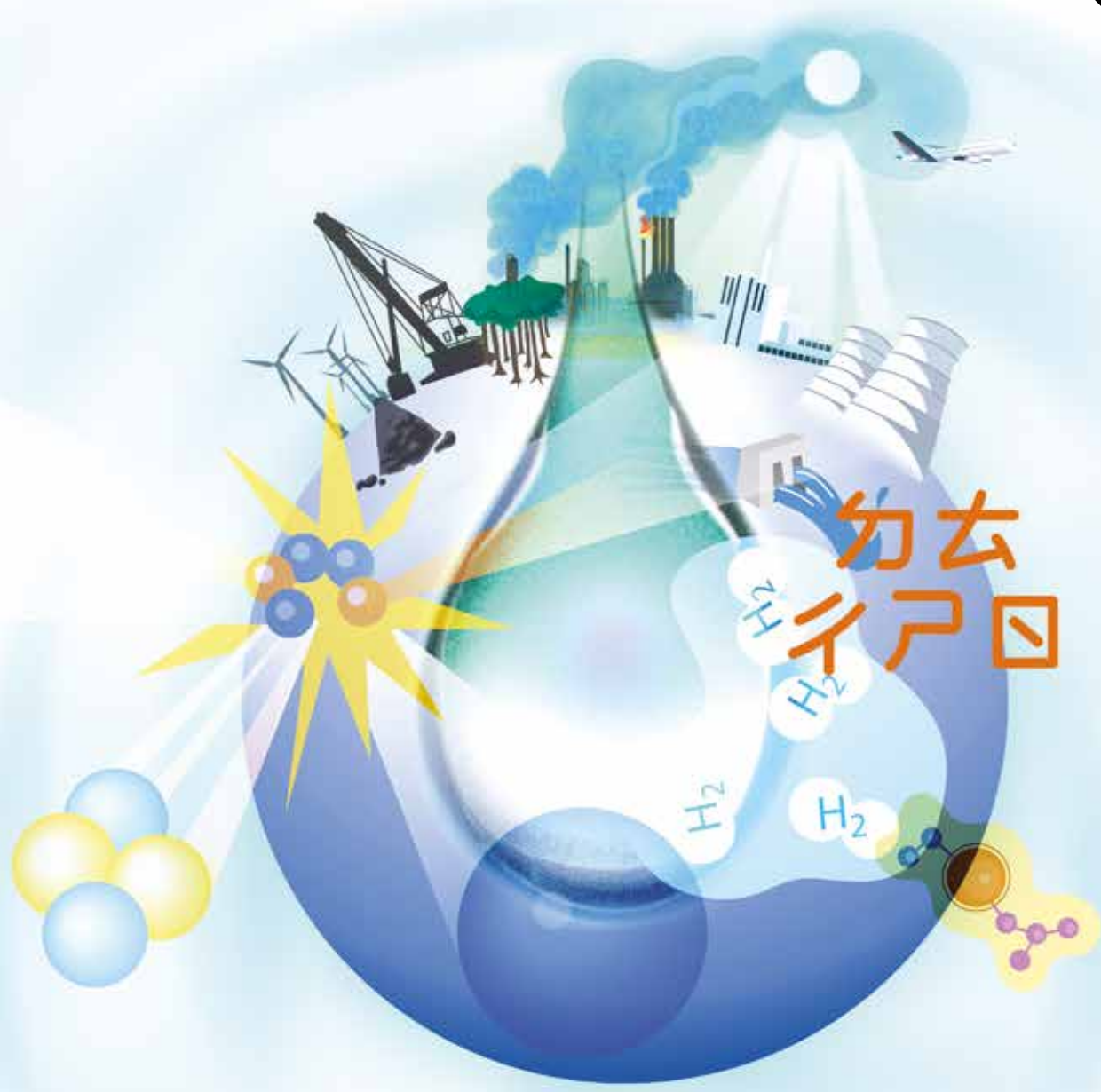


FJÄRDE  
REVIDERADE  
UPPLAGAN



# ENERGI

MÖJLIGHETER OCH DILEMMAN

En bok med fakta och frågeställningar  
från Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien  
och Kungl. Vetenskapsakademien.



# ENERGI

MÖJLIGHETER OCH DILEMMAN

**KUNGL. INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN (IVA)** är en fristående akademi med uppgift att främja tekniska och ekonomiska vetenskaper samt näringslivets utveckling. I samarbete med näringsliv och högskola initierar och föreslår IVA åtgärder som stärker Sveriges industriella kompetens och konkurrenskraft.

För mer information om IVA och IVAs projekt, se IVAs webbplats: [www.iva.se](http://www.iva.se).

**KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN (KVA)** är en fristående akademi, vars uppgift är att främja vetenskaperna, företrädesvis matematik och naturvetenskap samt att arbeta för att stärka vetenskapernas inflytande i samhället.

För mer information om KVAs verksamhet, se KVAs webbplats: [www.kva.se](http://www.kva.se)

**Utgivare:** Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), 2014  
Box 5073, SE-102 42 Stockholm  
Tfn: 08-791 29 00

**Fjärde reviderade upplagan**  
**Första tryckningen**

**IVA-M 451**  
**ISSN: 1102-8254**  
**ISBN: 978-91-7082-887-4**

**Projektledare:** Elin Vinger Elliot, IVA (fjärde reviderade upplagan)

**Redaktör och huvudskribent:** Eva Stattin, Respectfully Yours!

**Texter:** Gunnar Agfors, Håkan Borgström (Capito AB), Harry Frank, Eric Giertz, Lars Högberg, Petter Johansson, Bengt Kasemo, Henrik Lagerträd, Christer Sjölin, Eva Stattin och Elin Vinger Elliot.

**Layout och illustrationer:** Airi Iliste & Pelle Isaksson

**Produktion:** Pelle Isaksson

**Tryck:** Edita Västra Aros

© Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA) och Kungl. Vetenskapsakademien (KVA)

Denna skrift är framtagen inom ramen för IVAs och KVAs projekt "Vetenskap & Vardag – Aspekter på energi" där ledamöter från IVAs Energi och Miljöråd samt KVAs Energiutskott har medverkat.

# Förord

Allt oftare läser vi larmrapporter om klimathot, global uppvärmning och den påverkan som koldioxid och övriga växthusgasutsläpp har på vårt klimat och vår miljö. Vi läser om behovet av snabbare utveckling av förnybar energi från sol och vind m.m. och om kommande oljebrist, men vet inte säkert när den inträffar. Energiförsörjning, energianvändning och energiberoende är centrala frågor för vår välfärd och debatteras flitigt både i medierna, i näringslivet och inom politiken – samtidigt är det mångfacetterade frågor som är svåra att få grepp om. Oavsett om vi är unga eller gamla, lekmän eller forskare, politiker eller näringslivsrepresentanter behöver vi samlad och saklig information – utan ideologiska, subjektiva eller mediala vinklingar. Ökad kunskap, saklig debatt, ifrågasättande och diskussion bidrar till att finna de bästa lösningarna nu och för framtiden – i ett samspel mellan vetenskap och vardag.

Boken du håller i din hand är den fjärde upplagan av *Energi – möjligheter och dilemman*. Den första gavs ut 2007. En mindre omarbetning har skett sedan tredje upplagan som bestod av en mer omfattande revidering. Grunden är densamma som tidigare – en problematiserande, saklig framställning av energiområdet med många nyttiga fakta. Problematisering innebär bland annat, att med fakta, resonemang, och från olika synvinklar belysa energiområdets stora utmaningar och komplexa frågor, som saknar enkla lösningar och svar.

Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademiens *Energi och Miljöråd* och Kungl. Vetenskapsakademiens *Energiutskott* har tillsammans tagit initiativ till och drivit projektet, med målet att ur ett vetenskapligt perspektiv sprida kunskap om energifrågor i ett större sammanhang. Ett viktigt motiv till projektet var insikten att frågorna om energi och energiförsörjning under överskådlig tid kommer att vara en ödesfråga både för Sverige och världen i övrigt. Ett annat motiv var övertygelsen om att forskare och ingenjörer har en viktig uppgift att bidra till hållbara lösningar.

Boken har blivit mycket uppskattad i skolvärlden och successivt har projektet satt ökat fokus på skolan och skolans lärare. Att utforma och genomföra uthålliga lösningar på världens energi- och klimatutmaningar kommer att ta flera generationer. Skolan har därför en utomordentligt viktig uppgift att utbilda kommande generationer i dessa frågor, och då inte bara peka på hot och problem utan också på lösningar och möjligheter som ger framtidshopp. Eftersom frågornas komplexitet, mångfald och globala perspektiv spänner över allt från naturvetenskapliga framsteg och nya tekniska lösningar till ekonomi, företagande, livsstil, politiska ställningstaganden och styrmedel är förhoppningen att såväl SO- som NT-lärare ska finna boken användbar. Som en följd av intresset från skolvärlden har en Fortbildningsdag för lärare utvecklats med boken som grund. Fortbildningsdagen genomförs i samarbete med Föreningen Svenska Science Centers (FSSC). Tack vare våra finansiärer har vi haft möjlighet att uppdatera boken vid ett flertal tillfällen men också möjlighet att erbjuda skolor klassrumsuppsättningar av boken.

Styrgruppen för fjärde upplagan har bestått av undertecknad, professor *Bengt Kasemo* (ledamot IVA och KVA), som ordförande. Övriga ledamöter i styrgruppen har varit *Gerd Bergman* (NTA), professor *Eric Giertz* (ledamot IVA), dr. *Dick Hedberg* (ledamot KVAs Energiutskott), direktör *Christer Sjölin* (ledamot IVA), dr. *Magnus Breidne* (projektchef IVA) och projektledare *Elin Vinger Elliot* (IVA). I efterordet på sid 124 anges personer och finansiärer som på olika sätt bidragit till boken.

Måhända är detta en bok att bläddra och göra nedslag i, snarare än något man läser från pärm till pärm. Oavsett hur du som tar del av boken läser och använder denna, hoppas vi förmedla en bild av energifrågornas komplexitet. Samtidigt hoppas vi ha bidragit med kunskap om energifrågor på ett sätt som inspirerar och ökar ditt engagemang och intresse för frågorna. Kanske har du då också med bokens hjälp funnit några av svaren på frågorna inför framtiden.

*Bengt Kasemo*, styrgruppsordförande, projektet "Vetenskap & Vardag – Aspekter på energi", ledamot av IVA och KVA

# Innehåll

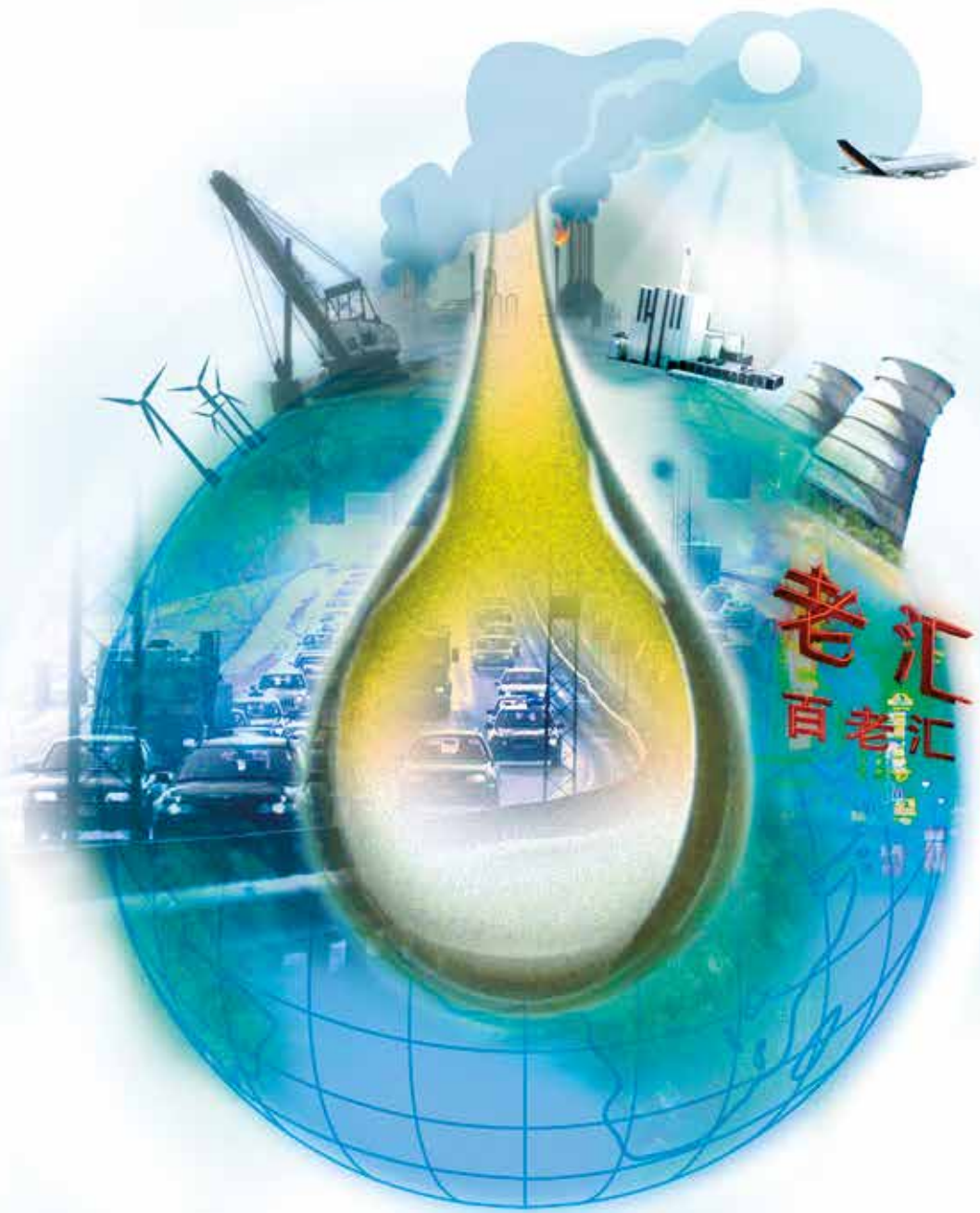
<b>Kapitel I: ETT LYFT</b>	12
FAKTARUTA: FYSIKENS LAGAR	12
FAKTARUTA: EFFEKT OCH ENERGI	13
FAKTARUTA: TERMODYNAMIK	14
FAKTARUTA: EXERGI	14
<b>Energikvalitet</b>	14
<b>Energibäraren el</b>	15
<b>Balanskonster på nätet</b>	15
FAKTARUTA: EXERGI I PRAKTIKEN	15
FAKTARUTA: VAD ÄR EFFEKTBRIST?	16
FAKTARUTA: ELIMPORT OCH ELEXPORT	16
<b>Förluster är svåra att undvika</b>	17
<b>Magasinering och reglering</b>	17
FAKTARUTA: VATTENKRAFT	17
<b>Faller en faller flera</b>	18
<b>Den totala energianvändningen i Sverige</b>	19
<b>Energi och mat</b>	21
<b>Energi till bostäder och service</b>	22
FAKTARUTA: ENERGIDEKLARATION	22
FAKTARUTA: VÄRMEPUMPAR	24
FAKTARUTA: ENERGIEFFEKTIVA VITVAROR	24
<b>Elkraft och värme</b>	25
FAKTARUTA: EKODESIGN OCH ENERGIMÄRKNING	25
<b>Energi till transporter</b>	26
<b>Energi till industrin</b>	27
FAKTARUTA: MARGINALEL	28
FAKTARUTA: UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER	28
<b>Vad påverkar elpriset?</b>	29

FAKTARUTA: EXTERNA KOSTNADER	29
FAKTARUTA: GEMENSAM ELMARKNAD	29
<b>Livscykelanalyser – ett försök att uppskatta alla miljöeffekter</b>	30
FAKTARUTA: LIVSCYKELANALYS	30
<b>Kapitel 2: SKIFTANDE TILLGÅNG TILL JORDENS ENERGIRESURSER</b>	34
<b>Energianvändningen ökar</b>	35
FAKTARUTA: ENERGIANVÄNDNING OCH TILLVÄXT	36
FAKTARUTA: EKOLOGISKA FOTAVTRYCK	39
FAKTARUTA: FOSSILBEROENDET ÄR STORT	40
<b>Energi och säkerhetspolitik</b>	41
FAKTARUTA: UTAN OLJA STANNAR SVERIGE!	41
FAKTARUTA: NORD STREAM GASLEDNING	42
<b>Beroende av sinande källor</b>	43
FAKTARUTA: OPEC	43
FAKTARUTA: OLJEKRISER OCH OLJEPRISER	44
FAKTARUTA: PEAKTEORIN	46
<b>Växthuseffekt – orsaker och verkan</b>	47
FAKTARUTA: NATURGAS – BRYGGA TILL DET FÖRNYBARA?	47
<b>Hur minskar vi utsläppen?</b>	48
FAKTARUTA: SKILJ PÅ KLIMAT OCH VÄDER	48
FAKTARUTA: RESULTAT AV KLIMATFÖRHANDLINGARNA I DURBAN 2011	49
FAKTARUTA: ATMOSFÄRENS KOMPLEXITET	50
FAKTARUTA: UTSLÄPPSRÄTTER	51
FAKTARUTA: EUs ELNÄTSKORRIDORER	51
FAKTARUTA: FÅNGST OCH LAGRING AV KOLDIOXID	52
<b>Lagring av koldioxid</b>	52
<b>Transportsektorns stora utmaningar</b>	53
<b>Förnybara ambitioner</b>	55
FAKTARUTA: ETANOL SOM BILBRÄNSLE ÄR INGET NYTT	55
FAKTARUTA: RISKER OCH MÖJLIGHETER FÖR FÖRETAG	55

FAKTARUTA: ELCERTIFIKATSYSTEM	56
FAKTARUTA: LÄNDER SOM SATSAR PÅ FÖRNYBART	57
FAKTARUTA: KAMP OM RÅVARAN	57
FAKTARUTA: LIVGIVANDE TRÄD	58
FAKTARUTA: KOLSÄNKA	58
<b>El på en gemensam marknad</b>	59
<b>Långa ledningar och smarta nät</b>	59
<b>Kapitel 3: UPPDRAG FRAMTID – UTMANINGAR OCH MÖJLIGHETER</b>	64
<b>Aspekter på energi</b>	64
<b>Scenarier för framtiden</b>	65
FAKTARUTA: IEA SPÅR FRAMTIDEN	65
FAKTARUTA: ÖKAD ANDEL BIOENERGI	66
<b>Storskalig infrastruktur med småskaliga lösningar</b>	67
FAKTARUTA: VAD ÄR HVDC?	68
FAKTARUTA: LAGRING AV ENERGI	68
FAKTARUTA: UTVECKLING FÖR LAGRING AV ENERGI	69
<b>Svensk energiteknik under framväxt</b>	70
<b>Tekniksprång</b>	71
FAKTARUTA: EXEMPEL PÅ LEAPFROGGING	72
<b>Utmaning: ökad tillväxt, stora städer och ökad befolkning</b>	72
<b>Kunskap, kreativitet och innovationskraft</b>	73
<b>Effektiv, effektivare, effektivast</b>	74
FAKTARUTA: LÅGENERGIHUS	75
FAKTARUTA: PASSIVHUSEN I LINDÅS PARK	76
FAKTARUTA: FJÄRRKYLA	76
FAKTARUTA: BLI ENERGIEFFEKTIV BILÄGARE!	77
FAKTARUTA: ELBILAR MED BATTERI ELLER BRÄNSLECELL	78
FAKTARUTA: VÄGAR ATT VINNA	78
<b>Exempel på framtida tekniker för elproduktion</b>	80
FAKTARUTA: KOMPRIMERAD BIOMASSA	80
FAKTARUTA: TRANSMUTATION	81
<b>Fler alternativ för framtiden</b>	83
FAKTARUTA: PRISET PÅ SOLENERGI	84
FAKTARUTA: SOLCELLER	86
FAKTARUTA: EL OCH VÄTE	87



<b>Kapitel 4: SIKTA FRAMÅT – BLICKA BAKÅT – LÄNGS VÄGEN MOT FRAMTIDEN</b>	90
Energisystemens ekonomi och framväxt	92
FAKTARUTA: MARKNADSMEKANISMER	92
FAKTARUTA: GEMENSAM ELCERTIFIKATSMARKNAD	94
FAKTARUTA: PRISET PÅ EN LITER BENSIN	94
Livsstil, attityder och inlärd beteenden	95
<b>Kapitel 5: MER OM ENERGI</b>	98
Förnybart eller ej – indelning av energikällor	98
Fossila energikällor	99
FAKTARUTA: FOSSILA BRÄNSLEN	99
FAKTARUTA: RÅOLJA	99
FAKTARUTA: OKONVENTIONELLA RÅOLJOR	99
FAKTARUTA: KOL	100
FAKTARUTA: NATURGAS	100
FAKTARUTA: NATURGAS ÄR FOSSIL	101
Kärnkraft	102
FAKTARUTA: SVÅRA REAKTORHAVERIER	104
FAKTARUTA: SPRIDNING AV KÄRNVAPEN	106
Geotermisk energi	106
Olika typer av markvärme	106
Förnybara källor	106
FAKTARUTA: SVERIGES STÖRSTA VATTENKRAFTVERK	108
FAKTARUTA: NÄSTAN ETT VINDKRAFTVERK OM DAGEN 2011	108
Biobränslen	109
Förnybara bränslen	110
Solkraft	112
FAKTARUTA: GRÄTZELCELLEN	114
Havskraft	115
<b>REGISTER</b>	118
<b>KÄLLFÖRTECKNING</b>	120
<b>OM PROJEKTET VETENSKAP &amp; VARDAG – ASPEKTER PÅ ENERGI</b>	124



# Beroende av energi?

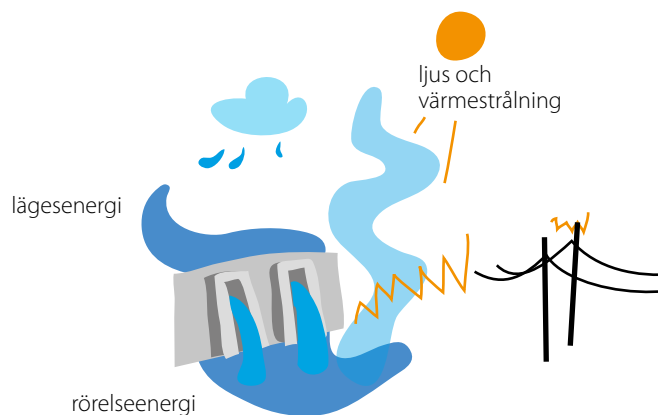
## Frågor att fundera över:

- Vilken energi kan du klara dig utan och hur mycket energi behöver du för att just ditt liv ska fungera?
- Hur mycket energi använder du egentligen under en dag, under ett år, under ett liv?
- Brukar du någon gång tänka på hur mycket energi som behövs för att hålla igång olika samhällsfunktioner?
- Går det verkligen att sätta en prislapp på all den påverkan på miljö och omvärld som energianvändningen för med sig?

Sedan 1800-talet har tillgången på energi lett till omvälvande förändringar av samhället. Häst och vagn har ersatts av skåpbilar, gåspennor av datorer, segelfartyg av flygplan. Eldstäder för värme är idag utbytta mot fjärrvärme och andra bekväma uppvärmningsmetoder. Vi är inte längre hänvisade till sill och potatis, utan kan välja mellan maträtter från hela världen. Möjligheter att effektivt kyla ned och snabbt värma upp livsmedel har inte bara bidragit med bekvämlighet utan också till minskad sjukdomsspridning och förbättrad hälsa. På område efter område har tillgången till billig och lätt åtkomlig energi formligen lyft hela vårt samhälle. Allt fler människor får möjlighet att resa och se nya platser, vissa av oss till och med ut i rymden. Men hela detta lyft, den stora omvälvning som tillgången till energi inneburit, för också med sig en hel del utmaningar.

Vad är energi? Energi tros vara världssaltets upprinnelse. Enligt fysikerna är vårt universum resultatet av en enda stor energiomvandling. Under den första sekunden efter universums födelse omvandlades ofattbara mängder energi till materia – massa – i form av protoner och neutroner. Fysikern Albert Einstein visade att energi och massa i själva verket är en och samma sak. Hans berömda formel  $E=mc^2$  anger hur mycket energi som motsvaras av en viss massa. Även om många var tveksamma till Einsteins teorier då det begav sig, har senare forskning gett honom rätt: vid klyvning av atomkärnor omvandlas en liten del massa till rörelseenergi.

Energi omvandlas ofta i långa kedjor. Exempel från naturen kan vara en sjö, eller ett magasin med vatten, som kan ha energi genom sitt läge då vatten ligger högre än sin omgivning. Denna energi kan omvandlas till rörelseenergi som fångas upp i en vattenkraftsturbin, som sedan omvandlas till



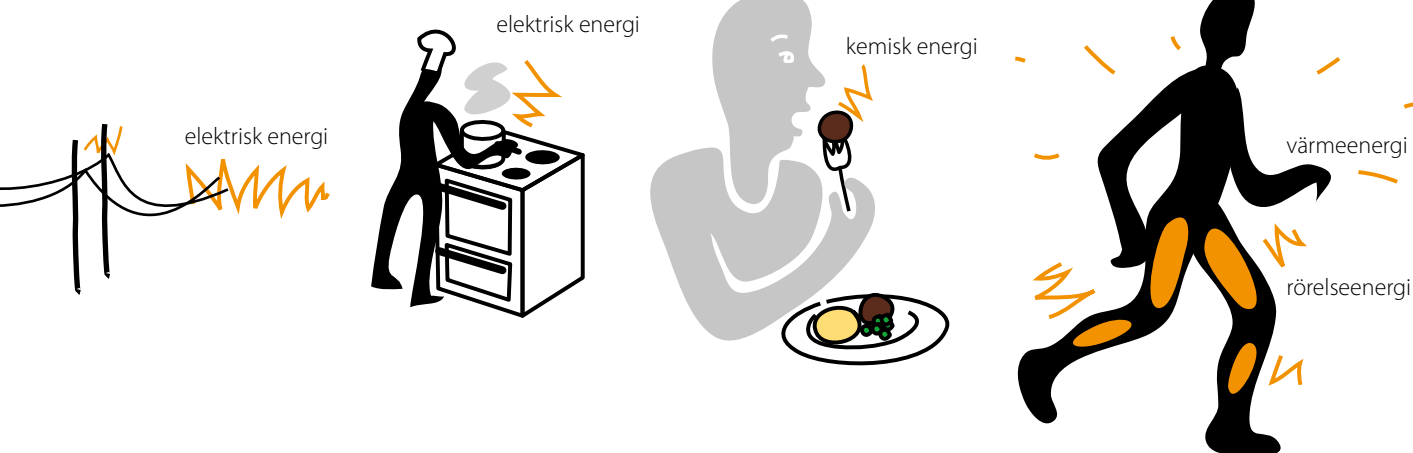
### ! VISSTE DU ATT...

...energiinnehåll i bland annat mat mäts i joule? Människan behöver 8–10 megajoule (MJ) per dag. Mättet joule har ersatt det äldre energimåttet kalori och kilokalori, kcal. En kalori är 4,19 joule. Trots att det är ett äldre begrepp talas ofta än idag om matens kaloriinnehåll. Till exempel innehåller en 200 grams påse chips 1 000 000 kalorier, det vill säga 1 000 kilokalorier. Med dagens mått blir det 4 190 000 joule, det vill säga drygt 4 megajoule. Det är för övrigt samma mängd energi som krävs för att värma 10 liter nollgradigt vatten upp till kokpunkten.

### FYSIKENS LAGAR

Fysikens lagar säger att energi varken kan ta slut eller förstöras utan bara omvandlas från en form till en annan, exempelvis från massa till energi. Energi kan alltså aldrig försvinna, bara ändra form. Till exempel kan den kemiska energin i ett äpple lagras i kroppen. Den omvandlas till rörelseenergi i benen när man går eller springer; då energirika molekyler förbränns i kroppens muskelceller.

elektricitet i generatorn. Den energi som transporteras via el kan omvandlas till värmeenergi i en kökspis och få vatten att koka, rörelseenergi genom köksfläktens motor och ljus i köksfläktens lampa. Det vatten som regnat ned från himlen och



fyllt vattenmagasinen har ursprungligen värmts av solen. När vattnet värms av solen omvandlas det till vattenånga, som stiger till himlen och bildar moln. När det regnar fylls magasinen på nytt.

Det finns alltså flera olika former av energi. Gemensamt för dem alla är att de kan uträtta arbete. Uttrycket energi kommer av det grekiska

ordet "ergon" som betyder arbeta. Energi betyder helt enkelt "förmåga att uträtta arbete". Nästan all energitillförsel här på jorden har sitt ursprung i kärnreaktioner. Enda undantaget är tidvattnet som uppstår som en följd av gravitationskraften främst mellan jorden och månen. När atomkärnor

## EFFEKT OCH ENERGI

Grundenheten för att mäta energi är Joule (J). En J är lika mycket energi som krävs för att lyfta ett kg 10 cm. Men energi kan uttryckas på flera sätt, exempelvis som kraft x sträcka, där kraft mäts i enheten Newton (N) och sträckan i meter.

Ett annat sätt att uttrycka energi är energi per tidsenhet, alltså den kraft som krävs för att utföra någon form av arbete under en viss tid. Watt (W) anger effekt (energi per tidsenhet) och är en av de vanligast formerna för hur vi mäter energi.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Nm}$$

Om man utgår från grundenheterna för energi blir talen för angiven energi ofta mycket stora. Därför används bokstavsbezeichnungar som anger antalet nollor för varje enhet.

kW (kilowatt) = 1 000 W  
 MW (megawatt) = 1 000 000 W  
 GW (gigawatt) = 1 000 000 000 W  
 TW (terawatt) = 1 000 000 000 000 W

En apparat med effekten 1 000 W som används i en timme, förbrukar då 1 000 Wattimmar, vilket är samma sak som 1 kilowattimme (kilo = 1 000) eller förkortat 1 kWh.

Om du till exempel använder en hårtork eller en dammsugare på 1 000 W i en timme eller om du låter en glödlampa på 40 W lysa i 25 timmar, förbrukar du i båda fallen 1 kWh: 1 000 W x 1 timme = 1 kWh, 40 W x 25 timmar = 1 kWh.

1 kWh (kilowattimme) = 1 kilowatt under 1 timme.  
 1 MWh (megawattimme) = 1 000 kWh  
 1 GWh (gigawattimme) = 1 000 000 kWh  
 1 TWh (terawattimme) = 1 000 000 000 kWh

## TERMODYNAMIK

Termodynamik är läran om energi. Det finns två termodynamiska huvudsatser som kan vara bra att känna till:

1. **Energiprincipen** – säger att energi inte kan skapas och heller inte förstöras. Det finns alltså egentligen inget sådant som "energiproduktion" eller "energikonsumtion", även om vi kallar det så i vardagligt tal. Mängden energi i universum är nämligen konstant. Däremot kan energiomvandlingar ske till exempel från energi bunden i massa till rörelseenergi.

2. **Entropiprincipen** – Energins kvalitet minskar varje gång en energiomvandling sker.

## EXERGI

För att beskriva en energimängds användbarhet används begreppet exergi. Exergi anger energins kvalitet i förmåga till arbete.

Energikvalitet med faktor 1,0 (exempelvis elenergi) innebär i teorin att all energi kan utnyttjas för att uträtta arbete. Energikvalitet med exempelvis faktor 0,2 lämpar sig väl till uppvärmning av hus, men kan inte användas till så mycket annat.

### Kvalitetsfaktorn för olika energiformer i en standardomgivning av rumstemperatur (20 °C)

Energikälla	Kvalitetsfaktor
mekanisk energi	1,00
elektrisk energi	1,00
kärnbränsle	0,95
solstrålning	0,93
kemiska bränslen	omkring 1
termisk energi och värmestrålning vid 300 °C	0,49
termisk energi och värmestrålning vid 100 °C	0,21
termisk energi och värmestrålning vid 40 °C	0,06
termisk energi och värmestrålning vid 20 °C	0,00

klyvs i en reaktor omvandlas en del av deras massa till rörelseenergi som senare blir värmeenergi, som i sin tur bland annat omvandlas till elektricitet som sedan kan uträtta arbete.

Energien som strålat ut från solens varma yta har genererats av fusion av vätekärnor i solens mycket

varma inre. Även i jordens inre pågår kärnreaktioner, radioaktiva sönderfall främst av grundämnena uran och torium, som orsakar geotermisk energi så att det blir varmare ju längre ner i jorden vi kommer.

För en uthållig framtid diskuteras energi som bygger på förnybara energikällor som solstrålning, vatten i rörelse, vind och biomassa. Kärnkraft, kärnfission och kärnfusion, är också exempel på energilösningar som kan säkra en långsiktig tillförsel av energi.

## Energikvalitet

En aspekt på energins värde är att se till olika energikällors effektivitet och användningsområden. Alla former av energi är inte lika användbara. Det kan också skilja hur omvandlingsbara olika energiformer är. Vissa omvandlas lätt från en form till en annan, exempelvis vattenånga till elenergi. För andra former, som värmen i ett rum, kan det vara svårt att omvandla energin till något annat användbart.

Exergibegreppet tar alltså med i beräkningen om och hur energin kan nyttiggöras. Energi i form av elektricitet är exempelvis ren exergi. Den kan omsättas i mekanisk energi, kemisk energi, värmeenergi etc. Värmeenergi som är spridd i ett rum har däremot låg exergi eftersom den är svårare att utnyttja till annat.

Ofta blandas energi och exergi ihop. Det kan leda till att man drar fel slutsatser och ur effektivitetssynpunkt väljer mindre lämpade energikällor till olika ändamål. Det kan vara lätt att tro att en viss energimängd, som en kWh, kan utföra samma arbete oavsett om den kommer från värmen av ett eldat vedträ eller från ett vattenkraftverk som gjort el av energin i det strömmande vattnet. Sanningen är i stället att den elenergi vi tar från vägguttaget kan utföra flera gånger mer arbete än värmeenergin från vedträet.

Sett ur exergiperspektiv gäller att ju fler användningsområden desto värdefullare energiform.

## PRIMÄR ENERGI OMVANDLAS MED FÖRLUSTER

Jordens primära energiresurser utgörs av kärnenergi (uran), fossilenergi (olja, kol och naturgas), bioenergi (skog, jordbruk, torv och avfall) och flödande energi (sol, vind, vatten, våg). De primära energiresurserna utgör basen för samhällets energitillförsel. Då energin används i samhället omvandlas den primära energin i olika energislag via energibärare till olika former av energitjänster, till

exempel för uppvärmning, belysning, tillverkning och transporter. Vid varje omvandling och transport av energi från den primära formen till någon form av energitjänst sker förluster. Vanligen sker förlusterna i form av värme, som oftast inte kan tas tillvara för något specifikt ändamål. Läs mer om de olika energislagen i kapitel 5.

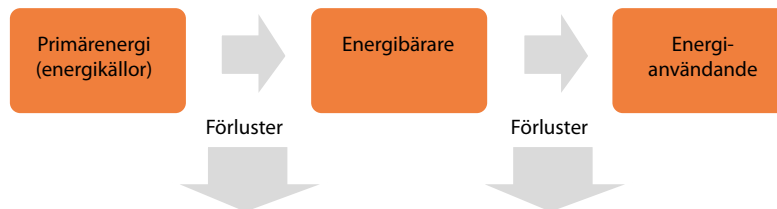
## Energibäraren el

De flesta former av energi kan – mer eller mindre enkelt – omvandlas till elektricitet. Tvärtom vad många tror är el inte en energiform, utan en energibärare. Energi kan komma ifrån fossilt bränsle (olja, kol, naturgas som dominerar den globala elproduktionen), vatten-, vind-, våg- och solkraft, biobränsle eller kärnkraft innan den omvandlas till elektricitet. El är en mycket effektiv energibärare då användningen av el kan ske mycket effektivt i till exempel motorer. Med värmepumpar kan man dessutom få ut en större energimängd i form av värme än vad man matar in i form av el.

Som energibärare i ett framtida energisystem kan förutom el också biogas och eventuellt även väte komma att spela en roll. Väte i vätske- eller gasform kan framställas antingen genom energikrävande elektrolys av vatten, produktion ur fossila bränslen och biobränslen och i en framtid kanske genom artificiell fotosyntes. Med dagens kända teknik är det dock svårt att lagra och transportera vätgas och det krävs speciell utrustning för att hantera den. Att skapa el direkt från solenergi med solceller har stor potential för framtiden och har redan betydande omfattning i vissa länder. Läs mer om detta och framtidens energisystem i kapitel 3.

## Balanskonster på nätet

I många industrialiserade länder utgör andelen el 20–40 procent av energianvändningen och andelen ökar. Dessutom ökar utbytet av el mellan länderna. Elledningar är sammankopplade i landstäckande och transnationella nät. Elen matas in i nätet från ett antal kraftverk, som kan ha olika energikällor som bas, och tas ut av användare på ett stort antal andra ställen. Leveranserna från kraftverken varierar under dag och natt, sommar och vinter. Den mängd el som används i bostäder, inom servicesektorn och industrin varierar också. Något som man sällan tänker på är att den el som krävs för att få en lampa att lysa måste tas fram



Figuren visar hur primärenergien i olika energislag omvandlas via energibärare till olika former av energianvändning. Förluster i form av spillvärme uppstår i de olika omvandlingsleden. Primär energi kan exempelvis vara kärnenergi i energikällan uran, som genererar el som används till belysning. El är energibäraren, belysning är användningsformen. Ett annat exempel är då den primära energien i den fossila energikällan olja används för att värma hetvatten som används för uppvärmning. Här är det varma vattnet energibäraren och uppvärmning användningsformen. Se mer om Sveriges primära energitillförsel och energianvändning i diagrammet på sidan 18–19.

just när lampan lyser. De nationella näten är sammankopplade så att el kan exporteras och importeras. Ett flöde över landsgränserna sker dagligen för att bäst utnyttja de olika produktionsalternativ som står till buds. Det finns ännu inget bra sätt att lagra el storskaligt. Däremot kan man lagra råvaror som olja, naturgas, biomassa, vatten och kärnbränsle som används för att tillverka el. Magasinerat vatten har en särställning eftersom det omedelbart kan omvandlas till elenergi i kraftverkens turbiner när magasinen töms. För att lagra



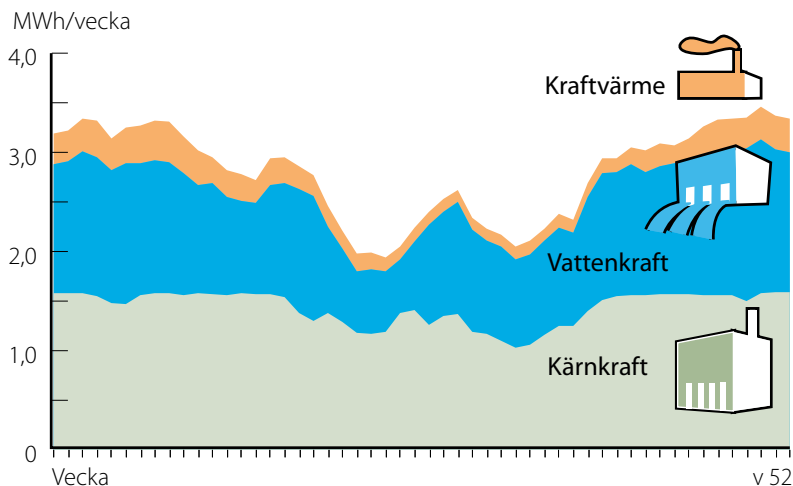
## VISSTE DU ATT...

El är en effektiv energibärare. El möjliggör också mycket effektiv energianvändning. En elmotor är i regel tre gånger effektivare än en förbränningsmotor.

## EXERGI I PRAKTIKEN

I Kvarnsvedens pappersbruk drivs kvarnarna, som frilägger fibrerna för pappersproduktion, av elenergi. Processen är utformad så att den värme som uppstår vid malningen också används för att producera ånga, som i sin tur används vid torkningen av tidningspappret i pappersmaskinen. Spillvärmerna används sedan i Borlänge Energis fjärrvärmesystem. På så sätt optimeras användningen av energi i flera steg, trots ett allt lägre exergi-innehåll i varje omvandlings steg.

## Elproduktion i Sverige under ett år



Sveriges elproduktion är i stort sett fossilfri. Kärn- och vattenkraften utgör en bas för elbehovet. Vattenkraft kan dessutom snabbt täcka förändrade behov, då den kan regleras omedelbart. Kraftvärme, som kan ha olika energikällor som bas styrs av värmebehovet. Vi har god balans mellan produktion och användning. Källa: Svensk energi

### VAD ÄR EFFEKTBRIST?

Effektbrist uppstår då elbehovet i ett visst ögonblick är större än vad man maximalt kan producera i detta ögonblick. Exempel på situationer då effektbrist kan uppstå är vid mycket kalla vinterdagar eller vid händelser som påverkar förhållandet mellan tillgång och efterfrågan på el i hela eller delar av Sverige, till exempel att en kärnkraftsreaktor snabbstoppas.

För att hantera effektbrist i extrema situationer kan Svenska Kraftnät aktivera sin effektreserv. Reserven finns tillgänglig genom kontrakt med olika elproducenter som möjliggör snabb inkoppling av produktion och delvis snabb bortkoppling av förbrukning, främst hos industriella kunder. Totalt omfattar effektreserven cirka 1500 MW och ungefär hälften utgörs av lastbortkoppling och hälften av reservkraft som kan kopplas in.

### ELIMPORT OCH ELEXPORT

Sverige är marknadsmässigt och fysiskt sammankopplat med andra länder framför allt de Nordiska länderna. Genom kraftutbytet kan man hantera överskott och brist i elsystemet. Det största utbytet sker mellan de nordiska länderna men i ökad grad med kontinentala Europa. Exporten och Importen varierar kraftigt över året och mellan år. Tendensen är att Sverige oftast är nettoexportör.

el i mindre skala och för kortare tider finns flera alternativ inklusive olika batteriteknologier. Hitills har dessa fått liten användning men snabbt fallande priser gör batterilager allt mer intressanta. Svårigheterna med att lagra el gör ibland situationen lite besvärlig, inte minst i vårt land då elförbrukningen vintertid är avsevärt högre när hus och lokaler ska värmas och lysas upp.

Eftersom vi på årsbasis (ett normalår då vi inte haft vare sig torka eller stora mängder nederbörd) kan importera el har vi aldrig någon egentlig energibrist i vårt land. Däremot kan effektbrist uppstå, det vill säga att vi har svårt att klara de hårdast belastade perioderna. Det kan hända då det plötsligt slår till och blir kallt i hela Norden och alla vill både använda och importera el samtidigt. Effektbrist kan medföra att det uppstår flaskhalsar i flödena så att det blir svårt att få ut den el som behövs till alla användare. Vid dessa tillfällen kan det bli nödvändigt att använda oljeeldadeservkraftverk eller att importera el.

### EFFEKTBALANSEN I SVERIGE KALLA VINTERDAGAR

Sveriges förmåga att klara elförsörjningen vid kalla vinterdagar är beroende av den så kallade effektbalansen som byggs upp av de olika elproduktionslagen kärnkraft, vattenkraft, värmekraft (kraftvärme och industrimottryckskraft, kondenskraft, gasturbiner) och vindkraft. Effektbalansen beskriver elsystemets förmåga att balansera tillförsel och efterfrågan på el i det ögonblick då elen behövs.

De olika kraftverkens installerade effekt är inte alltid tillgänglig. Service, översyn och reparationer av kärnreaktorer och turbiner, isproblem i vattendammar och otillräckliga vindförhållanden är exempel på orsaker som kan medföra att elproduktionen från en anläggning står still eller är begränsad. Man kan dock utifrån tidigare erfarenheter beräkna hur stor del av den maximala effekten som alltid finns tillgänglig i olika kraftverk. För att undvika effektbrist, exempelvis under kalla vinterdagar, har Svenska Kraftnät enligt lag ansvar för att upphandla en viss fastställd effektreserv. Effektreserven ska vara ett komplement till den övriga produktionskapacitet som finns på elmarknaden.

Svenska Kraftnät, som har det yttersta ansvaret för att det alltid är balans mellan elproduktion och elförbrukning i Sverige, gör varje år prognoser för kommande vinters effektbalans. I planeringen



för att tillgodose detta elbehov, med de elproduktionsanläggningar som beräknas vara i drift under prognosperioden, räknar Svenska Kraftnät med att kärnkraft, vattenkraft och värmekraft har en tillgänglighetsfaktor på 90 procent av den installerade effekten. De står för den så kallade baselen. För vindkraft tillämpas en tillgänglighetsfaktor på endast sex procent, vilket baseras på att man utgår från det minsta effektvärdet för vindkraften under 90 procent av årets alla timmar dividerat med den totalt installerade vindkrafteffekten.

### Förluster är svåra att undvika

Vi använder stora mängder energi i samhället. Energin behövs för uppvärmning och kyla, för belysning och apparater, för att förflytta oss och för produktion och distribution av varor och tjänster. Den energi vi använder kommer från en mängd olika källor. I vårt land är förutsättningarna sådana att vi har gott om elgenererande vattenkraft i norr och en stor andel hushåll som förbrukar el i söder. Därför har vi ett omfattande elektriskt överföringssystem med kraftnät som leder elen från en landsände till en annan.

I ett kärnkraftverk kan typiskt bara drygt en tredjedel av energin i bränslet omvandlas till elektricitet. Men om man samtidigt använder den värme som produceras för uppvärmning till exempel i ett fjärrvärmenät kan mer än dubbelt så mycket av energin i bränslet omvandlas till nyttigt energianvändande. I kärnkraftverken utnyttjas idag inte denna möjlighet, medan metoden är vanlig i andra termiska kraftverk, till exempel vid sopförbränning.

Vattenkraften har inte samma problem med sådana förluster. Under ett normalår producerar Sverige cirka 65 TWh elkraft i våra vattenkraftverk. Förluster uppstår först när elen transporteras genom kraftledningarna. Ungefär elva TWh (cirka sju procent) av den totala elproduktionen är distributionsförluster över nätet.

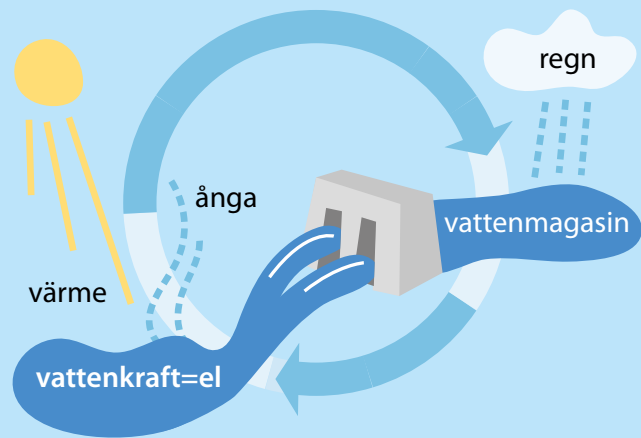
En annan orsak till att förluster kan uppstå är att kraftbolagen ibland måste tappa vatten förbi turbinerna på grund av dämningregler och översvämningsrisk.

### Magasinering och reglering

Vi behöver tillgång till el året om, och eftersom den måste tillverkas i samma stund som vi använder den behöver vi ha tillgång till magasinerade energikäl-

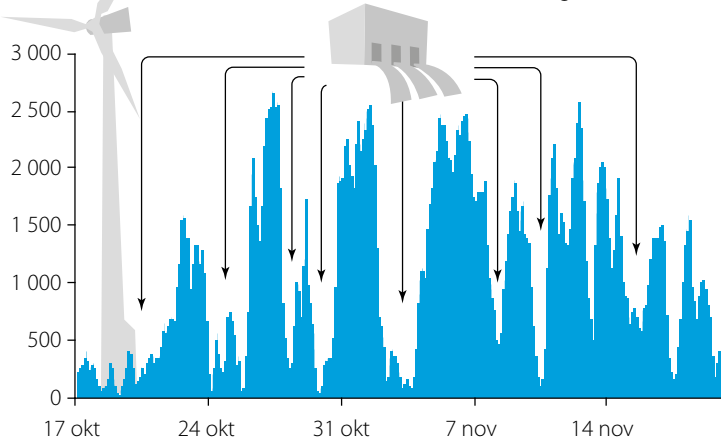
## VATTENKRAFT

Vattenkraft spelar en stor roll för Sveriges framgångar. Tack vare Sveriges goda tillgång på vattenkraft, som lagrar energi i vattenmagasin, kan vi ofta lätt reglera effekten på nätet. I Sverige kommer nära hälften av elenergin från vattenkraft, som är att betrakta som en "ren" energikälla till skillnad från elproduktion från exempelvis olja, kol och naturgas. Därför kallas ibland vattenkraften för "det vita kolet". Å andra sidan har utbyggnaden av vattenkraften påverkat landskapsbilden, torrlagt älvfåror och haft negativ påverkan på växt- och djurliv. Samtidigt ger vattenregleringen i älvar en större möjlighet att kontrollera översvämningsrisker, vilket ger möjlighet att bygga hus närmare vattnet än vad som är möjligt i oreglerade älvar.



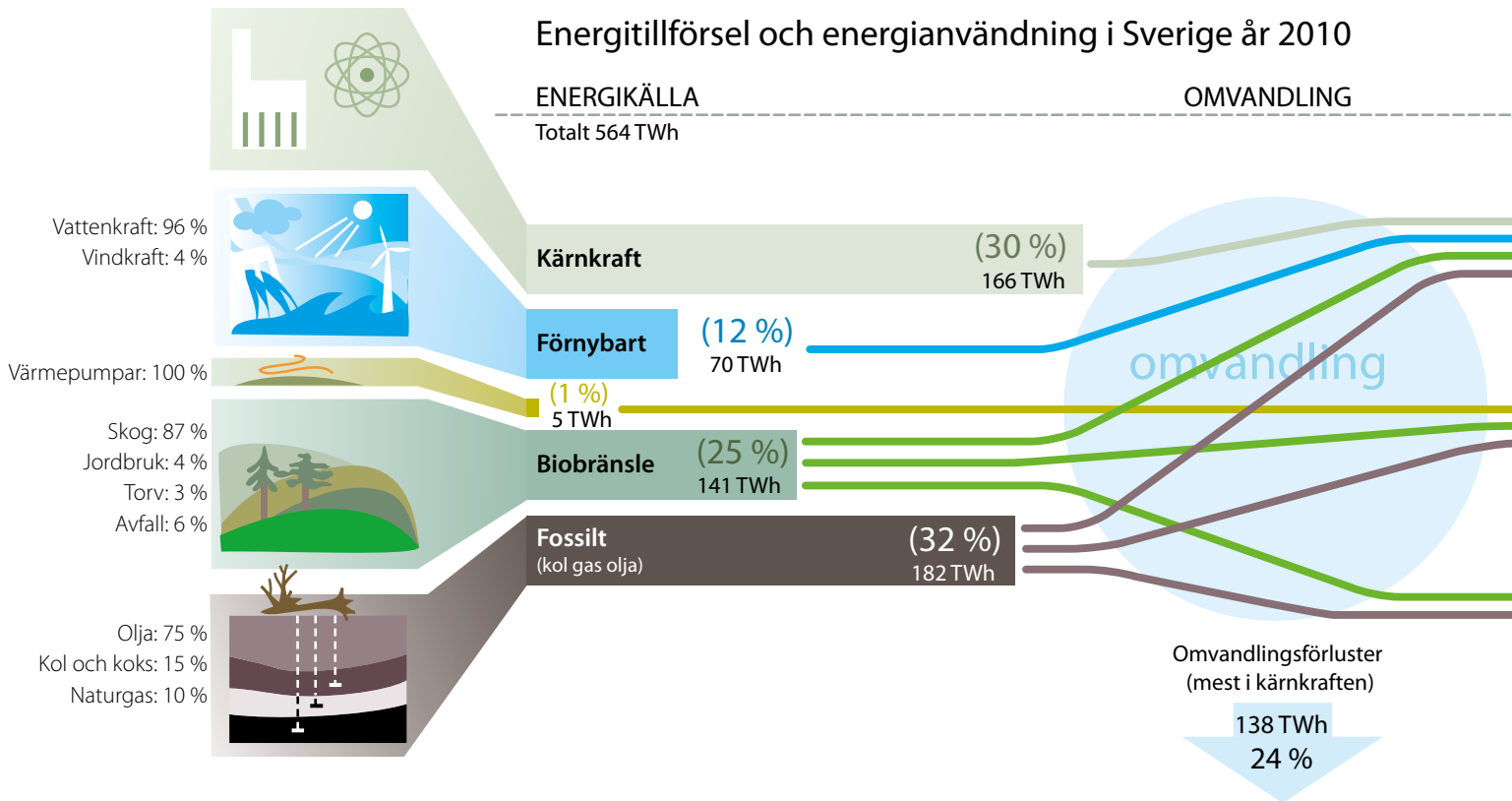
### Vindkraftens effektsvackor måste fyllas med annan elproduktion

Exemplet visar timvärden för dansk vindkraft under fem höstdagn och illustrerar hur stora variationer i effekt vindkraften har under en "vanlig vecka".



Källa: Energinet

# Energitillförsel och energianvändning i Sverige år 2010



lor. Här fyller vattenkraften en viktig funktion i vårt land. De stora vattendammarna i norra Sverige fungerar nämligen som stora lager. I dem bevaras energi i form av lägesenergi. Vi kan låta vattnet rinna ut och omvandla dess rörelse till el när vi själva bestämmer det. På så sätt har vattenkraften dubbla funktioner; den kan både lagra energi och göra den omedelbart tillgänglig när den behövs som bäst.

Kärnkraftverken är också stora lager som, när de är fulladdade med uran, kan drivas i flera år. El från kärnkraftverk går också att reglera, men inte lika enkelt och inte med så korta intervall som i vattenkraftverk. Vattenkraftverk kan regleras efter behoven på sekunden när.

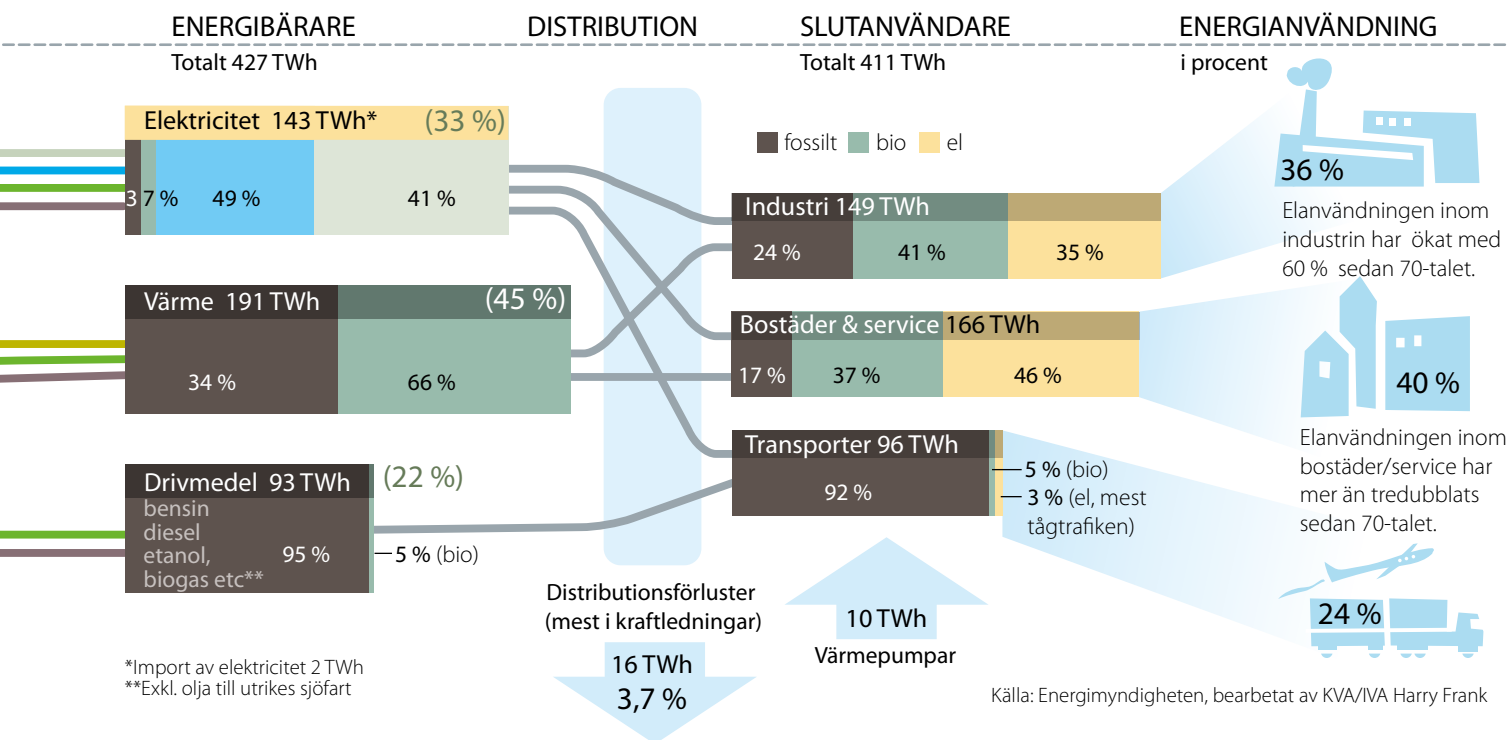
Vindkraftverk saknar denna förmåga eftersom de bara kan generera el när det blåser lagom kraftiga vindar. De kan därför inte heller lagra energi. För att ha en säker och ständigt tillförlitlig ertillförsel behöver därför vindkraft kombineras med andra energikällor, och då fyller den reglerbara vattenkraften en utmärkt funktion.

## Faller en faller flera

I flera avseenden har olika tekniklösningar bidragit till att göra livet väsentligt enklare och bättre

för oss människor. Men vårt moderna samhälle innebär att vi har blivit allt mer beroende av tjänster som vi inte längre själva har kontroll över. Allt fler funktioner har blivit direkt eller indirekt beroende av el för att fungera optimalt. De kraftiga stormar vi hittills sett under 2000-talet, till exempel stormen Gudrun som drabbade Småland och andra delar av södra Sverige med stora skador på el- och telenät, skog och fastigheter som följd, är ett talande exempel på detta.

Sårbarheten i det moderna samhället följer med en ökad samhällsbetydelse för el-, tele-, vatten och it-system. Den ökande andelen variabel kraftproduktion kommer till exempel att innebära en utmaning för en säker elförsörjning. Det ökade beroendet av it-tekniken för andra samhällssystem inklusive el och tele kommer att kräva nya lösningar och uppföljningssystem. Tidigare var samhället uppbyggt av självständiga sektorer som fungerade mer oberoende av vad som hände i omgivningen. Så är det inte längre. Forskare vid Krisberedskapsmyndigheten säger att hela samhället numera är byggt utifrån ett just-in-time-koncept, vilket innebär att tempot är högt och att såväl privatpersoner som företag och organisationer måste



hämta delar till vardagen från olika håll för att det ska bli en helhet.

### Den totala energianvändningen i Sverige

Sveriges totala energitillförsel år 2010 var cirka 566 TWh. Olja och kärnkraft stod för de största andelarna, följt av biobränsle och vattenkraft. Sedan år 1970 har sammansättningen, eller mixen, i energitillförseln förändrats rejält.

