with the JRC-EU-TIMES etc.

- **Energy system model**
- Dynamic LP-model (12 per/year, 50 years)
- Bottom-up/**Techno-economic model**
- Cost minimisation
- Partial equilibrium model
- Technology rich

TIMES-Sweden

Anna.Krook-Riekkola@LTU.se



TIMES: The Integrated MARKAL-EFOM System

EU modell: modellstruktur, kalibrering, teknikdatabas, (EU projekt: NEEDS & RES2020)

Järn- och stålindustrin
(Energimyndigheten)

Efterfrågan/Länkning EMEC-TIMES
(Energimyndigheten)

Uppdelning av FV-system
(Fjärrsyn)

Framtida uppvärmningsbehov
(Fjärrsyn BeWhere-TIMES & Boverket Samararbete)

Biomassa repr. & Biodrivmedelsprod
(SEF-Biomassa & Fjärrsyn BeWhere-TIMES)

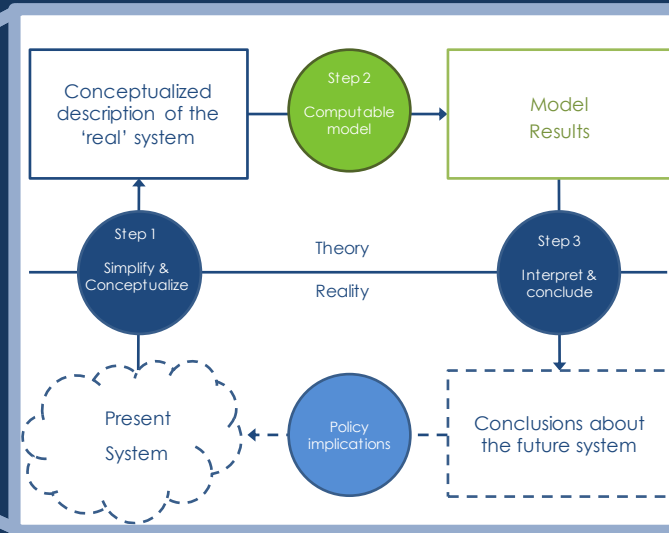
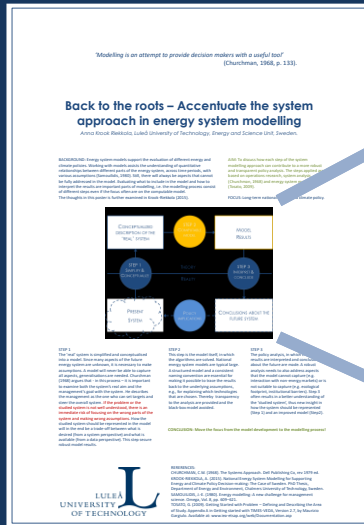
Transportbehov & Fordonspark &
Modelluppdatering för 2050
(SEF-TIMES Kompetens)

CCS & Genomgång nya industritekniker
(SEF-Biomassa)

Kalibrering av basår & Referensscenario
(Miljömålsberedningen & SEF-Biomassa)

SEF: Strategisk Energiforskning, Energimyndigheten

BACK TO THE ROOTS – ACCENTUATE THE SYSTEM APPROACH IN ENERGY SYSTEM MODELLING



Poster conference IIASA, dec 2015 (Krook-Riekkola, 2015a)
 Figure from: Krook-Riekkola (2015b). Inspired by Clas-Otto Wene, professor emeritus, Energy System Technology unit (Chalmers), Churchman (1968) and Tosato (2009)



BIOMASSAFLÖDEN I TIMES-SWEDEN

BIOMASSA-REFERENSENERGISYSTEM (RES)

Förutsättningar

- ❑ Biomassa är inte en uniform vara.
- ❑ Biomassa är både ett material och en energivara. Konkurrens däremellan.
- ❑ Potentialen för skogsbaserade energivaror är starkt sammankopplad med uttaget av timmer (timmer för icke energi relaterade ändamål).
- ❑ Om biomassabaserade biprodukter (såsom svartlut) tas ut, så måste ofta andra energiråvaror tillföras.

