

Hur kan vi göra Mälardalen Fossilbränslefritt och varför skall vi göra det?

Kungsör 26 januari 2007

Erik Dahlquist

Mälardalens Högskola

Institutionen för Samhällsteknik

Fossilbränslefritt

- Vi skall vara fossilbränsleoberoende 2015, vilket innebär att
 - Inga nya bilar säljs som inte kan gå på etanol, biogas, rapsolja od
 - Användningen av fossila bränslen uteslutande i marginella applikationer
 - Balans mellan fossilbränslen i produkter vi köper och fossilfria i det vi säljer utanför länet

Mål med ”fossilbränslefritt Västmanland”

- Ta fram dagsläget map energibalans
- Försöka bedöma vad som rimligen kan produceras i regionen
- Ta fram förslag på hur vi kan reducera behoven så att balans nås (teknik och vanor)
- Ge förslag på hur alternativa energikällor kan utnyttjas (biomassa, sol, vind, vatten)
- Följa själva processen för att lära hur den kan drivas effektivt
- Ta fram och följa nyckelindikatorer

Energianvändning per år idag

	MWh/capita,år	Västmanland	Mälardalen
	Idag	TWh/år	TWh/år
• Mat och dryck	2.0	0.52	5.9
• Extra energi för			
• matprod	1.0	0.26	3.0
• Papper o pappers			
• produkter	0.89	0.23	2.6
• Plast o kemikalier	1.2	0.31	3.5
• Metaller	2.3	0.60	6.8
• Totalt”material”	7.39	1.92	21.6
• -Electricitet	12.7	3.3	37.5
• – Hushållsel ca	1.5-3		
• -Värme	13.9	3.6	41.1
• -Transporter	9.2	2.4	27.2
• Totalt	43.2	11.2	127.4
• Totalt i hela Sverige			ca 400

Hushållsel i MWh/år per hushåll

– Matlagning	1.3	
– Disk o tvätt	0.35	
– Kyl o frys	1.2	
– Lyse	1.1	
– TV,dator mm	0.2	
– Dusch		
• 2 min	0.7	
• 20 min	6.9	
– Hushållsel	ca 4-6	Potential ?
– Per capita	ca 1.5-3	

Besparingspotential för transporter

- 2.4 TWh behov idag; Sparpotential:
 - Sänk vikt med 25 % som för 10 år sedan – 15%
 - Hybridfordon – 25 % (50 % för arbetsfordon)
 - Diesel istf Otto – 20-35 % (8 % till 54 % som EU)
 - Sänkning ca 40 % ger 1.44 TWh potentiellt

Potentiell energianvändning per år

	Västmanland TWh/år	
	Idag	Potentiellt
• Mat och dryck	0.52	0.39
• Extra energi för		
• matprod	0.26	0.14
• Papper o pappers		
• produkter	0.23	0.092
• Plast o kemikalier	0.31	0.12
• Metaller	0.60	0.3
• Totalt "material"	1.92	1.04
• -Electricitet	3.3	? (ca 1.5 - 2.5)
• - Hushållsel	ca 0.8	ca 0.5
• -Värme	3.6	2.9 (ökning ifall ersätter el)
• -Transporter	2.4	1.4
• Totalt	11.2	7-8

Användning av biomassa

- Ifall vi producerar hälften från vete.
 - 4.9 ton korn +
 - 3 ton halm som Torrsubstanshalt/ha,år
- Andra hälften från Salix och andra trädslag.
 - Antag 8 ton TS/ha,år. Potential 12 t/ha,år
- 1 ton TS = 5.4 MWh

Effektivt utnyttjande av biomassan

- 20 % extraheras för produktion av etanol och biogas
 - Ger för 11.2 TWh **2.2 TWh** (= fordonsbränslebehov idag)
- 20% förluster som inte går att återanvända
- 60 % för värme och elproduktion
 - Av dessa 60 % blir 35 % till el och 60% värme
 - Ger **2.4 TWh el** och **4 TWh värme**
 - Täcker mer än behovet på 3.6 TWh värme, men inte helt elbehovet på 3.3 TWh (dock även vattenkraft 0.2 TWh idag)
 - Räcker även för el ifall vi spar el och ersätter elvärme med biovärme
 - Har även vattenkraft och kärnkraft i regionen, om vi ser på hela Mälardalen
- Dessutom behövs 1. 9 TWh för mat mm