Användningen av råolja och oljeprodukter har exempelvis minskat med drygt 40 procent. Genom utbyggnaden av kärnkraft (och även vattenkraft) har användningen av el ökat. Även elproduktion från biobränslen har mer än fördubblats. Det finns också andra faktorer som påverkar. Under 1980-talet byggde många kommunala energibolag stora värmepumpar för att producera fjärrvärme. I mitten av 1980-talet infördes naturgasen längs västkusten. I mitten av 1990-talet påbörjades utbyggnaden av vindkraft. Denna bidrar än så länge bara marginellt till den totala energitillförseln i Sverige.

Andelen förnybara energikällor i den slutliga energianvändningen uppgick enligt Energimyndigheten till 47 procent år 2010. Detta är en relativt stor andel internationellt sett. Till de förnybara

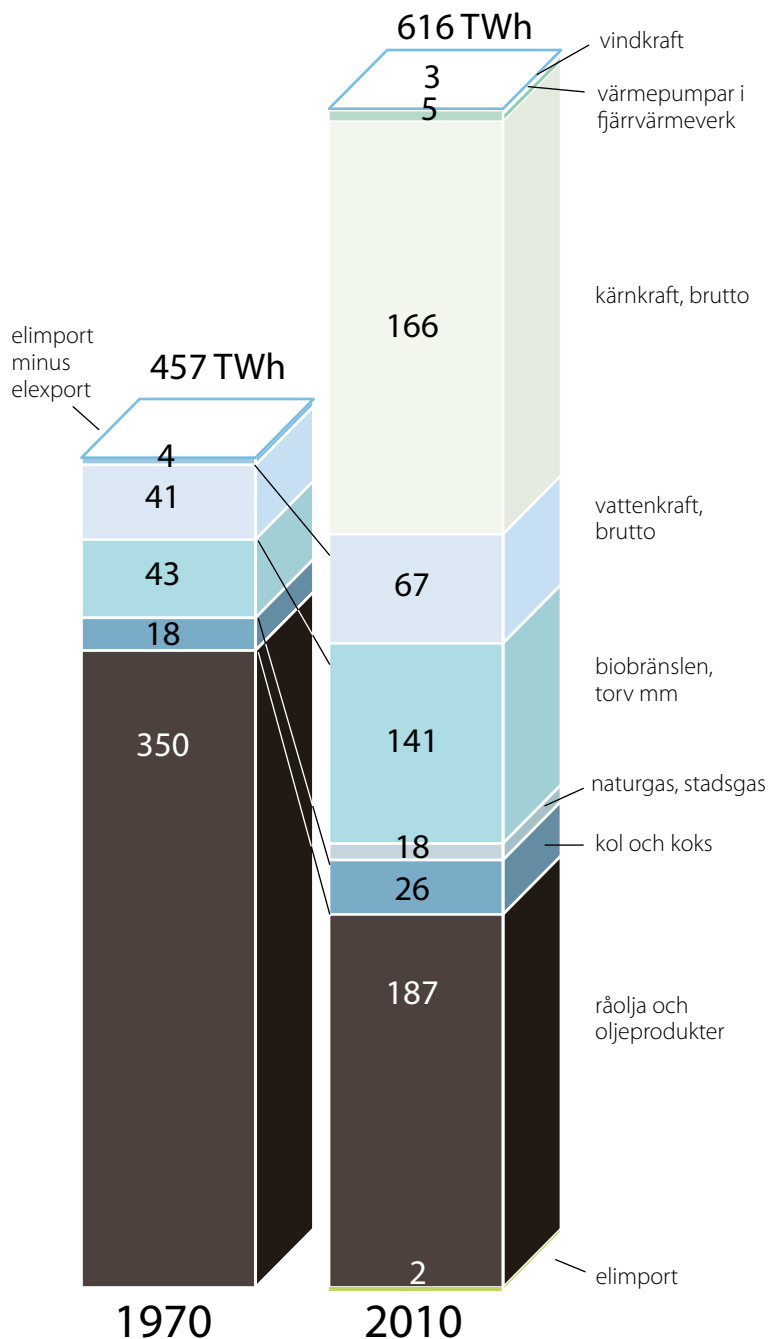
energikällorna räknas biobränslen och avfall, vattenkraft, vindkraft och värmepumpar.

Transportsektorn står för den dominerande oljeanvändningen i Sverige. Några få procent går till petrokemisk industri eller andra industriprocesser, där man använder oljan som råvara och inte enbart som energikälla. Det finns kondenskraftverk som använder olja för att producera el när det behövs mycket effekt och övriga resurser är begränsade, till exempel vid torrår.

Det är användningen som styr hur mycket energi i form av el och värme som produceras. Energianvändningen i landet brukar indelas i sektorer som bostad och service, industri och transport, utrikes sjöfart och förluster.

För bostadssektorn har energianvändningen varit nästan oförändrad sedan 1970-talet. Inom transportsektorn har användningen ökat kraftigt, medan industrins ökning varit måttlig. Bidragen från olika energikällor har däremot förändrats väldigt mycket under de senaste 30 åren. Tidigare var oljan en betydligt mer använd energikälla. Oljans andel av energitillförseln har minskat från 77 procent år 1970 till omkring 30 procent i dagsläget, och denna andel går nästan uteslutande till transportsektorn.

## Sveriges förändrade totalenergitillförsel, TWh



Källa: Energimyndigheten

Sedan 1970-talet har energibehovet ökat med omkring 30 procent. Samtidigt har det skett förändringar i sammansättningen av de energikällor som står för energitillförseln i vårt land. Kärnkraften har tillkommit och förnybara energikällor som vattenkraft och biobränslen har ökat i omfattning, medan användandet av fossila bränslen har minskat avsevärt.

## Elanvändningen i Sverige 2010 i TWh

Industri	55
Driftel 1)	38
Hushållsel 2)	20
Bostadsuppvärmning 3)	19
Varav:	
–småhus	15
–flerbostadshus	1
–lokaler	3
Trafik (tåg)	3
Förluster	12
<b>Summa användning</b>	<b>147</b>

1) Avser motordrift, fläktar med mera i affärer, hotell, reningsverk, övriga serviceinrättningar med mera, liksom gatubelysning.

2) Avser spisar, kyl och frysar, tvättmaskiner, belysning, TV med mera.

3) Blandning av olika uppvärmningsformer bland annat 4 TWh i direktverkande el i småhus och 1-2 TWh i fritidshus, vattenburen elvärme, värmepumpar, uppvärmning av varmvatten med mera.

Källa: Energimyndighetens diverse statistik, samt rapporter och diskussioner med medarbetare på Energimyndigheten

## ! VISSTE DU ATT...

...tomater som odlas i svenska växthus som värms med fossilbränslen leder till fem gånger större utsläpp av växthusgasen koldioxid jämfört med de tomater som fraktats till Sverige hela vägen från exempelvis Spanien. Trots de långa transportsträckorna är det med hänsyn till koldioxidutsläppen effektivare att importera tomater från soligare och varmare länder. Svenska växthus kräver mycket energi för att förse oss med tomater året om.

## Energi och mat

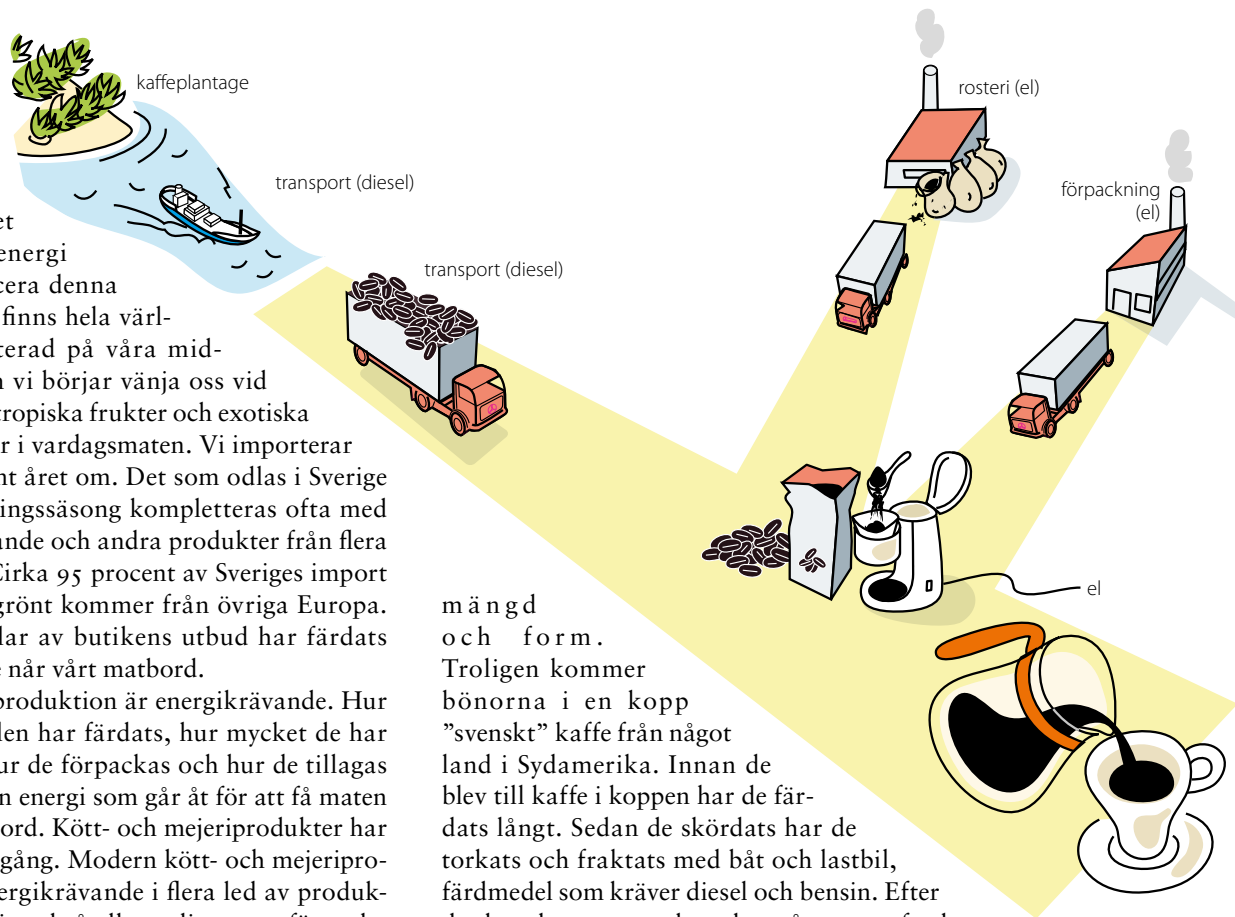
Vår kropp får energi när vi äter mat – men det krävs också energi för att producera denna mat. Numera finns hela världen representerad på våra middagsbord, och vi börjar vänja oss vid en livsstil där tropiska frukter och exotiska livsmedel ingår i vardagsmaten. Vi importerar frukt och grönt året om. Det som odlas i Sverige under vår odlingsäsong kompletteras ofta med både motsvarande och andra produkter från flera kontinenter. Cirka 95 procent av Sveriges import av frukt och grönt kommer från övriga Europa. Men vissa delar av butikens utbud har färdats långt innan de når vårt matbord.

Livsmedelsproduktion är energikrävande. Hur långt livsmedlen har färdats, hur mycket de har behandlats, hur de förpackas och hur de tillagas avgör mängden energi som går åt för att få maten från jord till bord. Kött- och mejeriprodukter har störst energiåtgång. Modern kött- och mejeriproduktion är energikrävande i flera led av produktionen. Det blir också allt vanligare att förpacka råvaror i olika typer av inplastade tråg av till exempel frigolit och kartong. Det går även åt energi för att framställa allt material som går åt till paketeringen av varorna.

Sett ur ett energiperspektiv går det att vrida och vända på fördelar och nackdelar med långväga transporterade livsmedel jämfört med lokalt odlade. Det går också att vrida och vända på fördelar och nackdelar med färdiglagad mat och halvfabrikat. I Sverige har utbudet av färdiglagad mat och halvfabrikat ökat kraftigt de senaste tio åren. Ofta är det energibesparande att i effektiva restaurang- och storkök tillaga mat som sedan värms i mikrougn i var mans hushåll. I alla fall om man sätter detta i relation till alternativet att varje familj börjar sin middag från start med uppvärmning av ugnar, kok av potatis och annat som krävs för att få varm mat på bordet.

### EN KAFFEBÖNAS RESA

En kaffebönas resa kan utgöra exempel på den långa kedja av händelser som krävt energi i olika



mängd och form.

Troligen kommer bönorna i en kopp "svenskt" kaffe från något land i Sydamerika. Innan de blev till kaffe i koppen har de färdats långt. Sedan de skördats har de torkats och fraktats med båt och lastbil, färdmedel som kräver diesel och bensen. Efter det har de rostats och malts, något som fordrar mycket energi. Den typ av aluminiumburk som bönorna förvaras i kräver mycket el för att tillverkas, färgas och tryckas. Dessutom behöver alla människor som arbetar med produktionen också energi. Innan kaffet till slut når familjens frukostbord har det färdats från grossister till detaljhandel, för att sedan hamna i matkassen på väg hem till familjen i deras bil, vidare ned i bryggaren och till slut står den där – en kopp varmt gott kaffe.

### SYNS INTE MEN FINNS ÄNDÅ

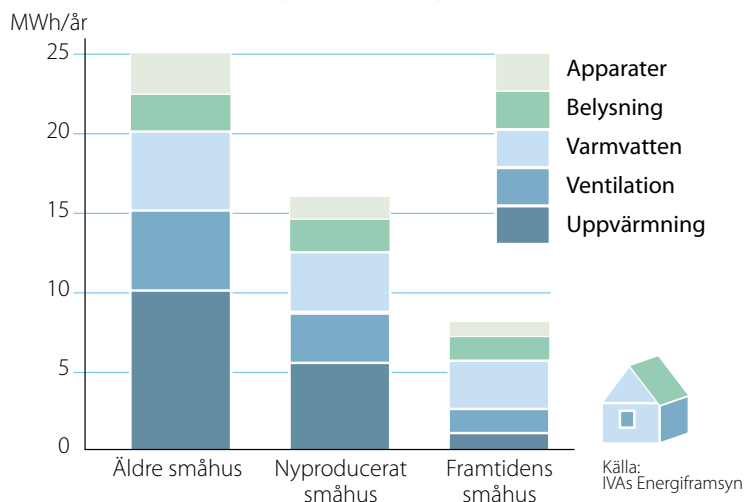
Under en vanlig frukostmorgon använder en genomsnittlig svensk en relativt stor mängd energi, både direkt och indirekt. Den direkt förbrukade energin används till fler saker än man kan tro. Bara i hemmet hos en svensk familj finner vi ofta 30–50 glödlampor och 20–30 apparater som drivs med elektricitet. Till det kommer uppvärmning och ventilation, som ofta är de största energiposterna i ett ordinarie svenskt hushåll. En villa har en total energianvändning på cirka 25 000 kWh per



## VISSTE DU ATT...

...en modern platt-TV av LED-typ drar cirka hälften så mycket energi som en gammal "tjock-TV". I dag är såväl digital-box som inspelning inbyggda funktioner vilket ytterligare sänker energianvändningen. En modern TV drar dessutom praktiskt taget ingen energi i stand-by-läge.

### Minskande energiförbrukning i småhus



## ENERGIDEKLARATION

### Vad är energideklaration?

Energideklaration är en form av statuskontroll av byggnaders energiprestanda. I deklARATIONEN ska byggnadens energianvändning redovisas. Den ska också innehålla referensvärden för att underlätta jämförelse mellan olika byggnader. Energideklarationen ska dessutom innehålla förslag till åtgärder som fastighetsägaren kan genomföra för att förbättra byggnadens energiprestanda. Syftet med direktivet är att minska energianvändningen i bebyggelsen och reducera utsläppet av klimatpåverkande gaser samt minska EUs beroende av importerad energi.

år. Av dessa går ungefär en femtedel (5 000 kWh) till hushållsel, som belysning, tv, dator och andra apparater.

Förutom direkt användning av energi utnyttjar en normalfamilj en vanlig morgon även indirekt energi i form av olja och el för tillverkningsindustri, land-, hav- och lufttransporter, vatten- och reningsverk, uppvärmning och drift av lagerlokaler, kylutrymmen, affärslokaler etc.

Jämfört med människor i andra länder konsumerar vi svenskar stora mängder djupfryst mat. Den djupfrysta maten kräver stora mängder energi, både vid infrysning och för att hålla den frusen. Samtidigt möjliggör nedfrysning av mat att livsmedel får längre hållbarhet så att mindre mat går till spillo.



### Energi till bostäder och service

Bostäder och service stod för motsvarande 40 procent av Sveriges totala slutliga energianvändning år 2010. I bostäder går huvuddelen av den energi som används åt till uppvärmning, matlagning och hushållsapparater. I sektorn bostäder och service ingår även kontorslokaler, fritidshus och service som till exempel ventilation, gatu- och vägbelysning, avlopps- och reningsverk samt el- och vattenverk.

Energi inom sektorn har inte ökat sedan år 1970. Det kanske kan förvåna eftersom lokaler har blivit större, bostäder har blivit fler och befolkningen har ökat med elva procent. Det finns flera förklaringar till detta. Energisparprogram och effektiviseringar har genomförts. Oljekriser, ökade energipriser, ändringar i energibesättning och investeringsprogram har också påverkat både hushållning av energi och övergång från olja till el och fjärrvärme.

Fjärrvärme finns idag på hundratals tätorter och svarar för en stor del av all uppvärmning av bostäder och lokaler i Sverige. Ett vädermässigt normalt år levererar fjärrvärmeverken omkring 55 TWh värme i form av upphettat vatten som leds till kunderna via rörsystem i marken.

## VISSTE DU ATT...

...det finns mycket stora möjligheter till energibesparingar beträffande hushållsel. Om man utgår från 90-talsstandard så har de flesta vitvaror i dag en energiåtgång som är hälften till en fjärdedel i jämförelse med tidigare. Standby-förbrukningen är en tiondel och modern LED-belysning drar en sjättedel av traditionella glödlampor. Med moderna produkter kan energianvändningen mer än halveras i jämförelse med 90-talsstandard.

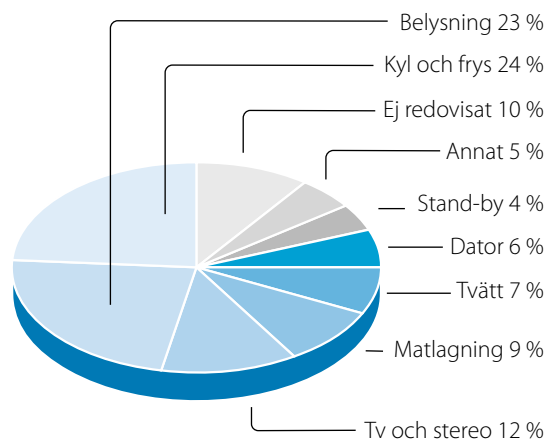
Ytterligare en orsak till att energianvändningen inom bostäder och service inte har ökat sedan 1970 är att antalet värmepumpar ökat kraftigt de senaste åren. Värmepumpar ger 3–5 gånger mer värmeenergi än den elenergi som de själva förbrukar, då de utnyttjar den solvärme som finns lagrad i mark, berggrund, luft eller vatten och tillför denna värme till omgivningen.

Ytterligare faktorer som minskat energiåtgång för värme och varmvatten i bostäder och lokaler är att vi faktiskt blivit bättre på att spara energi. Exempel på sparåtgärder är tilläggsisolering och fönsterbyten i gamla hus. Även utbyte av äldre vitvaror med stor energianvändning spelar roll. Gamla apparater byts kontinuerligt ut och utvecklingen går mot allt energieffektivare produkter. Ytterligare en faktor är styrning av inomhusklimatet, så att detta kan anpassas för olika behov dag- och nattid eller då vi är bortresta och huset står tomt.

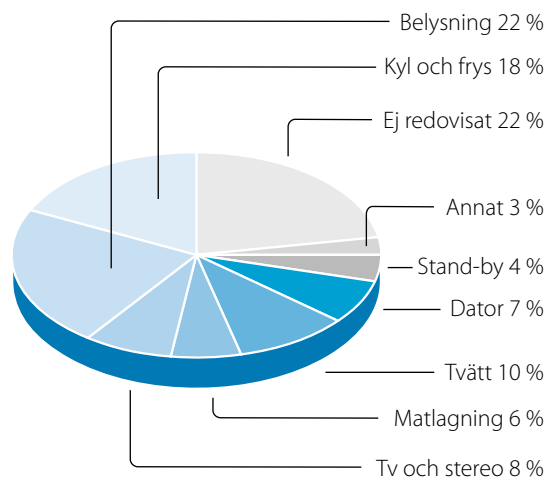
Men även om den totala energianvändningen inte har ökat inom bostadssektorn har användningen av så kallad drift- och hushållsel ökat. En förklaring ligger i att det blivit allt vanligare att svenska hushåll installerar så kallad komfortgolvvärme med elslingor i golven i sina hus. Dessutom ökar antalet apparater – inte minst hemelektronik – som därtill ofta lämnas på i ett viloläge (standby). Nya undersökningar visar också att belysning har blivit den största posten i hushållens elanvändning, medan vitvarornas andel av hushållselen minskar. Men allt fler apparater äter som sagt upp effektiviseringsvinsterna.

Ett genomsnittligt svenskt småhus använder cirka 25 000 kWh per år. Nya småhus har ett betydligt lägre energibehov och förbrukar 15 000–17 000 kWh per år. De nya husen är ofta bättre isolerade, har värmeåtervinning på ventilations-

### Elförbrukning i lägenhet...



### ...och i småhus



Diagrammen visar preliminär statistik från ett projekt om hushållens energianvändning som initierats av Energimyndigheten. Även om mätningarna inte redovisar all energianvändning indikerar resultatet att hushållen kan spara en hel del, till exempel genom att använda låg-energilampor och energisnåla vitvaror.

systemen och kan tillvarata energi från solinstrålning och överskottsvärme från apparater. De har också nyare och mer energisnåla utrustning. I ett småhus av det här slaget kan fördelningen av den köpta energin vara 8 000–9 000 kWh för uppvärmning och ventilation, 4 000 kWh för tapp-

## VISSTE DU ATT...

Via sajten toptensverige.se finns information om vilka produkter som just nu är allra bäst ur energisynpunkt. Top Ten Sverige kollar samtliga produkter som finns tillgängliga på den svenska marknaden inom tv, belysning, frys, kyl och cirkulationspumpar, och jämför dem ur energisynpunkt.

## VÄRMEPUMPAR

Värmepumpen flyttar värme från en kall till en varm sida genom att använda en kompressionscykel. Kompressionscykeln består av några få grundläggande komponenter: en kompressor, två värmeväxlare, en expansionsventil och ett köldmedium.

I en värmepump används egenskapen att ett köldmedium har olika kokpunkter vid olika tryck och att köldmediet upptar värme när det går från flytande till gasform och avger värme i omvänd process. I förångaren sker en dunstningsprocess under lågt tryck och köldmediet upptar värme från omgivningen, det vill säga värmekällan, till exempel berggrunden eller spillvärme. Sedan pumpas köldmediet i gasform genom kompressorn över till högtrycksidan där det passerar kondensorn. När köldmediet går från gasform till flytande form i kondensorn avges värme till omgivningen till exempel till ett hus värmesystem. Sedan passerar köldmediet i flytande form expansionsventilen tillbaka till lågtrycksidan och förångaren.

## ENERGIEFFEKTIVA VITVAROR

En bra vägledning för att hitta energieffektiva vitvaror är att se vilken klassning de har i EUs energimärkning. Söker du exempelvis en energisnål kyl eller frys är A+++ det bästa alternativet.



varmvattenvärmning och 3 000–4 000 kWh för hushållsel per år. Det finns också exempel på nya småhus som är ännu mer energieffektiva. De behöver bara hälften så mycket energi per år jämfört med ordinära nyproducerade småhus. Eller om man hellre vill göra jämförelsen med äldre småhus så klarar de sig med bara en tredjedel av den energi som förbrukas i dessa.

I ett helhetsperspektiv använder bostäder och service mer energi än vad siffrorna visar när man redovisar bostads- och servicesektorns energianvändning. Eftersom många fastigheter har gått över till fjärrvärme har en stor andel av de omvandlingsförluster som tidigare låg på det enskilda hushållet eller fastigheten flyttats över till dem som producerat fjärrvärmen. Om man väger in alla del-

förluster som sektorn bostäder och service orsakar blir bilden därför en annan. Ser man till helheten har omvandlingsförlusterna minskat. Numera redovisas dessa som en del i omvandlingsförlusterna i fjärrvärmeproduktionen.

Det som kallas för driftfel går bland annat till kontorsmaskiner och belysning i kontorslokaler. Ökningen här beror på en snabb tillväxt inom servicesektorn – med fler och större lokaler.

Belysning och ventilation har blivit effektivare till följd av bättre ljuskällor samt förbättrad driftstyrning och dimensionering. Men det finns ytterligare potential att effektivisera driftsselen i kontor, affärer och offentliga lokaler.

EU-kommissionen har i sin grönbok "Mot en europeisk strategi för trygg energiförsörjning" visat att bostäder och kontor kan spara 22 procent av sin energianvändning till år 2010. Mycket talar för att lagar, på nationell nivå och även inom EU, kommer att tvinga fram en långt gående energieffektivisering inom bostadssektorn. Ett exempel på den utvecklingen är kravet på energideklarationer som finns sedan år 2006. Ännu så länge är det främst vid fastighetsägarbyten som deklarationen måste finnas.

## VÄRMEPUMPAR

Den eldrivna värmepumpen är ett populärt alternativ för uppvärmning av hus, som kan ta tillgänglig värme från omgivningen och använda den frigjorda värmen till varmvatten och för husuppvärmning. Totalt har Sverige över en miljon installerade eldrivna värmepumpar som levererar runt 30 TWh värme årligen, vilket motsvarar ungefär en tredjedel av totala uppvärmningsbehovet för bostäder och lokaler i Sverige. Av dessa 30 TWh utgör 20 TWh "förnybar" energi som är upptagen från värmekällor som uteluft, mark, sjö, spillvärme, med mera. Befintliga värmepumpar ger i snitt cirka tre gånger så mycket energi i form av värme jämfört med hur mycket el-energi de använder, vilket innebär att deras värmefaktor är tre.

Bergvärmepumpar, som utnyttjar det vatten som finns nere i berggrunden, kan ha en hög effektivitet med värmefaktor upp till fem. För att kunna utnyttja bergvärmen måste man borra ett djupt hål ner i marken till ett djup som kan vara mellan 100 och 200 meter. Temperaturen i berget är jämn och relativt hög, vilket vintertid ger en hö-



gre värmefaktor för husuppvärmning jämfört med exempelvis luft-luft värmepumpar som använder den kalla uteluften som värmekälla.

Sverige har haft en unik utveckling inom värmepumpsområdet rörande just vätske-värmepumpar. Värmepumpen är en gammal uppfinning från 1850-talet. Värmepumputvecklingen i Sverige kan sägas börja i samband med första och andra oljekrisen 1973 respektive 1979 då oljepriset steg kraftigt och en vanlig uppvärmningsform var olja.

Under 1980-talet var det främst stora värmepumpar som installerades i stor skala inom landets olika fjärrvärmenät. På bara några år anlades ett hundratal stora anläggningar. Värmepumpsanläggningen i Ropsten, Stockholm är fortfarande en av världens största värmepumpsanläggningar med tio stora värmepumpar som totalt kan ge en värmeeffekt på över 250 MW.

Den snabba utvecklingen av värmepumpar för småhus drabbades i början av en del tekniska problem men allteftersom dessa lösts och drifttillgängligheten ökat har värmepumpsanvändningen under 1990-talet och framåt ökat kraftigt i många olika applikationer.

Ännu återstår många framsteg att göras inom värmepumpsområdet. FNs Klimatpanel har betonat att värmepumpen är en viktig teknik för minska utsläppen av växthusgaser. IEA (Internationella Energimyndigheten) uppskattar att värmepumpar skulle kunna bidra med tio procent av all energianvändning för uppvärmning av bostäder i OECD regionen år 2020 och hela 30 procent år 2050.

## Elkraft och värme

Att använda storskaliga anläggningar för värmeproduktion var något som tillämpades redan under antiken (för att värma upp badhusvatten via en eldningsanläggning som låg en bit ifrån badhuset). Det var dock först på 1900-talet som fjärrvärmenäten i Europa började byggas ut för att föra värme från koleldade kraftverk till hushållen i tätorterna. Under 1950-talet var det vanligt med koleldade kraftverk. Oljan ersatte sedan som huvudsaklig energikälla i kraftvärmeverken, men i samband med 1970-talets oljekriser uppmuntrades användandet av andra bränslen, och det blev allt vanligare att man använde en mix av bränslen. Det finns ett antal olika typer av kraftverk som används för olika syften.

## KONDENSKRAFTVERK

I kondenskraftverk produceras bara el. Kondenskraftverk kan drivas med olika bränslen: uran, kol, olja och biobränslen. Kondenskraftverk som drivs med uran kallas kärnkraftverk. I kondenskraftverket produceras framför allt elektricitet, med en biprodukt i form av värme. Den värme som bildas i kärnkraftverken tas idag inte tillvara, utan pumpas oftast ut i havet, eftersom det i dagsläget inte är lönsamt att ta hand om värmen.

De svenska oljeeldade kondenskraftverken är dyra att använda för elproduktion. De används därför endast som reservkraft vid extrema elbehov och vid störningar i elnätet eller andra produktionsanläggningar.

## KRAFTVÄRMEVERK

Ett kraftvärmeverk kan drivas med i princip vilket bränsle som helst och här produceras både el och värme. Mängden el blir mindre än i ett kondenskraftverk, men kondensvattnets temperatur är så hög att det kan användas till fjärrvärmeproduktion. På så sätt utnyttjar kraftvärmeverket bränslets energiinnehåll mycket bra.

Många svenska kraftvärmeverk eldas med naturgas, avfall eller biobränsle (rester från grenar och toppar vid skogsavverkning eller flis) vilket gör att energi som annars skulle gå till spillo tas tillvara. Även andra bränslen som torv, olja och kol används. Kol- och oljeeldade kraftvärmeverk används numera inte alls i Sverige men är vanligt förekommande på andra håll i världen.

## VÄRMEVERK

Ett värmeverk är en produktionsanläggning som är kopplad till ett fjärrvärmenät. Fjärrvärmenätens storlek varierar från enstaka bostadsområden eller

## EKODESIGN OCH ENERGIMÄRKNING

Ekodesign och energimärkning är viktiga verktyg i arbetet för att uppnå minskad energianvändning. EU har satt upp direktiv inom båda dessa områden som ett led i EUs klimat- och miljöarbete. Ekodesignkrav ställs på produkter för att prestandan ska öka och energianvändningen ska minska. Energimärkning vägleder konsumenten att göra energimedvetna val vid inköp av produkter som kyl, frys, tv-apparater och annan hushålls-elektronik.

## VISSTE DU ATT...

Enligt en studie genomförd av Elforsk finns en ekonomisk potential för elproduktion i kraftvärmedrift i de svenska fjärrvärmesystemen år 2015 som uppgår till cirka 15 TWh. År 2010 producerades cirka 12,5 TWh el i de svenska kraftvärmeanläggningarna. Det finns alltså en potential att bygga ut och bygga om befintliga anläggningar så att elproduktionen via dessa anläggningar kan öka.

stadsdelar till hela städer. Värmeverk producerar uppvärmt vatten för fjärrvärme. Uppvärmningen sker genom förbränning av bränsle eller med hjälp av elpannor, värmepumpar eller – som utomlands – med solfångaranläggningar. I Sverige har många värmeverk som tidigare eldades med kol gått över till att använda bibränslen. Även sopor är ett bränsle som används i flera svenska värmeverk. I Sverige förbränns cirka 50 procent av hushållsavgiften i värmeverk.

I takt med att andelen fjärrvärme har ökat har användningen av fossila bränslen minskat, framför allt i storstäderna. Fjärrvärme har ersatt många av de små privata värmepannor som inte haft rökgasrening och har på så sätt bidragit till miljöförbättringar. Med sin effektiva och storskaliga lösning och i övergången från fossila bränslen till biobränslen bidrar fjärrvärme till att minska koldioxidutsläppen.

### FJÄRRKYLA

Behovet av kylanläggningar för komfort och kylning av olika industriprocesser har ökat väsentligt i Sverige, Europa och i den övriga industrialiserade delen av världen, under det senaste decenniet. Bland annat har datorer och serveranläggningar bidragit till det ökade behovet. Tidigare producerades kyla till kontor, affärer och industrilokaler i huvudsak med eldrivna maskiner i varje fastighet.

Fjärrkyla bygger på samma idé som fjärrvärme – att det är bättre att låta en central miljöanpassad anläggning bidra med kyla i stället för att många små kylanläggningar och luftkonditioneringsaggregat gör detta.

Fjärrkyla innebär att fastigheten kyls med hjälp av kallt vatten (cirka 5–6 °C) som distribueras i rör från en central kylanläggning och ofta drivs av samma företag som producerar fjärrvärme på orten. Fjärrkyla används idag i större fastigheter som skolor, sjukhus och flerbostadshus. Ibland används

värmepumpar för att i samma anläggning framställa både värme och kyla. I andra fall hämtas kylvatten från närbelägna sjöar och vattendrag.

Enligt Svensk Fjärrvärme AB uppgår den totala efterfrågan på fjärrkyla i Sverige till motsvarande 2–5 TWh.

### KOMBINATANLÄGGNINGAR

Det har blivit allt mer intressant att bygga kombinatanläggningar för samtidig produktion av el och värme i kombination med tillverkning av drivmedel eller biobränslen förädlade till pellets alternativt briketter.



### Energi till transporter

Transportsektorns totala energianvändning har ökat mycket sedan år 1970. Under den senaste 30-årsperioden är ökningen ungefär 80 procent. Inom denna sektor är man fortfarande i stort sett helt beroende av fossila bränslen. Transportsektorn står för cirka en fjärdedel (96 TWh 2010) av landets totala slutliga energianvändning. Liksom i övriga världen är oljeprodukter, framför allt bensin och diesel, den främsta energikällan. Men andelen biodrivmedel ökar stadigt. Under 2010 utgjorde förnybara drivmedel som etanol, rapsmetylester (RME) och biogas fem procent av transportsektorns energianvändning.

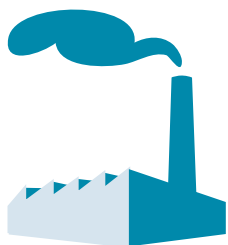
Sedan början av 2000-talet har användningen av bensin minskat något, vilket enligt Energimyndigheten kan förklaras med en minskad andel fordon, både personbilar och lätta lastbilar, som drivs av bensin. I och med kraven på minskade utsläpp av växthusgaser kommer transportsektorns omställning till andra energislag än de fossila att få stor betydelse under de kommande åren. Även bränsle till luftfart är i huvudsak fossil, men vissa försök med bränsle från förnybara källor pågår. Flygbränsle skiljer sig något från andra typer av motorbränslen då det har höga krav ur flygsäkerhetssynpunkt. Flygbränslen ska klara

stora variationer i lufttryck och temperatur utan att motorfunktionen påverkas negativt. Den ökade konkurrensen på flygmarknaden har inverkat på flygpriserna och gjort det billigare för resenärerna att välja flyget som färdmedel. Vi reser mer med flyg idag än vi gjorde för tio år sedan. Generellt kan man i övrigt se att andelen flygbränslen som går åt hänger samman med konjunkturen. Vi flyger mer under högkonjunktur.

Idag är kostnaderna för att framställa flertalet alternativa drivmedel mycket högre än motsvarande kostnader för bensen och diesel. Men för konsumenten minskar skillnaden i kostnad i takt med den tekniska utvecklingen, införandet av skatter och miljöavgifter samt ökat bensen- och dieselpris. Produktionskostnaden sänks med storskaliga lösningar och effektivare produktionsprocesser. El som drivmedel för transporter används ännu bara i begränsad utsträckning. Idag är det i stort sett endast järnvägen och spårburen stadstrafik som använder el för framdrift. Användningen i Sverige uppgick år 2010 till 3 TWh.

Energianvändningen i transportsektorn påverkas till stor del av ekonomiska och tekniska faktorer. De styrmedel som framför allt används är energi- och koldioxidskatter, men även andra styrmedel som exempelvis drivmedelscertifikat kan bli aktuella.

Det relativt höga bensenpris vi har i Europa, till stor del beroende på de höga skatterna, har inneburit ett förbättrat konkurrensläge för förnybara fordonsbränslen. Man kan förvänta sig ytterligare konkurrensfördelar för dessa bränslen ju mer oljepriserna stiger. Att man inom EU uttryckt en stark vilja att öka andelen fordon som drivs med ickefossila bränslen är ytterligare en pådrivande faktor.



## Energi till industrin

År 2010 använde svensk industri 149 TWh, vilket motsvarar 36 procent av landets slutliga energianvändning. 24 procent av industrins energi-

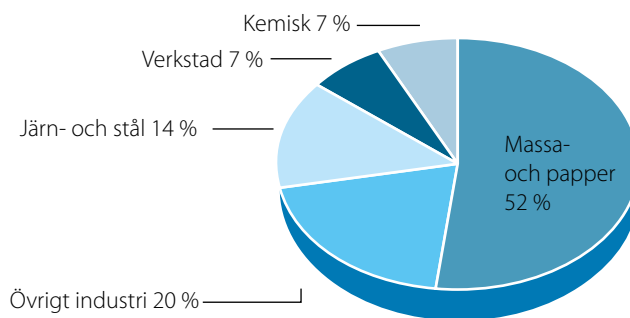
användning kom då från fossila energikällor och 41 procent från biobränslen. Återstoden kom via el- och fjärrvärme, vilka kan ha olika energikällor som bas för elproduktionen.

I Sverige svarar ett fåtal branscher för merparten av industrins energianvändning. För processindustrin är energi en viktig råvara som används till förädling av olika typer av produkter, exempelvis aluminium. Vi har en relativt omfattande processindustri i vårt land. Den energi som går åt i framställningen av produkter i processindustrin, som till exempel pappersmassa, papper, förpackningar, stål, läkemedel och livsmedel, genererar i nästa led en stor del av våra exportintäkter.

Sammanlagt står de energiintensiva branscherna massa- och pappers-, järn- och stål- samt den kemiska industrin för drygt två tredjedelar av industrins totala energianvändning. Inom industrin står massa- och pappersindustrin, som främst använder el till malning av ved till massa, för nästan hälften av energianvändningen. Järn- och stålverken nyttjar framförallt kol, koks och el. Den kemiska industrin använder el, främst till elektrolys och till värmeugnar.

I Sverige står verkstadsindustrin, som egentligen inte brukar räknas som en energiintensiv bransch, för drygt sju procent av industrins totala energianvändning. Det beror på att denna bransch i vårt

Industrins totala energianvändning 2010



Källa: Energimyndigheten och Energiframsyn Sverige i Europa

Processindustri är elintensiv. Massa- och papperstillverkning står för nära hälften av industrins energianvändning. Genom olika satsningar blir industrin allt mer energieffektiv. Under den senaste 30-årsperioden kan merparten av ökningen i denna sektor förklaras med ökad produktion.

## MARGINALEL

Marginalen kan definieras som den elproduktion som tillförs eller försvinner då elanvändningen ökar eller minskar. När någon slår på en strömbrytare måste elen produceras i samma ögonblick som den ska användas. Miljöbelastningen beräknas utifrån den källa och den teknik som används för att framställa elen. Det händer att denna el, som produceras på marginalen av ordinarie elproduktion, kommer från andra källor än vatten- och kärnkraft, de mest förekommande källorna till elproduktion i vårt land.

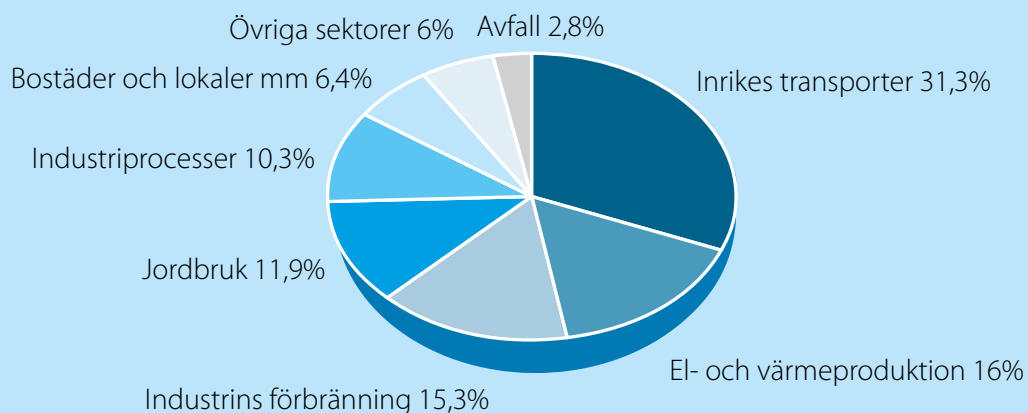
I ett helhetsperspektiv är det lämpligast att beräkna miljöbelastningen från marginalen baserat på vad som kallas för "nordisk medel". Detta är summan av de utsläpp till luft som nordiska elproduktionsanläggningar ger upphov till, dividerat med den totala elproduktionen i Norden under ett år.

	<b>Sverige</b>	<b>Norden</b>	<b>EU (25)</b>
<b>kg CO<sub>2</sub>/MWh</b>	<b>10</b>	<b>58</b>	<b>415</b>

Genomsnittliga koldioxidutsläpp från elproduktion. Källa: Elforsk

## UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER

År 2010 uppgick Sveriges utsläpp av växthusgaser till drygt 66 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Delar man upp dessa 66 miljoner ton per samhällssektor, finner man att transporter är den största utsläppskällan. Totalt släpper transportsektorn ut knappt 21 miljoner ton, varav 19 miljoner ton utgörs av vägtransporter:



Källa: Naturvårdsverket

land står för en så stor andel av den totala industriproduktionen.

Precis som för bostadssektorn har svensk industri gått över från olja till el, vilket har lett till en totalt sett lägre energiåtgång per producerad enhet. Under perioden 1970 till 2008 har användningen av oljeprodukter minskat med drygt 78 procent. Att den totala energiåtgången har ökat kan förklaras med ökad produktion. Sammantaget betyder det att energianvändningen i industrin i stort sett har legat still sedan år 1970.

### Vad påverkar elpriset?

Det vanligaste sättet att värdera energi är att se till priset per kilowattimme (kWh). Sedan är det upp till marknaden att värdera hur mycket en sådan är värd. I priset kan man även väga in kvaliteten på energin och kostnader för de miljöeffekter som uppstår vid energiproduktion och användning.

Vattentillgången i vattenkraftverken har varit den faktor som inverkat mest på elpriset i Norden eftersom vattenkraft står för en mycket stor andel av kraftproduktionen. Under senare år har de nordiska elpriserna periodvis ökat trots att vattentillgången varit god. Priserna i Norden har stigit i takt med priserna i centrala Europa. Fossilbaserad kraft i Danmark och Finland bestämmer tidvis priset på den nordiska marknaden. Priserna på den europeiska elmarknaden blir alltmer utjämnad. Om överföringsmöjligheterna mellan länderna förbättras ytterligare kommer vi att se en fortsatt utveckling i denna riktning.

El är numera en handelsvara på en hårt konkurrensutsatt marknad. Men förutom utbud och efterfrågan finns något annat som påverkar tillgång och pris: politik. För att öka andelen el från förnybara energikällor har många europeiska länder infört ekonomiska subventioner som ska gynna elproduktion från till exempel biobränslen och vindkraft.

### ELCERTIFIKAT SKA ÖKA ANDELEN FÖRNYBART

År 2003 infördes ett system med elcertifikat i Sverige. Elproducenter får en ersättning (ett elcertifikat) för varje MWh el som produceras från förnybara energikällor och som sedan levereras ut på nätet. Dessutom krävs att alla, med undantag för den energikrävande industrin, måste köpa dessa certifikat enligt ett kvotssystem.

Åtgärder för att underlätta tillstånd och undan-

## EXTERNA KOSTNADER

En extern kostnad är den negativa påverkan av en producent eller konsument som drabbar en tredje part, det vill säga någon som inte alls medverkat i beslutet som är orsak till en viss påverkan.

Det kan till exempel vara utsläpp till luft och vatten eller att landskapsbilden förändras när man bygger en vindkraftspark eller att någon djur- eller växtart får försämrade levnadsvillkor till följd av utsläpp.

## GEMENSAM ELMARKNAD

Inom EU pågår sedan flera år utveckling av en gemensam, konkurrensutsatt marknad för handel med el. De nordiska länderna hade redan före avregleringen på elmarknaden ett betydande utbyte av el mellan länderna.

Drivkraften bakom detta var att dra nytta av de samlade elproduktionsresurserna på bästa sätt. Vid god tillgång på vatten exporterades vattenkraft från Sverige och Norge till övriga nordiska länder. Vid torra år exporterades el från kolkraft från Danmark och Finland till Norge och Sverige.

Efter att elmarknaden avreglerats har en gemensam elmarknad – Nord Pool – etablerats. På denna marknadsplats bjuder kraftbolagen ut sin elproduktion, och elhandelsföretag och större industrikunder lägger bud på elkraften. Det är numera via denna marknadsplats som utbytet mellan Nordens produktionsanläggningar avgörs. Genom detta förfarande sätts också priset på el dag för dag, året runt.

röja osäkerhet om villkor och skatter kan påverka i vilken utsträckning olika energislag används. Andra kan motverka dem. Just skatter, certifikat och utsläppsrättigheter är politiska styrinstrument för att främja det energislag som man tror gagnar landet, regionen och miljön bäst.

Energi- och miljöpolitik har alltså ett nära samband. Några exempel på styrmetoder är skatteväxling, tillståndsprövning, miljöavgifter, teknikupphandlingar, skattereduktioner, koldioxidskatt, elcertifikat, dubbelbeskattning, investeringsbidrag, miljöbonus, avgiftsbefrielse, svavelskatt, feed-in-tariff, kväveoxidskatt och fastighetsskatt för kraftverk. Därför kan det vara svårt att bara ta priset på exempelvis el eller olja som ett mått på tillgången – eftersom ett antal andra faktorer påverkar priset på vägen från producenter till konsumenter.

## LIVSCYKELANALYS

### Livscykelanalyser för elproduktion från olika källor

		Extern kostnad öre/kWh	
Grupp 1	Kärnkraft	0,1	- 2,0*
	Solenergi	0,1	- 2,0
	Vattenkraft	0,1	- 2,0
	Vindkraft	0,01	- 2,0
Grupp 2	Naturgas	0,2	- 5,0
	Biobränslen	2,0	- 13,0
Grupp 3	Olja	2	- 50
	Kol	5	- 50

Källa: Extern E-studien med flera sammanfattad

\* Kostnaden inkluderar priset för en eventuell stor olycka.

Livscykelanalys, på engelska Life Cycle Assessment (LCA), är en metod för att sammanställa, analysera och värdera den sammanlagda miljöbelastningen som en vara eller tjänst ger upphov till under hela sin livscykel. För elproduktion innebär detta att resursanvändning och utsläpp från bränslekedjan, transporter, byggnation, drift och rivning av kraftverk och distributionsnät, samt hantering av avfall skall medräknas.

Miljöbelastningen relateras sedan till den mängd el som producerats, vilket möjliggör jämförelser mellan olika kraftslag. I en av de mer omfattande livscykelanalyser som genomförts för elproduktionssystem inom Europa, ExternE, har miljöbelastningen från de studerade kraftslagen prissatts. Detta betyder att utsläpp och övriga miljö- och hälsorisker har belagts med en kostnad, i ett försök att internalisera de externa kostnaderna. Resultaten från värderingen av de studerade kraftslagen redovisas nedan. Här framgår bland annat att kärnkraft, vattenkraft och vindkraft har lägst sammanvägd miljökostnad, medan kol- och oljebaserad elproduktion har avsevärt högre externa kostnader.

Framtida energilösningar måste ses i ett större samhälleligt sammanhang, även globalt. Energitekniker och energisystem utvecklas inte i ett vakuum. Stora förändringar i infrastrukturer kräver samarbete mellan en rad olika aktörer. Investeringar i energisystemets infrastruktur är med nödvändighet långsiktiga.

År 2005 infördes handel med utsläppsätter. Detta är en åtgärd man vidtagit inom EU för att minska utsläppen av så kallade växthusgaser. Läs mer om detta i kapitel 2 och 4.

### Livscykelanalyser – ett försök att uppskatta alla miljöeffekter

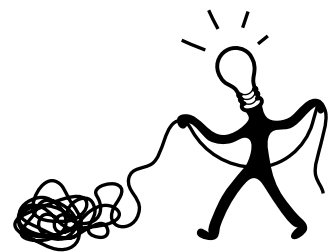
Det är inte lätt att uppskatta vad energi faktiskt kostar, då en mängd olika faktorer ska vägas in och också viktas mot varandra. Men i det som kallas livscykelanalyser (LCA) bedöms och värderas all den påverkan som en produkt eller ett energislag har.

En LCA utgår alltid från en bestämd produkt, till exempel ett vindkraftverk, en bil av en specifik modell, en mobiltelefon eller någon annan apparat av ett visst slag. En LCA visar främst den mängd naturresurser som förbrukas, vilka resurser det rör sig om och vilka ämnen som släpps ut till luft, mark och vatten. Det kan handla om antal kilo bruten järnmalm, antal kilo uttagen råolja, antal kilo utsläppt koldioxid och en mycket lång rad andra mätbara utsläpp som har effekter på natur och miljö. En LCA ska också redovisa hur produkten påverkar miljön under själva användningen, till exempel genom utsläpp (emissioner), buller med mera. Men också dess påverkan efter att den slutat användas.

Med hjälp av omräkningsfaktorer kan man sedan uppskatta utsläppens miljöeffekter, exempelvis klimatförändringar, försurning och minskad biologisk mångfald. I analyserna kan man även beakta sådant som rädslan för olyckor och värdet av öppna landskap. Detta brukar benämnas externa kostnader.

Även med en fullt genomförd LCA kan det vara svårt att svara på frågan om en produkt är bättre för miljön än en annan. Vad man har lagt i värderings- och omräkningsmodellerna och hur olika faktorer viktas mot varandra kan ge olika utfall. Är det bra om man kan minska bidraget till växthuseffekten med en enhet trots att detta kostar en enhet ökad försurning? Många gånger är det också svårt att uppskatta kostnaden. Det handlar om sannolikheter för att olika saker ska inträffa.

Värderingsmetoder är alltid mycket omdebatterade, vilket är naturligt eftersom värderingar kan vara så olika. Även om vi inte accepterar alla värderingsmetoder, måste vi på något vis ändå värdera en LCA för att ha nytta av den.







# Energi i globalt perspektiv

## Frågor att fundera över:

- Var kan man bäst påverka utvecklingen inom energiområdet? Är det i den vardagsnära energianvändningen hemma hos var och en av oss, är det i industrin eller är det vid stora internationella toppmöten?
- Om vi med säkerhet kunde säga hur mycket olja som finns kvar, skulle det då förändra hur vi ser på alternativen som ska ersätta oljan?
- Kommer framsynta lösningar och överenskommelser i det globala samhället att någorlunda mjukt ta oss in i ett framtida uthålligt (energi) samhälle? Eller kommer energikriser, miljöproblem och konflikter om energiresurserna att förändra vår framtid på ett mindre välordnat sätt?
- Kan du, som en del i utvecklingen av de smarta elnäten, tänka dig att bli elproducent?

# SKIFTANDE TILLGÅNG TILL

*Åtkomsten till resurser som exempelvis ved, kol, olja och försande vatten varierar på vårt jordklot. Sedan urminnes tider har tillgången till energi skiljt sig åt på olika platser på jorden. Även de olika tekniker vi använder för att nyttja energislagen har flyttats mellan nationer och världsdelar genom historien.*

Långt tillbaka var exempelvis vattenkraft vanligt förekommande i Asien, en teknik som sedan exporterades till västvärlden. Under en period var Storbritannien den ledande producenten av kol, men där har man nu gått över till olja och naturgas. Numera är Kina en nation som i allt större omfattning använder kol som energikälla och utvecklar tekniker för detta.

Energi och teknik för att nyttja resurserna är hårdvaluta och tillräckligt starka drivkrafter både för att generera utveckling och orsaka krig. De flesta länders välfärd bygger på möjligheterna att skapa infrastruktur som järnvägar och motorleder och uppförandet av byggnader, och allt kräver god tillgång på energi.

Erövring av landområden för att få kontroll över energitillgångar går att finna även långt tillbaka i historien. Idag utspelar sig slaget om energitillgångarna via allt högre världsmarknadspriser och olika nationers ökade kontroll över sina energitillgångar. Det är något som i sin tur skapar en obalans i maktrelationen mellan nationer som

har stora egna energitillgångar och de nationer som är beroende av andra nationers energikällor; en maktbalans som riskerar att skapa framtida konflikter i takt med att jordens lättillgängliga oljeresurser minskar.

Beroendet av fossila energikällor är stort världen över. Ungefär 80 procent av jordens primära energiförsörjning, det vill säga de tillgångar som används i samhället, utgörs av fossila bränslen (olja, kol och naturgas). Det råder viss oenighet om storleken på de fossila energilagren. Vissa bedömer att vi är på god väg att helt tömma jordens lager

Via satellitbilder framgår var det finns ljus på jorden nattetid. De ljusaste områdena är de mest urbaniserade, men inte nödvändigtvis de mest befolkade (jämför exempelvis Europa med Kina och Indien). Slående är också att mer än 100 år efter uppfinningen av elektriskt ljus har många regioner inget ljus alls på natten. Bilden är ett montage. Foto: NASA GSFC, NOAA NGDC



# JORDENS ENERGIRESURSER

och att vi redan passerat toppen (eng. ”peak”) för utvinning av jordens oljelager. Då inte bara olja utan även kol och naturgas är ändliga resurser har alla dessa en ”peak” för den maximala utvinningen av resursen. Efter att denna peak är nådd minskar utvinningsmöjligheterna tills dess att resursen är uttömd, eller snarare tills dess att möjligheterna att utvinna resurserna är uttömda.

## **Energianvändningen ökar**

Samtidigt som kampen om energikällorna hårdnar ökar energianvändningen i världen för varje år. Se-

dan oljekrisen under 1970-talet har många länder gjort aktiva ansträngningar för att minska sitt oljeberoende. I transportsektorn, där oljan i form av bensin och diesel är den dominerande energikällan både i Sverige och i övriga länder, har dock energianvändningen ökat kraftigt – med cirka 80 procent. Globalt har energianvändningen inom bostads- och servicesektorn också ökat, men inom denna sektor har den direkta oljeeldningen ersatts av en ökad andel naturgas och ökad andel el (elen kan ha olja, kol eller naturgas som ursprung).

Jämför man energianvändningen olika länder



## ENERGIANVÄNDNING OCH TILLVÄXT

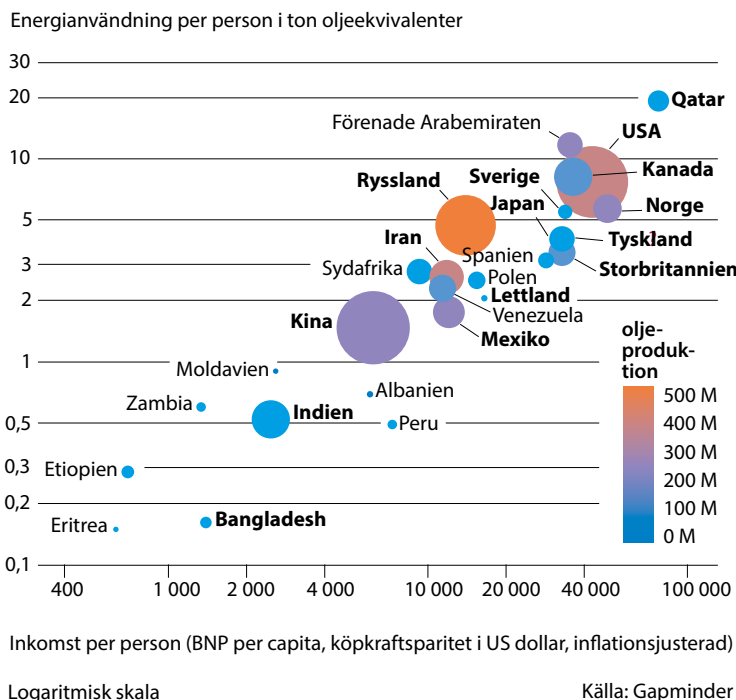
Ett sätt att se på energianvändningen världen över är att sätta energianvändning per person i relation till BNP, det vanligaste måttet för att beskriva ekonomisk tillväxt.

Med hjälp av Gapminder ([www.gapminder.org](http://www.gapminder.org)) är det nu möjligt att visualisera sambanden. När man gör detta ser man att det är en stor spridning mellan världens länder. Generellt kan man säga att energianvändningen per person ökar i takt med att BNP ökar. Utvecklingsländer med lågt BNP har i regel låg energikonsumtion per person. Variationen länder emellan är dock inte så stor där inkomsten per person ligger över 20 000 US Dollar.

Den förändring i energianvändning per person som krävs för att ett lands BNP ska öka över tid är en indikation på landets energielasticitet.

Gapminders sätt att visualisera sambanden, så att man kan göra jämförelser över tid och nationer emellan, är ett bra underlag för diskussioner om sambanden mellan tillväxt och energianvändning. Hur mycket skulle den totala globala energitillförseln behöva öka om alla världens nationer hade lika hög energikonsumtion per person som USA?

### Energikonsumtion per person i relation till BNP per capita i några av världens länder år 2007



## VISSTE DU ATT...

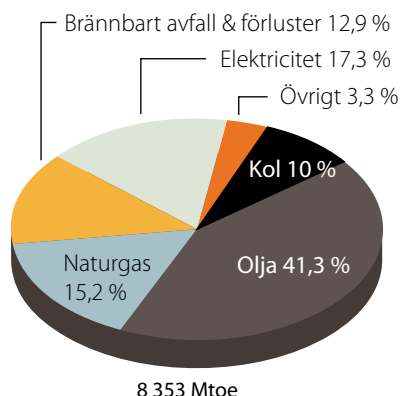
När man talar om en viss mängd olja brukar man räkna den i fat. Ett fat är 159 liter. I början av 2000-talet var åtgången i världen cirka 80 miljoner fat om dagen. Konsumtionen förväntas växa ännu mer, inte minst på grund av tillväxten i befolkningsrika utvecklingsländer som Kina och Indien. 2007 konsumerades det 1,7 respektive 0,7 fat per person och år i Kina och Indien. Det kan jämföras med 25 fat i USA och 13 i Sverige. Om utvecklingsländerna ska komma upp i en förbrukning som motsvarar den västerländska oljeförbrukningen krävs ett enormt produktions-tillskott.

emellan är skillnaderna stora. I stort kan energianvändningen kopplas till ekonomisk utveckling, och generellt använder världens industriländer avsevärt högre andel energi jämfört med utvecklingsländerna. I Europa används exempelvis sex gånger mer energi per invånare än i Afrika och Asien, och tre gånger mer än i Latinamerika. Andra faktorer som påverkar hur stor energianvändningen i ett land, utslaget på användningen per person, är landets klimat och om man har en energiintensiv industri i landet. Alla dessa faktorer stämmer väl in på Sverige, som i en internationell jämförelse har en hög energianvändning per person.

