

Tillgång på förnybar energi

En rapport om energi och miljömål

Underlagsrapport till
ET2007:21 Energi som miljömål

ER 2007 20

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas från
Energimyndighetens publikationsservice.
Orderfax: 016-544 22 59
e-post: publikationsservice@energimyndigheten.se

© Statens energimyndighet
Upplaga: 60 ex

ER 2007 20

ISSN 1403-1892

Förord

Energimyndigheten gavs i uppdrag i regleringsbrevet för år 2006 att rapportera till Miljömålsrådet om arbetet med särskilt sektorsansvar för miljömålsarbete. För detta ändamål har ett antal underlagsrapporter samt en slutrapport tagits fram. Föreliggande rapport utgör ett av underlagen till slutrapporten "Energi som miljömål" (ET 2007:21).

Rapporten är framtagen av Profu på uppdrag av Energimyndigheten. Den innehåller en litteraturöversikt av potentialbedömningar för olika förnybara energislag. En viktig del i ett hållbart energisystem är en omställning till förnybara energikällor. Åtskilliga potentialbedömningar har utförts för olika förnybara energislag under senare år. De har gjorts med olika metoder och systemgränser, och ger därigenom mycket olika resultat. Denna litteraturöversikt syftar till att belysa vilka potentialbedömningar som gjorts för förnybar energi i Sverige och hur dessa har utförts.

Författarna svarar själva för analyser och slutsatser.

Innehåll

Sammanfattning	7
1 Inledning	11
2 Avfall	17
3 Industriell spillvärme	21
4 Skog	23
5 Sol	31
6 Vattenkraft	37
7 Vind	47
8 Våg	55
9 Åker	61
Referenser	69

Sammanfattning

Uppdraget i detta projekt har varit att utföra en litteraturstudie över potentialbedömningar för förnyelsebar energi från energislagen avfall, industriell spillvärme, skog (inklusive lutar), sol, vattenkraft, vind, våg och åker. I figur 1 presenteras användning år 2004 av de studerade energislagen tillsammans med potentialer på kort sikt. Intervallet motsvarar min- och maxvärden från de olika potentialbedömningar som redovisas i rapporten. De bedömningar som ingår i stapeln för kortsiktig realistisk potential skall utifrån uppgifter från källorna vara ekonomiskt realiserbara inom ca 10-15 år¹. Rapporten omfattar ytterligare ett stort antal potentialbedömningar på lång sikt och för andra typer av potentialer än ekonomiskt realiserbara. Dessa har dock inte varit möjliga att direkt jämföra med varandra och därför presenteras inte dessa i diagramform. Bedömningar om potentialer på lång sikt beskrivs istället kortfattat i text efter figur 1.

År 2004 uppgick användning av förnyelsebar energi från de studerade energislagen till 174² TWh där vattenkraften och skogen (inklusive lutar) stod för knappt 90 %. Summerar man potentialbedömningarna på kort sikt uppgår potentialen till mellan 161 och 262 TWh. I absoluta tal visar figuren att den enskilt största potentialen kommer från skogen. Ser man vidare till de enskilda energislagen kan man konstatera potentialen från avfall, industriell spillvärme, lutar, vattenkraft och åker idag utnyttjas till stor del medan potentialen för sol och vind är i stort sett outnyttjad. Ingen av potentialbedömningarna för vågkraft anger en möjlig potential på kort sikt. Detta är rimligt då tekniken idag endast finns i forskningsskala. Ett projekt med vågkraft är dock under uppstart i Lysekil och förväntas år 2008 generera ca 0,3 GWh el (denna energimängd är dock för liten för att kunna visas i figur 1).

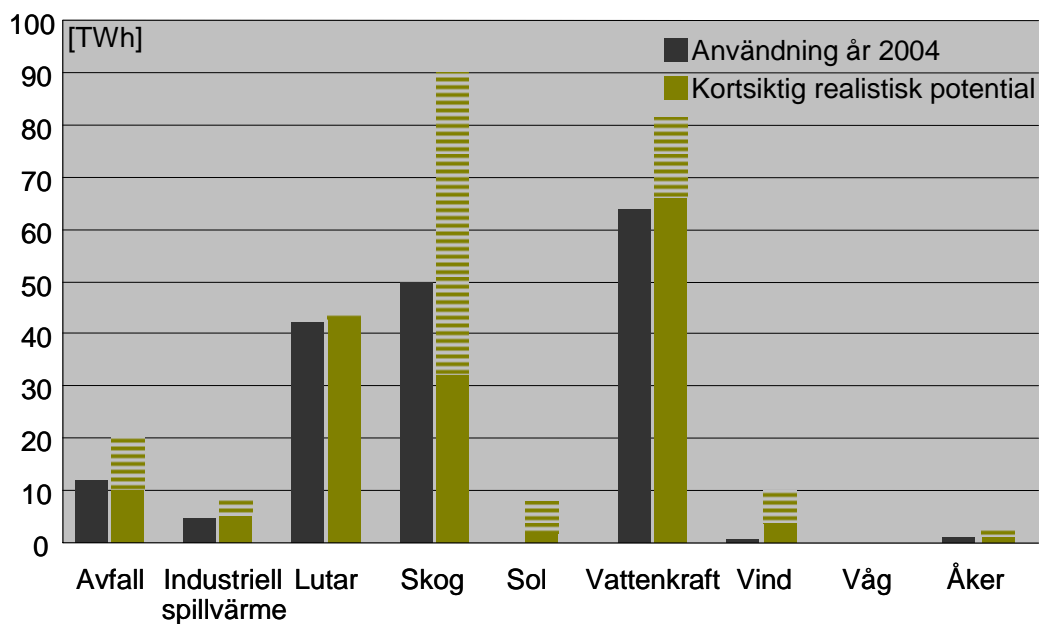
Att potentialen för skog i vissa källor har bedömts vara lägre än dagens uttag beror på att man i dessa källor har antagit ett biobränslepris som är klart lägre än dagens nivå. Den låga potentialbedömningen för skog är därmed realistisk på kort sikt förutsatt att priset på skogsbränsle sjunker kraftigt (om detta är ett troligt scenario eller ej ingår ej att utvärdera i denna rapport). 6 av de 8 potentialbedömningar som återfinns i intervallet för skog i figur 1 återfinns dock i den övre halvan (60 – 90 TWh).

¹ För att göra det möjligt att skapa figur 1 med kortsiktiga potentialer har vi varit tvungna att lägga in vissa värderingar av de studerade potentialerna (t ex vad är kort sikt, och vilken typ av potential är ekonomiskt realiserbar). Figurerna är därför till för att visa en ungefärlig bild över potentialerna för de olika energislagen. För att få en mer detaljerad bild hänvisar vi till energislagens respektive kapitel.

² Värdet för solvärme, 60 GWh, gäller för år 2002

Solel och solvärme har här slagits samman till energikällan sol. I de studerade bedömningarna är det främst solel som ges en stor potential, den kortsiktiga maxpotentialen utgörs till över 80 % av solel. Vid en summering av potentialen för solel och solvärme finns dock en risk för dubbelräkning. Orsaken till detta är att man i vissa bedömningar utgår ifrån tillgänglig takarea (där solpanelerna förväntas placeras) och därmed kan samma tak bedömas vara lämpligt för såväl solel som solvärme.

Potentialen för åker som anges i figur 1 kan upplevas som låg. Ett flertal bedömningar har pekat på klart större potentialer (upp till 23 TWh för år 2020). I dessa källor saknas dock uppgifter om att potentialerna är ekonomiskt realiserbara och därav utesluts dessa ur figur 1.



Figur 1 Sammanställning av användningen av de olika energislagen år 2004 samt min- och maxvärden från studerade potentialbedömningar på kort sikt (användningen av solvärme gäller för år 2002 och uppgick då till 60 GWh). I intervallet för kortsiktig realistisk potential för avfall återfinns 6 bedömningar, för industriell spillvärme 2 för lutar 1, för skog 8, för solel 2, för solvärme 1, för vattenkraft 3, för vind 4, för våg 9 och för åker finns 1 källa som redovisar en kortsikt realistisk potential.

Inga långsiktiga bedömningar av potentialen från avfall och industriell spillvärme har hittats. Dessa två energislag kommer på lång sikt att påverkas på olika sätt beroende av utvecklingen i samhället. För att utföra en långsiktig potentialbedömning för avfallet krävs bl a antaganden om huruvida "slit-och-släng-samhället" kommer att finnas kvar samt i vilken utsträckning vi i framtiden kommer att använda oss av olika avfallsbehandlingsalternativ. För industriell spillvärme krävs analyser av den långsiktiga utvecklingen av den svenska industrin.

För lutar har försiktiga bedömningar gjorts även på lång sikt. Dessa är dock mycket likvärdiga dagens användning (prognostiserad ökning 2-3 TWh) vilket antyder att inga grundliga utredningar har gjorts kring utvecklingen av den svenska massaindustrin på lång sikt.

Långsiktiga potentialbedömningar för skogen anger bruttopotentialer på upp till 145 TWh. Med ekologiska restriktioner begränsas potentialen till omkring 125 TWh. För alla potentialbedömningar kan vi dock konstatera att man inte räknar med någon större konkurrens mellan skogsindustrin och energisektorn. Om de sortiment som idag går till skogsindustrin istället skulle räknas som en potentiell energikälla torde potentialen vara klart högre.

För solenergi är det främst solex som både på kort och på lång sikt förväntas utgöra en stor potential. Långsiktiga bedömningar av den realistiska potentialen för solex uppgår till hela 47 TWh medan samma potential för solvärme bedömts till 17 TWh. Inga årtal har dock angetts för när dessa potentialer kan vara realiserbara.

Trots den stora användningen av vattenkraft finns fortfarande en relativt stor outnyttjad teknisk potential. Denna återfinns främst i de fyra orörda norrländska älvarna. Med ekologiska (politiska) restriktioner är dock merparten av dessa inte realiserbara. Potentialen för ytterligare användning av vattenkraft återfinns därmed främst i småskalig vattenkraft samt i uppgraderingar av befintliga vattenkraftverk. Potentialen för dessa uppskattas idag till omkring ett par TWh.

Den naturliga potentialen för vindkraft i Sverige har uppskattats till över 150 TWh. Realistiska potentialer på lång sikt beräknas dock till mellan 10 och 60 TWh.

Potentialen för vågenergi, enbart i Sydsverige, har av en källa uppskattats till 34 TWh. I övriga källor uppskattas potentialen för hela Sverige till mellan 10 och 20 TWh. Källorna för vågenergi saknar uppgifter om vilken typ av potential eller vilket år som avses.

Potentialbedömningarna för energi från åkern är svåra att jämföra med varandra. Orsaken till detta är att man tar med olika källor för energi. Två källor tar upp energigrödor och halm som bränslen samt grödor och restprodukter för framställning av drivmedel. Den teoretiska potentialen beräknas av den ena av dessa källor till 52 TWh, medan den andra källan beräknar potentialen till 2050 till 32 TWh (okänt vilken typ av potential). Övriga potentialbedömningar inkluderar olika energigrödor och halm som bränsle och i vissa fall även grödor för drivmedelsproduktion. Den källa som anger den största potentialen anger en fysisk potential till år 2050 på 58 TWh, vilket enbart inkluderar energiskog (salix) och halm. Just potentialen för salix varierar ofta mycket i de olika bedömningarna vilket är en av de främsta orsakerna till att potentialerna från åker varierar.

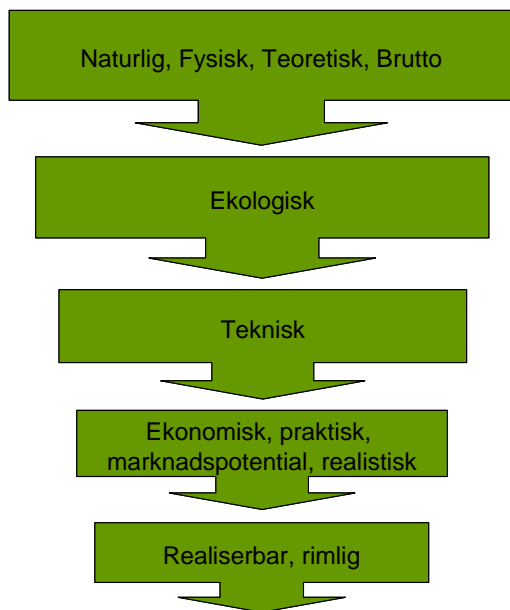
1 Inledning

Användningen av förnybar energi har ökat starkt i Sverige under de senaste 10-15 åren. Framförallt gäller detta fasta bibränslen som skogsbränslen och blandat avfall, men även utvecklingen för vindkraften har varit positiv. Det senaste året har vi även kunnat konstatera en radikal uppgång (om än från en låg nivå) för användningen av förnybara drivmedel såsom etanol och biogas. Sannolikt kommer behovet av förnybar energi fortsätta öka i Sverige och i omvärlden. Ett stort antal potentialbedömningar för olika förnybara energislag har utförts under senare år. Dessa baseras ofta på olika förutsättningar och skiljer sig även med avseende på vilket år som studeras. Därigenom erhålls mycket olika resultat. Energimyndigheten har därför ett intresse av att genom en litteraturoversikt belysa vilka potentialbedömningar som gjorts för förnybar energi i Sverige och hur dessa har utförts.

I detta arbete har ingått att:

- Beskriva potentialbedömningar för energi från åker, skog, avfall, spillvärme, vind, sol, våg och vattenkraft i Sverige.
- Beskriva antaganden kring olika typer av potentialer och klargöra vilken typ av potential som avses (ekologiskt uthållig, teknisk, ekonomisk etc)
- Identifiera bakomliggande antaganden för olika bedömningar
- Kommentera dessa antaganden bl a med utgångspunkt från vem avsändaren är.
- Identifiera grundkällor och kartlägga om det finns ett mindre antal rapporter som många refererar till.
- Om möjligt presentera ett uppskattat pris i kr/kWh

En potentialbedömning kan, förutom att sikta mot ett visst år, innehålla olika former av restriktioner. Beroende på vilka restriktioner som väljs erhålls en viss typ av potential. Figur 1.1 presenterar olika typer av potentialer där alltför restriktioner läggs till ju längre ner i figuren man kommer. Anledningen till att flera olika benämningar återfinns i samma ruta är att de potentialbedömningar som redovisas i denna rapport använder sig av olika benämningar men syftar till en liknande typ av potential. Rangordningen av de olika restriktionerna är inte alltid den som presenteras i figuren, ekologiska restriktioner kan t ex vara mer begränsande än tekniska restriktioner, något som är fallet för bl a vattenkraft i Sverige.



Figur 2 Olika potentialer och hur dessa har benämnts i de studier som presenteras i rapporten

Den naturliga, fysiska, teoretiska eller bruttopotentialen syftar till att beskriva den totala potentialen utan begränsningar. Typiskt gäller detta en bedömning av solenergipotentialen där man utgår ifrån solinstrålningen eller vindkraftpotentialen där man utgår från hur mycket det blåser på olika platser i landet. Flera av de bedömningar som presenteras här har dock infört vissa begränsningar och samtidigt kallat det för en naturlig, fysisk, teoretisk eller bruttopotential. Detta gäller särskilt för potentialbedömningar från skog och åker där man lägger in begränsningar om att man inte skall konkurrera med övrig skogsindustri eller med nödvändig matproduktion. Inga potentialbedömningar för skog eller åker har hittats där man inte inför dessa begränsningar. För andra energislag som sol och vind väljer också vissa källor att lägga in en verkningsgrad för den teknik som skall användas.

Den ekologiska potentialen erhålls när man lägger till ekologiska restriktioner. Hur stora dessa begränsningar är beror till stor del på politiska beslut eller olika bedömningar inom branschen. Som exempel kan nämnas frågor om huruvida några av de återstående orörda älvarna skall byggas ut för vattenkraft eller ej samt hur stor andel biomassa som skall lämnas kvar i skogen vid en avverkning.