Modell strukturen måste fånga

- ❑ Olika typer av fraktioner, samt till vilka ändamål dessa kan användas.
- ❑ Den primära varan (längst till vänster i RES:et) bör både kunna leverera material och energi.
- ❑ Utgå från trädet, som ger timmer i kombination med olika biprodukter/råvaror. Det senare kan både antingen energi eller och material.
- ❑ Detaljerad processbeskrivning av industrier som är både energianvändare och "energiproducenter".



IMPROVING PROCESS INTEGRATION POSSIBILITIES IN ESOM:s - TOWARDS SITE BASED MODELLING



Erik Sandberg
Luleå University of Technology
erik.sandberg@ltu.se

WHY?

The industry has historically been treated in a **simplified manner** in energy system models, but this is about to change, as more and more studies show the importance of decarbonizing the industry in order to meet tough climate targets. One of the primary strengths with bottom-up energy system models in general, and the TIMES-MARKAL modeling framework specific, is the possibility to have a detailed technology representation of energy sectors. Not applying this detailed representation consequently **undermines the strengths** of the model. Oversimplifying industrial process chains could eventually **distort** the specific energy use of each included process. **This work proposes a new representation** that includes a wider applied feedstock of industrial products and utilizes multiple process chain configurations, which allows for better implementation of new technologies.

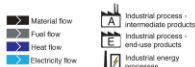
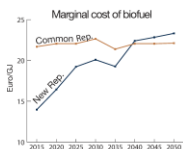
HOW?

1. Industrial Production
The identification of different intermediate and end-use products is what forms the basic structure upon which all process chains are built. Identification of this wider applied feedstock was determined and categorized using official statistics following the CN-nomenclature.

2. Components / Processes
Each process is treated as component different process chains rather than a generic option for all production. This allows for improved matching of processes with products making the modeled processes to better align with technology benchmarks from the literature.

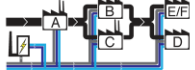
3. Building process chains
By matching produced materials with the required corresponding processes, a representative process chain is built. These could either be built using site specific data from e.g. environmental reports (if available) or by assuming a common composition as identified from the previous step.

4. Apply to model
The proposed representation has been introduced to and tested in TIMES-Sweden. The studied cases comprise the production of biofuel using black liquor gasification in paper & pulp mills. The graph below shows the differences in marginal cost of the produced biofuel.



COMMON REPRESENTATION (as often represented in current models)

- Characteristics:**
- Industries represented as one homogenous process chain
 - Other assuming that all material becomes the end use product
 - Assuming an aggregated pool of end use products



When calibrating the model with statistics, the modeler is left out with the following options to get convergence:

- Over- or underestimate** the flow of materials and intermediate products required for producing end-use products
- Under- or overestimate** the flow of energy for producing a given material

PROPOSED REPRESENTATION



- Characteristics:**
- Multiple differently configured process chains (i.e. industrial sites)
 - Includes the possibility for export of intermediate products
 - A wider variety of intermediate and end-use products



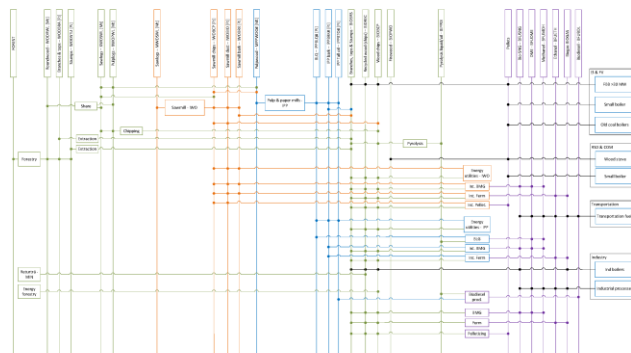
The new representation gives the modeler more freedom when trying to match the model coverage with statistics and allows for:

- Better matching** with technology benchmark values, which allows for easier infeasibility of assumptions
- Better scaling of energy flows** and costs for new technologies (i.e. improved process integration possibilities).