Över tid har energi via energibäraren el blivit allt mer omfattande världen över. Elproduktionen har sedan 1970-talet ökat med mer än 100 procent. Energislagen som bidrar till den ökade elproduktionen är flera. Kärnkraft är det kraftslag som ökat mest under perioden. Även användning av naturgas för elproduktion har ökat kraftigt. Globalt sett är det fortfarande de fossila energikällorna som utgör den primära källan för elproduktionen och inom OECD är det kol som haft, och fortfarande har, störst betydelse.

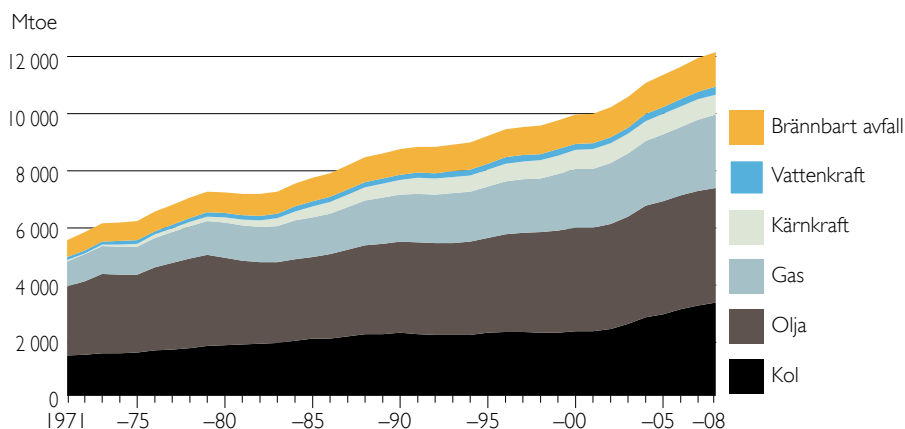
Sverige skiljer sig påtagligt från övriga OECD-länder då vår elproduktion till 90 procent kommer från vattenkraft och kärnkraft. Sverige är också en nation med hög elproduktion per capita. Detta förklaras till stor del med att vi har en stor andel elintensiv processindustri i vårt land. I en internationell jämförelse hamnar Sverige på fjärde plats på OECDs lista över länder med högst elproduk-

## Källor till jordens totala energianvändning



## Utvecklingen av världens totala energiförsörjning

År 1971 till 2008



## Fördelning av elproduktion från fossila bränslen

Kol	TWh	Olja	TWh	Gas	TWh
Kina	2 913	Saudi Arabien	120	USA	950
USA	1 893	Japan	92	Ryssland	469
Indien	617	Iran	52	Japan	285
Japan	279	USA	50	Storbritannien	165
Tyskland	257	Mexiko	46	Italien	147
Sydafrika	232	Irak	43	Iran	143
Korea	209	Kuwait	38	Mexiko	138
Australien	203	Pakistan	36	Indien	111
Ryssland	164	Indonesien	35	Spanien	107
Polen	135	Egypten	30	Thailand	105
Övriga världen	1 217	Övriga världen	485	Övriga världen	1 681
<b>Världen</b>	<b>8 119</b>	<b>Världen</b>	<b>1 027</b>	<b>Världen</b>	<b>4 301</b>
2009		2009		2009	

Sedan 1970-talet har världens totala energianvändning, och därmed även energiförsörjning, i stort sett fördubblats. Världen över står fossila energikällor för merparten av elproduktionen. Men i Sverige används nästan inga fossila bränslen som bas för elproduktion.

Källa: Underlag till diagram och tabell på denna sida är hämtade från International Energy Agency (IEA), Energy Key Statistics 2009.

tion per person. Endast på Island, i Norge och i Kanada produceras mer el per person.

Vår livsstil påverkar energiförbrukningen i stort som smått, och den västerländska livsstilen har blivit eftersträvnsvärd för många jorden över. Med växande ekonomier kommer i regel också förbättrade levnadsförhållanden. Men med ökad resursåtgång och ett allt större behov av energi kommer också en del negativa följder. Parallellt med snabb ekonomisk utveckling i olika fattiga regioner är

det viktigt att också planera och ta ansvar för att minska alla negativa följd effekter – vilket inte alltid sker idag. Inom EU finns lagar som ställer krav på utsläpp och annan miljöbelastning, exempelvis för energikrävande produktion. Men då utflyttning av produktionen sker till länder utanför unionen är det naturligtvis respektive lands regelverk som gäller. Om europeiska företag flyttar energikrävande industrier till lågkostnads länder, så överför EU en stor del av sin miljöpåverkan till

Kärnkraft i världen					De 10 länderna med högst kärnkraftsproduktion	
Land	TWh**	% av världen totalt	Installerad kapacitet	GW		Procentandel av den totala elproduktionen
USA	830	30,8	USA	101	Frankrike	76,2
Frankrike	410	15,2	Frankrike	63	Ukraina	48,0
Japan	280	10,4	Japan	49	Korea	32,7
Ryssland	164	6,1	Ryssland	22	Japan	26,9
Korea	148	5,5	Tyskland	20	Tyskland	23,0
Tyskland	135	5,0	Korea	18	USA	19,9
Kanada	90	3,3	Kanada	13	Storbritannien	18,6
Ukraina	83	3,1	Ukraina	13	Ryssland	16,5
Kina	70	2,6	Storbritannien	11	Kanada	15,0
Storbritannien	69	2,6	Sverige	9	Kina	1,9
Övr. världen	418	15,4	Övr. världen	52	Övr. världen*	12,7
<b>Världen</b>	<b>2 697</b>	<b>100,0</b>	<b>Världen</b>	<b>371</b>	<b>Världen</b>	<b>13,5</b>
2009			2009		2009	

\*Exkluderar länder som saknar kärnkraft.

\*\*Värdena i tabellen avser netto, efter omvandlingsförluster

Jämfört med Sverige är det bara Frankrike som har större andel av sin elproduktion baserad på kärnkraft. Endast fyra länder har större andel el baserad på vattenkraft. I många länder världen över är det fossila energikällor som utgör basen för elproduktionen.

Vattenkraft i världen					De 10 länderna med högst andel vattenkraftsproduktion	
Land	TWh	% av världen totalt	Installerad kapacitet	GW		Procentandel vattenkraft av total inhemsk elproduktion
Kina	616	18,5	Kina	168	Norge	95,7
Brasilien	391	11,7	USA	100	Brasilien	83,8
Kanada	364	10,9	Brasilien	78	Venezuela	72,8
USA	298	9,0	Kanada	75	Kanada	60,3
Ryssland	176	5,3	Japan	47	Sverige	48,3
Norge	127	3,8	Ryssland	47	Ryssland	17,8
Indien	107	3,2	Indien	37	Kina	16,7
Venezuela	90	2,7	Norge	30	Indien	11,9
Japan	82	2,5	Frankrike	25	Frankrike	11,0
Sverige	66	2,0	Italien	21	Japan	7,8
Övr. världen	1 012	30,4	Övr. världen	324	Övr. världen*	13,9
<b>Världen</b>	<b>3 329</b>	<b>100,0</b>	<b>Världen</b>	<b>952</b>	<b>Världen</b>	<b>16,5</b>
2009			2008		2009	

\* Exkluderat länder utan vattenkraft.

exempelvis Asien. Och även om man i vissa fall kan flytta ett miljöproblem från en del av världen till en annan, så minskar i regel inte den totala negativa inverkan detta har på miljön.

Termen ekologiska fotavtryck (se faktaruta) syftar på den markyta som krävs för att kunna hålla igång samhällssystemet för produktion av varor, livsmedel med mera. På exempelvis Naturvårdsverket uppmärksammas det att EUs fotavtryck just nu växer mycket snabbt, inte bara beroende på importen utan också beroende på den miljöpåverkan som vi exporterar. Sättet som samhällen organiserar sig, metoderna för stadsplanering och design av transport- och energisystem både i västvärlden och i de växande ekonomierna i Asien, Sydamerika och i utvecklingsländerna påverkar hur man kan hitta långsiktigt hållbara lösningar.

Kina, världens till folkmängd största land och troligen snart även den största ekonomin, är ett tydligt exempel som kan illustrera alla växande ekonomier.

Energikonsumtionen i Kina har under senare tid ökat med mer än fem procent varje år och för att tillgodose dessa energibehov har man tvingats importera energi i allt större utsträckning. Den snabbväxande ekonomin väcker nya behov och skapar samtidigt problem. Bakom den kraftigt ökande

## EKOLOGISKA FOTAVTRYCK

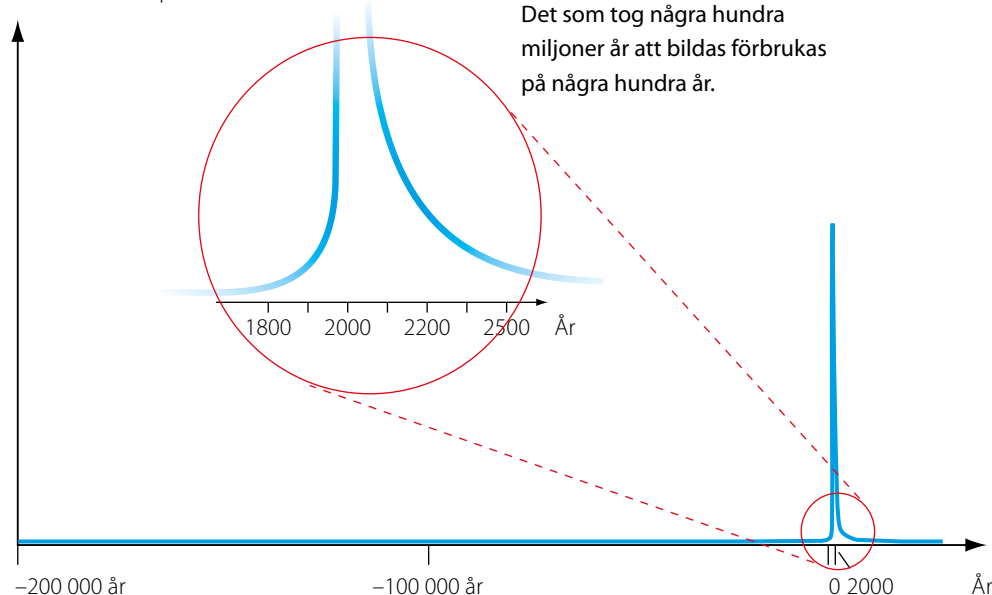
Ekologiskt fotavtryck kallas den landyta som behövs för att försörja befolkningen i ett område med mat, transporter och bränsle, och för att ta hand om avfall och utsläpp. Det ekologiska fotavtrycket är ett mått på hur mycket vi påverkar miljön genom vårt sätt att leva.

För att räkna ut storleken på ett ekologiskt fotavtryck tittar man på landets yta och granskar landets användning av naturresurser. I snitt har varje människa i världen ett ekologiskt fotavtryck motsvarande ungefär två hektar (20 000 kvadratmeter). I den rika delen av världen gör vi av med enorma resurser genom att bland annat köra bil och äta importerad mat. Det gör att vårt ekologiska fotavtryck blir stort. I-ländernas ekologiska fotavtryck är i genomsnitt ungefär sju hektar per person. I Afrika är det bara 1,3 hektar per person.

Not: Ekologiska fotavtryck är ett begrepp som etablerats av miljöorganisationer, bland andra Världsnaturfonden, WWF.

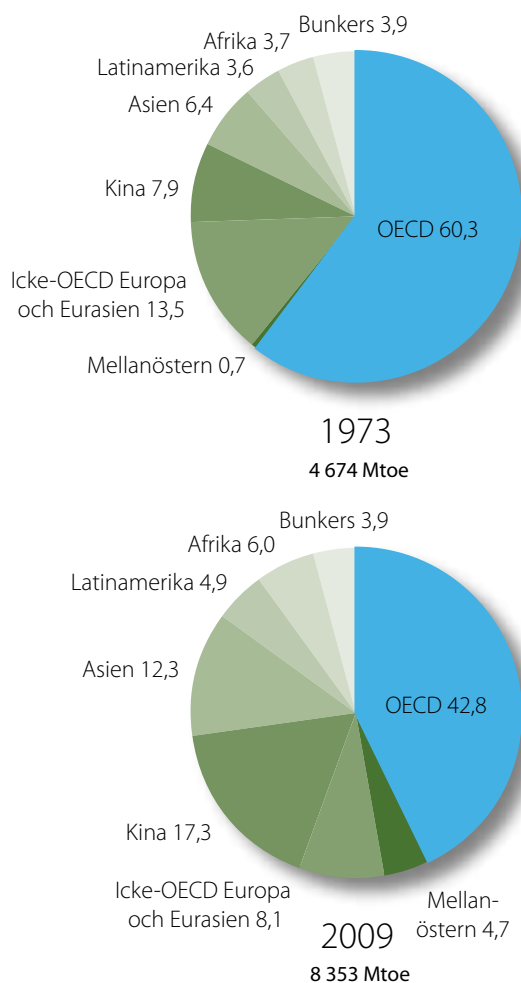
energiförbrukningen finns flera förklaringar. Det handlar om allt fler bilar, luftkonditionerade bostäder, kylskåp och andra energikrävande produkter, när den kinesiska befolkningens livsstil alltmer börjar likna den västerländska. Den växande industrin kräver också stora energitillskott. Kinas

Förbrukad mängd fossila bränslen per år



Sedan 1800-talets mitt har användningen av fossila bränslen skjutit i höjden. Sett ur ett långsiktigt geologiskt perspektiv kan detta ses som ett tillfälligt fenomen. I snabb takt nyttjar vi ett ändligt lager. Lite tillfriserat kan man säga att vi förbrukar lika mycket olja under ett år som det tog en miljon års processer att bilda. En följd av detta är att miljöskadliga ämnen som bundits in i de fossila energilagren frigörs i snabb takt.

## Fördelning i procent av energi-användning mellan världsregioner



Under de senaste 30 åren har den totala energianvändningen nära nog fördubblats. Samtidigt har det skett en hel del förändringar i energianvändningen om man ser till fördelningen mellan olika världsregioner. Medan OECD-länderna minskat sin andel med omkring 12 procent har Kina och övriga delar av Asien i stort sett fördubblat sin andel.

Källa: Underlag till diagram och tabell på detta uppslag är hämtade från International Energy Agency (IEA), Energy Key Statistics 2006 och 2008.

## FOSSILBEROENDET ÄR STORT

Ungefär 80 procent av jordens primära energiförsörjning, det vill säga de tillgångar som används i samhället, utgörs av fossila bränslen (olja, kol och naturgas). Bland länder som är starkt beroende av fossila bränslen för sin elproduktion kan nämnas USA, Kina, Indien, Tyskland, Japan och Storbritannien. En stor andel av biobränsleanvändningen är den ved som går till matlagning i tredje världen.

Under de senaste trettio åren har världens energianvändning ökat till nästan det dubbla. Från 4607 Mtoe 1973 till 8353 Mtoe 2009. (Mtoe = Million tons of oil equivalent). Då OECD-länderna minskat sin energikonsumtion med närmare 12 procent har Kina och övriga Asien ökat sin andel till nära det dubbla.



### VISSTE DU ATT...

...kol utgör närmare 30 procent av den globala energiförsörjningen. I Kina svarar dock kolet för hela 70 procent av energibehoven, en internationellt sett extrem siffra.

industri har dessutom gått från att vara lätt och arbetsintensiv till tung och mer energiintensiv. Bara mellan åren 2002 och 2003 ökade Kinas oljeimport med över 40 procent. Man bör i sammanhanget påpeka att Kinas kraftiga ökning av energikonsumtion sannolikt bidrar till minskad resursåtgång på andra håll i världen, eftersom en stor del av det som produceras i Kina går på export.

Kinas andel av världens samlade utsläpp blir allt större. USA har fram till nyligen varit det land som enligt den officiella statistiken släpper ut mest växthusgaser, men nya uppgifter säger att Kina tagit över tätpositionen.

I såväl Kina som världen i övrigt pågår en mängd satsningar för att skapa mer energieffektiva lösningar, både för att spara resurser och för att minska energianvändningens negativa miljöpå-



## VISSTE DU ATT...

Om Kina blir lika biltätt som USA kommer det att finnas 600 miljoner bilar i landet – det är med god marginal fler än vad som finns i hela världen idag.

Under de senaste två decennierna har Kinas oljeanvändning ökat med mer än 400 procent. För femton år sedan var Kina en av världens nettoexportörer av olja. Idag har de en andra plats på listan över de av världens länder som importerar störst andel råolja. 2011 tog Kina också över första platsen på listan över världens största energianvändare.

verkan. Dessa ska vi återkomma till. Om vi dock för en stund stannar i tanken om att alla världens medborgare lever enligt samma livsstil och samma konsumtionsmönster som de som råder i världens i-länder idag, kan vi konstatera att världens konventionella energitillgångar kommer att förbrukas i mycket snabbare takt. Det gör att framtidens globala utmaningar minst sagt är omfattande såväl energimässigt som politiskt, med stora inbyggda spänningar och konflikthot. För i takt med att världens energianvändning har ökat tilltar också

kampen om kontrollen över världens energitillgångar och energitransportleder.

## Energi och säkerhetspolitik

Säkerhetspolitiska frågor är numera allt mer förknippade med energifrågor, och nationer världen över utvecklar strategier, antingen för att säkra sina leveranser av energi eller för att öka sitt oberoende gentemot andra nationer i fråga om energitillförsel; ett alltför starkt beroende bidrar ju till sårbarhet.

Kina och USA är två av de länder som strävar efter säkra oljeleveranser från länder som Iran, Sudan och Irak, vilket skapar oro i världen. Statliga ingrepp i oljehandeln kan i en framtid bli allt vanligare. Kanske just därför har både Indien och Kina uttryckligen sagt sig villiga att minska beroendet av fossila bränslen.

Det finns en mängd andra exempel på pågående och potentiella konflikter kopplade till energi. Politiska laddningar i Mellanöstern har många kopplingar till de stora fyndigheter av olja som finns i regionen. För att sprida riskerna har flera av Europas länder satt stora förhoppningar till en ny oljeledning som ska öppna upp för att olja kan pumpas från fyndigheter i Azerbajdzjan via Georgien till en turkisk hamn i Medelhavet. Men även i denna lösning finns politiska spänningar.

Kartorna ritas också om då Ryssland sedan några år tillbaka intagit förstaplatsen som världens största oljeproducent. Samtidigt har Kina

## UTAN OLJA STANNAR SVERIGE!

I många sammanhang nämns att Sveriges oljeberoende har minskat. Vi pekar också ofta på fördelarna med att så stora delar av den svenska elproduktionen är baserad på icke fossila energikällor. Men faktum är att utan oljan skulle mycket i vårt land stå stilla, inte minst våra bilar och övriga transporter. Transportsektorns energianvändning består till dryga 90 procent av oljeprodukter.

Senaste årens statistik pekar inte på minskat oljeberoende. Enligt siffror från

Svenska Petroleuminstitutet använde vi under 2009 dryga 12,8 miljoner kubikmeter oljeprodukter (exempelvis drivmedel som bensin och diesel, uppvärmningsbränslen som eldningsolja och villaolja samt smörjmedel) och under 2010 ökade användningen till nära 13,3 miljoner kubikmeter.

Statistiken visar dock att användningen av bensin inom transportsektorn har minskat de senaste åren. En minskning som främst beror på ett minskande antal

fordon (personbilar och lätta lastbilar) som drivs av bensin. För godstransporterna är dieselanvändningen dominerande och användningen har ökat kraftigt de senaste åren.

Sveriges oljeimport kommer i huvudsak från tre länder: Ryssland, Norge och Danmark som tillsammans står för 83 procent av Sveriges import (2009).

## NORD STREAM GASLEDNING

I november 2011 inleddes driften av gasledningen Nord Stream, som anlagts för att transportera gas från Ryssland genom Östersjön till kunder i Tyskland, Danmark, Storbritannien, Nederländerna, Belgien, Frankrike och Tjeckien. Gasledningen ägs av ett konsortium där ryska företaget Gazprom äger 51 procent. Även tyska företaget BASF och Eon ingår i konsortiet.

Nord Stream är den första gasledningen som går direkt från Ryssland till EUs marknad utan att passera Ukraina eller Vitryssland.

Gasledningen består av två 122 mil långa parallella rör dimensionerade att transportera gas motsvarande 590 TWh energi per år. (En siffra som kan jämföras med Sveriges totala energitillförsel som år 2010 var 616 TWh.)

Inom EU klassas gasledningen som "ett projekt av europeiskt intresse" vilket gett projektet en hög politisk status. Det politiska intresset för projektet är påtagligt, inte minst i Tyskland där naturgasen svarar för cirka en fjärdedel av energiförsörjningen. Även för länder som Nederländerna och Storbritannien har Nord Stream stor betydelse. Ländernas egna gaskällor sinar och då naturgasen i dessa länder stod för 37 respektive 40 procent av energiförsörjningen under 2008 behöver de säkra alternativa försörjningslösningar.

Att anlägga gasledningen har inte varit okontroversiellt. Bland annat har miljö-rörelsen engagerat sig mot ledningen, dels med farhågor för vilka miljöskador ledningen kan orsaka på växt- och djurliv och dels för att man anser att ledningen bygger in Europa i ett fortsatt fossilbero-

ende. Säkerhetspolitiska aspekter och en rädsla att sätta sig i ett beroende av gasleveranser från Ryssland har också bidragit till kontroverser.

Även i Sverige har gasledningen varit föremål för beslut på högsta politiska nivå, trots att vi inte haft för avsikt att nyttja gasen i ledningen på den svenska marknaden. Anledningen till det svenska engagemanget i frågan har att göra med att 50 mil av den 122 mil långa ledningen passerar genom svensk ekonomisk zon. Beslutsprocesserna i Sverige var långa och omfattande. Ett tag lutade det åt att den svenska regeringen skulle stjälpas projektet, men i slutet av 2009 fattades de avgörande beslut som resulterade i projektets slutförande.

gått om USA som världens största energikonsumtion.

Under 2010 skrev Ryssland och Kina ett långtidskontrakt om ett tätt energipolitiskt samarbete. Ryssland åtog sig att leverera olja och gas under de kommande 20 åren. Kring detta avtal finns en viss global- och säkerhetspolitisk symbolik då det indirekt talar om att vi nu på allvar ser att den politiska och ekonomiska världskartan börjar ritas om.

Idag är många av Europas länder beroende av naturgasimport eftersom de inte har tillgång till denna energikälla inom de egna nationsgränserna. Många länder försöker därför sprida riskerna och köper gasen från olika håll. Fortfarande är man givetvis beroende av att det inte uppstår oro eller krig i de regioner som levererar gasen.

I takt med att allt fler länder ökar sin import av naturgas har även denna resurs blivit en världspolitisk fråga av största vikt. Detta blev ytterst tydligt då den ryska gaskoncernen Gazprom för några år sedan ströp gasleveranserna till Ukraina. Detta till

följd av att Ukraina vägrat att godta höjda priser på gas och den kompromiss som Ryssland erbjudit landet. Krisen löste sig efter en tid, men Gazprom har därefter åter anklagat Ukraina för att tappa av gas som pumpas genom landet till Västeuropa. Ukraina och Moldavien har bett EU om hjälp att medla i tvisten med Ryssland. I kölvattnet av denna konflikt har en rad nya energipolitiska konflikter seglat upp till ytan.

En av dessa är konflikten mellan Bulgarien och Ryssland. Även i detta fall är det Ryssland som vill höja priset för sin naturgas, något som Bulgarien vägrar att acceptera. Precis som i fallet med den rysk-ukrainska konflikten har parterna starka förhandlingskort. Ryssland står för gasen men Bulgarien är inte bara köpare av gas utan även transitland för den ryska gasen, som också går på export söderut till bland annat EU-landet Grekland och storkonsumenten Turkiet.

Ytterligare ett exempel som tydliggör hur frågor om säkerhetspolitik och energi hänger ihop är den

laddade dialogen mellan EU och Iran, en konflikt som grundar sig i EUs misstankar om att Iran anrikar uran i syfte att utveckla kärnvapen. Som en tydlig politisk markering använder EU handelsblockad mot Iran och inför förbud för import av iransk olja. EU är Irans näst största oljekund efter Kina. Iran hotar i sin tur att blockera det för oljetransporter så viktiga Hormuz-sundet, genom vilket en stor del av de oljetankrar som fraktar olja från Gulf-länderna färdas. Det orsakar i sin tur problem med oljeleveranser för länder som inte ingår i EU. Det är ett maktspel som kan utveckla sig till en "kund-leverantörsrelation" som kräver omfattande diplomatiska insatser för att undvika att krisen eskalerar till väpnad konflikt.

Blickar vi några decennier bakåt i historien finner vi oljekriserna under 1970-talet som välkända exempel på beroende och sårbarhet kopplade till energiförsörjning. År 1973 utlöstes den första omfattande oljekrisen som en följd av Yom Kippur-kriget mellan Israel och Egypten, Jordanien, Syrien och Irak. Oljekartellen OPEC höjde då plötsligt priset på olja. Detta fick allvarliga konsekvenser för världsekonomin eftersom så många länder gjort sig beroende av olja. Detta var en ögonöppnare för många nationer som motiverade till ett minskat oljeberoende och försök till att hitta andra och nya energikällor. Men fortfarande är oljeberoendet stort.

### Beroende av sinande källor

Det har tagit årmiljoner av processer att bilda de kol-, naturgas- och oljelager vi använder idag. Förbrukningstakten är numera så hög att man lite tillfriserat kan säga att vi förbrukar lika mycket olja under ett år som det tagit en miljon år att bilda. Trots att många länder jobbar aktivt för att ersätta olja med andra energikällor är världens oljeberoende är stort. En fråga som många ställer sig är: hur länge räcker oljan?

Experter och forskare är oeniga om hur mycket olja som egentligen finns att utvinna. Dessutom tvistar man om när vi når toppen för utvinningen av de tillgängliga oljefyndigheterna – den så kallade peakteorin (läs mer i faktaruta). Att oljan skulle ta slut helt och hållet är inte sannolikt. Däremot kommer den att bli allt dyrare ju svårare den blir att utvinna. När man ska uppskatta värdet av att söka efter fler oljefyndigheter är det ett antal faktorer som ska vägas mot varandra: hur lättillgäng-

lig är resursen, hur stor uppskattas den vara och vad kommer det att kosta att utvinna den?

Storleken på oupptäckta oljefyndigheter är i stort sett okänd även om det finns uppskattningar. Utöver rena råoljekällor går oljefyndigheter även att finna i något som kallas för tjärsand och skifferoljor. Dessa kan användas, men de är både dyrare och ofta också mer miljöskadliga att utvinna. Olja

### På gång: NABUCCO PIPELINE

Nabuccoledningen är en omfattande gasledning under utveckling. Ledningen, som ska ha mynningar i Österrike och vid gränsen Turkiet/Georgien/Irak, ska via Bulgarien, Rumänien och Ungern utgöra "motorväg" för gas från området

runt Kaspiska havet, Mellanöstern och Egypten. Ledningen beräknas vara klar till 2017 och kommer då att vara Europas största infrastrukturprojekt sett till antalet nationer som projektet berör.

### På gång: TYSKLAND FASAR UT KÄRNKRAFTEN

Under 2011 fattade den tyska regering ett historiskt lagförslag som innebär att Tyskland blir världens första industriland att avveckla kärnkraften i närtid (till år 2022).

importerar Tyskland en stor andel av sin energi i form av naturgas. Med anledning av beslutet att avveckla kärnkraften är det sannolikt att importen av naturgas kommer öka markant i framtiden.

En avveckling av kärnkraften i Tyskland innebär ett kännbart bortfall, då energiformen idag står för omkring en fjärdedel av elproduktionen i landet. I övrigt

En stor del av den tyska gasimporten kommer från Ryssland, men även Norge och Nederländerna exporterar gas till Tyskland.

### OPEC

OPEC är en permanent mellanstatlig organisation bestående av de tolv oljeexporterande länderna Algeriet, Angola, Ecuador, Iran, Irak, Kuwait, Libyen, Nigeria, Qatar, Saudiarabien, Förenade arabemiraten och Venezuela.

OPEC grundades 1960 för att samordna och förena den politik som rör oljeproduktion i medlemsländerna. OPEC-ländernas nuvarande produktion utgör omkring 40 procent av världproduktionen.

## OLJEKRISER OCH OLJEPRISER

Under det senaste århundradet har världen drabbats av ett antal oljereleterade kriser. En av de första var Suezkrisen 1956, i samband med att Suezkanalen nationaliserades. I oktober inträffade sedan det som i folkmun kallats för den första stora oljekrisen. Krisen uppstod då OPECs medlemsnationer tillsammans med Syrien, Egypten och Tunisien införde ett oljeembargo mot de länder som ställt sig på staten Israels sida i samband med det så kallade Yom Kippur-kriget. Som en följd av embargot sköt oljepriset i höjden och orsakade stor turbulens på världsmarknaden. En lång period av hög-

konjunktur bröts. De oljeexporterande ländernas inkomster steg kraftigt, vilket i sin tur ledde till att tidigare ej exploaterade oljeresurser började nyttjas. Bland annat påbörjades utvinningen av olja i Nordsjön, vilket var början till Norges stora oljeinkomster.

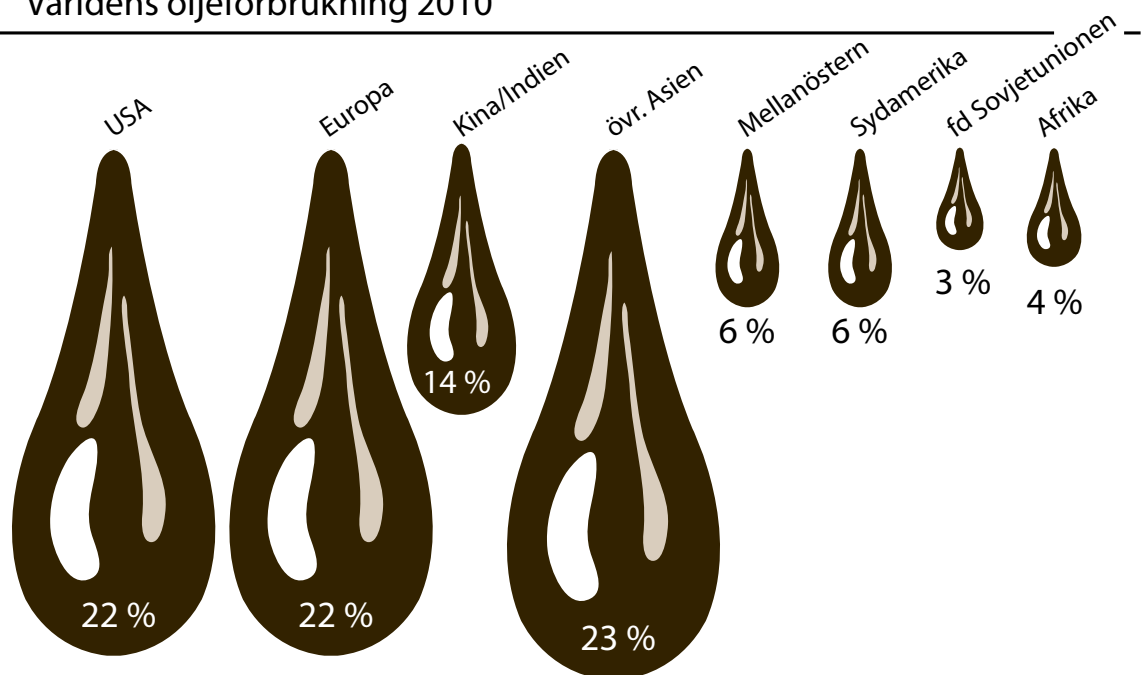
1979 inträffade ytterligare en oljekris som resultat av oroligheter i Mellanöstern kopplade till iranska revolutionen. Återigen sköt oljepriserna i höjden.

Oljekriserna skapade en medvetenhet som bidrog till såväl energieffektivise-

ringsprogram som utvecklande av tekniker för alternativa energikällor. Kopplingen mellan olja och tillväxt har dock inte brutits. Världen över är oljeberoendet stort och många av samhällets viktigaste funktioner står och faller med tillgången till olja.

I början av 2010-talet står världen kanske inför en ny oljekris då oljepriserna åter skjutit i höjden. Oljekrisen kan också kopplas till politisk instabilitet i oljeproducerande länder. Teorierna om peakoil har blivit en allt mer påtaglig faktor för utvecklingen av världsmarknadspriset på råolja.

### Världens oljeförbrukning 2010



Oljefyndigheterna är väl spridda över världen. Med oljeförbrukningen ser det annorlunda ut, även om olja används som energikälla världen över. USA står för den avsevärt största förbrukningen. Med den snabba ekonomiska tillväxten i länder som Kina och Indien förändras behoven och därmed även förbrukningen. Källa: IEA

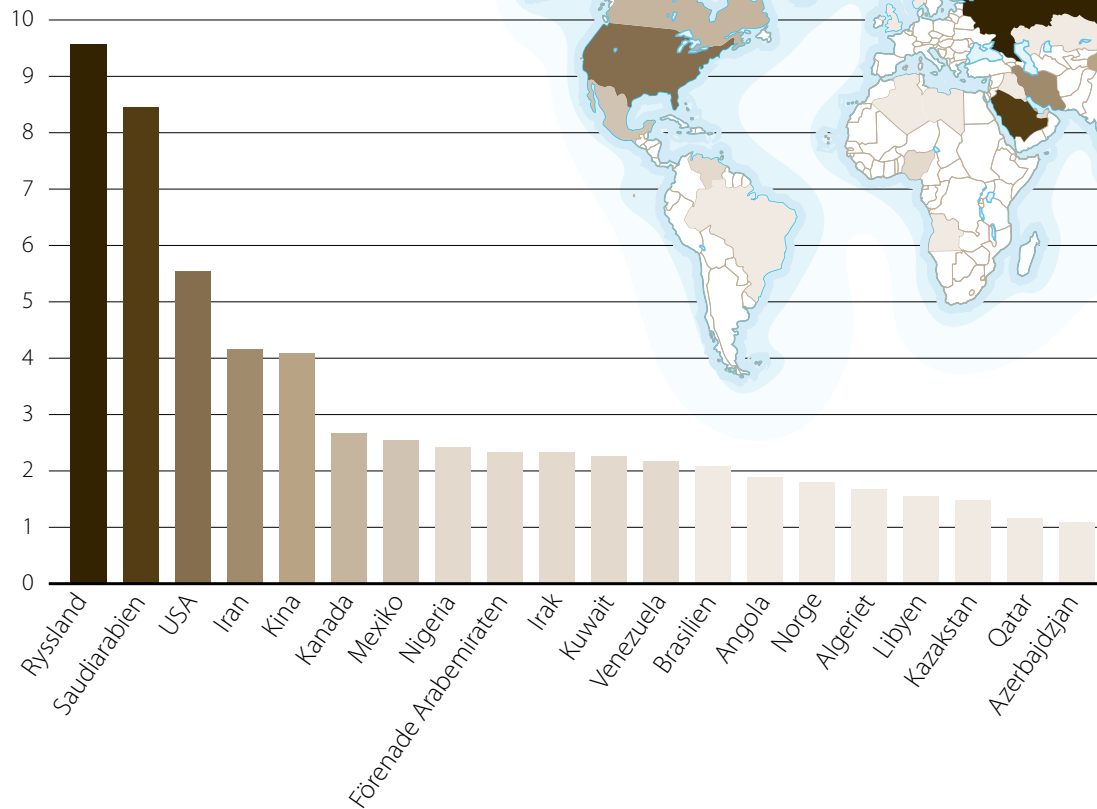
från tjärsand ger ungefär fyra gånger mer energi än vad som krävs för att utvinna den. Det kan jämföras med lättillgängliga oljefyndigheter som ger omkring 50 gånger så mycket energi. Även förbränningen av den färdiga produkten genererar ett

större utsläpp av växthusgaser jämfört med konventionellt framställt bränsle.

Detta till trots har oljesanden blivit allt mer intressant att exploatera. I de nordöstra delarna av Kanada finns ett större område med oljesand där

## Världens 20 största oljeproducenter 2010

Oljeproduktion, miljoner fat per dag



Källa: Oil & Gas Journal

exploatering påbörjats. Det råder olika meningar om hur stora fyndigheter det rör sig om. Shell Canada har uppskattat tillgångarna till åtta gånger större än den oljereserv som finns i Saudiarabien medan IEA (International Energy Agency) uppskattar att det rör sig om en bråkdel av detta.

Relaterat till oljesandutvinningen i Kanada har en 2 700 kilometer lång oljeledning kallad The Keystone XL pipeline prospekterats. Oljeledningen ska fungera som transportväg mellan utvinningen i Alberta-området i Kanada och raffinaderierna i Texas, USA. Ledningen har dock varit mycket omstridd och orsakat politiskt tumult i den amerikanska kongressen. Debatten lär fortsätta, oavsett vilka politiska inriktningsbeslut som tas, då kommersiella intressen står mot miljörelsens argument om den omfattande påverkan utvinningen får på miljö och klimat.

Överlag har priset på råolja stort inflytande över intresset för att utvinna icke-konventionella oljeresurser. Generellt gäller att ju djupare och mera svårtillgängligt oljefyndigheterna ligger, desto dyrare och mer miljöpåverkande blir det att exploatera dem.

Man talar ofta om ett världsmarknadspris på olja, men i realiteten finns det olika priser för olja av olika kvalitet och ursprung. Priset påverkas av utbud och efterfrågan. Utbudet styrs sedan 1960-talet av OPEC. Efterfrågan påverkas i sin tur av faktorer som det allmänna konjunkturläget, varma eller kalla somrar och vintrar i konsumentländerna, mängden råolja och oljeprodukter i lager och även världspolitik och politiska hotbilder. De svenska oljepriserna påverkas också av dollarns värde i förhållande till den svenska kronan.

Världens oljefyndigheter är väl spridda världen över. Arabiska halvön står sammantaget för en stor andel av den olja som produceras. Även länder som USA, Ryssland, Iran, Kina, Mexiko och Norge producerar ansevära mängder fat olja per dag.

## PEAKTEORIN

Olja är en ändlig resurs och alla oljekällor har en topp (eng. "peak") i hur stor mängd olja som källan levererar från det att man börjat utvinna den. Peaken utgör den period då källan bidrar som mest, när oljan är som mest tillgänglig. Därefter minskar tillgängligheten successivt.

I USA började de första oljefälten att exploateras i mitten på 1800-talet. Peaken för upptäcker av nya fyndigheter av råolja inföll kring 1930. Under 1960-talet var USA världens största oljeproducent. Peaken i utvinning av oljefyndigheter inföll 1970. Då producerades 9,6 miljoner fat olja per dag från de amerikanska oljefälten. Nu, fyrtio år senare ligger dagsproduktionen på 5,5 miljoner fat olja per dag.

Peaken för världens totala oljefyndigheter inföll under mitten av 1960-talet och

nationer som ända fram till 1990-talet varit bland de största nettoexportörerna är idag importörer. Mexiko är ett exempel på detta.

Tre av världens fyra största (kända) oljefyndigheter uppskattas ha nått sin peak (Cantarell i Mexiko, Samotlor i Ryssland och Burgan i Kuwait). Det råder oklarheter om hur mycket som återstår av den fjärde, Ghawar-fältet i Saudiarabien, som enligt saudiska myndigheter inte visat några tecken på att sina, vilket ifrågasätts av experter från andra nationer.

Osäkerheten om hur mycket av den förhållandevis lättillgängliga råoljan som finns kvar, i kombination med osäkra uppskattningar om vad det kommer att kosta att utvinna mer svårtillgängliga reserver, bidrar till att världsmarknadspriset på råolja svänger kraftigt. Under 2011 har

priset fluktuerat och steg under loppet av några månader med mer än 40 procent. Priset påverkas visserligen av andra faktorer än uppskattningar av hur mycket olja som finns att tillgå, men osäkerheten kring världens oljereserver bidrar till instabilitet på marknaden.

Samma principer för fossila energikällors ändlighet och peak i utvinning gäller för kol och naturgas. Uppskattningar av hur stora mängder kol och naturgas som finns kvar att utvinna görs löpande. Uppskattningarna relateras sedan till pågående och prognostiserad förbruknings-takt. Frågan är kontroversiell och orsakar debatt och diskussion. Vissa hävdar att peaken för kolutvinning redan är nådd, andra menar att peaken är nådd inom ett trettio-tal år och andra hävdar att det är så långt som hundratals år innan peaken är nådd.

Sett till peakteorin gäller enligt många bedömare att produktionen av den lätt åtkomliga konventionella oljan redan nu är nära sitt kapacitetsmaximum. På 10–20 års sikt förväntas efterfrågan inte längre kunna mötas av produktionskapaciteten. Det är därför troligt att det redan höga oljepriset kommer att stiga ytterligare.

Ett problem för världsmarknaden är att de kända oljereserverna i mångt och mycket är oljenationernas egna hemligheter. De senaste åren har länder som står utanför OPEC svarat för 60 procent av världens produktion av råolja, samtidigt som dessa nationers rapporterade reserver bara utgör en fjärdedel av världens samlade oljereserver. Faktum är att man fortfarande upptäcker nya stora oljefyndigheter utanför OPEC. Senast i havet utanför Brasilien, i det så kallade Tupi-fältet, där man uppskattar att det finns stora mängder olja. Den nyfunna oljan är dock svåråtkomlig då den finns på 7 000 meters djup, inte bara under vatten, utan under stora lager av sand och salt. Det kom-

mer därför att krävas stora investeringar innan någon utvinning kan komma igång.

En annan aspekt på efterfrågan är konsumtionen över tid. I statistiken kan man enkelt se hur oljekonsumtionen har ökat med två procent per år under de senaste femtio åren. Globalt sett finns inga tendenser till trendbrott. Och även om man är oense om hur länge jordens oljeresurser kommer att räcka är det tämligen oomtvistat att det kommer ta tid att ställa om samhället från det stora oljeberoende som råder. Det finns beräkningar som visar att det tar minst 20 år att ställa om samhället och anpassa teknik och samhällslösningar till en värld med små eller begränsade oljetillgångar. Om det är så att världens lättillgängliga oljeresurser är på väg att ta slut, vilket många tror, börjar vi få ont om tid. Omställningen kommer inte bara att ta tid, den kommer också att kosta mycket. Utgifterna riskerar att bli mycket höga i en tid då även oljans pris ökar i takt med att den blir allt svårare att utvinna.

## Växthuseffekt – orsaker och verkan

Den snabba förbrukningen av jordens lagrade energilag, som olja, naturgas och kol, har medfört att stora mängder koldioxid (CO<sub>2</sub>) tillförs atmosfären. Stora delar av forskarsamhället är eniga om att detta bidragit till förändringar i jordens klimat – det har blivit varmare och uppvärmningen har i en historisk jämförelse gått snabbt. Hur hänger då fossilbränsleanvändning, ökad andel koldioxid i atmosfären och klimatförändringar ihop?

Jordens atmosfär består av en mängd olika ämnen i gasform – vissa av dessa gaser fångar upp den värme som reflekteras ut mot rymden av den soluppvärmda jordytan, reflekterar tillbaka värmen mot jordytan, och hindrar på så sätt värmen från att stråla ut i rymden. Gasernas effekt på värmeutstrålningen går att likna vid taket på ett växthus. Gaserna som påverkar värmeutstrålningen är främst koldioxid, metan och vattenånga, och dessa gaser utgör mindre än en procent av atmosfärens huvudsakliga gasinnehåll (kväve och syre.) Faktum är att om atmosfärens växthusgaser inte fanns skulle medeltemperaturen vid jordytan vara cirka minus 18 grader. Med hjälp av atmosfärens gaser ligger medeltemperaturen i stället omkring plus 15 grader.

Koldioxid är den gas som vid sidan av vattenången främst bidrar till växthuseffekten. Koldioxid kommer bland annat från djurens utandning och från växters förmultning, vilka är helt naturliga biologiska processer.

Det naturliga tillskottet av växthusgaser förstärks av ökande utsläpp av växthusgaser förorsakade av mänsklig verksamhet. De stora mängder koldioxid som tillförs atmosfären – från andra källor än de naturliga – kommer framför allt från förbränning av kol, olja och naturgas. Nedhuggning av skogar och svedjebruk, främst i tropiska områden, bidrar också till ökad koldioxidhalt i atmosfären.

Utöver utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser finns det en mängd andra faktorer som påverkar klimatet. Det kan exempelvis handla om skiftande instrålning från solen, vulkanaktivitet som bidrar till stora mängder partiklar i atmosfären eller avgångar av metangas från torvrika marker som tidigare varit frusna, men som till följd av ett mildare klimat tinar och då avger gaser som varit bundna i den frusna marken. Växternas förmåga

att ta upp och binda koldioxid är också något som påverkar. Läs mer om växterna som kolsänka längre fram i detta kapitel.

Då vi talar om växthuseffekten som fenomen brukar vi oftast mena just den del som människan orsakat. Hur stor denna påverkan är har diskuterats flitigt och är föremål för bryderier bland forskare världen över. Genom mätningar av luftens koldioxidinnehåll, av koncentrationen i trädens årsringar samt iskärnor från borrhål i glaciärer kan man se att växthusgaserna ökat dramatiskt sedan industrialismens genombrott. Via dessa fakta försöker man sedan bedöma hur detta har påverkat, och hur det framgent kommer att påverka, klimatet.

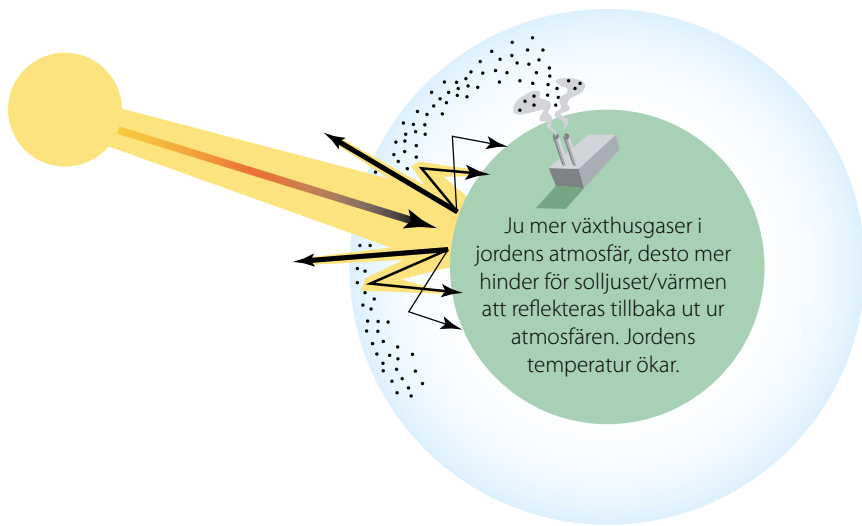
Rent statistiskt kan man se att den globala temperaturen sedan slutet av 1800-talet ökat med 0,7 grader och att koldioxidhalten i atmosfären ökat med ungefär 30 procent under samma tid. Baserat på detta har ett antal scenarier kring vilka konsekvenser detta har på miljön och jordens ekosystem målats upp. Diskussionerna om orsakssambanden mellan de av människan genererade utsläppen och klimatförändringarna har under de senaste decennierna gått heta. Numera är orsakssambanden tämligen oomtvistade. Det råder dock stora skillnader i åsikterna om hur alarmerande situationen

## NATURGAS – BRYGGA TILL DET FÖRNYBARA?

Som ett led i arbetet med att minska utsläppen av växthusgaser har den fossila energikällan naturgas blivit allt mer intressant. Naturgasens koldioxidutsläpp är avsevärt lägre jämfört med den mängd utsläpp som kommer av kol- och oljeeldning. Naturgasen förväntas därför få en viktig roll i arbetet för minskade koldioxidutsläpp. Många länder beskriver naturgasen som en brygga mellan det fossilberoende samhället och det samhälle som baseras på användning av förnybar energi, till exempel förnybar biogas.

Naturgasanvändningen är störst i Nordamerika, EU och Ryssland, vilka tillsammans står för knappt hälften av den totala användningen. De största naturgasländerna i EU är Storbritannien, Tyskland, och Italien.

Naturgas används till stor del för elproduktion, men cirka en tredjedel används inom industrin. Inom transportsektorn är användningen ännu relativt liten.



Växthusgaser bidrar till att vi har ett drägligt klimat på vår planet, då växthusgaserna har en isolerande effekt och minskar värmeutstrålningen till universum.

Ser man till de statistiska mätningarna av jordens medeltemperatur blir det tydligt att temperaturen ökat sedan mitten av 1900-talet. Om det rör sig om naturliga förändringar eller om det är en följd av mänsklig påverkan, genom förbränning av fossila energikällor, är inte lika påvisbart. Många är dock övertygade om att så är fallet.

är och vilka åtgärder som behöver vidtas, något som är föremål för fortsatt debatt inom såväl vetenskapen som politik och näringsliv världen över.

Enligt FNs klimatpanel IPCC – som består av flera hundra ledande klimatforskare – kommer medeltemperaturen på jorden sannolikt att öka under de närmaste hundra åren. Detta väntas bland annat medföra att havsnivån under samma tid kommer att stiga märkbart.

En komplicerande faktor är att den mest bidragande av de växthusgaser som kommer från fossila bränslen – koldioxiden – är långlivad. Den finns länge kvar i atmosfären innan den försvinner genom olika processer, bland annat genom att gasen tas upp av havsvattnet eller i växternas fotosyntes. Det betyder att det koldioxidtillskott som tillförs atmosfären idag när vi eldar med kol, olja och andra fossila bränslen ständigt fylls på. Enligt IPCC räcker det därför inte med att hejda utsläppens nuvarande ökning och stabilisera dem på en oförändrad nivå. Även efter en sådan åtgärd skulle allt mer koldioxid samlas i atmosfären. Hotet om en förstärkt växthuseffekt betraktas nu av en majoritet av klimatforskarna som ett av de allvarligaste miljöproblemen världen står inför.

### Hur minskar vi utsläppen?

#### VÄRLDSSAMFUNDET FÖRHANDLAR

Baserat på ställningstaganden från IPCC försöker man inom världssamfundet enas om vilka åtgärder som behöver vidtas för att minska människans påverkan på klimatet. Sedan början av 1990-talet har ett antal FN-möten genomförts i syfte att ena världen kring regler och riktlinjer för hur utsläppen

## SKILJ PÅ KLIMAT OCH VÄDER

Det går inte att konstatera att en mild svensk vinter eller en het sommar härrör från klimatförändringar. Både klimatet och vädret på jorden styrs i grund och botten av solinstrålningen, som värmer upp atmosfärerna och oceanerna. Men väder och klimat bör ändå hållas isär.

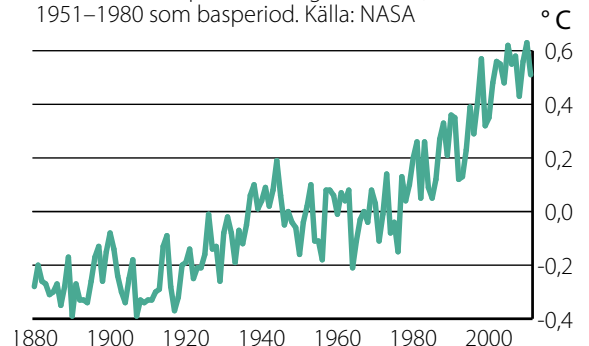
För att studera klimat och upptäcka klimatförändringar talar vi om löptider motsvarande decennier eller mer. Väder är däremot lokala fenomen som genereras ur låg- och högtryck som förändras löpande inom loppet av timmar eller dagar.

Hittills har 2000-talet visat på ett antal extrema väderfenomen med kraftiga stormar och orkaner; brist på nederbörd i vissa områden och sällsynt stora mängder i andra. En fråga många ställer sig är om de förändringar vi sett under de senaste årtiondena främst beror på utsläppen av växthusgaser, eller om de främst är resultat av naturliga variationer. Att jordens medeltemperatur under relativt kort tid har förändrats, och därmed också klimatet, är konstaterat. Hur detta hänger ihop med rådande väder forskas det om.

av koldioxid ska minska. Förhandlingarna tog sitt avstamp vid den så kallade Riokonferensen 1991. Vid det möte som hölls i Kyoto i Japan i slutet av 1997 förhandlades sedan den överenskommelse

### Avvikelser i temperatur 1880–2011

Avvikelser i temperatur från genomsnitt, 1951–1980 som basperiod. Källa: NASA





## RESULTAT AV KLIMATFÖRHANDLINGARNA I DURBAN 2011

### Färdplan mot en ny rättslig överenskommelse

I Durban enades de förhandlande parterna om att etablera en ny arbetsgrupp för att ta fram en färdplan mot en ny rättslig överenskommelse. Arbetsgruppen ska vara klara med sitt arbete senast 2015, så att ett nytt avtal kan träda i kraft från 2020.

### Ett ramverk för den gröna klimatfonden

Mötet enades om att etablera en fond och tillsätta en styrgrupp för denna. Fonden ska ägna sig både åt att finansiera projekt som syftar till utsläppsminskningar och anpassning till ett förändrat klimat. Att upprätta en fond tar tid och det dröjer förmodligen innan fonden kan finansiera sitt första projekt.

### Långsiktig finansiering

Parterna har enats om målet att mobilisera 100 miljarder dollar per år 2020 till klimatrelaterade åtgärder och målet är en central fråga för u-länderna. I Durban togs beslut för att skapa ett arbetsprogram för långsiktig finansiering under 2012. Arbetsprogrammet ska bidra till mobilisera medel och undersöka olika möjligheter till hur de 100 miljarderna ska samlas in.

### Anpassning för att möta klimatförändringarna

Utöver utsläppsminskande åtgärder är anpassning för att möta klimatförändringarna är ett nödvändigt komplement. Inte minst då effekterna av klimatförändringarna blir allt mer påtagliga, framförallt i de minst utvecklade och mest sårbara länderna och inte minst i Afrika. En anpassningskommitté med syftet att främja och samordna anpassningsåtgärder och att rådgöra parterna i anpassningsfrågor ska tillsättas. I Durban gjordes även framsteg i processen som ska stödja de

minst utvecklade länderna i anpassningsplanering och genomförande av åtgärder. Att öka kunskapen kring hur man ska hantera klimatrelaterade skador och förluster är en del i detta.

### Hållbart skogsbruk i utvecklingsländer, REDD+

Det finns stora möjligheter att minska de globala utsläppen genom att minska avskogningen och bidra till ett hållbart skogsbruk i utvecklingsländer. I förhandlingarna kallas detta för REDD+. I Durban fokuserades förhandlingarna på att ge vägledning för att implementera REDD+ samt dess framtida finansiering. Förutom klimatnyttan finns det andra nyttigheter som ska tas om hand inom skogssektorn, exempelvis biodiversitet och ursprungsbefolkningars rättigheter. Beslutet ger bland annat utvecklingsländerna vägledning kring hur de ska informera om åtgärder för att bevara skogens nyttigheter.

### Tekniköverföring

Ny energieffektiv och miljöanpassad teknik är centralt för att minska utsläppen av klimatpåverkande gaser; inte minst för utvecklingsländerna som i sin utveckling kan undvika att låsa sig fast i teknik med stor negativ påverkan på miljön. I samband med förhandlingarna i Cancún 2010 beslutades att etablera en teknikmekanism för att främja tekniköverföring som består av en teknologikommitté med tillhörande nätverk av organisationer. Ett antal frågor återstår att förhandla fram, bland annat var i världen ett sådant teknikcenter ska ligga samt hur man ska finansiera satsningarna.

### Växthusgasmarknader (flexibla mekanismer)

I Durban förhandlades även frågan om marknadsbaserade mekanismer för att minska utsläppen. Syftet med

marknadsbaserade mekanismer är att öka möjligheterna till kostnadseffektiva utsläppsminskningar. De kan också komma att spela en roll i att få fram de 100 miljarder dollar/år till klimatrelaterade åtgärder i utvecklingsländerna som industrialiserade länder ska mobilisera till 2020. I beslutet har EU fått gehör för att definiera en ny marknadsbaserad mekanism och under 2012 skapa ett arbetsprogram för att studera vidare hur en sådan mekanism kan se ut.

### Behovet av ytterligare utsläppsminskningar

Frågan om ytterligare utsläppsminskningar anses både laddad och angelägen, men i denna viktiga fråga gjordes få framgångar i samband med mötet i Durban. Man enades dock om att inleda en process för att höja ambitionsnivån som bland annat ska ta hänsyn till det senaste forskningsläget och en arbetsplan för att studera olika möjligheter för att stänga ambitionsgapet. Fokus ligger på att enas om att ytterligare åtaganden behövs, för att sluta gapet mellan redan tagna beslut om minskningar i relation till de faktiska minskningar som forskare anses behövs, för att hålla den globala temperaturökningen under 2 grader C.

### Uppföljning och rapportering

Frågan om transparent regler för uppföljning och rapportering är mycket viktig för skapa förtroende mellan parterna och för att kunna kontrollera och följa upp åtaganden på olika områden. Det finns stora motsättningar mellan parterna kring hur, vem och vad som ska rapporteras och tyvärr innebar förhandlingarna i Durban snarare bakslag än framsteg.

Källa: [www.regeringen.se](http://www.regeringen.se)

## ATMOSFÄRENS KOMPLEXITET

Metangas är en av de gaser i atmosfären som bidrar till växthuseffekten. Hur stor effekten är råder dock delade meningar om. Forskare har tidigare beräknat att metan har 20 till 25 gånger så stark klimatpåverkan som koldioxid. Vissa forskare hävdar dock att det rör sig om en ännu större påverkan – 30 till 35 gånger starkare. Orsaken till osäkerheten är att det rör sig om komplexa samband mellan metangasen och andra gaser och partiklar i atmosfären.

Livslängden för metan i atmosfären är relativt kort, i medeltal 10–15 år:

Metangas finns naturligt i atmosfären men de ökade tillskotten går att koppla till utsläpp orsakade av människan. Översvämmade risfält, soptippar, avloppssystem och ökat antal boskap (där djurens avföring och utandning bidrar till ökad andel metangas) är några av källorna.

Utöver vattenånga, koldioxid och metan klassas även dikväveoxid (skrattgas) och fluorerade gaser som växthusgaserna.

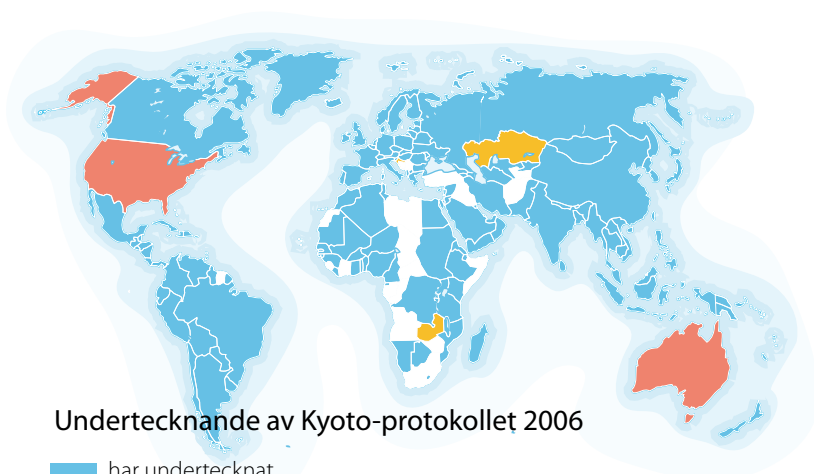
där 141 av världens nationer enats om åtaganden för minskade utsläpp fram: Kyoto-protokollet.

