

Tekniklärande för uthålliga energisystem i Stockholmsregionen

2008-02-28

4-Fact

INNEHÅLL

INNEHÅLL.....	3
Stockholmsregionens möjligheter till/med teknikutveckling	4
Det lärande systemet	4
Globalt och lokalt lärande - systemomfång	4
Lärande i komponenter, system och industri.....	5
Nischmarknader - Marknadsuppbyggnad	7
Styrmedel	9
Olika Tekniker	10
Tillförselteknik ÖVERSIKT	11
Användningsteknik ÖVERSIKT	11
Beräkningar och bedömningar (Energitillförsel)	12
Kostnader och volym	13
Kostnader och volym, klimatkompenserad.....	14
Beräkningar och bedömningar (Energianvändning).....	15
Möjligheter i Sverige och Världen	16
Stockholmsregionens möjligheter.....	18
Energitillförsel	19
Energianvändning. Byggnader och Transporter.....	20
Styrmedel	21
Bilaga 1: Marknadens lärande	23
Bilaga 2: Kärnkraft	25
Bilaga 3: Havsbaserad vind.....	27
Bilaga 4: Landbaserad vind.....	29
Bilaga 5: Solceller.....	31
Bilaga 6: Biobränsleförgasning	33
Bilaga 7: Koldioxidinfångning (CCS).....	34
Bilaga 8: Värdet av koldioxidfri teknik.....	34

OBSERVERA: Flera figurer är hämtade från internationellt material och/eller använder internationell terminologi vanligen engelska. Dessa har inte översatts utan deras innehåll förklaras av anslutande text.

Stockholmsregionens möjligheter till/med teknikutveckling

Ett sätt att bedöma en ny och annorlunda tekniks möjligheter och konkurrensförmåga är att se hur kostnader och prestanda utvecklas. Särskilt i relation till den gängse (rådande) tekniska lösningen för att utröna under vilka betingelser och vid vilken tidpunkt den nya tekniken kan bli konkurrenskraftig på sina egna (ekonomiska) meriter.

Oftast finns önskemålet att se den tekniska utvecklingen över tiden men den verkliga drivkraften till utvecklingen är volymen och den process som innebär att producenter och användare lär av sina erfarenheter och förbättrar sina produkter och sin användning. Man talar om "learning-by doing" och "learning-by using". Sambandet illustreras genom s.k. "lärkurvor" där man kan visa hur kostnaderna minskar med den ökade ackumulerade volymen av en produkt på marknaden.

Den minskade kostnaden, "Learning Rate (LR)", är den minskning i % som följer av varje fördubbling av marknadsvolymen.¹ Av praktiska skäl visas sambandet ofta i en dubbel-logaritmisk skala och blir då till en rät linje. Sambandet utgör en central del av de beräkningar som görs i den s.k. Sternrapporten och innebär att rapporten kan visa lägre kostnader för en energiomställning än vad som dittills varit gängse uppfattning. En kort framställning av sambanden görs i bilaga 1 nedan.

För Stockholmsregionen är sambandet intressant på flera sätt:

- Finns det nya tekniska lösningar och utveckling som man kan dra nytta av inom överskådligt tidsperspektiv?
- Kan man operationalisera lärprocessen så att den kan påskyndas genom att aktivera vissa viktiga aktörsgrupper?
- Kan Stockholmsregionen spela en aktiv roll i processen att skynda på marknadens lärande?

Det lärande systemet

Globalt och lokalt lärande - systemomfång

"Lärandet är globalt men tekniktillämpningen är lokal".² En viktig iakttagelse bl.a. för att förstå att, även om det går att visa det enkla linjära sambandet (i den dubbellogaritmiska skalan) på global nivå, så finns flera avvikelser på lokal nivå. Avvikelse som hänger samman med, och rentav vidimerar, att lärprocessen fungerar på ett förutsägbart sätt. Lärandet fungerar nämligen i alla led, inte enbart ifråga om den tekniska utrustningen man fokuserar på utan likaväl dess installation och skötsel.

En viktig observation är emellertid att kostnaden som regel inte kan observeras utifrån. Det enda man kan se som utanförstående betraktare är priset. För den leverantör som under en kort tid är ensam på marknaden är det möjligt att ta ut priser som vida överstiger kostnaden. Det uppstår ett pristak³ som dock vid något senare tillfälle, när konkurrensen ökat, snabbt rasar ned.

¹ I äldre litteratur talar man om progress ratio (PR). Sambandet är ett LR=100-PR

² "Learning is global but deployment is local"; <http://www.wenergy.se/pdf/Experience%20and%20-%20Sevilla%202003.pdf>

³ Price umbrella

Denna övergående divergens mellan kostnad och pris är så mycket viktigare att ha med i bedömningen när man betänker att leveransen av en fungerande produkt involverar många aktörer (se bilaga), t.ex. installatörer, konsulter, distributörer, service-företag m.fl. Alla är vid något tillfälle nya i branschen i betydelsen att den nya tekniken är dem främmande men att de genom övning får färdighet. I praktiken finns det alltså flera lärlärokurvor som läggs till varandra och där de alla förr eller senare, när marknaden nått tillräcklig omfattning och produkten blivit tillräckligt känd, kommer att samlas till det globala lärandet.

En viktig fråga är naturligtvis vilket system man studerar. I litteraturen förekommer att vindkraftstekniken redovisas med både låga och höga lärläro hastigheter (Learning Rates LR). Det finns många försök att förklara skillnaderna i de lärläro hastigheter som observerats och redovisas i litteraturen. De teoretiska studier som finns påvisar stabila resultat på 20 %, vilket också kunnat påvisas empiriskt.⁴ Den förklaring som ligger närmast till hands för lägre värden är att möjligheter till massproduktion och industrialisering av systemen ger högre lärläro hastigheter under det att platsbyggda system eller utrustning som innehåller komponenter flera olika oberoende leverantörer ger lägre.⁵ Ytterligare förklaringar ligger i att vissa system innehåller en eller flera komponenter med gammal teknik, t.ex. generatorer, där lärandet fordrar stora volymförändringar för att bli märkbart. Detta är fallet med vindkraft och mest märkbart när enbart aggregatet och dess kostnader studerats. När man ser till vindkraft som system och även tar med faktorer som placering (s.k. siting) och driftförhållanden kan man notera större hastigheter.

I några studier driver man försöken till förklaring ännu längre och talar specifikt om lärandet i produktion för sig och i forskning för sig. Några studier har också sett till lärandet i projektering, drift och underhåll specifikt. Sådan distinktion kan vara av betydelse för just det lokala samhällets möjligheter att samverka i eller motverka en innovationsprocess.

Lärande i komponenter, system och industri

Det grundläggande förhållandet är att lärandet (för en produkt) är globalt men tillämpningen är lokal. Den stora divergens som finns i studierna hänger väsentligen samman med svårigheten att avgränsa system och att finna konsistenta data för dessa system. Men det finns skäl att peka på två förhållanden som påverkar, dels systemets komponenter och dels industrin som använder/producerar systemet.

För komponenterna som sätter samman det system som levererar slutprodukten (t.ex. energi) kan lärandet vara olika beroende på hur konventionella de är. Se tidigare diskussion om t.ex. turbiner i vindkraftaggregat. För industrin som använder/producerar systemet kan förekomma, vanligen organisatoriska, genombrott, s.k. "double-loop learning", när förutsättningarna radikalt ändras.⁶ Ett exempel på detta är IKEA:s inträde på möbemarknaden som ändrade logistiken. Möbler såldes inte längre i färdigt skick utan i platta paket.

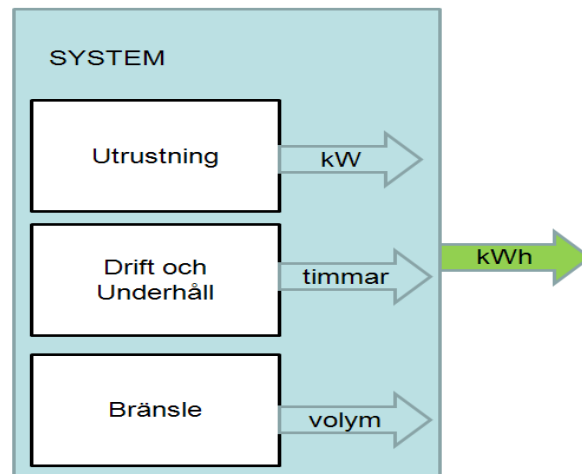
⁴ Technology learning systems as non-trivial machines. Clas-Otto Wene. *Kybernetes*, 2007, vol. 36, Issue ¾, pp 348-363.

⁵ http://www.weathervane.rff.org/role_of_technology/New_Technologies/LearningbyDoing/Williamspres.pdf

⁶ Se "Creating markets for Energy Technologies". OECD/IEA. Paris 2003, sidan 51. Skillanden mellan att "Do business right" och "Do the right business".

I studiet av den svenska bioenergiindustrin görs en uppdelning i tre komponenter⁷ och som liknar P. Lunds⁸ uppdelning i sitt studium av vindkraft och solceller:

- Anläggningen (panna, turbin, värmepump, rökgasrening, bränslehantering)
- Drift av anläggningen
- Bränsleförsörjningen (insamling/avverkning, transport, preparering)



Figur: Exempel på komponenter och produkter (output) i ett system

Professor Lunds studie arbetar med olika lärhastigheter (Learning Rates, LR) för olika delar i systemet:

- LR core, d.v.s. den lärhastighet för teknologin i sig själv som vi vanligen talar om
- LR BoS, d.v.s. "balancing of systems", de kostnader som är förknippade med att göra teknologin användbar i systemet. T.ex. inkoppling till elnätet. För denna antar han en lägre (c:a halva) lärhastigheten
- LR O&M, d.v.s. "Operations and Maintenance", drift och underhåll på samma sätt som BoS.

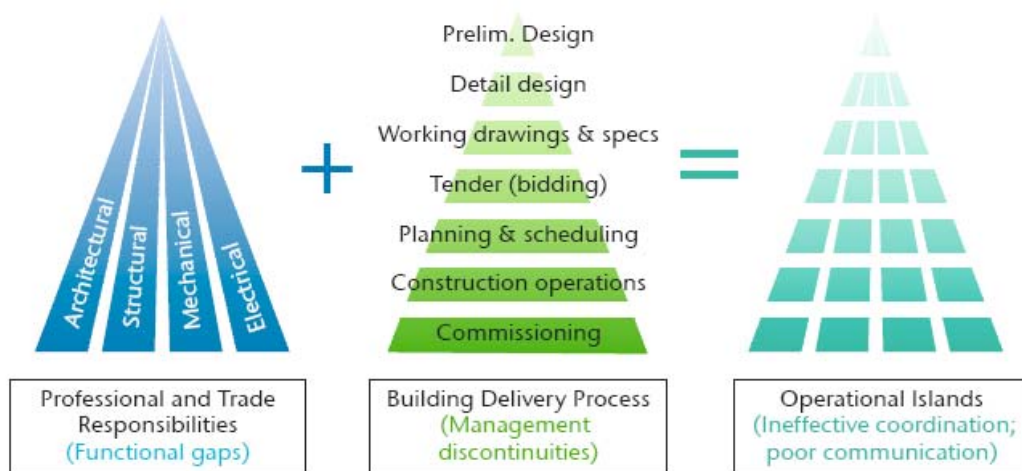
Relationen mellan de olika kostnadskomponenterna anger han till 50-70% för "core" för solceller och 60-80% för vind.

World Business Council for Sustainable Development, WBCSD, har visat hur bygnadssektorn är fragmenterad, se bild nedan, och förefaller sakna möjligheter att skapa en industristruktur som promoverar lärande.⁹ Här kan finnas möjligheter till "double-loop learning".

⁷ Analysis of energy technology changes and associated costs. P.D. Lund. International Journal of Energy Research 2006.

⁸ Junginger et al. Technological learning in bioenergy systems

⁹ http://www.wbcsd.org/DocRoot/UZxMnH1c1poU0uEhAm4P/EEB_Facts_Trends.pdf



Players and practices in the building market¹⁷

Figur: WBCSD, byggsektorns fragmentering

Nischmarknader - Marknadsuppbyggnad

En ny produkt/teknik måste alltid ha några föregångare. Inte bara som tillverkare utan ännu mera som nyttjare. För den utveckling som beskrivs av lärlärderna är det uppenbart att dessa föregångare är beredda att betala mera för den produkten (se bilaga), antingen därför att de första nyttjarna tycker att den nya produkten har särskilt (för dem) värdefulla egenskaper eller för att deras alternativa lösning kan vara ännu mera kostsam. Det är dessa föregångare som gör de "lärinvesteringar" (se bilaga) som behövs för att föra den nya tekniken fram till en nivå då den på allvar kan konkurrera ut det gamla alternativet. För att den nya produkten skall kunna utvecklas är det alltså mycket viktigt att kunna identifiera de nischmarknader där dessa pionjärer finns.¹⁰

Det finns vissa generella karakteristika hos olika aktörer och deras vilja att agera beroende på teknikens kostnader och egenskaper. Det finns alltid en högre betalningsvilja hos vissa grupper och en grov gruppering kan göras som i följande tabell och figur.

