

Solstad Göteborg 2050



Ett hållbart energisystem med:

- **Effektiv energianvändning**
- **Förnybar energi**
- **Ändrad livsstil**
- **Energieffektiv stadsplanering**
- **Energilagring**
- **Vätgassamhället**

Juni 2003

Reviderad september 2003

GÖTEBORG 2050

www.goteborg2050.nu

Denna skrift finns att hämta som ett pdf-dokument på hemsidan för projektet Göteborg 2050:

www.goteborg2050.nu

Ett tryckt exemplar kan rekvireras från:

Projekt Göteborg 2050
Att: Ann-Marie Ramnerö
Miljöförvaltningen Göteborgs Stad
Karl Johansgatan 23-25 414 59 Göteborg
031- 61 26 37
ann-marie.ramnero@miljo.goteborg.se

Förord

Projektet GÖTEBORG 2050 genomförde en heldags workshop om hållbar energi i ett framtida hållbart samhälle hösten 2001. Vid workshopen bidrog forskare, politiker, tjänstemän tillsammans med företrädare från industri och näringsliv med sina tankar om hur ett hållbart framtida energisystem skulle kunna se ut. Denna rapport är en spegling och en vidareutveckling av de visioner som kom fram under denna workshop. Vi hoppas att rapporten kan inspirera till fortsatt hållbart utvecklingsarbete. Rapporten presenterades under solkongressen International Solar Energy Society Congress 2003 i Göteborg 14-19 juni 2003.

Vi vill tacka projektets informatör Pia Sundh för arbetet med att utveckla tankar och manus till ett färdigt dokument och Elin Löwendahl för bidrag med texter och kunskap om energieffektiva kortväga transporter.

I projektet GÖTEBORG 2050 används långsiktiga och hållbara framtidsbilder för att stimulera utvecklingen och öka möjligheterna att nå ett hållbart Göteborg med omgivande region i en hållbar omvärld.

Projektledarna Hans Eek och Johan Swahn medverkar i Göteborgs Stads pågående arbete med att ta fram en ny energiplan. Visionerna i det här dokumentet är tänkta att ge stimulans för långsiktigt tänkande i detta arbete.

Denna upplaga är en omtryckning där rättelser och några revideringar är införda. Vi tar gärna emot ytterligare synpunkter på innehållet inför det fortsatta arbetet med energiframtidsbilder.

Göteborg i september 2003

Johan Swahn

Göteborg 2050
Fysisk resursteori

Hans Eek

Göteborg 2050
Göteborg Energi

Innehållsförteckning

1. INLEDNING OCH BAKGRUND	1
1.1. Vad är ett hållbart samhälle?	2
1.2. Det globala hållbara energisystemet	3
1.3. Klimatet i fokus	8
2. ENERGISTRATEGISKA TANKAR	10
2.1. Smart och effektiv energianvändning	10
2.2. Förnybar energitillförsel	11
2.3. Värderingsskiften och beteendeförändring	11
2.4. Förändrad urban struktur: Utveckling kring torg och centrumbildningar	12
2.5. El- och vätgassamhället växer fram: En gigantisk strukturomvandling	14
2.6. Av största vikt i ett hållbart energisystem: Energilagring	14
2.7. Energihandel i hela världens förnybara energisystem	15
2.8. Lokal marknad viktig för utvecklingen av ny energiteknikindustri	15
2.9. Minska effekttoppar	15
2.10. Elvärme	16
2.11. Hur dyr eller billig blir energin?	17
2.12. Energiutveckling som prioriterat bistånd	17
3. FRAMTIDSBILDER: SOLSTAD GÖTEBORG 2050	19
3.1 Förnybar energitillförsel	21
3.1.1. Solceller och solelkraftverk	21
3.1.2. Vindkraft	21
3.1.3. Solfångare för varmvatten och värme	22
3.1.4. Flodkraft och havskraft	22
3.1.5. Biobränsle inklusive avfall	22
3.2. Smart halverad energianvändning	24
3.2.1. Uppvärmning	24
3.2.2. Transporter	25
3.3. Det nya och det gamla om femtio år	27
4. VÄGEN TILL DEN HÅLLBARA ENERGIN	29
APPENDIX 1: Backcasting	31
APPENDIX 2: Tabeller med data för energiscenarierna	33

1. INLEDNING OCH BAKGRUND

Välkommen att läsa en vision om energin i det framtida hållbara Göteborg! Med de framtidsbilder som presenteras här vill vi stimulera till diskussion och till eget kreativt tänkande. Vi vill bidra med långsiktiga tankar som kan vara en del av beslutsunderlaget när beslutsfattare i Göteborg och Göteborgsregionen tar beslut som påverkar vår energitillförsel och energianvändning i framtiden. Vi vill ge de som bor i Göteborg och Göteborgsregionen bilder som de kan förhålla sig till när de funderar över hur det kan se ut när våra barnbarn och barnbarns barn växer upp. Vi vill ge positiva bilder som visar att det går att skapa ett hållbart samhälle för alla.

De framtidsbilder som vi presenterar här kan användas i en metod som brukar kallas "backcasting" på engelska. Då används framtidsbilderna så att man tänker sig att man står i framtiden och sedan kastar man sig tillbaks i nuet och funderar om de beslut man tar idag leder åt den framtid man siktar på. Man kanske måste ändra inriktning på arbetet eller åtminstone planera så att de beslut man tar, inte skapar barriärer för att senare ställa om kursen i en ännu hållbarare riktning. Det står lite mer om backcasting i appendix 1.

En viktig sak att förstå är att när vi pratar om Solstad Göteborg så menar vi ett Göteborg med omgivande regioner med ett hållbart energisystem. Det är inte bara fråga om moduler på taket för att fånga in solens strålar och göra om dem till varmvatten eller el. Med solenergi menas förnybar energi i alla dess former – sol, vind, vatten, biomassa, havsströmmar – ja man kan faktiskt även räkna in tidvatten och geotermisk energi som inte alls kommer från solen men är förnybara. Sedan så är en effektiv användning av energi oerhört viktigt för att vi ska kunna åstadkomma en Solstad Göteborg 2050.

En annan viktig sak att förstå är att året 2050 såsom det används i projektet GÖTEBORG 2050 är ett "symboliskt" årtal som symboliserar en framtid då vårt samhälle har blivit hållbart, dvs då samhället skulle kunna fortleva i tusentals år framåt utan att möjligheten för framtida generationer att kunna leva ett hållbart liv försämras. Vissa saker, faktiskt rätt så mycket, är hållbart redan idag. Mycket mer har förändrats till 2050 och 2100. Hela världen kanske inte är rättvis och hållbar förrän en bit in på nästa århundrade.

En sak är dock säker: Om femtio år, år 2050 i vår tideräkning, så har vi kommit en god bit på väg till den globalt hållbara världen. Industrin, infrastrukturen, vårt sätt att leva har funnit nya former och det är bara en fråga om tid och resurser innan samhällsomvandlingen är klar. Och eftersom Göteborg och Göteborgsregionen har ambitionerna och förutsättningarna att vara bland de främsta städerna i världen när det gäller miljö och hållbarhet så har vi kommit längst här. Men, då måste vi börja nu!

I detta inledande avsnitt fortsätter vi med att diskutera vad som kännetecknar ett hållbart samhälle. Vi tar sedan ett stort kliv ut i världen och beskriver hur ett hållbart globalt energisystem skulle kunna se ut på

sikt. Vi avslutar bakgrundsdelens med att ta upp riskerna med klimatpåverkan av utsläpp av koldioxid i atmosfären – detta århundrades riktigt stora miljöutmaning. Dokumentet innehåller sedan tre ytterligare avsnitt. Först kommer ett där vi beskriver några viktiga energistrategiska tankar för ett hållbart energisystem. Detta följs av ett avsnitt med Göteborgska energiframtidsbilder. Dokumentet avslutas med några funderingar och öppna frågeställningar om hur vi kan ta oss till hållbarhet.

1.1. Vad är ett hållbart samhälle?

Hållbar utveckling är en utveckling som tillfredställer dagens behov utan att äventyra förutsättningarna för kommande generationer att tillfredställa sina behov. (Brundtlandkommissionen, 1987)

När man arbetar med att ta fram visioner och framtidsbilder måste man ge vissa ramar och mål som bilderna måste svara mot. Ramarna definierar vilka ekologiska eller miljömässiga villkor som gäller, och då med en koppling till en omvärld där hela världens växande befolkning har samma rätt till ett gott liv. Dessutom har man mål för social hållbarhet. Det är svårare och mindre meningsfullt att ange mål eller ramar för ekonomisk hållbarhet. Enkelt sett kan man säga att framtidens hållbara ekonomi är den ekonomi som möjliggör att den sociala hållbarheten nås inom de ekologiska ramarna.

De ekologiska ramarna innebär att all vår energi kommer från förnybar energi i alla dess former. Det är endast fråga om energiformer som kan användas under mycket lång tid framöver. Det rör sig om värme, el och kanske även vätgas som alstras direkt från inkommande solstrålning. Det finns vindkraft och vattenkraft och kraft från strömmande vatten i floder och på havsbotten. Vi har energi från biomassa och avfall som är rent från föroreningar. Vi använder energi från jordens inre (geotermisk energi) och från tidvatten. Det är fråga om energiformer som inte ger utsläpp av farliga ämnen i naturen. Den viktigaste förändringen från idag är att i det hållbara samhället använder vi inga fossila bränslen som är ändliga resurser som släpper ut föroreningar vid förbränning, bl a koldioxid som hotar att förändra hela världens klimat. Det bör påpekas att ett energisystem som använder mycket förnybar energi behöver omfattande lagringssystem och att även dessa måste vara hållbara.

Det hållbara samhället är ett kretsloppssamhälle. Det innebär att man tar ett absolut minimum av ändliga resurser från jordskorpan och att ett absolut minimum av farligt avfall måste slutförvaras i deponier. De flesta materialkretslopp är slutna och nästan allt material från produkter återanvänds för att göra nya produkter. Askan från biomass- och avfallsförbränning är så ren att den kan användas som gödningsmedel. Man ser till att de få miljöfarliga material, som trots sin farlighet måste användas i tekniska systemen, används i mycket tätt slutna och reglerade miljöer.

All energitillförsel är miljöbelastande, även förnybar energitillförsel. Det hållbara energisystemet måste kunna hålla sig inom ramarna för hållbarhet. I bästa fall kan energianläggningar gynna naturen, t ex om vindkraftsparker till havs med sina fundament ger fiskyngel skydd och som helhet skapar zoner fredade från fiske. I andra fall riskeras den biologiska mångfalden och möjligheterna att långsiktigt nyttja en yta. Utav de olika förnybara energislagen är hållbarhetsutmaningen störst för biomassa.

För att få ett hållbart samhälle måste vi tänka globalt även om vi agerar lokalt. Ett hållbart samhälle är ett globalt hållbart samhälle, där man har ett rättvist globalt resurs- och miljöutrymme. Detta innebär att alla de 10 miljarder människor som bor på vår jord, om hundra år, har lika stor rätt till ett gott liv i välfärd. Detta ställer höga krav på att vi alla använder de resurser som finns så effektivt som möjligt. Att kunna försörja alla med god mat och dryck kommer att ställa krav på hur vi använder våra odlingsbara ytor som i sin tur påverkar hur mycket biomassa som kommer att används för energi. Det ställer även krav på vår livsstil och på att vi arbetar och bidrar med resurser så att detta blir framtiden och inte en framtid med fortsatt stora globala klyftor med de konfliktrisker som detta för med sig.

Den sociala hållbarheten innehåller många delar och det är inte lika lätt att ange några generella mål som innefattar det hållbara samhället. Inom projektet GÖTEBORG 2050 brukar vi benämna detta mer svårgreppbara som "Det Goda Livet". Den sociala hållbarheten omfattar olika typer behov. De grundläggande behov av mat, rent vatten och ren luft, värme och kyla, medicinsk vård m.m. måste naturligtvis täckas. Man måste känna sig säker och inte känna hot från omgivningen eller från omvärlden. Det finns ett behov av gemenskap med andra – för att inte tala om kärlek. Självförtroende och självförverkligande är andra viktiga faktorer. Här ingår även att ha tid för att verkligen leva. Alla dessa behov ingår i "Det Goda Livet". Vi menar att mycket av det ohållbara i dagens värld – speciellt kopplingar till massbilism, masskonsumtion och globala välfärdsklyftor – beror på att denna skenbara tillfredsställelse av de sociala behoven inte alltid leder till en socialt och ekologiskt hållbar utveckling. Det är viktigt att vi diskuterar hur det socialt hållbara samhället skulle kunna se ut och kunna förverkligas.