Protokollet innebär att de så kallade Annex I-länderna (främst Europa och OECD-länderna) åtar sig att minska utsläppen av växthusgaserna med i genomsnitt 5,2 procent till 2008–2012 (jämfört med utsläppsnivåerna basåret 1990). För att avtalet skulle träda i kraft, krävdes det att minst 55 länder, som tillsammans svarade för 55 procent av 1990 års utsläpp, officiellt ratificerade avtalet, det vill säga godkände avtalet i respektive lands parlament. Detta skedde den 16 februari 2006, efter att Ryssland ratificerat avtalet.

Med ambitionen att minska utsläppen i enighet med protokollet står såväl Sverige som världens länder i övrigt inför gigantiska utmaningar. Det handlar dels om att ställa om samhället till system och verksamheter som ger betydande minskningar i utsläpp av växthusgaserna, men också om att möta och lindra konsekvenser av de skador på samhällsstrukturer och ekosystem som förändringar i klimatet kan föra med sig.

De flesta länder som skrivit under Kyotoavtalet har lyckats sänka sina utsläpp. Sverige finns bland de länder som lyckats med minskningar i enighet med målet. (Sverige valde till och med att sätta ett högre mål än det som sattes i relation till Kyotoavtalet.) Många är dock eniga om att de satta målen är alldeles för låga i relation till vad som krävs för att åstadkomma någon faktiskt förändring. Och förhandlingar till trots har världens länder inte lyckats enas om ett legalt bindande klimatavtal som ska gälla från år 2012. Sedan mötet i Kyoto har man i FN:s regi gjort ett flertal försök bland annat vid mötet i Köpenhamn 2009, i Cancun Mexiko 2010 och i Durban 2011.

Den allt överskuggande frågan vid förhandlingarna i Durban var frågan om Kyotoprotokollets framtid och en eventuell andra åtagandeperiod; vilka krav som ska ställas på de industrialiserade länder som står utanför en fortsättning av Kyoto-protokollet (USA, Kanada, Japan och Ryssland) och på de snabbt växande utvecklingsländerna (framförallt Brasilien, Sydafrika, Indien och Kina). Efter långa förhandlingar enades parterna som deltog i Durban-mötets förhandlingar slutligen om att etablera en andra åtagandeperiod för Kyoto-protokollet under 2013–2017 (alternativt ända till 2020). Det slutliga fastställandet hur parter-



Undertecknande av Kyoto-protokollet 2006

- har undertecknat
- undertecknande under förhandling
- ej undertecknat
- inget ställningstagande

nas åtaganden ska se ut sköts dock fram till nästa partsmöte som hålls i Qatar 2012. Först därefter kan ändringarna i protokollet ratificeras.

#### EU PLANERAR OCH SATSAR

Parallellt med att världssamfundet har förhandlat för att enas om globala mål för att minska utsläppen av koldioxid har man inom EU satt klimatmål som ska verka för att möta hotet om global uppvärmning. Målen finns beskrivna i en plan som kallas "20-20-20-paketet", som syftar till att man inom EU till 2020 ska minska utsläppen av växthusgaser med 20 procent. Tills dess ska minst 20 procent av energin komma från förnybara energikällor och energieffektiviteten ska också ha ökat med 20 procent till samma år. Ett fjärde mål är att andelen biobränslen för transporter ska höjas med 10 procent.

I EUs "Klimat- och energipaket" förtydligas klimatmålen med bestämmelser som ska gälla för att målen ska uppnås. Bestämmelserna berör nya regler för koldioxidavskiljning, ändrade regler för handel med utsläppsrätter och nya regler om minskade utsläpp för branscher som inte omfattas av utsläppshandeln. Det berör även hur ansvarsfördelningen för utsläpp av växthusgaser ska se ut inom EU. Ansvarsfördelningen styrs av EU-ländernas ekonomiska utvecklingsnivå i det så kallade bördefördelningsbeslutet som innebär ett högre åtagande för de länder som har god ekonomi. Sverige ska, jämfört med 2005 års utsläpp, minska utsläppen av växthusgaser med 17 procent fram till 2020. Detta kan jämföras med åtaganden för länder som Bulgarien och Lettland, som under perioden tillåts öka sina utsläpp med 20 respektive 17 procent.

Ett av EUs främsta vapen i klimatkampen är 2005 års system för handel med utsläppsrätter, som innebär att europeiska länder kan handla med sina utsläppsrätter inom ett gemensamt utsläppstak. Systemet omfattar hittills den tunga industrin. Man har dock inom unionen enats om mål för utsläppsminskningar för branscherna jordbruk, byggindustrin, avfall och transport. Från 2012 ingår även flyget i handeln med utsläppsrätter.

Effektivare användning av energi är ytterligare en av EUs åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser. Ett led i detta är ambitionen att koppla samman medlemsländernas elnät.

EU-kommissionen har fastställt att energiinfra-



#### VISSTE DU ATT...

Enligt en överenskommelse ska länderna inom EU till år 2020 minska utsläppen av växthusgaser med minst 20 procent från 1990 års värde och öka andelen förnybar energi med minst 20 procent av energikonsumtionen varav andelen biodrivmedel till 10 procent. Energieffektivisering ska medföra en ytterligare minskning av energianvändningen på 20 procent. Målen refereras ofta till som 20-20-20-målen.

#### UTSLÄPPSRÄTTER

Den 1 januari 2005 inleddes ett system med handel med utsläppsrätter för växthusgaser inom EU. Systemet syftar till att på ett kostnadseffektivt och samhällsekonomiskt effektivt sätt minska unionens utsläpp av växthusgaser. Syftet är att EU ska kunna nå sitt åtagande enligt Kyotoprotokollet.

Grunden för handeln läggs genom att ett tak sätts för hur stora utsläppen får vara under ett år. Varje anläggning som omfattas av handeln får sedan ett antal utsläppsrätter som kan köpas och säljas.

Företag med höga kostnader för att minska utsläppen kan köpa utsläppsrätter från företag med lägre kostnader. Ett företag kan genom handeln i princip välja mellan att minska sina egna utsläpp – eller betala andra för att göra detsamma.

#### EU's ELNÄTSKORRIDORER

EU-kommissionens fyra prioriterade korridorer för gränsöverskridandet elnät:

- Ett nät för havsbaserad vindkraft i Nordsjön och förbindelse till Nord- och Centraleuropa för transport av el som producerats i vindparker till havs för konsumenter i storstäder.
- Säkrade förbindelser i sydvästra Europa för transport av vind-, sol- och vattenkraft till resten av kontinenten.
- Förbindelser i centrala Östeuropa och Sydösteuropa till stöd för regionala nät
- Integration av den baltiska energimarknaden i den europeiska marknaden.

strukturen är en viktig nyckel för att nå klimat- och energimålen. En satsning på elnätet ska säkra en effektiv och trygg energiförsörjning samtidigt som man fasar in allt fler förnybara energikällor

## FÅNGST OCH LAGRING AV KOLDIOXID

Ett sätt att minska utsläppen av koldioxid är att fånga in den så att den aldrig når atmosfären. Idag finns teknik för detta. En möjlighet att dessutom lagra koldioxiden är exempelvis att pumpa ner den i berggrunden. Det kan vara ett berggrum som tömms på naturgas eller olja. Det går även att lagra gasen i porösa berggrunder.

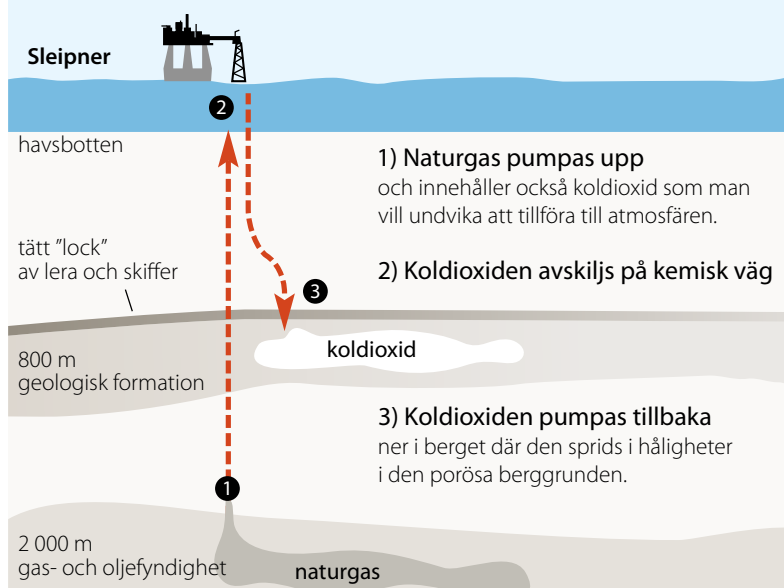
Haven rymmer också enorma mängder koldioxid och kan ta upp en del koldioxid genom att gasen löser sig i vattnet. Det kan dock medföra förändringar i havens pH-värde (surhetsgrad) vilket får följder för havens växt- och djurliv. Bilarnas koldioxid går ännu inte att fånga in. Med dagens kända teknik anses det vara för dyrt och otympligt att montera koldioxid-avskiljning på en bilmotor.

### På gång: CLIMATE CHANGE ACT 2008

I Storbritannien antog det brittiska parlamentet ett dokument – den så kallade Climate Change Act 2008 – som fastställer hur landet ska jobba med att minska utsläppen av växthusgaser i enighet med Kyoto-pro-

tokollet. Planen är framtagen i syfte att ge parlamentets ministrar ett ökat manöverutrymme i att fatta beslut som ska driva på näringslivet i arbetet för att minska utsläppen av växthusgaser.

### Lagring av koldioxid under Nordsjön



på näten. Man har därför bestämt att satsa på ett antal "korridorer" för gränsöverskridande förbindelser och integrering av förnybar energi i näten. Satsningen kräver en stor investering. EU har sagt sig beredda att investera 200 miljarder Euro i energitransport, gasledning och elnät. Med vilka medel investeringen ska finansieras har dock orsakat debatt. Vem är det egentligen som ska stå för notan? Är de 200 miljarder man diskuterat tillräckligt eller rör det sig om en ännu större finansiering?

Oavsett hur satsningarna ska finansieras har man för el-sektorn valt ut fyra prioriterade områden för utveckling av elnät (se faktaruta). Dessa ska, utöver att bidra till att fler förnybara energikällor kan kopplas på näten, också bidra till EUs politiska mål för konkurrenskraft, hållbarhet och tryggad försörjning.

Energideklarationer av byggnader samt energimärkning och effektivitetskrav på vitvaror är andra exempel på åtgärder som EU vidtagit för att tydliggöra vad som krävs för att nå klimatmålen. I slutet av 2011 lade EU-kommissionen fram ytterligare en plan som ska klargöra hur energi- och klimatmålen ska nås: "Energy Roadmap 2050".

### Lagring av koldioxid

Att minska utsläppen av koldioxid är en utmaning som kräver en hel del idérikedom och innovation i fråga om teknikutveckling. Att fånga och lagra koldioxid så att den inte når atmosfären är en av de lösningar som man jobbat med och teknik för detta har utvecklats under det senaste decenniet. Lösningarna ligger i att antingen pumpa ned koldioxiden i berggrunden, i hålrum som skapats efter att de tömms på olja eller naturgas, eller via lagring i porösa bergarter. Man har också forskat på tekniker för koldioxidlagring i havet. Något som dock är förenat med stora osäkerheter, bland annat då detta kan medföra att havets pH-värde förändras, vilket i sin tur kan få negativa effekter för växt- och djurliv i haven.

Där oljeplattformen Sleipner står finns en porös geologisk formation under havet. Den är 200–300 meter hög och 26 000 kvadratkilometer stor. Sedan 1996 har en miljon ton koldioxid pumpats ned varje år i denna formation. Det motsvarar två procent av Sveriges totala koldioxidutsläpp. I detta hålrum skulle Europas samlade koldioxidutsläpp under 200 år kunna få plats.

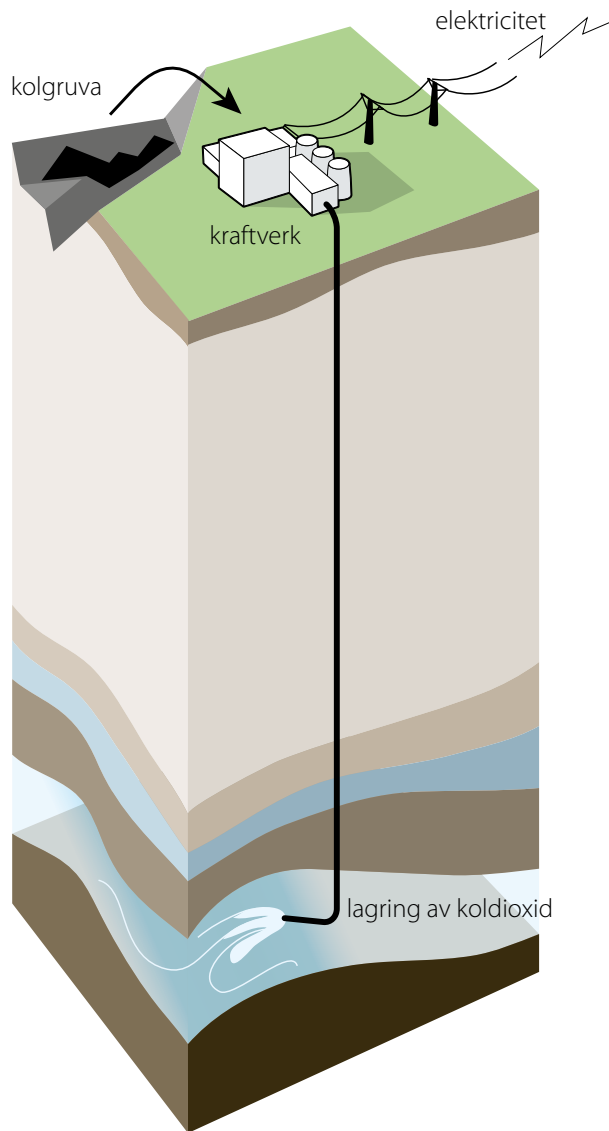
Att utveckla teknikerna för koldioxidlagring är kostsamt då det rör sig om storskaliga projekt och utveckling av ny teknik. Dessutom uppskattas avskiljning och lagring av koldioxid minska verkningsgraden i kraftverken med cirka tio procentenheter och höja kostnaderna för elproduktion med 10–20 öre/kWh. I takt med att metoderna utvecklas väntas kostnaderna minska.

Under det senaste decenniet har kraftbolag över hela världen mobiliserat för koldioxidlagring i jorden, då man trots höga initiala kostnader ser potential till ett billigt och kraftfullt sätt att hejda klimatproblemen.

Det finns dock kritiker, energi- och klimatexperter, som anser att det kommer att ta lång tid innan koldioxidlagring blir praktiskt användbar och att det snarare handlar om uppehållande än uthållig teknik. Bland annat framförs att det krävs energi för att avskilja och komprimera koldioxiden. Andra motargument som framförts är att man underskattat svårigheterna som ligger i att få tekniken utbyggd för att den ska ge tillräcklig effekt. Dessutom påpekas att man troligen inte kan komma åt alla utsläpp av koldioxid med den här tekniken – till exempel bilavgaser.

Det finns också kritik mot CCS (Carbon Capture Storage) eftersom det möjliggör en fortsatt användning av fossila bränslen, vilket många hävdar hämmar utvecklingen av potentiella lösningar baserade på förnybara energikällor.

Som med mycket annat som rör energifrågor finns en koppling mellan politik och framtida lösningar för koldioxidlagring och utvecklingen av CCS-teknik. Frågan blev högaktuell under 2011 då många av de planerade CCS-projekten har lagts på is till följd av politiska beslut tagna i det tyska parlamentet. Det tyska beslutet har bland annat påverkat det av svenska staten ägda energibolaget Vattenfalls planer på en stor pilotanläggning för CCS i Tyskland. Men det är inte bara i Tyskland som planerade CCS-projekt nu läggs ner. En rad anläggningar som skulle ha byggts i Storbritannien blir inte heller av. Däremot fortsätter forskningsanläggningar för koldioxidavskiljning att projekteras i exempelvis Polen, som är ännu mer kolberoende än Tyskland. Där finns fortfarande planer på en större CCS-anläggning vid ett landets stora kolkraftverk. Om det blir verklighet av planerna återstår att se.



### Transportsektorns stora utmaningar

Transportsektorn bidrar med en femtedel av EUs totala utsläpp av koldioxid. Till skillnad från andra sektorer, där man generellt ser en minskning av koldioxidutsläppen över tid, fortsätter utsläppen från transporter att öka. Den tunga vägtrafiken står för den allra största andelen, men även för flygtransporter och sjöfart har utsläppen ökat. Förklaringen till utsläppsökningen ligger i att såväl person- som godstransporterna inom EU blivit mer omfattande.

För att transportsektorns utsläpp ska minska har EU-kommissionen tagit fram ett antal åtgärdsplaner. Bland annat har man sett till att även flygets utsläpp omfattas av lagen om utsläppsrätter. Man har även satt upp mål och gränsvärden för utsläpp från nya bilar.

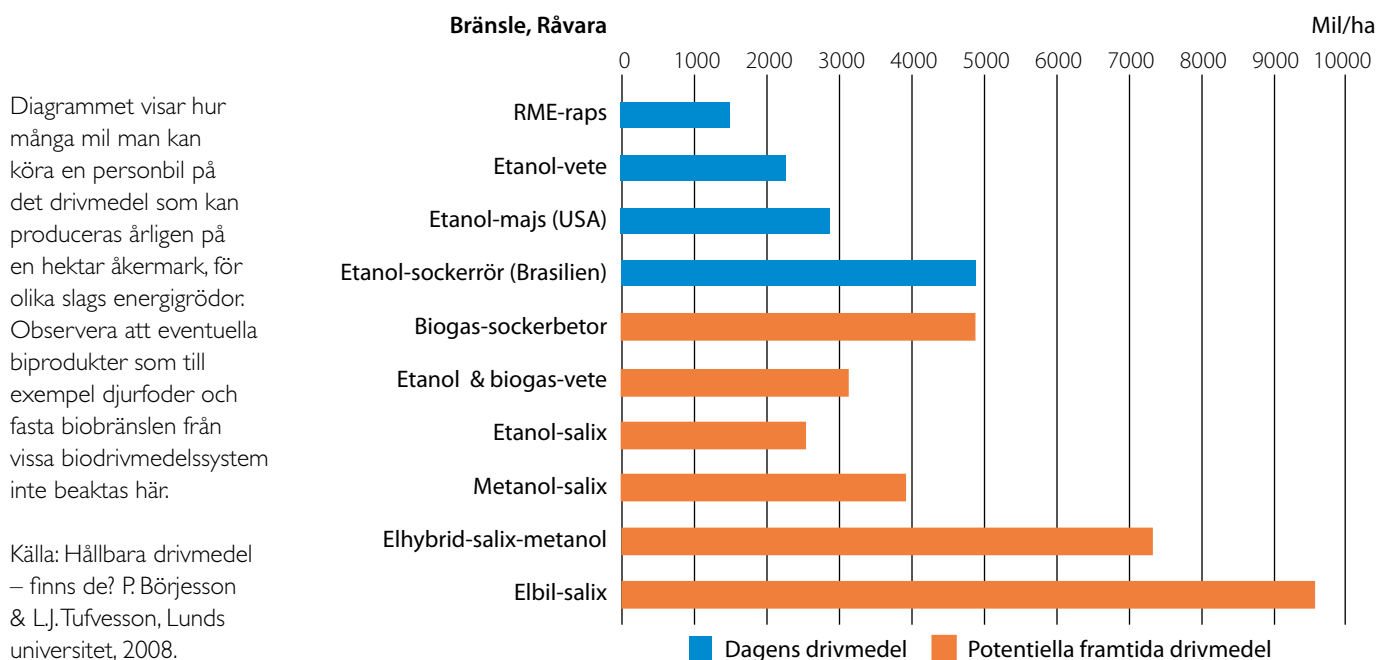
Transportsektorn är till 98 procent beroende av fossila bränslen, vilket inte bara bidrar till höga utsläpp utan även ett stort importberoende med alla osäkerheter som ligger i utvecklingen av världsmarknadspriset för råolja på toppen av detta. Därför har man inom EU satt upp mål för att öka andelen transporter som drivs med förnybara bränslen. Ett uttalat mål är att en fjärdedel av EUs bilflotta ska drivas med biobränslen till år 2030. Till år 2020 ska tio procent av det bränsle som används för transporter komma från förnybara energikällor.

Målen har i sin tur orsakat diskussion om vad som ska klassas som förnybara bränslen och hur dessa ska tas fram. För att nå de uppsatta målen är det förhållandevis stora mängder förnybara bränslen som ska tas fram under en relativt kort tid. Det kommer att kräva flera stora omställningar, något som kan betraktas som både en möjlighet och utmaning för framtiden. I detta sammanhang kom-

mer transportsektorns behov att konkurrera med behovet av att använda marken för livsmedelsproduktion eller skogsråvara.

Frågan är tämligen komplex. Om vi utgår från Sverige, så har vi i vårt land ett överskott av jordbruksmark. En alternativ användning av spannmål, som exempelvis etanolproduktion från vete, har välkomnats av företrädare för jordbrukssektorn. Men är det verkligen förnybara bränslen till transporter som ska odlas på de svenska åkermarkerna? Är inte import av etanol som kommer från sockerrörsodlingar i Brasilien ett bättre alternativ? Svaren på frågorna är inte givna. Återigen handlar det om att sätta frågorna i ett sammanhang och se till alla de aspekter som de olika alternativen genererar.

I sammanhanget talar man om den indirekta markanvändningens effekter av biobränsleproduktion. Om man blint stirrar på hur stor andel koldioxid som släpps ut från en bil som drivs av bensin och jämför det med de utsläpp som genereras om man byter ut bensinen mot etanol (gjord på spannmål eller cellulosa från skogsråvara) är utsläppsminskningen uppenbar. Etanol i stället för bensin ger i detta avseende en utsläppsminskning av växthusgaser med 20–70 procent. Sätter man bensin



## ETANOL SOM BILBRÄNSLE ÄR INGET NYTT

Etanol tillverkad från exempelvis spannmål eller cellulosa är ett förnybart bränsle. Tekniken för att driva fordon med alkoholer som till exempel etanol är känd sedan länge. Merparten av den 95-oktaniga bensin som distribueras i Sverige innehåller sedan år 2001 fem procent etanol.

Antalet fordon som drivs av så kallad E85 har ökat markant. Nettotillskottet av växthusgasen koldioxid

från bilar som körs på E85 är cirka 60–80 procent lägre än om bilen körs på bensin.

Etanol som går till drivmedel i svenska fordon produceras för närvarande framför allt av två typer av råvaror: svenskt vete och brasilianska sockerrör. Den brasilianska etanolen dominerar såväl den svenska som den globala marknaden.

## RISKER OCH MÖJLIGHETER FÖR FÖRETAG

Klimatförändringar och kraftiga väderomslag, översvämningar, orkaner och smältande havsis har blivit en verklighet att ta hänsyn till för företag runt om i världen. Förutom att det finns risker att rent fysiskt drabbas av stora oväntade kostnader på grund av naturens krafter finns en osäkerhet om hur politiker kan komma att hantera läget med lagar och förordningar. Samtidigt finns en oro över att det egna varumärket ska bli lidande om man inte klarar att vidta klimatåtgärder. Det framgår av den årliga undersökning som Carbon Disclosure Project, CDP, sedan år 2000 gör av bland annat de 500 största globala företagen, Global 500. Av undersökningarna framgår också att samtidigt som många stora företag tar klimatfrågan på allt större allvar,

så skiljer det mycket mellan företagen vilka resurser som avsätts. Organisationen drog slutsatsen av år 2008 års undersökning att företagen genom sitt engagemang blir alltmer redo att vara med och forma den politik som klimatfrågan just nu kräver:

Enligt organisationens senaste rapport, som presenterades under 2006, anser idag 87 procent att klimatförändringarna medför kommersiella risker – men också möjligheter. Till de senare hör företag som satsar på vind- och solkraft, som ökat sina marknadsandelar kraftigt under det senaste året. I USA uppskattas marknaden för "ren" energi växa från nästan 40 miljarder dollar till 167 miljarder dollar fram till 2015.

kontra etanol i ett större sammanhang, då man ser till hela livscykelns och alla externa effekter som detta har, kan bilden bli en annan. En förändrad markanvändning kan enligt vissa bedömningar bidra till att koldioxidutsläppen ökar. Förändrad markanvändning kan även påverka faktorer som den biologiska mångfalden, vattenkvalitet och utvecklingen av livsmedelspriser.

Då osäkerheten kring hur förändrad markanvändning faktiskt påverkar växthusgasutsläppen har EU-kommissionen initierat ett antal studier som ska belysa frågan och ge svar om livscykelperspektivet. Målet med studierna är att säkra att de biobränslen som används för transporter inom EU år 2020 ska bidra med en utsläppsminskning

av växthusgaser om minst 50 procent. En stor del av utmaningens lösning ligger i effektivisering av själva fordonen; att få fram bränslesnåla fordon. Läs mer om transportsektorns utmaningar och vilka initiativ som pågår för att minska utsläppen av växthusgaser i kapitel tre.

### Förnybara ambitioner

År 2003 infördes ett elcertifikatsystem i Sverige som ska ge en ökad elproduktion från förnybara energikällor. Under år 2006 fattade riksdagen beslut om att förlänga och utvidga systemet. Målet var att den förnybara elproduktionen, exklusive vattenkraft, ska motsvara ungefär 16 procent av den totala elproduktionen i Sverige år 2016. Målen

## ELCERTIFIKATSYSTEM

### Förnybar elproduktion i elcertifikatsystemet fördelad på vatten-, vind- och biokraft (exklusive torv), 2003–2010, uttryckt i TWh

År	Biobränslen	Vattenkraft	Vindkraft
2003	4,2	1,0	0,5
2004	7,7	2,0	0,9
2005	7,9	1,8	0,9
2006	8,6	2,0	1,0
2007	9,0	2,2	1,4
2008	9,6	2,6	2,0
2009	9,8	2,4	2,5
2010	11,2	2,6	3,5

Elcertifikatsystemet är uppbyggt så att producenter av förnybar el får ett elcertifikat för varje producerad MWh el. För att skapa efterfrågan på elcertifikat är det obligatoriskt för elanvändare att köpa en viss mängd elcertifikat i förhållande till sin elanvändning, den så kallade kvotplikten. I och med försäljningen av elcertifikat får producenterna en extra intäkt utöver intäkterna från elförsäljningen, vilket skapar bättre ekonomiska villkor för miljöanpassad elproduktion.

De förnybara källorna som erhåller elcertifikat är:

- vindkraft
- solenergi
- geotermisk energi
- biobränslen
- vågenergi
- vattenkraft
  - småskaliga vattenkraftanläggningar (enheter om högst 1 500 kW)
  - ökning av produktionen i befintlig vattenkraft
  - ny vattenkraft

År 2010 stod dessa energikällor för 17,3 TWh. En siffra som kan jämföras med siffror från 2003, då de förnybara energikällorna stod för 5,7 TWh av den producerade elen.

skärptes ytterligare 2009 och anpassades då till EUs så kallade "Förnybarhetsdirektiv". I och med detta fastslog regeringen att Sveriges mål är att minst 50 procent av energianvändningen år 2020

ska komma från förnybara energikällor. Systemet med elcertifikat har hittills bland annat inneburit att flera kraftbolag beslutat investera i nya vindkraftverk. Ett antal vindkraftsprojekt, såväl land- som havsbaserade, har initierats.

Även i detta sammanhang är biobränslen ett område som varit föremål för diskussion och debatt. Ska vi i Sverige använda skog och annat biobränsle som ersättning för olja, bensen och andra fossila energikällor – eller göra papper och kartong av skogen?

I vårt land är tillgången till biobränsle stor jämfört med många andra länder. Men även Sverige bedöms få problem om det är biobränsle som fullt ut ska ersätta all olja. Frågan är omtvistad bland annat efter de slutsatser som lanserades av den statliga "Kommissionen mot oljeberoendet" som presenterade sina förslag sommaren 2006. Kommissionen föreslog att en stor del av oljan ska ersättas med biobränslen.

Men förslagen har fått flera aktörer att höja sina röster i protester. Bland annat skogsindustrin, som menar att biobränsle inte kan täcka minskningen av olja, bensen och diesel. Andra tycker att målet är ett slag i luften, eftersom vi redan har blivit kvitt det mesta som gick någorlunda lätt att fasa ut. Sveriges oljeberoende är idag bara hälften så stort som för 25 år sedan.

Representanter för skogsindustrin menar att om vi gör bränsle av skogen tappar vi mycket exportinkomster från förädlade skogsprodukter, som papper och kartong – ett område där Sverige har en stor roll som världsmarknadsaktör. Ur ett nationalekonomiskt perspektiv är det fem till tio gånger bättre att göra kvalificerade produkter som papper och kartong istället för att ersätta oljan.

Ytterligare ett perspektiv på frågan om skogsråvaran inte är bättre använd som kartong, är hur detta i sin tur kan bidra till bättre hållbarhet i livsmedel, vilket i sin tur minskar andelen mat som måste kasseras. Detta innebär vidare att utsläppen av koldioxid i samband med odling och frakt av livsmedel minskar. Orsakssambanden är komplexa. Åter behöver frågan belysas i ett livscykelperspektiv där alla aspekter vägs in för att ge svaren på vad som är mest fördelaktigt.

Från flera håll finns dock en stor optimism och höga förväntningar på bioenergi. Då man ser detta som lösning till klimatproblemet för tryggad



energiförsörjning och som blivande ryggrad i en ny svensk exportindustri.

Oomtvistat i frågan om bioenergin är att konkurrensen om råvaran hårdnar. Idag står skogen och jordbruket för en fjärdedel av Sveriges energi och är därmed landets tredje största energikälla. Det finns de som tror att det finns goda förutsättningar att öka dess andel. Dels kan det ske genom ett större uttag av skogens restprodukter, dels genom en intensivare odling. Sveaskog – Sveriges största skogsägare – hävdar att vi med relativt enkla medel kan få ut 20 procent mer bioenergi från skogen. Och de tror även att vi på lång sikt (mer än 50 år) skulle kunna öka tillväxten av biobränsle med 50 procent med helt nya metoder, genom modifiering och gödning.

Ett problem är att ledtiderna är långa. Det som planteras i dag kommer inte ut på marknaden på många år. Och det är inte lite som behövs. Om alla drivmedel och hela kärnkraftens elproduktion ska ersättas handlar det om 500 TWh per år, vilket är fem gånger mer än dagens användning och flera gånger mer än biobränsletillgången i Sverige. Och vad ska energin från biobränslena användas till? Ska vi bränna för att få värme eller destillera för att skapa drivmedel? Eller är det rent av så att biomassa främst ska användas till att göra papper och kartong? Svaret är inte givet. Det som avgör är vilket problem vi vill lösa. Eller vad marknaden är beredd att betala mest för.

Prioriterar vi klimatfrågan är det värme- och kraftvärmeproduktion som först ska få tillgång till biomassan. Effektiviteten är överlägsen, både när det gäller att få ut energi och att minska koldioxidutsläppen. Om däremot försörjningstrygghet för transportsektorn är viktigast bör större delen gå till drivmedelsframställning. Är det en avveckling av kärnkraft som vi i första hand vill uppnå är det en biobaserad elproduktion som bör prioriteras. Om vi ser till inkomster och sysselsättning bör pappersproduktionen främjas. Uppenbart är att våra resurser från skog och jord inte räcker för allt detta samtidigt.

Oavsett hur mycket biobränsle som kan produceras kommer ekvationen aldrig att gå ihop om energianvändningen inte effektiviseras. Åren 2006–2010 var den årliga tillväxten av all svensk skog 117 miljoner skogskubikmeter per år och det motsvarar cirka 450 TWh. Men all den skog

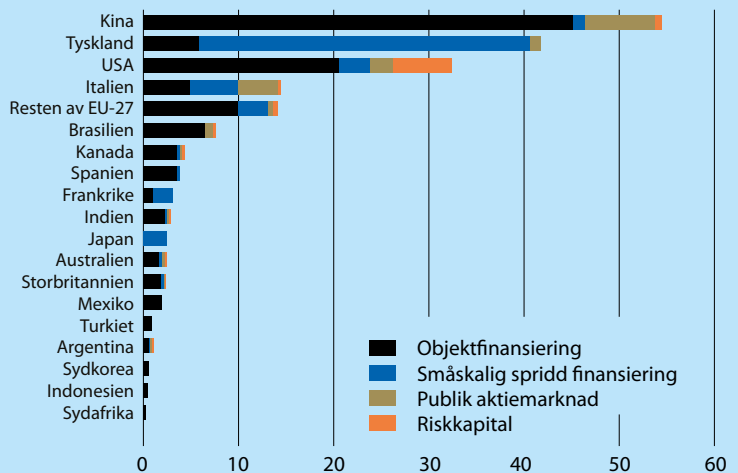


## VISSTE DU ATT...

Om biobränsle ska kunna ersätta hela världens användning av olja skulle det krävas bioenergiplantager på en yta som är fem gånger hela Europas jordbruksmark.

## LÄNDER SOM SATSAR PÅ FÖRNYBART

Investeringar efter land och typ av finansiering, 2010 (miljarder dollar)



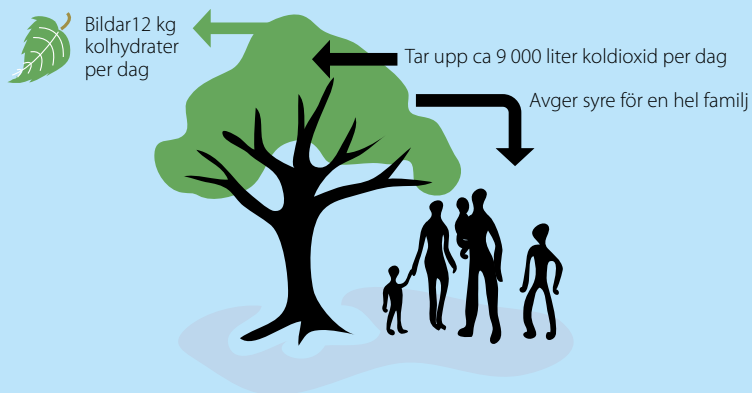
Kina investerar stort i energiteknik med låga koldioxidutsläpp. Enligt amerikanska organisationen PEW Environment Group intog Kina år 2010 första platsen över de länder som gör störst investeringar i teknik för förnybara energikällor. Speciellt stora är satsningarna på vindkraft. Även USA investerar stort i vindkraft.

I Tyskland, Spanien och Italien investeras stora belopp i solkraftsanläggningar.

## KAMP OM RÅVARAN

Att producera biomassa för energiproduktion är inte oproblematiskt. Om mark och råvaror används till energiproduktion minskar tillgången av mark och råvara för pappers- och massaproduktion samt produktion av mat. Ett exempel är att ökad efterfrågan på majs för etanolproduktion, en utveckling som drivits på av majsproducenter i USA, inneburit en brist på majs för matproduktion. Ansträngningar görs för att minska konflikten mellan användningsområdena för samma råvara, till exempel genom att använda sädeskornen till mat och halmen till bränsle – det vill säga olika delar av samma skörd.

## LIVGIVANDE TRÄD



Ett stort träd har cirka 200 000 löv och väger tiotals ton. Av den vikten är bara 100–150 gram klorofyll. Den lilla mängden fångar ändå in så mycket solenergi att det bildas cirka tolv kilo kolhydrater varje dag. Enligt konsortiet för artificiell fotosyntes i Uppsala skapar dessutom trädet tillräckligt med livgivande syre för en familj om fem personer. En solig dag tas cirka 9 400 liter koldioxid till vara, och lika mycket syre skapas. Nattetid dominerar den motsatta processen, respiration, då koldioxid i stället avges.

som växer i Sverige är inte att betrakta som energiråvara utan ska ju användas till sågvirke, pappersmassa, papper och kartong. Ett stort uttag av biobränsle ur skogen kommer också i konflikt med andra miljömål som bevarande av biologisk mångfald och skydd för olika typer av miljöer.

Biomassa har dessutom gått från att vara en produkt för en lokal marknad till att bli en allt viktigare handelsvara globalt. Sverige importerar massaved, pellets och etanol i stora mängder.

Bioplantager i tropiska områden kan trots det långa avståndet till den europeiska marknaden bli attraktiva. Särskilt bedöms Sydamerika och Afrika som intressanta regioner för att exportera biobränslen till Sverige och övriga Europa. En klar möjlighet för dessa länder är deras effektiva produktion av etanol från sockerrör som kan säljas på världsmarknaden. Förespråkarna säger att kostnaden för de långa transportererna inte är något stort hinder, att det kostar lika mycket att köra en lastbil 20 mil från Norrlands inland och ut till kusten som att skicka en båtlast 1 000 mil. En del kritiker hävdar att miljövinsterna äts upp av de dieseldrivna transportererna.

## KOLSÄNKAN

En kolsänka är den process eller del i biosfären, ekosystemet eller jordskorpan som binder kol ur atmosfären och samlar detta långvarigt (mer än ett år). En kolsänka minskar alltså mängden koldioxid i atmosfären och dämpar växthuseffekten. Skogen tar upp koldioxid genom fotosyntes och ger ifrån sig koldioxid genom respiration. Nettoupptaget av koldioxid i svensk skog beräknas till en fjärdedel av totalutsläppen.

Upptaget av kol och kolförråden i skog och mark är en naturlig del av kretsloppet. Att skog och mark lagrar atmosfäriskt koldioxid är sålunda gammal kunskap. Genom avverkningar har människan länge frigjort stora mängder markbundet kol och därigenom bidragit till den ökade koldioxidhalten i atmosfären. Avverkningen innebär också att kapaciteten för skogens koldioxidupptag minskar. Omvänt innebär skogsplantage att kolförrådets omfattning ökar och koldioxidkoncentrationen i atmosfären minskar.

Ända sedan toppmötet i Kyoto år 1997 har de förhandlande länderna diskuterat i vilken utsträckning som kolupptaget i markbundna ekosystem ska få räknas av mot de utsläppstak som finns inskrivna i Kyotoprotokollet. En stor politisk oenighet har präglat förhandlingarna då betänkligheterna är flera. En viktig fråga är om lagring av atmosfäriskt koldioxid i växande biomassa är en rättvis och långsiktigt hållbar klimatstrategi, i stället för att minska utsläppen av växthusgaserna från energi- och transportsektorn. Idag har vi ändå kommit dithän att omfattande rapporteringssystem för kolupptag i skog och mark är en central del av den internationella klimatpolitiken.

En annan aspekt är att bioplantager i regel är monokulturer som skiljer sig avsevärt från den stora biologiska mångfald som ryms i regnskogarna. Stora nya uppodlade ytor kommer att inverka negativt på den biologiska mångfalden. Det är svårt att uppskatta kostnaderna för en minskad mångfald i relation till vinsterna av ökad energi från odlad biomassa. Frågan är om det överhuvudtaget är

möjligt att relatera det ena till det andra i form av vinster och förluster.

Det finns risker med att förlita sig på import. Allt fler länder ser bioenergi som ett viktigt verktyg för att hantera klimat- och försörjningsproblem. Speciellt när det läggs avgifter på produktion som bidragit till utsläpp av växthusgaser. Risken är därmed stor att priset på biomassa stiger kraftigt. Dessutom kan transportsektorn bli en flaskhals. Att transportera biomassa innebär så stora volymer att det inte finns fraktfartyg så det räcker.

Ändå är de flesta överens om skogens betydelse för klimatpolitiken. Och då handlar det inte bara om bränsle för värme och drivmedel. Därtill kommer trädens förmåga att fånga koldioxid och därigenom bidra som så kallad kolsänka (se faktaruta).

### **El på en gemensam marknad**

Numera är en mängd samhällsfunktioner mer eller mindre beroende av tillgången till el. För exempelvis processindustrin är elektricitet är både nödvändigt och kritiskt, både i Sverige och i andra länder. Och som vi sett tidigare använder även bostadssektorn stora mängder el och allt fler av våra vardagsnära sysslor kopplas till användning av eldrivna produkter (datorer, TV-apparater, laddning av mobiltelefoner etc.) Vi har också blivit allt mer sårbara för elavbrott och ett längre elavbrott kan bli kritiskt på flera sätt.

Mer el behövs på många håll och många beslut som rör el är politiska. Den 1 januari 1996 förändrades exempelvis den svenska elmarknaden. Konkurrens infördes i handel och produktion av el, medan nätverksamhet fortfarande är ett reglerat monopol. Man skiljer därför mellan elleverantör och elnätoperatör. Alla elleverantörer, vare sig dessa är producenter med egna kraftverk eller enbart handlare som köper och säljer el, har rätt att transportera sin el på vilket nät som helst och sälja till vilken kund som helst. Därmed kan kunderna välja den elleverantör de önskar. Övriga länder i Norden har infört liknande system och det har skapat en nordisk elmarknad – Nord Pool. Där organiseras en dygnsmarknad för handel med el, den så kallade spotmarknaden. På spotmarknaden fastställs elpriset timme för timme för nästkommande dygn genom att olika aktörer lämnar bud på köp och försäljning av el, som på en auktion.

Övriga EU-länder har infört liknande förändringar på sina elmarknader och planen är att det inom EU med tiden ska vara en gemensam och harmoniserad elmarknad. Viktigast för att upprätta en europeisk inre marknad för el är att det ska vara lika lätt att handla med el mellan länder som inom ett land.

De senaste årens prisutveckling på den svenska och nordiska elmarknaden har skapat en diskussion om hur väl elmarknaden fungerar. Bland annat har lönsamheten bland elmarknadens aktörer och effektiviteten i prisbildningen ifrågasatts.

### **Långa ledningar och smarta nät**

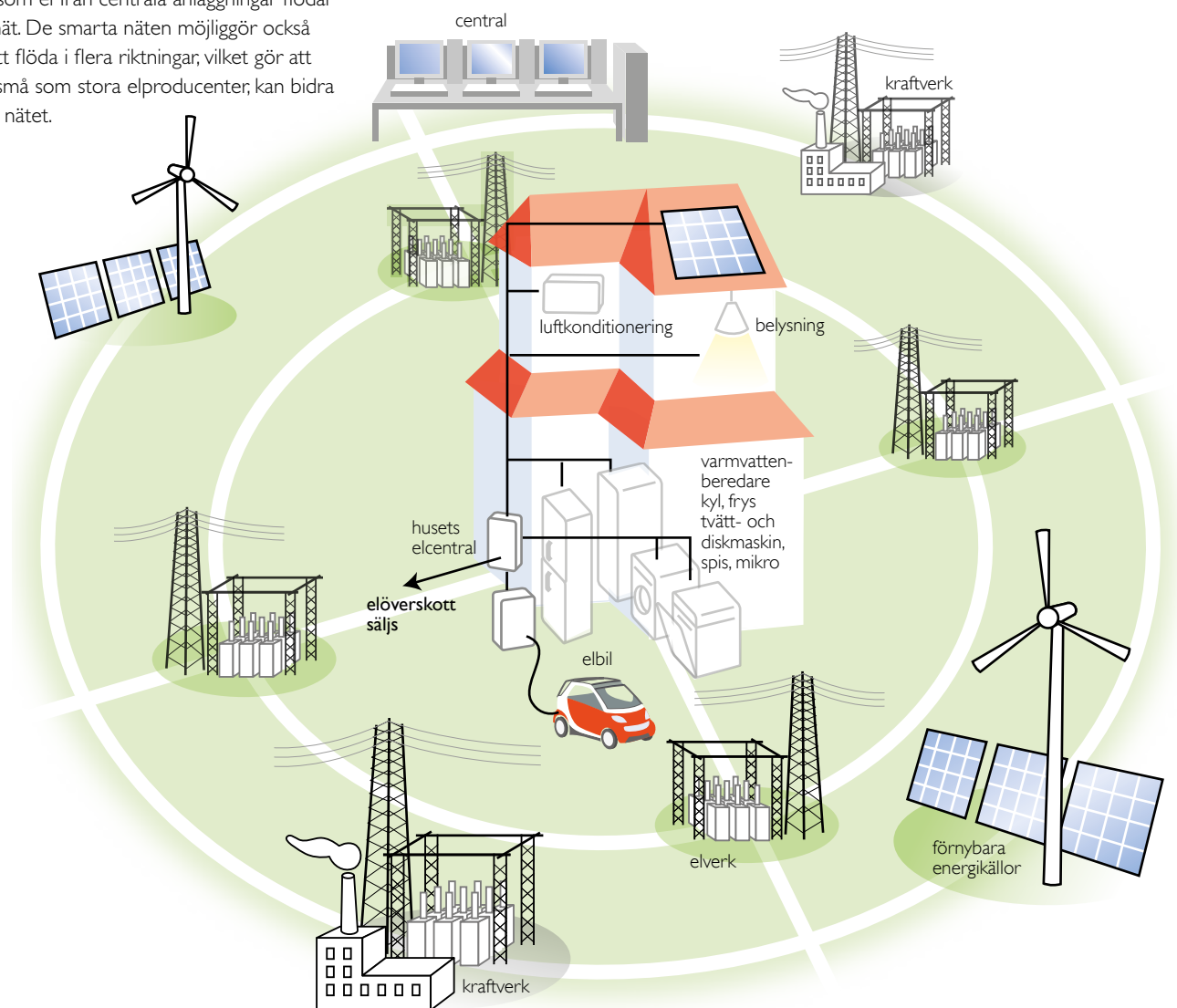
Många anser att vi i Sverige och Norden i övrigt är lyckligt lottade som har en så pass väl utbyggd infrastruktur för transport av elektricitet. Sveriges elnät består av ett väl utvecklat system av ledningar som tillsammans har en längd av 48 200 mil (en sträcka som motsvarar 13,2 varv runt jorden). Nätet är uppdelat på stamnät, regionnät och lokalnät. I stamnätet transporteras el långa sträckor med en spänning på 400 kV. Via transformatorstationer transformeras elen till regionnäten där spänningen ligger mellan 130 och 20 kV. Vidare ut i lokalnäten transformeras spänningen successivt ned till 230 V, vilket är den spänning som är anpassad för hushållens elbehov.

Elen i kraftledningarna produceras huvudsakligen i stora vatten- och kärnkraftsanläggningar och går i det nät vi har idag enbart från producent till konsument.

För att möta målen om den ökade andelen el från förnybara energikällor behövs en annan typ av elnät; ett elnät som möjliggör energikällor med varierande elproduktion både i fråga om mängd el som produceras och med vilka tidsintervall elen produceras. Exempelvis är vindkraftverkens elproduktion ojämn och beroende av när det blåser och solkraftsanläggningar beroende av att solen lyser.

Inför framtidens behov utvecklas nu ”smarta nät” (även kallade smart grids). Denna nya typ av nät gör det möjligt att koppla på mindre lokala anläggningar för elproduktion samtidigt som el från centrala anläggningar flödar i samma nät. De smarta näten gör det också möjligt för elen att flöda i flera riktningar, vilket gör att alla, såväl små som stora elproducenter, kan bidra med el till nätet. De nya näten skapar också nya förhållanden mellan produktion och konsumtion då driften av elproduktion

I framtidens smarta nät blir det möjligt att koppla på mindre lokala anläggningar för elproduktion samtidigt som el från centrala anläggningar flödar i samma nät. De smarta näten möjliggör också för elen att flöda i flera riktningar; vilket gör att alla, såväl små som stora elproducenter, kan bidra med el till nätet.



kommer att bli allt mer realtidsanpassad. Det kommer i sin tur kräva att det utvecklas smarta elmätare hos konsumenterna och smarta styrsystem hos industrin. Mer om detta i nästa kapitel.

Ett av problemen som behöver mötas för att smarta elnät ska fungera fullt ut är behoven av energilagring från de källor vars elproduktion vi kan styra (vinden som blåser och solen som flödar). Eftersom elbehovet varierar under dagen, och ökade behov av el kan uppstå även när det inte blåser eller

när solen är i moln, behöver vi hitta sätt att lagra energin även från de källor vi inte kan styra. Detta för att det smarta nätet ska fungera stabilt, både för stora spänningsvariationer och i fråga om kapacitet. Mer detaljer om hur vi i framtiden kan hitta lösningar för att lagra el kan du läsa om i nästa kapitel.

Utvecklingen av smarta nät är ännu så länge i sin linda, men förhoppningen att de ska bidra till mer dynamisk elproduktion baserad på en allt större andel el från förnybara energikällor är stora.

## På gång: NORRA DJURGÅRDSSTADEN

I Stockholm pågår etableringen av ett nytt bostadsområde i området kring Värtahamnen och Frihamnen, den så kallade Norra Djurgårdsstaden.

I området planeras 10 000 nya bostäder och 30 000 nya arbetsplatser. De första 700 lägenheterna väntas stå klara under 2012 och byggproduktionen förväntas pågå åtminstone till år 2025. Norra Djurgårdsstaden är därmed ett av Europas största stadsutvecklingsområden.

Målet är att området ska bli en hållbar stadsdel som ligger i framkant inom klimat-, miljöteknik och hållbar utveckling. Som en del i detta samarbetar aktörer som Fortum och ABB för att smarta nät ska bli en

del av energisystemet i stadsdelen. En målsättning är att 30 procent av hushållselen ska produceras lokalt. Solceller och vindkraft ska bidra till elförsörjningen. Det smarta elnätet och smarta elmätare i hushållen ska bidra till att göra det möjligt. Ett annat syfte med projektet är att öka konsumenternas medverkan på energimarknaden.

Projektet är ett av de 16 projekt världen över som ingår i Climate Positive Development Program som initierats av the Clinton Foundation, vars syfte är att visa vägen till en miljövänlig stadsutveckling.

Källa: <http://www.clintonfoundation.org/what-we-do/clinton-climate-initiative/cities/climate-positive>

## På gång: GOTLAND – TESTGRUND FÖR SMARTA NÄT

På Gotland testar man att införa smarta elnät i ett samarbetsprojekt mellan ABB, Vattenfall, Gotlands Energi och KTH. Tanken är att projektet ska starta under 2012.

Det finns flera goda skäl till att man valt just Gotland som testplats. Gotlands elnät är förbundet med fastlandets elnät i en ledning med högspänd

likström. På ön finns även ledningar med högspänd likström från öns södra del till det tätbebyggda Visbyområdet. Gotland har även flera mindre vindkraftverk och några större vindkraftsparker. Totalt finns över 150 vindkraftverk på ön. Allt sammantaget gör att Gotland utgör en perfekt testgrund för att hur man kan säkra ett stabilt elnät där små producenter kan leverera el till det fasta elnätet.



# Hur möter vi framtiden?

## Frågor att fundera över:

- Är det små, successiva och outtröttliga steg hos var och en av oss, eller nya storskaliga lösningar som kommer att vara avgörande för den framtida utvecklingen?
- Tror du att det går att enas om när, hur och med vad man ska ersätta ändliga energikällor med långsiktigt hållbara?
- Är det utvecklingsländernas kraftigt ökande energibehov som kommer att vara drivkraften för utvecklingen av nya tekniker och innovationer?
- Vilken eller vilka produktionstekniker tror du kommer dominera energisystemet om 50 eller 100 år?

# UPPDRAG FRAMTID

## – utmaningar och möjligheter

Året är 2050, och oj, vad vi har blivit effektiva! I Sverige använder vi inte längre några fossila bränslen för att värma hus och lokaler eller för att hålla industrin igång. Våra transporter har effektiviserats ordentligt och andelen fossila bränslen har minskat rejält.



Men vad använder vi då? Jo, en mångfald av olika små och stora system för energiförsörjning har växt fram. Vi använder den mest lämpade tekniken och den bäst lämpade energikällan i alla sammanhang och i alla avseenden.

Numera behövs nästan ingen energi för att hålla våra hus varma. Även för att kyla och ventilerast fastigheter behövs minimalt med energi. Våra hushållsapparater har blivit oerhört energieffektiva. Vi transporterar oss från ett ställe till ett annat med väsentligt mindre energi än vad vi behövde för 50 år sedan.

Varje gång vi ska ta ställning i energifrågor så har vi bra metoder för att värdera all påverkan som varje enskild lösning kan innebära. Vi kan värdera och sätta ett pris på det mesta, så att en livscykelanalys verkligen ger svar på vad som är bäst för oss människor och vår natur. Över hela världen samverkar vi för att minska belastningen från våra industrier och vår livsstil i övrigt. Trots att detta har inneburit stora förändringar i våra liv, om man blickar ett par generationer tillbaka, så fortsätter ekonomi och marknader att växa och utvecklas.

### Aspekter på energi

Förverkligandet av scenariot för 40 år framåt i tiden bygger på ett antal faktorer som framgångar inom forskning och teknikutveckling, beslut tagna av politiker, företagsledare, organisationer och enskilda individer i såväl vårt land som världen över.

Energifrågor kan belysas ur ett antal perspektiv. Ett perspektiv utgår från produktion av el och värme, där kol-, naturgas-, kärn-, biobränslen och vattenkraft idag är de dominerande källorna. Om vi vill minska riskerna för klimatförändringar måste vi avveckla de nuvarande kol- och naturgaskraftverken eller se till att vi fångar och binder utsläppen av koldioxid vid källan. Men vad ska vi ersätta de fossileldade kraftverken med? Förslagen är många, men oenigheten är stor. Många anser att det går alldeles för långsamt att utveckla alternativen, att vi låst oss både i fråga om tanke och teknisk utveckling. Andra menar att omställningen måste få ta betydande tid för att inte orsaka stora störningar i samhällssystemen.

Ett annat perspektiv på energifrågan är drivmedel. Om oljepriserna fortsätter att stiga, och oljetillgången inte kan möta efterfrågan, vad ska vi då ersätta oljan med?

Om vi år 2050 tittar i backspegeln kan vi sannolikt se hur vi lämnade olja som främsta energikälla för att driva landets värmeanläggningar. Oljekriser och politiska beslut har bidragit till förändringar. Redan på 2010-talet var oljan ersatt för värmeproduktion och biobränslen kom successivt att bli den dominerande energikällan för fjärrvärmerna. Att det skulle bli så kunde vi inte ana för 40 år sedan.

Om vi nu utgår från idag, och tittar framåt, vet vi att olja måste ersättas som främsta energikälla för drivmedel. Flera olika alternativ för att driva



fordon är under utveckling. Vissa växer sig snabbt starka, medan andra, som först verkade ha god potential, försvinner från marknaden. Vi kan gissa och ana vad framtiden kommer att erbjuda men vi vet inte med säkerhet.

Ett ytterligare perspektiv handlar om hur vi ska förhålla oss till individens åsikter och önskemål om bekvämlighet kontra samhällets bästa. Det är en generell fråga, oavsett om det gäller olika personers förkärlek till eller motstånd mot sådant som kärnkraft, flygtrafik, vatten- och vindkraftverk, koldioxidutsläpp och klimatkussioner. Det är också en fråga om demokrati, utveckling för hela jordens folk och rätten till naturresurser på lika villkor över hela planeten.

Framtidens utmaningar kan också ses som drivkrafter för utveckling. Dessa drivkrafter kan speglas ur flera olika perspektiv, till exempel *hållbarhetsperspektivet*, med fokus på hur vi minskar vår påverkan på klimat och miljö. Drivkraften kan också ses ur *sårbarhetsperspektivet*, med fokus på säkerhetspolitik och energiförsörjning i relation till de fossila resursernas ändlighet eller *tillväxtperspektivet* och de drivkrafter som ligger i utvecklingsländernas färd mot ett ökat välbefinnande.

### Scenarier för framtiden

Många skulle vilja kunna blicka in i kristallkulan och få svaren om vilken som är den rätta vägen framåt i det vägskalet vi står vid idag. Det gäller inte minst då vi behöver besluta om hur mycket som ska investeras i att rusta och utveckla befintlig teknik och hur mycket som ska gå till innovationer och ny teknik. Många av de beslut vi fattar idag får stora konsekvenser för vilken teknik och vilka lösningar vi kommer att se i framtiden.

Storskaliga och effektiva energilösningar kräver i regel robusta infrastrukturlösningar, vilket i sin tur kräver stora investeringar. Livslängden för dessa lösningar (anläggningar) kan variera (se faktaruta) men ofta handlar det om att investera i en infrastruktur som man räknar med ska hålla i flera decennier eller längre än så.

Vid 1900-talets början inleddes en era av satsningar för svensk vattenkraft. Det rörde sig om gigantiska infrastrukturlösningar både för att bygga anläggningar och för att utveckla elnäten och de övriga systemlösningar som kopplades till anlägg-

## På gång: KRAFTVERK I AMAZONAS

I en biflod till Amazonas planerar Brasilien att bygga världens tredje största vattenkraftverk. Det är ett jättelikt dammprojekt med en installerad kapacitet på 11 000 MW. Planerna på detta kraftverk började redan 1975 men har gått i stå flera gånger. Bland annat har motståndet från lokalbefolkningen varit starkt. Under 2010 beviljade dock de brasilianska myndighe-

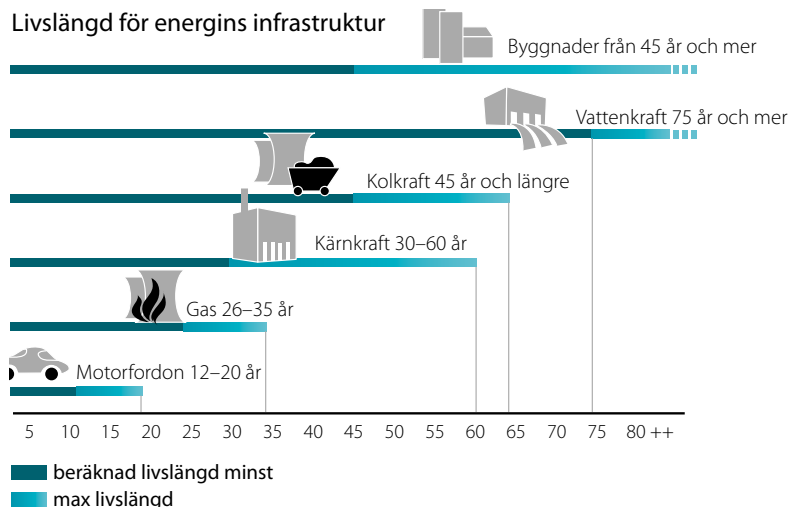
terna tillståndet till dammen. I samband med beslutet lovade myndigheterna att avsätta stora summor för att ingreppen i miljön skulle bli så små som möjligt. Men motståndet är fortsatt starkt och många har slutit upp i de lokala indianstammarnas kamp, då anläggningen uppskattas få stora konsekvenser för lokalbefolkningens sätt att leva, bedriva jakt och fiske.