Kostnadsläge (i förhållande till gammal teknik)	Producent (Supply Push)	Användare (Demand Pull)	
I. Högt	<ul style="list-style-type: none"> Forskningsstöd eller branschintresse att prova nya metoder (A) Företag som vill vara (synliga) som föregångare (A') 	Hög betalningsvilja där alternativet är mera kostsamt (B)	
II. Mellan			Företag som vill vara synliga som föregångare (C)
III. Lågt		Där produkten erbjuder t.ex. skötselfördelar (D)	

¹⁰ Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. R. Kemp. Technology Analysis and Strategy Management, June 1998.

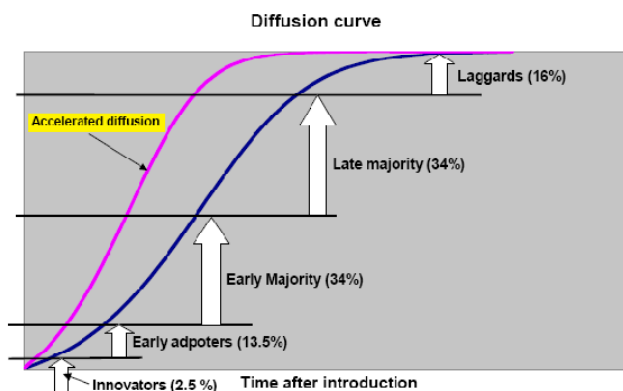
Tabell: Olika aktörsmotiv att finansiera lärinvesteringar (jämför också figur nedan)¹¹



Figur : Learning Investments and Investors.¹²

Steget från att konceptuellt identifiera olika stadier i teknikutvecklingen och olika aktörsmotiv å ena sidan samt att koppla ihop dem med marknadsföringsåtgärder å andra sidan är lockande. Detta steg är också nödvändigt för att kunna operationalisera strategier för att snabbare få marknadsomställningar till stånd. En ofta använd modell visar hur marknadspenetrationen äger rum under en relativt lång tid från det att en produkt introduceras till det att marknaden är mättad.¹³ Den s.k. S-kurvan där man också försöker identifiera olika karaktärssegenskaper hos köparna beroende på om de är benägna att välja nyheter just därför att de är nya eller om de kräver andra (bättre) egenskaper hos den nya tekniken, se figur nedan.

Accelerated diffusion



Figur: Marknadssegment¹⁴

¹¹ Creating markets for efficient technologies by establishing of strategic niche markets. Clas-Otto Wene och Hans Nilsson. ECEEE 2003 Summer Study Proceedings pp 631-638

¹² Creating markets for efficient technologies by establishing of strategic niche markets. Clas-Otto Wene och Hans Nilsson. ECEEE 2003 Summer Study Proceedings p. 637

¹³ Penetration N_t beräknas som : $N_t = N_{t-1} + p * (m - N_{t-1}) + q * (N_{t-1} / m) * (m - N_{t-1})$ där m är mättnadsvärde; p är extern påverkan och q är intern påverkan. Professor Lund använder i sin studie en mera matematisk representation $N_t = \text{Beta} * (m / N_{t-1}) * (m - N_{t-1})$

¹⁴ se <http://www.iea.org/Textbase/work/2007/learning/Nilsson.pdf>

Professor Peter Lund vid Helsingfors Tekniska Högskola har konstruerat en modell som gör det möjligt att simulera hur marknader betar sig och vilka konsekvenser det har att få ny teknik på plats i större skala.¹⁵ I en jämförelse av kärnkraft, vindkraft och solceller ställda mot naturgas (CCGT) visas att:

- Teknikförändringen tar ansevärd tid att nå mättnad (30-40 år)
- Marknadstillväxten för de nya teknologierna behöver vara stor (totalt procent per år) under en lång period (totalt år)
- Läroinvesteringarna blir omfattande (100-tals miljarder Euro)
- Läroinvesteringarna kan betalas även med relativt låga kostnader för koldioxid (2-10 Euro per ton)

Slutsatser som starkt understryker konstaterandet att teknikförändringen är en global uppgift som fordrar många små och uthålliga lokala insatser, men som i sig lätt kan motiveras av de kostnader för koldioxid som man kan undvika.

Styrmedel

Ett ytterligare steg i operationalisering vore att kombinera dessa synsätt på marknadens reaktioner med synen på de styrmedel som står till samhällets förfogande för att aktivera olika sorters aktörer.¹⁶

Styrmedel diskuteras ofta i termer av deras form (finansiella, legislativa, information) snarare än i termer av vad de skall åstadkomma. Diskussionen tar också ofta fasta på kostnadseffektivitet, vilken sällan specificeras, och på rättviseaspekter samt på att kunderna skall göra sina val utan att styras till t.ex. en viss teknik eller till ett visst fabrikat. Dessa synsätt är särskilt giltiga när det är fråga om att åstadkomma en massiv påverkan, t.ex. att genom märkning ge sådan information till kunder att de kan ta in argument om energieffektivitet i sina bedömningar.

I detta sammanhang skall vi emellertid se mera till hur man kan starta upp marknader och få igång processer till förändring; locka till innovationer, premiera till övergångar till bättre teknik, d.v.s. typerna 3 och ibland 2 i tabellen nedan

Syfte	Styrmedelsexempel	Typ
Ta bort teknik med dåliga prestanda, Worst Available Technology (WAT)	Standarder och Normer	1
Premiera bra teknik och göra den synlig, Best Available Technology (BAT)	Märkning, Bidrag, Inmatningstariffer ¹⁷ , Upphandlingskataloger, Demonstrationer, Certifikat, Utbildning	2
Locka till innovationer , (BAT+)	Teknikupphandling	3

¹⁵ Analysis of energy technology changes and associated costs. P.D. Lund. International Journal of Energy Research 2006.

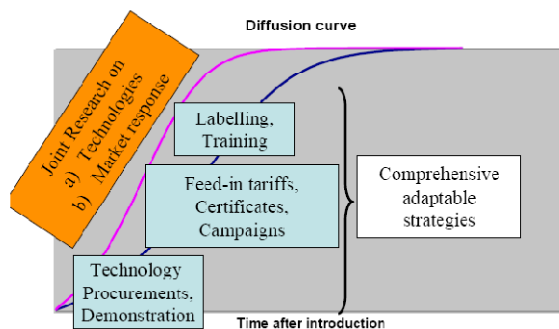
¹⁶ <http://www.iea.org/Textbase/work/2007/learning/Nilsson.pdf>

¹⁷ Sverige har valt ett system med s.k. gröna certifikat under det att större delen av Europa i övrigt använder inmatningstariffer (feed-in tariffs) <http://www.leonardo-energy.org/drupal/node/1001>. Allmänt sett antas certifikaten främst gagna befintlig (billig) teknik och inmatningstarifferna gagna introduktionen av ny teknik http://www.realise-forum.net/front_content.php?idcat=1

Vissa styrmedel och förslag till styrmedel har tydligt anpassats till detta synsätt, t.ex. de tyska inmatningstarifferna som har gjorts degressiva, d.v.s. avtar över tiden eftersom man antar att marknaden har lärt sig att leverera den tekniska lösningen till lägre kostnad.

Ett annat exempel är förslagen från de båda presidentkandidaterna i USA 2008, Obama och Clinton, som föreslår att vissa bidrag skall riktas till "early adopters", d.v.s. de tidiga segmenten på marknaden där användarna är mera tekniskt intresserade och kunniga.¹⁸ Dessa köpare anses vara beredda att stå ut med de barnsjukdomar som ny teknik kan ha och som måste botas innan massmarknaden kan attraheras.¹⁹

Means for accelerated diffusion



Combining actor and programme focus (address) successfully



Ibland används uttrycket att man med styrmedel skall undvika att utse vinnare på marknaden. Men man kan mycket väl ange egenskaper som på olika sätt kan belönas eller där nischmarknader kan identifieras och där marknaden sedan får agera för att lösa uppgiften. Teknikupphandling är en sådan metod att utse vinnande egenskaper och lämna åt marknaden att tävla om vinsten.

Olika Tekniker

IEA har i sitt arbete med "Energy Technology Perspectives" lagt ned ett omfattande arbete på att kartlägga den samlade kunskapen om hur tekniklärandet har behandlats i forskningsrapporter, främst har man koncentrerat sig på vilka lärhastigheter som registrerats. Detta arbete har redovisats och diskuterats vid två seminarier under 2007 och sammanfattas i följande avsnitt för å ena sidan teknik för energitillförsel samt å andra teknik för energianvändning.

Kunskapsmaterialet är på inget sätt homogent utan mera rapsodiskt. Dels p.g.a. ämnets svårighet i sig, men främst därför att det empiriska materialet samlats av olika forskargrupper vid olika tidpunkter och med sinsemellan olika uppfattningar om lärprocessens natur. Med dessa svårigheter är det uppenbart att alla beräkningar måste tas med en stor försiktighet när de innebär utsagor om kostnader, marknadsutveckling o.s.v. Men det är ändå alldeles tydligt att man kan utläsa trender, storleksordningar och sannolikhet ur beräkningarna. Därmed utgör de ett värdefullt tillskott till underlaget för att förstå vad som kan uppnås och vad som kanske utgör mera fromma förhoppningar.

¹⁸ <http://www.barackobama.com/issues/energy/>

¹⁹ Diffusion of Innovations, Everett M. Rogers. The Free Press. New York. 1995.

Tillförelsteknik ÖVERSIKT

International Energy Agency, IEA, har i sitt arbete med en publikation avsedd att publiceras 2008, Energy Technology Perspectives, samlat uppgifter om olika tekniker och lärhastigheter.²⁰ De har också gjort bedömningar av vilka lärhastigheter som är lämpliga att använda i en kalkyl samt av vilka kostnadsnivåer som råder respektive som måste uppnås för att en teknik skall bli lönsam. Dessa bedömningar har gjorts för den tekniska utrustningens kapacitet²¹ och inte för de tekniska systemens produktion (se figur ovan). De lärhastigheter som noterats av IEA för systemens produktion och som är mest relevanta för Sverige redovisas i tabellerna nedan

Teknik	Learning Rate (LR) %	Källa	Anmärkning
Kärnkraft	5,8	Kouvaritakis 2000 ²²	Gäller historiskt och utan hänsyn till nya "generationer" (III och IV) eller ökade säkerhetskrav
Vind (landbaserad)	18-32	IEA ²³	
Vind (havsbaserad)	3	Isles 2006 ²⁴	OBS Installationskostnader, USD/kW 8 EU-länder 1991-2006
	13	Lund 2006 ²⁵	BoS och O&M vardera 7 % ²⁶
Solceller	20-22	Flera källor	Även BoS anges till 20%
	18	Lund 2006	Anger BoS samt O&M till 10 %
Biomassa	15	IEA	
Biomassa Flis	13	Junginger 2006 ²⁷	Avser Sverige
Kraftvärmeverk, KVV _{el} (Biomassa)	9		
Koldioxidinfångning, CCS	3-5	Rubin 2006 ²⁸	Simulering

Användningsteknik ÖVERSIKT

Tekniken för energianvändning är betydligt sämre utforskad än den för energitillförelse. Naturligt nog eftersom många av produkterna inte primärt associeras till energisystemet eftersom deras funktion är att leverera nytta, (ljus, kraft, värme, klimat, etc.) med energins hjälp. Det finns dock några studier tillgängliga och man kan säga att de har det gemensamt att de på samma sätt som för tillförelsetekniken visar på lärhastigheter av storleksordningen 15-20% per volymföröbling.

²⁰ http://www.iea.org/Textbase/work/workshopdetail.asp?WS_ID=308 och http://www.iea.org/Textbase/work/workshopdetail.asp?WS_ID=323

²¹ Data har meddelats i privat kommunikation och används i de beräkningar som redovisas i bilagorna.

²² N. Kouvaritakis, et al: Modelling Energy Technology Dynamics: Methodology for Adaptive Expectations Models with Learning by Doing and Learning by Searching, Int. Journal of Global Energy Issues, Vol. 14, 2000.

²³ Experience Curves for Energy Technology Policies. OECD/IEA. Paris 2000.

²⁴ Offshore Wind Farm Development: Cost Reduction Potential. IIIIEE, Lund 2006

²⁵ Analysis of energy technology changes and associated costs. P.D. Lund. International Journal of Energy Research 2006.

²⁶ BoS: Balancing of Systems, d.v.s. nätanslutning och anpassning; O&M: Operation and Maintenance, d.v.s. Drift och Underhåll

²⁷ Junginger et al. Technological learning in bioenergy systems

²⁸ Estimating Future Costs of CO2 Capture Systems using Historical Experience Curves. Proceedings 2006

Teknik	Learning Rate (LR) % ²⁹
Kylar och frysar	12-22
Disk och tvätt	13-16
Energifönster	12-17
Värmepumpar	25-30
Lågenergilampor (CFL)	16

Eftersom produkterna i sin funktion är tätt förbundna med funktionen hos andra delar har också flera studier tvingats försöka dela upp förändringen i kostnad och prestanda på olika förklaringsfaktorer. En intressant sådan gör bl.a. följande distinktioner av hur kostnadspressen kan förklaras på en skala från 1 (mindre viktig) till 3 (mycket viktig).³⁰

Komponent	Läreffekt	Skaleffekt (massproduktion)
Traditionell isolering	1	1
Treglasfönster	1	2
Fönsterbeläggning eller vakuum-isolering i fönster	2	1
Konstruktion och platsapplikation isolering mm.	3	2
Prefabricering av element	2	2
Passiv-hus	3	2
Vakuum-isolering	3	3
Värmeåtervinning	2	2

Tabell: Olika kostnadspressande effekter

Även om tabellen är gjord för Schweiziska förhållanden så torde den vara giltig för hela Europas byggindustri.

Beräkningar och bedömningar (Energitillförsel)³¹

De tekniska lösningar för energitillförsel som studerats är inte jämbördiga ifråga om förutsättningar. I diagrammet nedan syns att kärnkraften är den mest utvecklade i betydelsen att den totala existerande marknaden är väsentligt större.³² Det är därmed också svårare att fördubbla och skörda läreffekterna av ökad kärnkraft. Alla andra alternativ förefaller nå sitt break-even vid lägre volymer

²⁹ Källor: Flera Olika (IEA);

- McDonald och Schrattenholzer, Learning Rates for Energy Technologies, Energy Policy 2001;
- Laitner och Sanstad, Learning-by-doing on Both the Demand and the Supply Sides, International Journal of Energy Technology and Policy 2004;
- Jakob och Madlener, Riding down the Experience Curve for energy-efficient envelopes, The Swiss Case for 1970-2020, International Journal on Energy Technology and Policy, 2004

³⁰ Jakob och Madlener (se ovan)

³¹ **OBS: Redovisade beräkningar baseras på material ur flera källor och de sifferresultat som anges skall därför tas med stor försiktighet. De är emellertid tillförlitliga för bedömningar av storleksordningar och rangordning mellan olika teknikslag både vad avser volymer och ekonomiska konsekvenser.**

³² För varje teknik så börjar kurvan (linjen) och slutar vid bedömd potential

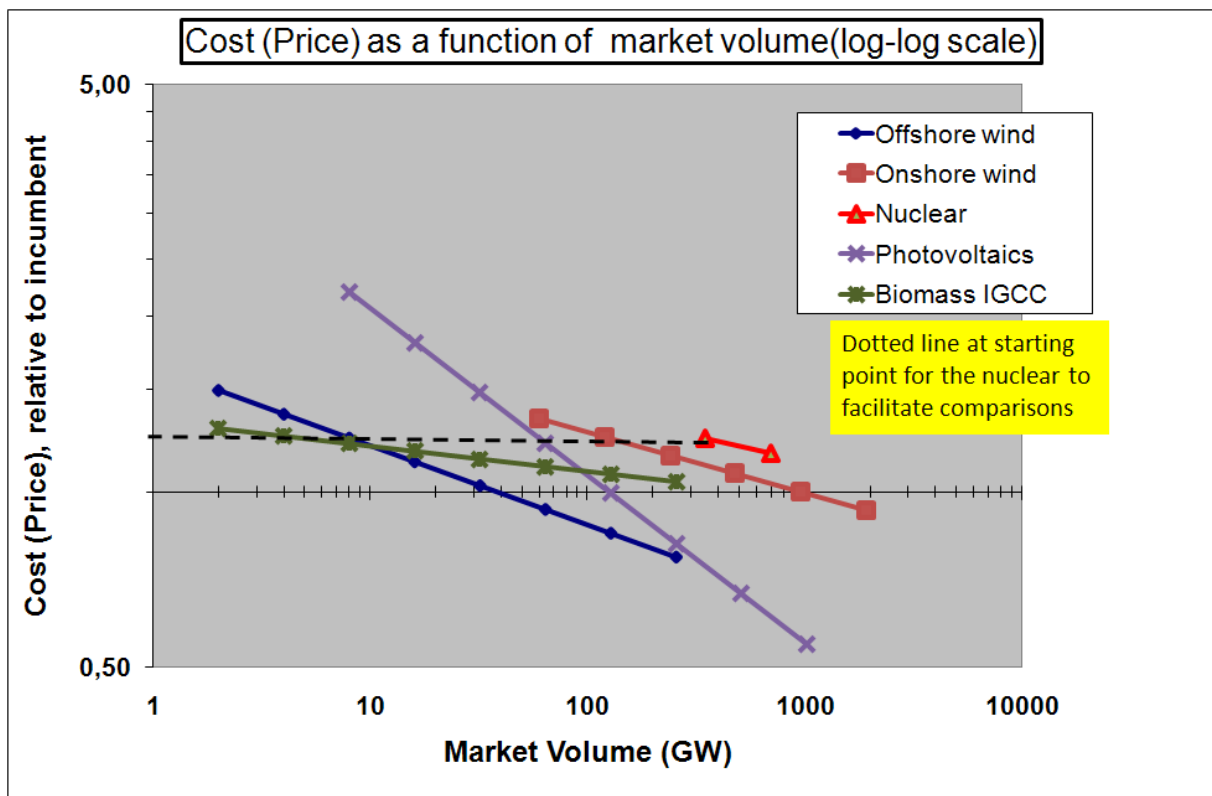
än kärnkraften. Det är därmed inte sagt att de når den tidigare eftersom tillväxttakterna kan vara olika.

Som framgår av diagrammet så är ingen av de nämnda teknikerna konkurrenskraftig i dagens läge. I jämförelse sinsemellan, har kärnkraften lagts som "benchmark" med streckad linje, så är alla utom IGCC längre från sitt "genombrott". De har emellertid alla kortare väg ifråga om volym till att nå lönsamhet i jämförelse med kärnkraften. De behöver dock ett antal dubblingar vilket kan innebära färre GW men kan vara svårt för den existerande industrin att uppnå.

Den installerade elproduktionen var 2003 totalt 3500 GW i världen och bedöms 2010 vara 4500 GW enligt IEA:s World Energy Outlook 2003 för att växa till bortemot 9000 GW år 2050³³

Kostnader och volym

I bilagorna redovisas resultatet av de beräkningar som kunnat göras baserat på material som finns och gjorts tillgängligt av IEA. I följande görs en sammanfattning där ett antal olika tekniska lösningar ställs mot varandra och diskuteras. Särskilt vad avser detta innebär av förutsättningar eller möjligheter i Stockholmsregionen.



I detta diagram har lagts in en streckad linje särskilt för att möjliggöra en kostnadsjämförelse gentemot kärnkraften.

³³ <http://www.world-nuclear.org/sym/2004/fig-hm/kruf4-h.htm>

Energislag	Antal GW för att nå break-even	Antal GW för att nå paritet med kärnkraft	Dagens volym (GW)	Ökning för att nå paritet med kärnkraft		Behov av finansiering Max (miljarder USD)	Potential (GW)	Potential i förhållande till kapacitet 2050 (%)
				Antal gånger	Dubb- leringar			
Kärnkraft	4000	0	350	-	-	700	700 ?	7-9
Vind (havsbaserad)	40	8	2	4	2	7-10	800	8-10
Vind (landbaserad)	960	120	60	2	1	80	1000	10-12
Solceller	120	70	8	9	3	80	3000	30-35
Förgasning (biobränsle)	>600	5	2	2-3	1-2	40	?	-

Med det underlag som står till buds är det svårt att se hur kärnkraften skall bli konkurrenskraftig utan att få massiva subventioner (se bilaga) eller genom att utnyttja det premiumvärde den har genom låga koldioxidutsläpp (se nedan).

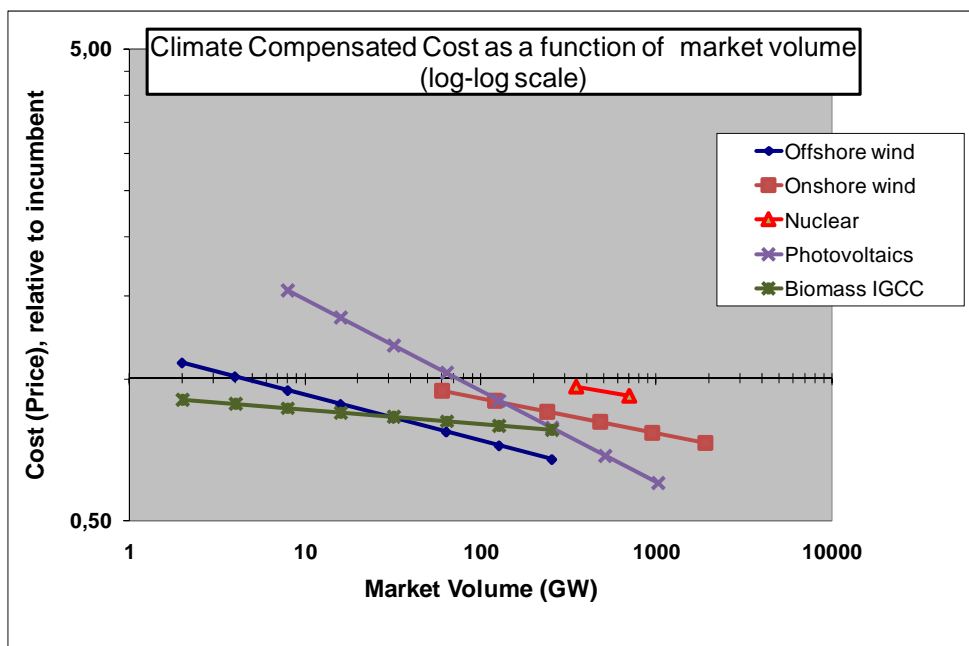
De förnybara energislagen, sol, biobränsle och vind, har betydligt bättre möjligheter att bli kostnadsmässigt konkurrenskraftiga med betydligt mindre subventioner. Deras avgörande nackdel förefaller ligga i att deras utnyttjande kräver en annorlunda infrastruktur än dagens. Mera spridd/utbredd än dagens centrala.

Kostnader och volym, klimatkompenserad

Beräkningarna har också genomförts med ett försök till klimatkompensering på så sätt att hänsyn tagits till maximala värdet av minskade koldioxidutsläpp från olika typer av energislag. Beräkningen är starkt förenklad eftersom ingen hänsyn tagits till de bränsle- och underhållskostnader som tillkommer. Det kapitaliserade värdet av de minskade utsläppen har subtraherats från investeringen. Detta innebär att kärnkraften i redovisningen överkompenserats

Vindkraften gynnas av klimatkompensationen mera än solcellerna vilket beror på att solceller har relativt kort utnyttjningstid i Sverige.

Det förefaller emellertid klart att om man vill uppnå stabila och långsiktiga kostnadsfördelar så är vindkraft och biobränsle, även med avancerad teknik som förgasning, klart motiverade. Dessa kan även motiveras som strikt svenska satsningar under det att utnyttjande av solcellsteknik bör ses i ett större internationellt sammanhang.



Energislag	Antal GW för att nå break even	Antal GW för att nå paritet med kärnkraft	Dagens volym (GW)	Ökning för paritet med kärnkraft		Potential (GW)
				Antal gånger	Dubb- leringar	
Kärnkraft	0	-	350	-	-	700 ?
Vind (havsbaserad)	4	12	2	6	2-3	800
Vind (landbaserad)	0	0	60	0	0	1000
Solceller	30-40	90-100	8	12	3-4	3000
Förgasning (biobränsle)	0	0	2	0	0	?

Beräkningar och bedömningar (Energianvändning)

För energianvändande teknik finns betydligt mindre underlag för att göra rena beräkningar. Det kan emellertid noteras att:

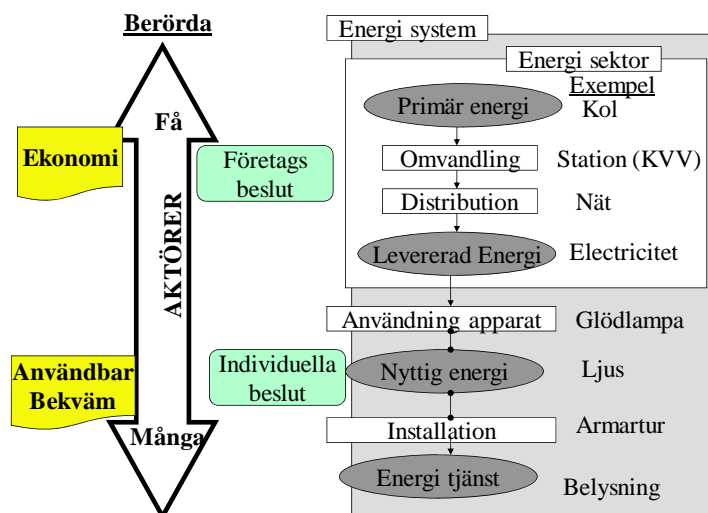
- Många åtgärder redan idag har s.k. negativ kostnad, d.v.s. de är motiverade att genomföra eftersom de är ren vinst från början. Typexempel är belysning, varvtalsreglering av motorer, styr- och regleråtgärder m.m.
- Lärhastigheterna är höga och den mesta tekniken är globalt tillgänglig.
- Tillämpningarna är ofta systemberoende vilket många gånger hindrar eller bromsar upp ett genomförande. Man är okunnig om hur systemens delar påverkar varandra och/eller vems ansvaret är (se WBCSD:s exempel på byggnadsindustrin)
- Värdet av minskade koldioxidutsläpp är högt (200-600 USD/kW), se ovan, men detta värde tillfaller inte alltid den som genomför åtgärden annat än indirekt i energipriset.

Jakob och Madlener har i sin studie framhållit att:

- Man bör i byggnadssammanhang gripa varje tillfälle till förbättring eftersom man eljest måste invänta nästa revisionstillfälle som kan ligga 20-25 bort i tiden
- Att vänta är ingen bra strategi, även om kostnaderna sjunker över tiden, eftersom man under väntetiden exponeras för prischocker
- Dyrare åtgärder påverkas ofta av högre lärhastigheter och priset kan sjunka snabbt, jämför solceller ovan och tabell om kostnadspressande effekter. Detta fordrar att man följer marknadsutvecklingen noga.
- Det utvecklas frivilliga standarder för olika åtgärder, t.ex. MINERGIE och Passivenergihaus, och som underlättar lärprocesserna.

Möjligheter i Sverige och Världen

De flesta studier av potentialerna för effektivisering är fragmenterade genom att de avser en sektor eller del av en sektor. Det är av naturliga skäl svårare att finna exakta data för energianvändning som äger rum på miljontals platser och är underordnade enskilda människors beslut, än för energitillförsel som finns på några få platser, är ett resultat av några få företags beslut, och som ofta är gjorda på entydiga ekonomiskt rationella grunder. Ett ytterligare problem med effektiviseringen är definitionen av potential, men vanligen utgår man från förhållandet att varje enskild individ agerade entydigt ekonomiskt i varje ögonblick (the economic man), vilket naturligtvis är en grov förenkling.



Med dessa förhållanden i åtanke inser man att det också kan finnas flera grunder än de strikt ekonomiska när det gäller energianvändningen. "Målfunktionen" är inte (enbart) ekonomisk lönsamhet utan "nytta" i en vidare bemärkelse. En nytta som inte är konstant utan förändras över livet. Vi uppmanas ofta att sänka värmen inomhus och att spara på varmvattnet. Dessa budskap klingar olika och betyder olika för t.ex. en barnfamilj med tonårsbarn där varmvattenförbrukningen ofta är hög och för en pensionär som kanske är en aning rörelsehindrad och vill ha högre värme för sitt välbefinnande – sin version av "nytta".

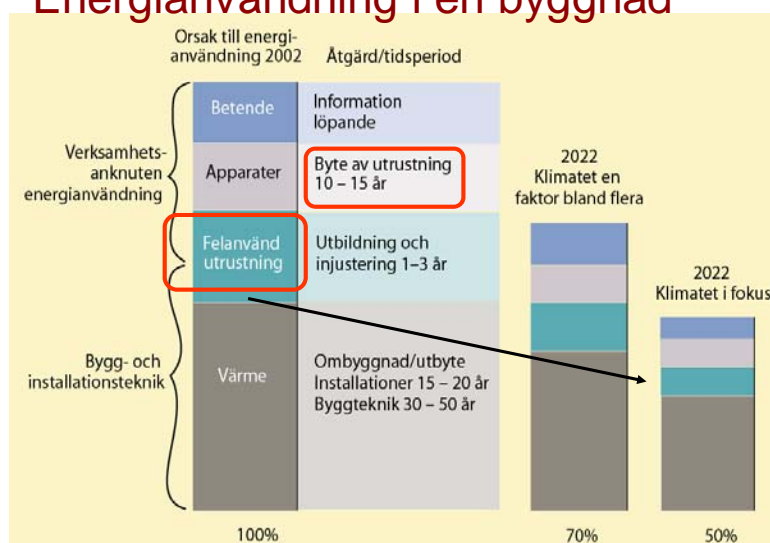
I följande tabell indikeras hur olika aktörer kan agera beroende på hur ofta de konfronteras med ett beslut att byta energianvändande utrustning. Kan de förväntas ha skaffat ett beslutsunderlag och iså fall baserat på vilket resonemang?

Beslutskaraktäristik				Motsvarande Teknikkaraktäristik	
Bytes-frekvens	Beslutsunderlag för åtgärden	Energisparande som mål för åtgärden	Beslutsstrategi	Utrustningens storlek	Energianvändning Typ
Ofta	Vana	Aldrig	Heuristiska principer (om inte av vana och rutin) Rationellt inom ramen för delegering Rationell med hänsyn till syftet	Mycket liten (20-100 W)	Lampor
Återkommande	Rutin	Kan hända		Liten (100-1000 W)	Små apparater
Normal	Plan	Viktigt		Liten (1-10 kW)	Professionellt underhåll, (t.ex. motorer)
Inte ofta	Kalkyl	Viktigt		Stor (som enhet eller flera enheter tillsammans); (10-5000 kW)	Industriell & Professionell upprustning (t.ex. belysning)
Sällan	Investeringsbedömning	Beror på		Mycket stor (> 2 MW)	Produktions och process teknologi

Det är också så att potentialen i användningen inte kan realiseras omgående i de fall där de fordrar byggnadsförändringar eller byte av utrustning. För att dessa potentialer skall bli verklighet bör de realiseras vid de tillfällen då ombyggnad sker för att inte bli ekonomiskt oöverstigligt.

Det har emellertid gjorts flera uppskattningar av hur långt man kan nå, en av dem av Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, i deras studie kallad "Energiframsyn" som för byggnader visar att 30-50 % besparing kan realiseras under en 20-årsperiod.³⁴ Som framgår av figuren inbegriper det ändringar i byggnaderna, ändring i byggnadernas utrustning (fläktar, pumpar, reglerutrustning, belysning), ändringar i apparater och i hur man utnyttjar sina apparater.

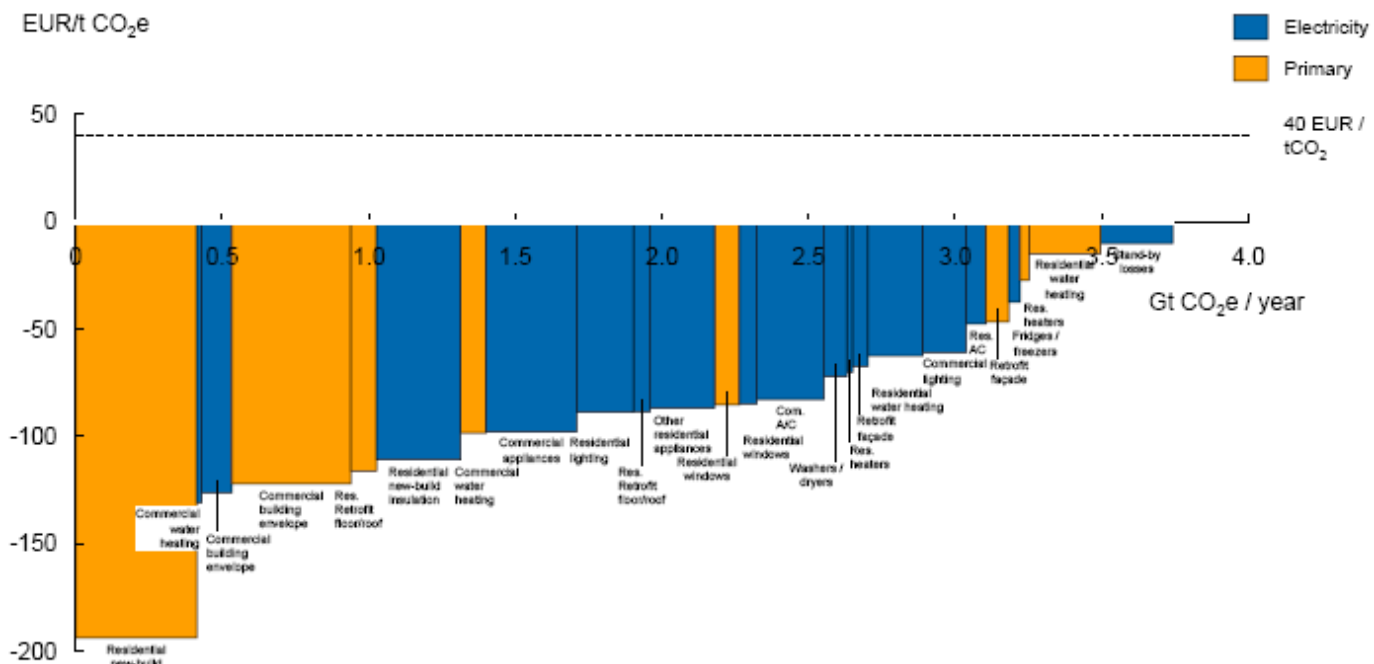
Energianvändning i en byggnad



Inte sällan använder man uttrycket "Negawatt" som en beskrivning på hur energibesparingar frigör resurser på tillförselsidan. Ett sätt att göra ytterligare understryka resursens karaktär av att vara billig är att visa dess negativa kostnad, d.v.s. att man genom genomförandet av åtgärden sparar pengar även efter det att investeringen betalats. Vattenfall har tillsammans med några andra stora

³⁴ <http://www.iva.se/upload/Verksamhet/Projekt/Energiframsyn/Bebyggelse%20v1.pdf>

beställare låtit göra en sådan studie med global utgångspunkt och som illustrerar denna billiga resurs just som negativ kostnad (se bild nedan).³⁵ I exemplet relaterat till koldioxidkonsekvenserna.



The abatement in the buildings sector can be realized at low or negative cost

Vattenfallsexemplet är inte helt relevant för Sverige. Isoleringsstandarden är generellt bättre i Sverige än i många andra länder. I gengäld är elanvändningen för t.ex. belysning troleggen något högre eftersom man traditionellt haft billig el och inte är lika medveten om kostnaderna för att belysa ett tomt rum som i t.ex. Tyskland eller Danmark.

Stockholmsregionens möjligheter

Granskningen av ett antal tekniska lösningar kommer att utgå från:

- Deras relevans för Stockholmregionen
- Förekomsten av strategiska aktörer i regionen
- "Länkarna i kedjan" (Anläggning-drift-skötsel)

³⁵ http://www.vattenfall.com/www/ccc/ccc/Gemeinsame_Inhalte/DOCUMENT/567263vattenfall/P0272861.pdf

Energitillförsel

Stockholm har goda förutsättningar att göra bruk av sina specifika förutsättningar på bl.a. följande områden:

1. Fjärrvärme

Elpriset kommer att fortsätta att pressas uppåt och med kärnkraften som riktmärke bör värmeunderlaget utnyttjas för kraftvärme baserad på främst biobränslen där regionen redan har avsevärd erfarenhet.

Även anläggningar i mindre skala, ända ned till mikrokraftvärme, bör övervägas och där fjärrvärmeföretagen kan skapa nya affärsmöjligheter inte bara som anläggningsägare utan som specialister och serviceföretag t.ex. i samarbete med bostads- och byggnadsföretag. Sådana anläggningar skulle kunna etableras i mindre tätbebyggelse för t.ex. konvertering från elvärme. Biogas som bränsle från bl.a. jordbruket skulle kunna vara ett alternativ. Det finns emellertid inget specifikt underlag om lärhastigheter för biogas, men den kan antas vara hög på samma sätt som för flera andra tekniska lösningar av modulär karaktär.

2. Vindkraft

Vindkraftens konkurrenskraft är tydlig och vindkraftsutnyttjandet antas väl undersökt i regionen både vad avser anläggning till lands och till havs. Vid större utnyttjande skulle kunna övervägas om inte de mindre företagen med relation till skärgårdslivet, t.ex. mindre båtvarv, kan vara intresserade genom sin spridda lokalisering, ortskännedom och marina kompetens.

Vindkraft bedöms ofta stå i konflikt med annat markutnyttjande. Det finns emellertid andra tekniska lösningar än "propeller på pinne". Dessa döms ofta ut som icke-optimala därför att verkningsgraden är låg, men det kan vara värt att undersöka om det inte är bättre att nyttja flera små "suboptimala" anläggningar än att inte utnyttja en större som skulle ha varit optimal.

3. Solceller

Sveriges långt framskjutna ställning både på forskning och på produktion av solceller borde motivera ett större engagemang också i nyttjandet. De svenska förutsättningarna (solceller drivs av ljus inte av enbart av sol) är inte remarkabelt sämre än i Tyskland.

De mest motiverade tillämpningarna finns sannolikt i skärgården och skulle på samma sätt som för vindkraften kunna engagera små lokala företag, både vid anläggning och för skötsel.

Men även i tätbebyggelse kan förhållandet att man inte behöver dra kabel vara en fördel, t.ex. för belysning, eller för publika och marknadsföringsrelaterade objekt., t.ex. laddning av eldrivna cyklar för uthyrning, solcellsdriven båt i Stockholm för färjetrafik, laddningsstationer för elfordon (plug-in hybrids) etc.

Båt- och friluftsliv är en stark näring i Stockholm. Många båtägare har redan solceller för att driva kylanläggningar ombord. Man skulle kunna överväga en utvidgning av solcells- och batteriteknik också för båtdrift och/eller för andra ombordfunktioner. Tillverkare och försäljare av småbåtar samt båtklubbar skulle kunna vara intresserade.

4. Styrning, mätning, övervakning, reglering etc.

Både vindkraft, bioenergi och solceller kommer att innebära ett större utnyttjande av små, lokala, utspridda energiresurser, vilket ställer andra krav på infrastrukturen än det kända systemet med några få stora centrala inmatningspunkter. Det handlar både om tekniska krav som balansering i systemet och på organisatoriska som regler för anslutning och drift.

I Storbritannien och Tyskland har man i stigande grad börjat utnyttja lokala resurser så att man kan sälja el till systemet när man har lokalt överskott. I USA arbetar man mycket med "laststyrning" för att styra bort belastningar när tillförselkapaciteten sviktar och/eller priset är högt.

Kunnandet på dessa områden är svagt i Sverige, men några elleverantörer i området har visat intresse vilket skulle kunna utnyttjas.

5. Bioenergi, lokalt

Stockholmområdet har redan ett kraftfullt utnyttjande av bioenergi inte minst i fjärrvärmesystemen, men det finns troligen mera att göra bl.a. med lokala logistiska lösningar men även med t.ex. biogas knutet till jordbruket. Matavfall kan utgöra en potential.

Energianvändning. Byggnader och Transporter

För att kunna skapa uthålliga energisystem är det väsentligt att se användning och tillförsel i ett sammanhang. Många av alternativen med förnybar energitillförsel har nackdelen av att energikällorna har låg "densitet" (energi per volyms- eller viktenhet) jämfört med sina konkurrenter. Deras möjlighet ligger därför också i hög grad i att användningen effektiviseras (minimeras), d.v.s. att intensiteten (kWh/nytta) sänks. Tillförsel och användning behöver avstämmas mot varandra. Förflyttningen fordrar att man börjar effektivisera (se pil) för att bereda utrymme för de förnybara energikällorna.

		Tillförsel	
		Hög densitet (ex. fossilenergi, kärnenergi)	Låg densitet (ex. sol, vind)
Användning	Hög effektivitet (Låg intensitet) Ex. lågenergilampor, Varvtalsreglerade motorer	OEKONOMISKT	UTHÅLLIGT
	Låg effektivitet (Hög intensitet) Ex. Glödlampor , Direkt elvärm i konventionella hus	DAGENS SYSTEM	OMÖJLIGT/SVÅRT

Bebyggelsen bedöms svara för 40% av energianvändningen och utgör den naturliga startpunkten för effektiviseringen. Transporterna är samtidigt de som är mest beroende av fossilenergi och därmed den sektor som skapar störst problem med växthusgaser. För framtiden kan det finnas skäl att se större systemsamband mellan sektorerna, t.ex. om partiellt eldrivna fordon (hybrider) kan vinna terräng. El som inte används för byggnadsuppvärmning kan göra nytta på vägen istället.

Regionen kan ha bl.a. följande möjligheter:

- Effektiviseringen i bebyggelsens utrustning genomförs lättast (billigast) i samband med renoveringar. Miljonprogrammet är en enastående tillgång för energiomställning och regionen har mycket av varan!

Både bostads- och byggföretagen är intresserade men något vilsna inför uppgiften att göra de mera genomgripande förändringarna. Det finns på andra håll i landet exempel på radikalt nytänkande, t.ex. i Göteborg och Alingsås, men även på närmare håll, dock i samband med nybyggnad (Sigtunahem).

Ibland sägs att när det är högkonjunktur hinner byggföretagen inte med och när det är lågkonjunktur har man inte råd. Tillgången på skolad arbetskraft är en viktig faktor där samverkan mellan myndigheter, företag och utbildningsväsende kan behöva påverkas.

- Byggföretag och energileverantörer i samverkan skulle kunna åstadkomma bättre förutsättningar för att utnyttja ny teknik, att mäta och styra anläggningar i drift och få belastning och tillförsel att fungera samordnat. Stockholmregionen har sedan länge en erfarenhet av samverkan mellan energiföretagen som möjligen skulle kunna prövas på nytt genom att pröva samverkan som beställare för t.ex. utbyggnad av s.k. smarta nät och av laststyrning (Demand Response).

I regionen finns ett antal energiföretag på elsidan som tagit ställning för förnybar energi (Telge) och som varit i främsta ledet när det gäller laststyrning (Vallentuna) och som skulle kunna utgöra en stomme i en förändringsprocess.

- För transporter har Stockholm Stad och Landstinget en solid erfarenhet av att utforska alternativa möjligheter till fordonsdrift och som man bör bygga vidare på. Man har varit stark aktör inom olika EU-program för fordonsteknik och som kunnig beställare. Utvärderingarna av ZEUS-projektet visade också att kommunens erfarenheter hade stor betydelse för de privata företagens inställning till hur fordonsflottor kunde ändras. Drifterfarenheterna gick både formella och informella vägar.

Styrmedel

Diskussionerna om styrmedel kretsar oftast kring rent ekonomiska frågor och generella villkor där regionen kan utöva visst inflytande men inte ensidigt ändra villkoren. Det finns emellertid ett antal åtgärder där man kan agera för att finna och hjälpa aktörer att bli de vägröjare som behövs. Främst gäller det möjligheten att identifiera och engagera "nischmarknader" för specifika områden. Några har skisserats ovan. Man bör också fundera något över om det finns nya aktörer som tillkommer eller grupepr som kan aktiveras i "lokalsamhällena", t.ex. kyrkans samfälligheter, byalag m.fl.

Det finns många aktörer i området som i sin dagliga verksamhet har en avsevärd ekonomisk makt genom storleken på sina inköp.³⁶ I den mån dessa kan länkas i andra banor kan påverkan bli betydande. EU har nyligen aviserat ett projekt "Lead markets for Europe" där flera satsningar på byggnadssektorn, förnybar energi och avfallshantering kan ha ett stort intresse för regionen.³⁷

För att skapa den nödvändiga basen för regional samverkan kan man överväga, t.ex.:

- Skapa assistans för upphandlare i både privata och offentliga sektorn så att de ger företräde för produkter och lösningar som använder bästa och ännu bättre teknik (BAT och BAT+).
- Samla aktörer för teknikupphandlingar
- Skapa demonstrationsprojekt på angelägna områden
- Göra kampanjer för tekniska lösningar i samverkan med t.ex. kommunernas Klimat- och energirådgivare
- Föreslå (och utnyttja) frivilliga standarder för att öka tekniska prestanda
- Skapa utbildningar för yrkesverksamma så att man snabbare kan ta till sig ny teknik

Allt detta skulle kunna samordnas genom att skapa en **Regional Servicefunktion för Uthållig energi** (inte enbart klimatanpassning av energisystemen). Denna skulle inhämta kunskap och vara behjälplig i att organisera distributionen av kunskap i fråga om teknik och affärlösningar.

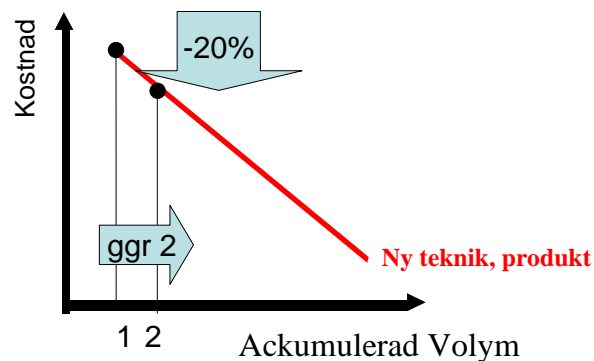
³⁶ Se olika metoder i ett EU-perspektiv

http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/harnessing_power_prost_study.pdf

³⁷ Se <http://ec.europa.eu/enterprise/leadmarket/leadmarket.htm>

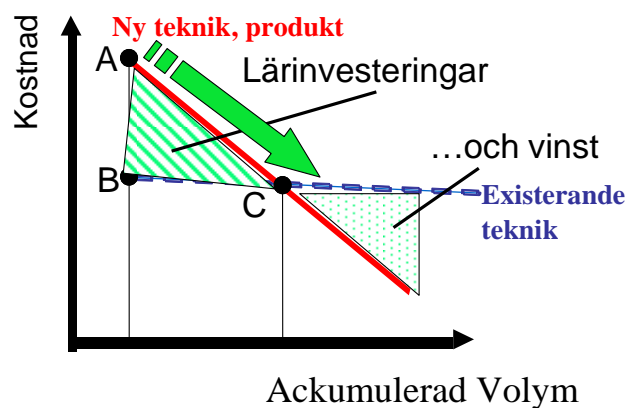
Bilaga 1: Marknadens lärande

En aspekt på marknaden är dess förmåga till lärande och utveckling när en process kommit igång och som brukar beskrivas i den s.k. "lärkurvan". Ny effektivare teknik är ofta dyr när den kommer ut på marknaden. Men när efterfrågan ökar blir tekniken billigare. Detta innebär att företagen satsar på att utveckla sina produkter, nya företag med ännu bättre idéer attraheras till området, nya kunder lockas av nyheterna och förbättrade prestanda och priser. Industrins "lärocess" är igång. (En tumregel är att för varje fördubbling av marknadens ackumulerade volym så minskar kostnaderna med 20 %. Experience Curves for Energy Technology Policies. OECD/IEA. Paris 2000. <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/curve2000.pdf>)



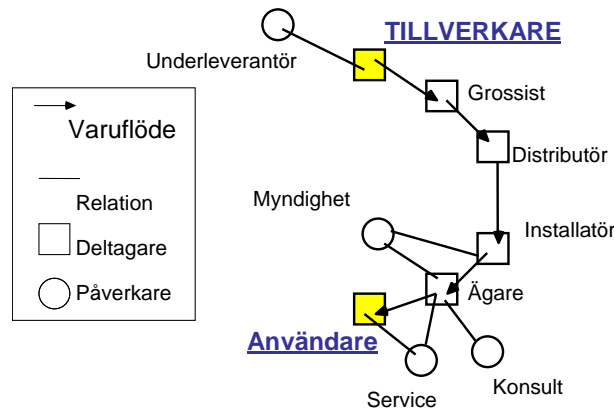
Figur: Lärkurvan. (När diagrammet ritas i dubbellogaritmisk form blir detta en rät linje.)

Men någon måste starta processen! För att tekniken ska kunna etablera sig behövs att någon betalar mellanskillnaden. Man måste finna den s.k. *nischmarknaden*. Det är här den offentliga sektorn har en stor potential som *beställare*. Vi har många exempel historiskt, inte minst i Sverige, på att teknikupphandlingar har fungerat bra (kylskåp, tvättmaskiner). Men det finns också många privata beställare som kan utgöra en betydande del av den nischmarknad som startar processen och ser till att de lärinvesteringar görs som senare resulterar i vinst för de nya produkterna.



Figur: Läringar (Experience Curves for Energy Technology Policies. OECD/IEA. Paris 2000.)

Orsaken till denna lärlärd är inte bara att det blir billigare att producera stora mängder utan ännu mer att man lär sig i alla led genom tillämpning (*learning-by-doing*). Därför är lärlärdan särskilt relevant för energieffektivisering. Många av de produkter som ska tas i bruk ute hos användarna i samhället är kända, men efterfrågan har varit för låg för att konsulter, byggnadsföretag, installatörer m.fl. ska ha kunnat komma igång med ett lärande. Och det är många som är inblandade i processen att få en produkt från tillverkaren till användaren. Om de inte känner att de nya (energieffektiva) utförandena gagnar dem och deras företag så hålls omställningsprocessen tillbaka.



Figur: Exempel på distributionskedja för energieffektiva produkter. (Creating markets for Energy Technologies. OECD/IEA. Paris 2003

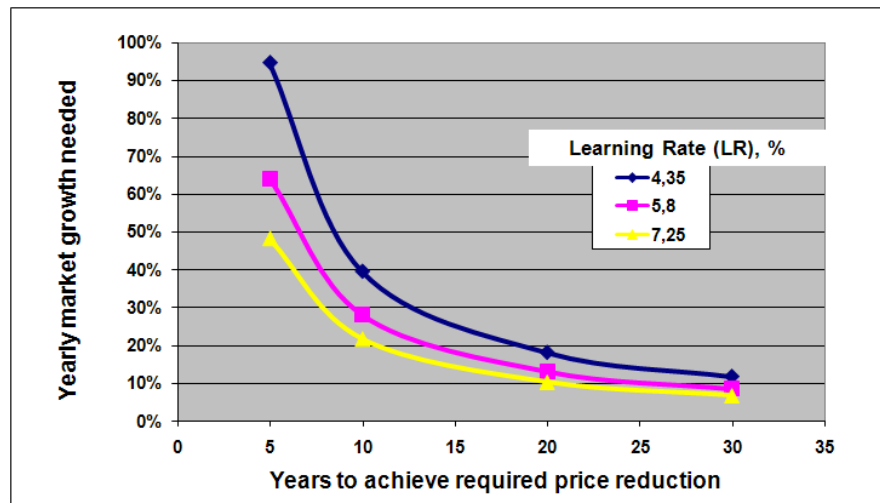
http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/creating_markets2003.pdf



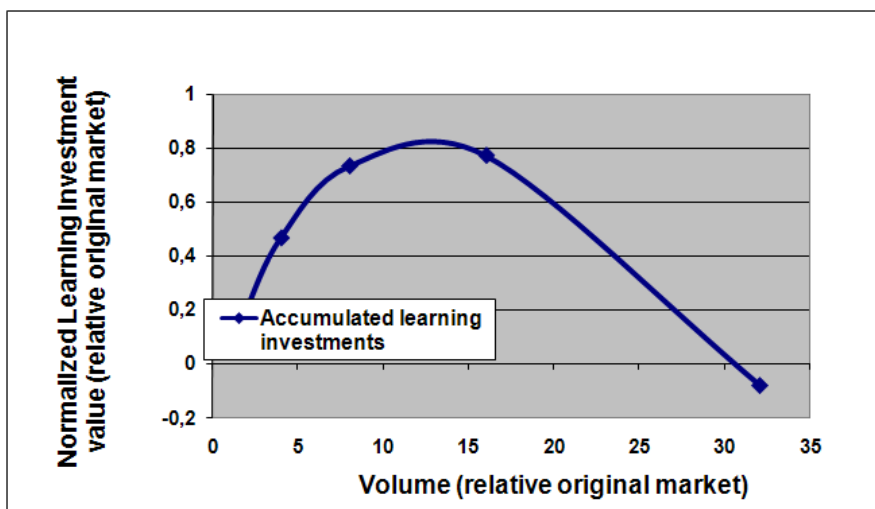
Figur: Sambandet mellan FoU-satsningar å ena sidan och Stöd för marknadsintroduktion och/eller spridning skapar en "god utvecklingscirkel"

Bilaga 2: Kärnkraft

Baserat på IEAs bedömningar av lärhastighet, LR=5,8%, och av personlig kommunikation avseende kostnadsnivå för tredje generationens kärnkraft som innebär behov av kostnadsminskning med c:a 20% räknat på investeringen i utrustning (d.v.s. kr/kW) för att nå lönsamhet, kan följande beräkningar göras och illustreras.



Även med en årlig marknadstillväxt av c:a 20% tar det c:a 13 år att nå "break-even" för kärnkraftteknologins generation III. Känsligheten för andra lärhastigheter är stor. I detta fall illustreras lärhastigheter +/- 25% kring den antagna .

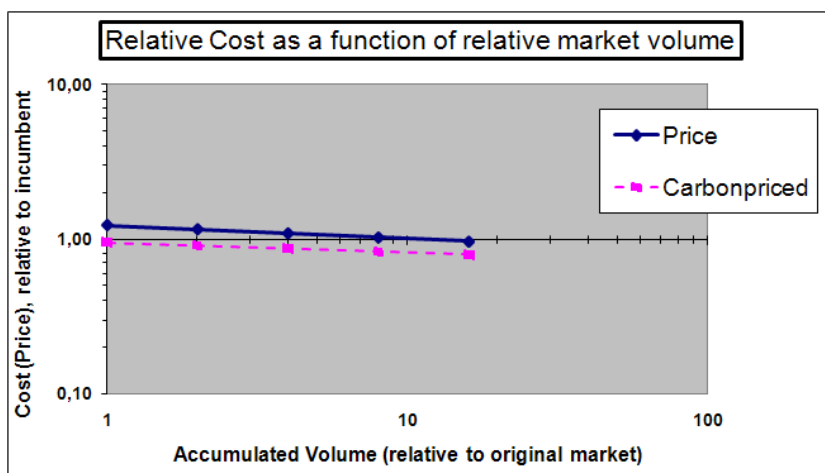


Behovet av lärintesteringar för att nå lönsamhet är förhållandevis måttligt och når som högst 80% av existerande investeringars marknadsvärde, men de är inte till fullo återbetalda förrän vid en total marknadsvolym som är 30 ggr den nuvarande.

Den installerad elproduktion var 2003 totalt 3500 GW i världen och bedöms 2010 vara 4500 GW enligt IEAs World Energy Outlook 2003 för att växa till bortemot 9000 GW år 2050³⁸. Detta begränsar kärnkraftens tillväxt uppåt till maximalt 25 ggr.

Det är dock rimligt att anta att den existerande branschen har tillräcklig finansiell styrka för att klara investeringspuckeln, men också att den sannolikt tvekar inför tidsutdräkten innan vinsterna börjar genereras och särskilt om investeringarna inte ens kan hämtas hem.

³⁸ <http://www.world-nuclear.org/sym/2004/fig-hm/kruf4-h.htm>



Kostnadsutvecklingen visar att, om priset följer kostnaden, man når ett break-even när marknaden är ungefär 15 gånger större än för närvarande. Värdet av minskad koldioxid innebär att man kan åsätta kärnkraften prispremium på c:a 25%. Ett sådant mervärde innebär att kärnkraften skulle vara nätt

och jämnt konkurrenskraftig i dagens läge när den ersätter marginalproduktion som är belastad med koldioxidutsläpp och som fordrar att innehavaren anskaffar motsvarande utsläppsrätter.

DISKUSSION:

Det fanns 2007 totalt installerat 352 GW kärnkraft i 439 reaktorer 34 länder världen. Ytterligare 24 GW i 32 reaktorer fanns i beställning.³⁹ En stor del av de befintliga reaktorerna är relativt gamla, medelvärde 22 år.

Enligt IEAs bedömning år 2003 antogs att under 2001-2030 behövde i världen som helhet byggas 4700 GW elproduktion för ny produktion och som reinvestering för utslitna anläggningar.⁴⁰ Dessa investeringar är c:a 13 så mycket som dagens kärnkraft och ungefär lika mycket som behövs för att göra kärnkraften kostnadseffektiv enligt de premisser som använts i beräkningarna ovan. Det verkar sålunda som om kärnkraften inte kan bli prismässigt konkurrenskraftig på sina egna meriter.

Investeringspuckeln kan, med här tillgängliga data, bedömas till storleksordningen 700 Miljarder dollar.

Det förefaller som om kärnkraftens möjlighet att hävda sig på ekonomiska meriter ligger i att den betalas för att vara nästan fri från växthusgaser. Detta premievärde är tydligast i länder där alternativet idag medför stora utsläpp från främst koleldning, d.v.s. länder som USA, Kina, Australien och Sydafrika. I Sverige skulle ett sådant premievärde ligga i möjligheten till export av el.

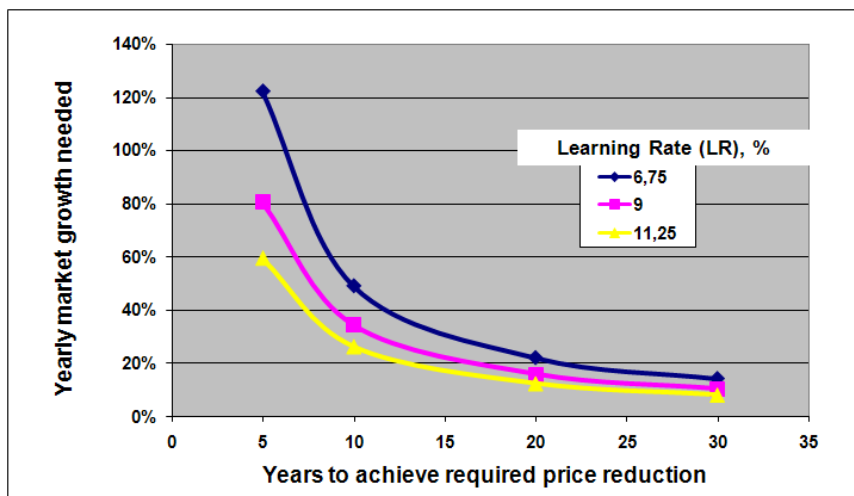
Säkerhetskrav och krav på slutförvaring av avfall innebär ytterligare kostnader vilket också innebär att lokalisering lämpligast sker på de platser där man redan har erfarenhet och möjligheter till säker hantering.

³⁹ Enligt IAEA återgivet i The World Nuclear Status Report 2007, http://www.greens-efa.org/cms/topics/dokbin/206/206749.the_world_nuclear_industry_status_report@en.pdf

⁴⁰ World Energy (Investment) Outlook 2003, OECD/IEA.

Bilaga 3: Havsbaserad vind

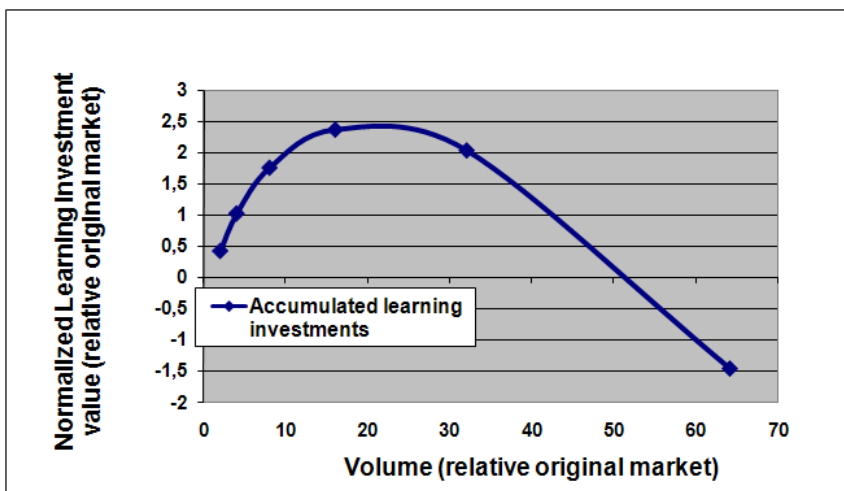
Baserat på IEAs bedömningar av lärhastighet, LR=9%, och av personlig kommunikation avseende kostnadsnivå för havsbaserad vind som innebär behov av kostnadsminskning med c:a 33% räknat på investeringen i utrustning (d.v.s. kr/kW) för att nå lönsamhet, kan följande beräkningar göras och illustreras.



Även med en årlig marknadstillväxt av c:a

20% tar det c:a 16 år att nå "break-even" för havsbaserad vind. Känsligheten för andra lärhastigheter är stor. I detta fall illustreras lärhastigheter +/- 25% kring den antagna.

Behovet av lärinvesteringar för att nå lönsamhet är förhållandevis måttligt och når som högst 250% av existerande investeringars marknadsvärde, men de är inte till fullo återbetalda förrän vid en total marknadsvolym som är bortemot 50 ggr den nuvarande. Denna är å andra sidan endast c:a 2 GW⁴¹.



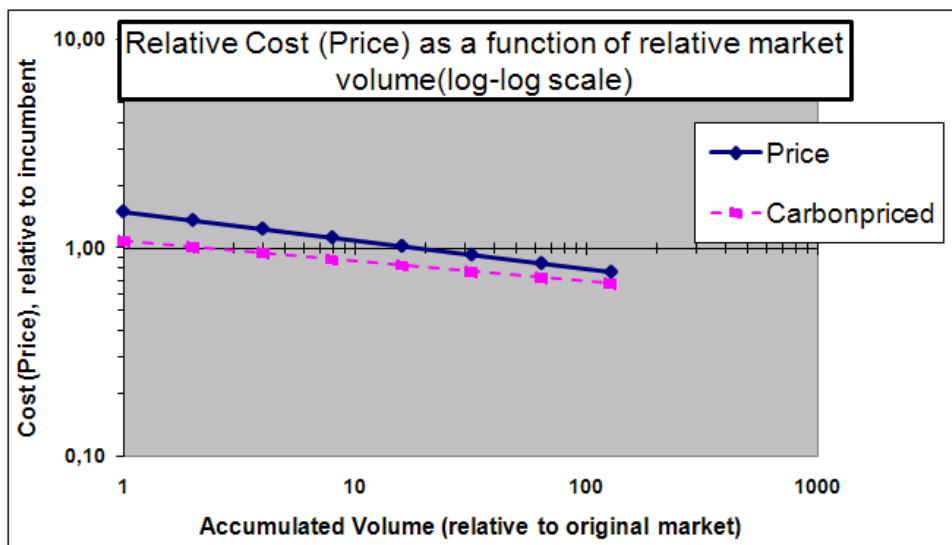
Havsbaserad vind bedöms ha en total potential på över 800 GW.⁴²

Kostnadsutvecklingen visar att, om priset följer kostnaden, når man ett break-even när marknaden är ungefär 15 gånger större än för närvarande. Värdet av minskad koldioxid innebär att man kan åsätta havsbaserad vind

prispremium på c:a 25-30%. Ett sådant mervärde innebär att man skulle bli konkurrenskraftig efter en fördubbling och när vindkraften ersätter marginalproduktion som är belastad med koldioxidutsläpp där innehavaren anskaffar motsvarande utsläppsrätter.

⁴¹ IEA Wind Implementing Agreement Annual Report 2006. http://www.ieawind.org/annual_reports.html

⁴² P. Lund (KOLLA)



DISKUSSION:

Det finns relativt lite havsbaserad vindkraft idag, c:a 2 GW⁴³, men tillväxten är kraftig

till följd av snabbt förbättrad teknik i alla led, anläggning, distribution, skötsel etc. Den av IEA angivna lärhasigheten 9% kan antas utgöra en mycket försiktig bedömning.

Även med denna försiktiga bedömning blir finansieringspuckeln mycket måttlig, c:a 5-10 Miljarder USD

Flera länder har avancerade planer, ofta kopplade till närliggande industristrukturer såsom varvsindustri, på kraftfulla satsningar. T.ex. Finland, Danmark, Storbritannien, Korea, Spanien och Nederländerna. Svensk Industri, ABB, är nära involverat i några av projekten genom sitt kunnande på HVDC-överföring (högspänd likström).

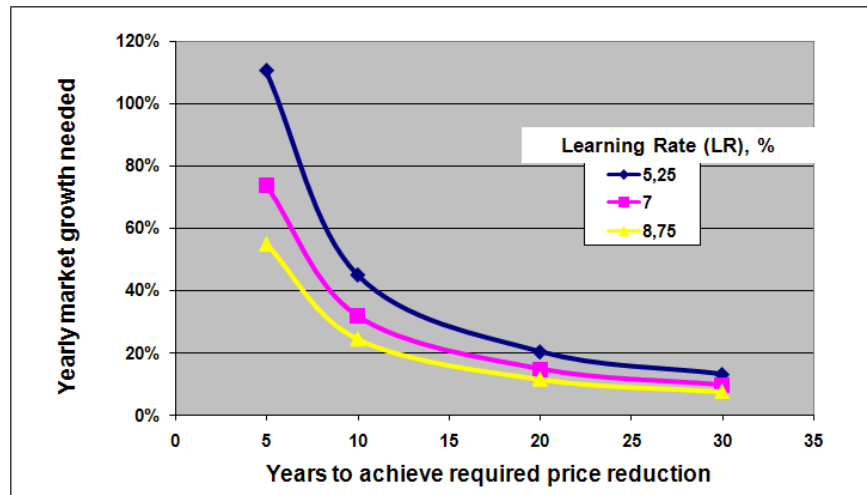
Statens Energimyndighet noterar i sin senaste rapport där man föreslår mera satsningar på vindkraft att Sveriges planer på 10 TWh havsbaserad kraft är tillfyllest.⁴⁴ Dessa planer motsvarar en tredjedel av det planeringsmål man anser att Sverige bör ha för vindkraft. Myndigheten konstaterar att elcertifikatsystemet inte ger tillräcklig ersättning för de högre kostnaderna som beräknats för den havsbaserade kraften. Man ämnar återkomma med förslag till kompletterande styrmedel.

⁴³ P. Lund

⁴⁴ [http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC12573A3002D2524/\\$file/Sammanfattning%20av%20rapporten%20Nytt%20planeringsmål%20för%20vindkraften%20år%202020.pdf](http://www.energimyndigheten.se/WEB/STEMFe01e.nsf/V_Media00/C12570D10037720FC12573A3002D2524/$file/Sammanfattning%20av%20rapporten%20Nytt%20planeringsmål%20för%20vindkraften%20år%202020.pdf)

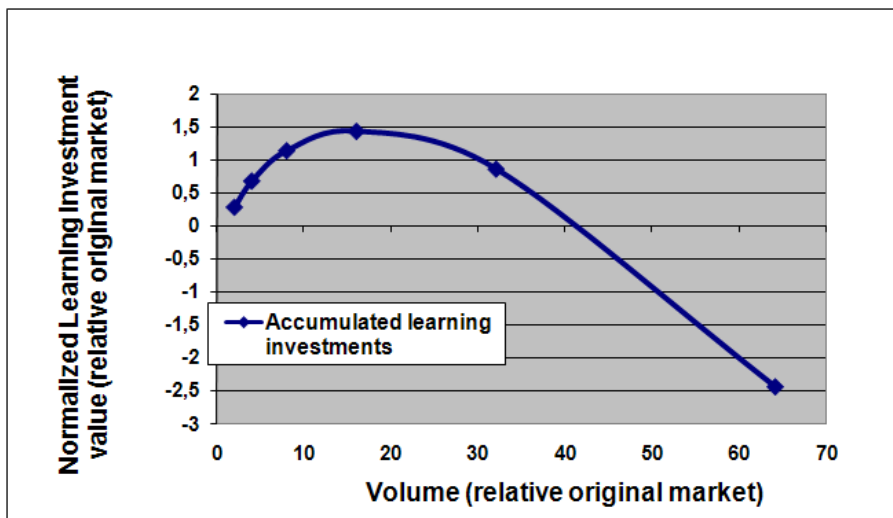
Bilaga 4: Landbaserad vind

Baserat på IEAs bedömningar av lärhastighet, LR=7%, och av personlig kommunikation avseende kostnadsnivå för landbaserad vindkraft som innebär behov av kostnadsminskning med c:a 25% räknat på investeringen i utrustning (d.v.s. kr/kW) för att nå lönsamhet, kan följande beräkningar göras och illustreras.



Även med en årlig marknadstillväxt av c:a 20% tar det c:a 15 år att nå "break-even" för landbaserad vind. Känsligheten för andra lärhastigheter är stor. I detta fall illustreras lärhastigheter +/- 25% kring den antagna.

Behovet av lärinvesteringar för att nå lönsamhet är förhållandevis måttligt och når som högst 150%



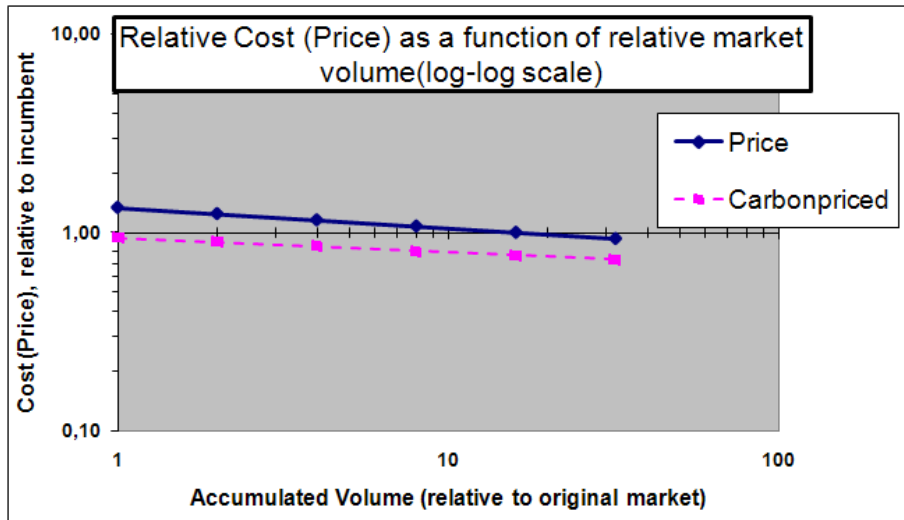
av existerande investeringars marknadsvärde, motsvarande bortemot 70-80 Miljarder USD, men de är inte till fullo återbetalda förrän vid en total marknadsvolym som är bortemot 40 ggr den nuvarande, d.v.s. drygt 2000 GW.

Dagens volym är c:a 60 GW⁴⁵ och marknaden bedöms ha en potential på över 1000 GW⁴⁶ vilket gör att den landbaserade vinden har samma problem som kärnkraften att det kan bli svårt att hämta hem finansieringen till fullo i framtida vinster

⁴⁵ IEAs Wind Implementing Agreement. P. Lund anger 40 GW.

⁴⁶ P. Lund

Kostnadsutvecklingen visar att, om priset följer kostnaden, når man ett break-even när marknaden är ungefär 15 gånger större än för närvarande. Värdet av minskad koldioxid innebär att man kan åsätta



landbaserad vind prispremium på c:a 30%. Ett sådant mervärde innebär att man är konkurrenskraftig redan idag när vindkraften ersätter marginalproduktion som är belastad med koldioxidutsläpp där innehavaren anskaffar motsvarande utsläppsrätter.

DISKUSSION:

På samma sätt som för havsbaserad vind kan lärhastigheten vara underskattad. Tillväxten är idag relativt hög, 15-20% årligen, och det har utvecklats ett relativt brett spektrum av lösningar i olika storlekar. Generellt sett har turbinstorleken ökat.

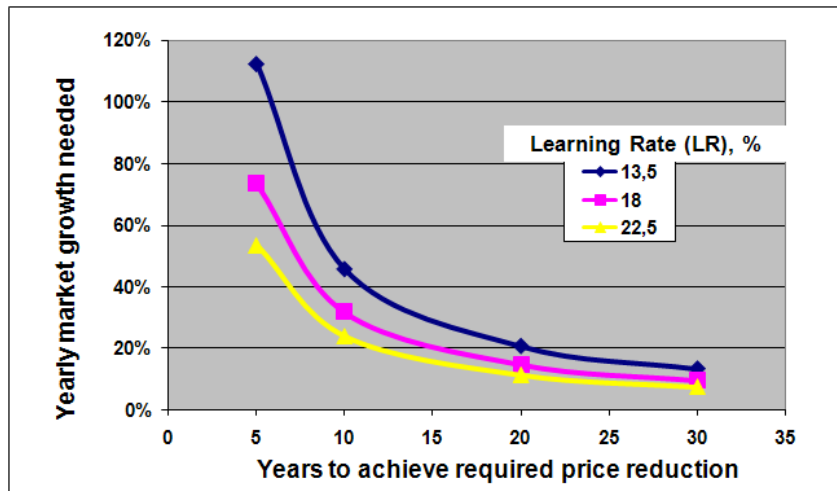
Finansieringspuckeln är av storleksordningen 70-80 Miljarder USD⁴⁷, men omsorgsfull marknadsbearbetning kan innebära att man finner denna betalningsvilja hos nischmarknaderna. Detta är viktigt eftersom marknads potential, 1000 GW, knappast är tillräcklig att hämta in hela finansieringsunderskottet.

Energimyndigheten anser att man behöver öka den svenska landbaserade vindkraftkapaciteten med 2000-6000 anläggningar från dagens 900. Det behövs inte något ytterligare ekonomiskt stöd, men väl ett stöd i förenklad tillståndshantering.

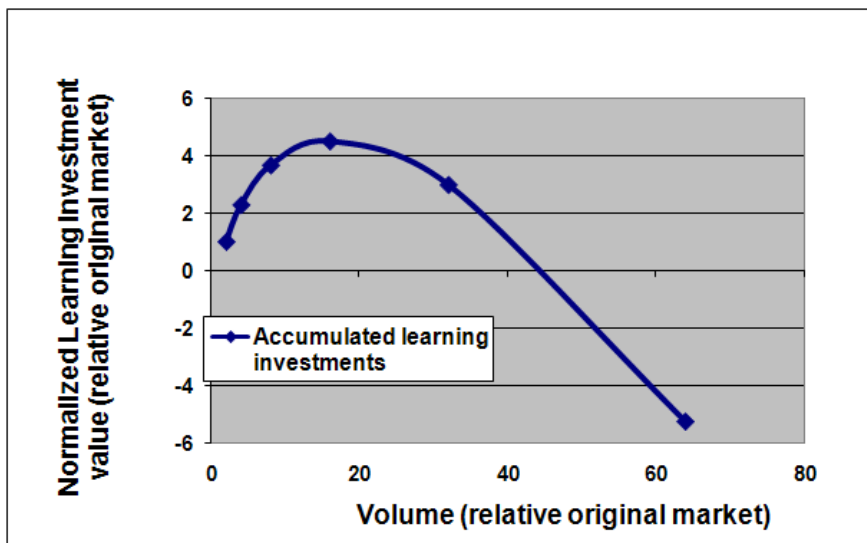
⁴⁷ P Lund anger att behovet av "lärinvesteringar" är ungefär 50% större för havs- och landbaserad kraft tillsammans.

Bilaga 5: Solceller

Baserat på IEAs bedömningar av lärhastighet, LR=18%, och av personlig kommunikation avseende kostnadsnivå för solceller som innebär behov av kostnadsminskning med c:a 55% räknat på investeringen i utrustning (d.v.s. kr/kW) för att nå lönsamhet, kan följande beräkningar göras och illustreras.



Även med en årlig marknadstillväxt av c:a 20% tar det c:a 15 år att nå "break-even" för solceller. Känsligheten för andra lärhastigheter är stor. I detta fall illustreras lärhastigheter +/- 25% kring den antagna .



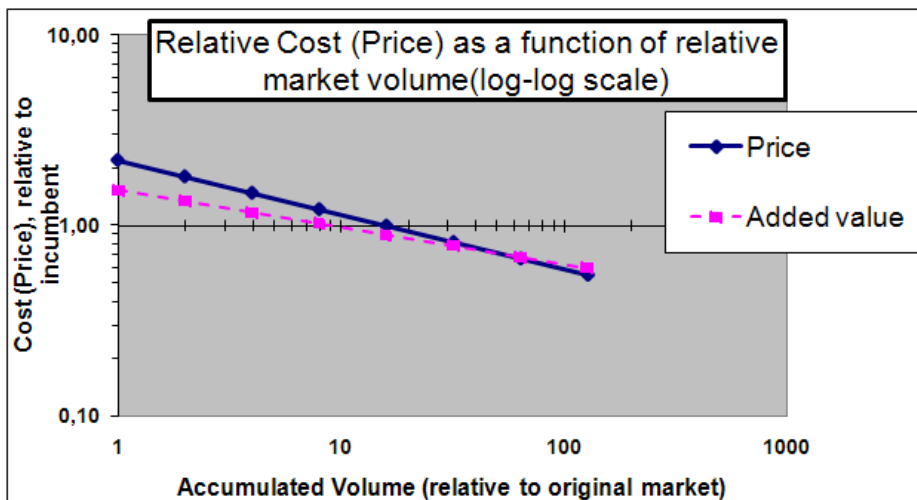
Behovet av lärinvesteringar för att nå lönsamhet når som högst 450% av existerande investeringars marknadsvärde, men de är inte till fullo återbetalda förrän vid en total marknadsvolym som är bortemot 45 ggr den nuvarande. Dagens volym är å andra sidan endast c:a 8 GW och den

totala marknaden bedöms ha en potential på över 3000 GW.⁴⁸

Kostnadsutvecklingen visar att, om priset följer kostnaden, når man ett break-even när marknaden är ungefär 15 gånger större än för närvarande. Värdet av minskad koldioxid innebär att man kan åsätta solcellsel prisprium på c:a 10%. I beräkningarna har emellertid lagts till ytterligare mervärde genom att tekniken kan kombineras med (och ersätta) andra komponenter i byggnader såsom fasad och takkonstruktioner.

⁴⁸ P. Lund

Ett sådant mervärde innebär att man är konkurrenskraftig efter c:a 3 fördubblingar.



DISKUSSION:

Solinstrålningen är mycket energirik och det knyts stora förhoppningar till att ett bättre utnyttjande av solenergi, både för el och värme, skall kunna användas mera effektivt i energisystemen. Solcells-ens lärlkurva har studerats ingående och är ett bra exempel på hur lärlkurvan följer de antagna mönstren. Förhoppningarna närs sannolikt också av att solcellerna förefaller ha givna förutsättningar till tekniska förbättringar genom att verkningsgraderna idag är låga, c:a 15%. De utgör en naturlig utmaning för ingenjörer.

Svensk forskning kring solceller är, och har varit under länge, världsledande. Några av de mera kända företagen för tillverkning av solceller är också svenska. Det är nästan märkligt att utnyttjandet i Sverige är nära nog obefintligt.

Tyskland och Japan är idag de dominerande marknaderna för solceller. Solinstrålningen i Stockholm är c:a 940 kWh/m², år. I Frankfurt är den 1020 kWh/m², år d.v.s. 8% högre än i Stockholm.⁴⁹

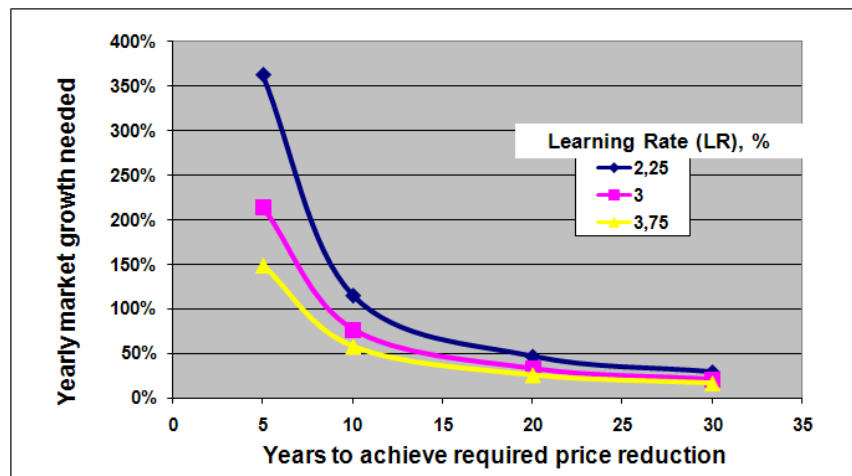
Finansieringspuckeln är av storleksordningen 80 MUSD⁵⁰.

⁴⁹ <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe>

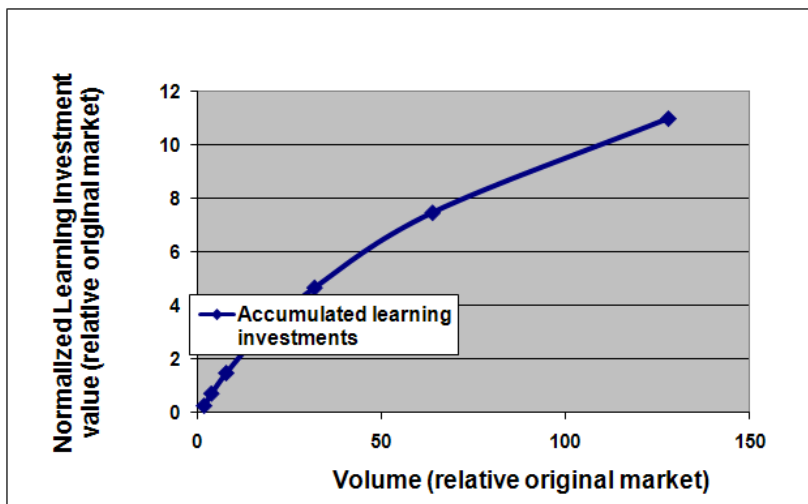
⁵⁰ P Lund anger att behovet av "lärinvesteringar" är ungefär 35% större.

Bilaga 6: Biobränsleförgasning

Baserat på IEAs bedömningar av lärhastighet, LR=3%, och av personlig kommunikation avseende kostnadsnivå IGCC-förgasning som innebär behov av kostnadsminskning med c:a 20% räknat på investeringen i utrustning (d.v.s. kr/kW), kan följande beräkningar göras och illustreras.



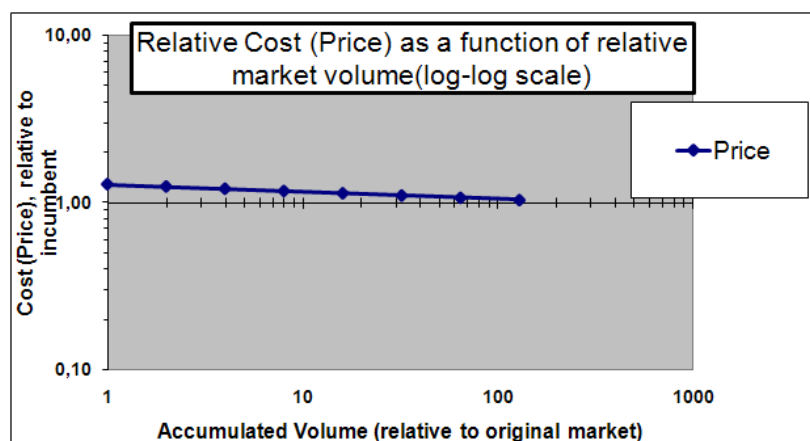
Även med en årlig marknadstillväxt av c:a 50% tar det c:a 15 år att nå "break-even" för biobränsleförgasning. Känsligheten för andra lärhastigheter är stor. I detta fall illustreras lärhastigheter +/- 25% kring den antagna.



Behovet av lärinvesteringar för att nå lönsamhet visar ingen möjlighet att avta under överskådlig tid. Visserligen kan priserna nå ner till break-even (se nedan) men investeringarna kan inte hämtas hem.

DISKUSSION:

Underlaget för bedömningen är magert men det verkar rimligt att tro att IGCC ändå har en låg lärhastighet eftersom huvuddelen av komponenterna utgörs av annan redan kända teknik i energisammanhang. Det är



emellertid värt att överväga om kolförgasning kan utgöra en draghjälp för biomasse-IGCC eller om kolförgasning är en återvändsgränd i sig själv. I synnerhet om koldioxidinfångning (CCS) visar sig framgångsrik.

Bilaga 7: Koldioxidinfångning (CCS)

IEAs data för koldioxidinfångning är praktiskt taget desamma som för IGCC (förgasning) och visar samma svårigheter, men också här baserat på mycket tunt material

DISKUSSION:

Förutsättningarna för CCS är dock radikalt annorlunda genom att det är en reningsteknik och inte en teknik för energitillförsel. Dess möjligheter att utvecklas med bättre lärhastighet än de antagna 3% får anses som goda. Däremot är möjligheterna till applikation på de platser där den behövs ett oskrivet blad. Finns akviferer eller annan "slutförvaringsmöjlighet" i anslutning till energiproduktionen eller tillkommer transporter?

Bilaga 8: Värdet av koldioxidfri teknik

I de beräkningar som gjorts för olika slag av energitillförsel och som redovisas i bilagorna finns dels beräkningar för uppskattade kostnader för tekniken i sig, men också beräkningar gjorda där värdet av att tekniken är koldioxidfri åsatts ett värde, se diagram nedan.

Det har antagits följande utnyttningstider för de olika teknikerna:

Kärnkraft: 5000-7000 h/år

Värmeproduktion: 4000 h/år

Vind: till havs; 3000 h/år och till land; 2000 h/år

Solceller: 1000 h/år

Energianvändning, Värme: 2000-3000 h/år

Energianvändning övrig: 1000-4000 h/år