En del av det socialt hållbara är vår uppfattning av omvärlden. Vår bild av staden och kulturlandskapet (kusten, havet, åkern, skogen och fjället) är viktig för vårt välbefinnande. Samtidigt innebär ett hållbart energisystem i framtiden att stadens arkitektur och planering och kulturlandskapets gestaltning måste bli mycket annorlunda. En viktig frågeställning är om vi kan sätta oss in i hur annorlunda – eller likt– det hållbara samhället kommer att vara. En förhoppning är att ögat ser skönheten i allt det nya genom att upplevelsen påverkas positivt av att det är hållbart.

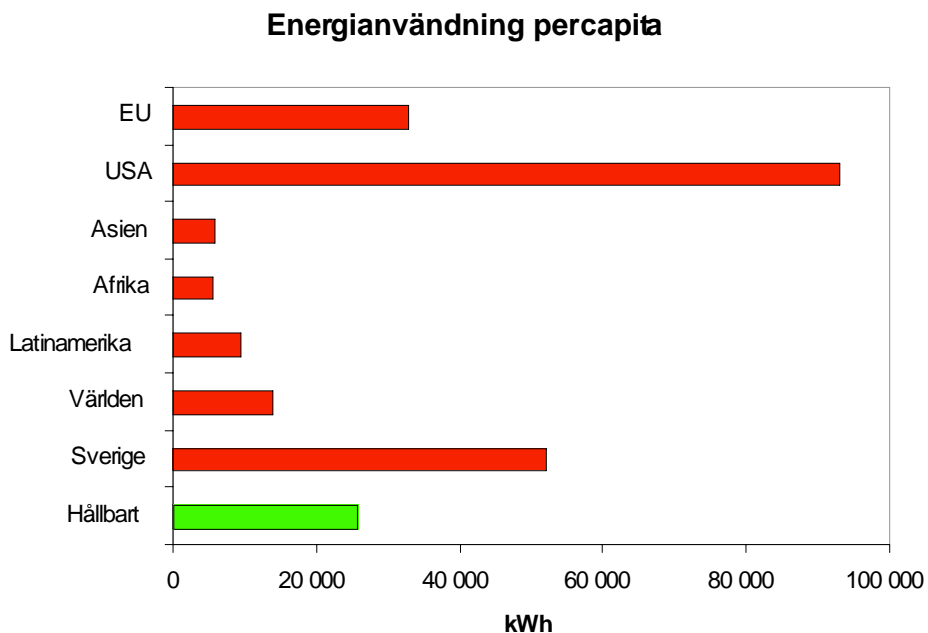
1.2. Det globala hållbara energisystemet

För att kunna säga något om det hållbara energisystemet i Göteborgsregionen måste vi få en bild av hur ett globalt hållbart energisystem skulle kunna se ut. Hur mycket energi använder vi per

person i världen? Vi förutsätter förnybar energi, men med vilka energislag?

Vi förutsätter att i den hållbara världen har alla människor lika stor rätt att använda jordens resurser. När vi når andra halvan av detta århundrade förväntas jordens befolkning ha ökat från dagens ca 6 miljarder människor till ca 10 miljarder. Befolkningen har då nått en jämviktsnivå och kan antingen ligga kvar på ungefär denna nivå i framtiden eller så kan den minska för att stabiliseras på en lägre nivå. Vi antar att det är 10 miljarder människor som ska ha lika stor rätt till energitillförsel.

Idag är det stora skillnader på hur mycket energi som människor som bor i olika delar av världen använder. I många länder är det också skillnad på energianvändningen inom landet. I figur 1 finns statistik på hur mycket energi som man i snitt använder per person och år i olika delar av världen.



Figur 1. Energianvändningen per person idag och i det globalt sett hållbara samhället. Källa för dagens värden: Energimyndigheten.

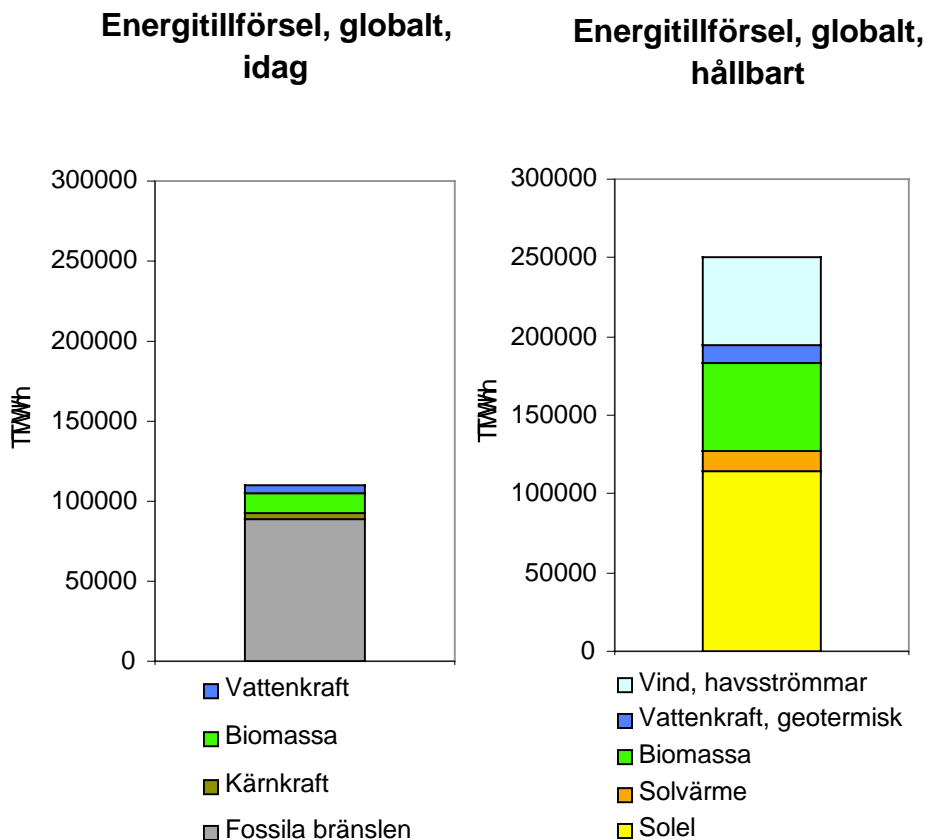
I Sverige idag använder vi i snitt ca 50 000 kWh per år och person. Detta är mer än genomsnittet per person i EU som använder ca 33 000 kWh. USA har betydligt högre energianvändning per person, dubbelt så mycket som i Sverige. Energianvändningen i utvecklingsvärlden är mycket lägre. Det globala medelvärdet är idag ca 14 000 kWh per person och år och markerar att 20% av världens befolkning använder 80% av världens resurser, något som måste förändras i ett globalt hållbart samhälle.

I figuren har vi även markerat vad som skulle kunna vara en hållbar nivå på energianvändning per person i ett hållbart samhälle, ca 25 000 kWh energi per person och år. Vi utgår ifrån att vi göteborgare har möjlighet att använda ungefär lika mycket energi som övriga människor på jorden. Vi

räknar med att det finns 10 miljarder människor på jorden i en hållbar framtid. Om då alla har tillgång till ca 25 000 kWh energi per år och person så skulle detta innebära att dagens globala energianvändning skulle lite mer än fördubblas i ett globalt hållbart samhälle.

Om alla på jorden har tillgång till ca 25 000 kWh per år och per person så gäller detta också göteborgare. Vi skulle alltså kunna använda ca hälften så mycket energi som idag. Det blir en utmaning att effektivisera vår användning av energi så att vi kan behålla och utveckla vår välfärd. Men även detta är möjligt.

En fördubblad global energianvändning betyder en fördubblad tillförsel av energi. En fördubbling av energitillförseln låter mycket, men det är möjligt att tillföra en så stor global energimängd genom att använda endast förnybar energi. De flödande energiresurserna finns där. I figur 2 visar den vänstra stapeln hur mycket energi som tillförs i världen idag, ca 110 000 TWh per år. I den högra stapeln visas ett möjligt energiscenario för energitillförseln i en hållbar värld. Om 10 miljarder människor har tillgång till 25 000 kWh per person och år blir den totala energitillförseln är ca 250 000 TWh. Detta är lika mycket som 900 EJ (SI-enhet).



Figur 2. Den globala energitillförseln idag och i det hållbara samhället. Källa för dagens värden: World Energy Assessment, UNDP.

Om vi tittar lite mer i detalj på figur 2 ser vi att vi idag är mycket beroende av fossila bränslen– 80 % av världens energi kommer från förbränning av olja, kol och fossil naturgas. Näst efter fossila bränslen kommer biomassa, men på global nivå sker den största användning i utvecklingsvärlden och ofta på ett ineffektivt och icke hållbart sätt. Det finns förhållandevis små mängder vattenkraft och kärnkraft i det globala energisystemet idag. Andelen vindkraft, solvärme och geotermisk värme är ännu mindre.

Det framtida globala energisystemet innehåller endast förnybara energislag. Den högra stapeln i figur 2 visar ett möjligt scenario. Det stora utvecklingsområdet i framtidens globala, hållbara energisystem är solgenererad el, antingen från solceller eller från andra typer av anläggningar. El från solceller och solelektricitetsverk skulle kunna bidra med ungefär hälften av den globala hållbara energin. I ett sådant scenario finns det solceller på de flesta byggnader och ytor i bebyggda områden och längs vägar och järnvägar. Det finns även stora anläggningar i öknar och andra områden som inte används för annat och där solinstrålningen är god. Tekniken för att förverkliga ett sådant scenario finns redan idag och kan ytterligare förbättras. Idag är det dock inte ekonomiskt konkurrenskraftigt att påbörja en utbyggnad av solelektricitetsvärlden. Det är därför en global utmaning att se till att förutsättningarna för ett skifte till ett solel-samhälle sker så fort som möjligt.

I det hållbara energiscenariot ökar även användningen av biomassa för energitillförsel och kan därmed bidra med över en femtedel av energin. Biomassan används effektivt och kommer ifrån restprodukter och biomassebaserat avfall eller odlas med hållbara produktionsmetoder.

Vindkraften tillsammans med energi från havsströmmar kan bli ytterligare en viktig del av det hållbara energisystemet och kan bidra med minst lika mycket som bidraget från biomassa. Det kommer att finnas mycket havsbaserad vindkraft men också mycket vindkraft på land, bl a på ytor där man idag odlar mat. Till skillnad från energigrödor kan vindkraften finnas utan att matproduktionen minskar. Dessutom används vindkraftverksliknande turbiner som utnyttjar energin i havsströmmar och tidvatten.

Vattenkraften ökar också men möjligheten att öka tillgången till vattenkraft genom att bygga nya dammar är begränsad. Ytterligare vattenkraft från floder utan uppdämning kan dock komma från generering av el i strömmande vatten med liknande teknik som den som kommer att användas för havsströmmar. Lokalt i världen kommer även geotermisk energi att utnyttjas.

Slutligen kommer merparten av varmvattenbehovet i världen att täckas av solvärme med solfångare som direkt värmer vattnet. Tabeller med de värden som använts i figur 2 finns i Appendix 2.

Finns det nog med förnybar energi för att täcka efterfrågan i vårt scenario? Ja! I tabell 1 nedan visar vi en uppskattning på den potential för förnybar energi som finns i världen.

I tabellen ser vi energimängderna som vi antagit i vårt scenario uppdelat på energislag och två olika siffror för potentialen. Den högre siffran anger

hur mycket som teoretiskt skulle kunna utnyttjas. En lägre siffra anger en s k teknisk potential, vilken är en uppskattning på hur mycket av den teoretiska potentialen vi människor skulle kunna utnyttja om vi bestämde oss för det. De energimängder som vi har antagit i vårt scenario ligger gott och väl inom den tekniska potentialen.