Biobränsleproduktion

- 11.2 TWh behöver odlingsytan
 - $11\,200\,000 \text{ MWh} / (5.4 \text{ MWh/ha} * 8 \text{ ton/ha}) = 259\,000 \text{ ha}$. Med 20 % förluster 311 000 ha
- 7 TWh behöver odlingsytan
 - 162 000 ha eller med 20% förluster 195 000 ha
- Tillgångar i Västmanland
 - 387 000 ha skogsmark
 - 123 000 ha åkermark
 - Dessutom finns avfall som recirkuleras vid Gryta avfallsstation och ger biogas mm

Energianvändning i Mälardalen

•		Västmanland	Sörmland	Uppsala	Sthlm	Örebro	Total
•	Inhabitants	260 134	260 380	300 495	1 860 872	273 935	2 955 816
•	Forests						
•	(1000ha)	387	338	389	261	375	1750
•	Farmland						
•	(1000ha)	123	127	151	86	107	594
•	Energy use	43.1					127.4
•	(MWh/capita.y)						
	(TWh/y)						
•	-Electric	12.7					37.5
•	-Heat	13.9					41.1
•	-Transport	9.2					27.2
•	-Materials/						
•	food	7.3					21.6

Tänkbara växter för energiodling

- Fodermärgkål 6-8 ton TS/ha.år
- Ärtväxter ger vanligen 4-5 ton TS/ha, år.
- Raps kan ge 4-6 ton TS/ha,år
- Majs kan odlas på samma ställe flera år i rad. Kan ge 10 ton TS/ha,år.
- Rajj-gräs ger 5-6 ton TS/ha, år.
- Hampa kan ge 17-24 ton TS/ha,år
- Sockerbetor har en potential på ca 16 ton TS/ha,år

Odlingsareal i Västmanland 2005 (prelim jordbruksverket)

• Energiskog	1 367 ha
• Träda	25 523 ha
• Höstvet	$10\,051\text{ ha} \cdot 4.9 \cdot 0.86 = 42\,400\text{ ton ts/år}$
• Vårvet	$8\,329\text{ ha} \cdot 4.0 \cdot 0.86 = 28\,650\text{ ton ts/år}$
• Vårkorn	$25\,252\text{ ha} \cdot 4.0 \cdot 0.86 = 86\,870\text{ ton ts/år}$
• Ärt, åkerbönor	1 684 ha
• Slåtter och betesvall	25 498 ha
• Frövall	976 ha
• Raps & ryps	$5\,370\text{ ha} \cdot 3.35 \cdot 0.91 = 18\,000\text{ ton ts/år}$
• Summa åkermark	123 368 ha
• Skogsmark	$387\,000\text{ ha} \cdot 1.9 = 735\,300\text{ ton ts/år}$
• Total odlingsareal	510 368 ha

Värme- och Elproduktion i Västmanland idag

- Vattenkraft 0.176 TWh
- KVV elprod 0.61 TWh
 - Summa el 0.79 TWh/år
- KVV fjv 1.59 TWh
- Fjv övrig 0.61 TWh
 - Summa fjärrvärme 2.2 TWh/år