FÖRBÄTTRAD REPRESENTATION AV BIOMASSA OCH INDUSTRIER INOM ESOM

Flows of Woody Biomass in TIMES-Sweden

Erik Sandberg and Anna Krook Riekkola, Luleå University of Technology



BIOMASSA, SYSTEMMODELLER OCH MÅLKONFLIKTER



WholeSem Poster conference, UCL, July 2017 (Sandberg, 2017)
Fjärnsyns rapport (Krook-Riekkola, Wetterlund and Sandberg, 2017)



OMTÄNK KRING TRANSPORTER I ESOM

Syfte: Att förbättra representationen av transportsektorn i TIMES-Sweden

Lärdom från traditionella transportmodeller och resvaneundersökningar/ godsflödesmätningar:

Efterfrågan disaggregeras utifrån:

- Resors syften
- Olika varugrupper

Viktigt att beakta:

- Passagerare och gods (samtliga trafikslag)
- Mjuka faktorer (vilka val gör vi och varför)
- Hårda faktorer (tekniska, ekonomiska)

Vi jobbar med att fånga:

- Bättre representation av beteenden/val
- Bättre förståelse för överflyttningspotentialer mellan olika trafikslag



HANTERING AV INPUT DATA

External models and surveys

Travel surveys

Transport models

Goods-flow surveys

Passenger (pkm)

- Commuting trips
- Business trips
- Shopping trips
- Personal business trips
- Leisure trips
- Etc.

Freight (tkm)

- Construction mtrl.
- Manufactured goods
- Mining products
- Products of forestry
- Products of agri.
- Etc.

TIMES input Demand projection

Bus (urban/intercity)

Car (urban/long-dist.)

Truck (light/heavy)

Bicycle (electric/conv.)

Train (pass./freight)

Aviation (domest./intl.)

Etc. etc.

TIMES Vehicle Technology database

Bus.Intercity.DST.Base-year.
Bus.Intercity.GAS.Base-year.
Bus.Urban.DST.Base-year.
Bus.Urban.GAS.Base-year.

Car.DST.Base-year.
Car.ELC.Base-year.
Car.ETH.Base-year.
Car.GAS.Base-year.

Truck.Heavy.DST.Base-year.
Truck.Heavy.HEV.DST.Base-year.
...

...
...
...

ATTITYDER OCH VÄRDERINGAR VID VAL AV TRANSPORTER, FORDON OCH DRIVMEDEL

Svenska flex-fuel-bilägares val mellan etanol och bensin (klar)

Syfte: att undersöka vilka faktorer som är viktigast vid valet mellan etanol och bensin.

Enkätstudie riktat till flex-fuel-bilägare. Visar på viktiga parametrar för val av bränsle:

- Priset viktigt
- Rädsla för motorskador
- Tillgänglighet
- Matproduktion
- Klimat och miljö
- Information



Anderson m.fl. (2016a&b, 2017)

Nya transportsätt med mobilitet som service, att ta sig från A till B (pågående)

Syfte: att undersöka svenska befolkningens inställning till mobilitet som tjänst (MaaS)

Fokus på:

- Regionala skillnader (norr/söder)
- Skillnader mellan stad/landsbygd
- Möjligheter till beteende förändringar

Enkätstudie skickas ut inom kort



Högt uppsatta mål för förnyelsebar energi –
Fokus på biomassans roll hos slutanvändaren

TIMES-Sweden
kompetensbyggande

Doktorand:
TIMES/Industri

Doktorand:
Nationalekonomi/
Hushållens transportval

Doktorand:
TIMES/Transport
sektorn

Nät-
verk

Syntes

Kompetens byggande

Utveckling av TIMES-Sweden och nationella beslutsunderlag

Anna Krook Riekkola, Biträdande universitetslektor, Energivetenskap. Forskningsfokus: systemanalys, "comprehensive" **Energy system optimisation models (ESOM)**, national klimat och energi policyanalys, **TIMES-Sweden**, TIMES-City.