Energiresurs	Hållbart scenario (TWh)	Teknisk potential (TWh)	Teoretisk potential (TWh)
Solenergi (el och värme)	127 500	>440 000	1 000 000 000
Biomassa	55 000	>80 000	800 000
Vind	55 000 (inkl havsenergi)	180 000	1 700 000
Havsströmmar	(se ovan)	ingen uppskattning	2 000 000
Vattenkraft	12 500 (inklusive geotermisk)	14 000	40 000
Geotermisk energi	(se ovan)	1 400 000	40 000 000 000
Totalt	250 000	>2 100 000	>40 000 000 000

Tabell 1. Den globala resursbasen för förnybar energi jämfört med det globala energiscenariot. Källa: World Energi Assessment, UNDP.

Dagens energisystem med fossila bränslen som bas behöver inga omfattande lagringssystem eftersom energin finns lagrad i kolet, oljan och den fossila naturgasen. I det hållbara energisystemet är det endast energin från biomassan och vattenkraft med uppdämning som enkelt möjliggör energilagring. I övrigt i det hållbara energisystemet produceras el och värme där solen lyser och bara när den lyser, där det blåser och bara när det blåser och där det flödar vatten när det flödar vatten. Man brukar kalla energikällor som utnyttjar energi som man inte kan styra för intermittenta– även om man kan veta ungefär hur stora de är och när de finns att tillgå. Om energisystemet är ihopkopplat så att energi kan transporteras över längre avstånd, t ex i elkablar, så jämnar en del av dessa variationer ut sig. I framtiden kommer dagens högspänningsledningarna att ersättas av underjordiska kablar som med låga förluster kan överföra stora mängder el över långa sträckor.

Över dygnet och över året varierar behovet av energi på ett sätt som inte stämmer överens med när energin behöver förbrukas. Ett hållbart energisystem som det som beskrivs i vårt globala scenario behöver omfattande system för energilagring. Ju längre från ekvatorn man befinner sig, ju större kapacitet måste lagringssystemen ha. För Europas del har man uppskattat att man skulle behöva lagra energi motsvarande ungefär 3-4 månaders energianvändning. Ett alternativ till energilagring på plats är att importera energi i form av bränslen (t ex vätgas) från delar av världen där det är mest ekonomiskt att producera dessa ur förnybara resurser.

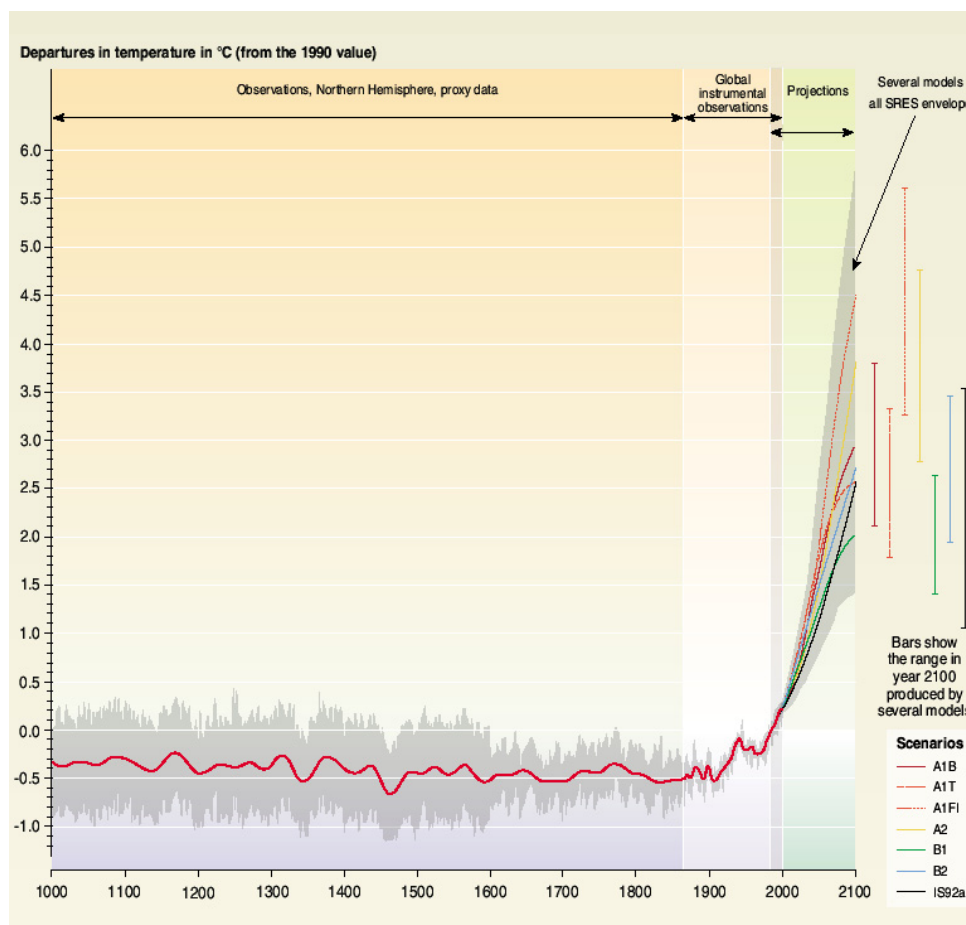
En viktig del av de framtida energilagringssystemen kommer att vara reversibla bränsleceller som producerar vätgas från el. Vätgasen lagras

sedan i anslutning till bränslecellen och används för att generera el vid behov. Man brukar prata om det kommande Vätgassamhället där vätgas och el är de stora energibärarna. Energibärare som alstras av förnybar energi.

1.3. Klimatet i fokus

Århundradets stora miljöfråga kommer att vara klimatfrågan. Utsläppen till atmosfären av koldioxid från förbränningen av fossila bränslen måste begränsas för att inte ge oacceptabla förändringar av jordens klimat. Detta är den viktigaste faktorn för att nå ekologisk hållbarhet. Om inte kraftfulla tag tas för att minska förbränningen av fossila bränslen kan jordens medeltemperatur komma att öka med upp till sex grader innan detta århundrade är slut för att sedan fortsätta öka. I figur 3 visas hur medeltemperaturen har varierat historiskt under de senaste tusen åren och olika scenarier för hur den skulle kunna öka i framtiden.

För att undvika stora klimatförändringar måste den globala ökningen av medeltemperaturen bli mindre än två grader. Då kommer ändå ökningen på kontinenterna att bli högre. I Norden skulle medeltemperaturen öka med ca 3 grader. Dessutom ökar mängden nederbörd.



Figur 3: Jordens medeltemperaturökning (historiskt och i framtiden). Källa: IPCC.

Genom att studera olika scenarier för hur de globala utsläppen för koldioxid utvecklas i framtiden kan man ange konkreta mål för hur stora koldioxiden per capita kan vara år 2050 och år 2100. Inom projektet GÖTEBORG 2050 har vi gett ett förslag för koldioxidmål och mål för andelen förnybar energi i energitillförseln för årtalen 2050 och 2100. För Göteborgsregionen bör målet vara att minska koldioxidutsläppen per capita med 70% fram till år 2050. Därefter bör den ytterligare minska för att 2100 vara 85% lägre än dagens nivå.

Som ett led i strävan att nå detta mål bör användningen av förnybar energi uppgå till 70% av den totala energianvändningen år 2050 för att sedan fortsätta öka till 85-90% år 2100.

Förslaget med analys av underlaget finns i ett dokument som heter "Klimat och Energimål" och finns att beställas från projektet eller att laddas ner som fil på projektets hemsida.

Vi vill dock påpeka att i det globala scenariot som vi har presenterat och i de kommande Göteborgsscenarierna ser vi det hållbara Göteborg i en hållbar värld som en tidsberoende framtidsbetraktelse. Scenarierna kommer nog inte att kunna förverkligas fullt ut fram till år 2050, men då har vi kommit en bra bit på väg och kan se tydligt framåt hur utvecklingen fortsätter till hållbarhet.

2. ENERGISTRATEGISKA TANKAR

Vi har sammanställt tankar och idéer om hållbara energiframtider – en del inte speciellt ovanliga, andra lite mer innovativa – som dykt upp på olika sätt. Det kan vara saker som är uppenbart för den som kan mycket om hållbar energi men som andra ser för första gången. Det kan vara saker som diskuterats på projektets workshops och i andra diskussioner. Det kan vara sådant som vi uppsnappat i litteratur och media. Det kan vara sådant som vi klurat på själva inom projektet.

Det mesta av det som skrivs i detta avsnitt är etablerad kunskap. En del är dock tankar som kanske inte är färdigtänkta och som behöver mer analys. Vi tar gärna emot reaktioner på det vi skriver och tillförsel av nya idéer som kan utveckla kunskapsläget om hur ett hållbart energisystem skulle kunna se ut och hur det skulle kunna komma till stånd.

2.1. Smart och effektiv energianvändning

Den miljövänligaste och billigaste energin är den som aldrig behöver användas. Inom alla samhällssektorer finns det stora möjligheter att minska energianvändningen och samtidigt behålla samma nytta som tidigare. Vi har antagit att vi i det hållbara samhället har halverat energianvändningen per person och år jämfört vad den energi som vi använder idag. Samtidigt har vi utvecklat välfärden. En halvering kan låta mycket, men vi tror att det är fullt genomförbart om man betänker att det kommer att ske på en femtio- till hundraårsperiod. Vi går här endast igenom några exempel på möjligheterna.

Vi börjar med uppvärmningen av våra bostäder och andra byggnader. Om man bygger alla framtidens nya hus med de principer som har använts i projektet "Hus utan värmesystem" i Lindås utanför Göteborg så blir energianvändningen för uppvärmning i det nya beståndet betydligt mindre än hälften av uppvärmningsbehovet för standardhus som byggs idag. Om det existerande beståndet konverteras enligt samma principer skulle energianvändning för uppvärmning kunna minska med ca 40-60%.

Även inom transportområdet finns det mycket goda förutsättningar att effektivisera energianvändningen. För persontransporter gäller detta i första hand bilen där våra bilar i snitt drar 0,82 liter per mil idag. I ett hållbart samhälle kan bilarna komma att dra endast 0,27 liter per mil. Med tanke på att dagens energisnålaste bilar redan bara drar 0,3 liter per mil bör detta inte anses orimligt.

Inne i våra bostäder har vi hushållsapparater och vi använder energi till belysning och till elektronik m m. Även här är besparingar möjliga genom att välja tillgänglig teknik; snålare kylskåp, disk- och tvättmaskiner, TV-apparater och hemelektronik som inte drar energi i stand-by-läge när de inte används. Platta skärmar drar mindre än de äldre katodstråle-skärmarna. Lysrörslampor och rätt använda halogenlampor ger mer ljus för mindre energi.

Som sagt, vi ger bara några exempel. Vid en genomgång av område efter område finner man att man i många fall kan minska energianvändningen med upp till en faktor fyra och ibland tio. Om man ska nå ner till så låga energianvändningssiffror måste det dock till större förändringar i hur vi bygger vårt samhälle vidare och hur mycket vi kan förändra våra värderingar och beteenden i framtiden.

2.2. Värderingsskiften och beteendeförändring

För att underlätta övergången till ett energisnålt samhälle med ett energisystem med endast förnybar energitillförsel är det önskvärt att även värderingar och beteenden över tiden blir mer hållbara. Inom områdena tidsanvändning, konsumtion och status behövs värderingsskiften för att nå hållbarhet. Dessa skulle av många upplevas som ökad livskvalitet.

Det första värderingsskiftet som underlättar utvecklingen av ett hållbart energisystem är synen på tidsanvändning. Om vi människor kan tänka oss ett samhälle där vi har mer fri tid eller snarare otvungen tid kan vi kanske acceptera att det tar oss längre tid att komma fram dit vi vill åka. Detta ger energieffektiva färdsätt bättre chans att konkurrera. Mer fri tid skulle kanske möjliggöra ett lugnare och mindre stressigt liv och tillåta att mer tid användes för att underhålla och reparera i stället för att köpa, slita och slänga.