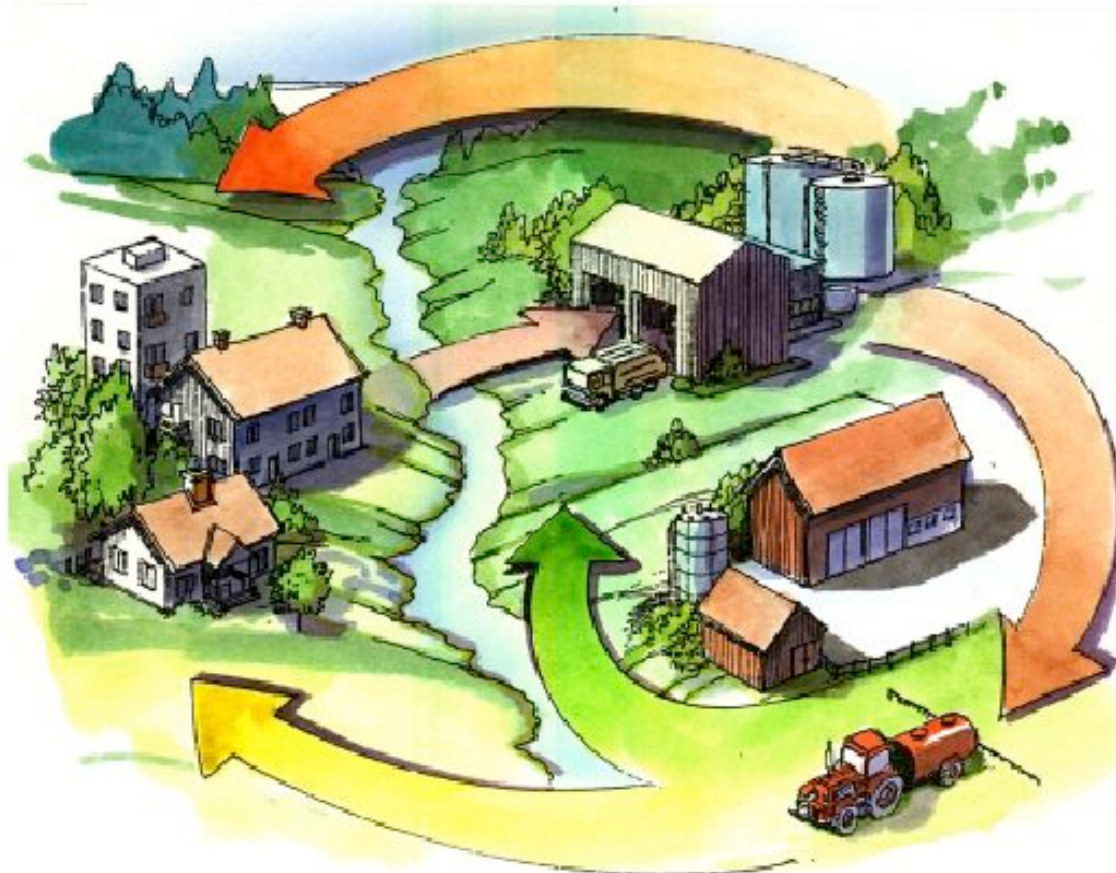
Totalt 2.99 TWh

Andra energislag

- **Vindkraft** – inte så lämpligt i Västmanland, då det inte blåser så mycket här. Bättre vid kuster och fjäll.
- **Solenergi** – potential speciellt för att producera varmvatten. Bör kunna spara runt 20% på varmvattenproduktionen.
- **Kärnkraft** – finns i Forsmark. Ger ej fossilt CO₂ utsläpp, men uran är en begränsad tillgång. Bra kortsiktigt, men behöver ny teknik (fast breeder) för att vara ett långsiktigt alternativ
- **Vattenkraft** – finns fortfarande viss potential bygga ut, men inte så mycket i Västmanland

Växtkraftsprojektet i Västerås

En översikt baserad på arbetsläget i
projektet i maj 2001



Biogas enligt Växtkraftmodellen

- 14 000 ton källsorterat organiskt hushållsavfall med torrhalt 30% (hushåll och storkök). Ca 4 200 ton ts.
- 4 000 ton fettslam med 4 % torrhalt från oljeavskiljare från storkök och restauranger. Ca 160 ton ts.
- 5 000 ton ensilage från klöverrika vallgrödor från 300 ha kontrakterad mark, 35 % torrhalt. Skörd 2-3 ggr/år i växelbruk. Ca 1750 ton ts.
- Produktion av 15 000 MWh metangas, motsvarande 1 500 000 liter bensin
- Biogas från avloppsreningsverkets rötkammare i Västerås 8 000 MWh, motsvarande 800 000 liter bensin.
- **Summa 2 300 m³ "bensin" eller ca 23 000 MWh bränsle**
- Avfallsrest återförs till åkrarna med 150 ton kväve, 30 ton fosfor och 100 ton kalium. Kravgodkänt.

Fermentation 4 000 m³



Gasilage

- Vid Sala rötas vallgrödor för lokal produktion av metangas
- Kör igång under försommaren
- Återför resten, som innehåller mycket kväve och fosfor, till åkrarna
- Ekologiskt lantbruk
- Utbyte ca 300 kg metan per ton torrsbstans

Biogas used as a fuel

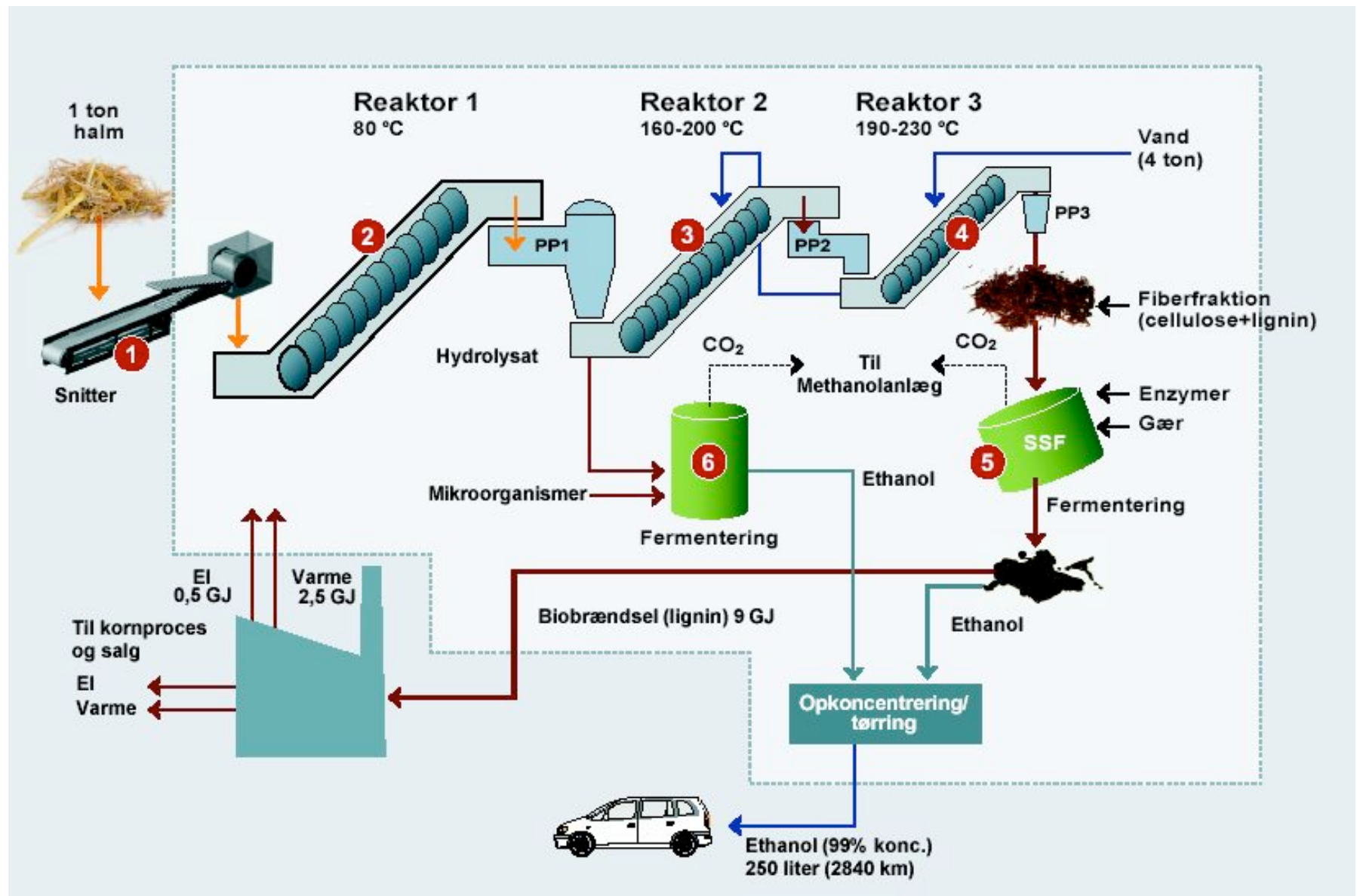


Potential biogas från vallgrödor

- Vi producerar biogas motsvarande ca 430 m³ bensin från vallgrödor på 130 ha.
- Det finns idag ca 28 000 ha vallgrödor, varför biogas motsvarande 93 000 m³ bensin skulle kunna produceras.
- Detta motsvarar ca **0.93 TWh** metan ("bensin")
- Vi har dessutom redan biogas motsvarande 2 300 m³ bensin, eller 23 000 MWh, från det befintliga Växtkraftprojektet.

Potential producera etanol från vedråvara

- I Örnsköldsvik pågår försök med att producera etanol från vedråvara efter hydrolys av cellulosa/hemicellulosa
- Starksyra process ger ca 27% Etanol räknat som ton Etanol per ton vedråvara(torr). Använder saltsyra.
- Svagsyrametoden utnyttjar 0.5-2 % syra och ger ca 20% utbyte.
- Vid LTH har man arbetat på att ta fram en enzymatisk metod. Bör kunna ge ca 23% utbyte för barrved och ca 25% för lövved.
- Har kört anläggning på 4 000 Etanol/år i Kanada med halm som råvara. Har svagsyrabehandlingen som försteg före enzymbehandlingen. Elsam i Danmark kör pilot på 1 ton ts/h halm till etanol, vilket kan ge ca 2000 ton/år etanol.



Ekonomi etanol

- Priset på en liter etanol producerad i Brasilien är ca 2.5 SEK med ett pris på ca 3.5 SEK efter transport till Sverige.
- Priset för en liter etanol producerad från vete behöver vara ca 5 SEK/liter för att ge ett önskvärt ekonomiskt utbyte.
- Idag betalas ingen tull på etanol från Brasilien, men med tull blir priset 5.3 SEK/liter, och konkurrensen blir möjlig för Agroetanol.
- Nu finns det dock även polsk etanol, som ligger på ca 4 SEK/liter vid tankstationen, och som inte kan tullbeläggas, då Polen är EU-medlem.
- Vi har således en situation där egentligen etanolen redan är hyggligt konkurrenskraftig med bensin, och problemet i första hand är om den skall produceras i Sverige eller importeras!

Rapsolja

- Ecoil producerar rapsolja som efter behandling kan utnyttjas som ersättning för fossil olja eller gasol
- Försök pågår vid Kungsörs värmeverk
- Snart provas även tre mindre brännare i Västerås och Stockholm
- Restprodukten är ett proteinrikt foder eller tom människoföda vid inblandning i bröd

Per Capita Konsumtion som OE(kg) resp kWhel-1998

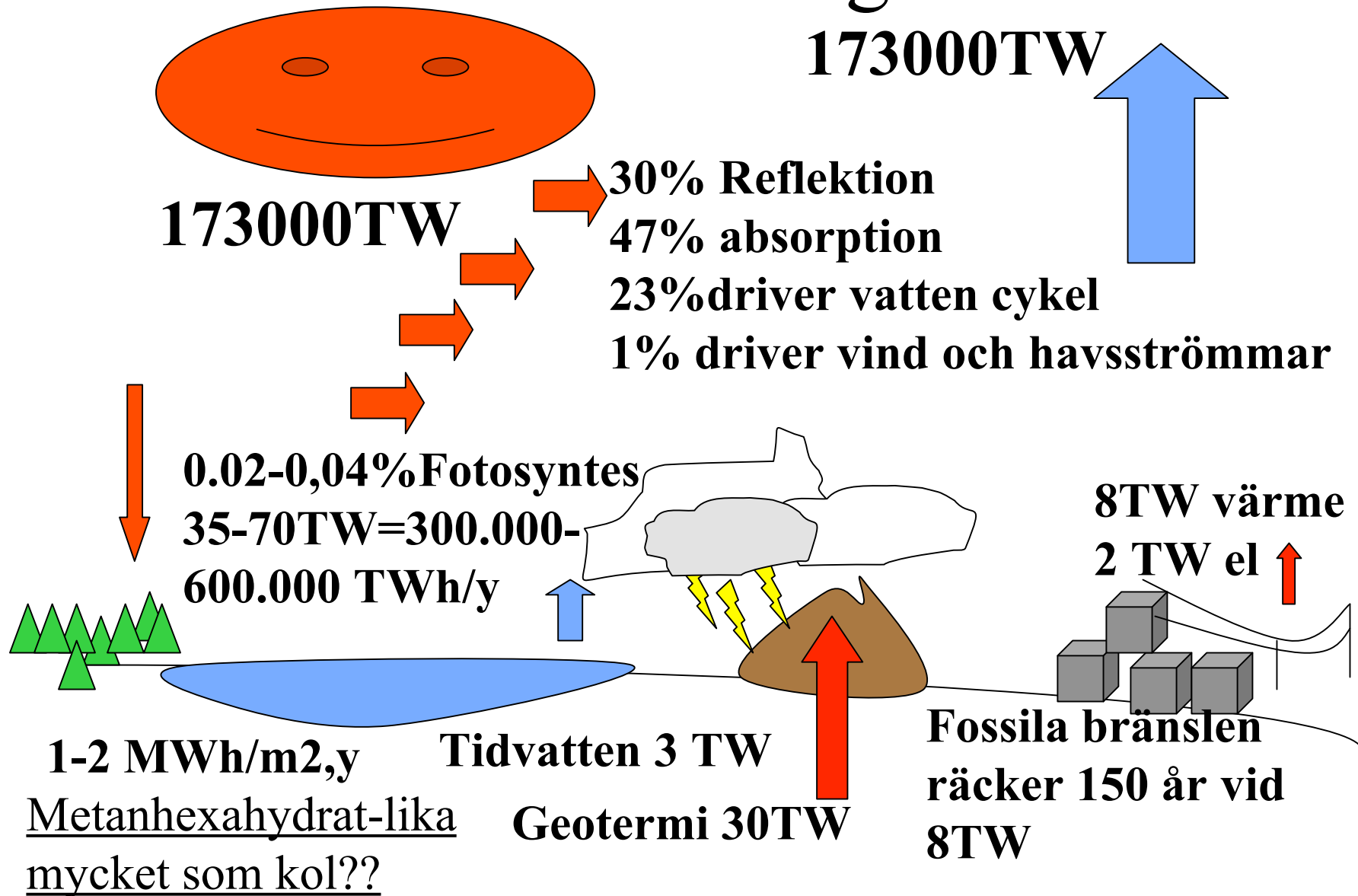
	kg oe/kWhel pcap	Milj inv	TWhel prod
• China	830/746	1200	1166
• India	486/384	929	494
• Indonesia	604/320	193	78
• USA	7937/11832	263	3804
• Sweden	5928/13955	9	158
• Nigeria	/108		
• Norge	/25000		
• Mexico	1552/1513	92	182
• World	1659/2085	5673	14220