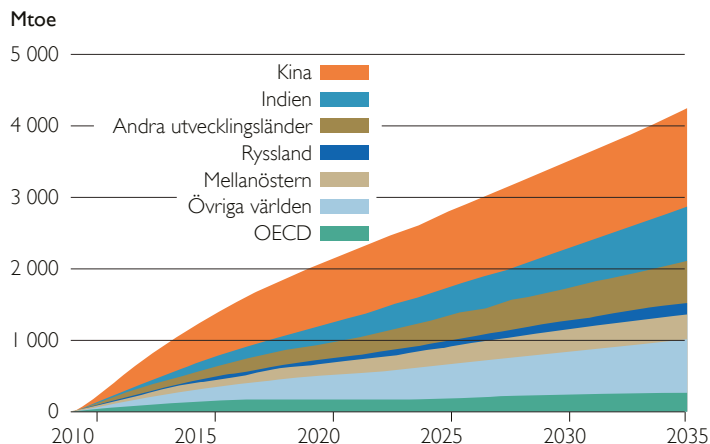
## IEA SPÅR FRAMTIDEN

International Energy Agency (IEA) pekar i sin rapport World Energy Outlook 2011 på ett antal trender som enligt IEA pekar i en riktning som ger anledning till oro. Dessa är:

- de senaste årens rekordhöga utsläpp av koldioxid, trots världssamfundets försök att åstadkomma en motsatt trend
- att en trend är bruten för den globala ekonomins energieffektivitet – efter ett par decennier av nedåttekande kurvor har energigtätheten per producerad enhet ökat
- att allt fler importerar allt mer olja – utgifterna för länders oljeimport är nästan rekordhöga.

### Livslängd för energins infrastruktur





## ÖKAD ANDEL BIOENERGI

I Sverige pågår en mängd projekt inom bioenergi. Flera kommunala kraftvärmeverk bygger anläggningar för förgasning av biomassa. I Sverige ökade energitillförseln från bioenergi med 21 TWh under perioden 2008 till 2010. Ökningen kan delvis förklaras med ett ökat värmebehov efter den kalla vintern 2011 och en ökad efterfrågan från industrin, som återhämtat sig från den ekonomiska krisen 2008.

IEA menar att det under de kommande 20 åren är länderna utanför OECD som kommer att stå för merparten av den ökade energi-användningen. Enligt IEA kommer Kina och Indien tillsammans att stå för 50 procent av den ökade energi-användningen under perioden 2010 till 2035.

ningarna. I stort utgör dessa första infrastruktur-lösningar fortfarande grunden för vår vattenkraft som den ser ut 100 år senare. Det samma gäller för de stora vattenkraft- och kolkraftsanläggningar som nu byggs i länder som Kina, Indien och Brasilien, där anläggningarna ska svara mot dagens behov, samtidigt som de är tänkta att hålla för och även täcka behoven för länder i snabb tillväxt under lång tid framöver.

Investeringarna i infrastruktur bygger på ställningstaganden utifrån en mängd olika kriterier. Sett i retrospektiv har flera av investeringarna varit just investeringar, men vi kan också konstatera att vissa satsningar inte gett utdelning utan blivit kostsamma och ineffektiva. Exempelvis ansågs 1960- och 1970-talets miljonprogram vara en stor investering då det begav sig. Idag behövs nya, stora investeringar för att åtgärda bristerna i bland annat energieffektivitet som är inbyggda i denna bostadslösning.

Det svenska miljonprogrammet är långt ifrån det enda som kräver investeringar för att möta framtidens behov av energieffektiva lösningar. I slutet av 2011 samlades EUs energiministrar i ett rådsmöte för att enas om behoven av investeringar i Europeisk infrastruktur för energi. Vid mötet diskuterades EU-kommissionens förslag om att investera 200 miljarder euro i ökade satsningar på energiinfrastruktur, något som kommissionen anser nödvändigt om EU ska nå de uppsatta energi- och klimatmålen.

Många av de infrastruktursatsningar som diskuteras idag handlar om att minska utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser. Men för att

framtidens infrastruktursatsningar ska bli rätt i sin helhet, inte bara utifrån behoven av att minska växthusgaserna, behövs helhetssyn. Lösningarna för den framtid som vi ännu vet så lite om behöver spänna över alla discipliner, nationsgränser, politiska övertygelser och ideologier. Utmaningarna är många, möjligheterna är stora. Det handlar om allt från innovationer i fråga om ny teknik och nya systemlösningar, stor- och småskaliga lösningar, långsiktiga investeringar för att möta kortsiktiga behov och vice versa.

Bland dem som jobbar med att göra scenarier för framtiden finns International Energy Agency (IEA), som presenterar analyser och trendspaningar om världens energibehov. I den årliga rapporten World Energy Outlook (WEO) beskriver de energiläget i relation till utvecklingen inom energisäkerhet, miljöskydd och ekonomi (se mer i faktarutan på sid 65).

Petroleumföretaget BP är ytterligare en aktör som jobbar med scenarier för framtiden. I sin rapport "Energy Outlook 2030" delar de med sig av sin utblick mot framtiden. Enligt BP kommer världens samlade energibehov att öka med cirka 30 procent under perioden 2010 till 2030. Kinas och Indiens andel kommer att öka kraftigt, från att stå för elva procent av energianvändningen 2010 uppskattas dessa nationer stå för 34 procent 2030 (vilket är något lägre än IEAs uppskattning). BP bedömer att den årliga tillväxten för förnybar energi (biobränslen inkluderat) kommer att ligga på åtta procent. De uppskattar också att oljan kommer att dominera som transportbränsle även år 2030, då oljan väntas stå för 87 procent av transportbränslet.

## SVERIGES FRAMTIDA ENERGIFÖRSÖRJNING

Sett till alla de utmaningar Sverige och världen står inför handlar det om stora förändringar i energiförsörjningen. Trycket på att öka användningen av bioenergi är stort, men det är osäkert hur mycket dagens globala produktion av biobränslen kan öka. Olika kalkyler och prognoser pekar på att det finns en god potential för att öka andelen bioenergi. I kalkylerna behöver faktorer som påfrestringar på ekosystemen och konkurrensen om mark för livsmedelsförsörjning vägas in. Sverige har god potential att öka uttaget av bioenergi tack vare att vi har mycket skog och åkermark. Idag bidrar bioenergi till nära en femtedel av den totala energitillförseln.

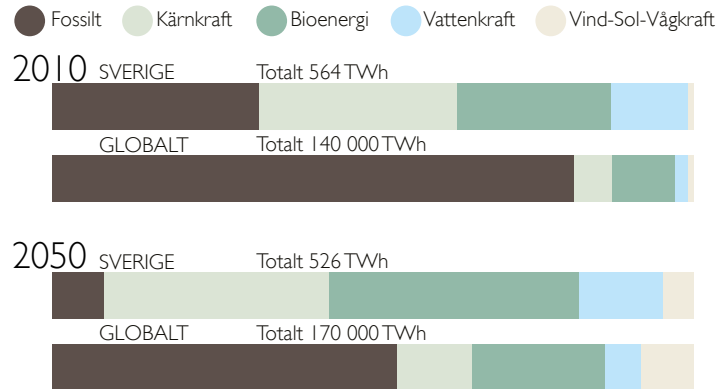
Kungl. Vetenskapsakademien, KVA, har presenterat ett scenario för energiläget i Sverige fram till år 2050. Scenariot utgår från att den svenska befolkningen ökar till tio miljoner, att tillräckligt med basenergi finns tillgänglig för industriell utveckling, att välfärden utvecklas vidare samt att en betydande effektivisering av energitillförsel och energianvändning genomförs, bland annat genom ökad användning av el. Totalt kan energianvändningen minska under de 40 åren fram till år 2050. Huvuddelen av effektiviseringen kan åstadkommas inom transportsektorn och bostads- och service-sektorerna, framförallt genom övergång till elfordon, byggande av passivhus och ombyggnad av befintliga bostäder. Målet har varit att reducera den fossila energitillförseln som därmed minskar med 75 procent fram till år 2050, så att den då utgör endast åtta procent av den totala energitillförseln.

För svensk del ter sig bioenergi som det mest attraktiva alternativet när det gäller omställningen från den kvarvarande fossila energin. Trots att primära jordbruksprodukter uteslutande bör användas för livsmedelsproduktion och att skogsråvara i första hand bör användas för industrins behov finns ändå, genom bland annat bättre utnyttjande av avverkningsresterna, en ökningspotential på upp till 50 procent mer bioenergi (inklusive organiskt avfall och torv). Utgångspunkten för KVAs resonemang är att tillväxten av den svenska skogen kommer att öka genom tillväxthöjande åtgärder och att avverkningen även fortsättningsvis är mindre än tillväxten, så att svensk skog kan fortsätta att vara en kolsänka (läs mer om kolsänka i kapitel 2).

## Storskalig infrastruktur med småskaliga lösningar

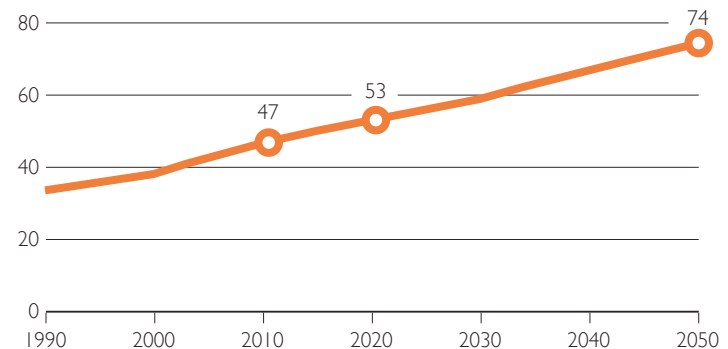
Utvecklingen av de smarta näten (läs mer i föregående kapitel) kommer på flera sätt att förändra energiförsörjningen då dessa öppnar upp för småskaliga lösningar i det storskaliga nätet. De nya, smarta elnäten kommer att göra det möjligt att integrera utsläppsfria energikällor som vind-, våg- och sol-

### Primärenergitillförsel år 2010 och år 2050

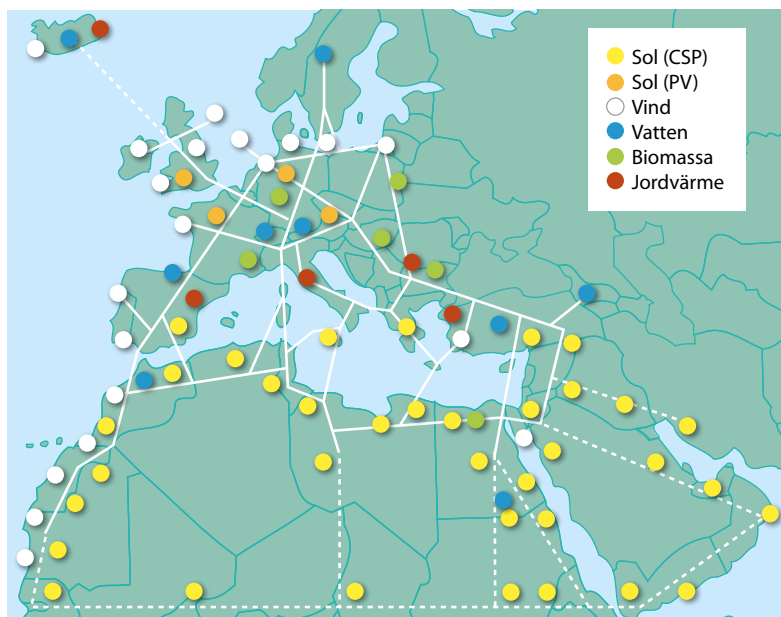


### Sveriges totala andel förnybar energianvändning

1990–2010 och år 2050, procent



Om man tillämpar EUs definition för hur andelen förnybar energi ska beräknas, förväntas andelen förnybart öka från dagens 47 procent till hela 74 procent år 2050. Enligt EUs direktiv ska producerad nettoenergi i elvärmepumpar inkluderas i statistiken över förnybar energi. I Energimyndighetens svenska statistik är denna inte medräknad trots att elvärmepumparna idag bidrar med 10 TWh (exklusive fjärrvärmens värmepumpar). År 2050 beräknas de bidra med 30 TWh förnybar energi. Globalt är dock den totala mängden biobränslen begränsad. Olika beräkningar visar att biobränslen i framtiden skulle kunna stå för cirka 20 procent av Sveriges energibehov.



Stiftelsen DESERTEC jobbar för att utveckla ett omfattande elkraftnät som utgår från de platser i världen där förnybara energikällor är mest förekommande. Alla typer av förnybara energikällor är tänkta att användas i DESERTEC-konceptet, men speciellt fokus ägnas åt solenergi från Saharas ökenområden. Genom att nyttja solenergi i form av så kallad CSP-teknik och HVDC-teknik för kraftöverföring ser man möjligheter att använda energin i solen som flödar i över dessa områden.

energi som komplement till basproduktionen av elektricitet i de stora vatten-, kärn- och kolkrafts-anläggningarna. De smarta nätens möjlighet att ”dubbelrikta” flödet av energi möjliggör också för alla som har en mindre anläggning, till exempel solceller på villataken, att bidra med el till nätet.

Med detta öppnas också en ny marknad där elkonsumenten blir en allt mer aktiv deltagare i energisystemet. Detta kräver i sin tur mer än bara smarta elnät. Ett antal it-lösningar krävs också för att systemet ska fungera optimalt. Framtidens elmätare är ytterligare en av pusselbitarna som gör det möjligt för den enskilda elkonsumenten att både se och påverka sin elförbrukning.

Kanhända ser många framför sig att smarta elmätare ska fungera för att sätta igång kaffebrickan, så att kaffet är klart lagom till du kliver innanför dörren, eller andra hushållsrelaterade fiffigheter. Men framtidens smarta elmätare är tänkt att ha ett bredare användningsområde. Det handlar mer om att elmätaren informerar konsumenteten om var

## ! VISSTE DU ATT...

En idé för framtiden är att använda den solenergi som flödar över Sahara och ta tillvara den via stora pumpkraftverk. Planen bygger på idén att skicka solelöverskottet dagtid till de större dammar som finns i Europa (Norden, Franska Alperna) och Turkiet och pumpa upp vatten i dammarna och sedan nattetid använda det för elgenerering. Metoden medför en del förluster i omvandlingskedjan, men är inte orimliga om man använder HVDC-teknik. Begränsningarna ligger nog snarare i utbyggnad av transmissionsnäten och i investeringar i pumpar, samt hur stora dygnsvariationer i nivåskillnader, som man kan acceptera i dammarna.

## VAD ÄR HVDC?

HVDC är högspänd likström – en teknik för att överföra elkraft över långa avstånd. Fördelen med tekniken är att energiförlusterna är små trots att elkraften överförs över långa sträckor via luftlinjer eller sjökablar. Högspänd likström används också för att binda samman separata kraftsystem där traditionella växelströmsförbindelser inte kan användas. Det finns också en begränsning i hur stora flöden man kan tillåta nedströms kraftverken under natten.

I 1997 introducerades HVDC Light, en teknik som utvecklats av ABB. Med denna metod har användningsområdet för HVDC-överföringar ökat betydligt, då denna fungerar för överföringar på några få MW medan tidigare teknik varit tillämplig för avsevärt högre effekt. Metoden bedöms därför ha stor betydelse för framväxten av de smarta elnäten.

## LAGRING AV ENERGI

Metoder för lagring av energi kan delas upp i olika former för lagring:

- kemiska metoder (vätgas, biobränslen, flytande kväve)
- biologiska och elektrokemiska (batterier, bränsleceller)
- elektriska (kondensatorer, supraledande magnetisk energilagring),
- mekaniska (tryckluftslagring (CAES), svänghjulsenergilagring, vattenpumpkraftslagring).

## UTVECKLING FÖR LAGRING AV ENERGI

### Compressed Air Energy System (CEAS)

är en lagringsteknik som kan användas för att lagra producerad energi från kol- eller kärnkraftverk med gasturbiner. Tekniken fungerar så att man vid elöverskott kan komprimera luft som man trycker ned i underjordsreservoarer. När elunderskott uppstår kan man sedan använda den lagrade energin i den trycksatta luften och utnyttja de temperaturskillnaderna som uppstår mellan komprimering och expansion av luften när man hämtar upp den komprimerade luften ur lagrummen. Metoden är känd sedan 1950-talet, och den första större anläggningen togs i bruk i Huntorf-kraftverket i Tyskland 1978. Metoden kräver stora lagringsutrymmen i anslutning till kraftverket. Det finns ytterst få exempel på fullskaliga installationer.

### Flywheel Energy Storage (FES)

är en mekanisk metod för energilagring via rörelseenergi som är lämplig för energilagring under kortare perioder. Metoden bygger på att el lagras som rörelseenergi i ett svänghjul som roterar i ett friktionsfritt vakuum. Via en gene-

rator kan rörelseenergin i svänghjulet omvandlas till elektrisk energi när rotationen bromsas ned. Verkningsgraden är hög och uppladdningsförmågan är snabb, men metoden fungerar inte för att lagra stora mängder energi under någon längre tid. Tekniken förekommer sedan tidigare i fordon, men har på senare tid börjat nyttjas i större energilagringssystem. Bäst lämpar den sig som reservenergi för viktiga samhällsfunktioner i samband med strömbrott.

### Energilager i lägesenergi via pumpkraftverk.

Lagrad energi i vattenmagasin är något vi tillämpat sedan länge i både stor och liten skala. En teknik för att styra och lagra energi är att pumpa vatten till vattenreservoarer med hög fallhöjd. Den energi som ligger lagrad i dessa reservoarer (dammar) kan sedan nyttjas via turbiner som genererar el då vattnet släpps ur dammarna. Vattenpumpen som förflyttar vatten till magasin med hög höjd kan i sin tur nyttja energi från vindkraftanläggningar, vilket skapar en förnybar systemlösning. Utmaningarna ligger i att anlägga dammar med tillräcklig fallhöjd utan att

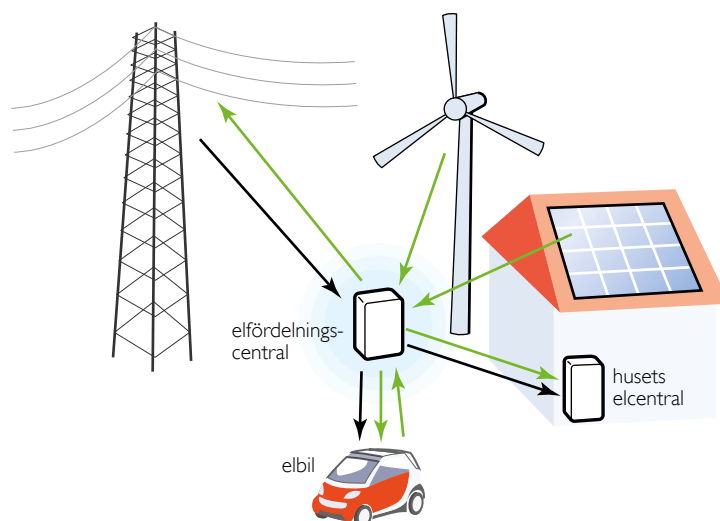
åstadkomma negativ överkan på den omkringliggande miljön.

**Flödesbatterier** är ytterligare ett alternativ under utveckling. Flödesbatterier tillhör kategorin elektrokemiska lagringssystem. Det finns en rad olika typer av flödesbatterier. Den gemensamma nämnaren är att de använder flytande elektrolyter som lagras i tankar. Ju större tankar, desto mer energi kan lagras. Tekniken är inte ny. Kunskapen har funnits ända sedan 1800-talets slut och flera satsningar har gjorts för småskalig verksamhet. Genom aktuell forskning hoppas man nu att denna lösning ska få fäste även för storskaliga lösningar.

### Saltsmältor

Ytterligare ett sätt att lagra solenergi är saltsmältor. Metoden bygger på att man använder tusentals speglar som riktar solljuset mot en solfångare i toppen av ett torn. Den värme som då genereras kan används för att hetta upp till exempel en saltlösning, vatten eller luft. I en het saltsmälta kan värme lagras och när behoven uppstår kan den användas för att driva en ånggenerator.

och när det finns möjlighet till energieffektivisering och vilken kapacitet som finns för att inte bara köpa el från nätet utan också leverera och sälja el tillbaka till nätet. Ett exempel på detta är att ett laddat batteri till en elbil kan bidra med ström till nätet när belastningen på nätet är stort. På så sätt blir den som äger en elbil konsument när bilen behöver laddas och leverantör av el till nätet då batteriets lagrade kapacitet behövs för att balansera nätet. En smart elmätare kan också se till att anpassa hushålllets elanvändning så att tvättmaskinen går igång när belastningen på nätet är låg, något som kan påverka hushålllets elräkning då olika tariffer kan gälla för el vid olika tider på dygnet.



## VISSTE DU ATT...

Enligt konsultföretaget Boston Consulting Group behöver Europa en extra kapacitet på 150 TWh till år 2025 för att parera ojämnheterna som uppstår i elnäten på grund av sol- och vindkraft. I USA är motsvarande siffra nästan dubbelt så hög.

Enligt analysföretaget In-Stat kommer Kina inom de närmaste åren ha minst 280 miljoner smarta elmätare installerade. Landet kommer då enligt In-Stat inte bara att vara den största elkonsumenten, utan också ha det mest moderna elsystemet i världen.

Genteknik ska öka biomassan. Forskare i Umeå arbetar med att öka mängden tillgänglig biomassa med hjälp av genteknik, för att öka produktiviteten i den svenska skogen liksom för åkermarksgrödor. Prognoser visar på en potential som motsvarar ytterligare 50 TWh i form av växande skog inom 50 år.

### ENERGILAGRING

Just lagringen av energi är en av utmaningarna som återstår att möta. Som vi tidigare klarlagt i kapitel 1 måste elproduktionen vara lika stor som elanvändningen i varje givet ögonblick. Om elefterfrågan är högre än elproduktionen uppstår effektbrist. Vid god tillgång på el finns behov av att på något sätt kunna lagra denna energi. Detta är kärnan i utmaningen för de förnybara energikällorna vind-, våg- och solenergi – som helt styrs av naturens krafter och väderskiftningar. Omställningen till en alltmer ökande andel flödande energi gör att vi måste lära oss effektivare och kanske nya sätt att lagra energi. Ju större beroendet blir av dessa energikällor desto större blir kraven på att antingen kunna lagra energi över relevanta tidscykler (från timmar till många månader) eller bygga reservkraft som kan sättas in då vinden mojnar eller då solen inte lyser. Exempel är batterier, storskalig lagring av vatten i dammar via pumpkraftverk, omvandling från el till kemisk energi (t.ex. väte) och tillbaka till el.

Hittills har det varit svårt att utveckla tekniker för energilagring som har en så pass hög verkningsgrad att de är kommersiellt gångbara. Det krävs också att lagringstekniken har en så pass hög kapacitet att den kan lagra energi inte bara över natten tills solen lyser igen, utan också under längre perioder då det är mulet väder eller vindstilla under flera dagar i sträck. Det forskas mycket på området och i takt med utvecklingen av de

smarta elnäten utvecklas också allt fler potentiella lösningar för att lagra elenergi.

Idag är batterier en vanlig metod för energilagring. Batterier har en del inbyggda nackdelar eller begränsningar, såsom lång laddningstid, låg lagringskapacitet, kort livslängd och höga kostnader och innehåller miljö- och hälsoskadliga ämnen. Därför behövs både bättre batterier och alternativ. Att förfinna och utveckla redan kända metoder är en av vägarna framåt. Nya typer av batterier med bättre lagringskapacitet och mindre miljöpåverkan är under utveckling. Den intensiva utvecklingen av elfordon driver just nu på batteriutvecklingen.

Energilager är inte den enda lösningen på problemet med att vind och sol ger en ojämn elproduktion. Att bygga ut elförbindelserna mellan regioner och länder så att elen kan flyttas dit den behövs är ett alternativ som minskar behovet att lagra energin. Lagringsbehovet blir mindre ju större regioner som kan sammankopplas. Danmark, som har en stor andel vindkraftel, tar hjälp från den svenska och norska vattenkraften för att balansera när vindkraften inte går för fullt.

När vi ser till framtidens behov av att lagra energi är det värt att notera att våra fossila energikällor utgörs av solenergi som lagrats in i växt- och djurdelar under hundratals miljoner år. Faktum är att vi blivit ordentligt bortskämda genom att processerna på vår jord för så länge sedan lagrat energi för oss att använda idag. Även biomassa är lagrad energi som byggts upp under olika tidsrymder, i allt från halmen på sädesfälten som växt under en säsong, till energiskogen som vuxit under några enstaka år, till skog och skogsavfall som vuxit under flera tiotals år, till torv som bildades för tusentals år sedan. Vatten i våra kraftverksdammar är lagrad energi, med tidscykel på dygn till år från lagring till användning. Tidscykeln kan kortas ner i så kallade pumpkraftverk (se vidare i faktaruta om energilager i lägesenergi).

### Svensk energiteknik under framväxt

Det finns många spridda områden som vart och ett kan dra sitt strå till stacken för att komma ur beroendet av fossila energikällor. I Sverige pågår framgångsrik forskning kring vindkraft, exempelvis när det gäller vertikalaxlade vindkraftverk och utveckling av billigare vindkraftsgeneratorer. I Sverige pågår även forskning och utveckling av ny teknik för vågkraft.

Annan forskning handlar om energi ur avfall,

där potential finns inom exempelvis förbränning och förgasning samt rötning och biogasproduktion. Syftet är att bättre ta tillvara energin i sopor och restprodukter från industrin. Avfall som energikälla har dock en begränsad potential.

Vi har mycket kvar att lära av naturen själv men våra kunskaper om de biologiska och kemiska processer som sker i växterna ökar hela tiden. Genom denna kunskap hoppas vi hitta lösningar till att också utveckla mer energieffektiva processer, på samma sätt som växterna kan. Den nya biologin (kunskapen om celler, gener och proteiner och hur de påverkar förutsättningarna för våra liv) och den nya materialtekniken skapar förutsättningar för starka och lätta kompositmaterial (en sammansättning av flera komponenter med olika egenskaper) och för materialsnåla förpackningar. I och med dessa nya kunskaper och tekniker skapas förutsättningar som i ett livscykelperspektiv kan minska energibehovet för transporter.

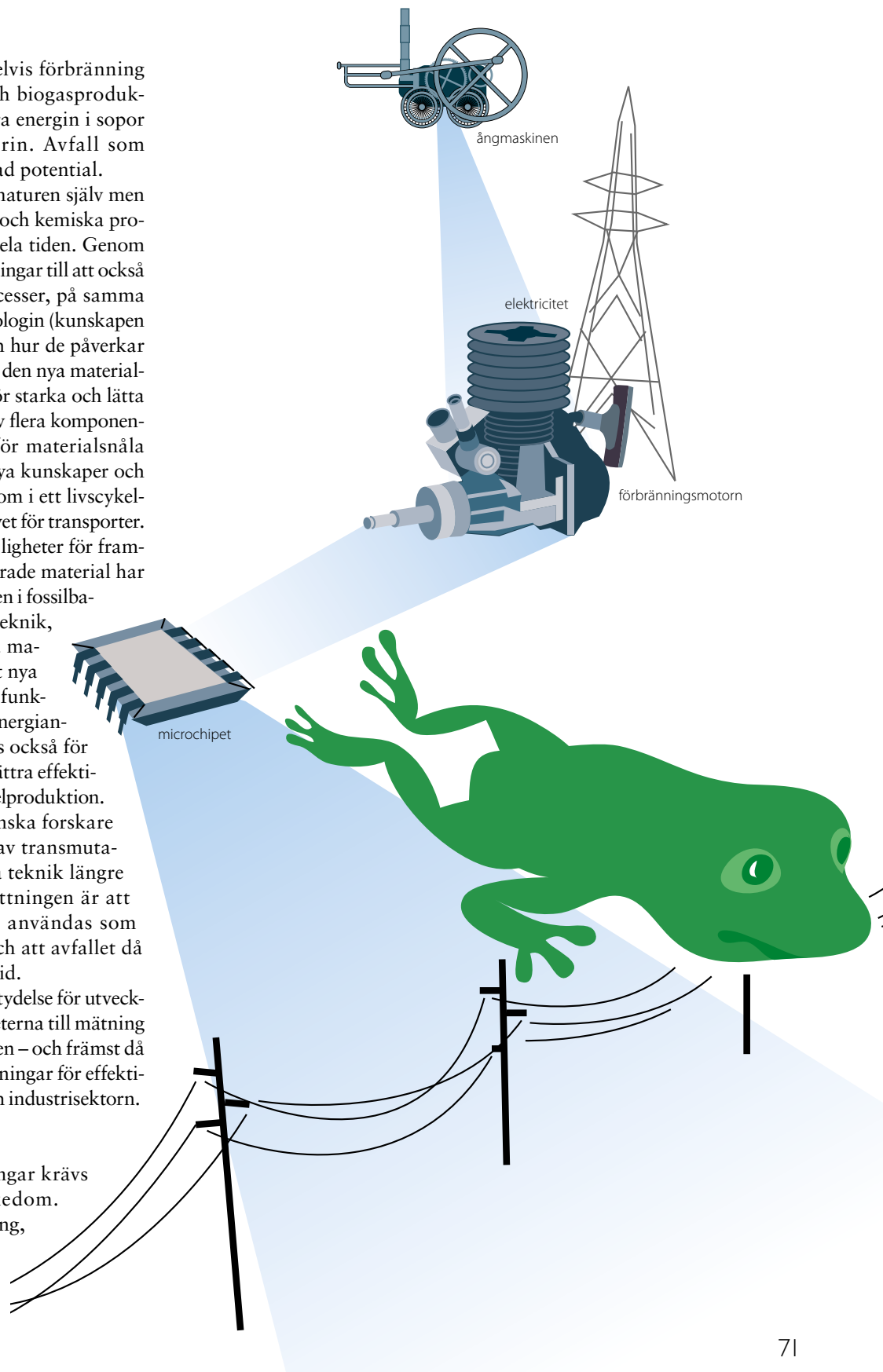
Med materialteknik skapas möjligheter för framsteg inom energiområdet. Förbättrade material har bidragit till att höja verkningsgraden i fossilbaserade kraftverk väsentligt. Nanoteknik, där man strävar efter att hantera materien på atomär nivå, kan ge helt nya material med nya egenskaper och funktioner som bidrar till effektivare energianvändning. Nanotekniken används också för att försöka tillverka nya, eller förbättra effektiviteten hos befintliga, solceller för elproduktion.

Inom kärntekniken bidrar svenska forskare framgångsrikt till utvecklingen av transmutationstekniken (läs mer om denna teknik längre fram i detta kapitel), där målsättningen är att långlivat kärnavfall ska kunna användas som bränsle i framtidens reaktorer och att avfallet då har betydligt kortare halveringstid.

Det kommer tveklöst att få stor betydelse för utvecklingen på energiområdet. Möjligheterna till mätning och styrning av energianvändningen – och främst då elanvändningen – skapar förutsättningar för effektivisering inom både bebyggelse- och industrisektorn.

### Tekniksprång

För att möta framtidens utmaningar krävs både investeringar och idériakedom. Många hoppas på ett tekniksprång, det vill säga att någon forskargrupp plötsligt ska presentera



## VISSTE DU ATT...

Ett globalt nätverk för utbyte av idéer och innovationer – Sustainable cities – startade i anslutning till FNs miljökonferens i Rio i början av 1990-talet. I detta nätverk av städer medverkar Sverige, och stadsdelen Hammarby Sjöstad i Stockholm samt Älvstaden i Göteborg har lyfts fram som exempel på nya urbana lösningar utifrån ett hållbarhetsperspektiv.

## EXEMPEL PÅ LEAPFROGGING

Ett vanligt exempel på leapfrogging är när befolkningen i länder, där telefoner tidigare varit en lyxvara, skaffar sig mobiltelefoner i stället för fasta telefoner. De hoppar på så sätt över ett steg i teknikkedjan. Ett exempel är Indien, där större andel har mobila i stället för fasta telefoner.

Etanolanvändningen i Brasilien är ett annat exempel på leapfrogging där utvecklingen tagit en annan väg än den vi vant oss vid. I Brasilien används etanol från sockerrör som drivmedel i mycket större utsträckning än bensin.

Ytterligare ett exempel kommer från den kinesiska staden Rizhao, också kallad Solar City Rizhao. Enligt uppgift använde 99 procent av hushållen i centrumdistriktet år 2007 solvärme för uppvärmning. Dessutom användes i huvudsak solceller till stadens trafikljus och belysning.

en ny framgångsrik teknik som löser många av de problem vi har att tackla idag. Flera intressanta lösningar är under uppsegling – men historiskt sett sker inte tekniksprången så ofta som man gärna tenderar att tro. Men det pågår intensiv forskning, inte bara för att hitta nya energikällor, utan också för effektivare energianvändning. Det sannolikt mest effektiva sättet att minska de miljöproblem som uppstår till följd av vår energianvändning är att minska resursförbrukningen. Man brukar tala om att den bästa energin är ”negawattimmarna” – det vill säga den energi som kan sparas och effektiviseras bort utan att nyttan minskar.

De senaste decennierna har vi haft ett tekniskt genombrott som verkligen påverkat samhällsekonomin: Internet. Men kanske kan man datera det verkliga genombrottet till 1970-talet då det plötsligt blev möjligt att framställa en hel dator på ett litet chip, alltså en mikroprocessor. Uppkomsten av mikroprocessorn var i sin tur ett resultat av flera decenniers utveckling.

Vissa teknikhistoriker menar att liknade språng bara kan spåras till 1700-talet, då ångmaskinen togs i bruk inom industriproduktionen och under slutet av 1800-talet, då el- och förbränningsmotorerna fick sina genombrott. Det tog emellertid tid innan dessa innovationer blev praktiskt användbara. Det behövs tid – ibland lång tid – för att utveckla nya system och ny infrastruktur. Samhällsförändringar sker inte över en natt.

Ett besläktat uttryck till tekniksprång är ”leapfrogging”. Med det avses ibland ett ekologiskt utvecklingsprång som ett utvecklingsland kan göra genom att gå direkt på den bästa teknik som finns. Det finns flera goda exempel som visar att u-länderna inte måste följa samma utveckling som industriländerna. Ett sådant är att satsa på trådlös telefoni i stället för att först bygga upp trådbundna telenät. I Indien finns fler mobiltelefoner än fasta telefoner. Ett land behöver inte ha 1900-talets industribas för att bygga upp 2000-talets informationsekonomi, nanoutveckling eller energisystem. I stället för att följa de rika ländernas utvecklingskurs kan u-länder hoppa bock över till en nyligen utvecklad teknik.

Sverige har goda möjligheter att bli en exportör av komponenter och system för exempelvis bränsleceller, vägkraft, förgasning av biobränsle eller solenergi.

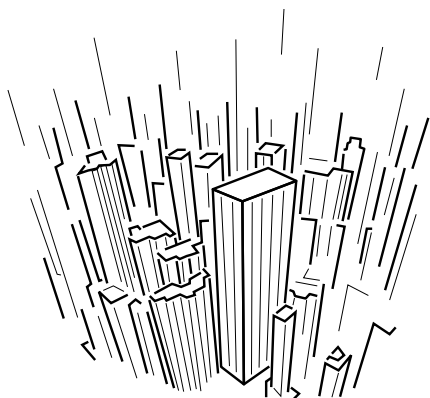
## Utmaning: ökad tillväxt, stora städer och ökad befolkning

Urbaniseringen är en stark global trend. Idag bor över hälften av jordens invånare i städer. Enligt FNs uppskattningar kommer 75 procent av världens befolkning att vara stadsbor inom bara något årtionde. Jordens befolkning mängd har också ökat snabbt och kraftigt. Idag är vi omkring sju miljarder människor. För bara tio år sedan var vi en miljard färre. Många bedömer att den kraftiga befolkningsökningen nu har avtagit. Samtidigt finns det forskare som uppskattar att vi omkring år 2050 kommer vara över nio miljarder människor.

Megastäder, det vill säga städer med mer än tio miljoner innevånare, växer och är numera den snabbast växande typen av bostadsort. FN uppskattar att nära fem procent av jordens befolkning bor i någon av världens 21 megastäder till år 2015. Av dessa 21 kommer 18 att ligga i någon av världens utvecklingsländer, där framväxten av megastäder är störst.

De båda trenderna med ökad befolkning och





ökad urbanisering bidrar till en allt större och mer koncentrerad efterfrågan på resurser. Då världens städer står för nära 80 procent av jordens samlade utsläpp av koldioxid behöver en stor del av lösningarna för effektivisering och minskade utsläpp fokuseras på stadsmiljöer. Det är en utmaning, men i utmaningen ligger också många möjligheter. I stadsmiljön finns potential för effektivisering och innovationer. Världen över pågår satsningar där forskare, näringsliv och myndigheter samverkar för att skapa hållbara städer med hållbara transport-system och andra effektiva lösningar. Ett sådant exempel är den så kallade ekostaden Tianjin, en del av staden Tianjin som ligger några mil norr om Peking i Kina. I denna satsning försöker man ta ett helhetsgrepp kring allt som rör utsläpp, vatten- och luftkvalitet och energilösningar för byggnationer och transporter. Satsningen är inte okontroversiell, då många bland annat ifrågasätter hur man ska kunna skapa en hållbar del av den stad som i övrigt har stora problem med utsläpp och föroreningar.

### **Kunskap, kreativitet och innovationskraft**

För att möta framtidens utmaningar behöver vi en mängd innovationer, både för att skapa bryggor från dagens fossilberoende in i nya systemlösningar och för att skapa helt nya hållbara lösningar. Sverige har gjort sig känt som ett innovationsrikt land och vi hamnar ofta i topp då nationers innovationsklimat rankas. Ett gott innovationsklimat är en bra grund för de tekniker och lösningar som behöver utvecklas inom energiområdet. Historiskt har samarbetet mellan företagen Vattenfall och Asea (senare ABB) spelat stor roll för den svenska innovationsmodellen. Samarbetet mellan dessa stora svenska aktörer bi-

### **På gång: OLJEE MIRAT SATSAR PÅ FÖRNYBART**

Mitt i en del av världen där oljefyndigheterna varit som rikligast, i Abu Dhabi i Förenade Arabemiraten, satsar man nu på en framtid baserad på förnybar energi. I staden Masdar etablerades år 2006 en omfattande verksamhet för att skapa en stad baserad på energi från solen och andra förnybara energikällor; en stad helt utan utsläpp av koldioxid och minimalt med avfall från stadens boende och företag.

Projektet leds av the Abu Dhabi Future Energy Company, och ett flertal stora företag medverkar. Staden, som kommer att täcka en yta av sex kvadratkilometer; uppskattas vara utbyggd i sin hel-

het någon gång mellan 2020 och 2025. Den kommer då att vara hemstad för cirka 50 000 människor och 1 500 företag, huvudsakligen inriktade på miljöanpassade produkter och tjänster.

Masdar kommer att ha ett omfattande nät för kollektiva transporter. Ingen biltrafik kommer att tillåtas innanför stadsgränsen. Ett av de första delprojekten är installationen av en solkraftsanläggning som ska generera uppemot 60 megawatt. Utöver satsningar på solenergi kommer vindkraft, geotermalenergi och även en vätgasanläggning att utgöra källor för stadens energiförsörjning.

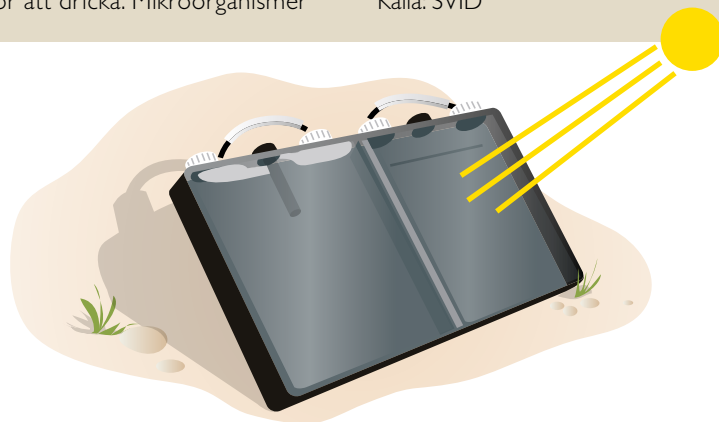
### **På gång: SOLVATTEN**

Solvatten är en svensk uppfinning som använder sig av solens värme och UV-strålning i kombination med ett filter för att rena vatten. En behållare gjord av plast fylls med vatten och placeras i solen 3–5 timmar (5–6 när det är molnigt). När temperaturen har nått 55 grader så är vattnet tillräckligt rent för att dricka. Mikroorganismer

som i många fall leder till diarrésjukdomar hos människor har inaktiverats och större partiklar filtrerats bort.

Med endast solen som energikälla ger Solvatten 20 liter rent vatten per dag vilket för samma mängd vatten motsvarar cirka 20 kilo ved.

Källa: SVID





## VISSTE DU ATT...

Kungl. Vetenskapsakademiens energiutskott bedömer att eldrivna värmepumpar i villor och köpcentrum inom 40 år kan stå för 25 procent av Sveriges totala värmebehov.

För den som använder direktverkande el kan en värmepump bidra till en rejäl sänkning av uppvärmningskostnaden. En värmepump sänker energiförbrukningen med 50–60 procent jämfört med direktuppvärmning med el.

drog inte bara till innovativa lösningar, det lade också grunden för den systemsyn som utgjort basen för utvecklingen av svensk energiteknik. Idag ser förutsättningarna och innovationsklimatet annorlunda ut.

De storskaliga lösningar som kommit till under 1900-talet måste nu kompletteras med en mängd

småskaliga lösningar. Kunskap och innovativa idéer som kan bidra till att effektivisera, utveckla och optimera de befintliga systemlösningarna är en av huvudnycklarna till framgång. Vårt framtida samhälle har mycket att vinna på att redan i grundskolan grundlägga kunskapen och också intresset för teknik och naturvetenskap. Med god kunskap vågar man både ifrågasätta och pröva nytt. I samverkan mellan universitetsvärlden och näringslivet kan idéer ta fart, utvecklas och kommersialiseras. Den offentliga sektorn kan också bidra genom att efterfråga innovationer och stötta satsningar som annars skulle ha svårt att kommersialiseras.

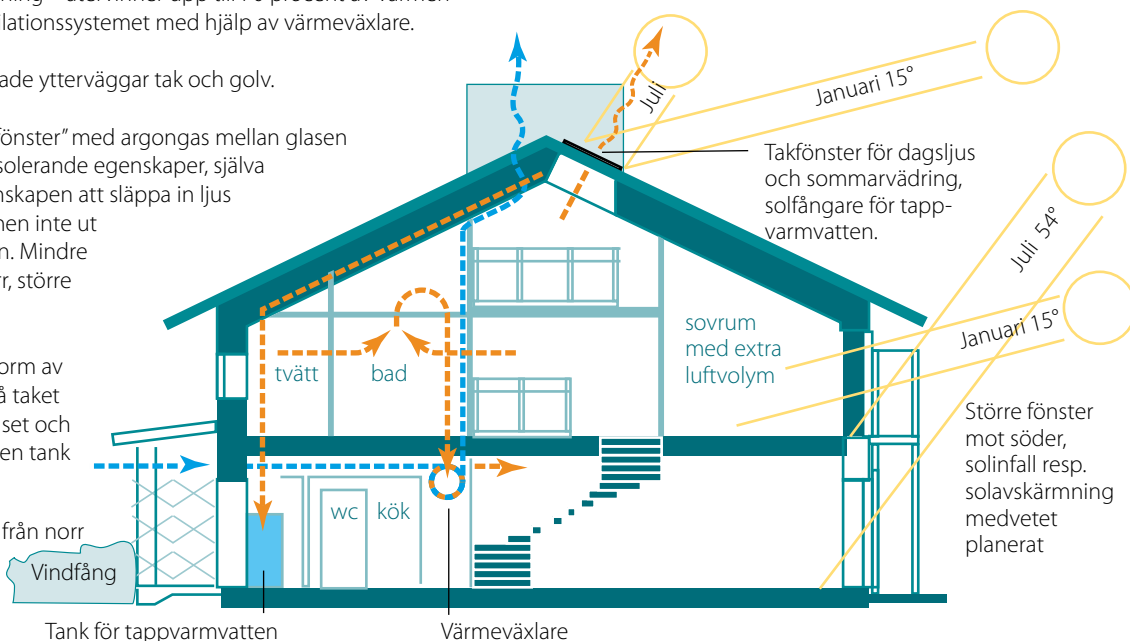
## Effektiv, effektivare, effektivast

### NY TEKNIK OCH LÖSNINGAR INOM BOSTADSSEKTORN

På många områden är vi i Sverige redan idag duktiga på att hushålla med energi. Mellan åren 1970 och 1990 ökade inte energianvändningen nämnvärt för bostadssektorn – trots att Sverige under denna period ökat sin befolkning med en halv miljon människor och att det byggts många fler hus som måste värmas. Utmaningen på 1970-talet

## Energisparhus

- Värmeåtervinning – återvinner upp till 70 procent av värmen i utluften i ventilationssystemet med hjälp av värmeväxlare.
- Täta, välisolerade ytterväggar tak och golv.
- "Intelligenta fönster" med argongas mellan glaset som har goda isolerande egenskaper, själva glaset har egenskapen att släppa in ljus och solvärme men inte ut inomhusvärmen. Mindre fönster mot norr, större fönster mot söder.
- Solfångare i form av vattenslingor på taket som leds in i huset och i sin tur värmer en tank vatten.
- Friskluftintag från norr



var att man ville minska användningen av olja. I stället för att värma hus med oljepannor började många koppla in sig på fjärrvärmenäten. Där skapas värmen i en stor anläggning och pumpas via nedgrävda rör till hus i närliggande områden. Det blir mer effektivt än om alla hus själva skulle ha egna system för värmeproduktion.

Ett annat exempel på effektiv energianvändning i hus är elvärmepumpar. Utvecklingen på detta område har kommit långt och idag finns mycket effektiva lösningar. En elvärmepump är en anordning som överför värme från en kall till en varm plats. Den kalla platsen blir kallare och den varma platsen varmare. Värmepumpar förser det svenska energisystemet med cirka 20 TWh förnybar värme årligen. Om man sätter brukarpriset för en kWh till en krona så svarar detta mot ett värde av 20 miljarder kronor.

Teniken för att bygga mycket energieffektiva hus har också utvecklats mycket. Numera finns byggnader med så god isolering att de inte behöver traditionella system för uppvärmning. I stället värms husen upp av överskottsvärme från människor, lampor, elektriska apparater samt från solvärme. Även luften som ventileras bort används för uppvärmning. Husen klarar att hålla mer än 20 grader inomhus, även om det är minusgrader utomhus. Husen har även en värmepatron som kan tillföra värme till luftintaget under extremt kalla dagar. Dessa så kallade passiva hus är väl genomtänkta. Förutom att de har bra isolering i väggar, golv och tak är de placerade med stora fönster mot söder som kan ta emot solvärme och fönstren mot norr är mindre. Det finns också flerfamiljshus som bygger på samma principer som för passivhus.

Det pågår också mycket utveckling inom fjärrvärmeområdet och produktionen av fjärrvärme ökar. Idén är att ta tillvara resurser som annars går förlorade, till exempel spillvärme från industrier, energi ur avfall eller grenar och toppar från skogsavverkning. Det finns de som anser att fjärrvärme har ytterligare potential genom den mångsidighet och det systemtänkande som finns i fjärrvärmelösningarna. Idag domineras fjärrvärmeproduktionen av biobränslen och i viss mån spillvärme från industrin. Allt tyder på att denna produktion kommer att fortsätta dominera. Även användningen av avfallsbränslen och naturgas förväntas öka, medan kol- och oljeanvändningen

## LÅGENERGIHUS

Lågenergihus = hus med lägre energianvändning än den svenska byggnormen kräver:

Ett lågenergihus ska

- vid nybyggnation kunna visa på en energianvändning som är 50 procent lägre än krav i Boverkets nybyggnadsregler (BBR 16) eller
- vid ombyggnation minska energianvändningen med minst 50 procent och ge en energianvändning som är 40 procent lägre än krav i Boverkets nybyggnadsregler (BBR 16) eller minska energianvändningen med 75 procent.

Det finns en mängd olika typer och benämningar på lågenergihus/byggnader. Några av dessa är:

### Passivhus

Ett lågenergihus som inte kräver någon tillförd energi. Huset värms passivt genom att tillvarata värmen från solstrålning samt från de apparater och människor som vistas i huset. Huset har mekanisk ventilation och effektiv värmeåtervinning.

### Nollenergihus

Den typ av hus som genererar lika mycket energi som det förbrukar för att värma huset, värma det vatten som används och generera den hushållsel som husets apparater och utrustning kräver.

### Plusenergihus

Lågenergihus som med hjälp av ordentlig isolering i kombination med solvärme och solceller blir så effektivt att det genererar energi. Man kan enkelt uttryckt säga att det producerar mer energi än det gör av med, vilket gör det möjligt för huset att agera "elproducent".

För att inspirera bygg- och fastighetsbranschen att bygga fler lågenergibyggnader har Boverket tagit fram en sökbar webbsida fylld med goda exempel. Här kan byggherrar och entreprenörer själva redovisa byggprojekt med låg energianvändning och den som är intresserad och vill veta mer kan söka fritt bland exemplen. <http://www.laganbygg.se/>

... en person förbrukar i genomsnitt 75–100 liter varmvatten per dygn, motsvarande 3–5 kWh per dygn?

... nästan 20 procent av den totala energianvändningen i ett hushåll går åt till att värma vatten till dusch/bad, tvätt, disk med mera?

... ett byte från en mer än tio år gammal kyl eller frys till en ny spar cirka 500 kWh per år?

## PASSIVHUSEN I LINDÅS PARK

En relativt stor andel av den svenska energianvändningen går åt till att värma upp bostäder. Det finns politiska mål om att denna användning ska minskas. Samtidigt ökar kraven på komfort, bland annat när det gäller inomhustemperatur. För att ekvationen ska gå ihop måste energisnåla bostadshus byggas. Passivhus är ett koncept för att minska energianvändningen för uppvärmning med upp till 80 procent.

Ett exempel på passivhusprojekt är de 20 radhus som färdigställdes år 2001 i området Lindås Park, Göteborg. Resultatet av projektet blev lyckat, men i efterhand kan man också konstatera att i byggprocessen prioriterades främst de tekniska lösningarna, medan de boendes åsikter inte användes i tillräcklig utsträckning. Vetskapen om att husen kunde bli för varma sommartid och åsikter om husens styrsystem togs inte tillvara.

## FJÄRRKYLA

Våra krav på att ha ett komfortabelt inomhusklimat, inte bara på vintern utan även under sommaren, har ökat. I Europa har uppskattningsvis 40 procent av alla kontorslokaler, hotell, sjukhus, butiker och liknande lokaler någon form av system för komfortkyla. I Japan och USA är motsvarande siffra runt 80 procent. I takt med att kraven på komfortklimat ökat har utvecklingen av system för att generera och leverera fjärrkyla gått framåt. Det finns många fördelar med fjärrkyla jämfört med de småskaliga systemen med olika köldmedier.

Fjärrkyla bidrar bland annat till lägre utsläpp av klimatpåverkande gaser och en högre energieffektivitet än de småskaliga kylsystemen.

## På gång: VINTERNS SNÖ KYLER SOMMAREN

Snökyla är en återupplivad gammal teknik där man lagrar stora mängder snö från vintern för att använda som kylmedel på sommaren. Genom att skydda snön med träflis kan smältvatten utnyttjas för svalka under sommarhalvåret.

Metoden har testats i Sundsvall, där man utnyttjar den bortforslade snön i kommunens

gamla snötipp genom att placera denna på en yta stor som en fotbollsplan utanför Sundsvalls sjukhus. Än så länge är anläggningen vid Sundsvalls sjukhus världsunik. Den har ersatt freonbaserade kylrum och har minskat elförbrukningen avsedd för komfortkyla med upp till 95 procent.

Källa: SVID

kommer att minska. Sammantaget innebär det att de totala koldioxidutsläppen från den svenska fjärrvärmens kommer att minska ytterligare. Utvecklingen av allt bättre isolerade bostäder i olika former av lågenergihus leder till att behoven av fjärrvärme minskar. I vissa fall kan detta orsaka dilemman då man ska besluta om utbyggnad av nya fjärrvärmesät till områden där en stor del av husen har litet eller inget behov av fjärrvärme för uppvärmning.

## MER OCH FLER TRANSPORTER

Globaliseringen, med ett ständigt ökande flöde av varor mellan länder, gör att transportbehovet hela tiden ökar. Allt fler företag blir inblandade. Ibland kan en varas huvudkomponenter tillverkas i en världsdel som sedan skeppas iväg och färdigställs med andra komponenter i en helt annan del av världen, för att sedan slutligen fraktas iväg för att säljas i ytterligare en annan världsdel. Varorna flyttas många gånger i form av halvfabrikat innan de färdigställs.

Samtidigt växer storstadsregionerna, både i vårt land och runt om i världen. I storstäderna finns många av de nya jobben. För att ta sig från hemmet till arbetet krävs ofta långa och snabba transporter eftersom många människor bor i småstadsmiljö eller på landet men jobbar i staden. Visserligen har utvecklingen inom bredband för internet och digital kommunikation underlättat för distansarbete från hemmet, men fortfarande jobbar majoriteten av oss på arbetsplatser utanför hemmet.

## NY TEKNIK OCH NYA BRÄNSLEN INOM TRANSPORTSEKTORN

Som vi sett i tidigare kapitel har transportsektorns energianvändning ökat kraftigt under de senaste decennierna. För framtiden finns många olika tänkbara lösningar för transportområdets energibehov. Ska vi utveckla nya drivmedel för de fordon vi redan har? Ska vi utveckla nya typer av fordon? Eller ska vi kanske ändra hela transportsystemet och även vårt beteende? Nya satsningar behövs för att starta teknikutvecklingen inom området. Enligt EUs uppsatta mål ska förnybara drivmedel stå för en femtedel av transportsektorns bränsleförbrukning inom tjugo år. Hur ska vi då nå detta mål? Som vanligt finns inga enkla svar.

## BLI ENERGIEFFEKTIV BILÄGARE!

### Vägverket tipsar:

- Välj bil efter behov. Hur långt kör du och hur ofta? Hur ofta är ni fem i bilen? Lönar det sig att hyra en större bil de få gånger det finns behov?
- Sätt upp ett mål för hur låg bränslekostnad du vill ha.
- Fråga alltid efter bränsledeklarationen. Bilhandlaren är skyldig att redovisa exakt siffra för varje modellalternativ.
- Om du köper bil med dieselmotor – välj en med partikelfilter.
- Beställ broschyren "Bilar, bränsleförbrukning och vår miljö" gratis från Konsumentverket. Det är en årlig sammanställning av bränsleförbrukning, koldioxidutsläpp, fordonsskatt med mera för alla bilar på den svenska marknaden.

För transportsektorn finns minst två aspekter när vi ser på framtidens utmaningar och lösningar: komponentnivån och systemnivån.

På systemnivån handlar det om forskning kring köbildning, tomgångskörning och effektiva allmänna kommunikationer, men även logistik i transport – både av människor och av gods. På medellång sikt, inom 20 år, ser inte analytiker, experter och företagsledare inom den svenska bilindustrin någon enskild lösning för att hitta vägar ut ur fossilbränsleberoendet. Bedömningen är att energianvändningen inom transportsektorn under denna period kommer att öka med ungefär tio procent. Detta eftersom både godstransporter och persontransporter kommer att öka utan att effektiviseringsåtgärder hinner slå igenom fullt ut.

På komponentnivån handlar det om effektivare drivsystem – allt som driver fordonet, det vill säga motorn, kopplingen, drivaxeln, växellådan, batteriet etc. Motorn kan vara en el- eller en förbränningsmotor. En elmotor kan drivas av batterier eller en bränslecell. Bränslecellen behöver, liksom förbränningsmotorn, ett drivmedel som finns ombord och batterierna behöver laddas med jämna mellanrum.

Produktutvecklingen har kommit olika långt i

## ! VISSTE DU ATT...

... via sparsammare körstil, så kallad ecodriving, kan man göra stora besparingar. Här kan du se de vanligaste felen en förare gör. Ett ändrat körbeteende i dessa exempel gör att du kan spara upp till 20 procent i bränsleförbrukning.

### Förarens vanligaste fel är:

- att köra på 1:ans växel för länge.
- att köra på 2–3:ans växlar längre än nödvändigt i stället för att växla upp.
- att släppa gasen för sent.
- att gasa i onödan.
- att köra hela vägen fram till trafikljus och stanna i stället för att rulla lite hela tiden.
- att frikoppla tidigt för att stanna.
- att accelerera för långsamt.
- att gå ned till 1:ans växel i korsningar.
- att inte använda motorbroms (nedväxling) när man ska bromsa in vid till exempel ett trafikljus.
- att inte använda höga växlar.
- dålig planering av körfältsbyte.

Eldrivna fordon har fördelen att vara så effektiva att vi radikalt skulle kunna minska transportsektorns energianvändning. Uppskattningsvis använder Sveriges drygt fyra miljoner personbilar årligen cirka 60 TWh energi. Med elplugin-hybridtekniken skulle den summan kunna minskas till 20 TWh, med mestadels el. Det här är visserligen en räknemodell, men resultatet är slående – med el kan vi spara energi.

Potentialen för alternativa bränslen inom transportsektorn är alltså stor. Bakom den framtida utvecklingen kommer vi att se en mix av innovativa lösningar, politiska påtryckningsmedel och "ekonomiska morötter" i kombination med klassiska mekanismer för utbud och efterfrågan.

arbetet med att hitta alternativen till bensin och diesel. Men mycket talar för att det är elfordon i kombination med biobaserade drivmedel som kan komma att dominera i framtiden.

## ELBILAR MED BATTERI ELLER BRÄNSLECELL

Ett elfordon drivs med en elmotor. Fordonet är försett med batterier som kan laddas via elnätet hemma i garaget eller med särskilda laddstolpar/laddstationer. I ett vanligt vägguttag eller via motorvärmare kan ett batteri laddas på cirka åtta timmar. Räckvidden per laddning är 10–15 mil, beroende på årstid, batteristorlek och körstil.

Idag saluförs en handfull modeller på svenska marknaden. Vissa modeller kan även snabbaddas med ett särskilt aggregat. På sikt kan batteriet ersättas med en bränslecell som då kontinuerligt ger el så länge som tanken har bränsle.

I drift är miljöprestandan hos elbilar överlägsen alla andra fordonstyper som serietillverkas idag. Energiåtgång, utsläpp och buller är lägre, även med hänsyn till miljöpåverkan vid elproduktionen. Inköpspriset är i de flesta fall 50 000–100 000 kronor högre än motsvarande bensinbil. Driftskostnaden är cirka 1–2 kronor per mil. Sannolikt kommer priset på elbilar att sjunka allteftersom fordonstypen blir etablerad på marknaden. Nissan Leaf, som blev årets bil år 2011, är en renodlad elbil.

### Hybridbilar med dubbla drivsystem

En hybridbil är en bil med dubbla drivsystem där framdrivningen sker med förbränningsmotor eller

elmotor eller en kombination av båda. I den renodlade hybriden laddas det begränsande batteriet av förbränningsmotorn och bromskraftåterföring. Elmotorn hjälper till att driva bilen vid accelerationer och låga hastigheter. Hybriddrift kan sänka energiförbrukningen med 20–30 procent. Tekniken ger också förutsättningar för låga utsläpp av kolväten och kväveoxider, framför allt i stadstrafik. Mest känd är Toyota Prius. På senare tid har batteriets kapacitet ökat för att det ska gå att köra någon mil med enbart elmotor. Bilar med denna teknik kallas för laddhybrider. Elmotorn placeras oftast i bakaxeln. Volvo V60 plugin-hybrid är en sådan bil.