Det samhälle som vi lever i benämns ofta konsumtionssamhället, som om det var konsumtionen i sig som gav livskvalitet. Om denna syn skulle kunna förändras så att det var nyttan och glädjen av att använda det som vi har konsumerat hamnade i fokus i stället för själva inhandlandet, skulle möjligheterna för att få denna nytta och glädjen utan själva handlandet öka. Resursanvändningen och energiåtgången minskar ju mer "sällan-användningsvaror" som finns tillgängliga via uthyrning eller olika former av gemensamt ägande.

Ett annat konsumtionsbeteende med bakomliggande värdering som finns i vårt samhälle är att köpa status och prestige. Om människor känner att de måste ha det senaste och det dyraste för att uppleva tillfredställelse ökar omsättningen av varor och därmed resurs- och energiomsättningen. Dessutom minskar incitamentet att göra produkter långlivade och enkla att reparera och uppgradera.

Ett värderingsskifte som skulle kunna ge särskilt stora energieffektiviseringsvinster skulle vara om vi kunde se Bilen med andra ögon. Om bilen skulle kunna ses som i första hand ett bekvämt transportmedel vore mycket vunnet. Fler skulle kunna tänka sig att vara med i en bilpool i stället för att äga en egen bil. I en pool får man ju tillgång till olika fordonstyper och man slipper mycket besvär men man missar ju glädjen av ägandet. Vi skulle förmodligen se bilen mer som ett komplement till att gå, cykla och åka kollektivt. Bilen skulle kunna fungera som ett transportslag bland andra inom kollektivtrafiken. Tänk om man skulle kunna flytta fokus från "bilism" till "cyklism". Eller varför inte på "gåism" "fotism" eller "kollektivtrafikism"?

2.3. Förnybar energitillförsel

Vi har ovan funderat på hur vi kan använda mindre energi. Hur får vi den energi som vi ändå måste ha när vi effektiviserat och ändrat beteende?

Framtidens hållbara energisystem baseras på endast förnybara energikällor – solgenererad el (solceller eller andra system), energi från biomassa (el, olika bränslen och värme), vindkraft, vattenkraft (inkl. från strömmande vatten), kraft från havsströmmar (inkl. tidvatten), geotermisk energi och solvärme till varmvatten och uppvärmning.

Den globala resursbasen för förnybar energi och ett exempelscenario av ett globalt hållbart energisystem beskrevs i inledningsavsnittet. Motsvarande exempelscenarier för Sverige och för Göteborgsregionen presenteras i nästa avsnitt som innehåller framtidsbilder. Här ges några allmänna reflektioner om förnybar energitillförsel i Sverige och regionen.

Användningen i Sverige av biobränslen för energiändamål har ökat från 70 till 100 TWh sedan 1990. Uttag av biomassa i form av skogsavfall måste göras så att skogen inte utarmas och med hänsyn till ekologisk mångfald. Om biomassa odlas och skördas för energiändamål gäller samma hållbarhetskriterier som för övrig jordbruksverksamhet. Det finns olika bedömningar av vad ett hållbart årligt uttag av bioenergi i Sverige skulle kunna uppgå till. Vi gör bedömningen att mellan 50-100 TWh mer än idag skulle kunna vara ett hållbart uttag.

Tillförseln av vindkraftsel i det svenska energisystemet ökar för var år. Både satsningar på större kraftverk till havs och mindre landbaserade kraftverk görs, även om den havsbaserade vindkraften har vind i seglen just nu. Olika utbyggnadspotentialbedömningar för framtida vindkraft i Sverige har också gjorts. Ungefär 30 TWh är en aktuell siffra som togs fram inom projektet Energiframsyn. Med omfattande vindkraftutbyggnad på land, på åkerarealen, är denna siffra troligen i underkant. Eftersom Göteborg är en större stad med goda resurser som ligger vid kusten ligger det ett större ansvar på oss göteborgare att satsa på och visa på vindkraftsteknikutveckling.

Vattenkraften bör inte byggas ut ytterligare i Sverige. I de vattenkraftverk som finns idag kan turbiner och generatorer effektiviseras så att effekten kan öka något. Det är möjligt att mer vattenkraft kan tas fram med nya kraftverk som tar energin ur strömmande vatten. Om denna teknik slår igenom och används för att ta energi ur havsströmmar kan det bli aktuellt att använda tekniken även i floder och älvar. Med tanke på Göta Älvs utlopp och mynning är detta verkligen något för Göteborg och Göteborgsregionen att bevaka.

Det finns de som menar att den teknik som idag används för att bygga vindkraftverk med fördel skulle kunna användas för att dra nytta av de energi som finns i havsströmmar. Denna potential är stor, till att börja med för användning i områden där det finns stora tidvattenrörelser eller speciellt kraftiga strömmar.

Biogas används redan idag och framställs genom rötning av avloppsslam och biologiskt komposterbart hushållsavfall, bl a för transporter. Större mängd biogas finns tillgänglig i ett hållbart energisystem men de

begränsas ändå av den mängd rötbart avfall som vi människor och vårt jordbruk producerar. Man kan odla biomassa för rötning, men det är troligt att samma areal kan ge ett högre energiutbyte om man odlar biomassa för förgasning till bränslen, el och värme.

Effektiva solanläggningar kan idag täcka ca 50% av varmvattenbehovet i en fastighet på årsbasis. Om man använder större ytor till solfångare bidrar dessa även till uppvärmning. Med säsongslagring av värme i t ex bergrum kan 60% av värmebehovet i vanliga nybyggda fastigheter täckas. I hus av typen "hus utan värmesystem täcks halva tappvarmvattenbehovet av solpaneler.

Teknikerna för att framställa elektricitet från solen utvecklas ständigt. Det gäller både solcellstekniken och olika tekniker där solens energi fångas upp för att alstra energi i turbiner. Samtidigt minskar kostnaderna per kWh även om de inte idag är på nivåer där de utan stöd kan konkurrera med konventionella energilag. I framtiden kommer kostnaderna att fortsätta att minska i och med att volymerna som produceras ökar. Solinstrålningen på årsbasis i bästa sollägen närmare ekvatorn är ca 2-3 gånger högre än i södra Sverige. Trots det kan det bli lönsamt med solceller i Göteborg när solceller slår igenom globalt. Om solceller integreras in i fönster, tak- och fasadmaterial kan totalkostnaden minska.

2.4. Förändrad urban struktur: Utveckling kring torg och centrumbildningar

När man studerar hur energin för framtidens hållbara transporter skulle kunna minska finner man att en mycket viktig fråga är hur stadens och regionens urbana struktur utvecklas. En stad och en region där man ser till att det mesta av det fortsatta byggandet sker så att staden och regionen utvecklas kring kärnor där man samlar många av vardagens aktiviteter, kan minska transporterna och göra de transporter som finns kvar effektivare.

Det handlar alltså om att utveckla dagens torg inom städerna och de centra som ligger utanför staden så att det finns en bra blandning av bostäder, butiker, service och arbetsplatser där människor bor, dvs att förtäta boendet kring torgen och centrumbildningar. En viktig förändring från idag kan vara att se till att torg och centrumbildningar kompletteras med kontor med närarbetsplatser. En sådan utveckling kan leda till en minskning av externa köpcentrum. Dessa kan istället få funktioner för lager och logistik.

Om vi utvecklar torg och centrumbildningar ökar i första hand möjligheten för människor att gå eller cykla för att göra det vardagliga. Dessutom ökar möjligheterna att förbinda den förtätade strukturens kärnor med en god kollektivtrafik.

Samtidigt som det finns energivinster att göra, ökar också möjligheterna att skapa en god och levande miljö för människorna, om man utvecklar en förtätad, mångsidig kärnstruktur i staden.

2.5. Av största vikt i ett hållbart energisystem: Energilagring

Energilagring är mycket viktigt. En energisystem som använder mycket energi från förnybara resurser kommer att behöva ett lagringssystem för energi. I Europa behöver kanske kunna lagra energi för upp till fyra månaders energianvändning.

Speciellt på våra breddgrader, med stor skillnad mellan solinstrålningen på sommaren och på vintern, blir energilagring viktig. Det finns dock ett alternativ till utjämnande säsongslagring av energi och det är att flytta lagrad energi från södra till norra halvklotet vintertid och från norra till södra halvklotet sommartid. En sådan transport skulle kunna ske med vätgas i tankbåt. På global nivå är dock befolkning, och landmassa, ojämnt fördelad mellan norra och södra halvklotet. Det är därför av intresse att se hur säsongslagring av energi kan göras på ett effektivt sätt även på våra breddgrader. Detta gäller både el och värme.

Säsongslagring av värme sker effektivast i storskaliga anläggningar. Om alla hus har solfångare för varmvattentillförsel behövs inte fjärrvärmesystemet sommartid. Det finns dessutom möjlighet att ha stora solvärmeanläggningar som ger värme som lagras till vinterhalvåret. Även spillvärme som produceras sommartid kan säsongslagras. Vi talar bl a om lagring av varmvatten i stora och välisolerade bergrum.

Korttidslagring av energi kan ske i pumpkraftverk, i tryckluftssystem eller på sikt i form av kemisk lagring (vätgas).

Säsongslagring av el kan ske i form av vätgas. Systemen för att korttidslagra el som vätgas kan utvecklas för att även klara säsongslagring. Samtidigt måste man i så fall öka den lokala eltilförsel på årsbasis från förnybara energikällor. Alternativet är att importera vätgas som produceras av förnybara resurser någon annanstans i världen.

2.6. El- och vätgassamhället växer fram: En gigantisk strukturomvandling

Det är inte bara energianvändning och energitillförsel som kommer att bytas ut i det hållbara energisystemet. Allt det som ligger mellan kraftverket och eluttaget kommer också att förändras.

El och vätgas kan bli de viktigaste framtida energibärarna i det hållbara samhället. Elen produceras och flyttas runt i elsystemet. Vätgas produceras av el och kan då lagras eller transporteras med båt eller pipeline. Omvandling från el till vätgas och tillbaks igen görs i reversibla bränsleceller. Vätgas kan även produceras av biomassa. Det pågår även forskning för att med olika metoder få fram vätgas direkt ur solljus.

Fler av de nya primärenergikällorna (solceller, vindkraftverk, vattenkraftverk m fl) genererar elektricitet och nya typer av underjordiska kablar kan knyta samman Nordens och Europas elsystem och även koppla in el från norra Afrikas. Förlusterna vid överföring av el över längre sträckor kommer att minska.

Vätgaslagring blir en viktig del av vätgassamhället om stora delar av energin kommer från solceller och vindkraft. Sådan lagring ska kunna täcka variationer över dygnet men också årstidsvariationer. En viktig möjlighet är att använda reversibla bränsleceller som kan göra vätgas av el då det finns ett elöverskott och el av vätgas när det finns en brist på solel.

Det har på senare tid börjat diskuteras hur vätgasläckage från en global vätgasekonomi skulle kunna påverka atmosfären, bl a ozonskiktet. Det är viktigt att resurser sätts in för att undersöka denna fråga redan nu, så att vi inte hamnar i ett nytt "klimatfrågeläge" när vi bygger ut vätgasekonomin.

2.7. Energihandel i hela världens förnybara energisystem

Om man tänker stort så inser man att ett globalt förnybart energisystem i en hållbar framtid kommer att utvecklas så att storskalig produktion och lagring av energi kommer att ske där det är mest ekonomiskt gynnsamt. När det gäller solceller och annan el- eller vätgasproduktion från solinstrålning, sker detta med fördel på sydligare breddgrader. Samtidigt är den nordiska resursbasen för förnybar vattenkraft, vindkraft och biomasseenergi betydligt större än efterfrågan. Detta syns i ett globalt scenario av den typ som beskrevs i första avsnittet. Det är inte heller orimligt att Norden är nettoexportör av energi, kanske i form av vätgas.

Island satsar redan på att skapa ett vätgassamhälle lokalt med sikte på vätgas på sikt och något liknande sker i Norge. Vätgasexport skulle kunna bli en norsk efterföljare till olje- och gasexport. Liknade förutsättningar bör bevakas även i Sverige.

2.8. Lokal marknad viktig för utvecklingen av ny energiteknikindustri

Göteborgsregionen har stora förutsättningar att vara världsledande på utveckling och produktion av hållbar energiteknik, genom att en stor del av världens kompetens finns samlad här både vad det gäller förnybar energitillförsel, effektiv användning och lagring. Dessutom ska vi vara världsledande på att visa upp organisatoriska och infrastrukturella förändringar som tillhör det hållbara samhället. Satsningar på forskning, utveckling, demonstration och investeringar lokalt ger förutsättningar för framgångsrik export. I framtiden kan vi sälja produkter och konsulttjänster på en global marknad.

2.9. Minska effektoppar

I ett bra energisystem uppstår det få korta och höga toppar i energianvändningen. Tillförsel av energi till sådana toppar sker idag med dyr och ofta miljömässigt sämre teknik. Det är angeläget att undvika dessa toppar för att hushålla med resurser, pengar och miljö.

I dagens svenska energisystem är problemet med effekttoppar störst i elsystemet. Eftersom vi har mycket elvärme så ökar behovet av el kraftigt vid köldknäppar. Det finns en topp i elförbrukningen på morgonen då vi stiger upp, duschar och lagar frukost. På måndagar på morgonen startar många industrier sin verksamhet efter helgen. Detta betyder att på morgonen kalla vintermåndagar behövs det väldigt mycket mer el än genomsnittet över året. Den el som produceras då kostar väldigt mycket att ta fram, eftersom den anläggning som gör den bara används några dagar per år, och kanske inte ens varje år. Eftersom den billigaste reservenergin dessutom finns i fossileldade generatorer med gammaldags rening är miljöbelastningen vid effekttoppar relativt sett hög.

Ett hållbart energisystem ska vara utformat för att undvika effekttoppar. Över året är det då viktigt att uppvärmning när det är kallt (och kylning när det är varmt) minskas genom byggandet av välisolerade och välventilerade hus. På våra breddgrader ska vi ha "hus med minimala värmesystem". På hetare breddgrader ska vi ha "hus med minimala kylsystem". Man behöver inte öka energitillförseln lika snabbt i välisolerade hus som i dåligt isolerade hus. En enstaka kall morgon borde nästan kunna gå förbi värmeeffektmissigt obemärkt.

Vid andra aktiviteter som ger ojämna belastningar på energisystemet kan man antingen förändra aktiviteten eller förändra energisystemet för att utjämna belastningen. Industrin kan styra sin verksamhet så att alla processer och verksamheter inte behöver startas upp samtidigt. Vad gäller varmvatten till morgonduschen kan varmvattenberedaren styras så att eventuella element inte slår på omedelbart då vattnet börjar användas. I det hållbara energisystemet används solfångare för att producera varmvatten. På vintern kompletteras soluppvärmningen av varmvatten med värme från bioenergi (pelletspanna), el eller fjärrvärme.

2.10. Elvärme

De bästa lågenergihusen som byggs idag, t ex husen i Lindås i södra Göteborg, är dimensionerade för att inte behöva något värmesystem. Om det blir riktigt kallt ute så finns det ändå ett litet element i luftväxlingssystemet. Den mängd el som på årsbasis behövs för extra uppvärmning är mycket liten och med regleringsutrustning behöver denna elvärme inte bidra märkbart till effekttoppar vid kyla. I ett framtida energisystem kan det dessutom finnas kraftvärmeanläggningar som producerar både mer värme och mer el när det blir extra kallt.

Här finns det skäl att ta upp frågan om de idag så populära värmepumparna. Om man installerar en värmepump kopplad till bergvärme i ett hus där man idag har elvärme så minskar elförbrukningen för uppvärmning kraftigt i de fall man tidigare använt eluppvärmning. Däremot är inte problemet med eleffekttoppen från huset löst när det blir riktigt kallt eftersom en värmepump inte kan öka värmeförseln när temperaturen sjunker under ca -8 grader. Vid lägre temperaturer ges värmetillskott med element vilket, precis som innan konverteringen, ger problem med effekttoppar kalla dagar. I välisolerade hus är problemet

mindre än i dåligt isolerade hus. Man kan tänka sig att komplettera värmepumpen med en pelletskamin för kalla dagar. Ur ett elsystemmässigt perspektiv kan det vara bättre att inte alls välja en värmepump som nytt uppvärmningssystem. En pelletsbrännare kan vara ett bättre alternativ. Fjärrvärme kan kopplas in där sådan finns framdragen.

2.11. Hur dyr eller billig blir energin?

Även om energipriset per kWh dubbleras jämfört med idag blir kostnaden för de tjänster vi använder energin till (uppvärmning, transporter etc) inte högre eftersom vi använder hälften så mycket energi för samma tjänst.

I ett globalt energisystem där man endast använder förnybar energi och där den totala energitillförseln globalt är ungefär den dubbla av dagens kommer en betydande del av energin att komma från solceller. Eftersom solceller inte levererar energi kontinuerligt kommer det framtida globala energisystemet att innehålla stora energilagringssystem. Det är svårt att säga exakt vad medelkostnaden per kWh blir i detta energisystem, men låt oss säga att det hamnar på ca 2 kr/kWh.

Idag kostar energin mellan 50 öre och 1,50 kr per kWh för slutkunden i Europa. En del av denna kostnad är skatt. Energiintensiv industri har ofta lägre energikostnader eftersom man subventionerar denna genom ett lägre skatteuttag.

Låt oss säga att den effektiviserade energianvändningen i framtiden innebär att man får ungefär samma tjänster för mindre än hälften den energi som används idag för motsvarande tjänst. T ex har bilarna mindre än hälften av bränsleförbrukningen idag, de flesta hus drar mindre än hälften av energin för uppvärmning jämfört med idag, alla kylskåp drar lika lite energi som de bästa kylskåp som finns på marknaden idag osv, osv. Det går inte att halvera energianvändningen för allt, men i många fall kan man minska energianvändningen med mycket mer än hälften. Hur som helst så innebär detta att den totala kostnaden för vår energianvändning inte behöver öka! Om man betänker att vi förmodligen kan räkna med realinkomstökningar även en bit in i framtiden så kan andelen av vår inkomst som används för energikostnader till och med minska.

Som slutkommentar kan man säga att även ett betydligt högre energipris kan vara billigt om man ser det som en investering i ett långsiktigt hållbart samhälle.

2.12. Energiutveckling som prioriterat bistånd

Om hela världen ska vara hållbar och hela världen ska ha ett hållbart energisystem om hundra år så krävs en helt annan syn på den globala utvecklingen än dem som vi har utvecklat fram till idag. Först måste förutsättningar ges så att länderna i utvecklingsvärlden utvecklas fredligt och demokratiskt. Sedan ligger det ett stort ansvar på industriländerna att se till att investeringar och resursöverföringar görs så att välfärdsökningen går snabbt.

En utvecklad energisektor är mycket viktig för att skapa förutsättningar för utveckling. Förutsättningar bör skapas för s.k. "leap-frogging", dvs. man hoppar över ett traditionellt utvecklingsled för att i stället gå rakt på den nya tekniken, i energifallet, energieffektiv ny teknik och förnybar energitillförsel. Eftersom den nya hållbara tekniken ofta inte är den billigaste behövs speciellt stöd för detta.

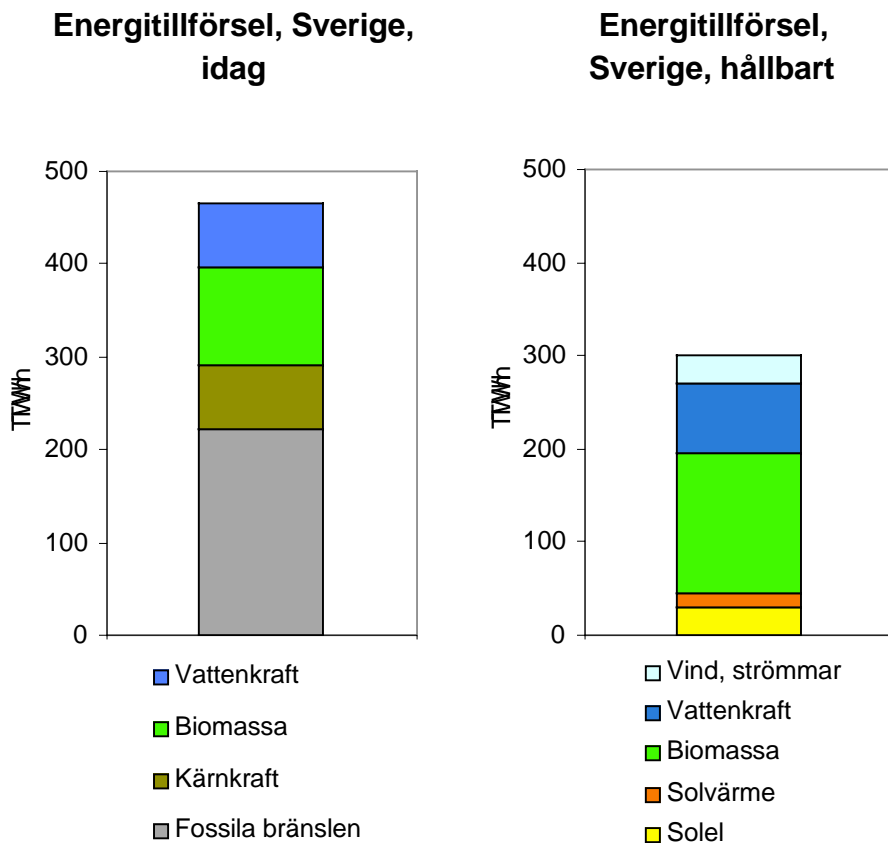
En fråga av intresse är hur mycket av de stora energiinvesteringarna i utvecklingsvärlden som framgångsrikt kan göras under marknadsliberala villkor. I dagsläget sätts sådana villkor ofta upp för att lån ska kunna tas via utvecklingsbanker. Industrivärlden har byggt upp sina energisystem med mycket statsstöd och i skyddade former. Man bör utvärdera fördelarna med dessa tidiga modeller för utbyggnad av infrastruktur i stället för att endast lita på de fria marknadskrafterna.

3. FRAMTIDSBILDER: SOLSTAD GÖTEBORG 2050

I detta avsnitt vill vi visa upp några visioner och framtidsbilder för läsaren. Tanken är att kittla fantasin och kreativiteten. Vi inleder först med några beskrivningar av ett svenskt och ett göteborgskt hållbart energiscenario och målar sedan upp några framtidsbilder om energitillförsel och några om energianvändning.

I det hållbara energisystemet tillförs energin från förnybara energikällor, energin används effektivt och det finns nya metoder för att lagra och överföra energi på.

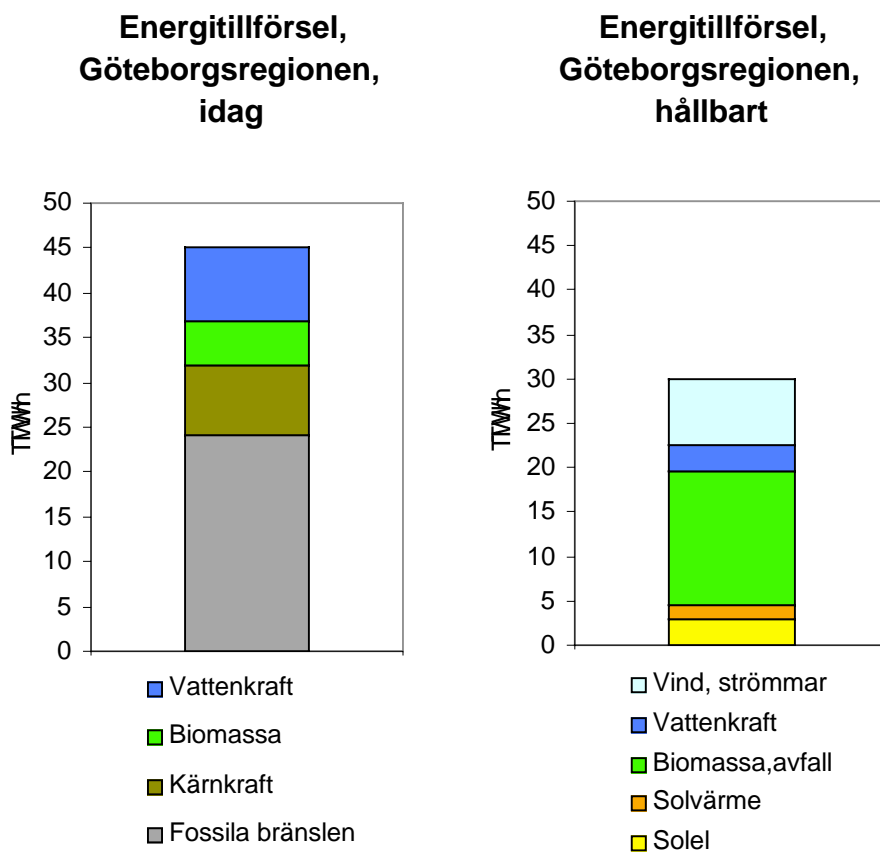
I det tidigare globala scenariot (avsnitt 1.2., fig. 2) visade vi hur världens energitillförsel och storleken på dess energianvändning skulle kunna se ut i ett möjligt hållbart samhälle. I figur 4 visas hur energitillförseln ser ut idag i Sverige och ett exempelscenario för hur det skulle kunna se ut i ett framtida hållbart svenskt energisystem. Vi förutsätter att Sveriges befolkning har ökat från dagens 8,9 miljoner innevånare till 12 miljoner. Vi förutsätter samtidigt att energianvändningen per person i snitt halveras från dagens över 50 000 kWh till ca 25 000 kWh.



Figur 4. Energitillförseln i Sverige, idag och i ett hållbart samhälle. Källa för idag: Energimyndigheten.

Idag kommer nästan hälften av den svenska energin från fossila bränslen (olja, kol och naturgas), ca 15% från kärnkraft och ungefär lika mycket från vattenkraft. Biomassa bidrar med ca 25%. Dessutom finns det en liten men växande andel vindkraft i energisystemet men den är så liten att den inte syns i figuren.

I det framtida scenariot för Sverige som vi beskriver här kommer hälften av energin från biomassa, en fjärdedel från vattenkraft, 10 % var från vindkraft och solcellsel och 5% från solvärme (varmvatten). Den totala energitillförseln är ca 65% av dagens. De 12 miljoner "hållbara" svenskarna används ca 300 TWh per år tillsammans, dvs. 25 000 kWh per person och år. Solcellselen produceras antingen i tak-, fönster- och fasadintegrerade system och/eller importeras från en global marknad i vätgasform.



Figur 5. Energitillförseln i Göteborgsregionen, idag och i ett hållbart samhälle. Källa för idag: SCB och Energimyndigheten.

I figur 5 visar vi ett motsvarande exempelscenario för Göteborgsregionen. Detta scenario speglar det svenska scenariot. Vi har räknat med att befolkningen i regionen ökar från dagen ca 850 000 till ca 1,2 miljoner. Om alla använder de globalt hållbara 25 000 kWh per person och år blir energianvändningen totalt ca 30 TWh. Energitillförseln skulle vara lik den som vi har i Sverige. Vi har endast valt att flytta energitillförsel från vattenkraft till vindkraft och kraft från havsströmmar för att markera att

Göteborg och dess omgivande region har stora förutsättningar för att investera till havs och på stora jordbrukslätter. Då blir siffrorna biomassa och avfall (60%), vattenkraft (10%), vindkraft (25%), solex (10%) och solvärme (5%).

3.1 Förnybar energitillförsel

Så till framtidsbilderna. För att släppa loss i fantasin har vi gjort några målade beskrivningar som presenteras i rutor. Efter varje ruta diskuteras innehållet i rutan lite mer utförligt.

3.1.1. Solceller och solexkraftverk

Bestig Skansen Kronan och beundra utsikten! Ser du de glittrande reflektionerna på Göteborgs hustak och fasader? Många gamla sadeltak har byggts om till "solexvindar" där takytorna som är vända mot söder är täckta av solexfångare för varmvatten och solceller för elproduktion. Smarta fönster med inbyggda halvtransparenta solceller släpper in ljus från taket. De nya vindarna används både som växthus och som mötesplatser.

Om hela världen ska kunna förses med förnybar energi så måste tekniken för att göra el från solens energi bli en stor del av den framtida globala energiförsörjningen. Detta innebär att ett genombrott har skett för solexteknik och att det är gängse att solceller är integrerade i alla ytor som tar emot solinstrålning. Detta gäller även i Sverige även om det inte faller in lika mycket sol per ytenhet i Sverige som i Sydeuropa eller i Sahara.

3.1.2. Vindkraft

Göteborgs hamninlopp är fullt av vackra vindkraftverk ut till Vinga och ännu längre ut. Norrut och söderut finns det stora havsbaserade vindkraftparker. Bland de första stora satsningarna finns Göteborg Energis satsning på vindkraft på Fladen. Längs kusten vimlar det av vindkraftverk. Inåt landet likaså, framförallt på jordbruksmarker, betesmarker och på energiodlingar.

I den framtiden är vindkraftverk en del av det globala hållbara kultur- och naturlandskapet. Globalt står vindkraften för en betydande del av världens energiförsörjning. Havsbaserad vindkraft ger mer energi än vindkraft på land och stora vindkraftparker finns längs kusterna. Även landbaserad vindkraft har expanderat kraftigt. All jordbruksmark och stora delar av fjällvärld och kust är täckt med vindkraftverk och det finns vindkraftverk lite här och var i övrigt. Buller från framtidens vindkraftverk är inget stort problem. Förutom alldeles intill vindkraftverken hörs de inte mer än ljudet

av vinden. Dessutom är vindkraften accepterad som en del av det hållbara kultur- och naturlandskapet. Vindkraftsparkerna till havs är en viktig del av fiskens förnygringsytor.

Titta mot havet i väst! Hamninloppet är fullt av vindkraftverk och ute till havs syns grupper av större vindkraftverk som bildar vindkraftsparker. Siluetten av Vinga fyr med vindsnurror i bakgrunden är ett av Göteborgs populäraste vykortsmotiv. På Vindsnurrebröllopsön i skärgården finns ett litet men uppseendeväckande bröllopskapell på klipporna, vilket är ett populärt ställe för hållbara giftermål.

3.1.3. Solfångare för varmvatten och värme

På taken på alla byggnader finns inte bara solceller utan mindre ytor täcks av andra paneler – solfångare för att göra varmvatten och värme. Bergrummen på Hisingen är sanerade från förorenad slam och används för att säsongslagra solvärme från stora solpanelsytor på de gamla raffinaderitomterna

På alla byggnader i framtiden finns en viss yta på taket som täcks av solfångarpaneler där man producerar (tapp)varmvatten och värme. Ungefär hälften av årsförbrukningen av varmvatten tillförs på detta sätt. På sommaren ger dessa system nästan allt varmvatten. Det finns en behållare i varje byggnad där varmvattnet kan lagras. Under den kalla årstiden ger solpanelerna även en del värme.

Mer storskalig användning av solfångare för uppvärmning med säsongslagring finns också. De är kopplade till fjärrvärmesystemen.

3.1.4. Flodkraft och havskraft

På Göta Älvs och Nordre Älvs botten ligger det turbiner som gör el. Ute till havs finns det liknande anläggningar som gör el av havsströmmar.

Både vågornas energi och energin från strömmande vatten (både havsströmmar och i floder) används i framtiden. Energi från strömmande vatten kan bli en betydande energikälla på global nivå, något som man inte alltid uppmärksammar. Utveckling av sådan teknik sker i Sverige.

3.1.5. Biobränsle inklusive avfall

Synen när man från Nya Varvet tittar norrut mot Hisingen är imponerande. Till höger på Älvsborgsbron syns många cyklister i den väderskyddade och ventilerade cykeltunneln med solceller på "taket". Snabbspårvagnen till Torslanda är på väg över bron och stryker fram över valvet.

Från brofästet är hela ytan fram till Rya Skog är ett natur- och strövområde. Västerut är de stora ytorna som tidigare var fyllda med oljeraffinerierna uppfyllda av aktiviteter som rör den förnybara råvaran biomassa. Cisternerna är numera fyllda med etanol, metanol och andra flytande biobränslen. Här ligger Nordens största biomassehamn. Det finns båtar och järnvägsvagnar för transport av papper, virke, och flis – flis som är upplagd i stora högar.

Här ligger även Nordens största biokombinat för samproduktion av el, fordonsbränslen, konstgödning och värme. Allt bygger på förgasningsteknik, och även rent avfall förgasas. Aska och andra restprodukter skeppas tillbaka till skogarna igen. Övergången från ett fossilt till ett biobränslebaserat energikombinat var en stor händelse i Göteborgs historia och var ett exempel på hur den berömda Göteborgsandan kunde göra storverk.

En annorlunda och spektakulär syn lite snett till vänster är Sveriges första stadsbaserade pappersbruk som finns kopplad till biokombinatet. Anläggningen är resultatet av en helt sluten Chalmersutvecklad process och närhet till returpappersråvaran.

Sniffa på luften! Vinden innehåller inga dåliga lukter som i det fossilförflutna!

Längre ut till havs syns skogar av vindkraftverk och bort mot Skandiahamnen skymtar man vätgashamnen med den stora vätgasdepån med tillhörande storskaliga bränslecellssystem.

I Norden finns det en möjlighet att använda biobränslen för energiändamål i högre omfattning än i omvärlden trots att det finns en global konkurrens om bördiga ytor för att ge god mat och bioråvaror för en global befolkning på 10 miljarder människor. Närheten till biomasseråvaran och möjligheten att i en större stad använda spillvärme från industriprocesser för uppvärmning och fjärrkylning gör att man i Göteborg har en omfattande biobränsleindustri. Dessutom fungerar hamnen som en biomaterialhamn, både för export av biomassa, men även för viss import och återföring av aska till de västsvenska skogarna.

Även spillvärme från ett returpappersbruk används för fjärrvärme. Med den ökande användning av returmaterial som råvara i pappersprocessen är det naturligt att placera nyproduktion av kartong och papper i städer – där råvaran finns. De slutna systemen ger inga utsläpp eller lukter. Främst är det förpackningsretur som ger nya förpackningar men en hel del papper används för utskrifter, tidskrifter och tidningar även i framtiden. Även om vanan att ta del av information på skärmar – även vikbara, bärbara "skärmar" – blir större i framtiden behåller det tryckta ordet och pappret sin plats i vardagen.

3.2. Smart halverad energianvändning

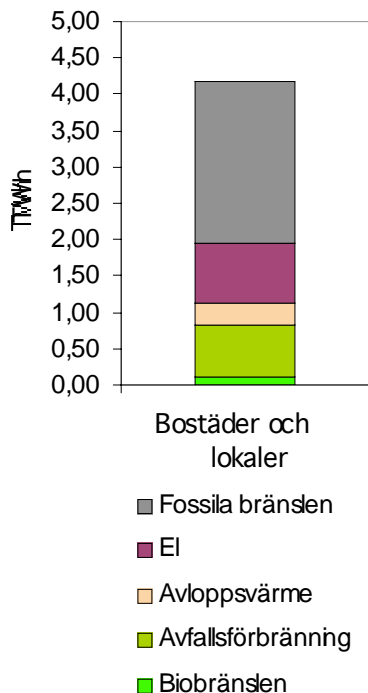
Vi lämnar energitillförseln med förnybar energi för att ge några framtidsbilder som beskriver hur vi kan minska mängden energi vi använder.

3.2.1. Uppvärmning

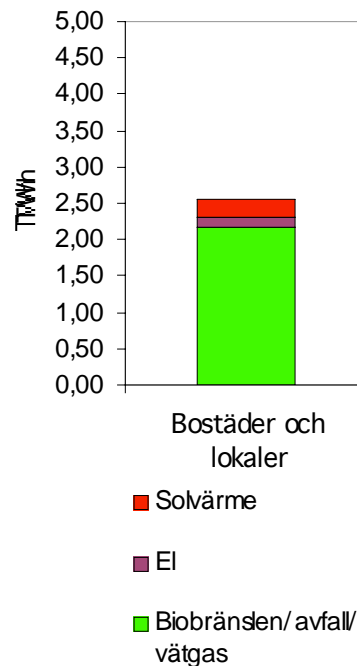
Det är 16 minusgrader och en vacker vinterkväll. Husen omkring oss är byggda eller renoverade för att värmas utan energiförluster. Med lågenergifönster och värmeupptag från ventilationsluften och avloppssystem, är värmen från de boende och från apparater tillräcklig för att hålla varmt inomhus. Titta! Fönstrena i lägenheten är öppna och festmusik sipprar ut. Fast det är smällkallt ute har det blivit för varmt av de många gästerna, glöggen och alla tända stearinljus.

Om nya hus i framtiden byggs med de principer som utvecklats för att bygga husen utan värmesystem i Lindås minskar den genomsnittliga energianvändningen för uppvärmning på sikt. Om man samtidigt börjar renovera det nuvarande fastighetsbeståndet med samma principer kan uppvärmningsbehoven minska ytterligare.

**Energitillförsel,
uppvärmning, Göteborgs
stad, idag**



**Energitillförsel,
uppvärmning, Göteborgs
stad, hållbart**



Figur 6. Energi för uppvärmning för Göteborgsregionen idag och i det hållbara samhället.

Fjärrvärmesystemet expanderar till gamla fastigheter, bl a villor. Nybyggnationen som byggs energisnålt använder inte fjärrvärme. På sommaren kompletterar solvärme för varmvatten fjärrvärmens som då kan kopplas bort i vissa områden.

Av intresse är också hur vätgassamhällets utveckling kommer att påverka värmeförsörjningen i framtiden. Bränsleceller och vätgaslager kan ju placeras i fastigheter och kan ge värme samtidigt som de ger el.

I figur 6 ovan visar vi ett exempelscenario för uppvärmning av fastigheter i en hållbar Göteborgsregion med ca 1,2 miljoner invånare. Huvuddelen av energin kommer från biomassa och avfall. Det finns kvar lite elvärme i vissa lågenergihus och solvärme ger en liten del, främst i form av tappvarmvatten.

3.2.2. Transporter

Det syns fler människor och färre bilar på gatorna, inte bara i Göteborgs centrum utan också i de mindre orterna i regionen. Parkeringshus, köpcentra och bilköer är ett minne blott.

De som bor i Torslanda arbetar i Torslanda och de som bor i Mölndal arbetar i Mölndal. De flesta arbetar på ett telekontor vid ett närbeläget torg fyllt av aktiviteter och serviceinrättningar. På telekontoren har man kontakt med kollegor och kunder via bildtelefon, mail och videokonferenser. Från torgen går flera spårvagns- och busslinjer. Inte bara arbetets lokalisering har förändrats utan även synen på arbetstid.

Den ökade IT-användningen har tillsammans med övergången från konsumtionssamhälle till tjänstesamhälle ökat flexibiliteten för de dagliga arbetstiderna såväl som för ledigheterna. Det är lätt att vara ledig flera veckor i streck. På semesterresorna utomlands med tåg, båt och zeppelinare finns tid för både avkoppling och upplevelser längs vägen.

Det är skönt att slippa trängas på vägarna. Eftersom resornas omfattning har minskat, arbetstiderna inte krockar och smarta system reglerar trafiken uppstår inte längre den rusningstrafik på cykelvägsnätet som var ett problem under 2020-talet.

Den dagliga motionen tillgodoser de allra flesta med kortare resor till fots och med cykel. Ska man lite längre tar man elcykel, stombussen eller spårvagnen som går vissa sträckor på balkbana uppe i luften. Mellan alla regionens kommuner går snabbpendeltåget. All kollektivtrafik har hög turtäthet.

Man måste inte släpa tunga matkassar från affären eftersom man kan göra dagligvaruinköp via datorn och få det hemtransporterat till sin dörr. Vid närtorgen finns delikatessbutiker och visnings- och provningslokaler för sällanköpsvaror som också kan beställas via internet. När varorna kommer hem till dörren hämtas också återvinningen.

I Göteborgs hamn skeppas bland annat kullager till vindkraftverk från SKF och vätgasmopeder från Volvo till andra delar av världen. Göteborg är ett av världens ledande logistikcentrum med godstransporter på både båt och järnväg.

De flesta bilpooler för både företag och hushåll finns också vid närtorgen. Ett stort utbud av moderna bilar ger alla friheten att välja rätt fordonstyp för rätt tillfälle. På gasmackarna tankas biogas eller vätgas till bussar och bilar. Samma betalkort dras för bilpoolsavgiften, som för betalning av gasen, bussresan eller cykelparkeringen.

Backaplan är numera en stor park med utomhusbassänger för bad om sommaren och skridskoåkning om vintern. Många attraktiva lägenheter har byggts i Göteborgs centrum just i de byggnader som förr var parkeringshus.

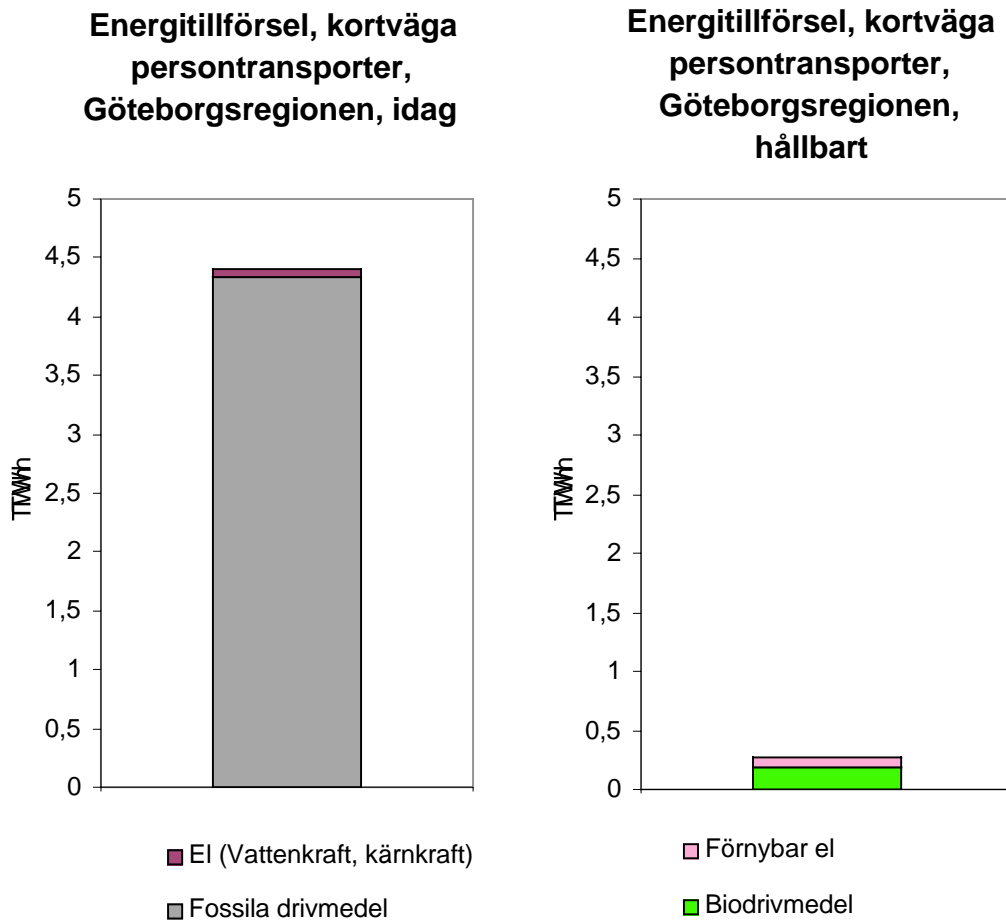
Alla nya parker, odlingslotter och gågator sprudlar av liv och rörelse! Luften doftar av nyklippt gräs och blommor om sommaren och snön är vit om vintern. Buller och dån har ersatts av skratt, musik och pling.

Varje vintermorgon när vi cyklar till jobbet på våra dubbdäck passerar vi vårt "hemtorg" där vi kan uträtta de flesta av våra dagliga aktiviteter. Den lokala cykelaffären som utför månadens cykelreparationskoll håller precis på att öppna. Vi svänger in på höghastighetscykelbanan med regn- och vindskydd. Bara vätgasmopederna är snabbare.

Idag är det veckans mötesdag på kontoret i centrum. Eftersom vi sitter kring Göteborgsmötesbordet för videokonferenser kan kontoren i Milano och Freiburg också delta. Vi arbetar med att utveckla inredning och funktioner till det nya rekreationståget på höghastighetsbana som ska gå mellan Berlin och Beijing. Det är dags för lunch! Vi lämnar kontorsbyggnaden och går till Swahili - restaurangen i grannkvarteret. Medan vi sitter ute och äter börjar det snöa på det välisolerade glastaket.

Det finns en rad åtgärder att genomföra för att höja energieffektiviteten och minska det energikrävande transportarbetet för dagens kortväga persontransporter. Med hjälp av tekniska åtgärder såsom återmatning (eller återvinning) av bromsenergin, minskat luft- och rullmotstånd, utbyte till hybridmotorer och förnybara drivmedel skulle de fordon som används idag bli energieffektivare och mindre miljövänliga. Helt nya fordonskoncept, exempelvis stadsfordon, elcyklar och spårbilar, skulle ytterligare kunna minska transporterens miljöpåverkan.

Idag görs knappt 70% av de kortväga persontransporterna med personbil. Genom alternativskapande åtgärder skulle vi kunna minska transportarbetet med bil. Exempel på sådana åtgärder är att öka attraktiviteten och effektiviteten i kollektivtrafiken, att göra det enkelt och fördelaktigt att gå och cykla, hemtransport av dagligvaror samt åtgärder som får fler att välja bildelning framför att äga en egen bil. En förändrad urban struktur där arbetsplatserna finns vid knutpunkter i närheten av hemmet skulle minska arbetsresandet.



Figur 7. Energi för kortväga persontransporter i Göteborgsregionen idag och i det hållbara samhället.

Resultatet av ett scenario där samtliga av dessa åtgärder har implementerats visas i figur 7. En vidare beskrivning av detta och andra scenarier för framtidens kortväga persontransporter i Göteborgsregionen finns i rapporten "Fräscha färdval". Rapporten är ett examensarbete som skrivits inom GÖTEBORG 2050 av Elin Löwendahl och finns att ladda ner från projektets hemsida (www.goteborg2050.nu). Mer om hållbara transporter 2050 kommer att presenteras i ett speciellt dokument.

3.3. Det nya och det gamla om femtio år

Vi står på Älvsborgsbron och tittar ut över Hisingsidan mot havet. I horisonten, bortom Göteborgs biomasseindustri på de forna raffinaderiområdet, skymtar vi den imponerande nya vätgashamnen med det stora vätgaslagrings- och bränslecellskraftverket.

En kvinna på en vätgas/bränslecellsmoped passerar bakom oss på bron. Det är ju Eva! Hon är på väg till jobbet på där hon övervakar robotarna som monterar företagets bussar, lätta lastbilar och microbilar, alla med bränsleceller och vätgasdrift. En ringsignal! Vi tar fram vår videomobil med

vätgasdrift. Tänk att bränslecellerna med vätgasdrift skulle slå igenom så totalt!

Efter televideosamtalet fortsätter vi att njuta av utsikten. Vi tittar neråt. Under oss breder grön- och klippyterna ut sig. Natur- och kulturreseptatet Rya skog når nu fram till brofästet. Det är ett omtyckt rekreatiionsområde.

Om det globala vätgassamhället växer fram så kommer handel med vätgas att ske. På samma sätt som vi idag har en oljehamn kommer Göteborg i framtiden att ha en vätgashamn. Det är naturligt att man lägger ett vätgaslager i anslutning till hamnen. Om man ändå har så mycket vätgasaktivitet så har man kanske också en stor reversibel bränslecell på samma ställe, som används för att fylla på vätgas i tanken vid elöverskott (blåsigas dagar!) och möjliggöra produktion av elektricitet vid "elbrist" (nattetid på vintern).

Vätgassamhällets framväxt gynnas av att bränslecellerna enkelt kan göras olika stora och att de därför kan utvecklas inom flera produktområden. De kan driva elektronik och användas i fordon, fungera som kraftaggregat i hus och kvarter och fungera som stora kraftverk. Om bränsleceller med vätgasdrift kan slå igenom på någon nivå mellan smått och stort kan genombrottet sedan föras över på de andra nivåerna.

Rya Skog är en gammal urskog med höga naturvärden som idag ligger insprängd bland olika verksamheter på Hisingen. Den omgärdas idag 2003 av raffinaderier, Rya avloppsreningsverk och ett eventuellt kommande naturgaskraftverk i Rya. På sikt kan man tänka sig att området ner till älven och bort till Älvsborgsbron omvandlas till Rya natur- och kulturreseptat och bli ett rekreatiionsområde för de människor som bor öster om Älvsborgsbron. Väster om området, på de nuvarande raffinaderiyterna, skulle Göteborg bioenergiindustri kunna utvecklas i takt med att användningen av fossila bränslen minskade.

4. VÄGEN TILL DEN HÅLLBARA ENERGIN

Hur når vi dit? Vad kan vi göra för att på det snabbaste och mest effektiva sättet nå ett hållbart samhälle med ett hållbart energisystem? Det är något för oss alla att fundera på och utgående från våra egna möjligheter att agera kan vi ta beslut som leder åt rätt håll.

De människor som arbetar dagligen med energifrågor i Göteborg med dess omgivande regioner är de som bäst kan se vad vi kan och bör göra idag. Detta dokument ska ses som ett försök att få in nya perspektiv i planeringen för framtiden. Vi vill avsluta med att ge några av våra tankar om vad man skulle kunna göra nu. Se dem som input i en diskussion som måste pågå under hela resan på vägen till den hållbara energin.

Det finns mycket som Göteborg med dess omgivande regioner kan göra för att snabba på utvecklingen av ett hållbart energisystem. Här är några exempel:

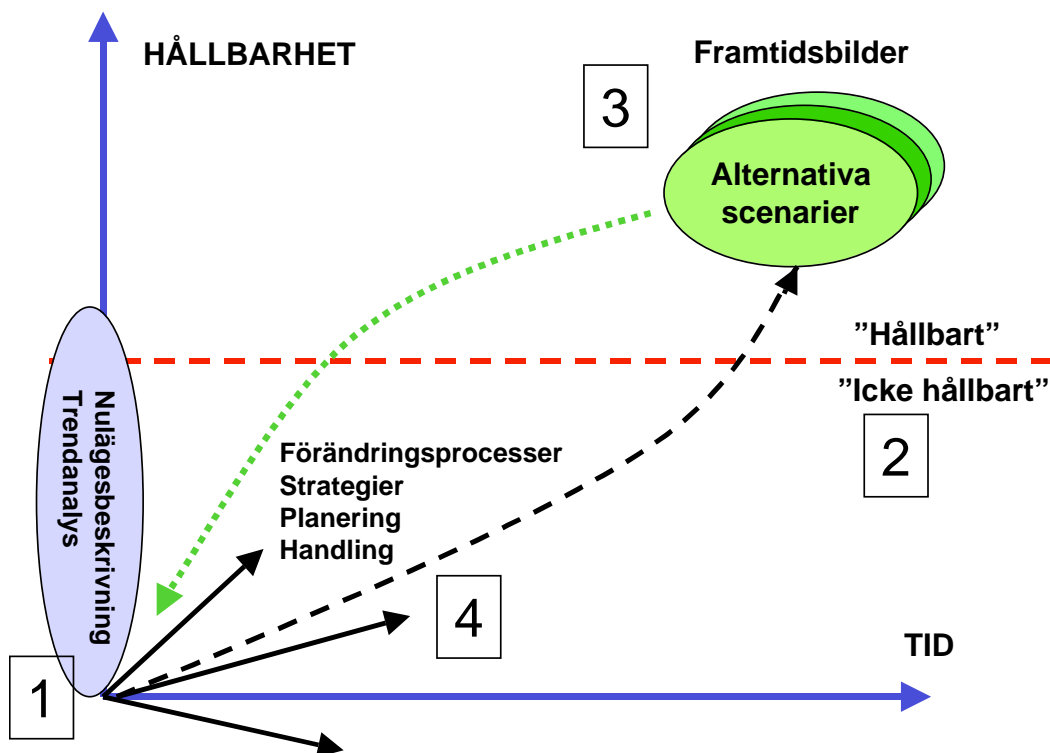
- Följ vad som händer inom klimatområdet, både i Sverige, på Europeanivå och internationellt. Nya styrmedel kommer att komma fram hela tiden tills dess att de fossila bränslena är avvecklade. Förändringar av de ekonomiska villkoren för fossila bränslen jämfört med förnybar energi är oundvikliga om man ska nå resultat.
- Satsa på energiplaneringsprocesser som ett sätt att styra energiutvecklingen. Förstärk Göteborgs Stads, Göteborgsregionens och Västra Götalandsregionens möjligheter att arbeta strategiskt inom energiområdet genom att se till att energikompetens organisatoriskt knyts till förvaltningarna.
- Lägg ett tydligt energi- och transportperspektiv på stads- och regionplanarbetet. Satsa på stödja energieffektivt byggande med fortsatt förtätning och utveckling av multifunktionella "torg" nära boendet.
- Se till att nybyggnation och ombyggnation av bostäder och lokaler görs med mycket hög energieffektivitet. Detta kan med rätt satsning bli en stor framtidsindustri för regionen.
- Satsa på kvalificerad energirådgivning. Energirådgivningen ges möjlighet att göra kvalificerade energibesiktningar, energicertifikat för fastigheter samt föreslå förbättringsåtgärder för fastighetsägare. Detta kräver en kraftfull satsning på denna verksamhet i kommunen och regionen. Göteborg Energi kan ha en viktig roll i detta.
- Verka för eleffektivisering inom hushållen och näringslivet. Utveckla nya sätt att få fram information om vad man kan göra.
- Satsa på elproduktion med förgasat biobränsle med värme till stadens fjärrvärmenät. Satsa stort på utveckling av infrastruktur och teknik. Förbered för konvertering av nutida kraftvärmeverk till biobränslen.
- Arbeta för att Sveriges andra större kraftvärmeverk med förgasning av biobränslen byggs i Göteborg.
- Satsa på att utveckla biogasen, främst för drivmedel till bilar. Kan naturgas ses som ett komplement till biogasen, inte tvärtom?

- Verka för att en bibränslebaserad fordonsbränslefabrik (metanol, dimetyleter (DME) eller vätgas) lokaliseras till Göteborg. Stöd arbetet med att arbeta för ett bibränslekombinat i staden. Koppla detta arbete till raffinaderiernas framtid. Få med stadens och regionens fordonsindustri. Koppla arbetet till Trollhättans kommuns arbete inom området.
- Satsa på vindkraft, både havsbaserad och på land. Förverkliga Fladenprojektet och fortsätt med fler etapper men se även till att hamninloppets vindkraftspotential utnyttjas.
- Bevaka utvecklingen av ny teknik för att generera el i strömmande vatten. Det finns bl a kompetens inom detta område i Sverige. Kan man stötta den med demonstrationsprojekt?
- Stöd arbetet med att utveckla regionens pellets- och solfångarindustri. Kan man genom större koordinerade offentliga upphandlingar förbättra den lokala marknaden för pellets och solvärme? Hur stödjer man bäst utveckling av kombisystem med solfångare och pellets? Stöd och utveckla projektet "Soluppgång i Väst"
- Satsa på solvärme med tillförsel även i fjärrvärmenätet. Hur ser ett fjärrvärmesystem ut där varmvattenförsörjningen kompletteras med värme från solfångare på husens tak? När bygger vi Göteborgs första fjärrvärmekopplade större solvärmeanläggning?
- Satsa på kompetensuppbyggnad inför ett kommande vätgassamhälle (solceller, bränsleceller m m). Ge förutsättningar för etablering av denna teknik i Göteborg med dess omgivande regioner.

Göteborgsregionen har internationellt sett en uppmärksam och ledande ställning inom miljö- och energiområdet. Denna kan framgångsrikt utvecklas med en kraftig satsning på att realisera visionen om en Solstad Göteborg 2050!

APPENDIX 1: BACKCASTING

Inom projektet GÖTEBORG 2050 arbetar vi med ett angreppssätt som brukar benämnas backcasting. Backcasting är ett ofta använt arbetssätt för att utveckla och använda framtidsbilder för att ge exempel på hur framtiden skulle kunna se ut och för strategisk planering. Utgående ifrån figuren nedan ges en kort beskrivning av huvuddragen av metoden och hur metoden används i projektet.



Figur 1. Backcasting som metodologi där siffrorna motsvarar processens olika steg.

I ett backcastingarbete ingår fyra huvudkomponenter. I ett första skede gör man en nulägesbeskrivning (1). Ofta görs även en analys av de huvudtrender som beskriver en fortsättning om inga åtgärder tas, eller om man fortsätter att ta beslut på ett liknande sätt som tidigare. Detta kan vara ett så kallat "business-as-usual"-scenario som kan användas för att se vad som skulle hända i framtiden om man fortsätter utan att förändra något. Inom projektet har det första steget genomförts antingen inom projektet eller i samarbete med de kommunala och regionala aktörer vi samarbetar med.

I ett andra skede undersöker man vilka ramvillkor eller kriterier som kan gälla för ett önskvärt hållbart samhälle (2). Dessa kriterier innehåller delar som berör social hållbarhet ("det goda livet") och delar som berör ekologisk hållbarhet. Viktigt för det ekologiskt hållbara är låg klimatpåverkan (inga utsläpp av koldioxid och halverad energianvändning

per person), material i kretslopp, bevarandet av biologiskt mångfald och ett globalt perspektiv med ett rättvist utnyttjande av jordens resurser. I projektet berör vi sällan frågor som behandlar ekonomisk hållbarhet. Vi konstaterar att det ekonomiskt hållbara är den ekonomi som ser till att det socialt hållbara ligger inom ramarna för det ekologiskt hållbara.

I ett tredje steg tas sedan olika scenarier fram som uppfyller kraven på hållbarhet (3). Framtagandet av scenarierna görs i kreativa processer där deltagarna – forskare och praktiker – ges möjlighet att relativt frikopplat från dagens situation ge sin bild av vilka möjligheter som finns. I projektet sker detta i form av workshops där deltagarna bl a ombeds göra en mental tidsresa in i framtiden för att sedan beskriva vad de såg. Workshopdeltagarnas idéer förvaltas tillsammans med annan kunskap som tas in i projektet och resultatet är framtidsbildsdokument.

I ett sista steg används framtidsbilderna som en del av underlag för strategiutveckling och planeringsprocesser, för att åstadkomma förändringsprocesser, samt för framtagande av handlingsplaner för förändring (4). Återkopplingen till workshopdeltagarna och till de planeringsprocesser som projektet deltar i sker genom seminarier och andra aktiviteter.

För mer information om backcasting se dokumentet "Backcasting och projektet Göteborg 2050" som finns för nedladdning på projektets hemsida.

APPENDIX 2: TABELLER MED DATA FÖR ENERGISCENARIERNA

Tabell 1. Global årlig energitillförsel

Energitillförsel	Idag (TWh)	Hållbart (TWh)
Fossila bränslen	88 900	0
Kärnkraft	2 500	0
Biomassa	12 500	55 000
Vattenkraft, geotermisk	2 500	12 500
Solel	*)	115 000
Solvärme	*)	12 500
Vind, havsströmmar	*)	55 000
Totalt	107 000	250 000

*) Tillsammans ca 600 TWh

Tabell 2. Sveriges årliga energitillförsel

Energitillförsel	Idag (TWh)	Hållbart (TWh)
Fossila bränslen	221	0
Kärnkraft	70	0
Biomassa	105	150
Vattenkraft, geotermisk	70	75
Solel	*)	30
Solvärme	*)	15
Vind, havsströmmar	0,45	30
Totalt	466	300

*) Ingen uppgift

Tabell 3. Göteborgsregionens årliga energitillförsel

Energitillförsel	Idag (TWh)	Hållbart (TWh)
Fossila bränslen	24	0
Kärnkraft	8	0
Biomassa	5	15
Vattenkraft, geotermisk	8	3
Solel	*)	3
Solvärme	*)	1,5
Vind, havsströmmar	*)	7,5
Totalt	45	30

*) Ingen uppgift

GÖTEBORG 2050

www.goteborg2050.nu