Hög/Lågförbrukare

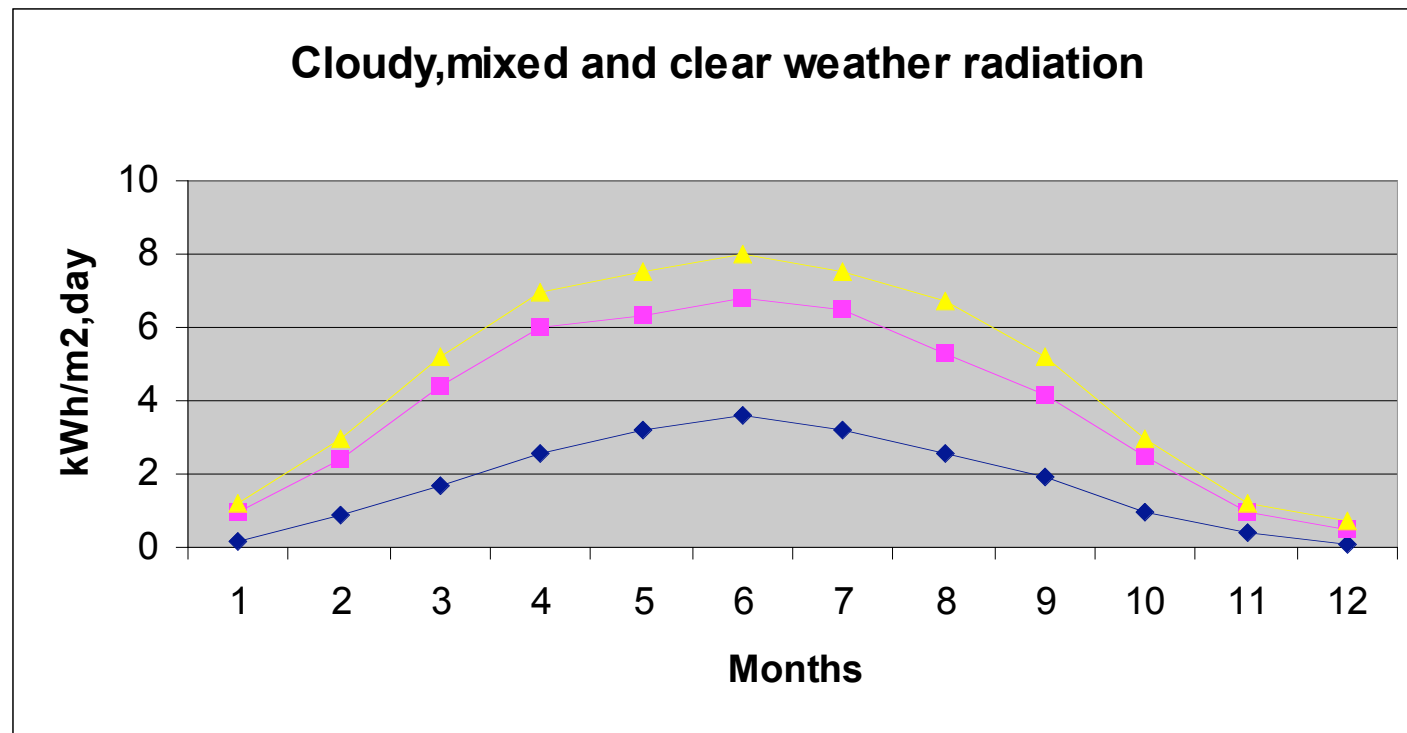
4 personer per hushåll, för hela sverige