Den tekniska potentialen erhålls genom att dra bort den del av potentialen som inte är möjlig att utnyttja av tekniska skäl. Som ett exempel kan nämnas vindkraft som inte alltid är tekniskt möjligt att uppföra på de platser där vindförhållandena är goda. Här läggs ibland även in en verkningsgrad för de anläggningar som kan uppföras.

Ekonomisk, praktisk, marknadspotential och realistisk potential syftar alla till att väga in ekonomiska bedömningar i potentialuppskattningen. Även tillståndsmässiga begränsningar vägs i vissa fall in i dessa potentialbedömningar. De ekonomiska bedömningarna görs antingen utifrån nuvarande förutsättningar eller utifrån bedömningar av den ekonomiska utvecklingen i den aktuella branschen. Ytterligare en möjlighet är att välja ekonomiska förutsättningar och därefter studera potentialen för den valda situationen (t ex potentialen för uttag av skogsflis vid ett pris på X kr/MWh).

För den sista typen av potential, realiserbar eller rimlig, vägs främst förmågan att producera de anläggningar och råvaror som krävs för att uppfylla potentialen. Denna begränsning är därmed enbart aktuell för potentialbedömningar på relativt kort sikt då produktionskapaciteten förr eller senare vanligen väger upp efterfrågan. Typiska begränsningar i produktionskapacitet som nämns idag gäller tillverkning av vindkraftverk samt odling av salixsticklingar. Även bedömningar om företagets intresse för att investera i det studerade energislaget kan läggas in som begränsning vid beräkning av realistisk eller rimlig potential.

Vid genomförande av en potentialbedömning krävs normalt att ett antal antaganden görs. Hur dessa väljs påverkas i viss grad av källans egna bedömningar och värderingar. När man vill använda sig av en bedömning som utförts av någon annan är det därför viktigt att reflektera över vem som är avsändaren och om denne kan ha något intresse av att vissa på en stor eller liten potential. Även om ett sådant intresse kan finnas är det dock viktigt att poängtera att avsändarens avsikt trots detta kan ha varit att utföra en så objektiv bedömning som möjligt. Från avsändarens synvinkel är det i så fall viktigt att vara så tydlig som möjligt i sin beskrivning av hur potentialen har framtagits.

Vid utförandet av litteraturundersökningen av potentialbedömningar har en del tveksamheter uppkommit. Dessa beror dels på att information saknas i de rapporter som beskriver bedömningarna men vissa tveksamheter kan också finnas i den metod och de antaganden som använts. Nedan listas först de tveksamheter som rör beskrivningen av bedömningen och därefter brister som finns i själva bedömningen.

Brister i beskrivningen:

- Man anger inte klart vilken typ av potential som avses. Därmed kan man inte säga vilka restriktioner som vägs in i bedömningen
- Man anger inte vilket år som avses. Vissa bedömningar kan dock, inom en överskådlig framtid, sägas vara tidsberoende och därmed behöver inget årtal anges.
- Beskrivningen av metoden för uppskattningen är ofta bristfällig. Även antaganden som gjorts är i de flesta fall inte presenterade. Dessutom kan beskrivningar av nödvändiga avgränsningar för det energislag som studeras saknas. Detta leder till problem för utomstående som vill använda sig av den utförda bedömningen

- Eventuella bakomliggande källor redovisas sparsamt. Naturligtvis kan detta i vissa fall bero på att det inte finns några sådana källor. Någon form av indata från tidigare utredningar bör dock ligga till grund för flertalet av de bedömningar som utförts. I och med att dessa inte redovisas går det inte att utreda huruvida vissa källor används flitigare än andra som indata till de bedömningar som beskrivs i denna rapport. I de fall där bakomliggande källor har namngetts återges dessa i de tabeller som beskriver potentialbedömningarna. I många fall saknas dock fullständiga referenser och därav blir beskrivningen av bakomliggande källor något bristfällig.

Brister i bedömningen:

- Man refererar till gamla källor. Dessa kan naturligtvis fortfarande vara aktuella men risken ökar att bedömningen grundas på inaktuell data.
- Dubbelräkning av resurser förekommer i studier som innefattar olika energikällor.

Bedömningar på lång sikt utgår ofta från dagens förhållanden. Att bedöma utvecklingen av en viss bransch på lång sikt är i de flesta fall mycket svårt att göra. Av den anledningen är det vanligt att man utgår från en relativt statisk bedömning av utvecklingen. Studerar man utvecklingen på 30 års sikt eller mer är det dock tveksamt om utgångspunkten i dagens förhållanden kommer att ge en rättvisande bild.

Litteratursökningen i projektet har tagit sin utgångspunkt i en tidigare utförd sökning som utförts av Energimyndigheten. Ytterligare sökningar har därefter utförts av Profu i databaser över publicerade vetenskapliga artiklar och på Internet. På Internet har sökningar gjorts med hjälp av sökmotorer. Dessutom har en särskild sökning utförts på hemsidor för utvalda branschorganisationer, högskolor, myndigheter, större energibolag samt internationella organisationer (ex IEA och EWEA). Avslutningsvis har de upphittade källornas referenslistor utnyttjats som underlag för att finna ytterligare källor. Nedan följer en lista på över de vanligaste sökord som utnyttjats för sökning i olika databaser och på Internet. Orden har kombinerats med varandra och även skrivits på engelska.

Sverige	Bioenergi
Potential	Solenergi, PV, Photovoltaics
Förnyelsebar energi	Spillvärme
Vindenergi/kraft	Åker, jordbruk
Vågenergi/kraft	Avfall
Vattenkraft	Elproduktion, CHP
Biomassa	Framtida energisystem

I första hand har sökningen begränsats till källor som är daterade från 2000-talet. För vissa energislag har dock antalet träffar varit begränsat och därmed har sökningen även innefattat källor från 1990-talet.

I följande kapitel (2-9) beskrivs de potentialbedömningar som identifierats vid litteratursökningen. Varje kapitel beskriver ett energislag och presentationen sker i bokstavsordning.

2 Avfall

En stor del av det avfall som uppkommer inom hushållen och industrin innehåller en hög andel förnybar energi. En viss andel av avfallet utgörs dock av fossilt material, främst i form av plast. I de potentialer som beskrivs här utgår vi dock ifrån att även den fossila andelen ingår.

Till skillnad från flera andra energikällor är avfall en källa som uppkommer i samhället utan att vi gör några insatser i form av odling, avverkning etc. Frågan är därför inte hur stor mängd avfall vi kan skapa utan hur vi hanterar denna energikälla. Idag sker behandlingen av avfall genom återanvändning, materialåtervinning, energiutvinning (inklusive rötning), kompostering och deponering. Energiutvinning från avfall sker i avfallsförbränningsanläggningar (el och värme), röttningsanläggningar (biogas) och till viss del även vid deponering i form av deponigas.

År 2005 förbrändes 3,8 miljoner ton avfall (exklusive utsorterat träavfall) vilket gav 10 TWh värme och 1 TWh el. Samma år behandlades 260 000 ton avfall i röttningsanläggningar vilket genererade 0,16 TWh biogas och från Sveriges deponier utvanns deponigas som genererade 0,3 TWh värme och el (RVF, 2006). En ungefärlig uppskattning av användningen av utsorterat träavfall beräknas för år 2004 till 1,2 TWh (Profu, 2006b). Denna användning finns även med i den summerade statistiken för användning av träbränsle (se kapitel 4 ”skog”). En stor del av övrigt avfall går idag till återanvändning eller materialåtervinning. Även om detta till stora delar utgörs av förnybart material, lämpligt för energiutvinning, erhålls andra miljövinster när detta återvinns och därför brukar dessa mängder inte räknas in i potentialen för förnyelsebar energi från avfall.

Profu har under 2006 på uppdrag av RVF utfört en utredning av kapaciteten för att behandla organiskt avfall i Sverige. I denna utredning ingick att bestämma mängden uppkommet organiskt avfall som kräver behandling genom förbränning, rötning eller kompostering. Studien, som sträckte sig fram till år 2013 visade på att mängden organiskt avfall kommer att uppgå till mellan 4,7 och 6 miljoner ton. Omräknat i energi betyder detta omkring 14-18 TWh. Utvecklingen beror främst på den ekonomiska utvecklingen i samhället då en kraftig tillväxt leder till mer konsumtion och därigenom mer avfall och vice versa. Resultaten beror också på hur stor del av avfallet som i framtiden kommer att gå till materialåtervinning. I utredningen ingick även att studera kapaciteten för att behandla detta avfall genom förbränning, rötning eller kompostering. Resultaten visar att om alla planerade behandlingsanläggningar verkligen byggs kommer kapaciteten att överstiga 6 miljoner ton redan år 2010, vilket innebär att den uppkomna avfallsmängden kan utnyttjas fullt ut. Därmed kan potentialen sägas vara ekonomiskt realiserbar. I studien exkluderas park- och trädgårdsavfall då detta idag och även i framtiden främst behandlas genom kompostering (vilket inte genererar någon

energi). Även utsorterat träavfall har exkluderats ur studien. Profu har dock studerat även denna potential i andra projekt där den uppkomna mängden träavfall år 2005 totalt beräknats till 4 TWh (Profu, 2005). Observera dock att här inkluderas träavfall som idag inte sorteras ut från det övriga avfallet och därmed ingår en delmängd av den potentialen som tagits fram i projektet åt RVF.

SLU (2004) beskriver en potential för avfallsförbränning på 12 TWh till år 2010 och 16-18 TWh för år 2020, vilken baseras på Energimyndigheten (2003). Man bedömer att den begränsande faktorn främst utgörs av utbyggnadstakten av förbränningskapaciteten. Denna utbyggnad sker idag i snabb takt men man säger samtidigt att den borde kunna ske ännu snabbare då ledtiderna för projekten ofta är långa. SLU har även uppskattat dagens potential för utsorterat träavfall till 3,9 TWh. I denna mängd ingår sådant som klassas som grönt trä vilket inte får innehålla färgrester eller impregnerat trä. En post som identifieras utgöra en stor del av denna potential är virke från betonggjutningar. Vidare antas att den största delen av detta träavfall redan idag utnyttjas som bränsle.

Trots vissa definitionsproblem vad gäller vilka olika material som skall ingå i potentialbedömningen av avfall som förnyelsebar energikälla visar de olika bedömningarna i tabell 2.1 på relativt god överensstämmelse. För åren 2010-2015 förväntas potentialen uppgå till någonstans mellan 10 och 20 TWh.

Tabell 2.1 Potentialbedömningar för avfall som energikälla

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Bakomliggande källor ³	Övriga kommentarer
Profu (2006)	14	2013	Ekonomisk potential	Svag ekonomisk tillväxt. Energiinnehåll 3 MWh/ton.		Inkluderar hushållsavfall, industriavfall som inte tas omhand av industrin själva samt bygg- och rivningsavfall
	18	2013		Stark ekonomisk tillväxt. Energiinnehåll 3 MWh/ton.		
Profu (2005)	4	2005	Fysisk potential	Energiinnehåll 4 MWh/ton		Inkluderar både utsorterat och ej utsorterat träavfall
Svebio (2004)	16	Ej angivet	Ej angivet			Inkluderar hushållsavfall och icke branschspecifikt avfall
Elforsk (2003)	7-13	På lång sikt	Ej angivet	Enbart förbränning		Inkluderar hushållsavfall, industriavfall, deponigas och slam
SLU (2004)	12	2010	Tekniska och ekonomiska restriktioner	Enbart förbränning	Energimyndigheten (2003)	
	16-18	2020				
	3,9	2004	Ej angivet			Avser utsorterat träavfall
Klimatkommittén (2000)	10	2010	Tekniska, ekonomiska och ekologiska restriktioner		Energimyndigheten (1999a) och (1999b)	
	17	2010	Brutto-potential		Energimyndighetens forskningsprogram för energirelaterad avfallsforskning	

³ Bakomliggande källor anges i potentialbedömningarna ofta utan fullständig referens. Därav blir refereringen ofullständig även i denna rapport

3 Industriell spillvärme

År 2004 använde den svenska industrin 157 TWh energi (Energimyndigheten, 2005). De största energibärarna var el, 56 TWh, och biobränsle, 52 TWh. En stor del av denna energi omvandlas i de industriella processer till överskottsvärme. Värmeenergin återfinns då vid olika temperaturnivåer. I vissa fall är temperaturnivån för låg för att energin skall kunna komma till praktiskt utnyttjande. En del av överskottsvärmen från de industriella processerna utnyttjas direkt inom industrin för lokaluppvärmning, m.m.

En andel av industrins överskottsvärme benämns spillvärme. I ett underlag till Fjärrvärmeutredningen (SOU, 2005) anges följande definition av industriell spillvärme: ”*Överskottsenergi som ej kan nyttiggöras internt och där alternativet är att värmen släpps ut till omgivningen. Värmen kan vara bunden i vätskor eller gaser*”. Den industriella spillvärmen kan delvis nyttiggöras externt för fjärrvärmeproduktion. Under perioden 2000 – 2004 har i genomsnitt 4,6 TWh spillvärme utnyttjats för fjärrvärmeproduktion i Sverige (Energimyndigheten, 2005). Sverige är ledande i Europa på att använda industriell spillvärme i fjärrvärmeproduktionen.

I ett ofta refererat arbete (Svensk Fjärrvärme, 2002) redovisas en beräkning av potentialen för industriellt spillvärme i Sverige. I rapporten har man i samarbete med SCB beräknat det som man benämner den teoretiskt totalt möjliga spillvärmepotentialen. Denna anges vara 9,5 TWh/år. Kortfattat kan man säga att man bransch för bransch identifierat företagen som levererar spillvärme och tagit fram nyckeltal för hur mycket spillvärme som levereras i förhållande till insatta bränslen. Dessa nyckeltal har sedan utnyttjats för samtliga företag inom respektive bransch, belägna på orter med mer än 200 invånare. Beräkningarna har gjorts för samtliga industribranscher. Därefter har en justering av potentialen gjorts för att få med sekretessbelagd information, få med möjligheten till ökade spillvärmeleveranser hos dem som redan levererar spillvärme, m.m. Totalt blir det då en potential på 9,5 TWh/år. Denna potential innehåller alltså även dagens spillvärmeleveranser till fjärrvärmeproduktionen.

Den ovan angivna potentialen reduceras i praktiken av de ekonomiska förutsättningarna för utnyttjandet och viljan att samarbeta. Utrymmet för spillvärmen i fjärrvärmeproduktionen kan också begränsa utnyttjandet.

I den aktuella utredningen (Svensk Fjärrvärme, 2002) anger man att man presenterar en teoretisk totalt möjlig potential. Det är dock inte att betrakta som en renodlat maximal fysisk potential eftersom utgångspunkten för uppskalningar är verkliga spillvärmesamarbeten, vilka ju även passerat ekonomiska överväganden.

I en tidigare utredning (ÅF-Energikonsult, 1999) uppskattas en spillvärmepotential på 5 TWh/år. Där utgörs ökningen jämfört med dåvarande spillvärmeyttnyttjande främst av bedömningar av möjliga utbyggnader av befintliga samarbeten.

I en bilaga till Fjärrvärmeutredningen (SOU, 2005) diskuteras tredjepartstillträde till fjärrvärmenäten. Där anges en potential för industriell spillvärme. Följande formulering används: ”En försiktig men optimistisk bedömning av tillkommande spillvärmepotential kan vara 3 – 4 TWh om dagens industristruktur består”. Här avses alltså tillkommande potential utöver det som i referensen anges som dagens användning, 4 TWh/år.

ÅF-Energikonsult har varit inblandade i framtagningen av samtliga tre refererade potentialberäkningar.

Tabell 3.1 Potentialbedömningar för industriell spillvärme som energikälla

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Bakomliggande källor	Övriga kommentarer
Svensk Fjärrvärme (2005)	9,5	Ej angivet	Teoretisk potential	Dagens samarbeten utgör mall för hela industribranscher		Mest utnyttjade källa. Förefaller vara den bäst underbyggda bedömning.
ÅF-Energikonsult (1999) (på uppdrag av Energi-myndigheten)	5	2010	Praktisk potential	Endast ökning av pågående samarbeten		Något äldre. Redan nästan överträffad av verkligheten.
SOU 2005:33 Fjärrvärmeutredningen	7-8	Ej angivet	Teoretisk/praktisk potential	Dagens samarbeten utgör mall för hela industribranscher	Svensk Fjärrvärme (2002)	”Försiktig men optimistisk bedömning” enligt författaren

4 Skog

När vi här diskuterar potentialen för biobränsle från skog avser vi det som ofta benämns trädbränsle. Där ingår alla biobränslen där träd och delar av träd är ursprungsmaterial och där ingen kemisk omvandling har skett. Dit hör grot (grenar och toppar), barr och stubbar, liksom skogsindustrins avfall och bi-produkter som bark, spån och flis. Även återvunnet trädbränsle (returträ) ingår normalt (Energimyndigheten, 2004). År 2004 uppgick den svenska användningen av trädbränslen till cirka 50 TWh (Energimyndigheten, 2005)⁴. Av detta utgjordes enligt beräkningar gjorda av Profu ca 3-4 TWh av direkt import och drygt 2 TWh av indirekt import (spån, flis och bark som faller vid bearbetning av importerad rundved).

Potentialen för den enskilt största biobränslekällan, skogsindustrins lutar, beskrivs i ett eget kapitel nedan. Energiinnehållet i de lutar som uppkommer i Sverige uppgick år 2004 till drygt 42 TWh (Energimyndigheten, 2005)⁴.

I samtliga fall avser potentialuppskattningarna i vår sammanställning tillgången inom Sveriges gränser. Ytterligare mängder trädbränslen kan anskaffas genom import. Omfattningen av importpotentialen är en funktion av det pris man är beredd att betala. Omvänt kan biobränsleexport från Sverige leda till att hela potentialen inte är tillgänglig för inhemsk användning.

I en bilaga till Energimyndighetens Elcertifikatöversyn från 2004 (Energimyndigheten, 2004) redovisas en sammanställning av potentialuppskattningar från olika håll, se tabell 4.1. I tabellen anges vilka restriktioner man har tagit hänsyn till. Utöver dessa underförstås troligen också att skogsindustrins behov av sågtimmer och massaved inte skall hotas.

⁴ Kombinerat med vissa egna bearbetningar.

Tabell 4.1 Potential för uttag av skogsråvaror för energiutvinning (tabell hämtad från Energimyndigheten, 2004)

Källa	Restriktioner	Potential 2005 [TWh]	Potential 2020 [TWh]
SIMS (lönner et.al. 1998)	Ekologiska	121 - 129	130 – 132
Biobränslekommissionen (1992)	Ekologiska, Tekniska, Ekonomiska	76 - 88	-
IVA ⁵	Ekologiska, Tekniska, Ekonomiska	61 - 65 ⁶	77 - 85 ⁷
Skogsindustrierna ⁵	Ekologiska, Tekniska, Ekonomiska	53	
LRF ⁵	Ekologiska, Tekniska, Ekonomiska	51	61

En orsak till potentialskillnaderna är hur man ser på stamved från första gallring där SIMS och Biobränslekommissionen antar att detta går till energiändamål, medan Skogsindustrin ser detta som ett sortiment för industrin.

SLU:s bioenergiutredning från 2004 refereras också i samma utredning (Energimyndigheten, 2004). Där anges potentialen 94 TWh.

I en Elforskrappport (Elforsk, 2003) refereras en Naturvårdsverksrapport (Naturvårdsverket, 1999) där potentialen uppskattas till 46 – 74 TWh/år. För att långsiktigt kunna fortsätta med uttag av hyggesrester krävs storskalig näringskompensation i form av askåterföring. Biologisk mångfald och konkurrens från andra samhällssektorer påverkar också potentialuppskattningarna.

En genomgång från 2006 (Hagström, 2006) innehåller en redovisning av potentialen för olika delsortiment, tabell 4.2. Vilken typ av potential detta avser (brutto eller ekologisk) framgår inte tydligt.

Tabell 4.2 Uppskattad årlig potential för olika trädbränslesortiment (Hagström, 2006)

Biomassakälla	Energiinnehåll [TWh/år]
Från skogen	
Grot från slutavverkning	44,0
Grot från gallring	13,1
Träd från röjning	12,4
Direkt avverkning av brännved	9,3
Brännved från annan avverkning	5,8
Brännved från icke traditionell skogsmark	2,8
Skogsindustrins bi-produkter	
Flis	3,3
Sågspån	8,8
Bark	14,7
Totalt	114,2

⁵ Källan anges ej exakt i Energimyndigheten (2004)

⁶ Avser 2000

⁷ Avser 2010

Klimatkommittén är en annan källa som redovisar sin potentialberäkning fördelad på olika sortiment, tabell 4.3. Här anger man att potentialen innehåller ekologiska, tekniska och ekonomiska hänsynstaganden.

Tabell 4.2 Potential för bibränsle 2010 (Klimatkommittén, 2000)

Biomassakälla	Energiinnehåll [TWh/år]
Primärt skogsbränsle	
Avverkningsrester ⁸	50 - 55
Brännved	11
Biprodukter från skogsindustrin, exkl. lutar	18
Returflis	>6
Total	85 - 90

Troligen saknas energiinnehållet i stubbar från avverkningar i de flesta av potentialberäkningarna. I Sverige utnyttjas sällan detta sortiment, medan man i Finland i större utsträckning använder stubbarna (Skogsutredningen, 2006). Det finns uppskattningar att detta skulle kunna ge ytterligare 5 TWh (Skogsindustrierna, 2006). Svebio anger en potential på 10 TWh, vilket sägs utgöra 50 % av stubbarna (Svebio, 2004).

⁸ Avverkningsrester vid gallring och slutavverkning, direkt bränsleuttag i klen gallring, virke utan industriell användning, röjning av hagmarker, etc.

Tabell 4.3 Potentialbedömningar för biobränsle från skogen

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp skattning	Bakomliggande källor ⁹	Övriga kommentarer
SLU (2004)	94	2005	Ekologisk potential	25% grenar & 75% barr lämnas		SKA (1999), AVB (1992), Lönner et.al. (1998)	
Energimyndigheten (2004)	94 – 125	2005	Ekologisk potential		78 TWh vid skogsflispriset 124 kr/MWh	Lundmark (2004)	Lägre nivå: SLU (2004), högre nivå: Lönner et.al. (1998)
Elforsk (2003)	46 – 74	Ej angivet	Praktisk potential			Naturvårdsverket (1999)	
Hagström (2006)	114	Ej angivet	Ej angivet	Innehåller ej returträ		Lönner et.al. (1998), Virkesmätningsrådet (2004)	
Börjesson (2001)	56	Ej angivet	Ej angivet	Innehåller ej industriella biprodukter och returträ		Lönner et.al. (1998), Biobränslekommissionen (1992)	
Ericsson (2004)	24 – 60	Ej angivet	Ej angivet	Avser grot och klana träd		Biobränslekommissionen (1992)	Gammalt grundmaterial
Kommissionen mot oljeberoende (2006)	55	2005	Ej angivet	Innehåller ej returträ		Energimyndigheten, Jordbruksverket, Skogsstyrelsen, LRF, Svebio, SLU, Skogsindustrierna	
	82	2020	Ej angivet				
	112	2050	Ej angivet				
Klimatkommittén (2000)	85 - 90	2010	Ekologiska, tekniska och ekonomiska restriktioner	Innehåller även returträ		Energimyndigheten 1999a, Energimyndigheten 1999b	Brutto utgår från dagens typ av skogsbruk
	135 - 145	2010	Brutto				

⁹ Bakomliggande källor anges i potentialbedömningarna ofta utan fullständig referens. Därav blir refereringen ofullständig även i denna rapport

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp skattning	Bakomliggande källor ⁹	Övriga kommentarer
Energimyndigheten (2003)	32	2008	Ekologiska, tekniska och ekonomiska restriktioner	Innehåller även returträ	< 97 kr/MWh	Lönner et.al. (1998)	En av få potentialer med kostnads-nivåer. Åtta år gammalt grundmaterial
	68				< 108 kr/MWh		
	78		< 116 kr/MWh				
	90		< 170 kr/MWh				
	115		Ekologisk potential				
Svebio (2004)	135	Ej angivet	Ej angivet			SLU (2003), SKA (1999)	
LRF (2005)	65 – 80	2010	Ekologiska, tekniska och ekonomiska restriktioner				Redovisas inkl lutar. Vi har därför subtraherat 40 TWh
	75 – 90	2020					
Skogsindustrierna (2006)	27	Ej angivet	Ekologiska, tekniska och ekonomiska restriktioner	Stubbar och rötved ingår, men inte industriella biprodukter och returträ			

De potentialer som redovisas i tabellen ovan förutsätter, som vi uppfattat det, ett skogsbruk av den omfattning och inriktning som gäller i dagsläget. Skogsutredningen (Skogsutredningen, 2006) pekar på att tillväxten i skogen är större än uttaget. Skogsstyrelsen gjorde i början av 2000-talet en utvärdering av skogspolitiken (Skogsutredningen, 2006). Där konstaterade man att 90-talets skogsbruk bedömdes ha en potentiell bruttoavverkning¹⁰ på 81 miljoner m³sk/år. För åren 2000-2100 skattades den till i genomsnitt 92 miljoner m³sk/år. År 2000 uppgick avverkningen till 70 m³sk. År 2004 uppgick dock avverkningen till hela 87 m³sk (Jordbruksaktuellt, 2006). Tillväxten i den svenska skogen uppgår till drygt 100 m³sk/år (Skogsutredningen, 2006). Med ökad kvävegödsling skulle tillväxten i skogen kunna öka ytterligare. En fördubbling skulle enligt uppgift kunna vara möjlig, särskilt i norra Sverige (Sveriges Radio, 2006). Det finns också andra möjligheter att åstadkomma tillskott av biomassa från skog. Ett par räkneexempel kan vara ”förbättrad skogsvård generellt”: +30 TWh, och ”intensivodling, 5 % av skogsarealen”: +24 TWh (Nylund 2005).

Flera bedömare pekar också på att biobränsle inte är något klart avgränsat sortiment. Exempelvis skulle redan en mindre justering i toppdiametern vid massavedsavverkning få dramatiska effekter på mängden toppgrot (SLU, 2004). I ett läge där betalningsförmågan från energisektorn är av samma storleksordning som från massaindustrin (Skogsutredningen, 2006, Nordic Energy Perspective, 2006) öppnar sig i princip helt nya volymer för biobränslemängderna. Som ett räkneexempel kan man konstatera att dagens inhemskt avverkade massavedsvolym uppgår till ca 60 TWh plus knappt 20 TWh massaflis från sågverken (Profu, 2006). Konkurrensen mellan biobränsle och massaved upplevs av delar av den svenska massaindustrin som ett allvarligt hot.

Skogsutredningen (2006) diskuterar också effekterna av förändrad skogsskötsel. Man konstaterar att dagens skötsel maximerar gagnvirkesproduktionen, men inte nödvändigtvis produktionen av biomassa. Detta skulle kunna ske genom en mycket tät ungskogsfas där dagens röjning ersätts med ett senare uttag av energibiomassa.

Slutligen kan man notera att potentialsiffrorna skiljer sig åt mycket. Även Skogsutredningen (2006) noterar detta och anger att förklaringen i regel är skillnader i antaganden av vad som är ekonomiskt, ekologiskt och tekniskt möjligt. De flesta potentialuppskattningar för trädbränslen (avverkningsrester, brännved, industrins biprodukter samt returflis, men exkl. lutar) på tio års sikt ligger dock grovt sett inom intervallet 75 – 115 TWh (95 TWh +/- 20 TWh).

¹⁰ Bruttoavverkning = Uttagen ved med tillägg för kvarlämnade fällda träd och stamdelar

Lutar

Lutar är alltså inte trädbränsle i egentlig mening, eftersom biomassan har genomgått kemisk omvandling. Här gör vi dock en genomgång av de potentialuppskattningar som vi funnit i referenserna. Potentialen för lutar är nära kopplad till de antaganden man gör för utvecklingen inom skogsindustrin. Här är det särskilt utvecklingen för kemisk pappersmassa som är avgörande, eftersom lutarna uppstår här.

Tabell 4.4 Potentialbedömningar för lutar

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Bakomliggande källor
SLU (2004)	45	2030	Ej angivet	
Hagström (2006)	44	Ej angivet	Ej angivet	
Kommissionen mot oljeberoende (2006)	44	2005	Ej angivet	Energimyndigheten, Jordbruksverket, Skogsstyrelsen, LRF, Svebio, SLU, Skogsindustrierna
	45	2020		
	45	2050		
Klimatkommittén 2000	43 - 44	2010	Med ekologiska, tekniska och ekonomiska restriktioner	Konjunkturinstitutets bedömning av massaindustrins utveckling samt Energimyndigheten 1999a, Energimyndigheten 1999b

Vid genomgången av litteraturen får man intrycket av att lutar inte är det man främst fokuserat på i samband med potentialberäkningar för biobränsle från skog. Det finns sällan någon diskussion om bakgrunden till de potentialbedömningar som redovisas och potentialen ligger i de flesta fall mycket nära dagens nivå (drygt 42 TWh år 2004).

Man kan förutse ökad konkurrenskraft för kemisk massa, i förhållande till mekanisk massa, i en situation med höga elpriser (Jacobsson, 2006). Detta skulle kunna leda till större mängder lutar på sikt. Å andra sidan kan stigande vedpriser, delvis orsakade av ökad efterfrågan från energisektorn, öka konkurrenskraften för mekanisk massa till följd av det bättre vedutnyttjandet som denna process ger (Hannus, 2005). Det är alltså svårt att entydigt uttala sig om den långsiktiga utvecklingen för olika massaprocesser

5 Sol

Potentialuppskattningarna för förnyelsebar energi från sol har delats upp i två delar, solet och solvärme.

Solet

I Sverige uppskattas idag den installerade effekten solet motsvara ca 3-4 MW_p¹¹ (Energimyndigheten, 2004). Kombinerar denna siffra med den bedömning av utnyttningstiden på 330 timmar som görs av Elforsk (2006) så erhålls en uppskattning på dagens produktion motsvarande omkring 1 GWh per år.

Den naturliga potentialen för solet är mycket stor. I teorin skulle solet kunna tillgodose hela Sveriges behov av el (Vattenfall Forskning och Utveckling 2005, och IVA 2003)

För den framtida potentialen gör Energimyndigheten (2004) bedömningen att 5 till 10 TWh kan härröra från solet. Inget årtal anges och potentialen är villkorad med att inga extra kostnader för lagring i det svenska elsystemet ingår i bedömningen.

Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Fjärrvärmeföreningen, och Kraftverksföreningen (nuvarande Svensk Energi) (1999) uppskattar den praktiska potentialen för solet år 2050 till 5 ("praktisk hög") respektive 0 ("praktisk låg") TWh. Ingen teoretisk potentialuppskattning är omnämnd.

I rapporten "Ett uthålligt elsystem för Sverige" (Elforsk, 1996) målas en framtidsbild över det svenska kraftsystemet år 2050 upp. I denna bild står solet för 5 TWh där huvudparten kommer från byggnadsintegrerade solceller.

I "El och värme från solen" (IVA, 2003) så menar man att genom att belägga taken i enbart Sydsverige med solceller så skulle 4 TWh kunna produceras. Man påstår också att potentialen för energileveranser från solenergianläggningar på byggnader i Sverige har uppskattas till några tiotal TWh per år. Detta inkluderar både solet och solvärme.

På grund av god tillgång på vattenkraft och en stor potential för ökad användning av biomassa och vindkraft så argumenterar Jacobsson och Sandén (2005) för att solet i framtiden endast kommer att behövas i "mindre" omfattning och man nämner siffran 10 TWh per år.

¹¹ W_p (eng: "Watt peak") är den uppmätta effekt som levereras från en solcell under standardiserade solinstrålningsförhållanden

Azar och Lindgren (1998) antar i sin framtidsbild att 6 TWh solet produceras i Sverige år 2050.

I rapporten "Large scale integration of renewable energy resources into the EU energy system" (Fraunhofer Institute, 2004) så uppskattar man den realiserbara potentialen ("realisable potential") för solet i Sverige till 5,49 TWh, varav 0,87 TWh i solartermiska kraftverk, år 2020.

ECN (2004) uppskattar den realistiska potentialen i Sverige till 23,7 TWh (inget årtal). Man utgår ifrån dagens (år 2000) byggnadsytor och dagens verkningsgrad. År 2030 antar man att verkningsgraden kan fördubblas vilket i så fall också fördubblar potentialen.

Tabell 5.1 Potentialbedömningar för solet

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Övriga kommentarer
Naturvårdsverket et al. (1999)	0 alt 5	2050	Praktisk potential	
Energimyndigheten (2004)	5-10	Ej angivet	Ej angivet	
Elforsk (1996)	5	2050	Realiserbar potential	
IVA (2003)	4 (i Sydsverige) samt "Några tiotal TWh" (hela Sverige inkl solvärme)	Ej angivet	Teknisk potential	Potential för takbeklädnad
Jacobsson och Sandén (2005)	10	Ej angivet	Realistisk potential	
Azar och Lindgren (1998)	6	2050	Realiserbar potential	
Fraunhofer Institute (2004)	5,46	2020	Realiserbar potential	
EC (2004)	1,5	Medellång sikt	Ej angivet	
ECN (2004)	23,7 alt 47,4 (beroende på verkningsgrad)	Ej angivet	Realistisk potential	

Sammanfattar man potentialbedömningarna i tabell 5.1 kan man konstatera att alla utom en källa bedömer potentialen för solet till mellan 0 och 10 TWh. Flertalet anger att detta är en realistisk potential på lång sikt. En källa, ECN (2004) sticker ut från mängden och anger en realistisk potential på 23,7 – 47,4 TWh (beroende på verkningsgrad).

Solvärme

Under 2002 genererade solvärmeanläggningar i Sverige omkring 60 GWh (EC, 2004).

I "El och värme från solen" (IVA, 2003) så menar man att potentialen för energileveranser från solenergianläggningar på byggnader i Sverige har uppskattats till några tiotal TWh per år. Detta inkluderar både solceller och solvärme.

Kjellson (2004) uppskattar potentialen för solvärme kopplad till byggnader till omkring 12 TWh givet att samtliga hus (småhus, flerfamiljshus, lokaler och industribyggnader) installerar solvärmda kombisystem (d v s uppvärmning sker i kombination med annan uppvärmningsform). Ett rimligare mål på kortare sikt anges till 0,3 TWh.

K-Konsult och Vattenfall Utveckling AB (2002) gör i rapporten "Storskalig solfjärrvärme – Generella förstudier etapp I" bedömningen att den lastbaserade (solfångare direktkopplade utan värmelager) potentialen för solfjärrvärme i Sverige är omkring 4 000 000 m² respektive 12 000 000 m² för solfjärrvärme i kombination med dygnslager. Vidare antar man att moderna högttemperatursolfångare har ett energiutbyte på 370 kWh per m². Därmed motsvaras potentialen av 1,5 TWh respektive 4,4 TWh. Man gör också bedömningen att ca 7-8 000 000 m² (motsvarar omkring 2,6-3 TWh) solfångare kan anslutas till fjärrvärme utan investeringar i ytterligare värmelager.

Azar och Lindgren (1998) räknar i "Energiläget 2050" med att 9 TWh värme kommer från solvärmeanläggningar år 2050. 6 TWh av dessa genereras i fjärrvärmesystemet och 3 TWh genereras lokalt. I samma studie omnämns också en studie av Boysen och Wiklund (1995). Där redovisades två utvecklingsscenarier för solvärme mot 2010. I fallet med enbart korttidslagring uppskattades potentialen till 1 TWh medan den var 3 TWh då även långtidslagring var möjlig.

NUTEK (1995) uppskattar potentialen för solvärme till 5-10 TWh per år. Det är också denna referens som Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Fjärrvärmeföreningen, och Kraftverksföreningen (nuvarande Svensk Energi) (1999) lutar sig emot.

Zinko, Bjärklev och Margen (1996) uppskattar den tekniska potentialen år 2015 till 8,1 TWh för fjärrvärmesystem och 1,1 TWh för "blockvärmesystem", d v s enstaka mindre värmeverk som försör ett begränsat bestånd av byggnader med ett gemensamt distributionssystem. Marknadspotentialen är dock lägre p g a t ex billig baslastproduktion (t ex spillvärme) i fjärrvärmesystemen. Marknadspotentialen för 2015 bedöms därför vara endast 0,36 TWh i fjärrvärmesystemen och 0,26 TWh i blockvärmesystemen. För mindre system i flerfamiljshus gör man bedömningen att 0,47 TWh är en rimlig marknadspotential medan motsvarande siffra för småhus är 1,2 TWh. Totalt för Sverige bedöms m a o marknadspotentialen vara omkring 2,3 TWh till år 2015.

Eriksson (2001) utgår ifrån Zinko et al (1996) men anser att "roof access" inte är en relevant begränsning förutom möjligen i stadskärnor. Man gör istället bedömningen att den praktiska potentialen är 1 TWh. Detta gäller enbart för fjärrvärme (och "blockvärmeapplikationer").

Svenska Solenergiföreningen lägger i "Solvärme i Sverige – Läget idag och möjligheter för framtiden" (2004) fram ett realistiskt mål för Sverige på 1 miljon m² solfångaryta år 2010 (ger ca 0,3 TWh per år om man grovt räknar med energiutbytet 300 kWh per år och m²). Detta skulle motsvara Sveriges del i EUs ambition på området. Vid en uppvaktning av den svenska regeringen under sommaren 2006 uttalade man från Svenska Solenergiföreningen möjligheten att ett realistiskt bidrag från solvärmen inom 10-20 år skulle kunna vara 2 TWh per år (se Energimagasinet 2006/5, sid 46-48). På ännu längre sikt har man antytt att närmare 10 TWh per år skulle kunna härröra från solvärmen.

Europakommissionen (EC, 2004) gör för Sveriges del bedömningen att potentialen på medellång sikt (år 2020) är 14 TWh.

European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF, 2003) uppskattar den teknisk-ekonomiska potentialen till 16,8 TWh då hänsyn tagits till värmebehov, solinstrålning och befolkning.

Tabell 5.2 Potentialbedömningar för solvärme

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Övriga kommentarer
IVA (2003)	"Några tiotal TWh" (inkl sole)	Ej angivet	Ej angivet	
Kjellson (2004)	12	Ej angivet	Teknisk potential	Installation av kombisystem i samtliga hus ¹²
	0,3	På kort sikt	Rimligt mål	
K-Konsult och Vattenfall Utveckling AB (2002)	1,5-4,4	Ej angivet	Ej angivet	I fjärrvärme-system
Svenska Solenergiföreningen (2006)	2	2020	Ej angivet	
	10	På längre sikt	Ej angivet	
Azar och Lindgren (1998)	9	2050	Realiserbar potential	
Boysen och Wiklund (1995)	1 alt 3	2010	Ej angivet	
NUTEK (1995)	5-10	2050	Ej angivet	
Zinko et al (1996)	9,2	2015	Teknisk potential	Endast fjärrvärme och blockvärme
	2,3	2015	Marknadspotential	
Eriksson (2001)	1	Ej angivet	Marknadspotential	
ESTIF (2003)	16,8	Ej angivet	Teknisk-ekonomisk potential	

Olika potentialbedömningar på kort sikt (2010-2020) anger en potential på mellan 0,3 och 9,2 TWh, där inräknande av ekonomiska begränsningar ger maximalt 2,3 TWh. Den största potentialen beräknas till 16,8 TWh (ESTIF, 2003) vilken bedöms vara en teknisk-ekonomisk potential (årtal ej angivet).

¹² Avser småhus, flerfamiljshus, lokaler och industribyggnader

6 Vattenkraft

Den svenska vattenkraften svarar under ett normalår för ca 64-65 TWh, eller knappt 50 %, av den totala svenska elproduktionen. De fyra nationalälvarna Torneälven, Kalixälven, Piteälven och Vindelälven med tillhörande vattenområden och övriga skyddsvärda älvsträckor skyddas enligt 4 kap. 6 § Miljöbalken (1998:808).

Enligt Näringsdepartementet (2000) fins ett långsiktigt mål att vattenkraften ska ha en normalårsprod om 66 TWh, ca 2 TWh mer än idag. Möjligheterna till ytterligare ökning av vattenkraftsproduktionen är begränsade och av miljöskäl är det inte önskvärt med en omfattande utbyggnad, vilket uttrycks i propositionen *Svenska miljömål* (prop. 2000/01:30). Där framhålls att det är av vikt att utbyggnad av vattenkraft inte tillåts skada värdefulla vattendrag. I propositionen anförs vidare att utbyggnad av vattenkraft och andra intrång i vattendrag, som i huvudsak är opåverkade, inte bör ske.

En stor del av den svenska vattenkraften, särskilt den storskaliga, är åldersstigen. Reinvesteringsbehovet är ökande och bör inom en tioårsperiod bli relativt påtagligt då merparten av vattenkraftverken är mer än 40 år. Merparten av dagens installerade effekt byggdes ut under en trettioårsperiod från ca 1950 och framåt. För mindre verk finns risk för nedläggning istället för reinvestering. (Näringsdepartementet, 2000)

Trots att tekniken redan för 100 år sedan var väl utvecklad finns det en inte oväsentlig effektiviseringspotential i samband med de omfattande renoverings- och uppgraderingsprogram som nu planeras och genomförs inom svensk vattenkraft. I en av de större utredningar de senaste åren om vattenkraftens potential behandlas i första hand uppgradering i befintlig vattenkraft. Där studeras potentialer för kraftverk över 10 MW storlek (mer än 200 av Sveriges omkring 1800 vattenkraftverk) vilka tillsammans står för drygt 61 TWh av den totala normalårsproduktionen på ca 64 TWh. Genom uppgraderande åtgärder uppskattar man utifrån detaljerade beräkningar från samtliga kraftverk i fyra typälvar, en samlad teknisk potential för uppgraderingar på drygt 3 TWh. Osäkerheter i beräkningar och generaliseringar bedöms ge ett fel omkring $\pm 0,2$ TWh. Någon särskild angivelse av tidsramen för dessa åtgärder anges inte, men man påpekar att renoveringsbehoven för merparten av den storskaliga svenska vattenkraften är nära förestående. En bedömning är att merparten av dessa åtgärder därmed bör vara aktuella före år 2015-2020. (Energimyndigheten, 2004a)

Ingenjörsvetenskapsakademins (IVA) gjorde 2002 en utredning om vattenkraften i Sverige (IVA, 2002). Den tekniskt och ekonomiskt motiverade potentialen för en utbyggnad av ny kraftproduktion i de svenska vattendragen bedöms där till 24 TWh utöver de 64 TWh som produceras i nuläget. Av detta finns 13 TWh i de skyddade nationalälvarna Torneälven, Kalixälven, Piteälven och Vindelälven och deras biflöden. Därefter återstår alltså ca 11 TWh ekonomiskt försvarbar utbyggnadspotential. Med en långtgående miljöhänsyn återstår ca 5 TWh, men med hänsyn tagna till svensk politik anses 2 TWh vara realiserbara i dagsläget.

Energimyndigheten gör i sin översyn av elcertifikatsystemet (2004b) en ordentlig genomgång av potentialen vattenkraften i Sverige. Här behandlas storskalig vattenkraft (>1,5 MW), småskalig vattenkraft (<1,5 MW), ombyggnad av befintliga kraftverk samt idrifttagande av nedlagda anläggningar. Efter en genomgång av svenska utredningar och studier genom åren, tillsammans med en egen undersökning, kommer man fram till en bedömning om att 0,75 TWh utbyggd vattenkraft är rimlig att anta fram till år 2015. Man utgår i genomgången från en normalårsproduktion på 65 TWh. I bedömningen ingår även en inventering av planerade investeringar. De uppgår till ca 0,6 TWh fram till år 2015. Av dessa förväntas 0,07 TWh tillkomma i småskalig vattenkraft, övrigt vid uppgradering av storskalig vattenkraft. Osäkra uppgifter om ytterligare 70 GWh under perioden 2015-2020 finns.

Energimyndigheten (2004b) anger vidare den naturliga potentialen i Sverige till ca 200 TWh och den maximala tekniska potentialen till ca 130 TWh. Avseende potential för utbyggnad av befintlig kraft anger man 3,1 TWh (hänvisning till Energimyndigheten, 2004a) i befintliga anläggningar, vilket efter ekonomiska överväganden antas motsvara en potential om ca 1-2 TWh. Den ekonomiska potentialen för utbyggnad av i oexploaterade vattendrag bedöms vara 5 TWh, med en elproduktionskostnad på 28-46 öre/kWh. Därtill kommer potential i småskalig vattenkraft motsvarande 1 TWh, främst i nedlagda kraftverk samt kraftverk med dammar som idag inte används för kraftändamål.

Nutek anger i sin energirapport 1993 att den tekniska potentialen för utbyggnad av vattenkraftverk större än 1,5 MW motsvarar en årlig produktion om 130 TWh. Den ekonomiskt utbyggbara potentialen anges till ca 90 TWh, varav 20 TWh ryms inom vattenområden som är skyddade enligt dåvarande naturresurslagen. Denna utbyggnadspotential bedömdes fortfarande gälla år 2000. Om man då räknar bort de befintliga 64 TWh återstår potential för 6 TWh i ny utbyggnad. Både ekonomi och miljöpåverkan utgör hinder. (Näringsdepartementet, 2000)

Elforsk (2003) har i sin utredning "El från nya anläggningar" presenterat en figur från SOU 1996:155, där den ekonomiska potentialen vid olika kostnadsnivåer (kr/kWh, år) visas. Enligt denna antyds en total utbyggnadspotential om knappt 34 TWh. För kostnadsnivåerna <2 kr/kWh, år samt <3 kr/kWh, år anges drygt 10 TWh respektive drygt 27 TWh.

Frauenhoferinstitutet har i en utredning (2004) om tillgången på förnybara energikällor inom EU uppskattat den faktiskt realiserbara potentialen för vattenkraft i Sverige fördelad på småskalig (<10 MW) och storskalig vattenkraft (>10 MW). Dessa respektive potentialer bedöms till ca 6,5 TWh respektive 76,5 TWh till elproduktionskostnader på 3 – 25 €/kWh för småskalig respektive 2,5 – 16 €/kWh för storskalig kraft. Utifrån dessa uppskattningar kan vi sluta oss till att man anser en utbyggnadspotential på totalt ca 18 TWh som realiserbar.

EU-kommisionen gjorde 2004 en genomgång av utvecklingen för förnybara energikällor i länderna inom unionen. I den uppskattas en möjlig utbyggnad, ”mid-term potential”, för storskalig vattenkraft i Sverige på ca 2 TWh (till totalt knappt 70 TWh) och för småskalig ca 2 TWh (till totalt drygt 5 TWh). Utgångspunkten verkar inte vara normalårsproduktion, vilket kan förklara att man anger dagens kapacitet till ca 70 TWh

Den småskaliga vattenkraften har getts särskilt utrymme i ett antal studier. I en fallstudie om uppgradering av ett mindre kraftverk beräknas en potential för en effekthöjning från 8,9 MW till 9,4 MW (ca 5,6 %), främst genom motsvarande generatorbyte som i ovan nämnda studie. Med en årlig utnyttjandegrad på 48 % innebär detta en ökning av den årliga elenergiproduktionen med 4,2 GWh, från 75 GWh till 79,2 GWh (5,6 %). (Thorburn och Leijon 2005) Någon omsättning av denna potential till övrig småskalig vattenkraft görs inte.

I 1997 års energipolitiska program fanns en ett mål för utbyggnad av småskalig vattenkraft. Ett investeringsstöd infördes riktat till kraftverk mellan 100 kW och 1500 kW effekt och målet var att nå en ökad årsproduktion om 0,25 TWh till år 2002. Målet uppnåddes inte, vilket man anser främst bero på låga elpriser under perioden. (Regeringen prop 2001/2002:143)

Enligt Näringsdepartementet (2000) finns det enligt SEROs (Svenska Energiföreningars Riksorganisation) statistik ca 2500 nedlagda små vattenkraftverk vilka bedöms ha en samlad produktionspotential om ca 1,0 TWh. Därutöver finns en utbyggnadspotential om ca 1,5 TWh i nya små kraftverk i stora vattendrag och nya små vattenkraftverk i små vattendrag. Utbyggnad av ny storskalig vattenkraft anses kunna bidra med 6 TWh medan effektiviseringar i befintlig, storskalig vattenkraft uppskattas ha en potential på 1 TWh. Denna potential är tillgänglig när verken faller för åldersstreck, efter 50-60 år, vilket inträffar ungefär i innevarande och nästkommande decennium. Sammanfattningsvis ger detta en potential om 9,5 TWh/år. Om även undantagna älvmråden byggs ut blir den totala potentialen istället ca 29 TWh/år.

Tabell 6.1 Fördelning av utbyggnadspotential enligt Näringsdepartementet (2000) (småskalig vattenkraft enligt SERO)

Åtgärd	Potential, TWh/år
Restaurering av nedlagda vattenkraftverk	1,0
Nya små vattenkraftverk i stora vattendrag	1,0
Nya små vattenkraftverk i små vattendrag	0,5
Utbyggnadspotential nya kraftverk >1,5 MW	6,0
Effektivisering/förnyelse befintliga kraftverk	1,0
Summa	9,5

LRF gör i sitt energiscenario för år 2020 (2005) en uppskattning av potentialen för småskalig vattenkraft (<1,5 MW). De anges idag producera 1,7 TWh/år, ca 2 % av den totala vattenkraften. Man anger att personer väl insatta i branschen uppskattar att potentialen är ungefär den dubbla, varav 0,2 TWh består av effektivisering av befintlig kapacitet och 0,8 TWh genom uppstart av ca 2000 nedlagda kraftverk. Nybyggnation i små vattendrag med miljöhänsyn kan ge 0,5 TWh och slutligen komplettering med små kraftverk i våra skyddade älvar, där miljöpåverkan kan anses bli obetydlig.

I Energimagasinet nr 1 2006 finns en mindre artikel om småskalig vattenkraft. Enligt denna bidrar befintlig småskalig vattenkraft med omkring 1,5 TWh elenergi per år i det svenska kraftsystemet. Med en utökning av de 1,5 TWh från den småskaliga vattenkraften med 5 % (som uppges vara möjligt för ett specifikt kraftverk enligt Thorburn och Leijon (2005)) blir resultatet en ökning med 0,75 TWh. I artikeln nämns att branschföreträdare uppskattar den totala potentialen för småskalig vattenkraft till uppemot 5 TWh.

Tabell 6.2 Potentialbedömningar för vattenkraft

Källa	Energi- slag	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp- skattning	Bakomligg- ande källor ¹³	Övriga kommentarer
Energi- myndigheten (2004a)	Vattenkraft (utöver dagens produktion)	3,1 +0,2	2015-2020	Praktisk				Renovering av befintlig, storskalig vattenkraft
IVA (2002)	Vattenkraft (utöver dagens produktion)	Ca 5	Ej angivet	Praktisk, långt driven miljö- anpassad		27 öre/kWh	Svenska kraftverks- föreningen inför SOU 1995:139	
Elforsk (2003)	Vattenkraft (utöver dagens produktion)	Ca 10	Ej angivet	Ekonomisk, två fall:	Utbyggnads- kostnad <3 kr/kWh, år	28,2 öre/kWh	SOU 1996:155. Även upp- gifter från Energi- myndigheten (2005)	30 års avskrivnings- tid, 8 % real kalkyl- ränta. Elproduktions- kostnad
		Ca 27			Utbyggnads- kostnad <5 kr/kWh, år	45,9 öre/kWh		
Frauenhofer (2004)	Vattenkraft (utöver dagens produktion)	Ca 18	2020	Realiserbar	Totalt för Sverige: 76,5 TWh (>10 MW) samt 6,5 TWh (<10 MW)	2,5-25 €cent/kWh		Annan indelning av storskalig (>10 MW) och småskalig (<10 MW)
EU- kommisionen (2004)	Storskalig vattenkraft (utöver dagens produktion)	Ca 2	"Mid-term"	Realiserbar	Befintlig årsproduktion om ca 70 TWh			Oklart om EUs def. av småskalig vattenkraft (<10 MW) används
	Småskalig vatten- kraft (utöver dagens produktion)	Ca 2						

¹³ Bakomliggande källor anges i potentialbedömningarna ofta utan fullständig referens. Därav blir refereringen ofullständig även i denna rapport

Källa	Energi- slag	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp- skattning	Bakomligg- ande källor ¹³	Övriga kommentarer
Närings- departementet (2000)	Vattenkraft	Ca 130	Ej angivet	Teknisk	Kraftverk >1,5 MW		Nutek Energi- rapport (1993)	Antagen normalårs- produktion: 64 TWh
		Ca 90		Ekonomisk				
		Ca 6 (utöver dagens produktion)		Realiserbar utbyggnad	Med miljöhänsyn			
LRF (2005)	Småskalig vattenkraft (utöver dagens produktion)	Ca 2	2020	Realiserbar	Med EUs definition anges bef prod. 4,5 TWh och potential på 8 TWh.			Utbyggnad i små och stora (idag skyddade) vatten med miljöhänsyn
Energi- myndigheten (2004b)	Vattenkraft (utöver dagens produktion)	0,75	2015	Praktisk, samlad bedömning				Samlad bedömning av nedanstående uppgifter
		0,43	2010	Planerad utbyggnad	50 GWh småskalig, övrigt uppgraderingar av storskalig			
		0,15	2015	Planerad utbyggnad	20 GWh småskalig, övrigt uppgraderingar av storskalig			
	Vattenkraft	Ca 200	Ej angivet	Naturlig, total	Även bäckar		SOU 1974:22 och SOU 1974:64	
	Vattenkraft	Ca 128-130	Ej angivet	Teknisk			SOU 1974:22 och SOU 1974:64	<i>"En så hög utnyttjning av naturen skulle bli förenad med... ...helt orealistiska kostnader."</i> (1974:64)

Källa	Energi- slag	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp- skattning	Bakomligg- ande källor ¹³	Övriga kommentarer
	Vattenkraft (utöver dagens produktion)	Ca 3	Ej angivet	Teknisk	Renovering av befintlig storskalig vattenkraft		Energimyn- digheten (2004)	
Energi- myndigheten (2004b)	Vattenkraft	Ca 73	Ej angivet	Ekonomisk			SOU 1974:22	National-älvarna, 15 TWh, samt ytterligare 2 TWh ansågs ekonomiskt motiverade men undantogs
	Vattenkraft	Ca 77	Ej angivet	Ekonomisk			SOU 1974:64	National-älvarna, 15,5 TWh, samt ytterligare 2,7 TWh ansågs ekonomiskt motiverade men undantogs
	Vattenkraft	90	Ej angivet	Ekonomisk	63,5 TWh anses utbyggd (normalår)		SOU 1995:140	Stora och små kraftverk. 21 TWh från skyddade vatten.
	Vattenkraft (utöver dagens produktion)	5	Ej angivet	Ekonomisk och realistisk	Skyddade vattendrag borträknade		SOU 1995:140	<i>"En sådan utbyggnad kräver dock en annan inställning till vattenkraft- utbyggnad..."</i>
	Vattenkraft	32,6 (=tot potential 98 TWh)	Ej angivet	Utbyggnad, ekonomisk		Utbygg- nadskost- nad <15 kr/kWh, år	SOU 1996:155	Osäkert hur stor del i skyddade vattendrag

Källa	Energi- slag	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp- skattning	Bakomligg- ande källor ¹³	Övriga kommentarer
	Vattenkraft	10 (=tot potential 75 TWh)	Ej angivet	Utbyggnad, ekonomisk		Utbygg- nadskost- nad <3 kr/kWh, år	SOU 1996:155	Osäkert hur stor del i skyddade vattendrag
	Småskalig vattenkraft (utöver dagens produktion)	Ca 2	Ej angivet	Ekonomisk	Vattenkraft <1500 kW		SOU 1983:49	Verklig potential möjligen betydligt större
		Ca 0,5	Ej angivet	Ekonomisk	Exklusive skyddade vattendrag	Utbygg- nadskost- nad <2 kr/kWh, år	Statens Energiverk (1984)	0,2 TWh av dessa byggdes 1984-86. 1,8 TWh befintlig produktion (1984).
		Ca 2,5	Ej angivet	Ekonomisk	Exklusive skyddade vattendrag	Utbygg- nadskost- nad <3 kr/kWh, år		
	Vattenkraft (utöver dagens produktion)	Ca 10	Ej angivet	Ekonomisk, två fall:	Utbyggnads- kostnad <3 kr/kWh, år	28,2 öre/kWh	Elforsk, El från nya anläggningar (2003)	30 års avskrivnings- tid, 8 % real kalkylränta. Elproduktions- kostnad
		Ca 27			Utbyggnads- kostnad <5 kr/kWh, år	45,9 öre/kWh		

Av de potentialer som redovisats ovan kan konstateras att den realiserbara potentialen till stor del är en politisk fråga. Omläggningen av politiken kring vattenkraftens utbyggnad tog sin början på 1970-talet, då man drog ned på takten i den tidigare snabba utbyggnaden. På 1990-talet hamnade miljöhänsyn i fokus, vilket i princip har inneburit att vattenkraft-produktionen frusits på dåvarande nivå (Energimyndigheten, 2004a). Det utrymme som ändå lämnas verkar av de flesta utredningar att döma hamna mellan totalt 2 och 5 TWh/år.

Av dessa 2-5 TWh förefaller effektiviseringen av befintliga kraftverk vara ett av de säkrare tillskotten på 5-15 års sikt. Även en viss utbyggnad av mindre kraftverk i både små och stora vattendrag förefaller ha en relativt snabbt tillgänglig potential. I 1997 års energipolitiska program gjordes en satsning på investeringsstöd för småskalig vattenkraft som var tänkt för renovering och driftsättande av tidigare nedlagda kraftverk, samt i viss mån nybyggnation. Denna satsning föll inte väl ut då och programmet är utgången (Energimyndigheten, 2004b). Men potentialen kvarstår och kan vara aktuell under nya förutsättningar.

En motkraft till denna utveckling uttrycks genom en viss oro från branschen. Man hävdar att omförhandlingar av vattendomar idag ofta leder till minskad produktion. En kartläggning av åtta omprövningar mellan 1999 och 2005 visade att elproduktionen minskade med minst 5 % varje gång ett vattenkraftverk utsätts för en omprövning. Inte någon omprövning resulterade i oförändrad eller ökad elproduktion. Om elproduktionen skulle minskas med fem procent i alla vattenkraftverk motsvarar det en förlust på 3 TWh/år. (Svensk Energi, 2005) Huruvida resultaten för denna studie är överförbara på den samlade svenska vattenkraftproduktionen är dock högst osäkert.

Den tekniskt tillgängliga och ekonomiskt rimliga potentialen är ansamlade i uppskattningar omkring 10 TWh/år samt omkring 30 TWh/år. Att döma av beräkningar från Elforsk (2003) kan denna uppdelning vara beroende av vilka utbyggnadskostnader man räknar med att kunna bära. Enligt Elforsk motsvarar dessa potentialer utbyggnadskostnader upp till 3 öre/kWh, år respektive upp till omkring 5 öre/kWh, år.

Merparten av studierna anger inte något tydligt tidsperspektiv för utbyggnadspotentialen. Vissa angivanden av ungefärliga tidsperspektiv finns exempelvis i de europeiska studierna och enstaka svenska studier (ex. Energimyndigheten, 2004a och LRF, 2005). Bland dessa är skillnaden i bedömning också relativt stor, alltifrån Energimyndighetens bedömning av en sannolik, realiserbar potential om 0,75 TWh till 2015 till Frauenhofer (2004) med en bedömd, realiserbar potential om 18 TWh till 2020.

För övrigt skiljer de uppskattade potentialerna sig inte avsevärt från varandra i olika studier, vilket kan vara en följd av en lång tradition av vattenkraft och vattenkraftutredningar i Sverige. I olika studier förekommer olika avgränsningar och övriga antaganden som försvårar jämförelser, men samtidigt bidrar till att skapa en mer detaljerad bild av de olika potentialerna.

7 Vind

Under 2005 levererade den svenska vindkraften omkring 0,9 TWh el (Svensk Vindkraft, 2006). Enligt Energimyndigheten (2006) utgör summan av projekt som är under byggnation, som har fått tillstånd och som är under prövning (antingen på regeringsnivå eller hos miljödomstolen) ca 7 TWh. Inget av dessa projekt har en beräknad byggstart senare än 2010. Flera av dem har fått tillstånd och byggstart beräknas till 2006-07 .

Den svenska riksdagen antog i juni 2002 ett nationellt planeringsmål för vindkraft på 10 TWh t o m 2015. Målet anger ramen för de nationella anspråk som vindintresset har på tillgång till mark- och vattenområden och utgör därmed inte ett utbyggnadsmål. 4 av de 10 TWh i planeringsmålet har brutits ner länsvis inom den svenska territorialgränsen vilket omfattar placeringar både på land och till havs i kustnära områden (Energimyndigheten, 2003). De resterande 6 TWh antas förläggas på grundområden utanför territorialgränsen, d v s långt ut till havs.

Energimyndigheten gör bedömningen att vindförhållandena i Sverige är så pass goda att 7 TWh skulle kunna produceras på land och 22 TWh till havs år 2050 (Urban Bergström, 2005).

I ”Vindkraften i Sverige”, en utredningsrapport avseende områden med särskilt goda vindförutsättningar och förslag till planeringsmål för vindkraften mm (Energimyndigheten, 2001a), så uppskattas den teoretiska potentialen för vindkraft till havs till 40-50 TWh. Man flaggar även för att det är rimligt att öka planeringsmålet efter 2015.

I ”Building sustainable energy systems – Swedish experiences” (Energimyndigheten 2001b) uppskattar man ett realistiskt mål för vindkraft på 15-22 TWh. Inget årtal anges direkt utan man konstaterar att detta mål ligger i linje med EUs målsättning om 12 procent förnybart år 2010. En teknisk potential anges till 29 TWh.

Energimyndigheten gör även i sin översyn av elcertifikatsystemet (2005) en sammanställning av potentialbegreppen för vindkraft delvis hämtad ur andra studier. Bl a anges den naturliga potentialen till mer än 150 TWh (inget årtal). Detta bygger bl a på en äldre studies uppskattning av den landbaserade vindkraftens potential (Norrländ och några län i Mellansverige undantagna) till 37-70 TWh (SOU, 1988). Utifrån ytterligare en annan studie (SOU, 1999:75) så gör Energimyndigheten uppskattningen att den naturliga potentialen är 44 TWh med hela Norrländ undantaget. Den tekniska potentialen anges i samma källa till 30 TWh (inget årtal). Denna potential begränsas av förmågan hos det övriga elsystemet att balansera vindkraften på ett kostnadseffektivt sätt. Liksom flera andra litteraturkällor (se t ex Garrad Hassan, Greenpeace 2004) använder sig Energimyndigheten härvid av riktvärdet att den tekniska potentialen motsvarar

20 procent av den inhemska elförbrukningen. Den ekonomiska potentialen utgår ifrån hur mycket som är utbyggbart till en kostnad i spannet 45-65 öre/kWh. Denna antas överensstämma med den tekniska potentialen. Den praktiska potentialen tar hänsyn till begränsningar i utbyggnadstakten i form av ledtider med t ex tillståndsprocessen som en viktig begränsande faktor. Denna potential uppskattas till 20 TWh år 2015 och närmare 60 TWh år 2025. Slutligen anges den rimliga potentialen till 4,2 TWh år 2010 och 10 TWh år 2015 vilket stämmer överens med planeringsmålet. Den rimliga potentialen är bl a ett resultat av ett antal intervjuer som utförts av Energimyndigheten.

Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Fjärrvärmeföreningen, och Kraftverksföreningen (nuvarande Svensk Energi) (1999) diskuterar kring beteckningarna teoretisk och praktisk potential (eller marknadspotential). Den teoretiska potentialen definieras som en fysisk tillgång av en resurs efter avdrag för tekniska och miljömässiga begränsningar. För den landbaserade vindkraften anger man 7 TWh som en teoretisk potential samt 6 respektive 1 TWh som en praktisk potential ("praktisk hög" respektive "praktisk låg") år 2050. För den havsbaserade vindkraften gör man motsvarande uppskattning till 22, 14 respektive 0 TWh.

I rapporten "Ett uthålligt elsystem för Sverige" (Elforsk, 1996) uppskattar man den tekniska potentialen till 25 TWh. I den framtidsbild över det svenska kraftsystemet år 2050 som målas upp nöjer man sig dock med att 10 TWh kommer från vindkraften.

I "Förnyelsebara energikällor i Nordelsystemet" (Nordiska Ministerrådet, 1991) gör man bedömningen att potentialen i Sverige är 25 TWh vid den förbrukningsnivå, produktionsapparat och överföringssystem som var utbyggt 1990.

Både Svensk Energi (2006) och Naturvårdsverket (2005) refererar i aktuell information till en allmän bedömning att vindkraften i Sverige på lång sikt kan leverera i storleksordningen 25-30 TWh.

Azar och Lindgren (1998) målar i "Energiläget 2050" upp en bild av hur energiförsörjningen kan se ut i Sverige år 2050 under två olika scenarieförutsättningar. I denna studie står vindkraften för 20 eller 25 TWh, beroende på scenario.

I "Renewable energy policy in IEA countries, Vol II" (IEA, 1998) uppskattar man den svenska potentialen till 3-7 TWh på land (sedan man tagit hänsyn till militära och andra nationella intressen samt naturresurs- och miljömässiga och institutionell aspekter) och 20 TWh till havs.

I rapporten "Large scale integration of renewable energy resources into the EU energy system" (Fraunhofer Institute, 2004) uppskattar man den realiserbara potentialen ("realisable potential") för vindkraft i Sverige till 9,5 TWh (land) respektive 15,8 TWh (hav) år 2020.

ECN Petten (2004) gör i "Potentials and costs for renewable electricity generation" en bedömning av den realistiska potentialen på 36,4 TWh (land) respektive 3,8 TWh (hav). I rapporten antyder man att den realistiska potentialen inte har något årtalsberoende eftersom det inte finns några tekniska begränsningar relaterade till den tillgängliga arealen för vindkraft. Man förväntar sig inte att teknisk utveckling kommer att leda till att andra arealer kan tas i anspråk utöver de som redan inkluderats. Anmärkningsvärt är den relativt låga siffran för havsbaserad vindkraft.

I "The share of renewable energy in the EU" (EC, 2004) gör man en bedömning av "the mid-term potential" på omkring 10 TWh för land och 13 TWh för hav i Sverige år 2020.

I rapporten "Concerted action on offshore wind energy in Europe" (Delft University et al. 2001) så uppskattar man produktionen från havsbaserad vindkraft till 22,5 TWh (motsvarande 7 GW) i Sverige (inget årtal).

Wijk and Coelingh (1993) uppskattar den tekniska potentialen för landbaserad vindkraft i Sverige till 41 TWh.

I rapporten "Renewable energy burden sharing – REBUS" (ECN Petten, 2001) är syftet att kartlägga potentialer och kostnader för förnybar elproduktion för varje medlemsstat inom EU. Detta som utgångspunkt för ett EU-gemensamt system för gröna certifikat. För Sveriges del görs bedömningen att den realiserbara potentialen utgör 3,8 TWh (land) år 2010. Motsvarande potential för havsbaserad potential är noll. Däremot är den realistiska potentialen för havsbaserad vindkraft satt till 4,7 TWh år 2010 (omkring 3,8 TWh för landbaserad, d v s samma som den realiserbara). Det som ytterligare begränsar den realiserbara potentialen jämfört med den realistiska potentialen är den globala produktionstakten för tillverkning av vindkraftverk.

EWEA och EC DG for Energy gör i sin rapport "Wind Energy – The facts" (1997) bedömningen att den tekniska vindkraftpotentialen i Sverige är 58 TWh (inget årtal angivet). Detta baseras på Wijk and Coelingh (1993) för landbaserad samt en svensk uppskattning för havsbaserad vindkraft. Den realistiska potentialen anger man till 35,2 TWh. Denna potential definieras i rapporten som det minsta värdet mellan den tekniska potentialen och 20 % av den inhemska elförbrukningen. I en senare utgåva av denna studie (från 2003; se www.ewea.org) har potentialuppskattningarna ändrats något. Där utgår man ifrån Wijk and Coelingh (1993) för den landbaserade, d v s 41 TWh, och från Delft University et al. (2001) ("Concerted action on offshore wind energy in Europe") för den havsbaserade vindkraften, d v s 22,5 TWh. Totalt m a o 63,5 TWh. Dessutom anges målnivåer för vindkraft inom Europa. För Sveriges del anges siffran 5,3 TWh (motsvarar 2,5 GW) utöver det som producerades 2001 till år 2010.

Konsultföretaget Garrad Hassan, med expertis och erfarenheter kring studier av vindkraft runt om i världen, gjorde på uppdrag av Greenpeace rapporten "Sea Wind Europe" (Garrad Hassan, 2004) där syftet var att visa på möjligheten för havsbaserad vindkraft att år 2020 i Europa generera ca 30 % av dagens elförbrukning, motsvarande ca 720 TWh el från havsbaserad vindkraft. För Sveriges del innebar detta att havsbaserad vind står för 47,2 TWh år 2020. Studien är upplagd som att siffrorna skall vara både realistiska och realiserbara.

Motsvarande realiserbar potential betyder att vi tolkat källans siffror som just det. Dessa siffror har karaktären av "faktiskt framtida utfall" d v s ingår i ett scenario.

Tabell 7.1 Potentialbedömningar för vindkraft

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Övriga kommentarer
Energiproposition 2001/02:143	10	2015	Planeringsmål	
STEM (?) och IVA (2003)	29	2050	Realistisk potential	
STEM (2004) ¹⁴	>150	En angivet	Naturlig potential	
	30	Ej angivet	Teknisk och ekonomisk potential	
	6,5	2010	Praktisk potential	
	20	2015		
	37	2020		
	57	2025	Rimlig potential	
	4,2	2010		
10	2015			
Energimyndigheten (2001a)	40-50	Ej angivet	Teoretisk potential	Enbart till havs
Energimyndigheten (2001b)	15-22	Ej angivet	Realistiskt mål	
	29	Ej angivet	Teknisk potential	
Naturvårdsverket et al. (1999)	29	Ej angivet	Teoretisk potential ¹⁵	
	20 alt 1	Ej angivet	Praktisk potential	
Elforsk (1996)	25	2050	Teknisk potential	
Nordiska Ministerrådet (1991)	25	Ej angivet	Realiserbar potential	
	10	2050	Realiserbar potential	
Azar och Lindberg (1998)	20 alt 25	2050	Realiserbar potential	
Wizelius (2002)	30	Ej angivet	Rimligt mål	
IEA (1998)	23-27	Ej angivet	Realiserbar potential	
Fraunhofer Institute (2004)	25,3	2020	Realiserbar potential	
ECN (2004)	40,2	Ej angivet	Realistisk potential	
EC (2004)	23	På medellång sikt	Ej angivet	
EWEA (2003)	5,3	2010	Mål	
	63,5	Ej angivet	Teknisk potential	

¹⁴ Sammanställning i huvudsak av andra källor¹⁵ Teoretisk potential avses i denna källa den fysiska potentialen efter avdrag för fysiska och miljömässiga begränsningar

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Övriga kommentarer
EWEA (1997)	58	Ej angivet	Teknisk potential	
	35,2	Ej angivet	Realistisk potential	
Delft University et. al. (2001)	22,5	Ej angivet	Realiserbar potential	Enbart till havs
Wijk and Coelingh (1993)	41	Ej angivet	Teknisk potential	Enbart på land
ECN (2001)	3,8	2010	Realiserbar potential	
	8,5	2010	Realistisk potential	
Garrad Hassan (2004)	47,2	2020	Realiserbar potential	Enbart till havs

Den realiserbara/rimliga potentialen för vindkraft till år 2010 anges av två källor till 3,8 respektive 4,2 TWh. Detta är alltså kortsiktiga potentialer som inkluderar ekologiska, tekniska, ekonomiska begränsningar samt begränsningar i produktionskapaciteten av nya vindkraftverk. Bedömningarna kan sägas överensstämma väl med varandra. Ser man på något längre sikt (år 2020) anges den realiserbara potentialen av två källor till 25,3 respektive 47,2 TWh. Den större bedömningen innefattar dessutom enbart havsbaserad vindkraft. Ytterligare en källa nämner en praktisk potential till år 2020 på 37 TWh. För år 2020 kan man därmed konstatera att bedömningarna skiljer sig åt relativt mycket. Ser man till potentialbedömningar på ännu längre sikt tillsammans med de bedömningar som inte anger något årtal varierar potentialen mellan 1 och 63,5 TWh (exklusive en bedömning av naturlig potential på >150 TWh).

8 Våg

Vågkraft är en energikälla som studerats i hundratals år. Sedan oljekrisen på 1970-talet har forskningen intensifierats, inte minst i Europa, och trots en trög utveckling börjar tekniken nu möjligen närma sig marknadsmognad. Ett antal mer eller mindre kommersiella pilotanläggningar finns uppförda i världen. (Clément et.al. 2002)

Några nationella mål eller andra politiska riktlinjer kring vågkraft finns inte specifikt uttalade. Däremot pågår i nuläget delvis statligt finansierad forskning på Ångströmlaboratoriet på Uppsala universitet med målet att utveckla ny vågkraft-teknik.

Havsvågor utgör en naturlig kollektor av vindenergi. Energiinnehållet i en våg är proportionellt i kvadrat mot vågens amplitud och period. En våg med perioden 7-10 m/s och amplituden 2 m innehåller typiskt omkring 40 till 70 kW per meter våg. (Clément et.al. 2002)

Av den inkommande vågenergin har det genom praktiska försök visats att en punktabsorbator (en typ av vågkraftverk) kan nyttiggöra upp till 20 % av energin. I ett nätverk av sådana punktabsorbatorer kan i teorin uppemot 50 % av de inkommande vågornas energi nyttiggöras. (Bernhoff et.al. 2003)

I svenska vatten beräknar man en utnyttjningsgrad för vågkraftverk på 35-50 % av tiden över året, i större hav kan den vara upp till 70 %. (Ångströmlaboratoriet, 2006)

Potentialen för vågenergi i Sverige har bedömts i ett antal olika presentationer och rapporter. Den senaste utvärderingen gjordes av Vattenfall (2006) i samband med sjösättandet av det första svenska försökskraftverket på många år, vid Islandsberg på västkusten. I denna redovisning uppskattas potentialen i svenskt vatten till 15-20 TWh/år. I samband med Islandsbergprojektet kommer Vattenfall att göra en lokaliseringsstudie för en demonstrationsanläggning med 10 MW effekt.

Ett antal populärvetenskapliga artiklar har presenterats i samband med det aktuella forskningsprojektet, bl a i Nordisk Energi nr 4/2006, Ny teknik samt Forskning och Framsteg nr 4/2004. I dessa refereras professor Mats Leijon, projektledare vid Ångströmlaboratoriet, som nämner en svensk, teknisk potential på 10 TWh.

År 2004 gjordes en översyn av elcertifikatsystemet (Energimyndigheten, 2004). I och med denna gick man igenom potentialen för olika certifikatsberättigade energislag, däribland vågkraft. Här noterades att planer finns för kommersiella anläggningar med en kapacitet på 30-40 GWh/år som skulle kunna byggas med början år 2008. Med hänvisningar till Bernhoff et.al. (2003) och en intervju med professor Mats Leijon sägs att den tekniska potentialen i den svenska delen av Östersjön är 8 TWh. Då har hänsyn tagits till farleder och andra intressen i havet. 2-4 TWh tillkommer längs västkusten. En utbyggnad till 10 TWh uppskattas kunna ta 50 år.

År 2005 gjorde Energimyndigheten även en genomgång (Energimyndigheten, 2005) av läget för svensk vågenergi, avseende forskning och utveckling, däribland potentialbedömningar. Här angavs potentialen för Östersjön till 8 TWh/år, och utöver det en potential för 2-4 TWh/år längs västkusten. Den förstnämnda siffran är hämtad ur Bernhoff et. al. (2003) och den senare från en rapport av Energi-myndigheten (2004) om systemet med elcertifikat. I genomgången nämns även en förstudie där Swedish Seabased Energy AB (kopplat till Ångströmlaboratoriet i Uppsala) ska studera möjligheterna till kommersialisering av vågenergi längs Bohuskusten. En anläggning på ca 12 MW eller ca 50 GWh/år ska planeras och beskrivas i detalj (jämför Vattenfall (2006)). År 2003 gjordes en studie av Bernhoff et.al. (2003) om vågenergiressurerna i Östersjön, där den samlade, tekniska potentialen för Östersjön utifrån ett antal relativt väl definierade förutsättningar beräknades. Utgångspunkten var vågkraftparker med 389 punkt-absorbatorer utplacerade i ett hexagonalt mönster med en total diameter på 600 m. Avstånden mellan respektive punktabsorbator var 30 m. Flera sådana parker placeras ut i havet, också dessa i ett hexagonalt mönster, med ett avstånd på 6,5 km från varandra. Studien visade på en potential i hela Östersjön om 24 TWh/år och av detta bedöms ca en tredjedel, 8 TWh, finnas inom svenskt vatten och inom svensk ekonomisk zon. I det fallet exkluderades alltså vågenergiressurerna längs västkusten. Den praktiskt tillgängliga potentialen är dock mindre än så. Den begränsas av bland annat farleder och olika skyddade områden i havet som inte kan tas i anspråk för omfattande vågkraftparker.

I en review från 2002 (Clément et.al. 2002), med ett europeiskt perspektiv, finns också uppgifter med viss relevans för Sverige. Här anges vågenergin i Nordsjön till mellan 10 och 21 kW/m våg. För den del av Nordsjön som angränsar till den svenska västkusten kan en vågeffekt någonstans däremellan antas, sannolikt i den lägre delen av skalan. Där anges att ett antal platser längs den svenska kusten kan lämpa sig för vågkraft; västkusten mot Nordsjön samt runt Öland och Gotland. Tekniskt tillgänglig energi bedöms vara 5-10 TWh/år.

I DESS slutrapport (2000) anges en svensk, teoretisk bruttopotential på 34 TWh. Siffran saknar referens, man hänvisar endast till vad som "anses" utgöra en potential. Dessa oklarheter noteras av Bernhoff et.al (2003).

Fraunhoferinstitutet har i en utredning (2004) om tillgången på förnybara energikällor inom EU uppskattat den faktiskt realiserbara potentialen för vågenergi i Sverige till år 2020. Uppskattningen är ca 100 GWh, alltså ungefär det dubbla i förhållande till de planer som Ångströmlaboratoriet med finansiärer (däribland Vattenfall) planerar till någon gång efter år 2010.

Även EU-kommissionen (2004) har gjort en uppskattning av tillgången på vågenergi i Sverige. Potentialen är sammanslagen med potentialen för tidvattenenergi, men några sådana uppskattningar har inte kunnat hittas i övriga rapporter, varför vi här utgår ifrån att uppskattningen helt avser vågenergi. I den uppskattas en möjlig utbyggnad, ”mid-term potential”, till ca 3 TWh.

Källa	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisuppskattning	Bakomliggande källor	Övriga kommentarer
Vattenfall	15-20	Ej angivet	Teoretisk				Uppskattning
Energimyndigheten (2004)	10-12	Ca 50 år	Teknisk	Hänsyn tagen till farleder m.m.	Ca 45 öre/kWh	Bernhoff et al. (2003), intervju prof. Mats Leijon	
Energimyndigheten (2005)	10-12	Ej angivet	Teknisk	Östersjön och västkusten		Bernhoff et al. (2003) och Energi-myndigheten (2005a)	
Leijon (2006)	10	Ej angivet	Teknisk				
Frauenhofer (2004)	0,1	Ej angivet	Realiserbar				
EU-kommissionen (2004)	3	Ej angivet	"Mid-term"	Realiserbar			
Bernhoff et al. (2003)	8	Ej angivet	Teknisk	Östersjön, specifik metod			
Clement et al. (2002)	5-10	Ej angivet	Teknisk	Baseras på vågberäkningar			
DESS (2000)	34	Ej angivet	Brutto, teoretisk				

Förutom vågkraft finns även andra möjligheter för kraftproduktion ur olika vattenrörelser. Ångströmlaboratoriet bedriver forskning kring kraftproduktion under vattnet i strömmande vatten, vilken kan användas i älvar och åar, samt i tidvattenströmmar och andra vattenströmmar i sjöar och hav. (Ångströmlaboratoriet, 2006b)

Den relativt begränsade kunskap som finns på området vågenergi pekar mot en tekniskt tillgänglig potential på 10-12 TWh längs svenska kuster. Hur mycket av denna potential som faktiskt kommer att byggas ut och med vilken ekonomi är på grund av den låga mognadsgraden hos tekniken mycket svårt att uppskatta idag. Den kring den havsbaserade vindkraften växande kunskapen om offshore-installationer, torde kunna innebära viss draghjälp, exempelvis avseende nätanslutningar.

Några egentliga tidsperspektiv är svåra att ge, men Mats Leijon har uttryckt att en full utbyggnad kan ta 50 år, medan EU-kommissionen (2004) anger att potentialen i ett "mid-term"-perspektiv är 3 TWh.

9 Åker

Dagens produktion av bioenergi från jordbruket uppgår till cirka 1 TWh, fördelat på 0,5 TWh halm, 0,3 TWh spannmålsetanol, 0,2 TWh energiskog (salix) och 0,02 TWh raps (LRF, 2005). Intresset är dock ökande bland annat beroende på stagnerande priser på traditionella jordbruksprodukter, ökade priser för bio-bränslen samt förändringar av EU:s jordbrukspolitik. Idag finns ett stort antal bedömningar som utförts vilka pekar på stora outnyttjade potentialer. Vanligen finns dessa bedömningar tillsammans med bedömningar av potentialen från skogen. Nedan beskrivs några av dessa potentialer. I avslutningen av detta kapitel finns även en tabell där dessa, tillsammans med ytterligare några potentialbedömningar, beskrivs kortfattat.

Börjesson (2001) har gjort en bedömning av de fysiska/tekniska potentialerna för biobränsle från skog och åker. Studien visar resultaten på länsnivå och de summerade bedömningarna för hela Sverige ger en långsiktig potential ("ett par decennier fram i tiden") av energiskog (salix) och rörflen på 21 TWh och för halm 6,1 TWh. Potentialen för salix och rörflen har beräknats utifrån uppgifter om att åkerarealen tillgänglig för energiskogsodling/odling av rörflen uppgår till 400 000 ha (Naturvårdsverket, 1999). Dessutom antas att salix odlas i Götaland och Svealand medan rörflen odlas i Norrland. Skördenivån i olika delar av landet baseras på en studie utförd av Lindroth och Båth (1999). Potentialen för halm baseras på arealen för spannmålsodling vilken uppges uppgå till 1,1 miljoner ha¹⁶. I bedömningen finns inga begränsningar till följd av ekonomiska eller ekologiska faktorer.

I förslaget till Svensk klimatstrategi uppskattar klimatkommittén (2000) en bruttopotential år 2010 för energiskog och energigrödor till 20-30 TWh. Efter tekniska, ekonomiska och ekologiska restriktioner uppgår dock potentialen till endast 1-2 TWh. Den lägre uppskattningen baseras på en underlagsstudie utförd av Jordbruksverket (1999) där man uppskattar en realiserbar potential till 2010 på 1 TWh energiskog (motsvarande 36 000 ha) och 0,3 TWh spannmål för etanolproduktion (25 000 ha)¹⁷. För att uppfylla denna potential bedömer Jordbruksverket att stöd till nyplantering av energiskog måste finnas under hela perioden. Därigenom är det möjligt att få ett årligt tillskott på 2 000 ha vilket skulle leda till att man år 2010 uppnår 36 000 ha. Sedan år 2000 har dock arealen för energiskog varit i stort sett konstant vilket innebär att den bedömda potentialen blir svår att uppnå.

¹⁶ Som jämförelse kan nämnas att arealen för spannmålsodling uppgick till drygt 1,1 miljoner ha år 2004.

¹⁷ Som jämförelse kan noteras att Agroetanols påbörjade utbyggnad av etanolfabriken i Norrköping kommer att innebära ett ökat behov av spannmål från en areal motsvarande ca 75 000 hektar år 2008.

LRF har under 2005 uppdaterat sin rapport "LRFs energiscenario till 2020" (LRF, 2005) som tidigare getts ut åren 1995 och 1998. Med anledning av förändringar i omvärlden som i de flesta fall lett till en större konkurrenskraft för bioenergi har man valt att uppdatera dessa rapporter. Generellt gäller att tillgången på bi-produkter från jordbruket helt beror av produktionen av traditionella vegetabilier och animalier medan odlade energigrödor är ett alternativ till odling av spannmål och andra grödor. LRF uppger att intresset för denna alternativa produktion ökar i takt med att priserna på traditionella jordbruksprodukter sjunker samtidigt som stödet till lantbruket frikopplas från produktionen.

Halm är en biprodukt som är kopplad till spannmålsproduktionen. En viss del av den halm som uppkommer åtgår för djurhållning och ytterligare en del bör ligga kvar på åkern för att bibehålla jordens produktionsförmåga. En teoretisk potential efter hänsyn till dessa restriktioner bedöms av LRF uppgå till 15-20 TWh. En praktiskt möjlig potential bedöms dock uppgå till 7 TWh (samma som LRFs tidigare bedömningar). Andra biprodukter är gödsel och rester från vegetabilieproduktion som kan nyttjas för framställning av biogas. Enligt LRF uppgår denna potential till 4 TWh (vilken grundas sig på bedömningar från JTI).

I takt med att priset på biobränsle stiger samtidigt som priset på råvaror för livsmedelsproduktion stagnerar ser LRF ett ökat intresse för energigrödor. Man antar som ett möjligt scenario att huvuddelen av den areal som idag åtgår för exportgrödor samt utnyttjad trädesareal kan komma att utnyttjas för odling av energigrödor. Denna areal uppgår idag till 500 000 – 600 000 ha, vilket beroende på val av gröda ger en energimängd på 10 – 20 TWh (Börjesson, 2001 ovan anger att 400 000 ha energiskog ger 21 TWh). I ett något kortare perspektiv anger man en möjlig potential för salixodlingar på 100 000 ha, motsvarande 4 TWh för år 2020 (givet fortsatt gynnsam prisutveckling för biobränslen gentemot grödor för livsmedelsproduktion).

Andra grödor som kan vara lämpliga att utnyttja som biobränslen är enligt LRF spannmål, rörflen och hampa. Spannmål ser man främst som ett möjligt bränsle på gårdsnivå medan rörflen ses som ett alternativ till salix i norra Sverige. Baserat på en bedömning av Lantmännen uppger LRF potentialen från spannmål till 100 000 ton. Potentialen för rörflen anger LRF till ca 1 TWh, baserat på bedömningar om en tillgänglig odlingsareal på 30 000 ha. Den summerade potentialen för de tre bränslena anges till 2 TWh.

Potentialen för etanolproduktion från spannmål och sockerbetor bedöms av LRF för år 2020 till 5 TWh. För spannmålen anges att den producerade mängden som idag går på export (motsvarande ca 4 TWh år 2004) istället kan användas för etanolframställning. Potentialen för etanol från sockerbetor har hämtats från Sveriges Betodlares Centralförening som uppger att man på sikt kan producera 1 TWh etanol från sockerbetor. Drank, som är en restprodukt från etanolproduktionen används idag till foder, LRF nämner dock att denna även kan användas för framställning av biogas. Det är värt att notera att arealen för

spannmålsproduktion ovan även antagits utgöra tillgänglig yta för odling av energigrödor, därmed sker en dubbelräkning när potentialerna summeras.

Potentialen för odling av raps bedöms, med nuvarande prisrelation mellan alternativa grödor, uppgå till 150 000 ha (LRF stödjer sig här på branschorganisationen Svensk Raps), vilket kan jämföras med odlingsarealen år 2004 som låg på drygt 80 000 ha. Under antagande att hälften av denna produktion blir RME (rapsmetylester) ges potentialen 1 TWh. Utvecklingen anges vara starkt beroende av regler för inblandning av RME i diesel, vilken idag begränsas till 5 %.

Totalt sett bedömer LRF att produktionen av förnyelsebar energi kan öka från dagens 1 TWh till 5 TWh år 2010 och till 23 TWh år 2020. Hälften av denna ökning bedöms komma från halm och andra biprodukter medan den andra hälften kommer från energigrödor och grödor för etanol och RME-produktion.

En potentialuppskattning med en annan infallsvinkel har utförts av Jonasson (2005) där man studerat en möjlig energiproduktion från jordbruket givet ett oljepris på 100 \$ per fat. Vid detta höga oljepris påverkas jordbrukssektorn av ökade produktionskostnader samtidigt som möjligheterna för att konkurrera med olja i energisektorn ökar. En tredje förändring är att priserna på traditionella jordbruksprodukter ökar till följd av ökade transportkostnader som främst drabbar importerade varor. I bedömningen ingår, förutom antaganden om oljepriset, att EU:s jordbruksstöd reformeras och frikopplas helt från produktionen. En modellering av jordbrukssektorn utifrån ekonomiska förutsättningar visar att det höga oljepriset kan leda till goda förutsättningar för det svenska jordbruket. Totalt uppskattas en tredjedel av den svenska åkerarealen vara ekonomiskt intressant för energiproduktion vilket ger en potential på 25,2 TWh. De största potentialerna utgörs av spannmål för etanolproduktion samt för förbränning och salix. Odlingen av salix har dock begränsats i modellen till att maximalt omfatta 10 % av den totala åkerarealen. Om denna begränsning inte införts hade arealen för salixodling kunnat utgöra uppemot 40 % av åkerarealen.

Tabell 9.1 Potentialbedömningar av bioenergi från åker

Källa	Energi- slag	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp- skattning	Bakomligg- ande källor ¹⁸	Övriga kommentarer
Svebio (2004)	Salix och rörflen	10-15	På längre sikt	Ej angivet			LRF och IVA	Utvecklingen uppges bero av EU:s jordbruks- politik och utformningen av Svenska styrmedel
	Halm	5-7						
	Grödor för drivmedel	2						
Energimyndig- heten (2004)	Salix och energigrödor	40-48	Ej angivet	Teoretisk	Bygger på tillgänglig åkerareal		SOU (1992:90)	
	Salix	15-20	Kortare perspektiv	Ej angivet			SOU (1995:140)	
	Halm	11						
LRF (2005)	Halm	15-20	Ej angivet	Teoretisk	Baseras på årlig produktion och övrig användning			
	Halm	7	2020	Praktiskt utnyttjnings- bar volym				
	Energigrödor	10-20	Ej angivet	Teknisk (baserad på tillgänglig areal)	Stigande energipriser och stagnerande spannmåls- priser. Odling på mark i träda och mark där pro- duktionen idag går på export			

¹⁸ Bakomliggande källor anges i potentialbedömningarna ofta utan fullständig referens. Därav blir refereringen ofullständig även i denna rapport

Källa	Energi- slag	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp- skattning	Bakomligg- ande källor ¹⁸	Övriga kommentarer
	Salix	4	2020	Ej angivet	Stigande energipriser och stagnerande spannmålspriser.		JTI Lantmännen (spannmål)	
	Gödsel etc för biogasproduktion	4	2020	Ej angivet				
	Spannmål, rörfilen, hampa mm	2						
	Spannmål och sockerbeter för etanolproduktion	5						
	Raps för RME	1						
Klimat- kommittén (2000)	Energiskog och energigrödor	1-2	2010	Tekniska, ekonomiska och ekologiska restriktioner	Baserat på dagens (2000) planteringstakt för energiskog		Jordbruks- verket (1999)	Används som referens i Energimyndighe- ten (2003)
		20-30		Brutto- potential	Förutsätter att EUs jordbrukspolitik gynnar etablering av energiskog och energigrödor			
Kommissionen mot olje- beroende (2006)	Åkerbränslen och restprodukter	10	2020				LRF (2005)	
		32	2050					
Börjesson (2001)	Salix och rörfilen	21	Lång- siktig	Fysisk/ teknisk potential	Arealen åkermark tillgänglig för energiskogsodling antas uppgå till 400 000 ha		Naturvårds- verket (1999)	
	Halm	6,1			Arealen för spannmålsodling antas uppgå till 1,1 miljoner ha			

Källa	Energi- slag	Potential [TWh]	År som avses	Typ av potential	Viktiga antaganden	Prisupp- skattning	Bakomligg- ande källor ¹⁸	Övriga kommentarer
Jonasson (2005) (SLF, KSLA och Lantmännen)	Spannmål till etanol	8,8	Ej angivet	Ekonomisk potential	Priset på olja uppgår till 100 \$ per fat	1,50 kr/kg vete		
	Spannmål till förbränning	6,7				1,40 kr/kg spannmål		
	Raps till RME	1,4				3,50 kr/kg raps		
	Salix	6,9				190 kr/MWh salixflis		
	Vall till biogas	1,4				0,50 kr/kg TS vall		
Ericsson och Nilsson (2006)	Salix och halm	18	2016-2026	Fysisk potential	Salix på 10 % av åkermarken (motsvarar mark i träda?)			
	Salix och halm	40	2026-2046		Salix på 25 % av åkermarken			
	Salix och halm	59	Efter 2046		Salix på 40 % av åkermarken (mark som ej behövs för att klara Sveriges behov av livsmedelsmedel)			
Börjesson (2006)	Gödsel och blast till biogas	12,9	Ej angivet	Ej angivet				Beräknas kunna ge 5,6 TWh biogas

Potentialuppskattningarna utförda av Ericsson och Nilsson (2006) tillsammans med uppskattningen för ett kort perspektiv av Energimyndigheten (2004) och den fysiska potentialen av Börjesson (2001) ger enbart bedömningar av potentialer för bioenergi från salix (eller rörflen) och halm. Energimyndighetens korta perspektiv och Ericsson och Nilssons bedömning till år 2020 visar på en potential på 18-31 TWh. I ett längre perspektiv visar Börjesson samt Ericsson och Nilsson på en potential på 27-59 TWh. Den stora variationen i bedömningarna grundar sig främst på hur stor del av dagens åkerareal man anser vara tillgänglig för odling av salix.

Börjesson (2006) behandlar enbart restprodukter från jordbruket för biogasproduktion. Bedömningen är jämförbar med LRF (2005) som anger den producerade energimängden biogas till 4 TWh (Börjesson, 2006 anger denna till 5,6 TWh).

I övriga potentialbedömningar inkluderas såväl bränslen som material som kan utnyttjas för produktion av drivmedel. LRF (2005) inkluderar, till skillnad från de övriga, även biprodukter från vegetabilieproduktion samt gödsel (4 TWh). De två teoretiska potentialerna (LRF, 2005 och Energimyndigheten, 2004) visar därmed på en relativt god överensstämmelse. När det gäller att uppskatta när dessa potentialer kan komma att utnyttjas är däremot överensstämmelsen något sämre. Potentialen på lång sikt utförd av Svebio (2005) visar vid en jämförelse med bedömningen av Kommissionen mot oljeberoende (2006) på en klart lägre potential. Den största skillnaden ges dock vid en jämförelse av bedömningarna för år 2020 där LRF (2005) uppger en potential som är 130 % högre än den som anges av Kommissionen mot oljeberoende (2006).

Referenser

Avfall

- Elforsk (2003) *El från nya anläggningar – 2003*, Elforsk rapport nr 03:04
- Energimyndigheten (2003): *Växande energi. Bioenergin i Sverige . en marknad i utveckling*. EB 1:2003
- Klimatkommittén (2000) *Förslag till svensk klimatstrategi*. SOU 2000:23
- Profu (2005) *Marknaden för RT-flis*
- Profu (2006) *Behandlingskapacitet för organiskt avfall i Sverige* RVF rapport 2006:10
ISSN 1103-4092
- Profu (2006b) *Marknadsöversikt biobränslen*, pågående utredning för Energimyndigheten
- RVF (2006) *Svensk avfallshantering 2006*
- SLU (2004) *Uppdrag rörande den framtida användningen av bioenergi i Sverige*, Umeå
- Svebio (2004) *Fokus bioenergi – biobränsle från hushålls- och industriavfall* Faktabladd nr 6

Industriell spillvärme

- Energimyndigheten (2005) *Energiläget i siffror*, ET2005:24
- SOU 2005:33, *Fjärrvärme och kraftvärme i framtiden, Betänkande av Fjärrvärmeutredningen, bilaga 2, Tekniska förutsättningar för tredjepartstillträde*
- Svensk Fjärrvärme (2002) *Industriell spillvärme, processer och potentialer*, juni 2002
- ÅF-Energikonsult (1999) *Ökat industriellt mottryck och spillvärmeutnyttjande för CO₂-reduktion – en känslighetsanalys relativt referensscenariot i Klimatrapporten, etapp I*, uppdrag av Energimyndigheten

Skog

- Biobränslekommissionen (1992) *Biobränsle för framtiden – Slutbetänkande från Biobränslekommissionen*, SOU 1992:90
- Börjesson, P (2001) *Framtida tillförsel och avsättning av biobränslen i Sverige – Regionala analyser*, Lunds Universitet, Institutionen för Teknik och Samhälle, Avdelningen för miljö- och energisystem, Rapport nr. 34
- Elforsk (2003) *El från nya anläggningar – 2003*, Elforsk rapport nr 03:04
- Energimyndigheten (1999a) *Scenarier över energisystemets koldioxidutsläpp år 2010*, Underlagsmaterial till Klimatkommittén
- Energimyndigheten (1999b) *Förnybara energikällor – nuläge och utvecklingsmöjligheter*, Underlagsmaterial till Klimatkommittén

- Energimyndigheten (2003) *Syntesrapport systemstudier bioenergi*, ER 13:2003
- Energimyndigheten (2004) *Elcertifikatöversyn – etapp 2, bilaga 8 – Potential för bio-bränsle*
- Energimyndigheten (2005) *Energiläget i siffror*, ET2005:24
- Ericsson, K. et.al (2004) *Bioenergy policy and market development in Finland and Sweden*, Energy Policy 32, 1707-1721
- Hagström, P (2006) *Biomass Potential for heat, electricity and vehicle fuel i Sweden*, Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala
- Hannus, M. (2005) *Skogsindustrins framtid i Norden – förutsättningar och planer*, Stora Enso, Föredrag för Elforskprojektet Elanvändningen i Norden, 2005-02-08
- Jacobsson, J. (2006) *Uttag av biomassa – tillgång och restriktioner*, JJ Forestry AB, föredrag vid Virkesforum 2006-09-13
- Jordbruksaktuellt (2006) *Avverkningarna rekordstora i skogen*, 2006-10-10
- Klimatkommittén (2000) *Förslag till svensk klimatstrategi*. SOU 2000:23
- Kommissionen mot oljeberoende (2006) *På väg mot ett oljefritt Sverige*
- LRF (2005) *LRFs energiscenario till år 2020*, andra remissversion
- Lundmark, R. Söderholm, P (2004) *Brännhett om svensk skog – En studie om råvarukonkurrensens ekonomi*, SNS, Stockholm
- Lönner, G. et.al (1998) *Kostnader och tillgänglighet för trädbränslen på medellång sikt*, SLU Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier (SIMS), Uppsala, Sweden, Report 51
- Naturvårdsverket (1999) *Hållbar energiframtid?: långsiktiga miljömål med systemlösningar för el och värme*, slutrapport från SAME-projektet, rapport 4965
- Nordic Energy Perspective (2006) *Ten perspectives on Nordic energy, final report for the first phase of the Nordic Energy Perspectives project*
- Nylund, Jan-Erik (2005) *Biobränsle från skogen – en fråga om värderingar*, SLU, institutionen för skogens produkter och marknader, föredrag
- Profu (2006) *Marknadsöversikt biobränslen*, pågående utredning för Energimyndigheten
- Skogsindustrierna (2006) *Biobränsle från skogen – tillgång och efterfrågan*, www.skogsindustrierna.org
- Skogsutredningen (2006) *Mervärdesskog*, Slutbetänkande från Skogsutredningen, SOU 2006:81
- SLU (2004) *Uppdrag rörande den framtida användningen av bioenergi i Sverige*, Umeå
- Svebio (2004): Fokus Bioenergi nr 2 trädbränslen
- Sveriges Radio Norrbotten (2006) *Fördubblad skogstillväxt i Norrbotten*, referat från en regional skogskonferens i Skellefteå, 2006-11-08
- Virkesmätningsrådet (2004) *Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter, 1999-2003*, Sundvall

Sol

- Azar och Lindgren (1998) *Energiläget 2050*
- Boysen, A och Wiklund, G (1995) *Solvärme i Sverige – en utvecklingsvision*
- EC (European Commission) (2004) *The share of renewable energy in the EU COM(2004)366 final*
- ECN (Energy research Centre of the Netherlands) (2004) *Potentials and costs for renewable electricity generation*
- Elforsk (1996) *Ett uthålligt elsystem för Sverige*
- Elforsk (2006) *Driftuppföljning av svenska nätanslutna solcellsanläggningar*
- Energimyndigheten (2004) *El från solen – Energi och industri*
- Eriksson (2001) *Implementation of multiple solar heating systems into existing heat distribution networks*, ZW Energiteknik och Högskolan i Dalarna
- European Solar Thermal Industry Federation (2003) *ESTIF; "Sun in Action II – A solar thermal strategy for Europe*
- Fraunhofer Institute (2004) *Large scale integration of renewable energy resources into the EU energy system*
- IVA (2003) *El och värme från solen*
- Jacobsson och Sandén (2005) *Att befrämja solcellstekniken i Sverige – Varför, hur och hur mycket?*
- Kjellson (2004) *Solvärme i bostäder med analys av kombinationen solfångare och bergvärmepump*, Rapport TVBH-3047, Avdelningen för byggnadsfysik, Lunds tekniska högskola
- K-Konsult och Vattenfall Utveckling AB (2002) *Storskalig solfjärrvärme – Generella förstudier etapp I VUAB Rapportnummer: U02:94, 2002*
- Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Fjärrvärmeföreningen, och Kraftverksföreningen (nuvarande Svensk Energi) (1999) *Hållbar energiframtid ? - Långsiktiga miljömål med systemlösningar för el och värme SAME-projektet 1999*
- NUTEK (1995) *Energi för framtiden*
- Svenska Solenergiföreningen (2004) *Solvärme i Sverige – Läget idag och möjligheter för framtiden*, www.solenergiforeningen.se
- Vattenfall Forskning och Utveckling 2005
- Zinko, Bjärklev och Margen (1996) *The market potential for solar heating plants in some European countries*

Vattenkraft

- EC (European Commission) (2004) *The share of renewable energy in the EU COM(2004)366 final*
- Elforsk (2003) *El från nya anläggningar – 2003*, Elforsk rapport nr 03:04
- Energimagasinet (2006) nr 1, 2006
- Energimyndigheten (2004a) *Vattenkraftens utvecklingspotential i befintliga anläggningar*. Uppsala Universitet och Luleå Tekniska Universitet, rapport till Statens Energimyndighet
- Energimyndigheten (2004b) *Översyn av certifikatsystemet – delrapport etapp 2*
- Fraunhofer Institute (2004) *Large scale integration of renewable energy resources into the EU energy system*
- IVA (Ingenjörsvetenskapsakademien) (2002) *Vattenkraften i Sverige. Energiframsyn Sverige i Europa*
- LRF (2005) *LRFs energiscenario till år 2020*
- Näringsdepartementet (2000) *Elproduktion från förnybara energikällor*, Ds 2000:20
- Thorburn, K. och Leijon, M (2005) *Case study of upgrading potential for a small hydro power station*. *Renewable energi* 30 (2005) 1091-1099
- Svensk Energi (2005) *pressmeddelande 2005-11-30*

Vind

- Azar och Lindgren (1998) *Energiläget 2050*
- Delft University et al. (2001) *Concerted action on offshore wind energy in Europe*, uppdrag från EU, <http://www.offshorewindenergy.org>
- EC (European Commission) (2004) *The share of renewable energy in the EU COM (2004)366 final*
- ECN Petten (2001) *Renewable energy burden sharing – REBUS*
- ECN Petten (2004) *Potentials and costs for renewable electricity generationen*
- Elforsk (1996) *Ett uthålligt elsystem för Sverige*
- Energimyndigheten (2001a) *Vindkraften i Sverige*
- Energimyndigheten (2001b) *Building sustainable energy systems – Swedish experiences*
- Energimyndigheten (2003) *Vindkraft – Fördelning av nationellt planeringsmål och kriterier för områden av riksintresse*, ER 16:2003
- Energimyndigheten (2005) *Översyn av elcertifikatsystemet etapp 2” ER 2005:09*
- Energimyndigheten (2006) www.energimyndigheten.se
- EWEA och EC DG for Energy (1997) *Wind Energy – The facts* www.agores.org/Publications/Wind%20Energy%20-%20The%20Facts/VOL1vfinal.pdf

- Fraunhofer Institute (2004) *Large scale integration of renewable energy resources into the EU energy system*
- Garrad Hassan (2004) *Sea Wind Europe*, uppdrag från Greenpeace
- IEA (1998) *Renewable energy policy in IEA countries, Vol II*
- Naturvårdsverket (2005) *Vindkraft på land*, juni 2005
- Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Fjärrvärmeföreningen, och Kraftverksföreningen (nuvarande Svensk Energi) (1999) *Hållbar energiframtid ? - Långsiktiga miljömål med systemlösningar för el och värme SAME-projektet 1999*
- Nordiska Ministerrådet (1991) *Förnyelsebara energikällor i Nordelsystemet*
- SOU (1988) *"Läge för vindkraft*, SOU 1988:32
- SOU (1999) *Rätt plats för vindkraften del 1*, SOU 1999:75
- Svensk Energi (2006) www.svenskenergi.se/energifakta/vindkraft.htm
- Svensk Vindkraft (2006) www.svensk-vindkraft.org
- Sveriges riksdag (2002) *Energipropositionen 2001/02:143; Riksdagens betänkande 2001/02:NU17*
- Urban Bergström (2005) *Vindkraft till lands och till sjöss* www2.bioenergi.slu.se/utbildning/energisystem/Ulltunaenergi.pdf och IVA 2002
- Wijk and Coelingh (1993) Endast som en referens till ett föredrag av Lennart Söder

Våg

- Bernhoff, H. et al (2003) *Wave energy resources in sheltered sea areas: A case study of the Baltic Sea*. Presenterad vid The Fifth European Energy Conference, 17-20 september 2003, Cork, Irland
- Clément, A. et al (2002) *Wave Energy in Europe: current status and perspectives*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 6 (2002) 405-431
- DESS (Delegationen för Energiförsörjning i Sydsverige) (2000) *Energirapport Sydsverige*
- EC (European Commission) (2004) *The share of renewable energy in the EU COM (2004)366 final*
- Energimyndigheten (2005) *Vågekraft: Energimyndighetens insatser samt en omvärldsbevakning*, Energiteknik, 2005-09-08
- Energimyndigheten. (2004) *Översyn av systemet med elcertifikat – etapp 2, bilagor*
- Fraunhofer Institute (2004) *Large scale integration of renewable energy resources into the EU energy system*
- Leijon, Mats (2006) Ångströmlaboratoriet. Uttalanden publicerade i bl a Nordisk Energi nr 4/2006, Ny teknik samt Forskning och Framsteg nr 4/2004
- Vattenfall (2006) *Vågekraft*. Vattenfall forskning och utveckling – förnybar energi, 2006

Ångströmlaboratoriet (2006) *Vågkraftsprojekt – Islandsberg*. Avdelningen för elektricitetslära och åskforskning, <http://www.el.angstrom.uu.se/forskningsprojekt/Islandsberg.html>, 2006-11-28

Ångströmlaboratoriet (2006b) www.teknat.uu.se/forskning, 2006-12-10

Åker

Biobränslekommissionen (1992): *Biobränsle för framtiden – Slutbetänkande från Biobränslekommissionen*, SOU 1992:90

Börjesson (2006) *Biogas – energiutbyte och energiflöden* Presentation vid gasdagarna 18-19 oktober 2006, Tylösand

Börjesson, Pål (2001) *Framtida tillförsel och avsättning av biobränslen i Sverige – Regionala analyser*, Lunds Universitet Rapport nr. 34 ISSN1102-3651

Energimyndigheten (2004) *Översyn av certifikatsystemet – delrapport etapp 2*

Ericsson, Karin och Nilsson, Lars (2006) *Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach* Biomass and Bioenergy 30 (1) 1-15 (2006)

Jonasson, Lars (2005) *Svenskt jordbruk om oljan kostar 100 \$ per fat – Livsmedel, energi eller ogräs?* Svensk lantbruksforskning (SLF), Kungliga skogs- och lantbruksakademien (KSLA) samt Lantmännen

Jordbruksverket (1999) *Underlag från Jordbruksverket till Klimatkommittén*

Klimatkommittén (2000) *Förslag till svensk klimatstrategi*. SOU 2000:23

Kommissionen mot oljeberoende (2006) *På väg mot ett oljefritt Sverige*

Lindroth och Båth (1999) *Assessment of regional willow coppice yield in Sweden on basis of water availability*. Forest Ecology and Management 121, pp 57-65

LRF (2005) *LRFs energiscenario till år 2020*

Naturvårdsverket (1999) *Det framtida jordbruket – Sverige 2021*. Rapport 4755 Stockholm

SOU 1995:140. *Omställning av Energisystemet*, underlagsbilagor del 1.

Svebio (2004) *Fokus bioenergi nr 4 – Åkerbränslen*