### Elbilar med räckviddsförlängare

I en elbil sker framdrivningen enbart med en elmotor. Elbilar kan gå 10–15 mil på ett fulladdat batteri innan en förbränningsmotor tar vid och driver en elgenerator som sedan förser elmotorn med el. Detta ger fordonet en förlängd körsträcka, så kallad räckviddsförlängare, som minskar risken att hamna strandsatt i trafiken med ett urladdat batteri. Denna typ av bilar förväntas finnas på marknaden under 2012.

I framtiden kan batteriet och förbränningsmotorn ersättas med en bränslecell som då ger kontinuerligt el till elmotorn. Inom denna teknik finns idag Chevrolet Volt och Opel Ampera.

## VÄGAR ATT VINNA

Enligt Vägverket är den viktigaste insatsen som var och en kan göra för att minska bidraget till växthus-effekten att köpa en bränslesnålare bil. Vägtrafiken är en av de största källorna till utsläpp av koldioxid i Sverige och varje minskning av bränsleförbrukningen leder till motsvarande minskning av koldioxidutsläppen. Ska man byta bil bör man alltså fråga efter bränsledeklarationen. Räknar man över bilens hela livslängd kan skillnaden i bränslekostnad mellan två olika bilmodeller motsvara vad det kostar att köpa bilen. Utvecklingen har på senare tid accelererat och idag går det att köpa bilar som drar mindre än en halv liter bensin eller diesel per mil.

Förutom vikten är det många saker som påverkar bränsleförbrukningen:

- Motoreffekten. När man lägger till extra hästkrafter sjunker ofta verkningsgraden. Motorn blir helt enkelt för kraftfull i förhållande till vad som krävs för normal körning. Samtidigt inbjuder effektstarka motorer till mer aggressiv körning.
- Motortypen. Dieselmotorer har ofta högre verkningsgrad än bensinmotorer, vilket gör dem snålare, men utan partikelfilter är de smutsigare.
- Fyrhjulsdraft. Ger högre energiförluster än tvåhjulsdraft och ökar dessutom bilens vikt.

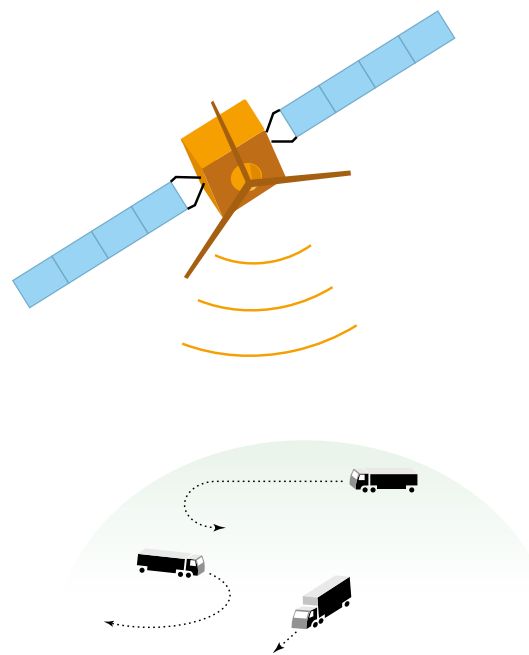
Renodlade elmotorer eller olika former av hybridteknik, som kombinerar en biobränsleförbränningsmotor med en elmotor, ligger i framtiden. Läger vi dessutom till ett större batteri blir det möjligt att "tanka" bilen på natten via ett vanligt eluttag – en uppladdning som räcker för minst 10–15 mils körning. Behöver man resa längre går det att växla över till en fossilfri förbränningsmotor. Vid tunga transporter kan man inte ha batterier ombord. Därför krävs andra metoder för att den tunga trafiken ska få sin elförsörjning under färden. En teknik är att mata det tunga fordonet med el från tråd, på samma sätt som för järnväg. Tanken är att förse ett antal tungt trafikerade vägar med ett trådsystem och köra med så kallad trådtradare. Teknikformen är redan etablerad i världen genom trådbussar.

#### SATELLITER SOM GUIDAR

Det pågår flera satsningar för att planera trafiken bättre. Om ett transportföretag som levererar varor kan lägga upp sin rutt så att de inte behöver köra i onödan vinner alla på det. Till sin hjälp har flera transportföretag börjat använda sig av satellitnavigering. Via radiosignaler från bilarna till satelliter kan de se exakt var deras bilar befinner sig. På så sätt kan man även samordna hämtning och leverans av varor bättre. Den teknik som kallas Telematics och GPS (Global Positioning System) används inte bara för att samordna leveranser utan även för att hitta bästa och närmaste vägsträcka mellan två platser. Tekniken kan också användas för att undvika proppar i trafiken och kan på så sätt även bidra till att spara både tid och bränsle.

#### NY TEKNIK OCH NYA BRÄNSLEN INOM INDUSTRIEN

Ekonomisk tillväxt är i regel intimt förknippad med ökad energianvändning (se mer om detta i kapitel 2). Med den snabba tillväxttakten i flera delar av världen är det ingen tvekan om att energianvändningen framöver kommer att öka. Inom svensk basindustri sker dock en utveckling mot fortsatt koncentration, ökad förädling av produkterna och en långtgående samordning av processerna. Detta medför effektivare energianvändning. Behovet av bränsle bedöms minska, vilket gör att industrins oljeanvändning kommer att fortsätta sjunka, delvis genom en övergång



från olja till andra energibärare som el, biobränslen eller olika sorters energigas.

Många företag har under de senaste decennierna minskat sin elförbrukning med 30 procent, och det bara genom att se över och justera hur energin används för exempelvis ventilation och uppvärmning. För processindustrin (pappers- och massfabriker, plast- och kemiindustri, stålverk, gruvindustri, livsmedels- och läkemedelsindustri) ser det annorlunda ut, då elen för dem är en råvara som går in i processer och produkter. Det innebär att ju större omsättning industrin har, desto högre blir energiåtgången. Processindustrins energianvändning påverkas därmed av konjunktorens svängningar.

En stor del av tillväxten kommer också att ske i de delar av industrin som inte är energiintensiva, exempelvis inom elektronik-, it-, bioteknik- och tjänstesektorn. Generellt är förväntningen att industrin även fortsättningsvis kommer att minska sin energianvändning i relation till varje producerad enhet. Enligt IEAs rapport World Energy Outlook har dock trenden för en minskad energianvändning per producerad enhet nu vänt.

Höga energipriser har fungerat som en typ av incitament för en övergång till förädlade energibärare, det vill säga att andelen el ökar. Höga

## KOMPRIMERAD BIOMASSA

Ett problem med användning av bioenergi är att det ofta handlar om stora volymer av biomassa per energienhet. De stora volymerna kan vara otympliga att frakta och kräver stora utrymmen för lagring. Därför finns mycket att vinna på att omvandla biomassa till energislag med högre energitäthet som kräver mindre utrymme men har bibehållen energimängd. En teknik för detta är pyrolys, där man framställer olja ur biomassan. Biooljan som bildas har avsevärt högre energi-innehåll per volym.

En annan metod för att minska biomassans volym med bibehållt energivärde är torrifiering, där en stor del av bibränslets vatteninnehåll torkas ur bränslet.

elpriser medför i sin tur att industrin motiveras att använda bästa tillgängliga teknik, då det innebär minskade utgifter.

Industrin blir också allt bättre på att tillvarata spillvärme och tillföra denna till fjärrvärmesystemen där värmen kan tillgodogöras i bebyggelsen. Effektivare energianvändning inom industrin förutspås komma genom aktiva beslut inom företagen i kombination med teknikutveckling. Diskussionerna om energieffektivisering går emellanåt heta mellan industri och politik. Den svenska industrin påtalar i dessa sammanhang att man med nya eller förändrade spelregler inte får orsaka försämrade konkurrensvillkor. Styrmedel, skatter och lagstiftning behöver harmoniera med den internationella marknaden.

Tittar vi framåt mot år 2050 så har industrin sannolikt gått mot ökad förädling och ett ökat inslag av tjänster. I skogsindustrin kan ny process-teknik, utnyttjad i till exempel kombinat, ge möjligheter att utnyttja råvarorna bättre och leverera kemikalier, bränslen och el vid sidan om cellulosa-produkter – papper, kompositer, förpackningar med mera. Det innebär att pappers- och massa-fabrikerna i framtiden kan använda ”egentillverkad” energi i allt högre grad och till och med bli leverantörer av el och spillvärme.

## VISSTE DU ATT...

Tankeförbudet om kärnkraft syftar på en paragraf i en lag som infördes efter folkomröstningen om kärnkraften i Sverige år 1980. Lagen innebar att det, utöver förbudet att uppföra nya kärnreaktorer, också blev förbjudet att förbereda uppförandet av en kärnreaktor i Sverige. Förbudet har inte inneburit ett stopp av forskning om kärnkraft men det har hela tiden funnits kritik mot denna paragraf för att ändå ha inneburit inskränkningar av den fria forskningen.

Efter beslut i riksdagen år 2006 ströks paragrafen ur lagtexten. I februari år 2009 enades vidare den borgerliga alliansregeringen om att tillåta att uttjänta verk ersätts och en lagändring i detta syfte trädde i kraft 2011.

## Exempel på framtida tekniker för elproduktion

*I närtid* dominerar de nu kända storskaliga teknikerna och de småskaliga som vind- och biogas, men i en framtid kan även vågkraft och solceller bidra med en liten del el. Samtliga kan ge värdefulla tillskott men löser inte de stora behoven. Utvecklingen av bioalternativen har en mellanställning beroende på om lämpliga grödor kan odlas på skogs- och åkermark eller på mark som inte brukas idag.

*På medellång sikt* kan nya kärnkraftstekniker som minskar riskerna och använder bränslet bättre komma att utvecklas. Även solenergi kommer att fortsätta utvecklas både för el och för värme. Grön kolkraft, det vill säga kolbaserade tekniker med koldioxidlagring och kvalificerad reningsteknik, kan komma att utvecklas och då kan man även få drivmedel för transporter från denna källa. Idag är solceller för elproduktion en realitet på marknaden medan direkt väteproduktion, från så kallad artificiell fotosyntes av allt att döma har flera tiotals år innan det når en sådan etablering.

*På lång sikt* kan artificiell fotosyntes och relaterade tekniker eller andra bränslen, till exempel alkoholer, komma att utvecklas. Dessa tekniker kan ge vätgas och skulle kunna utgöra en bas för ett vätgassamhälle. Men lika väl kan fusionskraft vara ett



utvecklingsspår på lång sikt, liksom kärnkraftstekniker med naturligt uran eller torium som bränsle. Vätgas kan också komma att framställas via biotekniska lösningar, till exempel väteproducerande bakterier. En möjlig utveckling mot ett vätgassamhälle utmanas dock hela tiden av el som en beprövad och sedan länge utvecklad energibärare där elen framställs både med konventionell teknik och solceller. Till exempel bedöms el från solceller ofta som ett mera sannolikt scenario än väteproducerande solceller. Men olika vägar måste prövas och oväntade upptäckter kan förändra de olika scenariernas sannolikhet.

### KÄRNKRAFT

I ett kärnkraftverk kan el produceras via den värme som uppstår då atomer i det radioaktiva grundämnet uran klyvs. Värmen används för att hetta upp vatten som förångas och som i sin tur driver en turbin som genererar el. Tekniken som används i den typ av kärnkraftverk som är förekommande idag kallas fission, eller kärnklyvning. I kapitel 5 kan du läsa mer om kärnkraftsteknik.

Kärnkraft som energikälla finns i ett trettiotal länder världen över och omkring 440 kärnkraftsreaktorer är i bruk.

De senaste 20 åren har kärnkraftsutbyggnaden varit koncentrerad till Sydostasien och länder som Kina, Japan, Sydkorea och Indien. På senare år har dock intresset för kärnkraft som energikälla vuxit även i ett antal västländer. Länder som Finland och Frankrike satsar nu på kärnkraft igen. Efter kärnkraftsolyckan 2011, i Fukushima i Japan, har dock vissa länder åter blivit tveksamma till att använda kärnkraft. I Tyskland har man fattat beslut om att fasa ut kärnkraften helt.

På kärnkraftsområdet pågår omfattande internationell forskning. För framtiden är säkerheten och hanteringen av det radioaktiva avfallet de viktigaste frågorna. Mycket har också satsats på att öka effekten i våra befintliga kraftverk och kärnkrafttekniken har utvecklats sedan nuvarande reaktorer konstruerades. Med ny teknik har den totala kärnkraftsproduktionen ökat utan att antalet reaktorer har ökat. För framtiden kan bland annat ny så kallad transmutationsteknik komma att användas för att minska mängden långlivade radioaktiva ämnen i använt kärnbränsle från dagens reaktorer.

Annan forskning rör nästa generations kärnkraft, den fjärde. Förhoppningarna är att få fram

både så kallade högttemperaturreaktorer och bränsle-reaktorer. I dessa kan använt bränsle från dagens reaktorer återanvändas, vilket gör att mängden långlivat radioaktivt avfall som kräver komplicerade och dyrbara slutförvar kan minskas drastiskt. Det forskarna hoppas på är att hitta sätt för att utnyttja bränslet effektivare än i dagens lättvattenreaktorer där mindre än en procent av uranet bidrar till energiproduktionen. Målsättningen är att reaktorsäkerhet, spridningsrisker, miljöbelastning och avfallshantering förbättras jämfört med dagens situation samtidigt som reaktorerna ska vara ekonomiskt konkurrenskraftiga.

## TRANSMUTATION

Transmutation är en metod för att omvandla radioaktiva ämnen till mindre farliga radioaktiva produkter. Med metoden, som ännu bara är på forskningsstadiet, hoppas man kunna minska de radioaktiva ämnens strålningstid så att merparten av de radioaktiva ämnena elimineras. På så sätt skulle mängden radioaktivt avfall som behöver slutförvaras minska avsevärt. Forskare uppskattar att man om 30–50 år kommer att ha transmutationstekniken tillgänglig att nyttja i större skala.

## På gång: NYA FINSKA KÄRNKRAFTVERK

I slutet av 2011 var drygt 60 nya kärnkraftsreaktorer under byggnad i världen, merparten i Kina, Indien, Ryssland och Korea men också ett fåtal inom EU, bland annat i Finland.

Ute på en ö, Raumo, i sydvästra Finland, 23 mil österut från Söderhamn, pågår sålunda bygget av en av världens största kärnkraftsreaktorer, Olkiluoto 3. De första elleveranserna är beräknade att ske 2014. Kostnaderna har stigit kraftigt jämfört med det ursprungliga kontraktet, till stor del antagligen beroende på att europeisk industri tappat kompetens att bygga nya reaktorer.

Det var flera årtionden sedan man senast byggt någon. Totalt beräknas Olkiluoto 3 att kosta uppemot 50 miljarder kronor.

Elbranschen räknar med att framtida kärnkraftverk på 1 600–2 000 MWe kommer att kosta något motsvarande, det vill säga 40–60 miljarder kronor. I Finland kom 2010 knappt 30 procent av elenergin från kärnkraft. Både av miljöskäl (mycket låga koldioxidutsläpp) och med hänsyn till försörjningstryggheten vill man i Finland bygga mer kärnkraft. Regering och riksdag har sålunda gett principitillstånd till två ytterligare kärnkraftsreaktorer utöver Olkiluoto 3.

## På gång: HOPP OCH SKEPSIS OM KALL FUSION

En mycket ifrågasatt teknik, som dock skapat visst hopp och mycket uppmärksamhet, är kall fusion. Kall fusion innebär fusion av atomkärnor vid förhållandevis låga temperaturer där energi kan skapas genom fusion av atomkärnor av tungt väte som finns i ett par tiotusendelar koncentration i vanligt vatten.

Idén om kall fusion uppstod i slutet av 1980-talet då forskarparet Martin Fleischmann och Stanley Pons rapporterade forskningsresultat där överskottsenergi bildats ur tungt väte lagrat i palladium. De publicerade resultaten skapade både entusiasm och stor skepsis i forskarsamhället. Skepsisen har ökat då man trots upprepade försök inte lyckats återskapa reaktionen.

Hoppet om tekniken har dock vaknat till liv igen då italienska ingenjören Andrea Rossi och fysikern Sergio Focardi i början av 2011

presenterade en apparat, E-cat, som innehåller vätgas, nickel och en del andra icke kända substanser; som efter elektrisk uppvärmning genererar energi långt mer än vad som kan förklaras från kemiska reaktioner mellan nickel och väte. Rossi arbetar för närvarande med kommersialisering av E-cat.

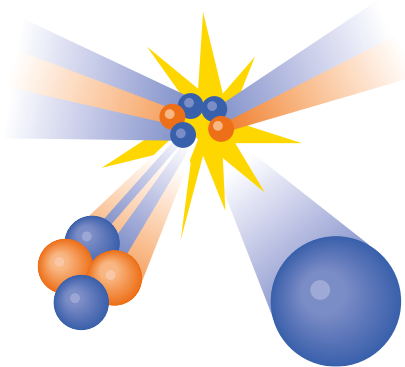
I början av 2012 presenterade det grekiska företaget Defkalion en alternativ apparat som också visat sig generera långt mer energi än vad som kan förklaras med kemiska reaktioner. De bjöd in universitet och företag att testa grundtekniken i dess kommande energiprodukter.

Det som skiljer nuvarande utveckling från tidigare arbeten med kall fusion är att man nu går direkt på kommersialisering utan att kunna förklara vad det faktiskt är som händer i apparaten. Skepsisen är dock väldigt stor i de ledande forskarkretsarna.

Dessa så kallade snabba reaktorer kan använda allt uran – både det vanligast förekommande (U-238) och det som används idag (U-235). De kallas snabba för att de neutroner som håller igång klyvningsprocessen är mycket snabbare än de neutroner som driver processen i dagens reaktorer. De kallas också bredreaktorer eftersom de tillverkar ("breed") nytt kärnbränsle genom omvandling av U-238 till klyvbart plutonium. Eftersom uranet utnyttjas effektivare med snabba reaktorer skulle nu kända urantillgångar kunna räcka i tusentals år framåt, även med ökad global användning av kärnkraft.

Dessa fjärde generationens kärnreaktorer utvecklas i ett samarbete mellan bland andra USA, Japan och många länder inom EU. De nya reaktorerna kommer inte att konstrueras bara för att producera

el. De ska också kunna användas för att producera värme och vätgas samt avsalta havsvatten i syfte att få fram dricksvatten. De snabba reaktorerna uppskattas dock inte vara klara att användas i praktiken förrän först om några decennier.



### FUSIONSKRAFT

Ett annat alternativ för energiproduktion som det finns stora förhoppningar på är fusionskraft. Till skillnad från kall fusion har denna heta fusion en solid teoretisk grund. Utmaningen är att bemästra tekniken. Elproduktion med hjälp av fusion bygger på sammansmältning av vätekärnor till heliumkärnor. Det är i princip likartade processer som frigör energi i solens inre. På jorden räknar man i första hand med att använda kärnor av tungt och tre tungt väte (deuterium och tritium). Energiråvaran för sådan deuterium-tritium-fusion förväntas räcka många tusen år framåt och har ingen alternativ användning. Konsekvenserna av även mycket svåra reaktorhaverier blir mycket små eftersom reaktorn vid varje tidpunkt innehåller små mängder av radioaktiva ämnen. Inga radioaktiva klyvningsprodukter bildas ju i fusionsprocessen. Däremot sker viss aktivering av materialen i reaktorn. Det rör sig dock om måttliga mängder som klingar av på något hundratal år. Det radioaktiva avfallet innebär därför inget stort eller långsiktigt problem.

Man har forskat på fusionsreaktorer sedan 1950-talet. De grundläggande fysikaliska problemen visade sig dock ta mycket längre tid att lösa än man då trodde. Idag har man visat både teoretiskt och experimentellt att man behärskar den grundläggande fysik som behövs för att bygga en

fusionsreaktor. I det sameuropeiska projektet JET i Culham i Storbritannien har man nått en pulseffekt från fusion på 16 MW och lyckats hålla en effekt på cirka 4 MW i flera sekunder. Men det blir stora och tekniskt mycket komplicerade anläggningar. Därför bedömer man att det behövs cirka 40 års ytterligare teknikutveckling med erfarenheter från prototypanläggningar innan vi slutgiltigt vet om tekniskt och ekonomiskt gångbara fusionsreaktorer kan börja byggas i större omfattning. Nästa stora fusionsforskningsreaktor byggs i Cadarache nära Marseille och den beräknas kunna tas i bruk från 2019. Den kallas ITER från latinets ”väg”. EU, Japan, USA, Ryssland, Indien, Kina och Sydkorea finansierar den jättelika anläggningen. Målet är att nå en effekt på 600 MW som ska kunna upprätthållas i 500 sekunder. En fungerande anläggning för energiproduktion kan vara färdig om ungefär 50 år. Man forskar också på andra tekniker för fusion, bland annat med användning av oerhört kraftiga laserpulser.

Parallellt med de tekniska aspekterna på denna forskning har man genomfört omfattande säkerhetsstudier samt sociala och ekonomiska studier för att göra en global granskning av fusionsenergis effekter. Detta arbete indikerar att framtida fusionskraftverk bör kunna göras driftsäkra så att de varken medför några större risker för befolkningen eller någon betydande miljöbelastning på lång sikt. Fusionskraftsystemens externa kostnader är låga och står sig väl i jämförelse med de externa kostnader som förutspås för förnybara energikällor.

## Fler alternativ för framtiden

### BRÄNSLECELLER

Bränsleceller fungerar ungefär som ett batteri som inte behöver laddas med el – de gör sin egen el från energin i vätgas eller annan energibärare med väteinnehåll, som exempelvis metanol. Elektriciteten från bränsleceller kan exempelvis användas till att driva bilars elmotorer. Utsläppen från den vätgasdrivna bränslecellsbilen är i princip bara vatten.

När det gäller bränsleceller kan kostnadseffektiva polymerbränsleceller få stor betydelse för utformningen av framtidens energisystem. Bland annat håller svensk forskning, med en stark tradition inom elektrokemi, på att omsättas i miljöanpassade

bränsleceller för fordon, men även bärbara apparater och utrustning för stationär energiproduktion. Med hjälp av nyutvecklade material och materialkombinationer samt livscykelanalyser demonstreras just nu laboratorieprototyper av bränsleceller med konkurrenskraftiga prestanda. Vätgasen till bränsleceller kan tillverkas från biomassa, sol, vind eller annat förnybart bränsle, men även kärnkraftverk planeras för vätgasproduktion.

En fördel med den vätgasdrivna bränslecellsbilen är utsläppen som i princip består av bara vatten. Men för att göra en helhetsanalys av bränslets miljöpåverkan måste man veta hur vätet framställs. En avgörande fråga för hur stora miljövinster som kan uppnås med bränslecellsbilar är alltså vilken energikälla som används för vätgasframställningen. För att få ett brett genombrott måste bränslecellerna bli billigare. De är fortfarande cirka tio gånger dyrare än förbränningsmotorer. En annan faktor som bromsar utvecklingen är osäkerheten kring vilka tekniska lösningar och

## På gång

### Svenskt miljöbatteri

Den svenska batteriforskaren Christina Lampe-Önnerud har lanserat ett "miljöbatteri" tillsammans med datortillverkaren HP. Det påstås vara det mest energieffektiva datorbatteriet. Samma batteridesign ska nu testas i elbilar. En förhoppning som forskaren uttryckt är att batteriet ska fungera som energilagrar för sol- och vindenergi efter att dess verkningsgrad som elbilsbatteri har minskat. Detta då spänsten i batterierna avtar över tid och att de då inte fungerar lika bra som uppladdningsbara bilbatterier – men tillräckligt bra för att lagra solenergi.

### Ikea utmanar

Ikea jobbar på flera fronter för att

hitta lösningar som ska bidra till energibesparingar och övergång till förnybara bränslen. Bland annat har företaget startat ett dotterbolag, Ikea Greentech AB, som specialiserar sig på att så småningom sälja solpaneler, vattenrenare och energismarta prylar.

### Vattenbaserade batterier

Forskare vid Uppsala universitet har konstruerat ett mycket lätt, billigt och vattenbaserat batteri där elektroderna består av cellulosa från grönalger belagda med ett 50 nm tunt skikt av en ledande polymer. Den unika nanostrukturen hos algcellulosan gör att batteriet kan laddas mycket snabbt. Forskarna förutspår att batteriet kommer att skapa helt nya teknologimöjligheter.

## PRISER PÅ SOLENERGI

Det har varit dyrt att göra el med hjälp av solenergi. Solceller har varit dyra och det har krävts olika former av stöd för att få fart på marknaden. På senare tid har dock priserna rasat kraftigt och man kan säga att solceller genomlevt sin första kommersiella kris på en öppen marknad. I vissa regioner, till exempel i Italien har man nu nått så kallat "grid parity"-pris, det vill säga den el som produceras med solceller är inte dyrare än den el man som konsument kan köpa från det konventionella elnätet. De regionala variationerna i solens bidrag är mycket stora. I Tyskland producerades till exempel sju procent av all el från solen under 2014 års första sex månader medan bidraget till världsproduktionen av el fortfarande är mindre än 0,1 procent.

Förklaringarna till prisrasen är flera, men kan bland annat förklaras med att solcellsindustrin hunnit i kapp efterfrågan i fråga om produktion av både solceller och solcellsmoduler. Samtidigt har kinesiska leverantörer kommit in på den europeiska marknaden och konkurrerat med låga priser.

Utvecklingen inom solbränslen har dock långt kvar innan denna teknik är redo för marknadsintroduktion och kommersialisering. Tidigast om 10–20 år bedöms tekniken ha nått så långt.

vilka drivmedel som kommer att bli dominerande i framtiden.

Via olika EU-projekt har exempelvis välgasbussar med bränsleceller testats under flera år med gott resultat, bland annat i Stockholms lokaltrafik. Flera av de stora biltillverkarna räknar med att det kommer att finnas kommersiella fordon som drivs med bränsleceller inom 10–20 år. Bränslecelltekniken utmanas dock av batteriteknik och eldrivna fordon. Bedömningen av bränslecellers konkurrenskraft i relation till batteriteknik för fordon har svängt snabbt till den senares fördel på bara några år. Exemplet illustrerar något som vi troligen får vänja oss vid, att uppfattningen av bäst teknik och bästa lösningar kan variera snabbt.

## KRAFT FRÅN SOLEN – SOLEN SOM BRÄNSLE

Solen är ursprungskällan för mycket av den energi vi nyttjar idag. Solen är också den mest lovande källan för framtidens energi. Bara en bråkdel av den kapacitet som kommer ur solen nyttjas idag. Trots att solens potential som energikälla är känd sedan länge har det varit svårt att utveckla tekniker för att fullt ut tillvarata och omsätta solenergi på ett sätt som passar det moderna samhällets behov. Det finns redan idag en mängd olika lösningar för att tillvarata solens energi. Inför framtiden är det främst inom två områden man ser stor potential: el som produceras med så kallade solceller samt så kallad CSP-teknik. För framtiden sätts också hopp till den teknik som gör det möjligt att direktomvandla solens energi till så kallade solbränslen.

I jakten på energikällorna som kan ersätta de fossila bränslena har forskningen på området blivit allt mer intensiv. Inlärnings- och utvecklingskurvan för hur vi i framtiden ska nyttja solen som energikälla lutar kraftigt uppåt. Samtidigt pekar kurvan för priserna på solceller, vilka hittills varit mycket kostsamma, åt motsatt håll. Kostnaderna för solceller har minskat till hälften under de senaste fem åren och kostnaderna väntas inom det närmste decenniet halveras ytterligare.

Under de senaste åren har andelen installerad el från solceller ökat kraftigt. Inte minst i Europa, där solcellsinstallationerna mer än tredubblats under perioden 2008 till 2010. Globalt dominerar tekniken för generering av solens energi till el av kisel-solceller. På senare år har även tunnfilmssolceller vunnit mark. Tunnfilmssolcellen är billigare att producera, men har en lägre effektivitet än kisel-solcellen. Grätzelcellen är ytterligare ett exempel på solceller som alstrar elenergi. Läs mer om de olika teknikerna i kapitel 5.

En annan teknik för att nyttja solens energi är solfångare med så kallad CSP-teknik (Concentrating Solar Power), som fångar solens energi och omvandlar den till värme. Värmen kan sedan användas för att värma vatten eller luft. Genom att hetta upp vatten till het vattenånga kan man driva en ångturbin som i sin tur driver en elgenerator. Även tekniker för solfångare är under snabb utveckling, bland annat i en metod där solens strålar effektivt hettar upp vatten vars ånga sedan används för att driva en turbin som genererar elektricitet.

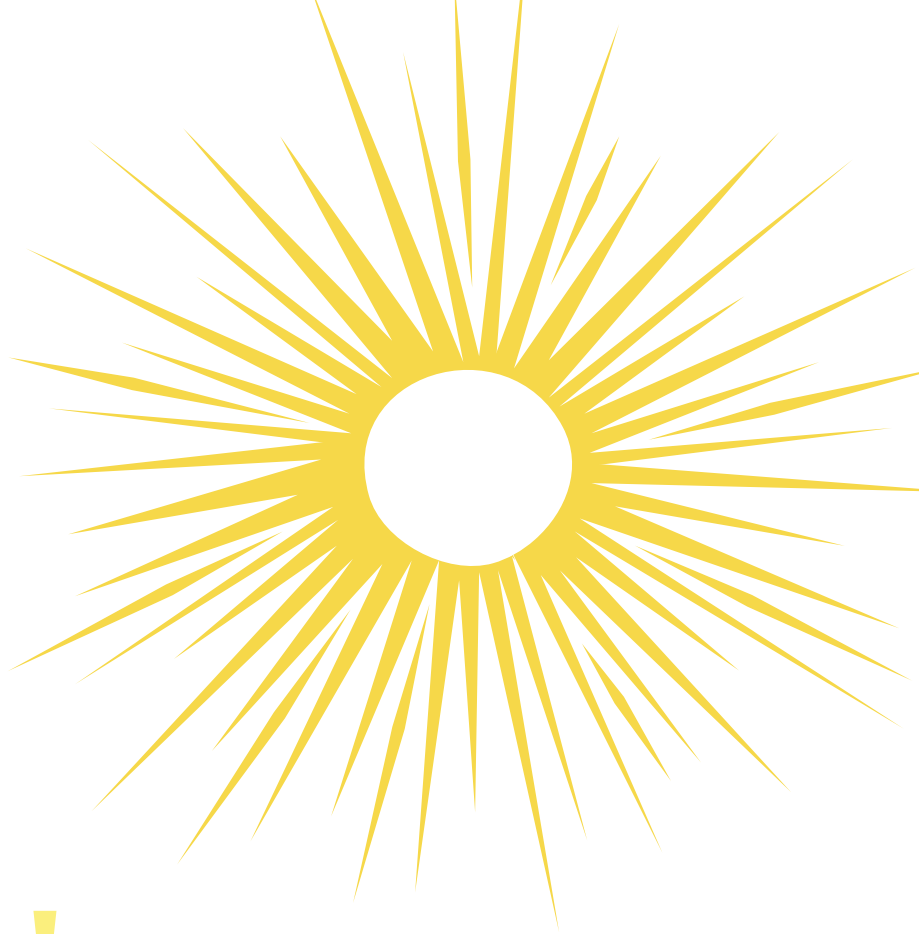
Det faktum att solen inte lyser hela tiden, och heller inte alltid lyser på de områden där vi bäst kan tillvarata dess energi, gör också att behovet av lagring är stort. Inte minst för oss i Skandinavien, där den mesta solenergin finns tillgänglig under sommarhalvåret.

De gröna växternas unika förmåga att via fotosyntes omvandla och också kunna lagra solens energi fascinerar. Fotosyntesen, upphovet till allt liv på jorden, är hittills det bästa sättet vi känner till om hur man kan lagra solens energi. Växterna utgår från de oändliga, förnybara råvarorna vatten, solenergi och luftens koldioxid och omvandlar dessa till kemisk energi som sedan förädlas till energiprodukter (biomassa). Växterna använder alltså koldioxid för sin uppbyggnad av kolhydrater som de omvandlar till stärkelse och cellulosa. Växterna kan på så sätt ta upp den koldioxid som vi släpper ut då vi förbränner olja, kol och naturgas.

På många håll i världen pågår forskning för att efterlikna den naturliga fotosyntesen i artificiella miljöer. Målet är att kunna omvandla en del av solenergin till en lagringsbar energibärare, till exempel vätgas, som efter behov kan utnyttjas för produktion av el, värme och drivmedel. Om några decennier hoppas forskarna att tekniken är mogen för kommersialisering.

Utifrån visionen om att direkt kunna omvandla solens närmast outtömliga energiresurs till direktanvändbara bränslen pågår en mängd andra satsningar inom ett område som kallas solbränsleforskning. Solbränsle är ett relativt nytt begrepp som röner både intresse och stort hopp för framtiden. Solbränsleforskningen handlar om att hitta nya former för direktomvandling av bränslen från solen, till exempel genom att skapa alkoholer och kolväten. Ännu är tekniker för framställning av solbränslen en bit från kommersiell etablering. Mycket av forskningen på området är ännu på grundläggande nivå. Läs mer om solkraft och de olika teknikerna för att fånga solens energi i kapitel 5.

Solen har blivit allt vanligare under senare år. Länder som har satsat stort är Tyskland, Japan, Spanien, Italien och USA. Kina är ett exempel på ett land som vinner marknadsandelar i rasande fart. Solproducerad el används med fördel på ställen som ligger avsides och långt ifrån det vanliga elnätet, men kan också kopplas till detta. På så



### VISSTE DU ATT...

...ett ordinarie villatak tar emot cirka fem gånger mer solinstrålning än husets totala energiförbrukning under ett år:

...sommartid har Sverige en lika stor solinstrålning som Medelhavsområdet. Detta beror på att vi har så långa dagar.

### På gång: ARENA TÄCKS AV SOLPANELER

Taiwans största idrottsarena heter Kaohsiung World Stadium och tar 55 000 besökare. Då arenan invigdes 2009 var den inte bara landets största, utan också världens första idrottsarena som får en stor andel av sin energi från solen. Hela 75 procent av elbehoven täcks av de nära 9 000 uppsatta solpanelerna som täcker arenans takyta.

### På gång: SOLKRAFTSREKORD

Under 2011 slogs rekord i andelen ny installerad solkraft i Tyskland. Över fem miljoner hushåll fick då el från solen. Solkraft utgör ännu så länge bara tre procent av Tyskland samlade elproduktion men förväntas växa till tio procent fram till år 2020.

## På gång: FÖRBÄTTRADE SOLCELLER

Billigare, lättare och böjligare tunnfilmssolceller; det är var forskare vid amerikanska Los Alamos National Laboratory hoppas på då de visat att buntar av kolnanorör är suveräna på att såväl absorbera solljus som att generera ström av

de uppfångade fotonerna. Det är inte bara dessa forskare som sätter hopp till hur nanoteknologi ska förbättra solcellernas hållbarhet och verkningsgrad. Även i Sverige pågår forskningsprojekt inom detta område.

## På gång: VÅGKRAFTSPROJEKTET I LYSEKIL

På den svenska västkusten utanför Lysekil pågår en stor satsning inom vågkraft. Det är företaget Seabased som fått statligt stöd för ett projekt som totalt omfattar 340 miljoner kronor i investering. Till detta bidrar staten med cirka 40 procent av kostnaden.

Projektet innebär att 420 våg-energiomvandlare kommer att tillverkas i Lysekil för att sedan driftsättas och utvärderas i havet nordväst om Smögen. Seabaseds vågkraftspark beräknas ha en drifttid på minst 20 år.

## SOLCELLER

Den idag vanligaste typen av solcell, kiselcellen, tillverkas av en tunn skiva av halvledarmaterialet kisel, vilket är samma material som används inom mikroelektroniken. Solceller omvandlar solljus direkt till el i form av likström. De skiljer sig från solfångare, där solstrålningen används för att producera varmt vatten.

De bästa solcellerna omvandlar cirka 20 procent av solstrålningen till elektricitet.

vis kan producenten sälja överskottsel till nätet, och köpa vid underskott. En del förespråkar att solkraftsanläggningar ska placeras i Sahara och skickas till Europa genom kablar som högsänd likström. Andra är skeptiska till att en sådan lösning är tekniskt realistisk och pekar också på sårbarheten med ett sådant system.

### VÅGKRAFT EN TEKNIK UNDER UTVECKLING

Ett besläktat energiområde till solkraft är våg-



## VISSTE DU ATT...

...enligt forskare vid Ångströmlaboratoriet i Uppsala finns en potential i vågkraften som kan ge så mycket som 2000 TWh i årlig elproduktion – bara i Europa. Detta motsvarar hela Västeuropas elbehov.

kraft. Det kan låta konstigt eftersom vatten och sol inte verkar höra ihop. Nästan tre fjärdedelar av jordens yta består av hav. Och på den ytan hamnar cirka tre fjärdedelar av den solenergi som faller över jorden. Förutom att värma upp havsytan överförs solstrålning även till vindar, vars rörelseenergi överförs till vattnet när vinden bromsas upp mot havets yta.

Idag är vågkraft en marginell energikälla som är förhållandevis dyr. Ändå är vågenergi mer komprimerad, eller samlad, än andra förnybara energikällor och ger ofta 15–20 gånger mer tillgänglig energi per kvadratmeter än både vind och sol. Ju större vågor, desto mer energi innehåller de. Varje gång en vågs höjd fördubblas, fyrdubblas dess lokala energiinnehåll.

De senaste tjugo årens forskning inom vågkraft har nästan enbart gällt anläggningarnas mekaniska del. Liten kraft har lagts på att utveckla själva generatoren. Nu pågår i stället försök för att omvandla vågkraftens långsamma, pendlande rörelse till den snabba rotation som konventionella generatorer har. Genom att använda bojar som är direktkopplade till en linjär generator tror svenska forskare att det går att få ut elektricitet till ett konkurrenskraftigt pris.

### VÄTGASSAMHÄLLET EN FRAMTIDSVISION?

En framtidsvision är ett uthålligt och helt koldioxidfritt energisystem med el och väte som energibärare. Men det kommer att ta lång tid att nå dit – kanske 50 år – och kräva många tekniska och marknadsmässiga mellansteg. Detta scenario kräver en ny form av vätgaskälla, i en teknik som ger vätgas ur solenergi.

Det finns mycket som lockar när man ser till möjligheterna för vätgas. Inte minst är det renhe-

ten som lockar. När vätgas förbränns bildas i stort sett bara vatten, så länge temperaturen inte blir för hög för då bildas kväveoxider.

I ett fullt utvecklat vätgassamhälle har detta, det enklaste av alla grundämnen, ersatt inte bara dagens flytande motorbränslen utan också den naturgas, olja och kol som vi nu använder för uppvärmning. En del långväga energitransporter kanske sker med hjälp av pipelines fyllda med vätgas.

Vätgasen måste emellertid produceras och frågan är hur detta kan tänkas ske i stor skala utan att vätgassamhällets renhet går förlorad. Ibland glöms det senare bort i diskussionen om ett vätgassamhälle. Elektrolys av vatten är en möjlighet, men det kräver stora mängder el och den måste också produceras. El är också avsevärt lättare att använda än vätgas. Kommer denna el från sol- eller vattenkraft är hela kedjan ”ren”. Kommer den från fossila bränslen är den inte att betrakta som ren, om inte koldioxiden och andra föroreningar kan bindas.

Vid höga temperaturer, mer än 900 grader, kan vatten spjälkas i väte och syre. Detta, som kallas

termisk eller termokemisk sönderdelning av vatten, är en metod som utvecklas i samband med den nya fjärde generationens kärnkraft. Då kommer vätet från kärnkraft som inte bidrar till växthus-effekten. Ett annat möjligt sätt, ännu på grundforskningstadiet, är direkt framställning av vätgas via konstgjord fotosyntes eller genom att modifiera bakterier för produktion av gasen genom så kallad artificiell fotosyntes.

Gemensamt för alla dessa tekniker är att de befinner sig på ett tidigt forskningsstadium och att de ännu har mycket låg verkningsgrad. Men det är idag. Om 50 år kan de ha utvecklats till stora energiproducenter.

Då det gäller bränsleceller finns det både tekniska och ekonomiska problem att lösa. De behöver bli billigare, vilket de förmodligen skulle bli vid en bredare användning än dagens. Distribution och lagring av vätgasen kräver också en hel del teknikutveckling.

## EL OCH VÄTE

En viktig skillnad mellan väte och el är att el är ett beprövat sätt att bära energi medan väte är jämförelsevis oprövat. Båda bärarna har en begränsning när det gäller lagring; el är svår att lagra men vi har batterier som en fungerande lösning för detta liksom vattenmagasin. Med väte är det svårare, men det kan lagras i gasbehållare under högt tryck, som flytande väte eller som en kemisk förening i till exempel metallhydrider.

Trots att vätgasforskningen ännu är i sin linda, finns det många scenarier som pekar mot ett framtida vätgassamhälle och stora forskningsinsatser görs världen över.

## På gång: VÄTGASSAMHÄLLET ISLAND

Island har under ett antal år satsat på ett vätgassamhälle. Redan idag är det i stort sett bara transporterna som sker med fossila bränslen då Island får nästan all sin el från vattenkraft och värmebehovet täcks med geotermisk värme. Islänningarnas vision är väg- och sjötransporter baserade på vätgas.

Den vätgas som ska användas för transporter ska

produceras genom elektrolys av vatten. Vätet ska sedan driva bränsleceller som ska producera el för till en början eldrivna fordon som bussar, lastbilar och personbilar.

Även fiskeflottan ska drivas med vätgas. På längre sikt finns det förhoppningar att isländsk vätgas ska bli en stor exportvara.





# Historia, ekonomi och livsstil

## Frågor att fundera över:

- Hur mycket av lösningen för att möta framtidens utmaningar inom energiområdet tror du ligger i förändrade attityder, beteenden och livsstilsförändringar?
- Är ekonomiska styrmedel ett bra sätt för att driva på utvecklingen för nya tekniska lösningar inom energiområdet?
- Var i din vardag kan du effektivisera din energianvändning?
- Om information om hur du i din vardag använder energi vore mer synlig eller lättillgänglig, skulle du då vara mer benägen att förändra något i ditt sätt att använda energi?

## SIKTA FRAMÅT – BLICKA BAKÅT –

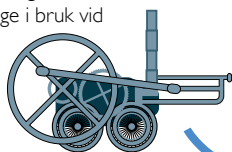
Många av dagens diskussioner om framtidens utmaningar handlar om hur vi ska skapa en värld som inte är beroende av fossila energikällor. Gör vi ett försök att blicka in i framtiden är det dock svårt att se att vi till 2050 kommer att ha en fossilfri värld. I övergången till ett mindre fossilberoende samhälle är radikal energieffektivisering en av de viktiga ingredienserna för att lyckas.



Först användes ved.

1728

Första ångmaskinen i Sverige i bruk vid gruva.



När vi ser till Sveriges industriers totala energianvändning de senaste 40 åren kan vi konstatera att denna varit i stort sett konstant. Ändå har industriproduktionen mer än fördubblats. Vi har alltså kommit en bit på väg i fråga om effektiviseringar, men ännu finns mycket kvar att göra.

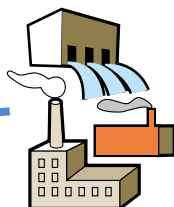
Att använda energibäraren el för en effektivare energianvändning är en av pusselbitarna. Numera är el en väsentlig del i samhället både i vår vardag och i vårt arbetsliv. Det är mycket omkring oss som upp-

hör att fungera utan kontinuerlig tillgång till el. Vi har i tidigare kapitel gått igenom framväxten av de smarta elnäten och behovet av energilagring som exempel på både möjligheter och utmaningar för elanvändningen. En fråga som många ställer sig är: om det nu finns en så stor potential för energieffektivisering, varför går utvecklingen på detta område inte fortare?

Svaret på frågan är både enkelt och ytterst komplext. Det enkla svaret är att så länge vi har tillgång till de högeffektiva fossila energikällorna som vi lärt oss att nyttja så väl, så finns inte tillräckliga incitament. De mer komplexa svaren handlar om hur vi kalkylerar med allt från vilken ekonomisk potential vi kan se för alternativa energikällor till vilka risker vi ser med olika alternativ. Våra riskkalkyler handlar i sin tur om att uppskatta sannolikheter. Till exempel kan vi kalkylera med risken för ett reaktorhaveri i relation till den energi vi kan få ur en kärnkraftsreaktor beroende på vilket värde vi sätter på att minska utsläppen

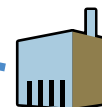
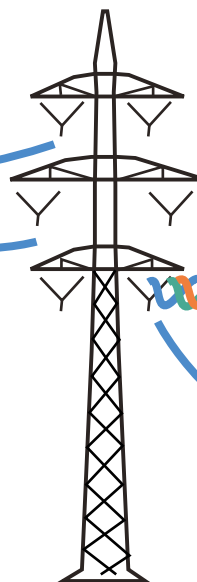
1800-tal

Industrier var i begynnelsen självförsörjande på energi i form av kolkraftverk eller vattenkraft.



1900 Ny teknik möjliggör överföring av el över riktigt långa avstånd.

1909 bildas statliga Vattenfall med uppgift att bygga ut vattenkraften i norr.



1960–1970-tal  
Kärnkraft

# LÄNGSVÄGEN MOT FRAMTIDEN

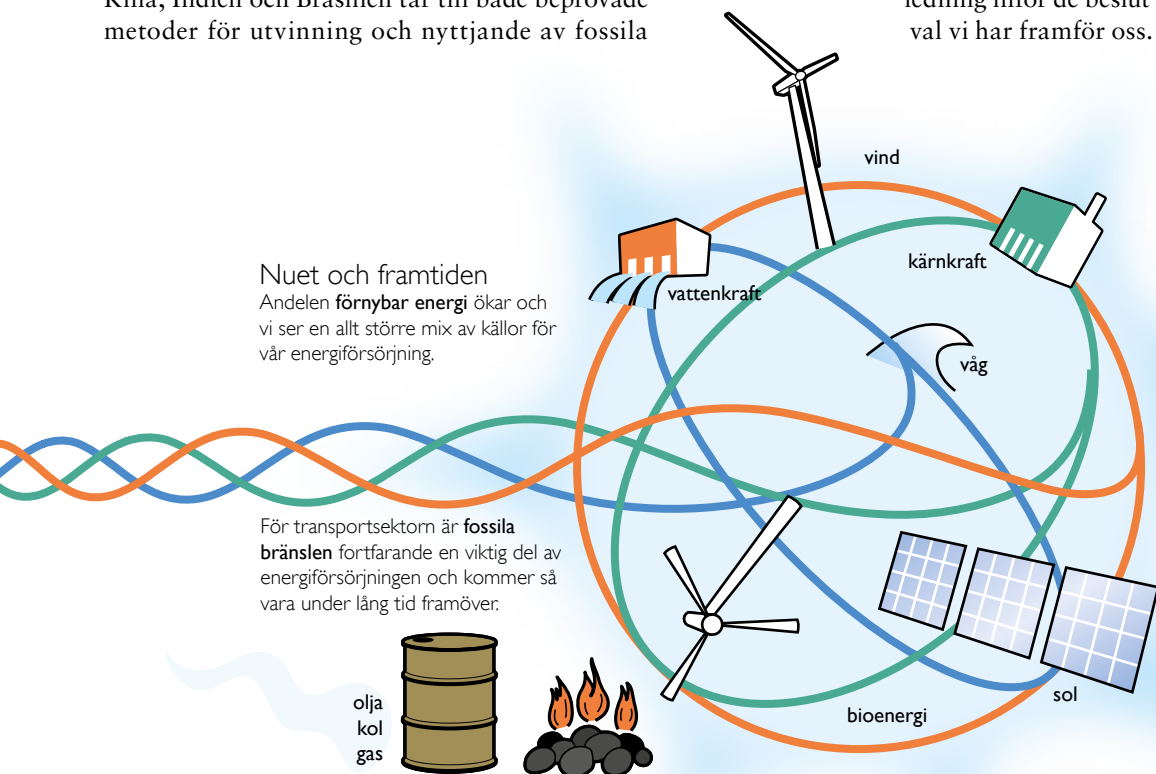
av växthusgaser. Sambanden är inte omedelbara och de slutsatser vi drar är ofta en kombination av forskningsrön, politiska ställningstaganden och personlig övertygelse. Vi kan också göra kalkyler kring hur vi ser på vår förmåga att ta till oss nya lösningar så att de blir kommersiellt gångbara.

Till den komplexa bilden kommer också allt som har att göra med våra attityder, våra beteenden och vår livsstil. För några år sedan var det inte ovanligt att höra en diskussion utgå från resonemang som ”tänk om alla i Kina levde med samma standard som vi” eller ”tänk om alla i Kina ägde lika många bilar som genomsnittsam Amerikanen, hur skulle det då se ut?”. Idag är dessa ”tänk om-resonemang” inte lika hypotetiska. Kinas ekonomiska tillväxt har ökat kraftigt och med det har levnadsstandarderna och konsumtionsmönstren för många kineser förändrats radikalt.

Behovet av energi är stort och nationer som Kina, Indien och Brasilien tar till både beprövade metoder för utvinning och nyttjande av fossila

källor och innovativa lösningar för att hitta de gångbara fossilfria alternativen. Kanske är det så att vi i Sverige och västvärlden i övrigt kommer att kunna dra nytta av den drivkraft som finns hos de växande ekonomierna, så att dessa nationer knäcker nöten och kan bidra till lösningarna som tar oss ur fossilberoendet.

Ytterligare en faktor vi behöver ha med i bilden är betydelsen av politiska beslut och styrmedel. Vilka politiska beslut kan, behöver eller rent av måste komma till för att nya lösningar ska ta fart och etableras i samhället? Inte heller denna fråga har några enkla svar. Det som dock kan hjälpa oss, då vi själva ska bilda oss en uppfattning om vad som krävs av politiker, företag och av oss själva, som privatpersoner och konsument, är att blicka bakåt och se till energisystemens ekonomi och framväxt. Genom att titta bakåt kan vi kanske få hjälp och vägledning inför de beslut och vägval vi har framför oss.



## MARKNADSMEKANISMER

Generellt kan man säga att marknadskopplade företag strävar efter att få ut så stor nytta som möjligt av de resurser (personal, material, energi med mera) som de använder i produktion av olika varor och tjänster. För att skapa lönsamhet och överleva som företag behöver värdet av de varor och tjänster som produceras vara högre än värdet av de resurser som förbrukas. Generellt fungerar också marknaden så att de företag som kan producera en viss vara eller tjänst till lägre kostnad än konkurrenterna, och därigenom kan erbjuda kunderna ett lägre pris än konkurrenterna, förtjänar att överleva. När det gäller energimarknaden är dock situationen mer komplicerad än så – och förhållandena har ändrats över tiden. Olika styrmedel i form av avgifter, subventioner, regler och lagar påverkar energimarknaden.

### Energisystemens ekonomi och framväxt

Hur samhället bäst ska använda den energi som står till vårt förfogande har varit en central fråga under många sekel. På 1600-talet, när gruvindustrin var en av landets viktigaste näringar, reglerade den svenska staten vedanvändningen – dåtidens viktigaste energikälla. Syftet med statens inblandning var på den tiden bland annat att se till att de begränsade energiresurserna inte slösades bort, utan användes till sådant som skapade ekonomi och välbefinnande i landet.

När till exempel ångmaskinerna togs i bruk i fartyg, lok och industrier så var det i princip fritt fram för var och en att investera i de nya maskinerna. Initialt handlade det om helt lokala system med kolkraftverk som kunde försörja ett fabriksområde. Situationen var likartad när de första elsystemen i Sverige byggdes i början av 1880-talet. Då påbörjades utslagningen av ångkraft i fabriker och av gaseldade gatubelysningar i städerna. Även städer, som ännu inte investerat i system för gasbelysning, byggde tidigt kraftverk i kommunal regi. När pappersbruk började anläggas längs Norrlandskusten så krävde staten dessutom att bolagen hade egen tillgång till vattenkraft (och skog) för att få tillstånd att bygga ett bruk. Därför kom

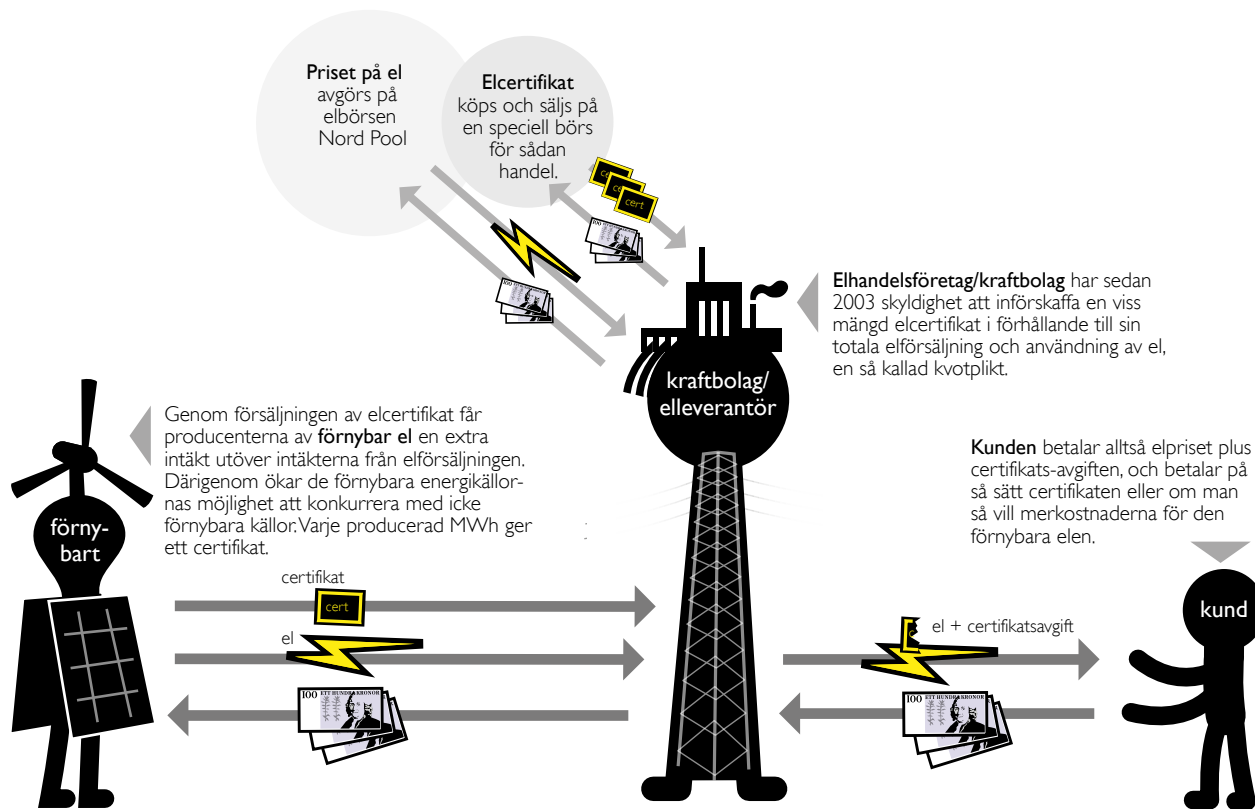
processindustrierna också att äga stora kraftbolag. På den här tiden svarade alltså företagen själva, liksom städerna, för sin egen elförsörjning.

I början av 1900-talet skedde sedan ett tekniskifte. Jonas Wenströms patenterade teknik för trefas växelström tillsammans med utvecklingen av högre spänning gjorde det möjligt att överföra elektricitet över längre avstånd. Större forsar, belägna långt från städer och fabriker, kunde då byggas ut. Lokala industrier och städer blev delägare i nybildade kraftbolag. Det visade sig betydligt billigare för dem att köpa vattenkraft från delägda storbolag än att producera kolkraft i egna små anläggningar. År 1909 bildades också statliga Vattenfall som fick uppgiften att bygga kraftverksanläggningar i ett antal statligt ägda vattendrag. Vattenfall fick också i uppgift att bygga regionala elsystem i flera regioner i Sverige.

I takt med att vattenkraften i södra och mellersta Sverige byggts ut riktades också blickarna mot de norrländska älvarna. I slutet av 1930-talet fick Vattenfall statens uppdrag att öka elproduktionen i Norrland och skapa ett nationellt stamlinjenät. För att överföra kraft från Norrland till södra Sverige krävdes nya kraftledningar med höga spänningar. Det var företagen Vattenfall och Asea som tillsammans tog sig an den utmaningen. Under 1960- och 1970-talen, när även den norrländska vattenkraften var utbyggd, byggdes storskaliga kärnkraftverk i södra och mellersta Sverige. Parallellt installerades ett datoriserat nationellt driftdata nät av världsklass.

I dag ser situation delvis annorlunda ut, bland annat till följd av avreglering och internationalisering. Flertalet processindustrier och många kommuner har sålt sina kraftbolag. Stora energibolag har vuxit, blivit internationella och mer kommersiellt inriktade. Vi producerar mycket el till relativt låga priser, vilket också varit av stor betydelse för den svenska processindustrins konkurrenskraft.

Diskussioner om alternativ energi sköt fart under 1970-talet. I spåren av oljekriser och kärnkraftsomröstning beslöt staten att vårt beroende av olja och kärnkraft skulle minska. Staten vidtog bland annat en rad åtgärder för att minska hushållens användning av olja för uppvärmning. Med stöd av skatt på eldningsolja och olika subventioner blev det lönsamt för fastighetsägare att installera värmepumpar, värmeväxlare och bättre



isolering. Därigenom kunde oljeeldningen succesivt fasas ut. På motsvarande sätt infördes höjda bensinskatter för att dels minska privatbilismen, dels öka bilägarnas incitament att köpa mer bränslesnåla bilar.

Parallellt gjordes statliga satsningar på forskning kring produktion från alternativa och förnybara energikällor.

Sverige har också intagit en framträdande roll när det gäller kommersiell användning av bioenergi, framför allt genom att utnyttja restprodukter av olika slag. I mitten av 1970-talet befann sig Sverige också på vindkraftens teknikfront. De första vindkraftverken i Sverige byggdes redan 1975. Sverige var ett pionjärland men det utvecklades ingen tidig pilotmarknad i Sverige. Nya vindkraftföretag växte i stället upp i länder som aktivt satsade på småskalig elproduktion, till exempel Danmark, Spanien och Kina. En anledning till att vindkraft inte fick fotfäste i Sverige var att det initialt handlade om små kraftverk på mindre än 100 kW. De passade dåligt in i de storskaliga svenska kraftsystemen. I dag tilldrar sig dock vindkraft och annan förnybar energi för elproduktion stort intresse i den svenska energimixen.

Ökad elanvändning, i kombination med energi-effektivisering, är viktiga ingredienser i nästan alla

miljötillvända framtidsvisioner. Men ökad konsumtion förutsätter ökad produktion. Målet är således att producera mer elektricitet och samtidigt ställa om från fossila bränslen till förnybar energi. Nu när de stora älvarna är utbyggda, och vi bestämt att bevara de outbyggda, tror många att vi ska få en ökad produktion av exempelvis vind-, sol-, och vågenergi. Tyvärr är dessa elkällor intermittenta eftersom produktionen styrs av naturen och inte av behovet. Elektricitet från dessa nya energikällor är också dyrare att framställa än den el som kommer ur den storskaliga och kostnadseffektiva vattenkraften, åtminstone under överskådlig tid.