Linda Wårell, Docent i Nationalekonomi. Forskningsfokus: Naturresurs-, energi- och miljöekonomi. Fokus energiekonomi: Energieffektivisering inom stora industrier, samhällsekonomisk analys av fjärrvärmemarknaden, samt transportsektorn.



Kristina Ek, Docent i Nationalekonomi. Forskningsfokus: Naturresurs-, energi- och miljöekonomi. Fokus energiekonomi: Miljövärderingsstudier av förnyelsebar energi, samhällsekonomisk analys av olika energialternativ.

Erik Sandberg, Doktorand, Energiteknik. Fokus: systemanalys, ESOM, Industri-, biomassa och CCS. **TIMES-Sweden**.



Linda Andersson, Doktorand, Nationalekonomi. Fokus: Attityder och värderingar kopplade till hushållens val av transportmode, fordon och drivmedel.

Jonas Forsberg, Doktorand, Energiteknik. Fokus: systemanalys, ESOM, Transportsektorn, **TIMES-Sweden**, TIMES-City.



PUBLIKATIONER RELATERADE TILL PROJEKTET

Andersson, L., Kastensson, Å., Ek, K., Wårell, L. (2016a). Swedish flex-fuel failure, conference paper and presentation, Behave, Sept 2016, Coimbra, Portugal.

Andersson, L., Kastensson, Å., Ek, K., Wårell, L. (2016b). Why flex-fuel failed? Conferences presentation, SAE (Swedish Association of Energy Economics), Aug 2016, Luleå, Sweden.

Andersson, L., Ek, K., Å. Kastensson, and L. Wårell (2017). Flex-fuel vehicles and the choice between ethanol and gasoline for Swedish households, submitted to Energy Policy.

Forsberg, J., Krook-Riekkola, A. (2017). Supporting cities emission mitigation strategies: Modelling urban transports in a TIMES energy system model framework, Conference paper & presentation, 23rd Urban Transport & the Environment Conference 2017, Rome, Italy.

Forsberg, J. (2017). Modelling urban transports in a TIMES energy system optimisation framework: Implications for Malmo's climate strategy, Conference presentation, Swedish Transportation Research Conference 2017, Stockholm, Sweden.

Krook-Riekkola, A., Sandberg E. (2016). Swedish climate policy in 2050 – Do the targets need to be defined now? Conference paper and presentation, IEW, June 2016, Cork, Ireland.

Krook-Riekkola (2015a). Back to the roots – Accentuate the system approach in energy system modelling. Abstract and Poster. System Analysis 2015 – A conference in celebration of Howard Raiffa, IIASA, Nov 2015.
http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/water/event/SA2015-brochure_2.pdf

Krook-Riekkola (2015b). National Energy System Modelling for Supporting Energy and Climate Policy Decision-making: The case of Sweden. PhD Thesis, Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology, Sweden.

Krook-Riekkola, A (2016). Bilaga 12: Klimatmålsanalys med TIMES-Sweden. Ingår i SOU 2016:47.

Krook-Riekkola, Berg, Ahlgren and Söderholm (2017). Challenges in top-down and bottom-up soft linking: Lessons from the Swedish energy system model with a CGE model. Energy, Vol. 141, pp. 803-817.

Sandberg, E. (2016). Implementing biomass in the Swedish industry – Assessing carbon mitigation possibilities. Conferences presentation, SAE (Swedish Association of Energy Economics), Aug 2016, Luleå, Sweden.



The background features a blue-tinted photograph of a snowy mountain range with a large white letter 'L' superimposed on the right side. The text is centered and reads:

LULEÅ
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY