



PEAK WHALE, PEAK OIL

OM OLJA OCH ÄGANDERÄTTENS
BETYDELSE FÖR HUSHÅLLNING
MED NATURRESURSER

Erik Lakomaa

MARS 2012

TIMBRO

Om författaren

Erik Lakomaa är disputerad ekonomhistoriker och associerad forskare vid Handelshögskolan i Stockholm.

Genom åren har Timbro publicerat fler böcker och rapporter som förklarar äganderättens betydelse för hushållning med ändliga naturresurser. Ta gärna del av exempelvis Terry L Andersons "Marknadsliberal miljöhushållning" och Fredrik Segerfeldts "Vatten till salu" när du har läst denna rapport.

© Författaren och Timbro 2012

ISBN 978-91-7566-879-6

www.timbro.se

info@timbro.se

www.timbro.se/innehall/?isbn=9175668796

INNEHÅLL

| | |
|---|----|
| Förord | 4 |
| Inledning | 5 |
| Rapporten i korthet..... | 9 |
| 1. Peak oil – ett annat sätt att säga att ekonomer har fel..... | 10 |
| 2. Hur mycket olja finns det och kan den ta slut?..... | 13 |
| 3. Hur stora är reserverna? | 16 |
| 4. Under vilka omständigheter kan något ta slut?..... | 21 |
| Sammanfattning..... | 28 |
| Referenser..... | 29 |

FÖRORD

Världen växer, och med det behovet av energi. Det är inte konstigt att uppfattningen att världen står inför en oljebrist har vunnit fler anhängare sedan början av 2000-talet (även om tanken funnits med sedan slutet på 1800-talet). Ofta används begreppet "Peak Oil" för att beskriva detta scenario. Man oroar sig för den tidpunkt när det maximala uttaget av råoljeproduktionen är uppnådd varefter produktionen sedan kommer att minska tills dess att all olja tar slut. Man ser olja som en produkt så grundläggande att den går bortom marknadsekonomiska grundprinciper om innovation och teknikskiften. Precis som man en gång gjorde med kolet.

Men finns det egentligen något som särskiljer oljemarknaden från andra marknader? Finns det en risk för att vi snart "går in i energiväggen" – att oljan rent av tar slut som användbar resurs?

Att vi – som Peak Oil-teorin säger – någon gång kommer att stå inför en situation där hälften av all råolja i ett visst fält eller totalt sett är utvunnen är självklart. Enligt OECD:s energiorgan IEA:s prognos har vi redan passerat den gränsen för konventionell råolja. Men det finns fortfarande enorma mängder olja kvar. Dessa tillgångar är ofta dyrare, krångligare och mer riskabla att ta upp, både miljömässigt och säkerhetsmässigt. I alla fall om man fixerar priserna och låter teknikutvecklingen stå kvar där den är i dag.

Utveckling sker dock hela tiden. Ett högt pris på råolja bereder väg för investeringar i teknik, forskning och i andra energikällor. IEA talar nu om "The Golden Age of Gas" och spår att naturgas kommer att bli en avsevärd spelförändrare på energimarknaden. Dessa är alla faktorer som förklarar varför oljans bäst-före-datum man fick lära sig i mellanstadiet inte stämde.

I den här rapporten förklarar Erik Lakomaa, doktor i ekonomisk historia och associerad forskare vid Handelshögskolan i Stockholm, utifrån ekonomisk teori hur oljemarknaden fungerar och varför begreppet "Peak Oil" alls började användas – och varför det aldrig fått fäste bland ekonomer. Rapporten ger också en kort återblick över vilka naturresurser som historiskt sett har varit hotade och av vilka skäl.

Det största problemet med oljan är utsläppen – inte att den kan ta slut.

Lydia Wålsten, programansvarig, *Miljö, tillväxt och konsumtion*

INLEDNING

Det varnas ibland för att olika råvaror, främst olja, men också kol, fosfor, naturgas, uran, koppar, helium, kväve och till och med vatten, kommer att ta slut. I medierna kopplas höga oljepriser samman med idén att oljan är på upphällningen, och man talar ibland om *Peak Oil* för att beskriva detta scenario.

Diskussionen är inte ny eller förbehållen påstådda tillväxtkritiker. Historiskt sett har varningar för minskande oljeproduktion tämligen ofta kommit från oljeindustrin själv eller från personer som arbetar på myndigheter eller som på ett eller annat sätt är involverade i reglering av gruvdrift eller oljeutvinning. Däremot har varningarna om att olika råvaror skulle ta slut nästan aldrig kommit från nationalekonomer. Undantaget är Stanley Jevons, som 1865 varnade för att kolet höll på att ta slut i Storbritannien (Jevons 1906).

Kolet tog inte slut. Storbritannien gick över till att driva fabriker och industriella processer med olja istället. Men att oljan skulle revolutionera industrin och ekonomin var svårt att veta på 1860-talet, när kolet var den helt dominerande energikällan.

Många personer tänker nog intuitivt som Jevons; att om man förbrukar en icke-förnybar resurs måste den någon gång ta slut. Förbrukar man dessutom mer av resursen än vad man någonsin tidigare i historien gjort, vilket var fallet med stenkolet 1865, då måste tidpunkten för när råvaran tar slut snart vara här.

Faktum är att lite tyder på att det alls skulle fungera så. I alla fall om man utgår ifrån ekonomisk teori och empiri.

På Stanley Jevons tid var petroleumolja en ekonomiskt sett oviktig råvara. Men inte för att den var en ny produkt. Petroleumolja hade använts av människan i flera tusen år, ursprungligen i form av asfalt för att täta väggar och tak. Olja var på sina håll vanligt förekommande i naturen, och man kunde exempelvis hitta olja flytande på ytan i dammar eller längs flodstränder. Att den kunde användas som bränsle kom man på långt senare, men det finns källor som pekar på att olja användes för

uppvärmning och belysning på 300-talet e Kr i Kina och på 900-talet i Mellanöstern. Den "grekiska elden"¹ som användes i det bysantinska riket innehöll också med all sannolikhet olja.

Oljan hade dock en begränsad ekonomisk betydelse innan Samuel Kier år 1851 lyckades utveckla en metod som gjorde det möjligt att framställa lysfotogen ur råolja. Till en början använde man som råvara den olja som man fått som biprodukt vid saltutvinning, men 1859 fann Edwin Drake genom borrhning stora mängder olja under mark i Titusville, Pennsylvania.²

1874, bara femton år efter att Drake hade upptäckt den första oljekällan, varnade J P Lesley, delstatens chefsgeolog och professor vid University of Pennsylvania, för att det bara fanns olja för fyra års konsumtion kvar. Året därpå instämde hans kollega i Ohio i att oljan snart skulle vara slut. Men åren gick och oljan tog inte slut, och tolv år senare varnade Lesley igen för att slutet på oljans tidsålder snart skulle vara kommen³:

[The] amazing exhibition of oil which has characterized the last twenty years, and will probably characterize the next ten or twenty years, is nevertheless, not only geologically but historically, a temporary and vanishing phenomenon—one which young men will live to see come to its natural end.⁴

Oljan tog inte slut men prognoserna om oljebrist fortsatte. 1909 släppte US Geological Survey en prognos som sa att oljan skulle ta slut inom 26 år, det vill säga 1934. Siffran reviderades upp 1922; nu skulle oljan ta slut 1942.

Bara tre år tidigare hade David White, chefsgeolog vid US Geological Survey, spått att oljeproduktionen skulle nå sin topp inom tre år och sedan minska. År 1920 gick Whites efterträdare George Otis ut och menade att 40 procent av oljereserverna redan var förbrukade.

US Geological Survey var mer optimistiska än både US Bureau of Mines, som 1914 menade att de kvarvarande reserverna var 5,7 miljarder fat och att oljan därför skulle komma att ta slut inom tio år, och senare amerikanska inrikesministeriet, som 1939 varnade för att den olja som återstod bara

¹ Grekisk eld var ett brandvapen som antogs bestå av en blandning av bland annat petroleumolja, osläckt kalk och svavel. Vapnet användes för att sätta eld på fiendens fartyg och var särskilt fruktat eftersom blandningen var svårsläckt och fortsatte att brinna även i kontakt med vatten.

² För en djuplodande genomgång av oljebranschens och oljeutvinnings historia se Yergin (1991).

³ Några tillförlitliga siffror för hur mycket olja som utvanns under perioden från de första fynden i Titusville fram till 1874 finns inte men oljeproduktionen hade sannolikt ökat flertusenfalt under den aktuella perioden.

⁴ Citerad ur Giddens (1955) s. 2

motsvarade tretton års produktion.⁵ Tolv år senare, och utan att oljan tagit slut dessförinnan, upprepade man förutsägelsen.⁶

Trots att varningar om att oljan snart tar slut har förekommit i över hundratjugo år, förknippas varningarna främst med 1970-talet. "Romklubben" varnade 1972 för att oljan skulle vara slut 20 år senare, 1992.⁷ James Akins, ambassadör i Saudiarabien, analytiker vid amerikanska UD och ansvarig för amerikansk oljepolitik, skrev 1973 en uppmärksamrad artikel i *Foreign Affairs* (Akins 1973) där han menade att denna gång var varningarna om att oljan var på upphällningen korrekta och att om inget gjordes var den snart slut. 1974, skrev så Paul Ehrlich att:

[By] early in the twenty-first century, the era of pumping "black gold" out of the ground to fuel industrial societies will be coming to an end.⁸

Året därpå tillade han:

A genuine world shortage of pumpable petroleum appears certain by the turn of the century *if* demand continues to grow as it did in the 1960s.⁹

Gemensamt har dessa prognoser att de slagit fel, ibland mycket fel.

Idag finns många prognoser i omlopp och en rad nytukomna böcker behandlar oljeålderns nära förestående slut. Exempel på sentida verk är (Rockström and Wijkman 2011; Deffeyes 2001; Heinberg 2007, 2006, 2003; Campbell 1997; Goodstein 2004).¹⁰

Men kanske är det utsläppen som kommer från förbränning av petroleum och petroleumprodukter vi bör bekymra oss om, snarare än risken för att oljan plötsligt skulle ta slut?

Den här rapporten handlar om hur vi med hjälp av nationalekonomiska metoder kan förstå hur utvinning och prissättning av råvaror går till och vad det har för inverkan främst på oljeområdet. Behöver vi vara rädda för ett "Peak Oil"?

⁵ Detta kan ställas i relation till att reserverna 2010 var 1389 miljarder fat, eller 243 gånger högre än vad US Bureau of Mines ansåg att de var 96 år tidigare. Se figur 2.

⁶ De historiska exemplen är om inget annat anges hämtade från Desrochers (2010)

⁷ Meadows (1972)

⁸ Citerad ur Heinberg (2003) s. 85

⁹ Ehrlich (1975) s 44

¹⁰ Förvisso betyder tidigare felslagna prognoser inte att framtida prognoser inom samma område också kommer att slå fel, det är dock rimligt att testa teorier utifrån deras prediktionsförmåga.

Rapporten handlar däremot inte om de tekniska aspekterna av oljeutvinning eller om utvinning av andra råvaror. Inte heller görs något försök att prognostisera prisutvecklingen eller reserverna av olja eller andra råvaror.

Erik Lakomaa

Stockholm, mars 2012

RAPPORTEN I KORTHET:

- "Peak Oil" är som analysbegrepp mindre meningsfullt eftersom det utgår ifrån en statisk värld där teknologin är oföränderlig och där prismekanismer, och incitament, inte spelar någon roll. Begreppet "Peak Oil" eller "Peak vadsomhelst" används därför, till skillnad från i medierna eller i den politiska debatten, sällan inom ekonomisk vetenskap.
- Enligt ekonomisk teori kommer en oljeproducent att utvinna olja idag endast om denne förväntar sig *lägre* priser i framtiden. Förväntar man sig *högre* priser kommer man inte att utvinna olja idag utan istället spara den i marken för att kunna sälja den till högre priser i framtiden.
- Oljepriser bestäms både av utbud och efterfrågan och priset påverkar i sin tur såväl utbud som efterfrågan. Det innebär exempelvis att ett högre oljepris både innebär ökat utbud genom att man investerar i nyproduktion och prospektering, och minskad efterfrågan som en följd av att man försöker minska oljeförbrukningen eller byta till eller utveckla alternativa energikällor.

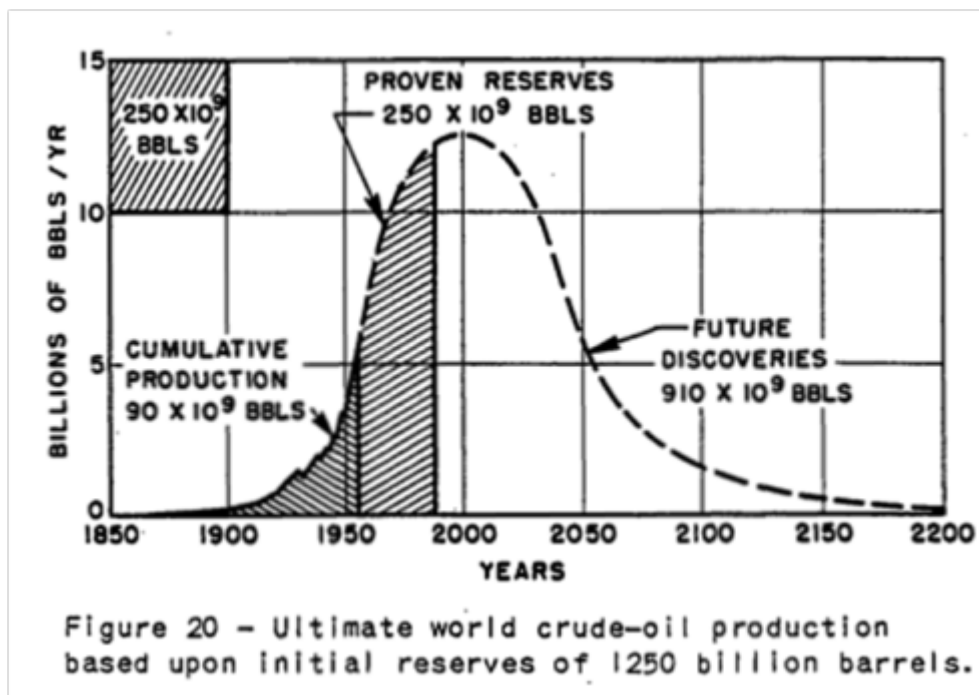
1. PEAK OIL – ETT ANNAT SÄTT ATT SÄGA ATT EKONOMER HAR FEL

”Ett annat sätt att säga att ekonomer har fel.”

Professor Russel Roberts, George Mason University.¹¹

Begreppet ”Peak Oil” härstammar från en inflytelserik artikel av M King Hubbert som publicerades av Shell 1956 (Hubbert 1956) som förutspådde att oljeutvinningen i USA skulle nå sin topp i början av 1970-talet. Eftersom så också blev fallet – oljeproduktionen nådde om man ser till det kontinentala USA sin topp 1973 – blev denna artikel och Hubbert kända.

Hubbert menade att oljeproduktionen i ett fält kan beskrivas som en klockformad funktion, det vill säga en normalfördelningskurva, där produktionen per tidsenhet först ökar kraftigt, sedan når sin topp och faller. Enligt de data som Hubbert baserade sin prognos på skulle ett oljefält nå sin toppproduktion, sin ”peak”, efter 32 till 35 år.