- **Dusch 2min/gång, 3ggr/v = 0.4 MWh/år**
- **Cykel till jobbet, 1 mil , 2 pers = 0 MWh/år**
- **Semester med cykel, segelbåt = ca 0 MWh/år**
- **Aktiviteter runt hemmet = ca 0**
- **Energisnålt med värmepump = 8 MWh/år**
- **Summa = 8.4 MWh/år**
- **För sverige = 19 TWh/år**
- **Dusch 20 min/g, 7ggr/v = 6 MWh/år**
- **2 bilar till jobbet , 1 mil = 9 MWh/år**
- **Resa till Thailand, 2*900 mil = 72 MWh/år**
- **Resor sportaktivitet 40 ggr 10 mil = 3.6 MWh/år**
- **Direktverkande el = 16 MWh/år**
- **Summa = 106 MWh/år**
- **För sverige = 240 TWh/år**

Global Energibalans



Övre kurvan (gul) visar **solinstrålning** i kWh/m²,dag då det är klart och den blå understa en mulen dag. Den rosa visar för en typisk dag.



Slutsatser

- Det finns möjlighet att få energibalans i Västmanland
- Ändrar vi dessutom beteendet skulle vi kunna bli nettoexportörer till tex Stockholm
- Intressant göra vidare studier över hur detta skall kunna konkretiseras- lämpliga exjobb för framtiden vid Mdh!

Åtgång av fossila bränslen för att producera 1 m³ bensin

- Åtgår 1 466 kWh fossil energi från källa till bensindepå
- Producerar 378 kg fossil CO₂ för produktionen
- Innehåller 9 167 kWh
- Vid förbränning avges 2 353 kg fossil CO₂
- **16.0 % fossilt bränsle åtgår per producerad kWh bensin**

Bensinjämförelse

- Som jämförelse ligger produktionskostnaden för en liter bensin idag på ca 2.5 SEK/liter, men priset stiger då efterfrågan ökar snabbare än raffineringsskapaciteten
- Produktionskostnaden ökar då mindre rika och mer avlägsna källor måste användas.
- Det är inte otroligt att vi **inom en tio-årsperiod** passerar 100 dollar/barrel råolja, eller **ca 5 SEK/liter** beroende på dollarkurs. Till detta skall läggas raffinering, transport mm, ca 1 SEK/liter!
Totalt ca 6 SEK/l utan skatter!!

Effektivitet

- Effektivitet från solljuset
 - 1 % for Majs,
 - 0.2 % for vete,
 - 0.4 % for potatis
 - 4 % for sockerrör

Energi användning

	KW	kWh/time	MWh/y	Water(l)/time
Electrical oven (plates 1.5,furnace 3.0), 1h/d	3		1.08	
Microwave furnace (700 W) 0.5 h/d	1.3		0.23	
Dish wash machine 55 ° C, 3 times/week	2.0	1.3	0.15	20
Foundry wash machine 60 ° C, 4 times/w	2.2	1.0	0.2	50
Dryer, 4 times/w * 1.5 h		2.0		
Refrigerator, for freezing		0.15	0.68	
Refrigerator, for cooling		0.12	0.54	
Lamps, "normal" 60 W * 15, average 3.5 h/d	0.9		1.1	
Low energy lamps 11 W * 15, average 3.5 h/d	0.16		0.2	
Hair dryer, 1 h/w	1		0.05	
TV 3 h/d	0.075		0.08	
Video 1 h/d	0.03		0.01	
Radio/Stereo 3 h/d	0.03		0.032	
Play station or other games 2h/d	0.012		0.009	
Computer 1h/d	0.11		0.04	
Vacuum cleaner 1h/w	1		0.05	
Hot water kWh= kg * 4.2 * (55-15 ° C) *0.000278 = kg * 0.0467				
Shower 2 minutes 15 times/w * 50 weeks/y		0.93	0.7	20
Shower 20 minutes 15 times/w		9.3	6.9	200
Bath 200 liters 15 times/w			6.9	200
Electrical heating (max power 8 kW)	8		17.5	
Heating with a heat pump+water storage (3.5 kw)	1.4		7	
Ventilation fan	0.04		0.35	
Biomass heating	5		17.5	

Energianvändning i Västmanland i TWh/år

	Värme	El	Tot
• Industri och byggnadsverksamhet	1.03	1.27	2.3
• Hushåll	1.72	0.95	2.67
– flerbost 1.13,			
– småhus 1.48			
• Offentlig verksamhet	0.44	0.41	0.85
• Övriga tjänster	0.47	0.55	1.02
• Jordbruk, skogsbruk	0.19	0.05	0.24
Summa exkl fordon	3.84	3.23	7.07
Överföringsförluster	0.23	0.26	0.49
Transporter	2.14	0.07	2.21

Energianvändning i Sverige 2001, TWh

- Industri 147 tot(37.8%)
- Samfärdsel 92 (23.6%)
- Bostäder,service mm 150 (38.6%)
- Totalt 389 (100%)

Elanvändning i Sverige 2001, TWh

- Industri 55.5 (36.9%)
- Service 37.2 (24.8%),
- Bostäder 45.8(30.4%)
- Förluster 12.0 (7.9%)
- El totalt 150.5 (100%)

Produktion av växter i Västmanland, normskördar 2005 , kg/ha

- Potatis 20 291 (riket 31 536)
- Vårraps 2048 Vårryps 1636 (9 % vattenhalt)
- Höstvete 4909 (riket 6196)
- Vårvete 4026 (5282)
- Höstråg 3736 (5567)
- Vårkorn 4049 (4248)
- Havre 3803 (3880)
- Spannmål 14 % vattenhalt

Bränslevärde i spannmål och oljeväxter

- Oljeväxter 18 000 ton ts/år
- Spannmål 157 920 ton ts/år
- Detta odlat på 49 000 ha av total potentiell odlingsmark på 123 365 ha i Västmanland.
- Potential halm ca 43 600ha * 4 ton ts/ha,år = 174400 ton ts/år. Kan ge 1.9MWh/t etanol + 2.5 MWh/t bränsle för KVV
- Från halm: 0.33 TWh etanol/år + 0.44 TWh biobränsle/år
- Summa skulle ytterligare **0.77 (0.93 elda direkt) TWh bränsle** kunna produceras

Potential producera etanol från vedråvara

- I Örnsköldsvik pågår försök med att producera etanol från vedråvara efter hydrolys av cellulosa/hemicellulosa
- Starksyra process ger ca 27% Etanol räknat som ton Etanol per ton vedråvara(torr). Använder saltsyra.
- Svagsyrametoden utnyttjar 0.5-2 % syra och ger ca 20% utbyte.
- Vid LTH har man arbetat på att ta fram en enzymatisk metod. Bör kunna ge ca 23% utbyte för barrved och ca 25% för lövved.
- Har kört anläggning på 4 000 Etanol/år i Kanada med halm som råvara. Har svagsyrabehandlingen som försteg före enzymbehandlingen. Elsam i Danmark kör pilot på 1 ton ts/h halm till etanol, vilket kan ge ca 2000 ton/år etanol.

Ekonomi etanol

- Priset på en liter etanol producerad i Brasilien är ca 2.5 SEK med ett pris på ca 3.5 SEK efter transport till Sverige.
- Priset för en liter etanol producerad från vete behöver vara ca 5 SEK/liter för att ge ett önskvärt ekonomiskt utbyte.
- Idag betalas ingen tull på etanol från Brasilien, men med tull blir priset 5.3 SEK/liter, och konkurrensen blir möjlig för Agroetanol.
- Nu finns det dock även polsk etanol, som ligger på ca 4 SEK/liter vid tankstationen, och som inte kan tullbeläggas, då Polen är EU-medlem.
- Vi har således en situation där egentligen etanolen redan är hyggligt konkurrenskraftig med bensin, och problemet i första hand är om den skall produceras i Sverige eller importeras!