Detta har föranlett staten att införa ekonomiska styrmedel som gör det lönsamt att investera i förnybar energi, trots att produktionen blir förhållandevis dyr. Ett exempel är de "gröna certifikaten", eller mer korrekt elcertifikat (läs mer om elcertifikat i kapitel 1 och 2). Dessa gör det lönsammare att producera el från förnybara källor och ökar därigenom intresset för att bygga fler vindkraftverk, mer småskalig vattenkraft och andra anläggningar för förnybar elenergi.

Men hur ökas lönsamheten? Jo, genom att alla företag som säljer el till oss konsumenter också måste köpa en viss mängd elcertifikat i förhållande till den el de säljer. Certifikatet köps från dem som

## GEMENSAM ELCERTIFIKATSMARKNAD

Sedan den 1 januari 2012 har Sverige och Norge en gemensam elcertifikatmarknad. Det innebär att handel med elcertifikat kan ske över landsgränserna. Målet för den gemensamma elcertifikatmarknaden är att öka den förnybara elproduktionen med 26,4 TWh mellan 2012 och 2020. Det motsvarar cirka tio procent av elproduktionen i de båda länderna.

Även om marknaden är gemensam har Sverige och Norge varsin nationell lagstiftning som styr elcertifikatsystemet i respektive land.

Källa: Energimyndigheten

## PRISET PÅ EN LITER BENSIN

Bensinpriset påverkas inte bara av priset på råolja. Närmare 60 procent av bensinpriset utgörs av skatter. Bensinskatt är ett samlingsbegrepp för koldioxidskatt, energiskatt och moms. Moms betalas på själva bensinen, men också på skatten. Sedan början av 1980-talet har skattens andel av priset ökat kraftigt. Även grundpriset på bensin varierar kraftigt och nedanstående är ett exempel på hur genomsnittspriset på bensin och skatt såg ut under år 2011:

Produktkostnad och bruttomarginal: 6,05 kronor/liter

Moms på bensinen: 1,51 kronor

Utöver detta tillkommer:

Energiskatt: 2,91 kronor/liter

Koldioxidskatt: 2,32 kronor/liter

Moms på skatten: 1,31 kronor

Allt detta sammanräknat blir:

Pris vid pump: 14,09 kronor/liter

Varav skatt: 8,04 kronor/liter

Skattens andel av priset: 57,09 procent

Källa: [www.ekonomifakta.se](http://www.ekonomifakta.se)

äger vindkraftverk och andra förnybara anläggningar och som tilldelas elcertifikat i proportion till hur mycket el de producerar. De som investerar i förnybar energi får alltså intäkter både genom elförsäljning och genom att de får betalt för sina certifikat.

Elleverantörerna är skyldiga att varje år redovisa sin elförsäljning eller elanvändning och måste sedan köpa elcertifikat motsvarande en viss andel (kvot) av denna. Den som är kund betalar i sin tur



## VISSTE DU ATT...

Fram till början av 1980-talet gick skatten på bensin för ändamål inom transportsektorn till exempelvis utbyggnad och underhåll av vägar. Därefter har de pengar skatten genererar gått direkt till den gemensamma statskassan och kan användas till allt från arbetsmarknadsåtgärder till infrastruktursatsningar.

en elcertifikatavgift som är producentens kostnad för certifikaten utslaget på samtliga sålda kWh.

För att stimulera investeringar i förnybar energi har Sveriges riksdag beslutat att öka kvoten elcertifikat för varje år. Detta leder till att elleverantörerna behöver köpa allt fler certifikat för varje år. Hur stor kostnaden blir för elkunden varierar med marknadspriset på elcertifikat och den kvot som gäller för aktuellt år. Sedan starten år 2003 har kostnaden varierat mellan två och sju öre per kilowattimme.

Staten använder en bred flora av styrinstrument för att påverka energisystemen på olika sätt. Det finns lagstiftning, direktiv, regler, uppdrag till myndigheter och en verktygslåda av ekonomiska styrmedel att ta till. Numera påverkar EU också lagstiftningen direkt genom olika EU-direktiv. Fortfarande ligger besluten om skattesatser och om mindre omfattande åtgärder på nationell nivå.

Vissa lokala styrmedel utgörs av detaljplaner för tätorters utbyggnad. Eftersom kommunerna har ett planmonopol som innebär att de har ensamrätt att bestämma hur marken inom vissa områden i kommunen ska användas så kan de tvinga fram även energiåtgärder. Till exempel kan de skriva in i detaljplanen för ett område att nya fastigheter ska byggas så att de inte förbrukar mer än en viss mängd energi. De kan exempelvis bestämma att en byggnad bara får förbruka X kilowattimmar el per kvadratmeter. I vissa nya projekt finns också en rad andra krav om återvinning av värmeenergi eller att en viss andel av fastighetens elförbrukning ska komma från produktion inom fastigheten. Exakt hur detta löses är dock upp till de enskilda byggbolagen att komma fram till. EUs krav på energideklarationer för byggnader påverkar också olika byggnormer (läs mer om detta i tidigare kapitel).

Då åtkomst till energikällor och energipriser genom historien varit intimt förknippade med

tillväxt blir alla beslut som påverkar energipriset laddade. Företag och industrier efterlyser tydlighet och långsiktighet. Väl fungerande energimarknader är under alla förhållanden i samhällets intresse. Utbud, efterfrågan och konkurrensförhållandena på de olika energimarknaderna påverkar effekten av energi- och klimatpolitiska åtgärder.

De mål som Sverige och EU satt upp för att minska utsläppen av växthusgaser och öka andelen förnybar energi både för elproduktion och inom transportsektorn kräver åtgärder som är förknippade med kostnader. Inom den närmaste framtiden kommer vi att ställas inför ett antal vägval där vi tvingas göra prioriteringar utifrån vad vi tror blir den mest kostnadseffektiva vägen framåt. Olika former av styrmedel kommer att påverka hur och vad vi prioriterar. Kunskaper om energikällor, energisystem och energimarknader utgör en god grund för de beslut vi behöver ta för framtiden. Men även insikter i alla de komplexa samband som finns mellan attityder, beteenden och livsstil kommer att avgöra hur vi ser på de olika valen i varje vägsval vi hamnar vid.

### **Livsstil, attityder och inlärd beteenden**

Allt fler börjar tala om behovet av att ändra vårt sätt att leva, vår livsstil. Begrepp som hållbar utveckling, hållbar energiproduktion och hållbar tillväxt hörs i alla möjliga sammanhang. Men vad betyder det egentligen?

I praktiken kan en ingrediens till ett hållbart samhälle vara att vi blir medvetna om när vi använder energi som vi egentligen inte behöver. I takt med att vår kunskap om samband mellan energi och miljöproblem ökar, ökar också vår medvetenhet om vad vi själva kan och bör göra för att förändra vårt beteende och minska den negativa verkan på miljön, som är en följd av vår energianvändning.

För vissa kommer ett dåligt samvete som ett brev på posten. Kanske börjar vi fråga oss om vi borde leva annorlunda. Men vem tjänar på ett dåligt samvete?

Frågorna vi alla bör ställa oss, trots att de kan framstå som obekväma och svårbesvarade, är: Vem bär egentligen ansvaret för att minska beroende av fossila bränslen? Vem är det som ska ta det fulla ansvaret för de miljöproblem som uppstår till följd av hur vi använder icke förnybara energikällor? Vem ska ta ansvaret för att de begränsade resurserna fördelas rättvist över hela vår planet? Frågorna är inte lätta att besvara. Men tittar vi framåt så kommer vi alla sannolikt att bli mer och mer uppmärksamma på, och därmed också medvetna om, vår egen energianvändning. Det bidrar sannolikt också till ett mer intelligent sätt att använda energin. Det kan gälla allt från att energibesiktiga hus till ny energieffektiv elektronik.

Det finns teknik som enkelt kan uppmärksamma oss på vår förbrukning. Genom att installera en liten mätare som visar exakt hur mycket energi som förbrukas, till exempel när vi tar ett bad eller steker kyckling i ugnen, får vi en bild av hur mycket vi förbrukar i olika sammanhang. Detta kan användas som ett bra verktyg i den vardagliga planeringen för effektiviserad energianvändning.

I framtiden kan vi få se andra lösningar för samhällsplanering. Det kan gälla smartare och smidigare kollektivtrafik eller stadsplanering som möjliggör färre resor. Olika former av trängselavgifter utvecklas också i städer världen över. Hur städer är byggda och planerade kommer att spela en stor roll för övergången till fler energisnåla byggnader och ett nytt sätt att tänka kring resor. Många producenter, tillverkare och industrier kommer inte bara att se över energi- och miljöfrågorna i sin egen produktion, utan även tillgodose konsumenternas ökade krav på produkterna.

### **På gång: ELAN KARTLÄGGER MÄNNISKAN**

I forskningsprogrammet ELAN undersöker Elforsk, kraftindustrins forskningsbolag, hur människans beteende och värderingar påverkar elanvändningen. Programmet har pågått sedan 1998 och omfattar en mängd olika projekt. Ett av dessa, Visual Wattch, har gått ut på att se om kommunikation med mobiltele-

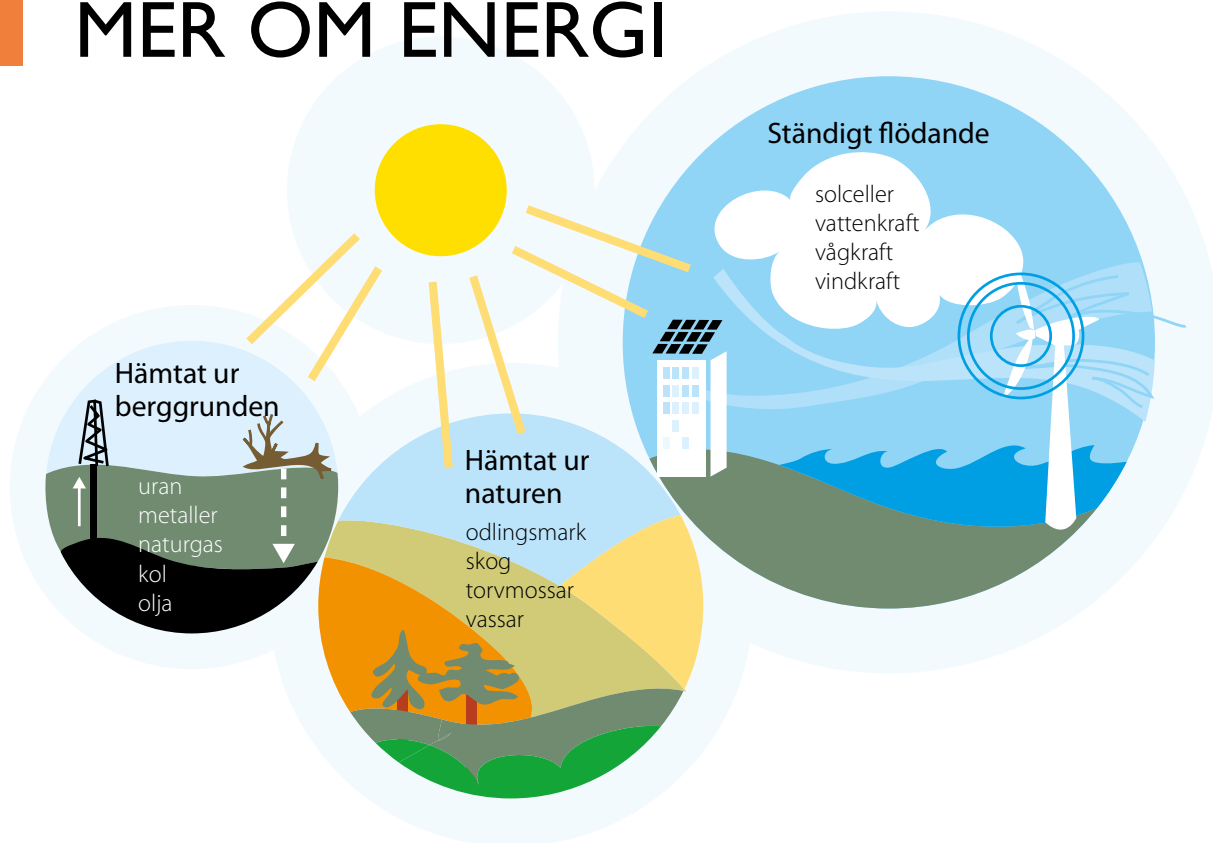
fonen som verktyg kan påverka konsumentbeteenden och åstadkomma energieffektivisering. Inom ramen för projektet har man bland annat tittat på hur en tjänst bestående av en skärmläckare för en modern mobiltelefon, som ger förbrukningsinformation från hemmet i realtid, kan påverka konsumentbeteenden.





# Mer om energikällor, deras kvalitet och användningsområden

# MER OM ENERGI



Grundenheten för energi är en joule, som motsvarar en ganska liten energimängd (en sockerbit innehåller cirka 50 joule). Energi mäts därför oftast i kilowattimmar, kWh, som är en betydligt större energimängd. En kilowattimme är lika med 3,6 miljoner joule och motsvarar den kemiska energin i en deciliter olja eller ett halvt kilo färsk björkved.

I energisammanhang måste man skilja mellan begreppen energikällor och energibärare. Olika energislag (fossilenergi, vattenkraft, bioenergi, sol eller vindkraft) kan omvandlas till energibärare som elektricitet eller vätgas. Elektricitet är alltså inte en energikälla. El kan transportera energi som är framställd ur en rad olika källor. Likaså är vätgas en energibärare som kan bli värdefull i framtida energisystem. Energin i biomassa kan bland annat omvandlas till energibärare som el, biogas, etanol och metanol.

Vid valet av energikälla måste man också ta hänsyn till valet av energibärare. Precis som det

behövs elkablar för att distribuera energi behövs också tankstationer för till exempel bensin, biogas eller etanol. Det är därför man ofta talar om energisystem, som inkluderar energikällornas infrastruktur och transportsätt.

## Förnybart eller ej – indelning av energikällor

Man kan dela in energi som förnybar och icke förnybar energi. Den förnybara energin kommer från ständigt flödande källor som sol, vind och vatten, eller från biologiska källor som, om de får förutsättningar och tid att tillväxa, ständigt förnyas. De icke förnybara energikällorna har upplagrats under lång tid – tusentals år till hundratals miljoner år av processer i jordskorpan har skapat det vi kallar fossila bränslen. Eller så är det källor som funnits ända sedan jordens tillblivelse i form av grundämnen som uran, torium, litium och tungt väte.

## Fossila energikällor

Fossila energikällor består av rester från biologiskt material (växt- och djurdelar) som inte förmultnat eftersom de hamnat i en syrefattig miljö som hindrat nedbrytningen. Under hårt tryck och höga temperaturer i jordens inre har de omvandlats till bränslekällor med ett mycket högt och koncentrerat energiinnehåll. Bergformationer och kompakta lerlager har sedan hindrat olja och gas att komma upp till jordytan. Under dessa har det bildats lager av olja och gas i håligheter som blir åtkomliga då man borrar. Dagens användning av dessa källor ligger långt över uppskattningar av nybildningstakten. De fossila bränslena innehåller dessutom många ämnen som är skadliga för miljön, till exempel tungmetaller. Vid förbränning bildas bland annat svaveldioxid och kväveoxider som bidrar till förorening av mark, skogar och sjöar. Som vi tidigare sett i kapitel två, är det även många som oroas över det höga tillskott av koldioxid som tillförs till atmosfären då man förbränner fossila bränslen och de effekter på klimatet som det kan orsaka.

## OLJA

Oljan som energikälla har varit känd i flera tusen år och använts som bränsle i stor skala sedan 1800-talets mitt. Största delen av den olja vi importerar till Sverige förädlas till bensin, dieselolja och flygbränsle. Endast en fjärdedel används som eldningsolja.

Precis som kol är olja rester av växt- och djurdelar. Genom miljoner år har växter och djur lagrats och tryckts samman så att den energi som fanns i dessa växter och djur brutits ner och omvandlats till kol och olja. Nedbrytningen sker hela tiden, men på grund av att vi förbrukar så mycket olja idag kommer den inte att kunna ersättas av nybildning i samma takt. Därför är inte energikällor baserade på olja, kol och naturgas förnybara.

Råolja, som utvinns ur de formationer under jorden där de lagrats under årmiljoner, behöver

## FOSSILA BRÄNSLEN

De fossila bränslena kol, olja och naturgas har bildats från tidigare geologiska perioders biomaterial. Växt- och djurliv startade från enkla organismer för cirka 650 miljoner år sedan och både tillväxt och artrikedom har styrts av hur klimatet och landmassornas läge ändrats.

## RÅOLJA

Råoljor har bildats ur rester av marina organismer, främst plankton som levde i varma hav och som har samlats i fördjupningar i havsbotten. Om resterna lagrats in under tätande lager av sediment har deras komplexa organiska strukturer sakta brutits ner till enklare kolväten med "geokemiska" processer under avspaltning av främst metan och koldioxid. Villkoren för uppsamling, omvandling, vandring över ofta stora avstånd i porösa sedimentlager och slutlig inlagring i helt täta reservoarer begränsar fyndbarheten till några få procent av jordklotets land- och havsområden.

## OKONVENTIONELLA RÅOLJOR

Stora mängder av vad som kallas okonventionella råoljor finns i områden med skifferlager eller tjärsand. De är fasta eller mycket trögflytande, oljeliknande produkter. Energikrävande bearbetning behövs både för utvinning, rening och upprensning. Kostnaderna för investeringar, behovet av hjälpmedel som vatten och naturgas och det faktum att miljö- och klimatfrågor ännu inte är lösta gör att deras bidrag till världens oljeförsörjning begränsas till några få procent.

## KOL

Kol har genomgående bildats ur växter, främst träd och buskvegetation i täta skogar på stränder kring varma hav. Vid klimatändringar som istider och växlingar till varmare perioder och rörelser i jordskorpan har växtmaterial täckts in under lager av sediment som isolerat biomaterialet från syre i luften.

Om sedimentlagren skapat tillräckligt högt tryck och höjt temperaturen genom värme från jordens inre har en kemisk omvandling kommit igång där främst metan avspaltats och lämnat kvar ett "skelett" av kolatomer som ofta kan ge en tydlig bild av både vilka växter som var utgångsmaterial och det klimat som rådde i tidigare perioder.

## NATURGAS

Naturgas är i till största delen metan, den organiska kemins enklaste byggsten och mest väterika molekyl. Alla råolja- och kolfyndigheter har bildats under avspaltning av stora mängder metan. Metan har delvis stannat kvar, upplöst i råoljan eller inlagrad i kolet. Större delen av all metan som bildats har vandrat

vidare i porösa sedimentlager som omgav källan till olje- eller kolbildningen varför metan också förekommer i stora mängder inlagrad i jordskorpan, ofta i skifferlager. Kol- och skiffergas har länge betraktats som "okonventionell" naturgas men inte inräknats vid bedömningar av gasreserver.

bearbetas. Bearbetningen kallas raffinering och sker i ett raffinaderi. I raffinaderier omvandlas oljan till exempelvis gasol, bensin, flygbränsle, diesel- och villaolja, tung eldningsolja och asfalt.

När man talar om en viss mängd olja brukar man räkna den i fat. Ett fat är 159 liter. År 2010 användes 85 miljoner fat varje dag. Experter och forskare är oeniga om hur mycket olja som egentligen återstår att utvinna.

### KOL

Kol bildas på ett liknande sätt som olja, men genomgår en annan process. Även kol består av fossila växt- och djurdelar som utsatts för högt tryck och hög temperatur. Men bildningen av kol tar något kortare tid och kolets sammansättning kan variera. Variationerna beror bland annat på vilken typ av växt- och djurmaterial som var dess ursprung. Kolbildning börjar som torv, som efter tryck och värme ombildas till vad vi brukar kalla brunkol, ett bränsle med ganska lågt värmevärde. Denna typ av kol finns i numera mest i USA, Kanada, Tyskland och Grekland. När brunkol utsätts för fortsatt tryck och värme i jordens inre omvandlas det till stenkol, som har ett högre energivärde.

I Sverige finns inte speciellt mycket stenkol. Många andra länder däremot, som Australien, Storbritannien, Tyskland, Kina och USA, har gott om stenkol.

Kol innehåller flera skadliga ämnen som släpps lösa när det eldas. Till exempel omvandlas svavlet i kolet till svaveldioxid, som är skadligt och kommer ut med rökgaserna tillsammans med kväveoxider och andra skadliga ämnen som bildas vid förbränningen. En del ämnen i kolet kommer ut oförändrade med rökgaserna, exempelvis kvicksilver, kadmium och radioaktiva ämnen. Kolförbränning avger dessutom stora mängder koldioxid. Med modern teknik kan dock många av de skadliga ämnena tas om hand.

Kol är världens största i naturen lagrade fossila resurs. Därför pågår mycket forskning om hur man ska använda det på bästa sätt. Många tror att stenkol kommer att användas mer när oljan och gasen börjar sina. Till exempel försöker forskare i både Kina och USA att tillverka bilbränsle, koldiesel, av kol.

Kolbrytning har länge varit och är fortfarande förknippat med stora olycksrisker och tusentals dödsfall varje år som följd. Exempelvis dödades

totalt 4 746 kinesiska kolgruvearbetare i explosioner, översvämningar och andra olyckor bara under 2006.

Kolet kommer, precis som olja och naturgas, med tiden att sina då förbrukningstakten är avsevärt snabbare än de årmiljoner det tar för att nytt kol ska bildas. Ändå tror många att de kända fyndigheterna skulle räcka i flera hundra år med dagens kolförbrukningstakt. Kol kommer successivt att bli allt billigare att använda jämfört med olja. En övergång till kol från olja skulle dock medföra en försämring, eftersom kol avger en fjärdedel mer koldioxid jämfört med olja vid förbränning.

Tekniskt är det möjligt att fånga in den koldioxid som skapas vid omvandlingen av kol till flytande form. Med hjälp av ny teknik är det möjligt att avskilja och lagra nästan all koldioxid. (Se kapitel två om lagring av koldioxid). Förfinade metoder att använda kol har lett till att ett nytt begrepp har myntats: rent kol (eng. "clean coal").

## NATURGAS

Idag är naturgas världens tredje mest använda energikälla, efter olja och kol. Naturgasen utgörs av en blandning av gaser, främst kolväten i form av metan, som precis på samma sätt som olja och kol (se ovan) har skapats av organiskt material under årmiljoner vid högt tryck och hög temperatur. Naturgas finns och utvinns i anslutning till oljefyndigheter eller i separata fyndigheter i jordskorpan. Naturgas släpper ut ungefär hälften så mycket växthusgas som olja för samma energiprestation.

När naturgasen har utvunnits ur jordskorpan transporteras den genom rörledningar, så kallade pipelines, eller i flytande form i speciella tankfartyg eller lastbilar. För att kondensera gasen till vätskeform krävs stora och avancerade anläggningar. Gasen transporteras hundratals mil i långa rör från utvinningsplatserna till platserna där den används. En 120 mil lång gasledning är under uppbyggnad på Nordsjöns botten mellan gasfältet Ormen Lange utanför Nyhamn via Sleipnerfältet till Easington i England. Sveriges gasstamnät sträcker sig endast från västra Skåne upp till Göteborg. Stockholm är inte anslutet.

Idag räknar man med att naturgasen ska räcka i 60 år med nuvarande förbruknings- och utvinningstakt. Men det finns också prognoser som

sträcker sig ytterligare hundra år framåt, eftersom man räknar med att hitta nya fyndigheter.

I Sverige är naturgasen ung som energikälla. Södra och västra Sverige har haft tillgång till gas sedan 1985. Den naturgas som används i Sverige kommer från gasfältet Tyra i den danska delen av Nordsjön. I Europa är naturgas en sedan länge etablerad energikälla. Större delen av Europa är sammanlänkat i ett gasnät som försörjs av gaskällor från Nordsjön i väster till Uralbergen i öster och från ryska ishavs-kusten i norr till Algeriet i söder. Jämfört med övriga europeiska länder så kommer en relativt liten andel av vår energiförsörjning från naturgas.

I Sverige används naturgas framför allt i kraftverk och värmeverk och som råvara till plast. I städerna används också mycket naturgas till bussar. Två tredjedelar av världens naturgastillgångar finns i USA och Ryssland. Europa, som är en storförbrukare, har bara några få procent av naturgastillgångarna.



## VISSTE DU ATT...

I Sverige finns för närvarande endast en naturgasledning, naturgasstamnätet som sträcker sig från västra Skåne och hela vägen upp till Göteborg.

De senaste tio årens utveckling av naturgasproduktion från kol- och skifferlager i USA har ändrat tidigare bedömningar om hur stora tillgångarna av naturgas är och visat att naturgas kan avlösa kol och oljeprodukter i större omfattning än vad som hittills förutsetts.

## NATURGAS ÄR FOSSIL

Naturgas kallas även fossilgas, eller i äldre benämning jordgas. Gasens ursprung är fossil, och naturgas har samma inbyggda miljöproblem som övriga fossila energikällor: Naturgasen har ett högt energiinnehåll, och andelen utsläpp av växthusgas är lägre vid förbränning av naturgas jämfört med övriga fossila bränslen. Naturgasen ger inte utsläpp av svavel eller tungmetaller, vilket är fallet vid förbränning av andra fossila energikällor.

## Kärnkraft

### KÄRNKRAFTEN I SVERIGE...

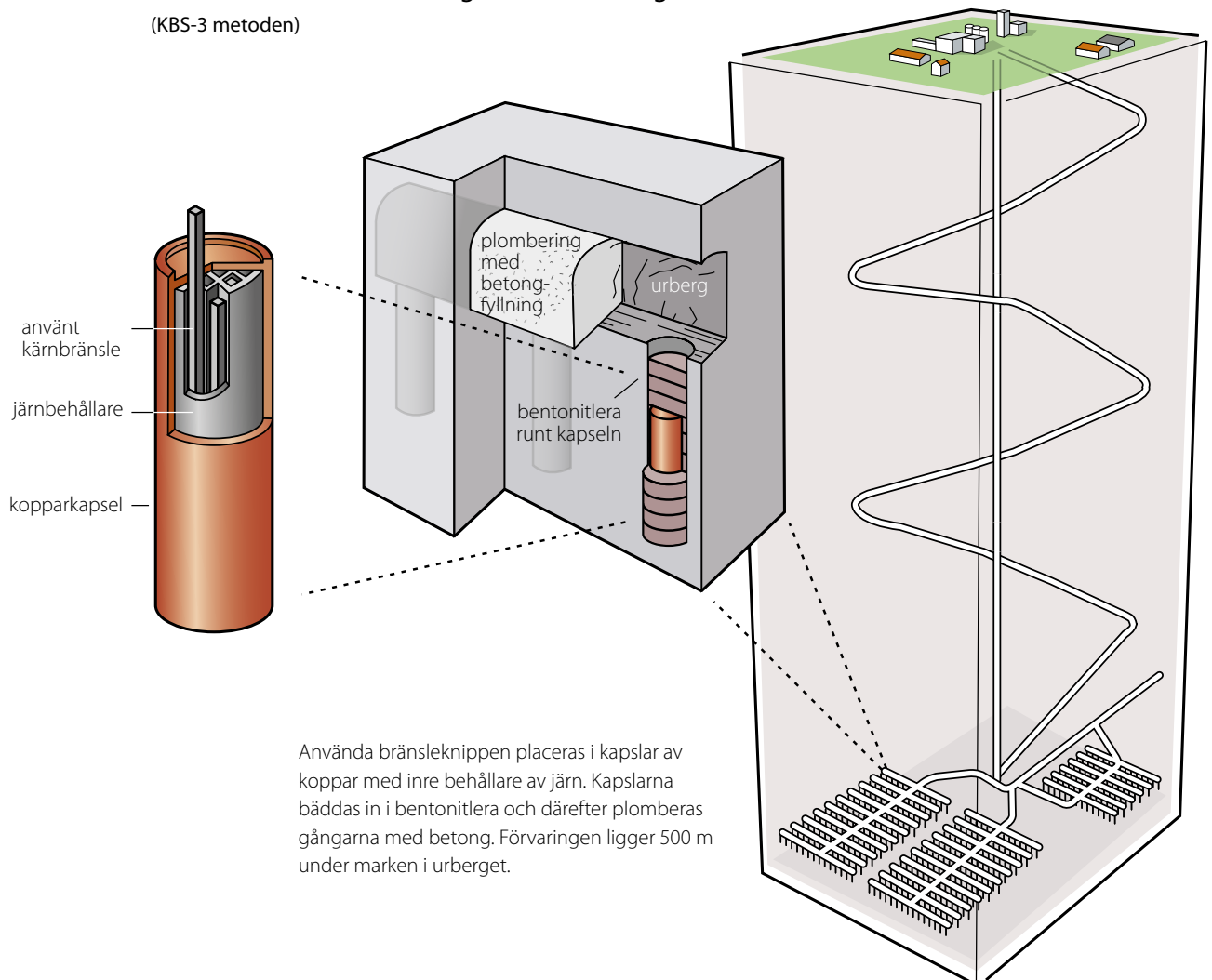
Ett kärnkraftverk är en typ av värmekraftverk, där vatten värms upp till ånga som strömmar genom en ångturbin. Ångturbinen driver sedan den generator som producerar el. Det bränsle som används är grundämnet uran 235. Uranoxid i form av keramiska kulsar är inpackad i långa zirkoni- umrör som kallas bränslestavar. Atomkärnorna i uran 235 klyvs med hjälp av elementarpartiklar, så kallade neutroner. När neutronerna klyver urankärnorna som finns i kärnbränslet frigörs nya neutroner som i sin tur klyver nya urankärnor i en

kedjereaktion. Vid klyvningen uppstår värme som värmer vattnet som ger ånga till turbinerna.

I Sverige finns två typer av kärnkraftverk, kokareaktorer (se beskrivning) och tryckvattenreaktorer. Den varma ångan från ångturbinen kyls med havsvatten i en kondensor. Havsvattnet pumpas därefter tillbaka till havet. I Sverige fanns år 2012 tio reaktorer i drift på tre platser. I Ringhals finns tre tryckvatten- och en kokareaktor med en sammanlagd effekt på 3 717 MW. I Forsmark finns tre kokareaktorer på sammanlagt 3 144 MW, och i Oskarshamn tre kokareaktorer på tillsammans 2 603 MW. Anläggningarna togs i drift mellan 1972 och 1985. Tidigare drevs ytterligare två reaktorer.

## Kärnkraftsindustrins förslag till slutförvaringsmetod

(KBS-3 metoden)



torer i Sverige, Barsebäck 1 som stängdes av 1999 och Barsebäck 2 som stängdes av 2005, i båda fallen efter politiska beslut.

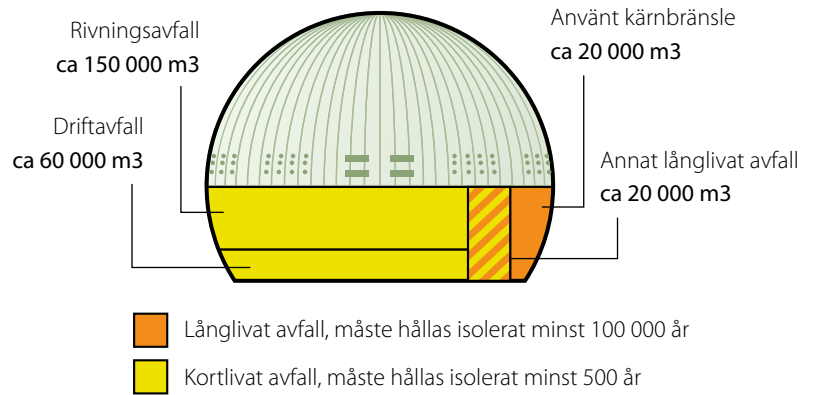
I Sverige kompletterar kärnkraft och vattenkraft varandra. Kärnkraften är den egentliga baskraften. Den är, som all värmekraft, mest effektiv när den får gå för fullt. Vattenkraften är mycket lättare att reglera (snabbare och med mindre förluster) när elbehovet ändras. Under sommarhalvåret då elbehovet är lågt i Sverige ställs kärnkraftverken av i omgångar för översyn, bränslebyten och moderniseringar.

År 2004 gav den svenska kärnkraften 75 TWh, vilket är det högsta värdet hittills. Energittillgängligheten (ett mått på hur stor del av årets tillgängliga tid som kraft produceras) var cirka 92 procent år 2004, att jämföra med ett världsgenomsnitt på drygt 80 procent. Åren 2008–2010 var tillgängligheten avsevärt sämre, vilket till stor del hängde samman med stora moderniseringsarbeten som visade sig vara mer komplicerade och tidsödande än planerat. 2011 var tillgängligheten på väg uppåt igen, och med genomförda effekthöjningar siktar kraftverken på en total årsproduktion på cirka 80 TWh.

#### ...OCH GLOBALT

De 435 kärnreaktorer som var i drift i början av 2012 stod för runt 15 procent av världens elproduktion. Frankrike får omkring 75 procent av sin elektricitet från kärnkraften och slår därmed alla andra länder i fråga om kärnkraft som främsta energikälla. Anledningen till detta är att landet i stort sett inte har några egna energitillgångar och bedömde kärnkraften som en nationell strategisk nödvändighet. På samma sätt är det med andra stora kärnkraftsländer, som Storbritannien, Korea och Japan. I USA får man visst federalt stöd för att bygga kärnkraftverk, bland annat av miljöskäl. Tyskland ska avveckla och har lagt ner fler reaktorer än Sverige.

Råvaran till kärnbränslet, uran, förekommer naturligt i jordskorpan i form av uranmalm som kan brytas i gruvor och dagbrott. Sverige har en uranrik berggrund, och under några år i slutet av 1960-talet bröt man svenskt uran. Det finns företag som är intresserade av att börja bryta svenskt uran igen, men regeringen har hittills inte gett dem tillstånd för detta, delvis beroende på miljöproblem vid själva brytningen. Idag importerar Sverige uran från i huvudsak Kanada, Ryssland, Nigeria och Namibia.



Uppgifter om storleken på världens totala urantillgångar kan variera mellan olika källor. Storleken på vad som anses vara brytvärda tillgångar är beroende av marknadspriset på uran. Världens idag ekonomiskt brytvärda reserver av uran uppskattas till runt 4,5 miljoner ton. Med dagens förbrukning skulle det räcka i cirka 60 år. Beräkningar visar dock att med höjda uranpriser skulle uranet räcka för minst 200 års användning. I havsvattnet beräknas det dessutom finnas 300 gånger större urantillgångar än på land. Ännu bedöms det dock inte vara lönsamt att utvinna uran ur havsvatten. Höjda uranpriser påverkar priset på kärnkraftsel relativt marginellt eftersom bränslekostnaden är en liten del av den totala produktionskostnaden där kapitalkostnader dominerar. Om man skulle gå över till så kallade brytareaktorer (se kapitel 3) skulle kända urantillgångar räcka i många tusen år. Därtill visar vissa undersökningar att det även kan utvinnas stora mängder av ämnet torium, som är ett potentiellt kärnbränsle.

Ytan som behövs för att lagra rivningsavfall och uttjänt kärnbränsle motsvarar en yta stor som halva Globen-arenan.

#### RADIOAKTIVA ÄMNER MÅSTE HÅLLAS VÄL INNESLUTNA

Under kärnklyvningen bildas mycket radioaktiva ämnen i kärnbränslet. Den joniserande strålning som alstras vid de radioaktiva ämnenas sönderfall kan orsaka skador på människor, djur och miljö. Beroende på total stråldos, exponeringstid och strålningens sammansättning kan den orsaka celldöd, strålsjuka och cancer.

Under normala förhållanden är de radioaktiva ämnena i en kärnkraftsreaktor väl inneslutna bakom flerdubbla barriärer (se figur). Vid normal drift ger ett svenskt kärnkraftverk upphov till stråldoser som ligger på en liten bråkdel av vad vi utsätts för

från naturliga och andra källor, som exempelvis radon i bostäder. Men det använda kärnbränslet innehåller så mycket giftiga och radioaktiva ämnen att det måste förvaras isolerat från biosfären under mycket långa tider – uppemot 100 000 år eller mer. Då är det förvaring i djupa och stabila geologiska formationer som internationellt anses

vara den teknik man bör välja. Sverige ligger långt framme i utvecklingen av denna teknik. Våren 2011 ansökte de svenska kärnkraftsföretagen genom sitt gemensamma bolag, SKB, om tillstånd att få bygga och driva ett djupförvar i Forsmark (se figur) och en anläggning för att kapsla in använt bränsle i Oskarshamn.

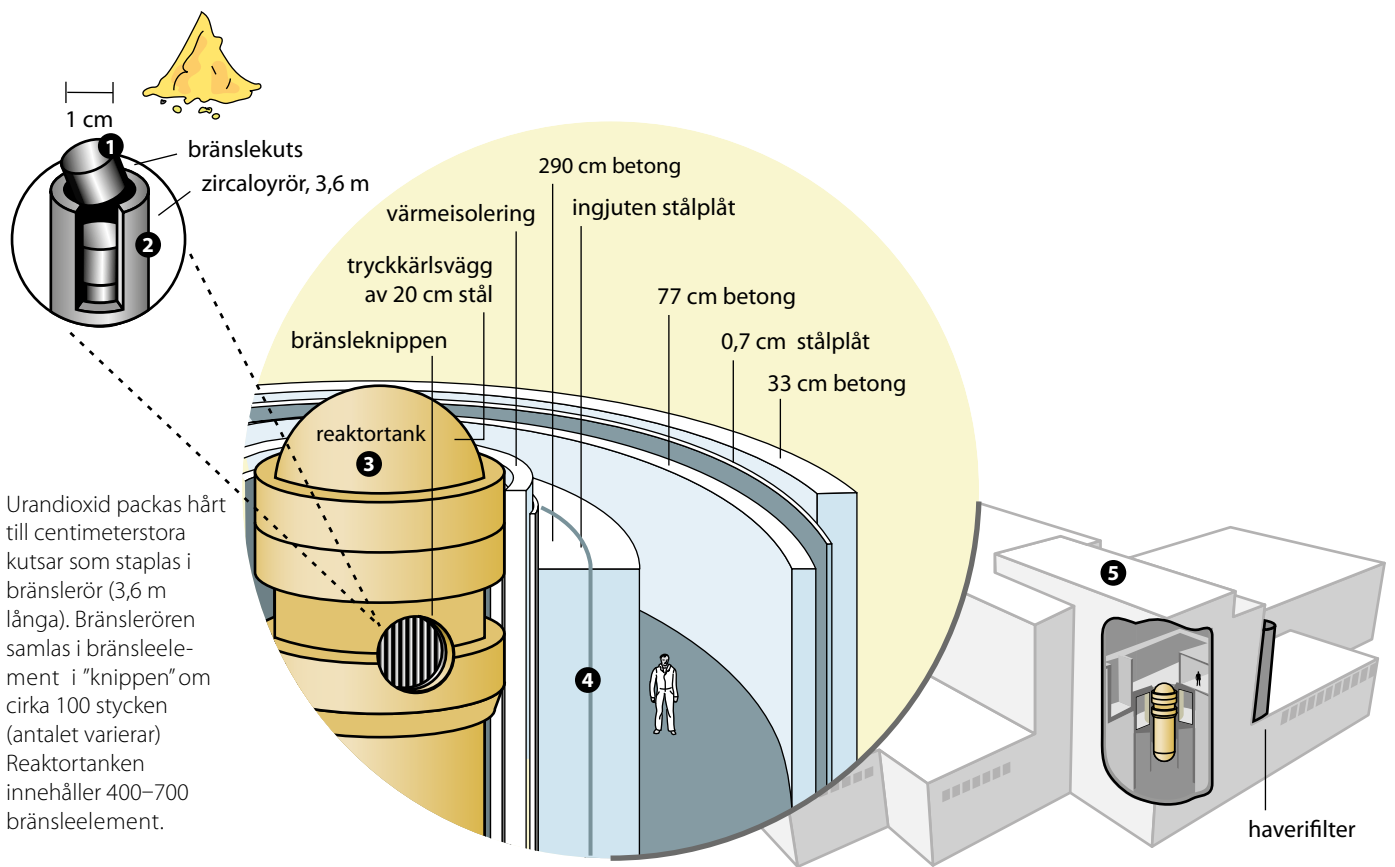
## SVÅRA REAKTORHAVERIER

Trots rigorösa säkerhetsåtgärder har tre svåra haverier inträffat i civila kärnkraftsreaktorer. År 1979 skedde ett haveri vid en tryckvattenreaktor nära **Harrisburg** i USA på grund av brister i instrumentering och störningsinstruktioner. Då smälte en del av kärnbränslet, men de radioaktiva ämnena kunde nästan helt hållas kvar inom reaktorinneslutningen. Utsläppen begränsades till runt tio års normala driftutsläpp.

År 1986 totalhavererade en reaktor i kärnkraftverket **Tjernobyl** norr om Kiev i Ukraina (dåvarande Sovjetunionen). Olyckan orsakades dels av att reaktorn hade flera brister i olika säkerhetssystem – bland annat saknades reaktorinneslutning – dels av felaktiga beslut av reaktorns operatörer och driftledning, helt i strid med gällande säkerhetsregler. Reaktorn sprängdes sönder. Radioaktiva ämnen som jod och cesium frigjordes och spreds över stora delar av Europa. Hundratusentals kvadratkilometer mark drabbades av nedfall, huvudsakligen i Ukraina, Vitryssland och Ryssland, med allvarliga följder för jord- och skogsbruk. Mer än 100 000 personer fick evakueras från omgivningen. Dessa och flera hundra tusen andra personer fick stråldoser långt över det normala. 31 personer dog av akuta strålskador. De hade alla deltagit i räddningsarbetet under olycksnatten. Flera tusen fall av sköldkörtelcancer har inträffat bland dem som var barn 1986. Några tiotal av dessa har dött. Teoretiskt kan man räkna sig fram till ytterligare många tusen extra cancerfall bland dem som fick ökade stråldoser, men de drunknar helt i de normala variationerna i det mycket stora antal cancerfall som av andra orsaker drabbar Europas innevånare.

I mars 2011 inträffade ett mycket kraftigt jordskalv utanför Japans ostkust. Ett antal kärnkraftsreaktorer längs kusten stoppades automatiskt som de skulle när de kände av de första skakningarna, däribland de sex reaktorerna i **Fukushima-Daiichi**. Samtidigt slog jordbävningen ut det yttre kraftnätet. Reservkraftdieslar startade dock och tog över kraftförsörjningen till reaktorernas kylsystem och läget stabiliserades. 45 minuter senare drabbades Fukushima-Daiichi av upp till 15 meter höga tsunamivågor. Dieslar och elsystem dränktes i saltvatten och slogs helt ut i reaktor 1–4. Vid reaktor 5–6, som låg något högre, klarade sig en diesel och det räckte för att hålla kylningen igång. Reaktor 1–4 blev dock utan kylning under lång tid. Tre reaktorhärddar överhettades och smälte sannolikt delvis ner (den fjärde reaktortanken var tömd på bränsle). Radioaktiva ämnen läckte ut och spreds till omgivningen. Utsläppen har uppskattats till omkring en tiondel av vad som släpptes ut från Tjernobyl. En smal sektor, drygt 30 km nordväst ut från verket, drabbades av ungefär lika höga markbeläggningar som de runt Tjernobyl, men ytan är avsevärt mindre. Omkring 150 000 personer har evakuerats, däribland alla inom en radie på 20 km. I slutet på 2011 bedömdes läget vid reaktorerna som stabiliserat och återflytning beräknas kunna ske när hus och mark dekontaminerats där så behövs. Man har lyckats undvika akuta strålskador, även bland personalen vid verket, men i övrigt är det i början på 2012 för tidigt att uppskatta de sammanlagda strålningseffekterna. Den stora reaktorsäkerhetsfrågan är varför anläggningen var konstruerad för att klara de kraftigaste jordbävningar som var historiskt kända – men inte för att klara tsamier av en höjd som också har inträffat i historisk tid.





## KOMPETENS — SÄKERHETSMEDVETANDE — SÄKERHETSKULTUR

Erfarenheterna från mer än tiotusen reaktor-driftår globalt pekar entydigt på att reaktorsäkerhet inte bara är en fråga om reaktorernas tekniska konstruktion. I lika hög grad är det en fråga om kompetens och säkerhetsmedvetande hos de företag som bygger och driver reaktorerna – från högsta företagsledningen och nedåt. Som ett samlingsbegrepp säger man att varje organisation som sysslar med kärnenergi måste kännetecknas av en hög säkerhetskultur. Att se till att de företag som bygger och driver kärnkraftsreaktorer upprätthåller en sådan hög säkerhetskultur innebär ett minst sekellångt nationellt åtagande för länder med kärnkraft. Från beslut om att satsa på kärnkraft tar det minst tio år innan en första reaktor kan börja leverera el. Och en reaktor bör kunna drivas i 50–60 år för att motivera investeringen. Sedan dröjer det upp emot 30–40 år efter det att den sista reaktorn stängts av innan allt använt kärnbränsle svalnat så pass att det kan placeras i ett djupförvar.

## Kärnkraftens fem säkerhetsbarriärer

1. Bränslet i sig, urandioxiden, har en mycket hög smältpunkt ungefär 2 800°C. Vidare är den hårt sammanpressad, vilket gör den mycket mekaniskt stabil. Den är också extremt svårslöslig. I naturen har man påträffat naturliga reaktorer, till exempel i Oklo i Centralafrikanska Republiken. Där har det plutonium som bildats inte rört sig mer än ett par meter från hårdcentrum under flera miljarder år.
2. Bränslerören.
3. Reaktortanken, med vägg av stål.
4. Reaktorinneslutning i betong och stålplåt.
5. Reaktorbyggnaden, därutöver finns i svenska kärnkraftverk ett haverifilter, som om gastrycket blir för högt i reaktorinneslutningen kan släppa ut gaser och vattenånga. I detta filter tas 99,9% av radioaktiva markbeläggande ämnen bort och kommer inte ut i omgivningen.

## SPRIDNING AV KÄRNVAPEN

Spridning av kärnvapen är något som oroar nationer och påverkar säkerhetspolitiken. En tekniskt och ekonomiskt någorlunda utvecklad nation kan idag ta fram egna kärnladdningar utan att stöta på oöverstigliga svårigheter: Att framställa vapenplutonium i kärnreaktorer är inte den enda vägen. Exempelvis valde Sydafrika och Irak på sin tid att gå vägen över höganrikning av uran. Dessa tekniska möjligheter motverkas av att det idag finns ett starkt och väl etablerat internationellt politiskt tryck för att hindra

spridning. Det internationella icke-spridningsavtalet (NPT), till vilket över 180 stater anslutit sig, har här en nyckelroll. IAEAs befogenheter att kontrollera efterlevnaden av NPT har stärkts, men är fortfarande beroende av att den enskilda staten ger IAEA dessa befogenheter. De samlade internationella erfarenheterna hittills pekar mot att förhindrande av spridning av kärnladdningar i första hand är en global säkerhetspolitisk fråga, där användningen av kärnkraft för fredliga ändamål torde ha relativt liten betydelse.

### Geotermisk energi

Geotermisk energi är den värmeenergi som finns i jordens inre och som strömmar upp mot jordytan. Den kan utvinnas genom djupa borrhål för i första hand uppvärmning.

I vulkaniska områden är temperaturen i berggrunden så hög att värmen kan producera ånga som kan användas till elproduktion. I Sverige är den geotermiska värmen bäst tillgänglig i Skåne, där berggrunden består av porösa bergarter. Temperaturen stiger där med 30 grader per kilometer in mot jordens centrum.

Globalt är tillgångarna stora, ur praktisk synpunkt outtömliga om man kan gå tillräckligt djupt, men med dagens teknik kan bara en bråkdel utvinnas. Det är ändå tillräckligt för att ge ett betydande tillskott till den framtida energiförsörjningen.

### Olika typer av markvärme

För bostadsuppvärmning i enskilda hushåll finns olika sätt att utvinna den solvärmeenergi som finns lagrad i mark och vatten genom att använda värmepumpar med olika värmekällor: ytjordvärme, grundvattenvärme, bergvärme och sjövärme. Vilken av dessa som är den bästa beror på husets energibehov, vilket värmesystem man har idag och naturens förutsättningar runt omkring fastigheten.

#### BERGVÄRME

Med en bergvärmepump tar man upp värmen från ett borrar hål. Djupet på hålet, vanligtvis cirka 100–200 meter, beror på hur stor energiförbrukning man har. Det behövs inte några stora ytor

för att borra efter bergvärme, men det är förhållandevis dyrt att borra de djupa hål som krävs. Om man borrar flera hål intill varandra, till exempel om flera fastigheter i ett villaområde installerar bergvärmepumpar, kan den totala effekten minska. Därför är rekommendationen att hålen för bergvärme borraras med ett mellanrum om cirka 25 meter eller mer.

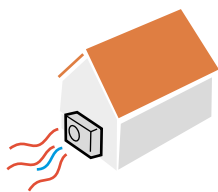
#### YTJORDVÄRME

I markens ytskikt lagras solvärme under sommaren. Denna energi kan utnyttjas i stora hus med relativt hög energiförbrukning. Den mängd energi som kan utvinnas är störst i jord med högvattenhalt. Med ytjordvärmepump hämtas värmen från ytjorden via slangar som är utlagda på ett djup av cirka en meter. Detta sätt kräver mycket längre slanglängd eftersom värmeupptagningsförmågan är lägre i ytjord jämfört med berghål. Slanglängden brukar vara kring 300–400 meter, vilket kräver stor markyta.

Sjövärme fungerar på samma sätt som ytjordvärme, men kollektorslangen läggs i stället ut med tyngder på botten av en sjö eller ett vattendrag.

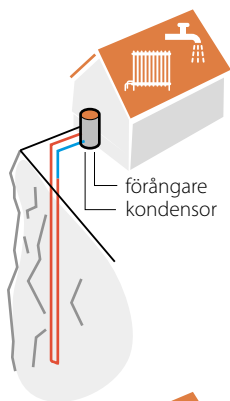
### Förnybara källor

Definitionen av vad som är förnybart eller ej är inte alltid given. Generellt kan sägas att de källor som är ständigt flödande och som inte påverkas av att vi använder den energi de på olika sätt genererar är förnybara. Till exempel kommer solen att fortsätta flöda oavsett hur många solpaneler vi sätter upp för att ta tillvara energin från solen, och vinden fortsätter att blåsa även när det finns vind-



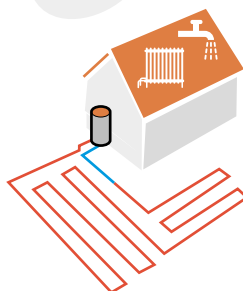
### Luftvärmepump

Utvinner värme ur utomhusluften.



### Bergvärme

Värmer vatten till vattenelement och till tappvarmvatten. Borrhål i berggrunden, 80–200 m djupt, 4° varmt.



### Ytjordvärme

Ledningar på en meters djup, risk för försenad vår i marken, viktigt med rätt jordart.



### Sjövärme

Ledningar läggs med tyngder på botten av en sjö eller ett vattendrag.

Värmepumpar kan ta upp värme från omgivningen på många olika sätt. I princip alla värmepumpar drivs av el. För att kunna utvinna värmen måste en liten mängd el tillföras.

kraftverk som tar upp den energi som vindarna genererar. Även biobränslen som ved, energiskog, majs och halm klassas som förnybara. För dessa källor gäller att de förnyas så länge det finns förutsättningar för dem att tillväxa. Något som kan påverka förnyelsetakten är om till exempel marken blir så eroderad att skog eller andra energigrödor inte längre kan odlas. Ibland räknas även avfall in som en förnybar energikälla.

## VATTENKRAFT

Merparten av den svenska vattenkraften kommer från vattenkraftverk i Norrland. De ligger på flera ställen i Lule älv, Ume älv, Ångermanälven, Indalsälven, Ljusnan och Dalälven. Kraftverken i Norrland svarar för cirka 80 procent av vattenkraftsproduktionen, resten kommer från anläggningar som finns i Svealand och Götaland. Det finns cirka 1 800 vattenkraftverk i Sverige. De flesta är små med effekter på bara några tiotal eller hundratal kilowatt. Störst är Harsprånget i Lule älv med en effekt på 830 megawatt (830 000 kW). Där produceras varje år 2,2 TWh el.

Det är genom att utnyttja höjdskillnaden mellan två nivåer som energi kan utvinnas i ett vattenkraftverk. När det vatten som samlas i dammar och magasin får strömma ned genom kraftverkets turbiner börjar dessa rotera. Den snurrande turbinen driver en generator som omvandlar vattnets energi till elektricitet. Efter att spänningen höjts i en transformator kan elen transporteras vidare ut på ledningsnätet.

Den svenska vattenkraften är utbyggd så att den under ett år med normal vattentillrinning kan ge cirka 65 TWh el. Under torrår (år med lite nederbörd) kan produktionen bli så låg som 50 TWh, medan våtår (år med nederbörd över genomsnittet) kan ge över 75 TWh el.

Den totala kvarvarande utbyggnadspotentialen i Sverige är cirka 30 TWh. Sveriges riksdag har dock beslutat att vattenkraften inte får byggas ut annat än i mycket liten skala. Fyra älvar – Torne älv, Kalix älv, Pite älv och Vindelälven – är helt skyddade från utbyggnad.

Det pågår mycket forskning kring hur vattenkraften kan byggas ut utan att störa miljön. I de framtidsplaner som diskuterats finns idéer om att leda över vatten från de skyddade älvarna (Vindelälven samt Torne, Kalix och Pite älv) till de redan

## SVERIGES STÖRSTA VATTENKRAFTVERK

Sveriges största vattenkraftverk är Harsprånget i Luleälven. Harsprånget har en effekt på 830 MW och en årsproduktion på cirka två TWh (under ett normalår). Detta kan jämföras med världens största vattenkraftverk, Tre raviners damm i Kina, som har en effekt på 22 500 MW och en årsproduktion på cirka 85 TWh.

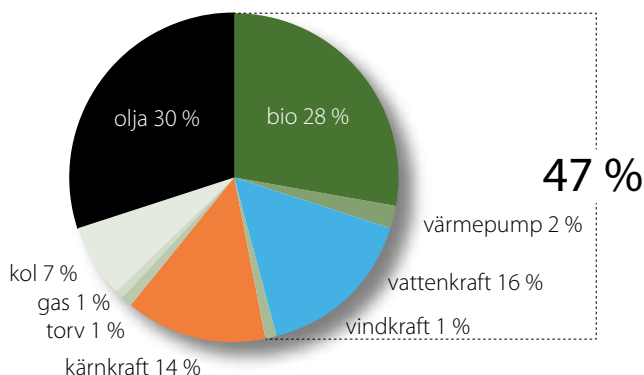
## NÄSTAN ETT VINDKRAFTVERK OM DAGEN 2011

Under 2011 installerades totalt 354 nya vindkraftverk i Sverige, nästan ett om dagen. Det var en ökning med 50 stycken jämfört med 2010. Den installerade effekten 2011 blev 754 MW, en ökning från 603 MW året innan.

## På gång: VERTIKAL VINDKRAFT

I Sverige satsas det på en ny teknik för att använda vindens energi – vertikala vindkraftverk. Tekniken bedöms ha goda förutsättningar för att minska kostnaderna för elproduktion från vindkraft. De vertikala vindkraftverken är bättre på att fånga vindens energi då de är okänsliga för vindriktningen som råder. De är även billigare och genererar betydligt mindre ljud än traditionella vindkraftverk.

## Andel förnybara energikällor i den totala energianvändningen i Sverige, 2010 (427 TWh)



Källa: Energimyndigheten bearbetat av Harry Frank IVA/KVA

Andelen förnybara energikällor ökar stadigt i Sverige. Framför allt är det bio-bränslets andel som de senaste åren har ökat kraftigt. Nu görs också många satsningar för att öka vindkraftens andel av den totala energitillförseln.

utbyggda älvarna för att kunna få ut större effekt av kraftverket där. Till exempel skulle man kunna leda över vatten via en underjordisk tunnel från Vindelälvens övre del till Skellefteälven.

Det senaste vattenkraftverket av större storlek som byggts i Sverige är Klippen i övre delen av Umeälven, väster om Hemavan. När Klippen invigdes år 1994 syntes bara kontrollrummet. Själva kraftverket är placerat under jord. I stället för att spränga loss berget användes ny borrhälssteknik vid tunnelbygget.

## VINDKRAFT

I framtida vindkraftverk kommer tornhöjden att vara 100–140 meter och rotordiametern 90–120 meter. Ett sådant verk kommer – när vindarna är bra – att kunna ge el till ungefär 1 500 hushåll.

Små vindkraftverk, med några meters rotordiameter, används för batteriladdning för fyrar, fritidshus med mera.

Sedan mitten på 1990-talet har vindkraftsbyggandet i Europa expanderat med 30 procent årligen. Uppsvinget startade på en låg nivå, men den procentuella ökningen överträffar både it-branschens och mobiltelefonins tillväxt. Från att ha varit mindre enheter, anslutna till distributionsnät, kommer vindkraften att byggas i större enheter om tiotal eller hundratal megawatt. Parkerna kommer att anslutas till en allt högre spänning och få en allt större inverkan på den nationella elförsörjningen. Man bör dock ha i minnet att komplementär energi, exempelvis vattenkraft, måste finnas tillgänglig för tider när det inte blåser. Med vattenkraft som reglerande faktor blir det för svensk del svårt att bygga ut vindkraften till mer än 10–15 TWh.

Vindkraften är i många ögon fortfarande en marginalföreteelse. Men med en fortsatt årlig utbyggnadstakt på 20–30 procent kommer vindkraftens elproduktion globalt att stiga väsentligt.

År 2011 producerades cirka 450 TWh från vindkraft över hela världen. I Europa ligger siffran på cirka 200 TWh, vilket utgjorde sex procent av Europas elbehov 2011.

Internationella organisationer som EWEA (European Wind Energy Association) räknar med att el från vindkraft ska täcka cirka tolv procent (380 TWh) av Europas elbehov.

Det pågår mycket forskning om och utveckling av vindkraft. Till exempel kan problemen med

stora förändringar i vindstyrka från tid till annan idag delvis bemästras. Som exempel kan nämnas att forskare lyckats ta fram rotorblad som kan vridas för att passa vindstyrkan. Hela rotorn styrs naturligtvis också i olika vindriktningar beroende på varifrån det blåser.

Precis som med nästan all ny teknik är vindkraften ifrågasatt. En del anser att vindkraftverken förfular landskapet. De kan också orsaka ett starkt störande ljud. Dessutom kostar det mycket pengar och naturresurser att bygga kraftverken – i relation till den energi som de kan ge.

Vindkraftens andel av elproduktionen är fortfarande liten, men den ökar. Vindkraften är dock fortfarande betydligt dyrare än andra tekniker för produktion av el. År 2010 gav vindkraften knappt tre procent av all elproduktion i Sverige. Kraftbolagen fortsätter dock kontinuerligt att investera i nya vindkraftparker.