Figur 1. Hubberts illustration av oljeproduktionen. Hubbert (1956)

¹¹ Roberts (2008)

Hubbert menade också att hela USA fungerade som ett enda oljefält och att man därför kunde prognostisera landets produktion på samma sätt som för ett oljefält, trots att oljefälten i USA inte hängde fysiskt samman.

Med tiden har Hubberts teori kommit att expanderas för att ge prognoser på global nivå. Begreppet "Peak Oil" eller "Peak vadsomhelst" används, till skillnad från i medierna eller i den politiska debatten, dock sällan inom den ekonomiska vetenskapen. Det senare finns det flera förklaringar till. Dels är innebörden av begreppet så mångtydigt att det blir meningslöst. Dels är "peak"-någonting ett tämligen ointressant analysverktyg.

Det främsta problemet med "peak oil" är att begreppet är statistiskt och inte tar hänsyn till att människan ständigt upptäcker nya fyndigheter, liksom att det strider mot ekonomisk intuition. Det säger också väldigt lite om exempelvis den kommande prisutvecklingen eller när utvinningen i praktiken kommer att upphöra.

Men även om Peak-begreppet sällan används inom de ekonomiska vetenskaperna är det inte bara tillväxtkritiker som talar om Peak Oil. Faith Birol, chef för OECD-organet Internationella Energirådet (IEA), hör till dem som använder begreppet. Birol menar exempelvis att om det inte görs några nya stora fynd kommer produktionen av konventionell olja att nå sin peak 2020 om efterfrågan består.¹²

Nyckelorden är här "nya stora fynd" och "konventionell olja". Vad som är konventionell olja har varierat över tid. På 1950-talet kunde man inte utvinna olja som fanns under havsbotten, på 1970-talet hade man lärt sig att borra efter olja på 300 meters djup. Idag borrar man efter olja på 3 000 meters djup. På 1950-talet var olja under havsbotten i allra högsta grad okonventionell, idag är olja som finns under djuphavet konventionell. Idag avser man istället ofta olja som finns i oljesand eller skiffer när man talar om okonventionell olja.

Sedan Birols varning för knappt två år sedan har också flera nya stora fynd gjorts, däribland Libra-fältet i havet utanför Brasiliens kust som beräknas innehålla 15 miljarder fat olja, och som i ett slag fördubblade landets kända oljereserver.¹³

Peakbegreppets svaghet är annars att även om man skulle finna en allmänt accepterad definition tar begreppet inte hänsyn till utvinningstakten, framtida oljereserver eller prismekanismerna. Att man slutat utvinna olja ur en viss oljekälla eller ur ett visst oljefält betyder inte att oljan är slut. Det enda det betyder, är att det inte är lönsamt att utvinna den oljan givet det rådande oljepriset.

¹² The Economist 2009 12 12 "The IEA puts a date on peak oil production" (Economist 2009)

¹³ BBC News 2010-10-30 Brazil finds massive oil field (BBC-News 2010)

Utvinningen av olja i Kontinentaleuropa nådde sin topp 1913. Polen och framför allt Rumäna var mycket viktiga oljeproducenter för 100 år sedan. Det utvinns negligerbara mängder olja i Europa idag om man undantar Norge och Ryssland. Betyder det att det inte finns någon olja i Europa? Nej, det finns många miljarder fat olja kvar i marken men så länge oljepriserna inte är högre än de är, så lönar det sig inte att utvinna den. Skulle oljepriserna stiga kraftigt skulle företag återigen börja utvinna olja i Polen.¹⁴

Det vi vet säkert är att om oljepriset var noll skulle ingen leta efter olja. För varje pris högre än noll finns det teoretiskt sett fyndigheter som är exploaterbara.

¹⁴ Polen var en gång i tiden en, i förhållande till världsproduktionen, stor oljeproducent. Även idag utvinns olja i Polen men i mycket liten skala.

2. HUR MYCKET OLJA FINNS DET OCH KAN DEN TA SLUT?

Problemet är att vi inte vet så särskilt mycket mer än att oljan i teorin naturligtvis är en icke-förnybar ändlig resurs. Frågan är dock om den ur ett ekonomiskt perspektiv bör betraktas som ändlig i den meningen att den riskerar att ta slut. Det gäller inte bara olja utan alla råvaror. Förklaringen till det är enkel: det är oerhört svårt att göra prognoser om framtida tekniska landvinningar eftersom mängden utvinningsbar olja huvudsakligen beror på vilken teknik som finns att tillgå.

På 1970-talet var det många som förutspådde att rymdresor skulle vara allmänt tillgängliga för allmänheten, men få förutsåg mobiltelefoner och internet. Det är lika svårt att prognostisera vilka möjligheter vi kommer att ha att hitta och utvinna olja i framtiden som det är att göra prognoser för andra tekniska framsteg.

I teoretisk mening är mängden olja eller någon annan råvara ändlig. Men även om olja teoretiskt sett är en ändlig resurs är det för den skull inte säkert att den bör ses som en sådan. Nationalekonomen Don Bodreaux vid George Mason University har gjort en liknelse med en mygga som suger blod ur en blodfylld ballong. Om ballongen är stor som en ärtä är det rimligt att myggan betraktar den som en ändlig resurs. Likaså om den är stor som en tennisboll. Rymmer den däremot lika mycket blod som skulle få plats i fyra olympiska simbassänger är det rimligt för myggan att betrakta resursen som oändlig. Samma sak med oljan, om vi i ekonomiskt hänseende ska betrakta den som ändlig beror på hur mycket olja det finns.¹⁵ Här skiljer sig inte olja från andra råvaror.

Vi vet exempelvis att kisel är en ändlig resurs på jorden. Dock vet vi samtidigt att jordskorpan till 25,7 procent består av kisel så vi har ingen anledning att behandla den som ändlig. I alla praktiska avseenden finns hur mycket kisel som helst.¹⁶

Man kan naturligtvis dividera de kända reserverna av en råvara med årsförbrukningen och därmed komma fram till ett årtal för när man når toppen. Detta är dock en tämligen ointressant tankeövning

¹⁵ Bodreaux i (Roberts 2008)

¹⁶ Här har det ingen betydelse för resonemanget att kisel är ett grundämne och därför teoretiskt kan cirkulera hur länge som helst. Det är rimligt att ur ekonomiskt perspektiv betrakta kiselutgången som oändlig oavsett om vi återvinner kiset i mikroprocessorer eller inte.

då det förutsätter en statisk värld, och inte heller ger några indikationer för varken hur mycket som kommer att utvinnas eller, när detta kan ske och till vilket pris.

Att mängden olja man förväntar sig kunna utvinna ur ett fält förändras över tid behöver dock inte bero på att mängden olja i fältet förändrats. Det kan också bero på att man fått en bättre bild av hur mycket olja som faktiskt finns där. Yergin sammanfattar:

As proof for peak oil, its advocates argue that the discovery rate for new oil fields is declining. But this obscures a crucial point: Most of the world's supply is the result not of discoveries but of additions and extensions in existing fields. When a field is first discovered, little is known about it, and initial estimates are conservative. As the field is developed, more wells are drilled, and with better knowledge, proven reserves very often increase substantially. A study by the U.S. Geological Survey found that 86 percent of oil reserves in the U.S. were the result not of what was estimated at the time of discovery but of revisions and additions from further development.¹⁷

Det är klart att någon gång kommer oljan i en viss oljekälla "ta slut" i den meningen att det inte längre lönar sig att utvinna de sista dropparna, och man kommer naturligtvis också att nå en punkt där man utvunnit mer än hälften av oljan.

Hur mycket olja det finns på jorden vet vi inte. Det är inte heller särskilt intressant. Det intressanta är hur mycket det finns vid en viss prisnivå. Det tar inte peak oil-teorin någon hänsyn till. Peakbegreppet är också känsligt för vilken region man talar om; ju mindre område, desto större sannolikhet att oljeutvinningen just där har nått sin toppnivå. För det andra innebär ju det faktum att utvinningen upphört eller minskat inte att oljan tagit slut.

Ser vi till empirin finner vi att Hubbert, trots att han lyckades pricka in året för toppproduktionen inom det kontinentala USA, samtidigt misslyckades med att prognostisera hur stor produktionen skulle komma att bli därefter. 2010 utvanns 5,5 miljoner fat olja per dag vilket är tre och en halv gång mer än de 1,5 miljoner fat som Hubbert prognosticerade.¹⁸

Han hade också fel när det gällde prognoserna för peak oil globalt liksom beträffande prognosen för peak natural gas. En teori som endast ger en korrekt prediktion i ett enskilt fall är mycket lätt att formulera men den har samtidigt mycket begränsat vetenskapligt värde.

¹⁷ Yergin (2011)

¹⁸ Yergin (2011)

M. King Hubbert's methodology falls down because it does not consider likely resource growth, application of new technology, basic commercial factors, or the impact of geopolitics on production. His approach does not work in all cases-including on the United States itself-and cannot reliably model a global production outlook. Put more simply, the case for the imminent peak is flawed. As it is, production in 2005 in the Lower 48 in the United States was 66 percent higher than Hubbert projected.¹⁹

Det vi vet är att reserverna har fortsatt att öka trots omfattande utvinning och reserverna är idag större än vad de någonsin varit. Empirin stämmer här inte överens med peak oil-teorin.

¹⁹ Jackson (2007)

3. HUR STORA ÄR RESERVERNA?

Om man ska bedöma hur stora reserverna är krävs att man först definierar vad som är olja. Som nämnts tidigare har detta varierat över tid. Ska svavelhaltig olja som tidigare var oanvändbar men som nu genom förändrade raffineringmetoder är ett fullgott alternativ till lågsvavlig olja räknas med? Ska olja från okonventionella källor, från havsbotten eller från skiffer eller oljesand, tas med i beräkningen?

De som talar om peak oil vill sällan räkna med oljesand eller oljeskiffer. Hur man ska räkna påverkar också hur länge den idag funna oljan (i frånvaro av nya fynd) skulle räcka.

Det vi vet är att prognoser av oljereserver historiskt sett, när man i efterhand går tillbaka och jämför dem med utfallet, varit konservativa. I allmänhet har reserverna ökat i takt med utvinningen. Det har – tillsammans med tillkomsten av nya fynd – skapat en situation där reserverna växt snabbare än utvinningen trots stor utvinning. Aldeman sammanfattar:

At the end of 1970, non-OPEC countries had about 200 billion remaining in proved reserves. In the next 33 years, those countries produced 460 billion barrels and now have 209 billion "remaining" [...] The OPEC countries started with about 412 billion in proven reserves, produced 307 billion and now have about 819 billion left.²⁰

Ser man över en längre tidsperiod blir det än tydligare.

In fact, the window of oil availability generally improved over the 20th century. At the end of 1944, "proved reserves" of crude oil were 51 billion barrels worldwide. By 2003, the number had grown to 1.27 trillion barrels of proved reserves. Given the annual rates of consumption in the two years, the world went from a proven supply of under 25 years' worth of oil in 1944 to a supply of about 44 years in 2003.²¹

Oljebolagen följer den rimliga strategin att först exploatera redan funna fyndigheter och bland dem välja att exploatera de som har den lägsta utvinningskostnaden. När väl dessa fyndigheter är uttömda, då först växlar man till att utvinna olja ur nya fyndigheter. Ett oljebolag som har tre oljefält med utvinningskostnaden 20 USD per fat, 40 USD per fat och 60 USD per fat skulle alltså endast utvinna olja ur det första fältet så länge kostnaden för utvinning där inte översteg 40 dollar per fat

²⁰ Aldeman (2004) s 18f

²¹ Murphy (2008)

(kostnaden kan komma att öka när mängden olja i källan minskar) och först då går bolaget över till att utvinna olja ur det andra fältet. Först när det inte längre skulle vara möjligt att utvinna olja för mindre än 60 USD per fat ur de två första fälten skulle man börja exploatera det tredje. När oljan i det tredje fältet börjar sänka, eller när man förväntar sig att det går att finna nya fält med en lägre utvinningskostnad, då prospekterar man efter nya fyndigheter. Det är naturligtvis inte bra att helt sakna reserver, men för ett bolag som redan har stora reserver är det irrationellt att lägga resurser på att söka efter olja som inte kommer att exploateras förrän långt in i framtiden.

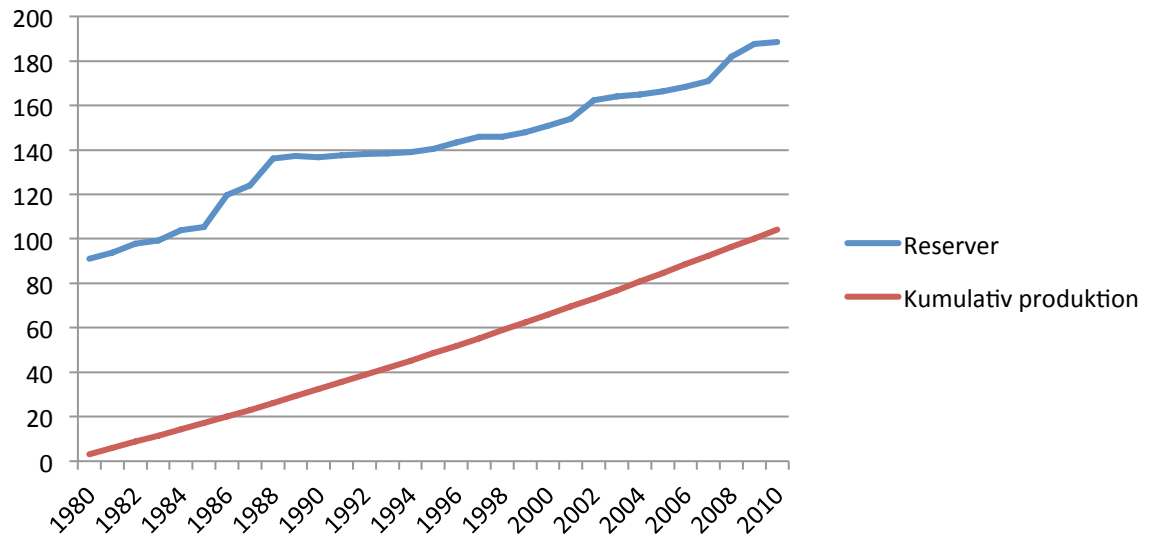
Av detta skäl kommer det vid varje tillfälle finnas en ändlig mängd kända reserver. Detta förklarar också varför mycket oljeprospektering utförs av företag som sedan inte har för avsikt att utvinna oljan utan istället planerar att sälja källan, när den väl är funnen, till ett oljeutvinningsbolag.

När man först upptäcker en oljefyndighet har man skäl att värdera denna försiktigt. Reserverna i ett fält ökar i allmänhet senare under utvinningsperioden eftersom man då har en bättre bild av fältet. Nyupptäckta oljekällor pluggas ofta vidare för senare utvinning, och det ligger i linje med resonemanget ovan.

Här kan noteras att det finns en betydande fördröjning mellan att en fyndighet upptäcks och att oljan kan exploateras och säljas. Det innebär att de bedömningar som bolagen gör idag har stor inverkan på framtida utbud och därmed också på framtida priser. Raffinaderikapacitet är ännu mer komplicerad att bygga ut och ledtiderna är där ännu längre. Det kan innebära att även om oljan finns tillgänglig utvinns den inte, eftersom det saknas möjligheter att raffinera den exempelvis till bensin.

De höga oljepriserna under 2010-talets första decennium kan sannolikt förklaras med att oljebolagen under 1980- och 1990-talen då priserna var låga underskattade den framtida efterfrågan från Kina och Indien och därför inte gjorde tillräckliga investeringar i prospektering och utbyggnad av infrastruktur.²²

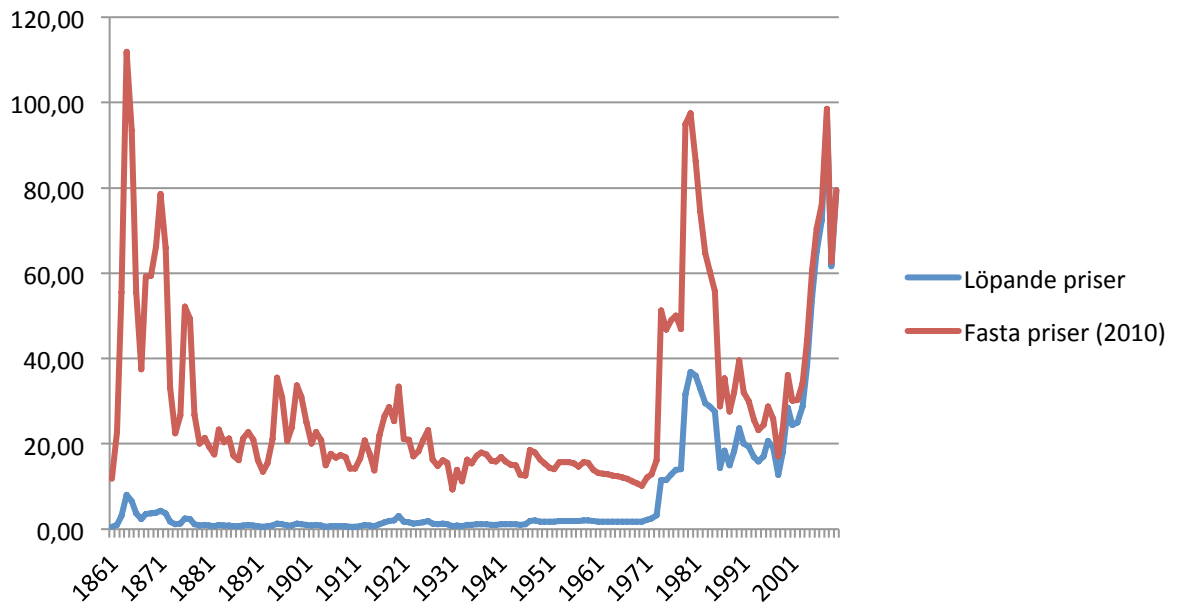
²² Se exempelvis Murphy (2008)



Figur 2. Reserver och oljeproduktion 1980–2010, miljarder ton.

Källa: BP Statistical Review of World Energy 2011. Oljesand ingår ej.

Under perioden 1980 till 2010 har man utvunnit 104,1 miljarder ton olja (figur 2). Samtidigt har reserverna ökat från 91 till 189 miljarder ton. Det vill säga en fördubbling. Ska man dra någon slutsats av dessa data är det att den kumulativa produktionen är approximativt linjär medan reserverna är mer slumpmässiga. En upptäckt av stora nya fyndigheter har inte så vitt vi kan se medfört ökad produktion utan produktionen har hållit sig tämligen konstant.



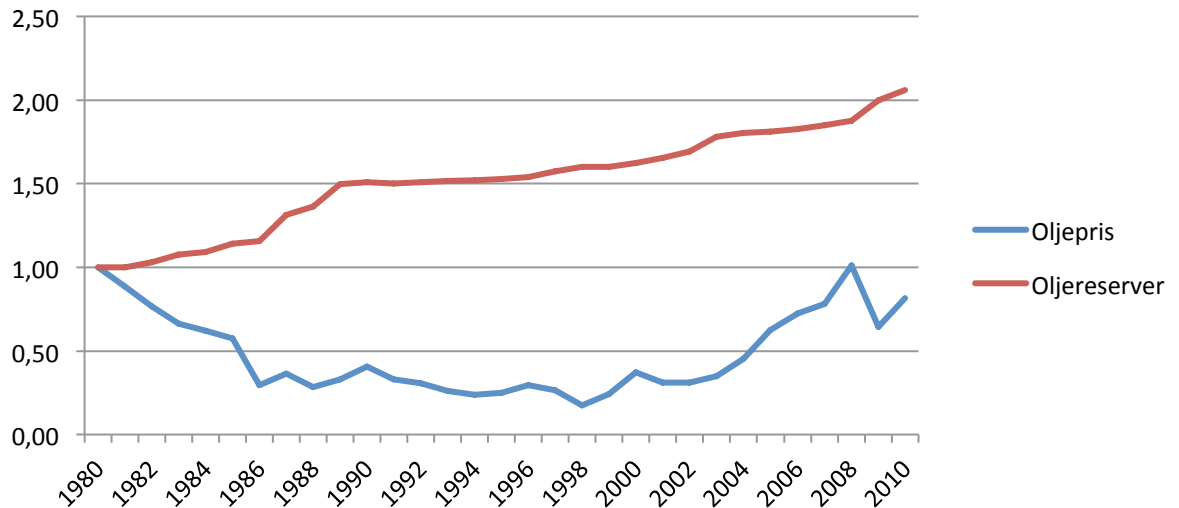
Figur 3. Oljepriser 1861–2010 i USD per fat.

Källa: BP Statistical Review of World Energy 2011

Sedan olja började exploateras kommersiellt har däremot priserna varierat kraftigt (figur 3). I fasta priser nådde oljan en toppnotering i slutet av 1860-talet men toppar har nåtts även 1979 och 2008. Samtliga toppar har följts av kraftiga prisfall. Oljeproduktion styrs ofta av politiska hänsyn. Dels finns perioder, som exempelvis under andra världskriget, då man pumpade upp så mycket olja man bara kunde (och därutöver producerade så mycket drivmedel man bara förmådde ur andra källor, exempelvis kol). Man har också på politisk väg försökt begränsa efterfrågan på olja genom skatter eller krav på olika tekniska lösningar exempelvis inom fordonsindustrin.²³ De långsiktiga effekterna av denna typ av manipulationer har, som framgår av prisutvecklingen, dock varit begränsade.

En del tar dagens höga priser som intäkt för att oljan är på väg att sina, men återigen ska vi komma ihåg att priset påverkas både av utbud och av efterfrågan. Stiger priset på grund av att utbudet begränsas, som under oljekrisen 1973 eller som en följd av krig (som av kriget mellan Iran och Irak eller mellan Irak och Kuwait), kan vi vänta oss en snabb återgång till ett "normalt" pris när utbudsrestriktionen försvunnit. Beror prisökningen på ökad efterfrågan som under 2000-talet kan vi istället vänta oss att priset sjunker långsammare eftersom det då handlar om att bygga ut ny kapacitet. I samtliga fall leder stigande priser till att incitamenten att prospektera eller förbättra infrastrukturen ökar.

²³ Se exempelvis Yergin (1991)



Figur 4. Oljepriser och oljereserver index (1980=1) 2010 års priser.

Källa: BP Statistical Review of World Energy 2011. Oljesand ingår ej

Siffror över reserver finns tillgängliga för de senaste 30 åren (figur 4) och de visar på en fallande pristrend för en stor del av perioden samtidigt som reserverna ökat. 1992, det år som Romklubben menade att vi skulle ha nått produktionstoppen, var snarast ett år då priserna var relativt låga. Jämfört med 10 år tidigare hade samtidigt reserverna ökat med 50 procent. Den som satsat sina pengar efter Romklubbens rekommendation hade nog blivit besviken.

Ser vi till teorin och till den empiri som vi har till förfogande finner vi att det inte finns mycket som talar för att dagens prognoser om oljans snara sluttande skulle vara mer riktiga än tidigare dito.

4. UNDER VILKA OMSTÄNDIGHETER KAN NÅGOT TA SLUT?

Den nationalekonomiska modell som används för att förklara prissättningen av icke-förnybara råvaror är Hotellings regel (Hotelling 1931). Regeln säger att ägaren till en icke-förnybar resurs, exempelvis malm i en gruva eller olja i en oljekälla, kommer att utvinna och sälja råvaran under mer än en period om och endast om priset (marknadspriset minus marginalkostnaden för utvinningen) stiger i samma takt som räntan. Livernois (Livernois 2009) sammanfattar logiken bakom regeln så här:

The net price has to rise at the rate of interest as a condition of equilibrium; otherwise, the present value of the net price that could be received from selling in some periods would be higher than in other periods.²⁴

Livernois understryker också att regeln kan förstås i termer av intertemporalt arbitrage, det vill säga att den sista utvunna enheten i varje tidsperiod måste ge samma avkastning, diskonterad till nuvärde. Regeln har senare blivit modifierad för att ta hänsyn till att kostnaderna för utvinning kan öka med tiden (Livernois and Martin 2001). Detta innebär att prisökningstakten kan avvika från räntan.

When the Hotelling rule is modified to incorporate this effect, scarcity rent rises less rapidly because current extraction now has an additional negative effect: it degrades the quality of remaining reserves – or raises the cost of future extraction. This implies that scarcity rent will rise less rapidly than the rate of interest in a competitive equilibrium. In fact, if the degradation effect is strong enough, scarcity rent may eventual decline. [...] It is not finiteness of the exhaustible resource but rather the rising cost of extraction what is left that becomes the constraining factor. Economists recognize that we will probably never physically exhaust any exhaustible resource, instead economic exhaustion will occur when the cost of further extraction becomes higher that the market is willing to pay.²⁵

²⁴ Livernois 2009 s 23

²⁵ Livernois 2009 s 25

Till detta kan man lägga att kostnadsreducerande teknologiska landvinningar kan sänka kostnaderna under utvinningstiden. Det innebär i sin tur att eftersom marginalkostnaden kan falla över tid om effekten av de teknologiska förändringarna är större än degraderingseffekten, kan priset på råvaran komma att sjunka initialt även om Hotellings regel är uppfylld. (Slade 1982; Stephen and Daniel 2000).²⁶

Efter en tid kommer dock den kostnadsminskande effekten av en teknisk förändring att vägas upp av degraderingseffekten eller de prisökande effekterna av Hotellings regel, vilket leder till att priset vänder uppåt. Det kan förklara varför prisutvecklingen för en råvara över tid kan komma att anta U-form. I verkligheten kan det se ut ungefär så här:

Ett oljebolag har en oljekälla som de beräknar rymmer en miljon fat olja. Räntan är 2 procent, marknadspriset på oljan är 100 dollar per fat och utvinningskostnaden är denna period 20 dollar per fat. Just nu tjänar bolaget alltså 80 dollar per fat som de pumpar upp.

Vore utvinningskostnaden konstant skulle bolaget göra följande kalkyl:

Om bolaget förväntar sig att oljepriset nästa period skulle vara över 101,6 dollar per fat kommer de inte att pumpa upp någon olja alls under den nuvarande perioden, eftersom de skulle tjäna mer på att vänta tills priset gått upp. 101,6 dollar är det marknadspris som motsvarar att nettopriset ökar med 2 procent. Om priset nästa period skulle förväntas vara lägre än 101,6 dollar per fat, skulle oljebolaget istället pumpa upp all olja med en gång och sedan sätta in pengarna på banken eftersom detta skulle ge en högre vinst.

Detta exempel bygger på att utvinningskostnaden är konstant. Teknisk utveckling gör det dock billigare och billigare att utvinna olja så i kalkylen måste man ta hänsyn till det. Om oljebolaget förväntar sig att marknadspriset skulle vara detsamma även nästa period skulle bolaget välja att pumpa upp allt med en gång. Om de däremot förväntar sig att utvinningskostnaden nästa period skulle sjunka med mer än 8 procent skulle de dock skjuta upp utvinningen till nästa period, eftersom en utvinningskostnad som sjunker med 8 procent i exemplet motsvarar en höjning av marknadspriset med 2 procent.

Vill man öka realismen kan man lägga till att oljebolaget förväntar sig att utvinningskostnaden, utan hänsyn tagen till teknisk utveckling, istället kommer att stiga över tid. Detta kan bero på att oljan exempelvis i början sprutar ur oljekällan av sig själv, medan bolaget senare måste aktivt pumpa upp

²⁶ Ett exempel på hur förändringar i utvinningskostnad och i efterfrågan kan påverka råvaruutvinningen är hur svenska gruvor som stängde på 1970-talet nu åter tas i drift.

den. Utvinningskostnaden vid en viss tidpunkt beror då på hur mycket olja man utvunnit ur oljekällan fram till den tidpunkten. I exemplet spelar detta dock ingen roll eftersom det bara handlar om två perioder och vi antar att oljan utvinns antingen i period ett eller i period två om inte nettoprisökningstakten förväntas vara exakt densamma som räntan.

Det är naturligtvis orimligt att tänka sig att oljebolagen i varje läge får samma utfall som Hotellings regel gör gällande. Sett till hela marknaden och på lång sikt kan dock modellen anses vara en god beskrivning av vad som skulle komma att ske. Regeln säger inte heller någonting om vad det framtida priset kommer att vara, bara hur snabbt det måste stiga.

Vi har här utgått ifrån att oljebolagen är pristagare, det vill säga att det finns ett marknadspris som inte en enskild producent kan påverka. Så ser det inte riktigt ut i verkligheten. Ett flertal viktiga oljeproducenter ingår i OPEC, som är en kartell. Kartellen försöker hålla oljepriset uppe genom att begränsa utbudet. Detta ökar medlemmarnas vinster och värdet på de oljeproducerande ländernas reserver. Vilken inverkan OPEC har på det långsiktiga oljepriset kan naturligtvis diskuteras. Som för karteller i gemen, har alla medlemmar i OPEC incitament att bryta mot överenskommelsen och producera mer än den avtalade mängden olja. Det gör systemet instabilt och att priset har en tendens att på sikt åter falla mot marknadspriset.

Sett från konsumtionssidan finns även där störningar. Många länder beskattar olja eller oljeprodukter i syfte att begränsa konsumtionen och generera intäkter till staten. Det leder till att prissignalerna inte går fram och att efterfrågan på olja minskar. Samtidigt har flera länder istället valt att subventionera konsumtion av oljeprodukter (främst brännolja och bensin) även om tendensen är att försöka minska subventionerna. Till dessa länder hör Iran, Syrien, Saudiarabien och Venezuela.²⁷

Priser påverkar både utbudet och efterfrågan. När priset är högt lockas nya företag in på marknaden och existerande företag lockas till ny prospektering eller till investeringar i existerande fält så att mer olja kan utvinnas. Höga priser innebär också att det skapas incitament att använda nya och dyrare utvinningsmetoder eller till prospektering på nya och dyrare platser. Priserna kan även leda till att det utvecklas ny utvinnings- eller prospekteringsteknologi som på sikt sänker utvinningskostnaderna eller som ökar mängden olja som kan utvinnas ur en fyndighet.

Även om tekniken varit känd har det till exempel länge varit olönsamt att utvinna olja ur oljesand eller oljeskiffer. Man beräknar att utvinning av olja ur oljesand i Kanada kräver ett förväntat oljepris på över 50 dollar per fat för att vara lönsamt. Det gäller dock endast om anläggningarna inte redan

²⁷ Se till exempel Young (2011), Kelemen (2011), Reuters (2008), Gulf News (2011)

finns. Är anläggningarna redan byggda är de en så kallad *sunk cost* och påverkar därför inte priskalkylen. Den som har en etablerad anläggning för utvinning av olja ur oljesand behöver endast ett oljepris som ger ett positivt täckningsbidrag netto för att det ska vara motiverat att bedriva produktion.

Ett annat exempel på teknik som kräver ett högt oljepris är metoderna för att med hydrauliskt tryck "fracking" utvinna olja ur berg som annars inte släpper igenom oljan. Detta har gjort att tidigare oåtkomliga oljefyndigheter har kunnat exploateras, men exploateringen förutsätter högre priser än de som rådde under 1980- och 1990-talen. Tekniken är inte ny men det är först på senare år som den börjat användas i större skala. Vilken inverkan användningen av denna teknik kommer att ha på reserverna är naturligtvis svårt att bedöma.

Vidare finns teknik som genom effektivare kontroll av oljefälten ökar det möjliga uttaget:

One example is the "digital oil field," which uses sensors throughout the field to improve the data and communication between the field and a company's technology centers. If widely adopted, it could help to recover an enormous amount of additional oil worldwide—by one estimate, an extra 125 billion barrels, almost equivalent to the current estimate reserves of Iraq.²⁸

Som en följd av oljans stora betydelse för ekonomin kan även oljepriset påverka de makrofaktorer som i sin tur påverkar oljepriset. Ett högt oljepris som beror på minskat utbud, som under oljekriserna under 1970-talet, kan även leda till lågkonjunktur. Omvänt leder högkonjunktur till stigande efterfrågan och därmed till stigande oljepriser. Konjunkturen påverkar även ränteläget och därmed samtidigt (enligt Hotellings regel) hur mycket olja som bolagen utvinner respektive låter stanna i marken till nästa period. Priserna kan även drivas av efterfrågan som under 2000 talet, där den snabba industrialiseringen och det ökande välståndet i Kina och Indien har ökat efterfrågan av olja både inom industrin och för transporter.

Det är inte osannolikt att dagens historiskt sett höga oljepriser i första hand är en effekt av ökad efterfrågan från tillväxtländer snarare än ett tecken på utbudsbrist. Länder som tidigare inte var särskilt stora oljekonsumenter som Kina eller Indien efterfrågar idag stora mängder olja och oljeprodukter.

²⁸ Yergin (2011)

Höga oljepriser påverkar även efterfrågan. Stiger priserna kommer människor till exempel att köpa mer bränslesnåla bilar eller åka buss istället för bil till arbetet, och håller priserna i sig över en längre period kommer de att flytta närmare arbetsplatserna eller byta ut uppvärmningsanläggningen i villan. På samma sätt leder höga priser till att det satsas resurser på att utveckla substitut till oljan, såsom naturgas eller biobränslen.

Förväntningar om framtida teknikutveckling eller om framtida fynd kan också påverka dagens priser och därmed komma att innebära att prisutvecklingskurvan kan vara platt eller fallande trots utvinning. Den rimliga förväntningen är att utvinningskostnaden inte kommer att vara konstant över längre tid utan att den kommer att falla. Det är inte heller rimligt att anta att utvinningskostnaden nu är nära sin lägstanivå. Koppar, guld, tenn och järn har utvunnits under tusentals år och det finns inget som tyder på att utvinningskostnaden inte kommer att sjunka ytterligare.²⁹

Sammanfattningsvis kan sålunda dynamiken beskrivas som följer: En höjning av oljepriset (oavsett om orsaken är minskat utbud, ökad efterfrågan eller förändringar av ränteläget) leder till att utbudet av olja på sikt ökar genom att oljebolagen stimuleras till att finna nya fyndigheter och att öka utvinningen ur existerande källor. Samtidigt minskar efterfrågan genom att det höga oljepriset leder till konjunkturavmattning, minskad industriproduktion och minskade transporter.

Efterfrågan minskar även genom att människor tar substitut till olja i bruk. Det ökade utbudet och den minskande efterfrågan gör att priset faller. När priset sjunker är sedan de som exempelvis flyttat närmare sitt arbete, köpt en etanolbil, bytt ut oljepannan mot fjärrvärme eller ställt om sin fabrik till att nyttja naturgas istället för råolja i produktionen, inte särskilt benägna att byta tillbaka. Dessutom kommer investeringar i nyproduktion inte att resultera i att den oljan kommer ut på marknaden direkt, utan först efter flera år. En period av ett högt oljepris kan därför följas av en period med mycket låga oljepriser (såsom under 1980-talet) trots att reserverna inte förändrats i motsvarande mån. Som en följd av oljemarknadens dynamik kan vi därför förvänta oss ett tämligen volatilt oljepris, även om kapitalmarknaderna genom exempelvis terminshandel kan komma att bidra till en jämnare prisutveckling.³⁰

Ränteläget och marknadens förväntningar på det framtida ränteläget påverkar också oljepriset genom att det både påverkar omfattningen av investeringar i ny utvinningsinfrastruktur och dessutom som en följd av Hotellings regel påverkar utbudet.

²⁹ Se här exempelvis även Adelman & Watkins (1995)

³⁰ För diskussion om relationen mellan reserver och priser se exempelvis Adelman & Watkins (2005)

Den som tror att marknaden har fel och att framtida oljebrist inte avspeglas i priset har samtidigt själv möjlighet att tjäna pengar på detta. Den som tror på att vi funnit all den olja som går att finna och att vi endast har dagens reserver att utvinna behöver bara köpa olja idag och lagra den tills att prognosen slagit in.³¹

Man ska dock samtidigt vara medveten om att tekniska och samhällsliga förändringar kan komma att påverka prissättningen även om reserverna inte påverkas. Ny teknik kan snabbt öka de tillgängliga reserverna såsom utvecklingen av möjligheter att utvinna olja som finns under havsbotten eller möjligheten att raffinera svavelhaltig olja. Däremot är det svårare att se att denna typ av förändringar skulle öka utvinningen av olja på kort sikt.

Finns det då råvaror som tagit slut? Om vi begränsar oss till grundämnen, eller fossila bränslen, är svaret enkelt: Nej. Det finns inga beskrivna fall av detta. Även om de tillgängliga kvantiteterna av vissa råvaror är högst begränsade och efterfrågan för många av dem, exempelvis för guld eller vissa ädla stenar, under årtusenden varit hög, har de inte tagit slut. Prismekanismerna har sett till att utbudet genom årtusenden har motsvarat efterfrågan.

Det finns dock viktiga handelsvaror som tagit slut. Det kanske tydligaste exemplet är silfium, en växt besläktad med fänkål och som under antiken användes som medicinalväxt och sannolikt som fosterfördrivningsmedel, och som då var en oerhört viktig handelsvara.³² Det finns även andra råvaror som åtminstone varit nära att ta slut. Det kanske närmaste vi varit att en viktig energikälla skulle tagit slut var under 1800-talet när valolja hade en utbredd användning som bränsle i oljelampor. Någon gång under 1800-talet nådde vi sannolikt "Peak Whale" och valarna löpte då samtidigt en inte obefintlig risk att utrotas. Paradoxalt nog var det användningen av olja som räddade valarna undan utrotning. Införandet av fotogen (utvunnet först ur kol och sedan ur petroleumolja) gjorde raskt valfångst långt mindre intressant även om den fortsatte under många årtionden därefter.

Varför silfium tog slut vet vi inte. I litteraturen spekuleras i om boskap åt upp hela beståndet – växten gick inte att odla och växte endast vilt i en del av Libyen – eller om det var överexploatering av

³¹ Något köp och lagring av fysisk olja är inte nödvändig eftersom det finns utvecklade marknader för terminer och andra derivat med olja som underliggande. Genom att ingå ett terminskontrakt förbinder man sig att köpa eller sälja olja till ett visst pris i framtiden. Detta gör att även den som saknar lagringsmöjligheter har möjlighet att bli rik på teorin om Peak Oil.

³² För en beskrivning av handeln med silfium och dess kulturella och ekonomiska betydelse se exempelvis (Dalby 2000; Tsetschladze 2008)

resursen som gjorde att den utrotades. När det gäller valarna är det mer tydligt. Valar var en oägd resurs och den val en valfångare lät bli att fånga riskerade att fångas av en annan. Därför fanns inga incitament att inte försöka fånga så många valar som möjligt på så kort tid som möjligt. Det medförde överexploatering och en reell risk för att valarna skulle ta slut.

Det positiva beskedet är att det knappast finns någon olja som saknar ägare. Även om mycket av oljan tillhör stater har den ett starkt äganderättsskydd. Även stater är vinstdrivande och tillfällena är få när man är villig att producera olja under utvinningskostnaden. Detta förekommer men har marginell betydelse. Det borgar gott för att Hotellings regel kommer att styra utvinningen och att prismekanismen kommer att se till att vi inte hamnar i en situation där oljan plötsligt tar slut.

Av skälen ovan är det sällan ekonomer som kommer med varningar om att olika råvaror riskerar att ta slut. Vilken teknik som kommer att finnas tillgänglig i framtiden är för oss okänt. Vad vi vet är att tekniken rimligen inte kan göra det svårare att finna eller utvinna olja eller andra råvaror.

SAMMANFATTNING

Varningar för att olika råvaror – vanligen olja – är på väg att ta slut är inget nytt. Sannolikheten för att så verkligen ska ske är dock låg.

Vi kan, om vi utgår ifrån ekonomisk teori, vara ganska säkra på att det kommer att finnas olja kvar i marken om 50 år och om 500 år. Detta oberoende av hur stora reserverna antas vara idag. Det vi inte kan uttala oss om är priset på oljan eller vilken teknik som kommer att användas för att utvinna den. Tänker vi oss en värld med vinstdrivande oljeproducenter är det enkelt. Det vi då vet är att om man tror på att oljepriset kommer att stiga kommer man som producent, allt annat lika, att behålla oljan i marken istället för att pumpa upp den. Om man istället tror på fallande priser kommer man att pumpa upp så mycket olja man bara kan för att kunna sälja den till dagens högre pris.

På lång sikt kommer, som Hotellings regel visar, räntan att styra utvinningstakten. Utvinning kommer att ske på en sådan nivå att den förväntade prisökningstakten kommer att motsvara marknadsräntan i samhället. Höga räntor leder därför också, allt annat lika, till minskad oljeutvinning eftersom det gör det relativt lönsammare att investera i exempelvis obligationer och dyrare att finansiera nya oljefält.

Som analysredskap är Peak Oil inte särskilt meningsfullt eftersom det utgår ifrån en statisk värld där teknologin är oföränderlig och där prismekanismer (och incitament) inte spelar någon roll. I verkligheten spelar prismekanismer en stor roll genom att signalera brister och överskott och ge aktörerna möjligheter att agera på dessa signaler.

Om marknaderna tillåts fungera någorlunda fritt kommer oljan aldrig att ta slut i fysisk mening, även om det inte går att utesluta att den någon gång i framtiden kommer att ha förvandlats till en tämligen ointressant produkt. Någon gång kan vi komma att hitta alternativ till olja, precis som oljan kom att bli ett alternativ till kolet.

Människors konsumtionsmönster och ny teknologi, både sådan som skapats som en följd av eventuellt framtida stigande oljepriser och sådana som tillkommit oberoende av oljan, kommer att ha större inverkan på oljekonsumtionen och på oljepriset i framtiden än dagens reserver.

REFERENSER

- Adelman, M A 2004. The Real Oil Problem. *Regulation*, 16-21.
- Adelman, M. A., & G. C. Watkins. 1995. Reserve Asset Values and the Hotelling Valuation Principle: Further Evidence. *Southern Economic Journal* 61 (3):664-673.
- Akins, James E. 1973. The Oil Crisis: This Time the Wolf is Here. *Foreign Affairs* 51 (April 1973):462-491.
- BBC-News. 2010. "Brazil finds massive oil field" 2010-10-30. BBC News.
- Campbell, C J 1997. *The Coming Oil Crisis [Elektronisk resurs]*: Multi-Science Publishing.
- Dalby, Andrew. 2000. *Dangerous tastes: the story of spices*. London: British Museum Press.
- Deffeyes, Kenneth S. 2001. *Hubbert's peak: the impending world oil shortage*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Desrochers, Pierre 2010. GGR 333: Energy & Society Lecture 9: Perennial Energy Debate. University of Toronto Mississauga.
- Economist, The. 2009. "The IEA puts a date on peak oil production" 2009-12-12 *The Economist*
- Ehrlich, Paul R., & Anne H. Ehrlich. 1975. *The end of affluence: a blueprint for your future*. New York.
- Giddens, Paul H. 1955. *Standard Oil Company (Indiana): Oil pioneer of the Middle West*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Goodstein, David L. 2004. *Out of gas: the end of the age of oil*. New York: W.W. Norton.
- GulfNews.com. 2011. Fuel Subsidies cost Saudi Arabia 50b riyals a year, 2011-05-31.
- Heinberg, Richard. 2003. *The party's over : oil, war and the fate of industrial societies*. Forest Row: Clairview.
- Heinberg, Richard. 2006. *The oil depletion protocol: a plan to avert oil wars, terrorism and economic collapse*. Gabriola Island, B.C.: New Society Publishers.
- Heinberg, Richard. 2007. *Peak everything: waking up to the century of declines*. Gabriola Island, B.C.: New Society Publishers.
- Hotelling, Harold. 1931. The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy* 39 (2):137-175.
- Hubbert, M K. 1956. Nuclear Energy and the Fossil Fuels. In *Proceedings of Spring Meeting of the Southern Districts Division of Production: American Petroleum Institute Drilling and Production and Practics*.
- Jackson, Peter M. 2007. Peak Oil Theory Could Distort Energy Policy and Debate. *Journal of Petroleum Technology* 59 (2).

- Jevons, W. Stanley. 1906. *The coal question : an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*. London: Macmillan.
- Kelemen, Jasmina. 2011. Hugo Chávez challenges Venezuelan 'birthright' to cheap gas, 2011-03-04. *The Christian Science Monitor*, 2011-03-04.
- Livernois, John. 2009. On the Empirical Significance of the Hotelling Rule. *Review of Environmental Economics and Policy* 3 (1):22-41.
- Livernois, John, & Patrick Martin. 2001. Price, Scarcity Rent, and a Modified r per Cent Rule for Non-Renewable Resources. *The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economie* 34 (3):827-845.
- Meadows, Donella H. 1972. *The limits to growth : a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe books.
- Murphy, Robert P. 2008. Oil Prices April 7, 2008. In *Library of Economics and Liberty*.
- Reuters. 2008. Syria slashes gas subsidy, tripling price, 2008-05-03. Thomson Reuters.
- Roberts, Russel. 2008. Don Boudreaux on Energy Prices.
- Rockström, Johan, & Anders Wijkman. 2011. *Den stora förnekelsen*. Stockholm: Medström.
- Slade, Margaret E. 1982. Cycles in natural-resource commodity prices: An analysis of the frequency domain. *Journal of Environmental Economics and Management* 9 (2):138-148.
- Stephen, P. A. Brown, and Wolk Daniel. 2000. Natural resource scarcity and technological change. *Economic and Financial Policy Review (Q1)*:2-13.
- Tsetsckhladze, Gocha R. 2008. *Greek colonisation : an account of Greek colonies and other settlements overseas*. Vol. 2, *Mnemosyne. Supplementum*, 0169-8958 ; 193. Leiden: Brill.
- Yergin, Daniel. 1991. *The prize : the epic quest for oil, money, and power*. New York: Simon & Schuster.
- Yergin, Daniel.. 2005. U.S. oil and natural gas reserve prices, 1982–2003. *Energy Economics* 27 (4):553-571.
- Yergin, Daniel. 2011. There Will Be Oil. *The Wall Street Journal*, September 17 2011.
- Yong, William. 2011. Politically Confident, Iran Cuts Subsidies on Prices, 2011-01-16. *The New York Times*, 2011-01-16.