## Biobränslen

Biobränslen är ett samlingsnamn för bränslen som har ett ickefossilt biologiskt ursprung. Skogen och växterna är den förnybara energikälla som hittills

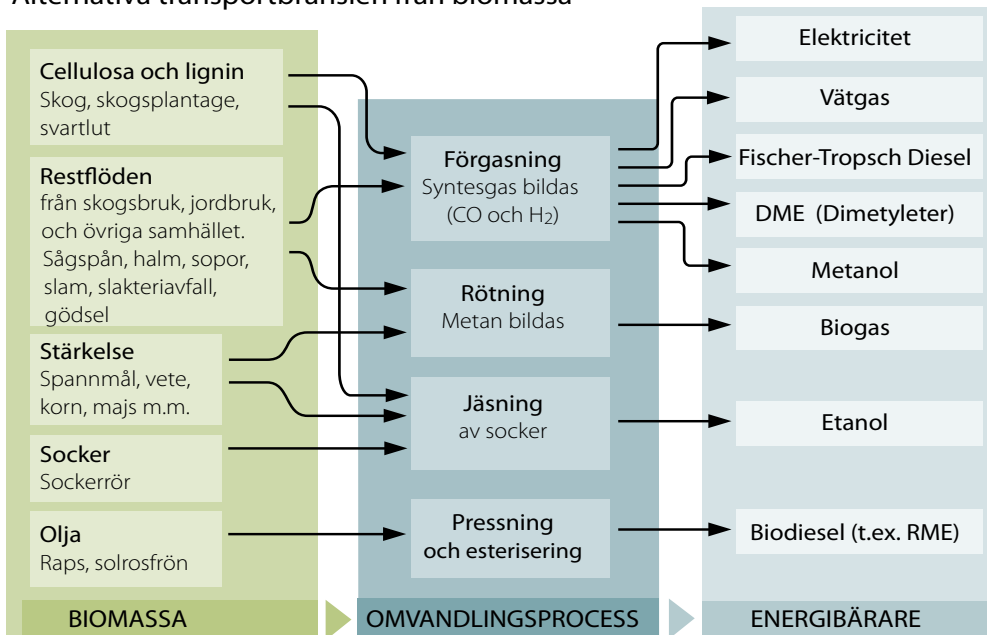
lyckats bäst att konkurrera med fossila bränslen. Biobränslen svarar idag för en fjärdedel av Sveriges energiförsörjning. De vanligaste i Sverige är ved, halm, energiskog och vissa sorter av pellets, som är biobränsle i förädlad form. Även majs, sockerrör och salix används som biobränsle.

Ett sätt att öka tillgången på biomassa är att odla så kallad energiskog. Men det finns även olika sorters energigrödor som odlas på åkermarker. Energiskog består av snabbväxande buskar och träd. Exempel på energigrödor är hampa, rörflen och ärtväxter.

Merparten av de svenska kraftvärmeanläggningarna eldas idag med biobränslen istället för olja. Vi kan använda skogsrester från avverkningar och annat biobränsle som ersättning. Biobränslen används också som drivmedel i bilar och bussar. Det vanligaste flytande biobränslet är etanol.

Alla länder har inte lika mycket skog och mark att odla på. Om bioenergi ska kunna ersätta hela världens användning av olja skulle det krävas bioenergiplantager på en yta som är fem gånger hela Europas jordbruksmark. En så stor odling gör att vi inte längre får plats till att odla mat i tillräcklig

## Alternativa transportbränslen från biomassa



Biomassa kan användas till mycket. Genom olika omvandlingsprocesser kan biomassans olika beståndsdelar förädlas till en mängd olika drivmedel. Vissa av dessa används redan kommersiellt, andra är fortfarande på utvecklingsstadiet.

Källa: Chalmers Tekniska Högskola

omfattning. Även Sverige får problem om bio-bränsle ska ersätta all olja. Mängden biomassa vi har tillgång till är begränsad. Det finns forskning som visar att det går att öka tillväxten på skogs-råvara ytterligare. Men skog kan användas till så mycket mer än som energikälla. Så även med en ökad andel skogsråvara kvarstår frågan om vad man ska använda denna till – elproduktion, papper och kartong, bilbränsle eller för uppvärmning av bostäder?

Vid tillverkning av kemisk massa, som används främst för finpapper, blir omkring hälften av ingående ved cellulosa fibrer. Resten av veden är bland annat lignin tillsammans med kokkemikalierna i den så kallade svartluten, också kallad returlut, som bildas. Svartluten bränns idag i sodapanan för att återvinna kemikalierna och utvinna bioenergin som finns i luten. I ett modernt massabruk producerar man på detta sätt mer än sitt eget behov av el och övrigt energibehov, som bland annat behövs för torkning och uppvärmning i de olika processtegen. Vid produktion av mekanisk massa, som främst används för tidningspapper, går cirka 98 procent av veden till tidningspapper. Malningsprocessen kräver mycket el, och det blir ingen större mängd biobränsle över för värmeproduktion. Däremot kan spillvärme från malningen användas i processer och för bostadsuppvärmning. På detta sätt används den el som går åt för malning i flera steg, med minskad kvalitet i varje steg (se mer om detta i avsnittet om exergi i kapitel 1), men med optimalt utnyttjande av energikällan.

Genom en förhållandevis ny teknik, så kallad

svartlutsförgasning, kan man få ut en gas (syntesgas) som i sin tur kan användas för att producera metanol, DME eller andra syntetiska fordonsbränslen.

#### **BIOPELLETS**

Pellets är ett förädlat biobränsle som tillverkas av trädrester från sågverkens och övriga industrins restprodukter, sågspån, kutterspån, bark eller liknande. I framtiden kan även hyggesrester, pappers- och träspill från industrin bli aktuellt att använda för tillverkning av biopellets.

Pellets är ett stavformigt, komprimerat bränslestycke som torkats, malts och komprimerats så att råspånet och barken, helt utan tillsats av bindemedel, förädlats till färdig biopellets med hög energitäthet. En dryg liter, det vill säga cirka tre kWh räcker för att värma en normalstor villa en timme under vintertid.

En pelletskamin i ett hus med direktverkande elvärme kan minska en stor del av elbehovet, men framförallt kapa effekttoppar när det är som kallast. Ofta är det dock bättre att använda pellets i stora biovärmeverk för fjärrvärme. Även kraftvärmeverk kan eldas med biopellets. Kraftvärmeverken kan även producera el. Stora anläggningar har i regel också effektiva reningsutrustningar som minskar utsläppen. Ska vi använda riktigt stora mängder pellets måste importen öka avsevärt.

#### **Förnybara bränslen**

Transporter har under lång tid varit den sektor där energianvändningen ökat mest. Denna sek-

### **På gång: BIODIESEL FRÅN TALLOLJA**

I Piteå invides under 2010 världens första talldiesel-oljefabrik. Invigningen är resultatet av ett projektet SunPine som utvecklat en process för att utvinna biodiesel från massabrukens tallolja. Fabriken beräknas producera 100 000 ton rådiesel per år för kommersiellt bruk. Genom att rena talloljan från svavel, ta bort komponenter utan dieselegenskaper och ändra om molekylstrukturer, kan man utvinna biodiesel. För att öka miljönyttan kommer rådieSEL att renas ytterligare och ges rätt köldegenskaper. På

så sätt kan den blandas med fossil diesel, som då får bättre tändegenskaper. Produktionen beräknas motsvara bränslebehovet av 100 000 dieselfordon som kör i snitt 1 000 mil per år.

Då talloljan är en begränsad råvara som redan i dag används i produkter vars alternativråvara är fossilbaserad uppstår en konkurrens om vad den framtagna talldieSELn ska användas till.

tor står också för de största koldioxidutsläppen i Sverige. Andra sektorer, såsom industrin och bostads- och servicesektorn, har kontinuerligt minskat sina utsläpp av växthusgaser. För transportsektorn pekar dock utsläppskurvorna fortsatt uppåt. För att komma till rätta med problemet satsats mycket på förnybara bränslen och biodrivmedel. Med biodrivmedel menas vätskeformiga eller gasformiga bränslen som framställts av biomassa och som används för transportändamål. Begreppet förnybara drivmedel inkluderar utöver biodrivmedel även förnybar el som används för transportändamål.

#### ETANOL

Nettotillskottet av växthusgasen koldioxid från bilar och bussar som körs på etanol minskar i bästa fall med 70–80 procent. Etanoldrivna bussar har också låga utsläpp av kväveoxider och partiklar. Den etanol som används till fordonsbränsle i Sverige idag kommer till viss del från en fabrik i Norrköping och är baserad på svenskt vete. Men merparten av etanolen importerar från bland annat Brasilien och är baserad på sockerrör. Den etanol som produceras i Norrköping används också till låginblandning av etanol i bensen i Stockholms- och Mälardalsregionen.

#### METANOL

Alkoholerna etanol och metanol har liknande egenskaper som fordonsbränsle. Metanolen kan tillverkas av såväl naturgas som biomassa. Det sker dock ingen tillverkning i Sverige idag. Metanol kan liksom etanol låginblandas i bensen. Metanolen är intressant eftersom den kan fungera i vissa typer av bränsleceller.

#### NATURGAS OCH BIOGAS

Båda dessa gaser består av metan, men har olika ursprung. Naturgasen är fossil, vilket betyder att den tillkommit genom årmiljoners processer, medan biogas utvinns från färskt organiskt avfall, till exempel slam från reningsverk. De flesta bilar som körs på metan är bensenbilar försedda med en extra gastank och kan köras på både metan och bensen.

Utsläppen av miljöfarliga kolväten från lätta fordon är 90 procent lägre vid metandrift än vid bensedrift. I tunga fordon är även utsläppen av



#### VISSTE DU ATT...

I Europa är det bara Tyskland som har en högre andel förnybara drivmedel än Sverige.

#### På gång: BIO-DME SOM DRIVMEDEL

I Piteå finns också det svenska bränsleteknikföretaget Chemrec som drivit en pilotanläggning för utvinning av Bio-DME. Under 2010 invigdes anläggningen officiellt och denna ska nu kunna utvinna 4 ton Bio-DME per dag. Råvaran till bränslet, förgasad svartlut, hämtas från närliggande massa- och pappersbruk. Pilotanläggningen har finansierats av EUs sjunde ramprogram och Energimyndigheten. Flera företag har visat intresse för bränslet. Volvo har beslutat att köra 14 lastbilar på det nya bränslet och Preem kommer att tillhandahålla det på bensinstationer.

kväveoxider låga. Att köra på naturgas minskar utsläppen av koldioxid med 15–20 procent jämfört med bensen och vid biogasdift med närmare 100 procent.

#### RME, RAPSMETYLESTER

RME framställs av rapsolja. Flera dieselfordon av senare årsmodell, både lätta och tunga, är godkända för RME-drift. RME är mer trögflytande än dieselolja. Vid temperaturer under minus 15 grader rekommenderas inblandning av dieselolja. Vid RME-drift är utsläppen av växthusgasen koldioxid cirka 70 procent lägre än vid dieseldrift. Utsläppen av partiklar är vanligen något lägre, medan utsläppen av kväveoxider är lika höga eller något högre. En nackdel är rapsodlingens negativa miljöeffekter, en annan att potentialen är blygsam. RME är liksom övriga förnybara bränslen skattesubventionerat och miljökostnaden i nivå med att köra på dieselolja.

#### DME, DIMETYLETER

DME är ett gasformigt drivmedel för dieselmotorer med goda utsläppsegenskaper. Det kan framställas ur såväl naturgas som biomassa och ger upphov till låga utsläpp av hälso- och miljöskadliga

ämnen. En stor nackdel är att DME kräver ett nytt distributionssystem. DME finns ännu inte på marknaden.

### **Solkraft**

Den solenergi som kommer till hela jordklotet är cirka 10 000 gånger större än vad alla världens människor gör av med i form av olja, naturgas och kol och även kärnkraft och vattenkraft. Mänskligheten skulle alltså kunna få hela sin energiförsörjning från den solenergi som träffar en bråkdel av jordens yta. Tyvärr finns ännu inte den kombination av teknik och kostnad som gör det möjligt att ta tillvara mer än en mycket liten del av den mängden energi. Men teknik är under utveckling. En utmaning är dock att få dessa nya tekniker kommersiellt gångbara och etablerade på marknaden. Både höga priser och bristande vilja kan stå i vägen för en sådan etablering.

En stor del av världens energianvändning har sitt ursprung från solens energi – direkt eller indirekt – som till stor del finns lagrad i någon form. Den lagrade solenergin finns framför allt i de fossila bränslena olja, naturgas och kol. Vi finner även lagrad solenergi i biomassa, till exempel i träd och annan växtlighet. Men även vattenkraft, vind- och vågkraft har sitt ursprung i solens energi.

Teknik som utvecklats för att direkt tillvarata solens energi är solceller, som alstrar elenergi, och solfångare, som värmer upp vatten. Men i alla dagens system förlorar man mycket energi i omvandlingen av solens strålar. Därför är det viktigt att hitta ett system som både kan fånga in energin och omvandla och lagra den utan stora förluster. Det är speciellt viktigt i områden som Skandinavien, där den mesta solenergin finns tillgänglig under sommarhalvåret.

### **SOLCELLER**

Det naturvetenskapliga fenomen som omvandlar solljus till elektricitet blev först upptäckt år 1839 av fransmannen Edmund Becquerel. Intresset för solceller som en alternativ energikälla ökade i mitten på 1970-talet som en följd av oljekriserna. Sedan början av 1980-talet har nya idéer kommit fram i fråga om solcellsmaterial, och mycket forskning pågår. Solkraftverk baserade på stora fält av fasta eller rörliga solceller som följer solljuset är redan verklighet i liten skala. Det finns



### **VISSTE DU ATT...**

Solel har blivit allt vanligare under senare år. Länder som har satsat stort är Tyskland, Japan, Spanien och USA. Kina är ett exempel på ett land som vinner marknadsandelar i rasande fart. Solproducerad el används med fördel på ställen som ligger avsides och långt ifrån det vanliga elnätet, men kan också kopplas till detta. På så vis kan producenten sälja överskottsel till nätet, och köpa vid underskott. En del förespråkar att solkraftsanläggningar ska placeras i Sahara och skickas till till Europa genom kablar som högspänd likström. Andra är skeptiska till att en sådan lösning är tekniskt realistisk och pekar också på sårbarheten med ett sådant system.

### **På gång: I UPPSALA**

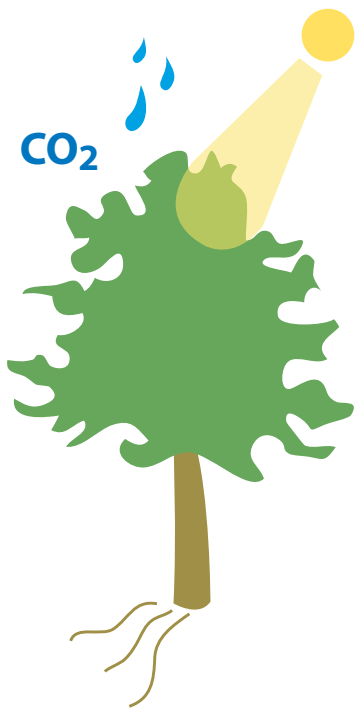
I mitten av 1990-talet bildade forskargrupper vid universiteten i Lund, Uppsala och Stockholm Konsortiet för artificiell fotosyntes. Idén är att utnyttja kunskapen om naturens fotosyntes för att skapa ett nytt energisystem. För att kunna härma delar av fotosyntesen i gröna växter, drivs ett tätt samarbete mellan biokemister, synteskemister och fysikaliska kemister. Sedan mitten av 2000-talet finns projektet i huvudsak i Uppsala. Två stora finansörer av projektet har varit Knut och Alice Wallenbergs stiftelse och Energimyndigheten.

Ett annat forskningsprojekt från Uppsala som nått kommersialisering är företaget Solibros utveckling av tunnfilmssolceller. Solcellerna har utvecklats i Uppsala men efter att ha misslyckats med att hitta investerare till en svensk fabrik bildades ett samriskföretag med tyska Q-Cells i slutet av 2006.

studier som visar att sådana solkraftverk skulle kunna byggas i ökenområden och de skulle då kunna ersätta såväl kärnkraftverk som fossileldade värmekraftverk.

I solceller omvandlas solljuset till el, då elektroner som skapar elektrisk ström frigörs. Det pågår så länge solcellen är belyst men upphör direkt när





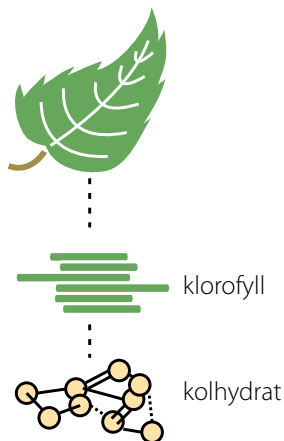
Genom artificiell fotosyntes försöker man skapa ett system där man får bränsle direkt, utan att gå omvägen via växtens hela livscykel. Istället för kolhydrater försöker man skapa vätgas. Man försöker uppfinna en katalysator, en "supermolekyl" som härmar växternas sätt att sönderdela vatten.

Hittills har man klarat att sätta igång processen. Men att sedan hålla systemet igång är avsevärt svårare. Vattenspjälkningen, att få vattnet att reagera och leverera elektroner till mangankomplexet, är det svåraste och helt avgörande steget.

Skulle man klara detta, har man hittat ett sätt att utvinna energi ur en outtömlig källa: sol och vatten.

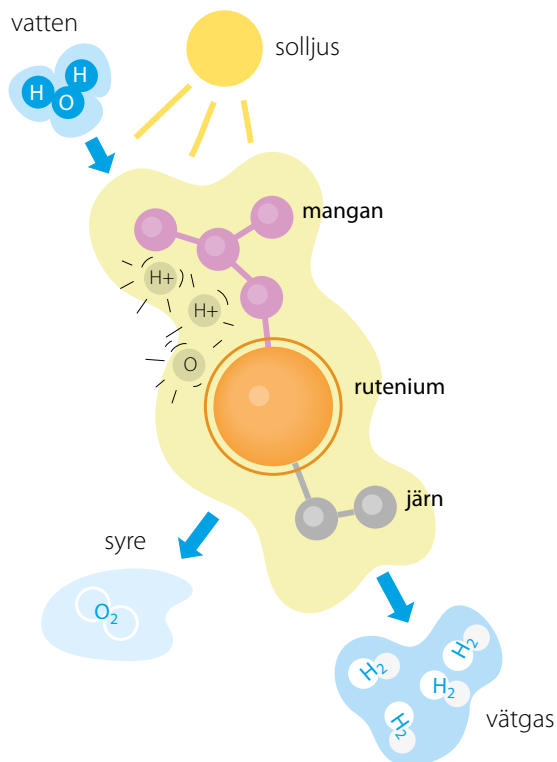
## Fotosyntesen i gröna växter

**Klorofyllet**, det gröna färgämnet i växterna, omvandlar koldioxid och vatten till kolhydrater under solenergens inverkan.



## Artificiell fotosyntes

"Supermolekylen" delar upp vattnet i sina beståndsdelar och gör vätgas av väteatomerna. Vatten + solljus = vätgas.



## GRÄTZELCELLEN

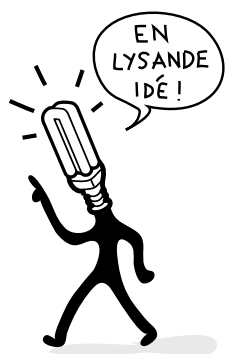
Ett exempel på framtida solkraftslösningar är nya generationer solceller. De ska vara billiga och enkla att masstillverka samt ha en hög verkningsgrad. Ett exempel är Grätzel-cellen, efter upphovsmannen Michael Grätzel. Den kallas även för nanostrukturerad solcell. Det speciella med tekniken är att den härmar fotosyntesen i gröna växter. Nanopartiklar av titanoxid (det vita i målarfärg) doppas i ett färgämne som fångar solenergin och omvandlar den till elektricitet.

## På gång: SJÖSATTOR

I slutet av 2008 invigdes tre så kallade sjöormar utanför den portugisiska kusten. De har utvecklats av företaget Ocean Power. Anläggningen ger totalt 2,25 MW, vilket motsvarar effekten hos ett större vindkraftverk, och är tillräckligt för 1 500 hushåll. Det finns planer på att bygga ut anläggningen och tiodubbla kapaciteten under kommande år. En annan spännande vågkraftteknik, den så kallade Vågdraken, sjösätts våren 2007 utanför den walesiska kusten.

Denna anläggning ska bidra med 7 MW.

Visionen för framtiden är stora parker av vågkraftverk. I visionen finns också tankar om hur dessa vågkraftanläggningar kan bidra till vätgassamhället genom att de utvecklas för att omsätta elektriciteten som genereras till väte på plats. Vätet kan sedan hämtas av tankfartyg som för vätgasen vidare till anläggningar och fordon som kan använda den i bränsleceller.



Läs mer i KVAs skrift "Om solenergi" på: [www.kva.se/sv/Vetenskap-i-samhället/Energi/Solenergi/](http://www.kva.se/sv/Vetenskap-i-samhället/Energi/Solenergi/)

ljuset försvinner. Solceller avger så kallad likström som kan användas direkt eller för att ladda batterier. Inkoppling till ett elnät sker med hjälp av en växelriktare, som omvandlar likström till växelström.

Idag gör el från solceller störst nytta i tredje världen och ökenområden. Där kan sol ersätta dieselgeneratorer för att driva vattenpumpar, ge belysning och alstra kyla åt mat och mediciner. Andra ställen där solceller används är på satelliter, fyrar, radiostationer, trafikljus, på segelbåtar och till vattenpumpar. Det finns även många "småprojekt", som till exempel ryggsäckar och kläder med solceller. De används oftast för att ladda batterier till mp3-spelare, mobiltelefoner och kameror.

I Norden räcker ungefär ett villatak med solceller för att försörja huset med hushållsel om energin kan lagras. Lagring av stora mängder el i ackumulatörer är dyrt och komplicerat, och det enda

praktiska sättet blir då att ansluta sådana solanläggningar till elnätet och använda andra elkällor som buffert.

## SOLFÅNGARE

En av flera former av solenergi som människan lyckats utvinna är att samla solstrålarna, koncentrera dem, för att på så sätt skapa värme. Idag finns stora solkraftverk som utnyttjar solenergi för att generera el med turbindrivna generatorer. För att uppnå så höga temperaturer som möjligt används stora speglar på stativ som följer solen på himlen. Spegelarna reflekterar och koncentrerar den direkta solstrålningen till en plats på toppen av ett soltorn. Där upphetas vatten till hög temperatur och bildar ånga, som i sin tur driver en ångturbin kopplad till en elgenerator. Sådana stora solkraftverk har exempelvis byggts i Kalifornien. I södra Europa görs också försök där vatten uppvärms till flera hundra grader och förvaras i stora tankar. På så sätt kan solenergin magasineras och vattnet kan driva elgeneratorer även när det inte är sol.

Idag har många vanliga villor en solfångare på väggen eller taket. Den förser hemmet med varmvatten för disk och dusch. I solfångaren finns oftast en vatten- och glykolblandning som pumpas runt i kopparrör. Någonstans i huset finns en tank där varmvattnet samlas.

I många länder, till exempel runt Medelhavet, har man ända sedan forntiden byggt hus som utnyttjar solvärme för ventilation och för värmeutjämning mellan dag och natt. Dessa hus brukar ibland kallas för passiva hus. (Läs mer om passivhus i kapitel 3.)

## ARTIFICIELL FOTOSYNTES – BRÄNSLE FRÅN SOLENERGI OCH VATTEN

Genom att omvandla solenergi direkt till vätgas kan man komma runt problemet. Vätgas kan användas som bränsle och avger endast vatten som restprodukt vid förbränning. Genom vätgasen går också solenergin att lagra, vilket andra solenergisystem ännu inte klarar. Idag är dock alla dessa processer mycket dyra jämfört med andra källor, men forskare försöker härma växternas sätt att utvinna solenergi.

Genom den så kallade fotosyntesen gör växterna om solljus till kolhydrater för att växa. Växternas fotosyntes har länge studerats för att

förstå hur solenergi kan omvandlas till användbar kemisk energi.

I Sverige finns ett stort forskningsprojekt, Konsortiet för artificiell fotosyntes, som utvecklar metoder för artificiell fotosyntes. De har kommit en bra bit på väg och fått uppmärksamhet från forskare över hela världen. Konsortiet är sammansatt av svenska forskargrupper som av Energimyndigheten fått i uppdrag att genomföra forskningsprojektet "Vätgas från solenergi och vatten: Från naturlig till artificiell fotosyntes". Om de lyckas är det en världssensation. Verksamheten inom konsortiet är inriktad mot att skapa kunskap om, och experimentellt genomföra, artificiella system som kan efterlikna naturens fotosyntetiska processer, till exempel omvandling av solenergi till vätgas, ett bränsle som kan användas i många tillämpningar som exempelvis fordonsdrift.

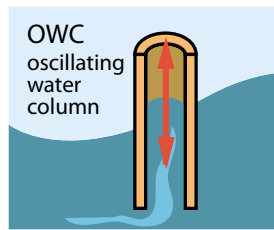
Den naturliga fotosyntesen bygger på en ovanligt smart men invecklad kedja av händelser med en mycket avancerad kemi. Klorofyllet i växtens blad fångar in solljuset och omvandlar solenergin till kemisk energi. Den energin blir till slut elektrisk, i form av elektroner, när vattnet i växten spjälkas upp till syrejoner och vätejoner. De energirika elektronerna används för att tillverka kolhydrater av koldioxid. Genom att spjälka vatten har alltså växterna tillgång till en oändlig energikälla. Men det är inte kolhydrater forskarna vill ha – utan vätgas. Därför designas det konstgjorda systemet lite annorlunda så att solenergin kan omvandlas till vätgas.

Även om ingen direkt vill spekulera i när vi kan ha en fungerande prototyp nämns ibland förhoppningar om att lösa huvudproblemen på cirka tio år. Inte heller vill så många diskutera hur en färdig produkt kan se ut. De förslag som ändå berörs är paneler som går att lägga på hustak, precis som man försökt göra med solceller. Denna teknik anses dock inte ännu vara konkurrenskraftig.

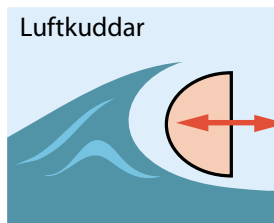
## Havskraft

Rörelser i hav rymmer oerhörda mängder energi. Även om teknik funnits, har människan hittills inte kunnat ta hand om den på ett ekonomiskt bra sätt. Men nu börjar allt fler idéer provas.

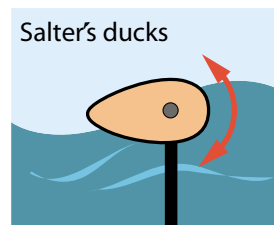
Nästan tre fjärdedelar av jordens yta består av hav. På den ytan hamnar cirka tre fjärdedelar av den solenergi som faller över jorden. Men förutom



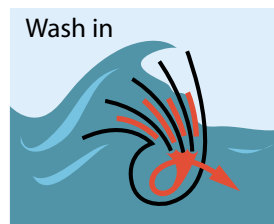
OWC  
oscillating  
water  
column  
Vågor höjer vattnet inne i cylindern och får luft att tryckas genom en turbin.



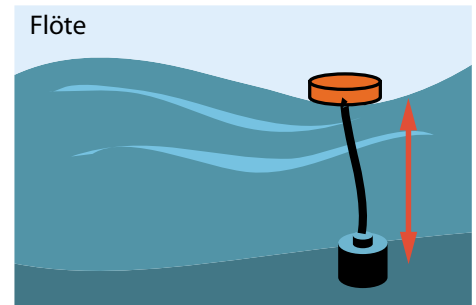
Luftkuddar  
Luftkuddar trycks ihop varvid luften passerar en turbin som alstrar ström.



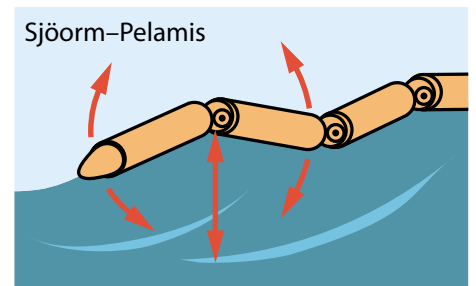
Salter's ducks  
"Ankorna" rör sig både vertikalt och horisontalt genom sin egen axel och genererar ström via turbin.



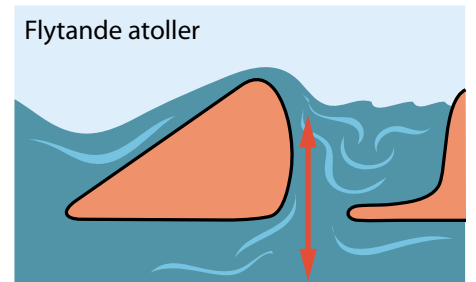
Wash in  
Skovelformade hjuls rörelse driver en generator.



Flöte  
Flöteskonstruktioner bygger på att en boj rör sig upp och ner då en våg passerar aggregatet. Denna upp- och nerrörelse driver en generator eller en turbin. De vanligaste flytanordningarna brukar kallas Archimedes gunga.



Sjöorm–Pelamis  
En serie cylindriska element sammankopplade i rörliga delar böjer sig av vågornas rörelse och får olja att pumpas genom "böjarna" till hydrauliska generatorer.



Flytande atoller  
Vattnet svallar över runda mynningar och rinner ner förbi en turbin som ligger ovan vattenytan. Denna variant har bland annat vidareutvecklats i Norge med flera kanter som kan ta emot olika höga vågor.

## På gång: VÅGKRAFT

Forskare vid Uppsala universitet arbetar med en metod för att utvinna den förnybara energin som finns i vågornas kraft. I ett försök vid Islandsberg utanför Lysekil har man lagt tre generatorer och ett undervattensställverk på 25 meters djup och kopplat till en landstation. Generatorerna är kopplade till bojar på ytan. När dessa guppar upp och ner aktiverar de pistonger med starka magneter i generatorerna.

Forskarna hoppas på att inom en snar framtid vara igång med serieproduktion av generatorer och ställverk och att anläggning år 2010 ska bestå av tio generatorer och ett antal biologiska flytbojar.

att värma upp havsytan överförs solstrålningen även till vindar, vars rörelseenergi överförs till vattnet när vinden bromsas upp mot havets yta.

Vågenergi är mer komprimerad än andra förnybara energikällor. Ju större vågor, desto mer energi innehåller de. Varje gång en vågs höjd fördubblas, fyrdubblas dess energi. Dessutom kan vågenergi utnyttjas dygnet runt, till skillnad från vind- och solkraft. Det beror på att energi lagras i vågor även efter att det har slutat blåsa.

De anläggningar som byggs idag sätts upp i närheten av platsen där energin behövs. På öar där elförsörjningen sköts av dieseldrivna kraftverk har det exempelvis visat sig lönsamt att använda vågkraft. Det pågår även viss forskning kring mer direkta användningsområden som produktion av färskvatten och vätgas eller för att förbättra vatten-cirkulationen i fjordar och havsbassänger. I bland annat Indien har man också provat att samordna vågkraftverk i vågbrytare (vallar som stoppar vågor i exempelvis båthamnar). Vågbrytarna byggs för att skydda fiskelägen från vågorna och många vågkraftverk skapar lugnt vatten bakom sig.

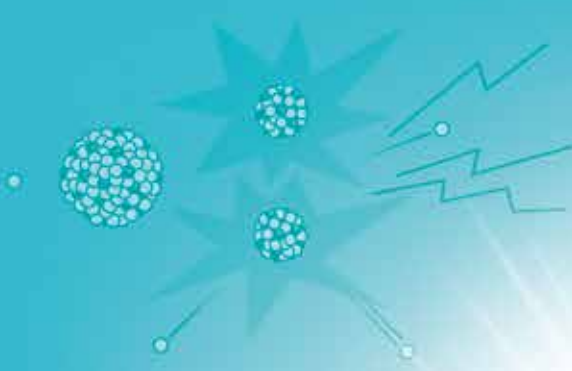
Det finns idag mängder av olika konstruktioner och metoder för utvinning av vågenergi, där några har visat sig fungera bättre än andra, men ännu finns ingen optimal lösning. Men nu finns en hoppfull forskningsidé.

De senaste tjugo årens forskning inom vågkraft

har nästan enbart gällt anläggningarnas mekaniska del, hur vattnet ska få saker att röra sig. Idag har dock en forskargrupp i Uppsala intresserat sig för själva generatoren. I stället för att omvandla vågkraftens långsamma, pendlande rörelse till de snabba rörelser som vanliga generatorer kräver har de svenska forskarna gjort tvärtom. De har konstruerat en linjär generator som passar för vågkraften och vågornas långsamma rörelser.

Via en tjock stål vajer är en stor – tre meter bred – boj kopplad till generatoren på havsbotten. Svårigheterna rör inte så mycket själva energi-omvandlingen, utan mer hur inkapslingen ska fungera, exempelvis hur man skyddar den mot rost och sjögräs. Forskarna undersöker därför alltifrån vad som händer om en säl lägger sig på bojen till om de kan göra så att krabbor och småfisk vill bo i håll i betongplattan längst ned.

Men det är inte bara vågor som innehåller energi, det gör allt vatten som rör sig. Några kraftverk har byggts för att ta tillvara energin i tidvattnet. I bland annat Sverige pågår forskning kring hur man ska kunna ta tillvara kraften i undervattensströmmarna. En del försök har redan gjorts. Vissa av dessa kraftverk ser ut som vindkraftverk, fast de står under vattenytan.



# Register

- Artificiell fotosyntes, 15, 58, 114ff  
Bensin, 21, 26f, 35, 41, 54ff, 72, 77f, 94, 98ff, 111  
Bergvärme, 77, 106f  
Bergvärmepump, 24, 106f  
Biodiesel, 110  
Bioenergi, 14, 56f, 59, 66f, 80, 93, 98, 109f  
Biogas, 15, 26, 47, 71, 80, 98, 111  
Biomassa, 14f, 57ff, 66, 70, 80, 83, 85, 98, 109ff  
Biopellets, 110  
Bioplantage, 58  
Bridreaktor, 81f, 103  
Brunkol, 100  
Bränslecell, 72, 77f, 83f, 87, 111, 114  
CSP-teknik, 68, 84  
Diesel, 21, 26, 35, 41, 56, 58, 77f, 99f, 104, 109ff, 116  
Distributionsförluster, 17, 19  
DME, dimetyleter, 109ff  
Driftel, 20, 24  
Drivmedelscertifikat, 27  
E85, 55  
Effekt, 13, 16f, 19, 68, 81, 83, 102, 107ff, 114  
Effektbrist, 16, 70  
Effekttopp, 110  
Ekologiska fotavtryck, 39  
Elcertifikat, 29, 55f, 93f  
Elpluginhybridbilar/teknik, 77  
Elproduktion, 15ff, 25ff, 36ff, 40f, 47, 53, 55ff, 59f, 70f, 78, 80, 82, 85f, 92ff, 106, 108ff  
Eltillförsel, 18  
Elvärmepump, 67, 75  
Energibrist, 16  
Energibärare, 15, 19, 36, 79, 81, 83, 85, 90, 98, 109  
Energideklaration, 22, 52, 94  
Energieffektiva hus, 75  
Energiförluster, 68, 78  
Energiinnehåll, 12, 25, 80, 86, 99, 101  
Energikvalitet, 14  
Energikälla, 14ff, 25f, 34f, 42, 44, 47, 57, 64, 71, 73, 81, 83ff, 92, 98f, 101, 103, 107, 109f, 112, 115  
Energiprincipen, 14  
Energiåtgång, 21, 23, 29, 65, 78f  
Entropiprincipen, 14  
Etanol, 19, 26, 54f, 57f, 72, 98, 109, 111  
EUs Grönbok, 24  
Exergi, 14f  
Fjärrkyla, 26, 76  
Fjärrvärme, 12, 15, 17, 19, 22, 24ff, 64, 67, 75f, 80, 110  
Fossila energikällor, 26, 34, 36ff, 46ff, 53f, 56, 70, 90, 93, 95, 99ff  
Fossilgas, 101  
Fotosyntes, 48, 58, 85, 112ff  
Fukushima-olyckan, 81, 104  
Fusionskraft, 80, 82f  
Förnybara energikällor, 14, 19f, 26, 29, 51ff, 59f, 68, 70, 73, 83, 86, 93, 95, 98, 106ff, 116  
Geotermisk energi, 14, 56, 106  
Grätzel-cellen, 84, 114  
Harrisburg-olyckan, 104  
Hushållsel, 20, 22ff, 61, 75, 114  
Hybridbil, 78  
IAEA (FNs Atomenergiorgan), 106  
Indirekt energi, 22  
IPCC (FNs klimatpanel), 48  
ITER, 83  
Jordvärme, 106f  
Kemisk energi, 13f, 70, 85, 115  
Kokarreaktor, 102  
Koldioxidlagring, 52f, 80  
Koldioxidutsläpp, 20, 26, 28, 47, 52f, 55, 57, 65, 76ff, 81, 111  
Kolsänka, 58, 67  
Kondenskraftverk, 19, 25  
Kraftledning, 17, 19, 59, 92  
Kraftnät, 17, 68, 104  
Kraftvärmeverk, 25, 66, 110  
Kvotplikt, 56, 93  
Kylanläggning, 26  
Kyotoprotokollet, 48ff, 58  
Kärnbränsle, 14f, 81f, 102ff  
Kärnfission, 14

Kärnfusion, 14  
 Kärnkraft, 14ff, 28, 30, 36ff, 43, 57, 59, 65, 67, 69, 80ff, 87, 90ff, 102ff, 112  
 Kärnkraftsreaktor, 16, 81, 90, 103ff  
 Leapfrogging, 72  
 Livscykelanalys (LCA), 30, 64, 83  
 Lägesenergi, 12, 18, 69f  
 Lättvattenreaktor, 81  
 Metanol, 54, 83, 98, 109ff  
 Naturgas, 14ff, 25, 30, 34ff, 40, 42ff, 52, 64, 75, 85, 87, 98ff, 111f  
 ”Negawattimmar”, 72  
 Nord Pool, 29, 59, 93  
 Oljekris, 22, 25, 35, 43f, 64, 92, 112  
 Oljeproducenter, 45  
 Oljereserver, 46  
 Omvandlingsförluster, 18, 24, 38  
 OPEC, 43ff  
 Passivhus, 67, 75f  
 Peakteori, 43, 46  
 Pellets, 26, 58, 109f  
 Pipeline, 43, 45, 87, 101  
 Radioaktiv, 14, 81f, 100, 103ff  
 Rapsmetylester (RME), 26, 109, 111  
 Råolja, 19f, 30, 41, 44ff, 54, 94, 99f  
 Rörelseenergi, 12, 14, 69, 86, 116  
 Sjöorm, 114f  
 ”Smart grid”, 59  
 Smarta nät, 59ff, 67f  
 Solbränsle, 84f  
 Solkraft, 15, 55, 57, 59, 73, 85f, 112, 114, 116  
 Spillvärme, 15, 24, 75, 80, 110  
 Spotmarknad, 59  
 Standby-läge, 23  
 Stenkol, 100  
 Tekniksprång, 71f  
 Termodynamik, 14  
 Tjernobyl-olyckan, 104  
 Torium, 14, 81, 98, 103  
 Transmutation, 71, 81  
 Tryckvattenreaktor, 102, 104  
 U-238, 82  
 Uppvärmning, 14ff, 20ff, 47, 51, 72, 74ff, 82, 87, 92, 106, 110  
 Uran, 14f, 18f, 25, 43, 81f, 98, 102ff  
 Utsläppsätter, 30, 51, 54  
 Vattenkraft, 12, 14, 16ff, 29f, 34, 36ff, 51, 55f, 64ff, 70, 87, 90f, 92f, 98, 103, 107f, 112  
 Vindkraft, 16ff, 29f, 51, 56f, 59, 61, 65, 69f, 73, 93f, 98, 108f, 114, 116  
 Vågkraft, 67, 70, 72, 80, 86, 98, 112, 114, 116  
 Värmeenergi, 12ff, 23, 94, 106  
 Värmepump, 15, 18ff, 23ff, 67, 74f, 92, 106ff  
 Värmeverk, 20, 22, 25f, 66, 101, 110  
 Vätgas, 15, 68, 73, 80–87, 98, 109, 113ff  
 Växthuseffekt, 30, 47ff, 58, 78, 87  
 Växthusgaser, 20, 25f, 28, 30, 40, 44, 47f, 50ff, 58f, 66, 91, 95, 101, 111  
 Ytjordvärme, 106f

# Källförteckning

## Hearings

- Hearing om exergi med professor Mats Westermark, KTH och Gunnar Svedberg, vd vid STFI-Packforsk (fd rektor för Göteborgs universitet), 2006-03-15.
- Hearing om Extern E med Ann-Marie Tillman, proprefekt Energi- och miljö, Chalmers tekniska högskola, Måns Nilsson, Stockholm Environment Institute och Lasse Kyläkorpi, miljösamordnare, Vattenfall AB, 2006-05-22

## Seminarier

- Dokumentation från "Slå en bro mellan vision och verklighet i energifrågor", NOG-seminarium, 2006-06-16
- Dokumentation från "Ett energieffektivare samhälle – så når vi dit!", Energirådgivarnas kongress, april 2006
- Dokumentation från International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, KTH, 2006-06-11
- Dokumentation från KVAs seminarium Framtidens kärnenergi, 2006-04-05
- Dokumentation kring IVA-seminarium: "Elförsörjningen i Ryssland - idag och i framtiden", 2006-03-21
- Elkrafttringens seminarium, "Swedish power technology industry", 2006-05-12
- IVL-seminarium, "Med lösningar för en hållbar framtid", 2006-05-23
- KVAs Energiutskotts seminarium om växthuseffekten, medverkande i panelen: Henning Rodhe, Lennart Bengtsson, Bert Bohlin, Wibjörn Karlén, Henrik Lundstedt och Peter Stilbs, 2006-02-16
- Seminarium om Världsnaturfondens rapport "Sverige som en globalt hållbar energiaktör", 2006-04-10

## Rapporter, böcker och faktablad

- "Bränslesnåla bilar", Vägverket, 2006-06-09
- BP Energy Outlook 2030, BP, 2011
- "ExternE Externalities of Energy Methodology 2005 Update", European Commission, 2005
- "LCA in a nutshell" av Anne-Marie Tillman, Environmental Systems Analysis Chalmers, 2006-05-22
- "Life Cycle Assessments" av Lasse Kyläkorpi, Vattenfall Nordic Generation, 2006
- "Biobränsle från skogen, tillgång och efterfrågan", Skogsindustrierna, 2006
- "Bränsleceller i energisystemet", Programrådet för stationära bränsleceller, STEM, 2006-01-31
- "Dagens Energi", Energimyndigheten, 2006-03-04
- Electricity Storage, Making large-scale adoption of Wind and Solar Energies a reality, Boston Consulting Group, 2010
- "Energi i medvind, syntesrapport över vindkraftforskningen i Sverige", Energimyndigheten
- "Energi i tredje världen", projektarbete vid KTH, 2003/2004
- "Energi, människa och samhälle", Svensk Energi, 2005
- "Energimyndigheten efter 2006", anförande av Thomas Korsfeldt, 2006-04-04
- "Har du stängt av på riktigt?", Energimyndigheten, 2007
- International Energy Outlook, EIA, 2011
- "Kina är på väg att gå om USA som världens största konsument", Omvärldsbilder, Göteborgs universitet, 2006



- ”Kina inför framtiden – Några viktiga trender i Mittens Rike”, Totalförsvarets forskningsinstitut, 2006
- ”Om bioenergi”, KVAs Energiutskott, 2007
- ”Om energin 2050”, KVAs Energiutskott, 2010
- ”Om fusionskraft”, KVAs Energiutskott, 2009
- ”Om kärnkraft”, Information från KVAs energiutskott, 2006
- ”Om oljan”, Information från KVAs energiutskott, 2005
- ”Om vattenkraft”, KVAs Energiutskott, 2009
- ”Program för Miljöanpassat byggande – nybyggnad”, Stockholms Stad, 2004
- ”Stormen Gudrun – Konsekvenser för nätbolag och samhälle”, STEM, 2005
- ”Sverige som en globalt hållbar energiaktör”, WWF, Powerswitch, 2006-04-10
- 10 råd om Energi, Energirådgivningen
- 20 stycken faktablad, Energirådgivningen (25 kommuner i Stockholmsområdet i samarbete)
- China and India’s Energy Development in Global Perspective, Yo Osumi, Head Asia Pacific and Latin America Division International Energy Agency, Beijing, March 2006
- Energiläget 2005, Energimyndigheten
- Energiläget i siffror 2005, Energimyndigheten
- Energin, transporter och miljön, Volvo Personvagnar, 1996
- Externalities of energy, The Swedish biomass cycle, SEI
- Faktarapport om energianvändning i industrin, IVA, 2006-10-30
- ”Hållbara drivmedel – finns de?” Lunds universitet, 2008
- Hälso- och miljöeffekter, Analysgruppen Bakgrund, 1998
- Hälsorisker vid elproduktion, Analysgruppen Bakgrund, 2001
- Industrivision 2020, Energiseminarium 2005, Christer Sjölin
- Key world energy statistics, International energy agency
- På väg mot ett oljefritt Sverige, Kommissionen mot oljeberoende, juni 2006
- Rapporten ”Fossila bränslen utan koldioxid – är det möjligt?”, KVA och IVA, 2004
- Rapportserien ”Energiframsyn Sverige i Europa”, IVA
- Smarta elnät i Sverige, Pontus Hedén och Emma Lundblad, Institutionen för Energivetenskap, Lunds universitet, 2011
- Solar Power and Solar Fuels Synthesis, Technology, market and research activities 2006–2011, Energimyndigheten, Bengt Ridell, Bengt Kasemo, Ronny Nilsson, Björn Rehnlund, 2011
- Stora och små frågor om Energi, Vattenfall, 2006
- Text ”Biodrivmedel ur ett globalt och svenskt perspektiv” till Sveriges riksdagsmän inför seminariet ”Bortom Kyotoprotokollet – vetenskap för långsiktig hantering av klimatfrågan” under Riksdagens Framtidsdagar, mars 2005, Chalmers tekniska högskola
- The global energy problem, av professor Lennart Bengtsson, Energy & environment, 2006
- The Rise of Renewable Energy, av Daniel M. Kammen, professor vid University of California, Berkeley
- Rapporten ”En svensk nollvision för växthusgasutsläpp”. IVAs Vägval energi-projekt, 2009
- Uttalande: Effektivisering av energianvändningen i Sverige fram till 2050, KVAs Energiutskott, 2010
- World Energy Statistic, 2011, IEA

### **Mediabevakning – ett urval**

- Extrema metoder för de sista dropparna, Forskning & Framsteg, nr 2/2006
- Vad vi satsar på idag avgör tillgång och pris i framtiden, Naturvetaren, 2006
- Sista färden till Primorsk, DN, 2003-02-27
- Vätgassamhället, Chalmers magasin, 3/2004
- Rusning till pumpen, SP/Provning&Forskning, 2/2006
- Energimagasinet, Teknikförlaget, 2/2006
- En epok eldad med olja, Forskning & Framsteg, nr 3/2006

- Klimataktuellt, Naturvårdsverket, mars 2006
- Naturvetaren, nr 3/2006
- Elpriset oroar basindustrin, IVA-aktuellt, 3/2006
- Energikrisen har fått EU att vakna, DN, 2006-03-05
- Processindustrin, Rapport, 2006-03-22
- Framtidens klimat, Naturvetaren, nr 4/2006
- En förvarning av vad som kan komma, DN, 2006-04-04
- Växthusgaserna i staden ska vara borta till år 2050, DN, 2006-05-30
- Gruvbolag letar uran i Dalsland, AB, 2006-05-03
- Väst skriker efter Kaukasus svarta guld, DN, 2006-05-26
- Gasen ger Putin makt, Metro, 2006-05-31
- Dokumentation från KVAs ”Statements on nuclear energy”, 2006-06-29
- Det finns ett liv efter oljan, DN, 2006-06-07
- Kyla ersätter slutförvar, IVA, 2006-08-08
- Vinden vänder för vindkraften, DN, 2006-08-08
- Fjärrvärme kan klara klimatmålet, DN, 2006-08-23
- Ny teknik placerar Danmark i topp, IVA, 2006-09-25
- Drivmedel för renare framtid, DN, 2006-10-12
- Sverige en av världens åtta värsta miljöbovar, Metro, 2006-10-25
- Framtidens bilar, SR, Studio Ett, 2007-01-10
- Tidningen Energivärlden, nr 01-05, 2005, 01-05, 2006, Energimyndigheten
- Vågkraften får sitt genombrott, Illustrerad Vetenskap, Nr 15/2006
- Vågkraften blir kommersiell, Ny Teknik, 2008-09-29
- The strong link between GDP and Oil Consumption, Insight for investors - Frank Talk, April 2011
- Myten om marginaelen är genant för Energimyndigheten, Newsmill, Harry Frank, 2010-03-22
- Fortum och Skanska skapar smarta nät, Energinyheter.se 2010-05-27
- Ny energi till Europa, SvD.se, 2009-01-07
- China Tops 2011 Index Ranking for Renewable Energy, Energyportal.eu, 2011-12-01
- German Bundesrat reject disputed CCS law, zero.no, 2011-09-28
- Många svenskar har dålig koll på sin elförbrukning, Eon, 2012-01-26
- Global photosynthesis faster than earlier thought. CSIRO, 2011-10-18
- Metangas starkare än beräknat, Sverigesradio.se, 2009-10-30
- Kinas ökade energiåtgång åroar omvärlden, SvD.se, 2011-11-22
- 10 heta sätt att lagra energi, Ny Teknik, 2010-11-03
- Vindkraft kan hamna på lager, SvD.se, 2010-04-26
- A radically different transport sector by 2050, European Energy Review, 2011-12-21
- Defkalion bjuder in till test av kallfusion, Ny Teknik, 2012-01-24
- Svenska fysiker driver E-cat.com, Ny Teknik, 2011-11-18
- Kall fusion – nu ska den vara klar för produktion, Ny Teknik, 2011-01-20
- Sverige mot ryskt gasberoende, Affärsvärlden, 2011-09-05
- ...men resten av världen storsatsar, Ny Teknik, 2012-02-01
- Amid Paean to Energy Efficiency, the World Is Getting Less Efficient, Time - Ecocentric, 2011-09-21
- Energirådet den 24 november 2011, regeringen.se, 2011-11-21
- Finland bygger nytt kärnkraftverk i Pyhäjoki, energinyheter.se, 2012-01-23
- Framtidens elnät demonstreras på Gotland, Vattenfall Newsroom, 2011-06-27
- Kommissionen föreslår prioriterade korridorer för elnät och gasledning, europa.se, 2010-11-17
- EU- Kommissionen stakar väg mot 2050, ERA, 2011-12-15

## Urval av webbplatser

[http://ec.europa.eu/research/leaflets/fusion/page\\_89\\_sv.html](http://ec.europa.eu/research/leaflets/fusion/page_89_sv.html)  
<http://www.ase.org/>  
[http://www.bpalternativenergy.com/liveassets/bp\\_internet/alternativenergy/index.html](http://www.bpalternativenergy.com/liveassets/bp_internet/alternativenergy/index.html)  
<http://www.est.org.uk>  
<http://www.iea.org>  
<http://www.worldwatch.org>  
<http://www.mistra.org>  
<http://www.rise.org.au/info>  
<http://www.stem.se/web/otherapp/ekunskap.nsf>  
[http://www.vattenfall.se/om\\_vattenfall/energikunskap/mer\\_om\\_energi/historia.asp](http://www.vattenfall.se/om_vattenfall/energikunskap/mer_om_energi/historia.asp)  
<http://www.klimatkompassen.se>  
<http://www.energinyheter.se/>  
<http://spbi.se/faktadatabas/>  
<http://www.regeringen.se>  
<http://www.desertec.org>  
<http://www.svenskenergi.se/>  
<http://www.energyportal.eu/>  
<http://www.forskning.se/>  
<http://www.ekonomifakta.se/>  
<http://www.plusenergihus.com/>  
<http://ecocentric.blogs.time.com/>  
<http://renewableenergyindex.com/news>  
<http://www.topten.info/>  
<http://spectrum.ieee.org/>  
<http://chartsbin.com/>  
<http://www.asc.angstrom.uu.se/>  
<http://www.svid.se/>

## Urval av personkontakter

Ulf Andreasson, Tillväxtanalys, Peking  
Pål Börjesson, Lunds Tekniska Högskola  
Rickard Gebart, Luleå tekniska universitet  
Anders Hagfeldt, Kungliga Tekniska Högskolan  
Ane Håkansson, Uppsala universitet  
Olle Inganäs, Linköpings universitet  
Mats Leijon, Uppsala universitet  
Ann Magnuson, Uppsala universitet  
Olle Olsson, Sveriges lantbruksuniversitet  
Harald Skogman, Lunds tekniska högskola  
Bengt Steen, Chalmers tekniska högskola  
Maria Strømme, Uppsala Tekniska Högskola  
Stenbjörn Styring, Uppsala universitet  
Peter Tunved, Stockholms universitet

# Om projektet Vetenskap & Vardag – Aspekter på energi

Boken du håller i din hand är den fjärde och reviderade upplagan av boken *Energi – möjligheter och dilemman*. Boken är resultatet av IVAs och KVAs projekt *Vetenskap & Vardag – Aspekter på energi*, som startade 2005. Första upplagan lanserades 2007. Den stora uppskattningen och efterfrågan gjorde att boken uppdaterades 2009 och 2012 gjordes en ännu mer omfattande uppdatering och komplettering. Till grund för revideringen låg en utvärdering riktad till journalister, beslutsfattare och lärare, som tagit del av och arbetat med boken. Denna fjärde upplaga har genomgått en mycket mindre revidering än 2012. Målet med boken har genomgående varit att den ska vara en intresseväckande, faktaförmedlande och problematiserande skrift om energifrågor där vetenskapliga perspektiv möter vardagen. Förhoppningen är att denna bok ska stimulera till en allsidig, saklig och problematiserande dialog och diskussion på olika nivåer i samhället.

*Energi – möjligheter och dilemman* utgör en del av ett större projekt som drivs gemensamt mellan IVA och KVA – där lärare och elever i grundskolan är en särskilt viktig målgrupp. Den ursprungliga målgruppen bestående av politiker, journalister, gymnasieelever och intresserad allmänhet är dock lika aktuell idag. För det skolinriktade arbetet har projektet på senare tid bland annat samarbetat med Svenska Science Centers (SSC), Vetenskapens Hus och Naturvetenskap och Teknik för Alla (NTA). I detta samarbete ingår en Fortbildningsdag för lärare med boken som grund.

Det ursprungliga projektet finansierades av Statens Energimyndighet, Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond, Svensk Energi, Svenskt Näringsliv, T & R Söderbergs stiftelse, Vattenfall AB och Vetenskapsrådet.

Till senare upplagor och det skolinriktade arbetet har Statens Energimyndighet, Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond, Svenskt Näringsliv samt Erik Johan Ljungbergs Utbildningsfond varit viktiga finansiärer. Ytterligare finansiärer kan tillkomma.

Det är många som på olika sätt bidragit till bokens innehåll och utformning. Det ursprungliga manuset kom till i en process där fakta samlades in, diskuterades och bearbetades vid seminarier, hearings och intervjuer. Ett antal företag, organisationer och personer bidrog med expertis och fakta till såväl seminarieverksamhet som underlag till boken.

Projektledare, huvudskribent och redaktör för den första upplagan var *Eva Stattin*. Materialet som ligger till grund för boken samlades in med hjälp av *Håkan Borgström*. *Eva Stattin* var också ansvarig huvudredaktör och skribent för den tredje upplagan. Projektledare för andra, tredje och fjärde upplagan har varit *Elin Vinger Elliot*. Styrgruppsordförande sedan projektstart har varit Bengt Kasemo. Projektets styrgrupp och representanter från IVAs Energi & Miljöråd och KVAs Energiutskott har bidragit med synpunkter och underlag till kompletteringar och faktagranskning. De har också lagt ner ett omfattande ideellt arbete för att ta fram och granska material. *Airi Iliste* var med och tog fram idén till bokens layout och har tagit fram bokens samtliga illustrationer. För den tredje och fjärde upplagan har *Pelle Isaksson* ansvarat för layout och original.

Den tredje upplagan, som var en större revision, kompletterades och uppdaterades med hjälp av professor *Harry Frank*, doktor *Dick Hedberg*, direktör *Christer Sjölin*, professor *Bengt Kasemo* (ordförande), Vicerektor *Eric Giertz*, projektledare *Elin Vinger Elliot* samt IVA-ledamöterna fd generaldirektör *Lars Högberg* (avsnitten om kärnkraft i kapitel 3 och 5), direktör *Gunnar Agfors* (faktatexter till avsnitten om olja, kol och naturgas i kapitel 5), Senior advisor *Lennart Billfalk* (avsnitten om elmarknad i kapitel 1 och 2).

Denna fjärde upplaga, som är en mindre revision, har bearbetats och kompletterats med hjälp av ledamöter i styrgruppen samt *Bo Normark*, *Fabian Levihn* och *Petter Johansson*.

Boken riktar sig till alla som behöver samlad och saklig kunskap inom energiområdet, som exempelvis politiker, journalister, gymnasieelever och intresserad allmänhet. Inte minst vill vi vända oss till grundskolan där vi sett ett stort behov av kunskap inom energiområdet – för såväl lärare som elever.

Styrgruppen vill framföra sitt tack till alla som medverkat och bidragit till denna bok från det att första upplagan togs fram under 2006 till utvärderingen av boken under 2011 och denna fjärde upplaga som publiceras kring årsskiftet 2014/2015. Ett speciellt tack som gäller olika skeden i projektet riktas till: *Gunnar Agfors*, *Lennart Billfalk*, *Hampus Byström*, *Leo Fidjeland*, *Bertil Fredholm*, *Ingmar Grenthe*, *Kirsti Häcki*, *Lars Högberg*, *Elisabeth Hörnfeldt*, *Petter Johansson*, *Erika Ingvald*, *Arne Kaiser*, *Lasse Kyläkorpi*, *Bo Källstrand*, *Lars-Gunnar Larsson*, *Pia Larsson*, *Fredrik Lagergren*, *Fabian Levihn*, *Malin Lindgren*, *Jan Lindholm*, *Anna Lindquist*, *Per Lundqvist*, *Måns Nilsson*, *Bo Normark*, *Göran A Persson*, *Göran Pettersson*, *Birgitta Resvik*, *Alva Backstöm*, *Magdalena Streiffert*, *Gunnar Svedberg*, *Christer Svensson*, *Leif Svensson*, *Elisabet Söderström*, *Lars Tegnér*, *Ann-Marie Tillman*, *Mats Westermark* och *Ann-Marie Wilhelmsen*, som alla på olika sätt har bidragit med värdefullt underlag till boken.

Projektets styrgrupp består av professor *Bengt Kasemo*, ordförande för projektet sedan dess start och ledamot i IVAs Energi & Miljöråd (IVA E & M) och KVA's Energiutskott (KVA E U), direktör *Christer Sjölin*, IVA E & M, dr. *Dick Hedberg* (KVA E U), professor *Harry Frank* (KVA E U och ledamot i IVA), professor *Eric Giertz* (ledamot IVA), *Gerd Bergman* (NTA), dr. *Magnus Breidne* (projektchef IVA) samt *Elin Vinger Elliot* (projektledare IVA).





Frågor om energi och energiförsörjning, i Sverige och världen över, handlar ofta om ödesfrågor för överskådlig tid. Ökad kunskap, saklig debatt och diskussion kan bidra med mycket inför framtiden. Därför har de båda vetenskapsakademierna IVA och KVA i ett gemensamt projekt tagit fram denna bok, som ska bidra med fakta. Boken tar också upp ett antal frågeställningar som är väl värda att fundera över. Frågornas svar finner vi i vår gemensamma framtid – någonstans där vetenskap möter vardag.



KUNGL. INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN



KUNGL.  
VETENSKAPS-  
AKADEMIEN

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES