

Simulator för el- och värmeproduktion

– påverkan på ekonomi och miljö

*Heat and power production simulator
– environmental and economical impacts*

Erik Hellström & David Hermansson



SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Erik Hellström & David Hermansson

Simulator för el- och värmeproduktion – påverkan på ekonomi och miljö
Heat and power production simulator – environmental and economical impacts

Handledare och ämnesgranskare: Cecilia Sundberg, institutionen för energi och teknik, SLU
Examinator: Johan Vinterbäck, institutionen för energi och teknik, SLU
TE0013, Projektarbete i energisystem 10 hp, Avancerad nivå, A1N, teknik
Civilingenjörsprogrammet i energisystem 300 hp

Serienamn: Projektarbete i energisystem, institutionen för energi och teknik, SLU
2013:1

Uppsala 2013

Nyckelord: energi, simulator, elektricitet, fjärrvärme, ekonomi, miljö

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Foto omslag: David Iliff

Abstract

In this project a simulator has been developed (in C++) with the purpose of illustrating how changes in environmental regulations, tax levels and other policy measures affect the composition of an energy system. The aim of the project was to investigate how energy companies' investment strategies are affected when changes in economic and environmental conditions occur. A standard scenario has been created based on current Swedish conditions, but the user can create new scenarios and set parameters freely. The user is tasked with building power plants to supply the city/region with district heating and electricity during a pre-set number of years. When the simulation is finished the result is graded in the following categories: economy, environment and quality.

To evaluate the simulator three scenarios were created ("early 20th century", "reduced environmental control" and "future") in addition to the standard scenario and these were compared with each other by examining how a select group of power plants perform under the given conditions. In the tests cost of electricity (COE) and environmental grade for each power plant were documented.

Sammanfattning

För att enkelt kunna se hur förändringar av miljöregler, skattenivåer och andra styrmedel påverkar uppbyggnaden av ett energisystem har en simulator framställts i programmerings-språket C++. Målet var att undersöka hur energibolagens investeringsstrategier kan påverkas av förändringar i ekonomiska och miljömässiga förutsättningar. Ett grundscenario är framtaget som baseras på svenska data och i den inbyggda editorn kan egna scenarion definieras. I ett givet scenario ska användaren genom att bygga kraftverk tillgodose en stads (eller regions) el- och värmebehov under ett förutbestämt antal år. Efter körningen betygsätts simuleringsresultatet utifrån följande tre bedömningskategorier: ekonomi, miljö och kvalitet.

För att utvärdera simulatoren skapades tre scenarion ("tidigt 1900-tal", "reducerad miljökontroll" och "framtid") utöver grundscenariot och testkörningar gjordes. I dessa tre scenarion förändrades styrmedel, miljökostnader och bränslepriser för att se hur dessa parametrar påverkar produktionskostnad av el (cost of electricity, COE) och miljöbetyg.

Innehåll

1	Introduktion.....	1
1.1	Syfte	1
1.2	Beskrivning av simulatorn	1
1.3	Avgränsningar	2
2	Metod	3
2.1	Energibehov	3
2.2	Anläggningar.....	4
2.2.1	Kondenskraftverk	5
2.2.2	Kraftvärmeverk	6
2.2.3	Förnyelsebara	7
2.2.4	Bygg- och rivningstider.....	8
2.2.5	Bygg- och rivningskostnader	8
2.2.6	Driftprioritering av kraftverk	9
2.2.7	Variation av utnyttjandefaktor.....	9
2.2.8	Antaganden.....	9
2.3	Miljöpåverkan	9
2.3.1	Viktningsmetod	10
2.4	Ekonomi	10
2.4.1	Valutor.....	10
2.4.2	Ränta	10
2.4.3	Skatter och avgifter	10
2.4.4	Koldioxidlagring	12
2.4.5	Elcertifikat.....	12
2.4.6	Elpris	13
2.4.7	Fjärrvärmepris	13
2.4.8	Bränslepriser.....	14
2.4.9	Inflation och prisförändringar	15
2.5	Scenariobetyg.....	15
2.5.1	Ekonomibetyg	15
2.5.2	Miljöbetyg	16
2.5.3	Kvalitetsavdrag.....	16
2.6	Test av simulatorn	17
3	Resultat.....	18
4	Känslighetsanalys.....	20
5	Diskussion.....	21
6	Referenser	23
	Bilaga 1: Bebyggelsedensitet och boendefördelning	25
	Bilaga 2: El- och värmebehov	28
	Bilaga 3: Beräkningar	34
	Bilaga 4: El- och fjärrvärmedata	38
	Bilaga 5: Emissionsdata	42
	Bilaga 6: Data från testkörningar	43
	Bilaga 7: Foton.....	44

1 Introduktion

Utformningen av ett energisystem beror till stor del på de rådande ekonomiska och miljömässiga förutsättningarna. Globala och lokala variationer av förutsättningarna förekommer beroende bl.a. på vilka naturresurser som finns tillgängliga och hur politiker utformat lagar och ekonomiska styrmedel. För att enkelt kunna jämföra hur skattenivåer, miljöregler och bränslepriser mm. påverkar uppbyggnaden av ett lokalt energisystem kan ett program användas som undersöker de genomslag variationer av flera relevanta parametrar får för ett energibolags investeringsstrategi.

1.1 Syfte

Syftet med projektet är att framställa en programvara som simulerar en stad/region med ett värme- och elbehov samt de kraftanläggningar som krävs för att täcka dessa behov. Ekonomiska aspekter samt miljöpåverkan ska undersökas för flera energislag och kraftverkstyper. Vidare ska scenarion kunna skapas med egendefinierade ekonomiska och miljömässiga förutsättningar.

1.2 Beskrivning av simulatorm

Simulatorm har programmerats i C++. För grafik och input används biblioteket HGE och för ljud används FMOD. Båda dessa bibliotek är fria att använda. Programmet är uppbyggt av 5 300 rader källkod som inte redovisas i denna rapport.

Inledningsvis väljs antingen ett fördefinierat scenario alternativt skapar användaren ett eget scenario. I varje scenario kan användaren ändra ett flertal parametrar som rör bebyggelsens el- och värmeanvändning, bränslepriser, pris på el och fjärrvärme, nivå på miljöavgifter och andra styrmedel etc. Likaså kan användaren ställa in generella trender för prisutvecklingen inom vissa områden. Körningstiden i grundscenariot är satt till 50 år. Vidare är parametrar gällande bebyggelse, priser och skattenivåer satta efter svenska genomsnittliga data i grundscenariot. Ekonomiska och tekniska specifikationer för kraftverk baseras på globala data.

Vid körning av simulatorm kan antingen grafisk eller icke-grafisk presentation användas. Om grafiskt läge är påslaget kan användaren i scenarioeditorm bygga en stad genom att placera husbyggnader, lokaler och industrier på en karta. Likaså kan användaren bestämma platser på kartan där kraftverk får byggas. Under körningen visas sedan kartan för att ge användaren en tydlig överblick av staden. I icke-grafiskt läge matar användaren in stadens uppgifter (antal boende i flerbostads- och småhus, stadens totala lokalyta samt antal anställda inom industrin) manuellt.

Stadens el- och värmebehov tillgodoses genom att investera i kraftverk. I grundscenariot antas staden ha ett utbyggt fjärrvärmenät vilket då kräver kraftvärmeverk för att försörja stora delar av bebyggelsen med värme. Behovet varierar med årstiderna som definieras enligt följande: vinter (jan, feb, dec), vår (mar, apr, maj), sommar (jun,

jul, aug) samt höst (sep, okt, nov). Utöver kraftvärmeverk finns kondens-, vind- och vattenkraftverk samt solceller tillgängliga att bygga.

I slutet av simuleringen kommer scenariots körning att få ett betyg. Betyget grundar sig i två bedömningskategorier som i grundscenariot viktas enligt följande: miljö (50 %), ekonomi (50 %). Vidare görs ett avdrag på betyget som baseras på hur väl el- och värmebehovet täckts under simuleringen. Avdraget blir större om den intermittenta elproduktionen överstiger en på förhand bestämd nätkapacitet. Miljöbedömningen tar hänsyn till utsläpp i form av växthusgaser, försurning samt övergödning. Ekonomiska betyget baseras på det ekonomiska resultatet (intäkter för såld energi minus kostnader) per producerad MWh el och värme.

Simulatorn kan köras helt i både svenska och engelska. Ekonomiska data kan visas i fem olika valutor.

1.3 Avgränsningar

I simulatorn behandlas endast de idag mest förekommande kommersiella teknikerna, samt carbon capture. Denna teknik finns installerad i några pilotprojekt där infångningen av koldioxid testats, men metoden för permanent lagring av den uppfångade gasen ligger några år fram i tiden (Vattenfall, 2012b och Campbell m.fl. 2008). Vidare har renodlade värmeverk ej införts i simulatorn vilket innebär att fjärrvärmeproduktionen uteslutande sker i kraftvärmeverk.

Simulatorn tar inte hänsyn till de effektvariationer i el- och värmeanvändning som förekommer under dygnets timmar, utan beräknar endast totalt energibehov per årstid. Därmed finns inget behov av att inkludera mindre reservpannor vars syfte är att täcka spetslast. Vidare är kraftverken ej nedstängda för revision under sommaren, utan produktionen begränsas istället på årsbasis med utnyttjandegraden. För kraftvärmeverk innebär det att de fortsätter att leverera värme till fjärrvärm nätet sommartid.

Vidare är de ekonomiska aspekterna för reglerkraft inte inräknade. Vattenkraft (och till viss del gaskraft) används för att reglera effektbalansen på elnätet och kraftverksägare får betalt för denna funktion.

2 Metod

I bilaga 1 redovisas underlaget för hur en stad/region byggs upp i grundscenariot när grafisk representation är aktiverad i simulatören. Det som behandlas är bl.a. befolkningstäthet, boendefördelning och definition av industrityper.

2.1 Energibehov

Här redovisas el- och värmebehov i hus, lokaler och industrier baserade på svenska genomsnittliga data. Även säsongsvisa variationen för energianvändningen i hus, lokaler och industrin redovisas. Se bilaga 2 för att se hur dessa bestäms i detalj.

Tabell 1. El- och värmeanvändning i bostadshus och lokaler (kWh/m²)

Byggnadstyp	Värmeanvändning	Elanvändning
Flerbostadshus	152,6	36
Småhus	124,7	40,6
Lokal	146	103,6

Källa: Energimyndigheten 2011a, 2011b, 2011c

Tabell 2. Energianvändning inom lätt och tung industri fördelad per anställd (MWh/anställd)

Industrityp	Energianvändning
Lätt industri	47,9
Tung industri	1279,3

Källa: Energimyndigheten 2011d

Tabell 3. Fördelning av värmeanvändning över året (småhus, flerbostadshus och lokaler)

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Totalt
Andel (%)	39	27	10	24	100

Källa: Vattenfall 2012b

Tabell 4. Variationen i användning av hushålls- och driftel över året*

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Totalt
Andel (%)	30	25	20	25	100

* Eftersom data för variationen saknas i den undersökta litteraturen har fördelningen antagits till denna

Tabell 5. Fördelning av elanvändning över året inom industrin

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Totalt
Andel (%)	25	26	24	25	100

Källa: SCB 2012

2.2 Anläggningar

De produktionsanläggningar som är tillgängliga i simulatoren presenteras i tabell 6. Anläggningarna är indelade i tre grupper: kondenskraftverk, kraftvärmeverk samt förnyelsebara. I avsnittet kommenteras vissa bränslen samt vind-, sol- och vattenresurserna.

Tabell 6. Tillgängliga kraftverk i simulatoren

Kondenskraftverk	Kraftvärmeverk	Förnyelsebara
Stenkol	Biomassa	Vattenkraft
Stenkol m. carbon capture	Torv	Vindkraft till land
Naturgas	Hushållsavfall	Vindkraft till havs
Olja	Naturgas	Solcellspark
Kärnkraft	Stenkol	

Ekonomisk och teknisk data för anläggningarna har hämtats från International Energy Agency (IEA, 2010) samt Nyström m.fl. (2011). Dessa data omfattar byggtid, investeringskostnader, drift- och underhållskostnader, elverkningsgrad samt utnyttjandetid och redovisas i tabell 7. Data gällande emissioner för produktion och distribution av bränslen samt vid förbränning av bränslen har hämtats från Gode m.fl. (2011) och redovisas i bilaga 5. De data som anges för förbränning av bränslen innefattar även utsläpp som uppstår vid konstruktion och rivning av kraftverk (i de fall då byggning och rivning utgör mindre än 1 % av totala utsläppen har de utelämnats). Miljödata för solceller kommer från Vattenfall (2005).

I tabell 7 presenteras teknisk och ekonomisk data för alla kraftverken. De data som samlats in kommer från åtskilliga länder och omfattar flera kraftverk av varje typ. Det som anges i tabell 7 är genomsnitt av all insamlad data för respektive kraftverkstyp. Vid datainsamlingen har data från följande länder inte medtagits: Kina, Korea, Tjeckien, Mexiko samt Sydafrika. Detta för att uppgifterna antingen var kraftigt avvikande eller att trovärdheten i uppgifterna kan vara osäkra. Även data från utomeuropeisk industri har undantagits i datainsamlingen.

Tabell 7. Teknisk och ekonomisk data för de kraftverk som används i simulatorm

	Effekt (MW) [min/max]		Byggtid (år) [min/max]		Byggkostnad (Mkr/MW _e)	DoU (kr/MWh _e)	Livslängd (år)	Elverknings- grad (%)	Utnyttjande -grad (%)
Kondenskraft									
Stenkol	20	800	3	4	14,88	56,64	40	43,5	85
Stenkol (CC)	20	800	3	4	24,53	98,47	40	36,5	85
Olja	20	800	2	2	11,31	45,62	35	49,79	85
Naturgas	20	800	2	2	7,737	34,59	30	56,08	85
Kärnkraftverk	200	4000	7	9	27,3	93,39 ¹	60	100 ²	85
Kraftvärme³									
Stenkol	20	300	3	4	18,7	94,61	40	30	85
Naturgas	20	300	2	2	8,977	64,73	30	30	85
Torv	20	300	3	4	22,50	105,87	40	30	85
Biomassa	20	300	3	4	25,50	105,87	40	30	85
Hushållsavfall	20	300	3	4	77,00	384,45	40	30	85
Förnyelsebara⁴									
Vattenkraftverk	10	1000	4	6	22,05	71,98 ⁵	80	100	55
Vindkraftpark på land	10	150	1	1	15,3	164,1	25	100	27,18
Vindkraftpark till havs	10	400	1	2	29,91	242,9	25	100	39,38
Solcellspark	5	30	1	1	36,03	239,5	25	100	20,2

¹ DoU-kostnaden för kärnkraft innefattar inte avgifter för slutförvar av kärnavfall. Dessa ligger utanför denna och redovisas i avsnitt 2.3.4 *Avgifter för kärnkraft*.

² Elverkningsgraden är för kärnkraft egentligen ca 30 % av den omvandlade termiska energin. Den anges här som 100 % eftersom beräkningen i simulatorm utgår ifrån data som angivits per producerad kWh el. Verkningsgraden appliceras aldrig på en viss mängd förbränt bränsle. För de andra kraftverken innebär verkningsgraden den nyttigjorda delen av bränslets värmeinnehåll.

³ Den faktiska utnyttjandegraden för kraftvärmeverk beror på kundernas fjärrvärmebehov, eftersom elproduktionen följer värmeproduktionen. Den tabellerade motsvarar den maximalt uppnåeliga utnyttjandegraden.

⁵ Utöver DuO-kostnader för vattenkraft tillkommer en fastighetskatt som redovisas i avsnitt 2.3.4 *Fastighetsskatt vattenkraft*.

⁴ Verkningsgraden är angiven som 100 % eftersom beräkningen i simulatorm inte baseras på förbrukad mängd bränsle. Produktionen avgörs av installerad effekt, utnyttjandegrad samt årets resursfördelning.

Källor: IEA (2010), Nyström m.fl. (2011)

2.2.1 Kondenskraftverk

Alla kondenskraftverk i simulatorm har en utnyttjandegrad på 85 % (IEA, 2010). Det motsvarar att kraftverken producerar med full kapacitet 85 % av tiden över ett år. De resterande 15 % utgör den tid då kraftverken har revisionsperiod och andra driftuppehåll. I simulatorm hanteras detta genom att låta produktionen ske året om men med 85 % av den maximala kapaciteten.

För kolkraftverk med carbon capture-teknik minskas koldioxidutsläppen under drift med 90 % (Vattenfall, 2012b).

Kärnkraftverk

På grund av den politiska kontrovers som finns kring kärnkraft är det möjligt för användaren att inaktivera möjligheten att bygga kärnkraftverk. I simulatoren redovisas mängden använt kärnbränsle som genereras varje år. Detta för att få en uppfattning om hur mycket kärnbränsle som måste hanteras och lagras efter en längre tidsperiod. I Sverige genereras 4,93 g utbränt kärnbränsle per producerad MWh el (Vattenfall, 2012a) och detta är satt som standard. Användaren kan i simulatoren bestämma om avfallen ska ge upphov till en miljökostnad.

Stenkol

Den kol som används antas vara stenkol då det är den kol som främst används i Sverige enligt Gode m.fl. (2011). Svavelhalten är satt till 0,66 kg per MWh bränsle (se bilaga 3 för beräkning).

Eldningsolja

På marknaden finns eldningsoljor (EO) i olika kvalitetsklasser, EO1 – 6. Skillnaden mellan klasserna är bland annat viskositet och svavelhalt. All olja i simulatoren antas vara av eldningsolja 1 (EO1) och svavelhalten antas ligga på 0,5 gram per kg (0,05 %) olja enligt Preem AB:s produktblad (u.å.).

2.2.2 Kraftvärmeverk

För kraftvärmeverk anges i rapporten från IEA (2010) ingen elverkningsgrad. Typiskt förhållande mellan el- och värmeproduktion i ett kraftvärmeverk ligger omkring 1:2 (s.k. alfavärde). Då totalverkningsgraden ligger kring 90 % i denna typ av anläggningar innebär det en elverkningsgrad på 30 % (Alvarez, 2006). Denna verkningsgrad och alfavärde antas gälla för alla kraftvärmeverk i simulatoren. Vidare uppgår distributionsförlusterna i fjärrvärmenätet till 5 % (Kvarnström m.fl. 2007). Eftersom elgenereringen i kraftvärmeverk styrs av värmeproduktionen beror utnyttjandegraden på hur stort värmebehovet är under ett år. En genomsnittlig utnyttjandegrad för svenska kraftvärmeverk ligger mellan 55 – 76 % (Nyström m.fl., 2011) och 60 % visas i simulatoren då ekonomiska jämförelser mellan olika kraftverk görs. Detta för att kraftvärmeverk i regel ligger kring denna utnyttjandegrad över sin livstid (man kan dock uppnå högre utnyttjandegrader i en körning). Under sommaren då värmebehovet är som lägst tas kraftvärmeverk generellt ur drift för revision, men i simulatoren antas de producera året om. Driften av kraftvärmeverk planeras i simulatoren årstidsvis genom att användaren ställer in maximal utnyttjandegrad för varje årstid. Maximal möjlig utnyttjandegrad är 95 % per årstid men över ett år kan den totala utnyttjandegraden inte överstiga 85 %. Under varje årstid är produktionen begränsad till stadens värmebehov och ingen överproduktion kan förekomma.

Torv

Medelvärden av utsläppsdata för tre olika typer av torvmarker används i simulatören. De data som har inhämtats omfattar endast växthusgaser (koldioxid, metan samt lustgas). Svavelhalten i torv är satt till 0,49 kg per MWh bränsle (se bilaga 3 för beräkning).

Trädbränslen

All biomassa som används som bränsle i simulatören antas vara skogsflis.

Hushållsavfall

Utsläppsdata anges i rapporten från Gode m.fl. (2011) både för sorterat och osorterat avfall med avseende på organiskt material. Ett genomsnitt av dessa data används i simulatören. Hushållsavfall innehåller 12,6 % fossilt material enligt Energimyndigheten (2011).

2.2.3 Förnyelsebara

Med förnyelsebara anläggningar menas här de som utnyttjar sol-, vind- och vattenresurser. Produktionen i dessa är beroende av tillgången på de naturliga resurserna och i nedanstående underavsnitt redovisas de variationer som antas gälla i simulatören. Utnyttjandegraden för dessa kraftverk ligger lägre än för de bränslestyrda kraftverken och standardvärden redovisas i bilaga 4. Dessa utnyttjandegrader kan användaren själv ändra beroende på vilka resurser som anses finnas tillgängliga. Vidare kan de intermittenta energikällorna (vind och sol) ha en negativ inverkan på elnätet på grund av de krav som ställs på tillgänglig reglerkraft. Kungliga Vetenskapsakademien (2009) hävdar att det svenska nätet kan hantera 10 TWh årligen. Med en total elanvändning i Sverige på 132 TWh år 2010 (Energimyndigheten, 2011) motsvarar det 7,6 % intermittent el.

Globalstrålning

Den instrålade solenergin, globalstrålningen, i Sverige år 1983 – 2011 redovisas i tabell 8. Mätningarna är gjorda vid åtta väderstationer i Sverige och har hämtats från SMHI. Produktionen från solcellsanläggningar kommer att följa denna fördelning över året. Användaren kan ange en globalt gällande utnyttjandegrad för solceller i varje scenario vilket ska representera regionens globalstrålning.

Tabell 8. Globalstrålning i Sverige år 1983 – 2011

Årstid	Månader	Månadsvärden (kWh/m ² mån)	Summa för årstid (kWh/m ² årstid)	Fördelning (%)
Vinter	Dec, jan, feb	7, 10, 26	43	4,4
Vår	Mar, apr, maj	65, 108, 162	335	34,5
Sommar	Jun, jul, aug	177, 160, 127	464	47,9
Höst	Sep, okt, nov	77, 38, 13	128	13,2
Totalt	-	-	970	100

Källa: SMHI (2012)

Vindresursens fördelning över året

För att uppskatta hur vindkraftproduktionens fördelning ser ut har data undersökts från flera befintliga vindkraftverk i Sverige som är anslutna till Vindstats automatiska avläsningssystem (se bilaga 4). I dagsläget är över 1 200 verk anslutna och insamlad data sträcker sig från år 2002 till 2011 (Vindstat, 2012). Den framtagna årsfördelningen redovisas i tabell 9. I simulatoren är det möjligt att ange en lokal utnyttjandegrad för varje byggbar plats. Detta är tänkt att motsvara den lokala vinddistributionen.

Tabell 9. Vindkraftens produktionsfördelning över årstiderna för år 2002 – 2011

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Total
Energiproduktion (MWh)	5 253	3 936	3 140	5 102	17 430
Andel (%)	30	23	18	29	100

Källa: Vindstat (2012)

Vattenresurser

Variationen av vattenresursen i älvarna under ett år har uppskattats genom att undersöka månadsdata över producerad mängd el i de 15 kraftstationer som finns i Lule älv. Vattenfall (Brännström, M., pers. medd. 2012) har bistått med data gällande år 2005 – 2011 (se bilaga 4). Produktionen i vattenkraftanläggningarna kommer att variera med årstiderna och följer fördelningen som redovisas i tabell 10. För platser där vattenkraft kan installeras anges i simulatoren en lokal utnyttjandegrad samt en maximalt tillåten effekt för en eventuell kraftstation. Detta är tänkt att symbolisera vattendragets volymflöde, platsens fallhöjd samt hur floden regleras.

Tabell 10. Vattenkraftens produktionsfördelning (i Lule älv) över årstiderna för år 2005 – 2011

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Total
Energiproduktion (TWh)	28,1	25,0	21,2	22,4	96,7
Andel (%)	29	26	22	23	100

Källa: Brännström, M., pers. medd. 2012

2.2.4 Bygg- och rivningstider

Tiden det tar att bygga kraftverk varierar beroende på typ och storlek. I tabell 7 finns tabellerade min- och maxeffekter för de olika kraftverkstyperna. Byggtiderna är angivna som min- och maxvärden (i år) och byggtiden skalas linjärt med den installerade effekten. Den övre gränsen för byggtider är schablonvärden tagna från IEA (2010) och den undre baseras på ren uppskattning. Tiden det tar att riva ett kraftverk kan i verkligheten variera men i simulatoren tar det endast ett år, oavsett typ och storlek.

2.2.5 Bygg- och rivningskostnader

Investeringskostnaden för kraftverk är angiven som kronor per installerad MW elektrisk och är en s.k. over night cost vilket innebär att ingen ränta påförs under byggnadsperioden. Kostnaden för drift- och underhåll är angiven som kronor per producerad MWh el. Att riva kraftverk kostar 5 % av investeringskostnaden med undantag för kärnkraftverk som kostar 15 % (IEA, 2010).

2.2.6 Driftprioritering av kraftverk

Kraftvärmeverk är de anläggningar som ligger först i prioritetsordning när det gäller elproduktion. Användaren kan för resterande kraftverk bestämma prioritetsordningen. Kraftverk tidigare i ordningen producerar först. Detta för att undvika att de kraftverk med bäst förtjänst tas i drift senare än de anläggningar som är dyrare i drift.

2.2.7 Variation av utnyttjandefaktor

Utnyttjandefaktorn för kraftverk varierar slumpmässigt inom fem procentenheter upp eller ner från genomsnittsvärdet. För vind-, vatten- och soldrivna kraftverk är den potentiella variationen det dubbla. Den här variationen kan stängas av inför en simulering om man vill ha reproducerbara resultat.

2.2.8 Antaganden

För kraftverk som eldar torv och olja har ekonomisk och teknisk data ej hittats i litteraturen varför antaganden har gjorts för dessa kraftverkstyper. Oljeeldade kraftverk antas ha medelvärdet av naturgas- och kolkraftverk (gällande investeringskostnad, drift- och underhållskostnad, livslängd samt elverkningsgrad). Torvverk antas ha samma ekonomiska och tekniska specifikationer som biobränsleeldade kraftvärmeverk. Vad gäller miljödata för solceller saknas i rapporten från Vattenfall (2005) data utöver koldioxid-, svavel och NO_x-utsläpp. Övriga utsläpp har för solceller därför antagits vara likadana som för vindkraftverk.

2.3 Miljöpåverkan

I tabell 11 presenteras de emissioner som mäts i simulatören. Emissionerna räknas om med de karaktäriseringsfaktorer som finns angivna i samma tabell. De miljöpåverkanskategorier som tas med är växthuseffekt (Global Warming Potential, GWP), övergödning (Eutrophication Potential, EP) samt försurning (Acidification Potential, AP). För att väga samman dessa används sedan viktningmetoden Ecovalue08 (Ahlroth & Finnveden, 2011).

Tabell 11. Karaktäriseringsfaktorer för emissioner

Emissioner	GWP (växthuseffekt) ¹	EP (övergödning) ²	AP (försurning) ³
Koldioxid, CO ₂	1		
Kväveoxider, NO _x		0,13	0,7
Svaveldioxid, SO ₂			1
Metan, CH ₄	23		
Lustgas, N ₂ O	296		
Ammoniak, NH ₃		0,35	1,88
Nitrat, NO ₃ ⁻		0,10	
Fosfat, PO ₄ ³⁻		1	

1. Koldioxidekvivalenter g CO₂-ekv./g (100-årsperspektiv)

Källa: Gode m.fl. (2011)

2. Fosfatekvivalenter g PO₄-ekv./g

3. Svaveldioxidekvivalenter g SO₂-ekv./g

2.3.1 Viktningsmetod

Ecovalue08 är en metod som syftar till att värdera utsläpp i en ekonomisk skala. En viss mängd utsläpp tillskrivs en specifik kostnad vilket motsvarar samhällets uppskattade vilja att betala för bibehållen miljö kvalitet. Följande ekonomiska värden ges för de tre miljöpåverkanskategorierna som används i simulatoren:

- CO₂: 1,05 kr/kg
- SO₂: 30 kr/kg
- PO₄: 218 kr/kg

Kostnaderna anges per kg utsläppsekvivalenter. För koldioxid anges i Ecovalue08 ett kostnadsintervall som går från 0,1 till 2 kr/kg (Ahlroth & Finnveden, 2011). I simulatoren används medelvärdet i detta intervall, dvs. 1,05 kr/kg. Dessa kostnader motsvarar inte några avgifter eller extra kostnader för användaren, utan används endast för att sätta värden på de utsläpp som verksamheten ger upphov till. Dessa benämns för enkelhetens skull ImpactUnits eftersom simulatoren arbetar med olika språk och valutor (dessa kommer i rapporten och simulatoren förkortas som IU-kostnader).

Användaren kan för varje scenario välja att belägga kärnavfall med en miljö kostnad i ImpactUnits. Följden blir då att allt genererat kärnavfall leder till ett lägre miljö betyg.

2.4 Ekonomi

2.4.1 Valutor

I simulatoren finns stöd för följande valutor: svenska kronor, amerikanska dollar (\$), euro (€), brittiska pund (£) samt japanska yen (¥). Användaren väljer själv vilken valuta som ska användas och byte mellan dem kan ske under körningen. De växlingskurser som används i simulatoren är ett genomsnitt av alla månadsmedelvärden under år 2011 (se tabell 12).

Tabell 12. Årsgenomsnittliga växlingskurser för euro, dollar, pund och yen år 2011

SEK/EUR (€)	SEK/USD (\$)	SEK/GBP (£)	SEK/JPY (¥)
0,111	0,154	0,0961	12,30

Källa: <http://www.oanda.com/lang/sv/currency/historical-rates/> (2011)

2.4.2 Ränta

I simulatoren är räntan satt till 0 %. Räntan på lån samt räntan på likvida medel är försummad i simulatoren. Detta är gjort för att en enkel men ändå realistisk modell för räntehantering inte kunde tas fram. I verkliga företag återinvesteras eller utdelas mycket av de pengar som omsätts.

2.4.3 Skatter och avgifter

En sammanfattning av de skatter och avgifter som är inkluderade i simulatoren redovisas i tabell 13.

Tabell 13. Skatter och avgifter som belastar el- och värmeproducerande anläggningar

Typ av skatt/avgift	Kostnad
Koldioxidskatt för fossil värmeproduktion	105 kr/ton CO ₂
Utsläppsrätter för elproduktion	Ca 135kr/ton CO ₂
Energiskatt för fossil värmeproduktion	24 kr/MWh (energiinnehåll i bränslet)
Svavelskatt	30 kr/kg svavel
NO _x -avgift	50 kr/kg NO _x
NO _x -återbetalning	9,68 kr/MWh (el och värme)
Effektskatt, kärnkraft	12 648 kr/MW _i och månad
Extra fastighetsskatt, vattenkraft	2,3 % av taxeringsvärde

Källor: Energimyndigheten (2011) och Nyström m.fl. (2011)

Koldioxidskatt och utsläppsrätter

Koldioxidskatt betalas för användning av fossila bränslen i värmeproducerande anläggningar. Skatten drabbar därmed de kraftvärmeverk som bränner olja, naturgas och stenkol. Torv och avfall är inte belastade av denna skatt (Nyström m.fl., 2011). Skatten uppgår till 105 kr per ton utsläppt koldioxid (Energimyndigheten, 2011). Det är möjligt att i simulatören välja om även förbränning av torv och avfall ska beläggas med koldioxidskatt.

De utsläpp som uppkommer vid elproduktion är inte belastade av koldioxidskatt i Sverige. Dessa hamnar istället under systemet för utsläppsrätter. En utsläppsrätt motsvarar rätten att släppa ut ett ton koldioxid. Priset på utsläppsrätter beror på tillgång och efterfrågan på marknaden. Under perioden april 2005 – april 2011 har priset på utsläppsrätter varierat kraftigt, med toppar över 30 €/ton CO₂. Sedan april 2009 har priset fluktuerat mellan 12 – 16 €/ton CO₂. I simulatören sätts priset till 15 €/ton CO₂, vilket motsvarar 135 kr/ton CO₂ med den i simulatören gällande valutakursen.

Energiskatt

Energiskatten debiteras olika för värme- och elproduktion. För elproduktion betalas energiskatt när elen säljs till kunden. Företagen debiterar kunden och kostnaden är lika oavsett hur elen har producerats (Holmkvist, telefonintervju, 2012). Därför kommer energiskatten för el inte att påverka ett produktionsbolags ekonomi. Således är den inte inkluderad i simulatören.

För värmeproduktion betalar företaget energiskatt för fossila bränslen. Torv räknas här som icke-fossilt och skattas inte. Skatten kan räknas om till ungefär 24 kr per MWh energiinnehåll i bränslet (se bilaga 3). Försäljningen av värmeenergi är ej beskattat (Sandkvist, telefonintervju, 2012).

Svavelskatt

Svavelskatten uppgår till 30 kr per kg svavel (S) i det inköpta bränslet. Skatten gäller för kol, torv samt olja med svavelhalter över 0,1 % (Nyström m.fl., 2011). Därmed betalas ingen svavelskatt för den eldningsolja som används i simulatören eftersom den antas ha en svavelhalt på 0,05 %.

Kväveoxidavgift

De anläggningar som under drift emitterar kväveoxider (NO_x) beläggs i Sverige med en kväveoxidavgift på 50 kr per kg utsläppt NO_x, förutsatt att anläggningen har en årlig energiproduktion som överstiger 25 GWh (Nyström m.fl., 2011). I simulatorm hamnar alla anläggningar över denna gräns och man är då skyldig att betala denna avgift. Avgiften är dock statsfinansiellt neutral och en återbetalning sker varje år i proportion till total nyttigjord el- och värmeenergi. År 2009 låg återbetalningen på 9,68 kr/MWh (Nyström m.fl., 2011) vilket antas gälla för alla år i simulatorm.

Avgifter för kärnkraft

Kärnkraften är belagd med en effektskatt som uppgår till 12 648 kr per MW och månad. Med effekt menas här installerad termisk effekt. Vidare är kärnkraften belagd med en avgift på 0,3 öre per producerad kWh enligt Studsvikslagen. Även en avgift på 0,7 öre/kWh tas ut för att finansiera det framtida slutförvaret (Energimyndigheten, 2011). I simulatorm betalar användaren därmed 10 kr per producerad MWh el utöver effektskatten.

Fastighetsskatt vattenkraft

I Sverige betalas fastighetsskatt för kraft- och värmeproducerande anläggningar. Generella skattenivån är 0,5 % av taxeringsvärdet per år, men för vattenkraft uppgår skattesatsen till 2,8 % (Nyström m.fl., 2011). Om skillnaden mellan skattesatserna (2,3 %) appliceras på det samlade taxeringsvärdet för Sveriges vattenkraftanläggningar (130 – 134 miljarder kr) och sätts i relation till den årliga vattenkraftproduktionen (65 – 70 TWh) erhålls resultatet 5 öre/kWh (Nyström m.fl., 2011). Denna skatt betalas i simulatorm för all producerad vattenkraftel.

2.4.4 Koldioxidlagring

Uppfångning och lagring av koldioxid innebär större löpande utgifter för kraftverk. Tekniken är inte fullbordad men uppskattningar har gjorts för kommande pilotprojekt som väntas gå i drift år 2015. Totalt uppgår kostnaden till 135 kr per ton infångad koldioxid, varav 45 kr är transportkostnader och 90 kr är kostnaden för den geologiska slutförvaringen (Campbell m.fl., 2008). Kostnaden för koldioxidlagring är ingen skatt eller avgift utan en driftkostnad som tillkommer för de kolkraftverk som använder sig av carbon capture. Den sorteras i simulatorm tillsammans med avgifter och skatter för att underlätta presentationen.

2.4.5 Elcertifikat

Syftet med elcertifikatsystemet är att öka produktionen av förnybar el i det svenska energisystemet. Elproducenten blir tilldelad ett certifikat för varje MWh förnybar el som genererats under föregående år. Dessa säljer sedan elproducenten till distributören tillsammans med den sålda elen. I slutändan är det dock elanvändarna som betalar för elcertifikaten via elfakturan. Handeln med elcertifikat styrs genom den så kallade kvotplikten. Det innebär att distributören är skyldig att köpa en viss mängd förnybar el varje år tills systemet fasas ut år 2035. Kvotplikten uppgick år 2010 till 17,9 %

(Energimyndigheten, 2011). Priset på elcertifikat styrs av tillgång och efterfrågan på marknaden och varierar därför med tiden. Genomsnittligt pris under åren 2006 – 2011 var 250,53 kr per elcertifikat (Svenska kraftnät, 2012). De energikällor som kan tilldelas elcertifikat är vindkraft, solenergi, ny vattenkraft, biobränslen, torv, geotermisk energi samt vågenergi (Energimyndigheten, 2012b). I simulatorm kan användaren dock välja om torv ska tilldelas elcertifikat eller ej. En anläggning är berättigad elcertifikat i max 15 år (Nyström m.fl., 2011).

2.4.6 Elpris

Som elproducent säljer man i Sverige el på den nordiska elbörsen Nord Pool Spot. På grund av den oreglerade marknaden beror priset på tillgång och efterfrågan. Elen blir dyrare när behovet växer under vintern då uppvärmning i bebyggelsen ökar. På kvällar när behovet sjunker blir elen istället billigare. Eftersom simulatorm utför beräkningar på årstidsbasis tas dygnsvariationer inte i beaktning. I tabell 14 presenteras det genomsnittliga elpriset på Nord Pool Spot fördelat över årstiderna under år 2006 – 2010. Dessa priser gäller i simulatorm. När den simulerade stadens elbehov är uppfyllt kan el fortfarande säljas, men i grundscenariot är elpriset då reducerat till 75 %. Detta på grund av att man som elproducent inte kan producera el obegränsat utan är del av en större marknad och behöver planera sin produktion tillsammans med balansansvariga instanser. Vidare blir elen billigare då överskott förekommer. Denna prisnivå kan dock bestämmas av användaren. Vidare kan användaren avgöra för varje kraftverkstyp om anläggningen ska fortsätta producera då elbehovet är täckt.

Tabell 14. Elpris på Nord Pool Spot fördelat över årstiderna under år 2006 – 2010

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst
kr/MWh	474	365	419	466

Källa: Nord Pool Spot (2012)

Mellan år 2006 och 2010 har elpriset på Nord Pool Spot ökat från 445,40 kr/MWh till 544,76 kr/MWh (se bilaga 4). Trenden pekar alltså på en årsvis ökning av elpriset med 4,46 %. Användaren kan bestämma själv ett intervall i vilket den årliga prisförändringen ska ligga mellan. I grundscenariot sätts dock den årliga prisförändringen till 0 %.

2.4.7 Fjärrvärmepreis

Genomsnittlig intäkt per såld kWh för fjärrvärmeproducenter i Sverige uppgick år 2007 – 2009 till 57,3 öre/kWh. Uppgiften baseras på data från 190 fjärrvärmebolag (se bilaga 4) som är hämtade ur rapporten från Granström (2011). Fjärrvärmepriset varierar med värmebehovet i bebyggelsen, men uppgifter om intäkter per såld kWh och månad saknas. En uppskattning har därför gjorts genom att undersöka månadspriser på fjärrvärme för kunder boende i flerbostadshus under åren 2001 – 2011 (se bilaga 4). Genomsnittligt pris per årstid har beräknats och redovisas i tabell 15. Proportionerna mellan årstidspriserna har sedan applicerats på den genomsnittliga intäkten för att ta fram en medelintäkt som gäller för varje årstid.

Tabell 15. Genomsnittlig intäkt vid försäljning av fjärrvärme för varje årstid

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Medel
Årstidspris (kr/MWh)	690,4	626,0	517,3	616,3	612,5
Procent av medelpris	112,7	102,2	84,5	100,6	-
Årstidsintäkt (öre/kWh)	64,6	58,6	48,4	57,7	57,3

Mellan år 2001 och 2011 har det genomsnittliga priset på fjärrvärme till kund stigit från 484 kr/MWh till 705 kr/MWh. Detta innebär en ökning på 4,2 % per år de senast 11 åren, men detta med inflation medräknat. Prisförändringen på fjärrvärmemarknaden är, liksom elpriset, satt till 0 % i grundscenariot pga. simulatorns förenklade ekonomiska modell.

2.4.8 Bränslepriser

Genomsnittliga bränslepriser i grundscenariot presenteras i tabell 16. De uppges utan skatter och moms. Priserna antas gälla för allt bränsle som köps under ett år. Rimligtvis stiger bränslepriserna under vinterhalvåret på grund av det ökade behovet av både el och värme, men detta medtas ej i simulatorn.

Tabell 16. Genomsnittspriser i Sverige på de tillgängliga bränslena i simulatorn år 2010 (kr/MWh)

Bränsle	Pris (kr/MWh)
Skogsflis	210
Torv	148
Hushållsavfall	-120
Stenkol	90
Naturgas	285
Eldningsolja 1	542
Kärnbränsle	40 kr/MWh _e

Källa: Nyström m.fl. (2011) samt Energimyndigheten (2012a)

Torv

Priset på torv är hämtat ur Energimyndighetens prisblad (2012a) och är ett medelvärde av priset på frästorv och stycketorv år 2010.

Hushållsavfall

Eftersom kraftverksägare tar ut en mottagningsavgift för levererat avfall blir priset på hushållsavfall negativt. Avgiften som används i grundscenariot är ett svenskt genomsnitt. Kraftiga regionala variationer förekommer (Nyström m.fl., 2011) och eftersom tillgången på avfall är begränsad kommer större efterfrågan framöver leda till lägre mottagningsavgifter.

Naturgas

Priset på naturgas varierar enligt Nyström m.fl. (2011) beroende på hur stora volymer kraftverk köper in. Med en installerad effekt mellan 5 MW och 150 MW anges priset 320 kr per MWh naturgas. För kraftverk större än 150 MW köps gasen för 250 kr/MWh. I simulatören byggs kraftverk mellan 20 – 600 MW varför ett genomsnitt av de två priserna används, dvs. $(250 + 320) / 2 = 285$ kr/MWh.

Eldningsolja 1

Priset på eldningsolja 1 gäller för år 2010 i Sverige och baseras på statistik från Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet (se bilaga 3 för beräkning).

Kärnbränsle

Priset på kärnbränsle anges i kr per producerad MWh el.

2.4.9 Inflation och prisförändringar

I simulatören anses inflationen vara 0 %. Skatter, avgifter och elcertifikat hålls konstanta under hela simulatörens körtid. Likaså förblir investeringskostnader för att bygga kraftverk, drift- och underhållskostnader och rivningskostnader oförändrade under hela körtiden. Däremot kan priset förändringar ske på el-, fjärrvärme- och bränslemarknaderna. Det är för användaren möjligt att justera trenderna för dessa marknader.

2.5 Scenariobetyg

Under simuleringen kommer de uppnådda resultaten att betygsättas utifrån i de gällande bedömningskategorierna. Dessa är ekonomi, miljö och kvalitet. När simuleringen är färdig lämnas ett slutgiltigt scenariobetyg som baseras på genomsnittet av alla årsbetyg. Nedan beskrivs hur betyget i varje kategori bestäms.

2.5.1 Ekonomibetyg

Betyget beräknas på ekonomiskt resultat (intäkter för såld energi minus kostnader) per producerad MWh. Värme och el separeras och kostnader för kraftvärmeverk fördelas genom fysisk allokering (andel producerad elenergi och värmeenergi). Detta beräknas för hela scenariot men redovisas även för varje individuellt kraftverk. Detta för att kraftverk som inte producerar ändå ska påverka det totala betyget med sina eventuella kostnader. Se figur 1 för att se förhållandet mellan balans och betyg.

$$Betyg[E] = 1 + \frac{(B-475)}{1000} \quad (\text{ekvation 1})$$

Där B är balansen per MWh. Balansen beräknas enligt:

$$B = p - v - d - b - s \quad (\text{ekvation 2})$$

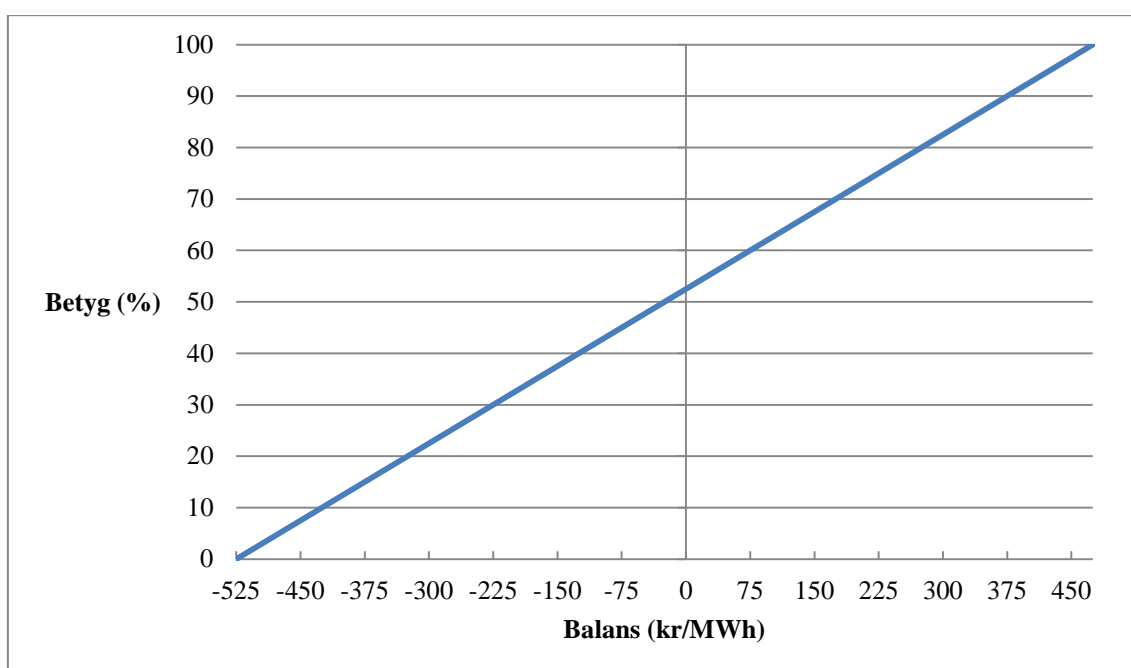
p = Försäljningspris för en MWh under pågående år och årstid.

v = Kostnad för värdeminskning per MWh. Kraftverkets värde faller linjärt som en funktion av kvarvarande livstid. Ett verk anses vara värt en fjärdedel av byggkostnaden när en fjärdedel av livstiden återstår.

d = Kostnad för drift och underhåll per MWh. Denna kostnad anses vara konstant för varje kraftverk oavsett hur intensivt kraftverket körs.

b = Bränslekostnad per MWh. Beräknat från den mängd bränsle som behövs i det aktuella kraftverket för att generera en MWh.

s = Kostnad för styrmedel per MWh. Hit hör miljöskatter, kärnkraftsavgifter och liknande. Även elcertifikat finns med här som en (negativ) komponent (de år som kraftverket har rätt till dem).



Figur 1. Ekonomibetyg som funktion av balans

2.5.2 Miljöbetyg

Betyget beräknas per producerad MWh energi (el och värme separat). Det totala betyget är ett genomsnitt av betyget för varje producerad MWh.

$$Betyg[M] = 1 - \frac{K}{1300} \quad (\text{ekvation 3})$$

K = kostnad att producera en MWh i ImpactUnits i kraftverket under rådande förhållanden. Kostnaden i ImpactUnits för CO_2 -, SO_2 - och PO_4 -ekvivalenter (samt för kärnavfall) kan sättas för varje scenario.

2.5.3 Kvalitetsavdrag

Avdraget består av tre delar: leveranssäkerhet av värme och el samt andelen intermittent el i nätet. För varje procent av värmebehovet som inte tillgodoses stiger avdraget med 7 procentenheter. Missad elleverans medför att avdraget ökar med 3 procentenheter för

varje procent av elbehovet som inte tillgodosetts. För intermittent el gäller att avdraget ökar med 5 procentenheter för varje procent intermittent el över nätets tillåtna gräns (i grundscenariot 7,6 % av årlig producerad elenergi).

$$Betyg[K] = E + H + I \quad (\text{ekvation 4})$$

E = Avdrag som följd av missad elleverans

H = Avdrag som följd av missad fjärrvärmeleverans

I = Avdrag som följd av för mycket intermittent elproduktion.

Scenariobetyget erhålls sedan genom att i ett mellansteg först vikta betygen i ekonomi och miljö med 50 % vardera (gäller i grundscenariot, denna viktning kan ändras). Därefter appliceras ett avdrag baserat på kvalitetsbedömningen på det framräknade betyget. Till exempel: om ekonomi- och miljöbetyget uppgår till 90 respektive 80 % och kvalitetsavdraget uppgår till 4 % blir scenariobetyget följande:

$$0,5 * 90 + 0,5 * 80 - 4 = 81 \%$$

Under körningen redovisas del- och totalbetyg för det aktuella året samt för alla hittills simulerade år.

2.6 Test av simulatören

För att se hur förändringar av olika parametrar påverkar produktionskostnad av el (cost of electricity, COE), ekonomibetyg och miljöbetyg kommer ett scenario med en uppsättning kraftverk köras upprepade gånger med olika ekonomiska och miljömässiga förutsättningar. Det som förändras i de olika körningarna är styrmedel och kostnader i ImpactUnits (IU-kostnader) för utsläpp. Med styrmedel menas alla skatter och avgifter samt elcertifikatens storlek (men inte tidslängd). Lagringskostnad för koldioxid förblir oförändrad i alla körningar (utom scenario D). Dessutom kommer två fullständiga körningar av grundscenariot att genomföras. Resultatet redovisas i resultatavsnittet.

Tabell 17. De scenarion som ingår i testkörningen

Scenario	Anmärkningar
Tidigt 1900-tal (A)	<ul style="list-style-type: none"> Inga styrmedel/elcertifikat/IU-kostnader Priser på stenkol och naturgas halveras
Reducerad miljökontroll (B)	Styrmedel och IU-kostnader halverade
Grundscenario (C)	Inställningar oförändrade
Framtid (D)	<ul style="list-style-type: none"> Styrmedel och IU-kostnader ökar med 50 % förutom vattenkraftsavgiften som är oförändrad.* Avgiften för koldioxidlagring (för kolkraftverk) sjunker till 2/3 Stenkol och naturgas kostar 50 % mer

*Att styrmedlen ökar i framtiden ska symbolisera att de förnybara energislagen blir billigare att installera och hålla i drift.

3 Resultat

Två fullständiga körningar av grundscenariot genomfördes och dessa redovisas i tabell 18.

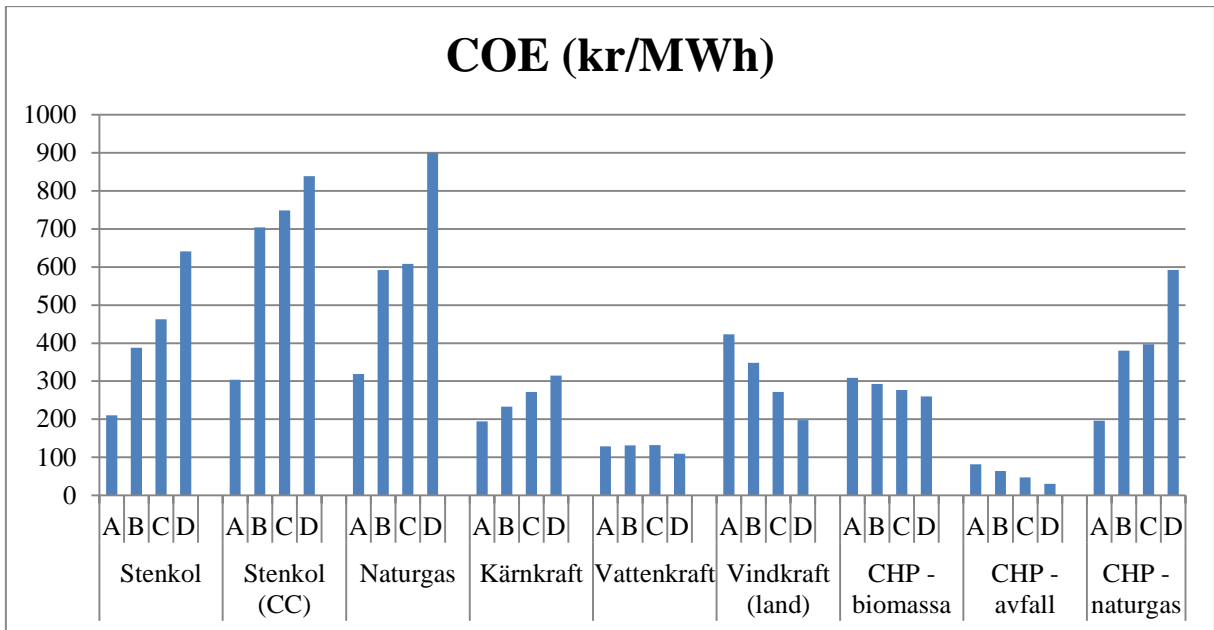
Tabell 18. Test av simulatormed olika uppsättningar av energislag

Körning	Energislag	Delbetyg	Scenariobetyg
Körning 1	Kol 51 % Olja 31 % Torv 7 % Vattenkraft 6 % Naturgas 5 %	Ekonomi 51 % Miljö 57 % (Kvalitetsavdrag 0)	54,8 %
Körning 2	Hushållsavfall 47 % Naturgas 27 % Torv 13 % Vattenkraft 10 % Vindkraft 3 %	Ekonomi 84 % Miljö 78 % (Kvalitetsavdrag -7)	73,3 %

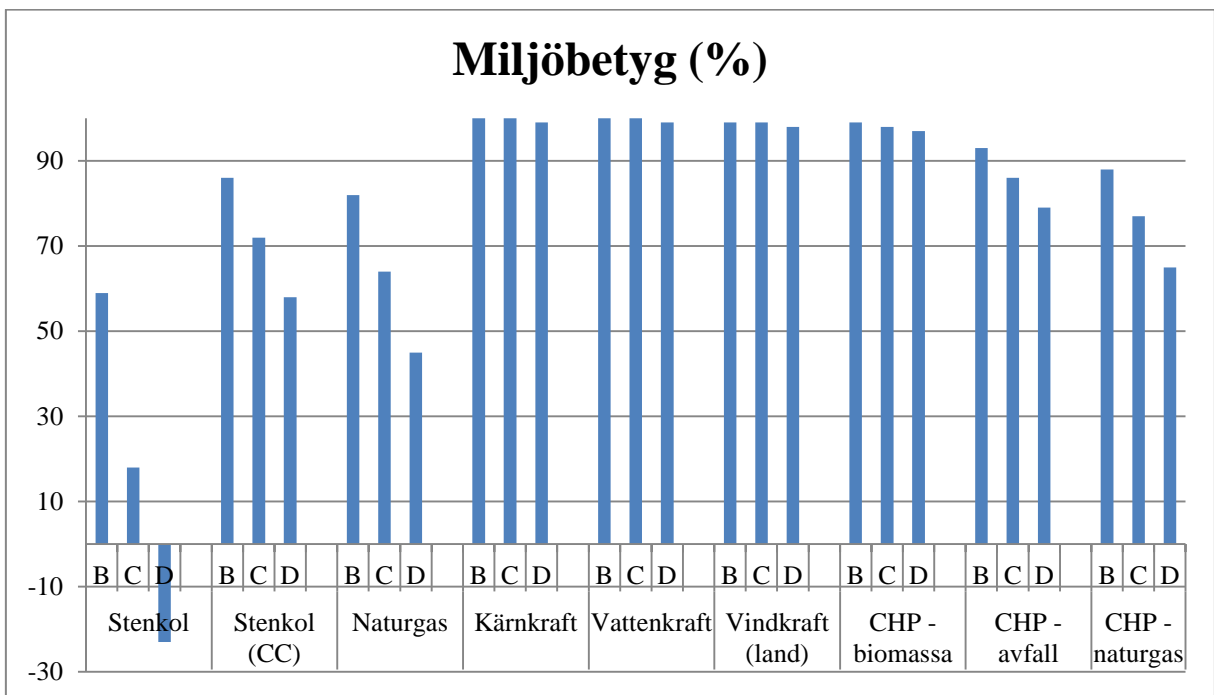
I den första körningen användes huvudsakligen kol och olja, vilket ledde till lägre miljö- och ekonomibetyg.

I den andra körningen användes huvudsakligen hushållsavfall och naturgas vilket gav bättre betyg. Ett kvalitetsavdrag erhöles då nya kraftverk inte började byggas i tid för att ersätta föråldrade verk vilket ledde till att elbehovet inte täcktes vissa år.

Ekonomiska och miljömässiga aspekter för de olika kraftverkstyperna har också undersökts. I figur 2 presenteras kostnaderna för att producera en MWh el för varje kraftverk och därefter presenteras miljöbetygen i figur 3. För varje kraftverk redovisas resultaten av de fyra testade scenarierna. I miljöbetygsredovisningen är scenario A (tidigt 1900-tal) inte medtaget eftersom alla IU-kostnader satts till noll vilket medför att alla kraftverk uppnår betyget 100 %.



Figur 2. Kostnad för att producera en MWh el för varje kraftverk i de olika scenarion som ingår i testkörningen.



Figur 3. Miljöbetyg för kraftverken i de olika testscenariona.

4 Känslighetsanalys

I de fall data ej har funnits i den undersökta litteraturen har antaganden gjorts. Investeringskostnader och kostnad för drift och underhåll kopplade till torveldade kraftvärmeverk har undersökts. Detta gjordes genom att förändra de berörda parametrarna med +/- 20 % och se vilken COE som erhöles. Detta redovisas i tabell 19.

Tabell 19. Känslighetsanalys av torveldade kraftvärmeverk

DoU samt byggkostnader	COE (kr/MWh)	Ekonomibetyg (%)
Originalkostnader	229	89
+ 20 %	241	89
- 20 %	219	90

Det kan konstateras att en förändring av dessa kostnader med 20 % inte påverkar ekonomin för torveldade kraftvärmeverk nämnvärt.

I grundscenariot får man betalt för att ta emot hushållsavfall. Detta pris bygger på rikets genomsnitt för år 2011 men mottagningsavgifterna varierar kraftigt regionalt. I vissa länder får man inte betalt eller betalar för hushållsavfall som för vilket bränsle som helst. De ekonomiska aspekterna för anläggningar som eldar hushållsavfall undersöks därför även med nollkostnad för bränslet, samt en kostnad som motsvarar stenkol, det näst billigaste bränslet (undantaget kärnbränsle).

Tabell 20. Känslighetsanalys av kraftvärmeverk som eldar hushållsavfall

Bränslekostnad (kr/MWh)	COE (kr/MWh)	Ekonomibetyg (%)
-127	47	100
0	185	92
90	289	86

I tabell 20 ses att bränslepriset för hushållsavfall ger en märkbar ekonomisk skillnad för den aktuella kraftverkstypen.

5 Diskussion

Generellt ser man i resultaten att kostnaden per producerad MWh ligger betydligt lägre för kraftvärmeverken jämfört med bränslebaserad kondenskraft (se figur 2). Detta eftersom de även säljer den värme som förs över till kylvattnet i form av fjärrvärme. I synnerhet avfallseldade kraftvärmeverk har god ekonomi i simulatorns grundscenario eftersom man får betalt för att ta emot bränslet. I praktiken varierar denna mottagningsavgift i storlek beroende på hur stor efterfrågan det är på avfallsbränsle i regionen kring kraftvärmeverket. Om fler avfallseldade kraftvärmeverk byggs i framtiden kan konkurrensen tänkas bli så stor att man måste börja betala för bränslet. Vidare ser man att fossileldade kondenskraftverk inte är ekonomiskt sunda investeringar i Sverige idag (jämfört med de alternativ som finns) på grund av hur styrmedel och miljöavgifter är utformade. Man ser att de mer miljövänliga alternativen är de som främjas och är de alternativ energibolagen kommer investera i. I framtidsscenariot där IU-kostnaderna ökar (miljöbetyget sjunker eftersom samhällets acceptans för utsläpp är lägre), fossila bränslen blir dyrare och förnybara energislag blir billigare (representeras av höjda elcertifikat) styrs energibolagen kraftigare mot att endast införa förnybara energislag i energisystemet. Kärnkraft är ett undantag som presterar bra eftersom kärnavfallet inte beläggs med IU-kostnader i något av de testade scenarierna. Vad gäller naturgaseldade kraftvärmeverk erhåller de relativt goda miljöbetyg på grund av den nyttiggjorda värmeenergin som levereras till fjärrvärmenätet.

Eftersom simulatorm gör beräkningar på årtidsbasis kommer momentana spetslaster i fjärrvärmenätet ej att beaktas. Likaså kommer effektvariationer i elbehovet över dygnet inte förekomma. Detta är en förenkling som leder till att några spetslastpannor vid kraftverken inte behöver tas med i simuleringen. I praktiken används ofta snabbstartade hetvattenpannor för att täcka effektbehov som överstiger huvudblockets kapacitet. Dessa kan drivas av olika bränslen och ger inte någon elproduktion vilket skulle ge konsekvenser för både ekonomi- och miljöresultatet. Målet för användaren är istället att förse staden med tillräckligt mycket energi varje årstid.

Vad gäller produktionsfördelningen över året för solceller baseras denna helt på data över instrålad soleffekt till skillnad mot vind- och vattenkraft där faktisk produktionsstatistik använts. Den fördelning som gäller för solceller kan därför vara något osäker eftersom hänsyn inte tagits till solcellernas tekniska egenskaper (elproduktionen är antagligen inte helt proportionell med instrålad effekt).

Investeringskostnaderna för kraftverken skalas linjärt med den installerade effekten i simulatorm vilket inte är realistiskt. Den linjära skalningen görs på grund av de data som använts. I rapporten från IEA redovisas främst data för kraftverk i storleksordningen 500 – 1000 MW. De investeringskostnader som används i simulatorm borde därför inte vara helt korrekta för kraftverk med låga installerade effekter eftersom dessa inte kan erbjudas lika förmånliga skalfördelar under byggnationen.

För olje- och torveldade kraftverk kan ekonomi- och miljöresultaten bli något missvisande eftersom både investeringskostnader och teknisk data för dessa saknas i den undersökta litteraturen. Förhoppningsvis blir avvikelser från verkligheten inte allt för stora med de antaganden som gjorts. Vidare omfattar insamlad miljödata för produktion och distribution av torv endast växthusgaser vilket kan ge en felaktig bild om hur stora utsläpp användning av torv som bränsle ger upphov till. Även för solceller kan miljöresultaten bli avvikande eftersom endast data på växthusgasutsläpp funnits. I regel är dock GWP den största kategorin i miljöbetyget varför korrekta utsläppsdata för växthusgaser anses vara av störst betydelse.

Insamlad emissionsdata knutna till förbränning av hushållsavfall anser vi vara osäkra. Enligt Gode m.fl. (2011) uppgår de fossila koldioxidutsläppen till ca en tredjedel av de koldioxidutsläpp som erhålls vid förbränning av stenkol. Detta tycks vara för mycket eftersom avfallet endast anses innehålla 12,6 % fossilt material. Om en felskrivning skett i rapporten och det som anges egentligen är bruttoutsläpp blir siffran istället något låg jämfört med de utsläpp som genereras vid förbränning av andra material. Vi har försökt att verifiera de berörda emissionsuppgifterna genom att kontakta författarna av rapporten och väntar på svar.

Partiklar ingår inte i miljöbedömningen av två anledningar. För det första täcker inte viktningssmodellen Ecovalue08 partiklar och för det andra är de data som undersökts tvivelaktiga vad gäller mängden partikelutsläpp för bl.a. förbränning av kol.

Ett betygssystem har tillämpats för att man enkelt ska kunna jämföra olika strategier för specifika ekonomiska och miljömässiga förutsättningar. Genom att köra ett scenario flera gånger kan användaren tydligt se vilka kraftverk som är ekonomiskt och miljömässigt försvarbara. Vidare kan användaren undersöka om hur vissa energislag är gångbara i delar av världen där miljöavgifter, skattenivåer och bränslepriser är utformade annorlunda genom att förändra dessa parametrar och köra scenarion med olika förutsättningar.

I betygframställningen får utebliven fjärrvärmeleverans till kunderna större genomslag på betyget än vad missad elproduktion får. Detta för att man som energibolag är ensam ansvarig för det lokala fjärrvärmenätet och måste leverera den produkt (värmes) som kunderna har betalt för. Vid utebliven elproduktion i ett kraftverk kan el fortfarande levereras till kunderna. Elen erhålls då antingen via import eller från någon annan elproducent.

6 Referenser

- Ahlroth, S. & Finnveden, G. (2011) Ecovalue08 – A new valuation set for environmental systems analysis tools. *Journal of Cleaner Production*, 19, 1994-2003.
- Alvarez, H. (2006) *Energiteknik*. Lund, Studentlitteratur.
- Brännström, M. (Vattenfall). 2012, personligt meddelande.
- Campbell, W., Nauclér, T. & Jurriaan, R. (2008) *Carbon Capture & Storage: Assessing the Economics*. McKinsey Climate Change Initiative.
- Energimyndigheten (2011) *Energiläget 2011*. ET 2011:42. Eskilstuna, Statens energimyndighet.
- Energimyndigheten (2012a) *Trädbränsle- och torvpriser*. EN0307SM1201. Eskilstuna, Statens energimyndighet.
- Energimyndigheten (2012b) *Elcertifikat*. <http://www.energimyndigheten.se/elcertifikat> [Inhämtad 2012-05-16]
- Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J. & Palm, D. (2011) *Miljöfaktaboken - uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter*. Stockholm, Värmeforsk.
- Granström, S. C. (2011) *Analys av fjärrvärmeföretagens intäcks- och kostnadsutveckling*. Eskilstuna, Energimarknadsinspektionen.
- Holmkvist, P. (Fortum). 2012-05-22, telefonintervju.
- International Energy Agency (IEA) (2010) *Projected Cost of Generating Electricity*. Paris, IEA.
- Kungliga Vetenskapsakademien (2009) *Varför högst 10 TWh vindkraft i Sverige? – Delar av underlagsmaterialet till Energiutskottets Uttalande om vindkraft* http://www.kva.se/Documents/Vetenskap_samhället/Energi/Utskottet/Varf%C3%B6r%20h%C3%B6gst%2010%20TWh%20vindkraft%20i%20Sverige.pdf [Inhämtad 2012-06-01]
- Kvarnström, J., Dotzauer, E., Gollvik, L., Andersson, C. (2007) *Lastprognoser för fjärrvärme*. Stockholm, Värmeforsk.
- Nord Pool Spot (2012) *Elsport prices from 1996 onwards, SEK*. <http://www.nordpoolspot.com/Download-Centre/> [Inhämtad 2012-04-26]
- Nyström, O., Nilsson, P-A., Ekström, C., Wiberg, A-M., Ridell, B. & Vinberg, D. (2011) *El från nya och framtida anläggningar 2011*. Stockholm, Elforsk.

Preem AB (u.å.) http://www.preem.se/templates/ProductInformation_____1008.aspx
[Inhämtad 2012-06-01]

Sandkvist, A. (Fortum). 2012-05-22, telefonintervju.

SMHI (2012) *Års- och månadsstatistik*. <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/ars-och-manadsstatistik-2.1240> [Inhämtad 2012-04-18]

Svenska kraftnät (2012) *Medelpris per elcertifikat överförda från eller inom Sverige*.
https://elcertifikat.svk.se/cmcall.asp?service=CS_Reports.GetCertificates&styleFN=reports/xsl/certificates.xsl&generalpageid=2 [Inhämtad 2012-04-26]

Statistiska centralbyrån (SCB) (2012) *Prisutveckling på el och naturgas samt leverantörbyten, fjärde kvartalet 2011*. EN 24 SM 1201. Örebro, SCB.

Valutakurser under 2011. <http://www.oanda.com/lang/sv/currency/historical-rates/>
[Inhämtad 2012-04-16]

Vattenfall (2005) *Livscykelanalys – Vattenfallsel i Sverige*. Stockholm, EO Print.

Vattenfall (2012a) *Räkna ut din miljöpåverkan*. <http://www.vattenfall.se/sv/rakna-ut-din-miljopaverkan.htm> [Inhämtad 2012-05-30]

Vattenfall (2012b) *The Schwarze Pumpe pilot plant*.
<http://www.vattenfall.com/en/ccs/schwarze-pumpe.htm> [Inhämtad 2012-05-29]

Vindstat (2012) Produktionsstatistik from 2002. www.vindstat.nu
[Inhämtad 2012-04-27]

Bilaga 1: Bebyggelsedensitet och boendefördelning

I följande avsnitt beskrivs underlaget till en stads uppbyggnad i grundscenariot. Befolkningstäthet för boendeformerna flerbostadshus och småhus har bestämts genom att undersöka Statistiska centralbyråns (SCB) statistik gällande boendefördelning. Vidare har bostadstätheten (bostäder/ha) fastställts med hjälp av befolkningsstatistik för utvalda stadsdelar i Stockholm hämtad från Stockholm Stads Utrednings- och Statistikkontor (USK). I de fall då data saknas har uppskattningar gjorts.

Flerbostadshus

I Sverige bor det 1,57 personer per bostad i flerbostadshus. Detta är ett viktat medelvärde baserat på de uppgifter SCB (2008) anger i rapporten *Boende och boende uppgifter 2006* (en utförlig redogörelse för hur detta har beräknats finns i bilaga 3). Vidare anges i samma rapport att genomsnittlig bostadsyta per person boende i flerbostadshus uppgår till 46 m². Storleken på en genomsnittlig svensk bostad i ett flerbostadshus antas därför vara: $1,57 \cdot 46 = 72 \text{ m}^2$. I simulatoren finns fyra typer av tätheter för flerbostadshus: glest, medel, tätt och mycket tätt. Dessa anges i antal bostäder per hektar och redovisas i tabell 1. Typen ”mycket tätt” har satts till 200 bostäder/ha vilket motsvarar en 50 % högre bostadstäthet än Kungsholmen och är inte baserat på någon undersökt stadsdel.

Tabell 1. Tätheter för flerbostadshus samt stadsdel som använts som underlag

Täthetstyper, flerbostadshus	Antal bostäder/ha	Stadsdel
Glest	40	Bagarmossen
Medel	67	Södermalm
Tätt	133	Kungsholmen
Mycket tätt	200	Uppskattning

Källa: USK, Stockholm (2010)

Småhus

I svenska småhus bor det i genomsnitt 2,53 personer. Begreppet småhus innefattar villor, parhus och radhus. Bostadsytan per person i småhus uppgår till 60 m² vilket innebär att ett småhus har en genomsnittlig yta på $2,53 \cdot 60 = 152 \text{ m}^2$ (SCB, 2008). Data från SCB gällande småhus har behandlats på samma sätt som den för flerbostadshus (se bilaga 3). För småhus används två tätheter i simulatoren: gles och tät villabebyggelse.

Tabell 2. Tätheter för småhus samt stadsdel som använts som underlag

Täthetstyper, småhus	Antal småhus/ha	Stadsdel
Gles	6	Uppskattning
Tät	12	Örby

Källa: USK, Stockholm (2010)

Täthetstypen ”tät” innebär 12 st småhus per hektar vilket motsvarar stadsdelen Örby i Stockholm (se tabell 2). Gles villabebyggelse är i simulatören definierat som hälften av den täta bebyggelsen.

Lokaler

Total area för Sveriges lokaler uppgick år 2010 till 134,7 miljoner m² (Energimyndigheten, 2011). Begreppet lokaler omfattar skolor, sjukhus, butiker, hotell, kontor mm. Information om hur många lokaler som finns per yta i Sverige har inte hittats. Därför antas det i grundscenariot att lokaltätheten i en stad uppgår till samma nivå som ”mycket tät” för flerbostadshus. Genomsnittlig storlek för en bostad i flerbostadshus uppgår till 72 m² och med 200 bostäder per hektar ger det en yta på 14 400 m². Lokalytan i en stad antas därför vara 14 400 m² per hektar.

Industri

Industrin är i simulatören indelat i två sektorer: lätt och tung industri. Med tung industri menas massa-och pappersindustri, stål- och metallverk samt kemiindustri. Lätt industri innebär transportmedelsindustri, industri för datorer och elektronik, metallvaruindustri, samt textil- och läderindustri. Data över industrins energianvändning anges ofta per anställd (se bilaga 2). Därför har det uppskattats hur många anställda per hektar det finns för lätt och tung industri.

Sandvik Coromant i Gimo har ca 1700 anställda (Sandvik AB, u.å.) och verksamheten upptar en yta på ungefär 26 hektar (uppskattat med hjälp av kartor på hitta.se). Detta motsvarar 65 anställda per hektar. På samma sätt har antalet anställda per hektar uppskattats för Hallsta pappersbruk i Hallstavik till 23 (733 anställda (Holmen AB, u.å.) på ytan 32 hektar). Ett genomsnitt av dessa, 44 anställda per hektar, används i simulatören för den tunga industrin. För lätt industri har Bromstens industriområde i Stockholm använts. Med ca 1100 anställda i området (Andersson, 2004) och en yta på 21 hektar erhålls 52 anställda per hektar.

Tillväxt

Staden antas i grundscenariot varken växa eller krympa. Antal boende, lokalytan och antal anställda inom både tung och lätt industri är därför konstanta under hela körningen. Användaren kan själv mata in om staden ska förändras över tid och vilken förändringsfaktor som ska gälla.

Referenser

Andersson, Å. (2004) *Bromstens industriområde*. Stockholm, Stockholms vatten.

Energimyndigheten (2011) *Energistatistik för lokaler*. ES 2011:08. Eskilstuna, Statens energimyndighet.

Holmen AB, u.å. www.holmen.com [Inhämtad 2012-02-22]

Sandvik AB, u.å. www.sandvik.com [Inhämtad 2012-02-22]

Statistiska centralbyrån (SCB) (2008) *Boende och boendeuppgifter 2006*. BO 23 SM 0801. Örebro, SCB.

USK, Stockholm (2010)<http://www.uskab.se/images/stories/excel/b039.htm>
[Inhämtad 2012-01-27]

Bilaga 2: El- och värmebehov

I detta avsnitt redogörs för hur el- och värmebehovet bestäms. Tillvägagångssättet har varit att undersöka Energimyndighetens årliga rapporter om energibehov i bostads-, service- och industrisektorn. I de fall där data saknas har uppskattningar gjorts.

Flerbostadshus

Tabell 1. Energianvändning för uppvärmning och varmvatten i flerbostadshus, år 2005 – 2010

År	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Medel
MWh/lgh	11,6	11,5	11,2	10,6	10,9	11,5	11,2
kWh/m ²	157,0	156,0	151,0	145,0	148,1	158,5	152,6

Källa: Energimyndigheten (2011a)

Den genomsnittliga energianvändningen per bostad och yta fördelat efter år redovisas i tabell 1. Denna tabell redovisar energianvändning för uppvärmning och varmvatten och exkluderar hushållsel. Med en lägenhetsstorlek på 72 m² och ett medelbehov på 152,6 kWh/m² uppgår en lägenhets värmebehov till: $152,6 \cdot 72 = 10\,987$ kWh per år.

Tabell 2. Procentuell fördelning av uppvärmningssätt i flerbostadshus år 2005 – 2010 (%)

Uppvärmningssätt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Medel
Oljeeldning	3	2	1	1	1	1	1,5
Fjärrvärme	77	76	82	82	84	85	81
Elvärme	3	3	3	3	3	3	3
Berg/jord/sjövärmepump	8	9	8	6	4	3	6
Olja + elvärme	1	1	1	1	1	1	1
Övrigt (gas och andra kombinationer)	8	9	6	7	8	8	7,5

Källa: Energimyndigheten (2011a)

I tabell 2 redovisas fördelningen av uppvärmningssätt i svenska flerbostadshus år 2005 – 2010 och medelfördelningen används i grundscenariot. Det som är relevant för simuleringen är bostäders fjärrvärmebehov samt det elbehov som uppstår till följd av direkt eluppvärmning och användning av värmepumpar. Raden ”olja + elvärme” tas inte med i beräkningarna då det är svårt att avgöra hur stor del av denna som utgörs av ren elvärme.

Användningen av hushållsel i flerbostadshus har bestämts till 36 kWh/m² (Zimmerman, 2009). Detta gäller för par boende i lägenhet utan barn och anses gälla för alla lägenheter i simulatorm.

Småhus

Tabell 3. Genomsnittlig energianvändning för uppvärmning och varmvatten i småhus, år 2006 – 2010

År	2006	2007	2008	2009	2010	Medel
MWh/hus	18,9	18,0	18,0	18,7	18,6	18,4
kWh/m ²	128,4	121,7	120,9	125,8	126,5	124,7

Källa: Energimyndigheten (2011c)

I tabell 3 redovisas den genomsnittliga energianvändningen (exklusive hushållsel) i svenska småhus år 2006 – 2010. Med en värmeanvändning på 124,7 kWh/m² och en medelstorlek på 152 m² per hus beräknas det genomsnittliga behovet till 124,7 · 152 = 18 954 kWh per år och hus.

Tabell 4. Total energianvändning för uppvärmning och varmvatten i småhus, år 2006 – 2010 (TWh/år)

År	2006	2007	2008	2009	2010	Medel	Andel (%)
Totalt	33,1	31,4	31,6	34,2	35,3	33,1	-
El*	14,8	13,5	12,7	14,4	15,9	14,3	43,1
Biobränsle	10,3	11,1	11,4	13,0	12,4	11,6	35,1
Fjärrvärme	4,4	3,9	5,1	4,9	5,5	4,8	14,4
Olja	3,4	2,6	2,0	1,5	1,3	2,2	6,5
Naturgas/stadsgas	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7
Närvärme	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3

*) Exklusive hushållsel

Källa: Energimyndigheten (2011c)

Total energianvändning i småhus fördelat på energibärare redovisas i tabell 4. Enligt dessa data utgör el ca 43 % av den använda energin för uppvärmning och varmvatten i småhus under år 2006 – 2010. Detta innefattar både direktverkande eluppvärmning samt el levererad till värmepumpar. Den andel av energibehovet som tillgodoses av värmepumpar är i grundscenariot satt till 35 % (se bilaga 3 för beräkning). Vidare är årsvärmefaktorn för värmepumpar satt till 2,7 (Energimyndigheten, 2011e).

Tabell 5. Användning av hushållsel i småhus år 2005 – 2010 (kWh/år)

År	2005	2006	2008	2009	2010	Medel
kWh/år	6200	6100	6000	6300	6400	6167

Källa: Energimyndigheten (2011c)

Den genomsnittliga användningen av hushållsel i småhus år 2005 – 2010 uppgår enligt tabell 5 till 6 167 kWh per år. Med en snittyta på 152 m² per småhus ger det en årlig användning om 40,6 kWh/m².

Lokaler

Total använd driftel i lokaler uppgick år 2010 till 13 958 GWh. Med en totalyta på 134,7 miljoner m² ger det en elanvändning på 103,6 kWh/m². Energitillbehovet för uppvärmning och varmvatten i lokaler uppgick år 2010 till 146 kWh/m² (Energimyndigheten, 2011b).

Tabell 6. Total energianvändning för uppvärmning och varmvatten i lokaler år 2005 – 2010 (TWh)

År	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Medel	Andel (%)
Totalt	19,7	18,5	18,6	17,3	18,5	19,9	18,8	100
Fjärrvärme	13,3	12,2	12,9	12,8	14,1	16	13,6	72,3
Elvärme	3,1	3,4	2,8	2,4	1,9	1,8	2,6	13,8
Olja	1,7	1,3	1,3	0,7	0,8	0,8	1,1	5,9
Övrigt*	1,6	1,6	1,6	1,4	1,7	1,3	1,5	8,0

* I övrigt ingår naturgas/stadsgas, bibränslen samt närvärme

Källa: Energimyndigheten (2011b)

Fördelningen av uppvärmningssätt i lokaler år 2005 – 2010 redovisas i tabell 6. Fjärrvärme är det dominerande uppvärmningssättet, följt av direktverkande el. Dessa utgör 86,1 % av energianvändningen för uppvärmning och varmvatten och är de som är relevanta för användaren i simulatören.

Industri

Total energianvändning för de utvalda näringsgrenarna som utgör lätt och tung industri redovisas i tabell 7 och 8. Även använd energi i form av el och fjärrvärme samt energianvändning per anställd tabelleras.

Tabell 7. Energianvändning inom tung industri år 2009 och 2010

Näringsgren	År	Tot. anv. (TWh)	Fjärrvärme (GWh)	El (TWh)	MWh/anställd
Massa- och pappersindustri	2009	74,0	229,4	22,3	2 361
	2010	77,0	152,2	22,7	2 597
Kemiindustri	2009	10,8	223,3	4,5	459
	2010	13,0	255,6	4,8	591
Stål- och metallverk	2009	21,2	283,6	6,0	694
	2010	27,9	340,0	7,4	974
Medel		37,3	247,4	11,3	1279,3

Källa: Energimyndigheten (2011d)

Tabell 8. Energianvändning inom lätt industri år 2009 och 2010

Näringsgren	År	Tot. anv. (GWh)	Fjärrvärme (GWh)	El (GWh)	MWh/anställd
Textil- och läderindustri	2009	355	12,8	171,7	61
	2010	358	12,8	164,2	74
Datorer och elektronik	2009	3 038	578,6	2 034,7	28
	2010	3 330	672,2	2 053,1	34
Transportmedelsindustri	2009	2 991	467,8	1 737,2	39
	2010	3 441	590,0	1 931,4	53
Metallvaruindustri	2009	2 458	276,9	1 613,1	42
	2010	2 540	318,9	1 671,9	52
Medel		2 313,9	366,3	1 422,2	47,9

Källa: Energimyndigheten (2011d)

För tung industri uppgår genomsnittlig energianvändning per anställd till 1 279,3 MWh/år. För lätt industri är användningen 47,9 MWh/anställd och år. Av totala energianvändningen utgör fjärrvärme 15,8 % (366,3 / 2 313,9) inom lätt industri och 0,7 % (247,4 / 37 300) inom tung industri. Elektrisk energi står för 61,5 % (1 422,2 / 2 313,9) inom lätt industri och för 30,3 % (11,3 / 37,3) inom tung industri.

Variationer under årstiderna

Uppvärmning och varmvatten

Energibehovet i bebyggelsen varierar med årstiderna. Under vintern krävs mer energi för uppvärmning och varmvatten. För att bestämma hur fördelningen av behovet ser ut under året har fjärrvärmeanvändningen i Uppsala undersökts.

Tabell 9. Fjärrvärmeanvändning i Uppsala år 2010 (GWh/mån)

Månad	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Total
GWh/mån	250	230	220	175	105	70	50	65	100	150	200	240	1855

Källa: Vattenfall (2012)

I tabell 9 redovisas användningen av fjärrvärme i Uppsala år 2010. Andelen småhus med fjärrvärme som uppvärmningssätt är relativt låg jämfört med flerbostadshus och lokaler. Därför kan det vara något missvisande att använda data över fjärrvärmeanvändning för att undersöka variationen i småhusens värmebehov. Det antas dock att variationen för småhus följer variationen i flerbostadshus och lokaler ganska bra varför den framtagna fördelningen antas gälla även för småhus.

Fördelningen av fjärrvärmeanvändningen redovisas i tabell 10. Denna är beräknad genom att ta summan av energianvändningen per årstid dividerat med totala användningen under året. Årstiderna definieras enligt följande: vinter (dec, jan, feb), vår (mar, apr, maj), sommar (jun, jul, aug) och höst (sep, okt, nov). Eftersom de data som använts kommer från Vattenfall i Uppsala gäller resultaten ovan inte för hela Sverige. Dock antas det att dessa är giltiga för städer med samma klimat som Uppsala.

Tabell 10. Fördelning av värmeanvändningen över året

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Totalt
GWh	720	500	185	450	1855
Andel (%)	38,8	26,9	10,0	24,3	100

Hushålls- och driftel

Statistik gällande månadsvariation i användning av hushållsel saknas. Kontakt med Vattenfall, Energimyndigheten samt SCB visar att dokumentering av sådana uppgifter inte förekommer. I simulatoren har därför fördelningen uppskattats (se tabell 11). Fördelningen antas gälla för bostäder och lokaler. Inom tung och lätt industri utgör el en stor del av den totala energianvändningen. Därför har statistik över industrins månatliga elförbrukning använts för att ge en bild av hur energibehovet varierar i denna sektor. Den genomsnittliga elförbrukningen per årstid år 2007 – 2011 redovisas i tabell 12.

Tabell 11. Fördelning av hushålls- och driftelanvändning över ett år

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst
Andel (%)	30	25	20	25

Tabell 12. Industrins elförbrukning per årstid, år 2007 – 2011

Årstid	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Totalt
TWh	13,6	13,8	12,9	13,7	54,0
Andel (%)	25,2	25,6	23,8	25,4	100,0

Källa: SCB (2012)

Referenser

Energimyndigheten (2011a) *Energistatistik för flerbostadshus*. ES 2011:09. Eskilstuna, Statens energimyndighet.

Energimyndigheten (2011b) *Energistatistik för lokaler*. ES 2011:08. Eskilstuna, Statens energimyndighet.

Energimyndigheten (2011c) *Energistatistik för småhus*. ES 2011:10. Eskilstuna, Statens energimyndighet.

Energimyndigheten (2011d) *Industrins årliga användning 2010*. EN23SM1102. Eskilstuna, Statens energimyndighet.

Energimyndigheten (2011e) *Luftvattenvärmepumpar*.

<http://energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/Luftvattenvarmepumpar1/> [Inhämtad 2012-04-19]

SCB (2012) *Elanvändning, GWh efter användningsområde och*

tid.<http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/MainTable.asp?yp=tansss&xu=C9233001&omradekod=EN&omradetext=Energi&lang=1&langdb=1> [Inhämtad 2012-04-24]

Vattenfall (2012) *Miljöfakta i Uppsala*. <http://www.vattenfall.se/sv/miljofakta-i-uppsala.htm> [Inhämtad 2012-04-24]

Zimmerman, J. P. (2009) *End-use metering campaign in 400 households in Sweden. Assessment of the Potential Electricity Savings*. Eskilstuna, Statens energimyndighet.

Bilaga 3: Beräkningar

Antal personer per hushåll

I tabell 1 redovisas boendefördelningen i Sverige år 2006. Småhus utgör 45,5 % av alla hushåll och flerbostadshus utgör 54,5 %.

Tabell 1. Hushåll fördelade efter boendeform år 2006

	Småhus			Flerbostadshus				
	Äganderätt	Bostadsrätt	Hysesrätt 1:a hand	Bostadsrätt	Hysesrätt 1:a hand	Hysesrätt 2:a hand	Särskilt boende	Övrigt
Andel (%)	38,1	2,3	5,1	15,8	34,1	1,6	1,2	1,8
Pers. per hushåll	2,6	2,3	2,1	1,6	1,6	1,3	1,0	1,3

Källa: SCB, 2008

I beräkningarna av genomsnittligt antal personer per hushåll har hänsyn tagits till fördelningen mellan boendeformerna inom respektive kategori. I tabell 2 och 3 redovisas fördelningen i de två boendekategorierna.

Tabell 2. Fördelning inom småhus

	Äganderätt	Bostadsrätt	Hysesrätt 1:a hand
Andel (%)	83,7	5,1	11,2

Tabell 3. Fördelning inom flerbostadshus

	Bostadsrätt	Hysesrätt 1:a hand	Hysesrätt 2:a hand	Särskilt boende	Övrigt
Andel (%)	29,0	62,6	2,9	2,2	3,3

Beräkningen av antal personer per hushåll görs genom att multiplicera andelen med antal personer per hushåll för den aktuella boendeformen. Produkterna summeras sedan för respektive boendekategori. Numeriskt:

- Småhus: $0,837 \cdot 2,6 + 0,051 \cdot 2,3 + 0,112 \cdot 2,1 = 2,53$
- Flerbostadshus:
 $0,29 \cdot 1,6 + 0,626 \cdot 1,6 + 0,029 \cdot 1,3 + 0,022 \cdot 1,0 + 0,033 \cdot 1,3 = 1,57$

Värmepumpar i småhus

Andelen småhus som är utrustade med någon typ av värmepump för uppvärmning uppgår till 46,3 %. Av dessa utgör luftvärmepumpar 28,4 % och resterande 17,9 % är berg-, jord- eller sjövärmepumpar (Energimyndigheten, 2011a). Det antas att luftvärmepumpar täcker 65 % av husets värmebehov och att berg/jord/sjövärmepumpar täcker 94 % (EON, u.å.). Nedan beräknas den mängd energi som levereras av värmepumpar i ett genomsnittshus (total energi för uppvärmning och varmvatten är 18 954 kWh).

Luftvärmepump: $18\,954 \cdot 0,284 \cdot 0,65 = 3499$ kWh/år

Berg/jord/sjövärmepump: $18\,954 \cdot 0,179 \cdot 0,94 = 3189$ kWh/år

Av den totala energianvändningen för uppvärmning och varmvatten i småhus står

värmepumpar då för $\frac{E_{\text{värmepumpar}}}{\text{Total värmeanvändning}} = \frac{3499+3189}{18\,954} = 0,353$, dvs. ungefär 35 %.

Kostnader för bio- och avfallsanläggningar

Eftersom ekonomisk data för bio- och avfallsanläggningar saknas i rapporten från IEA (2010) har dessa hämtats från Nyström m.fl. (2011). Drift- och underhållskostnaderna anges i den rapporten i ett annat format än det som används i simulatoren varför de har räknats om enligt nedanstående metod.

Biobränsleeldat kraftvärmeverk

- Elektrisk effekt: 80 MW
- Utnyttjandegrad: 55 %
- Fast drift- och underhållskostnad: 380 kr/kW_{el}
- Rörlig drift- och underhållskostnad: 27 kr/MWh_{br}

Årlig elproduktion: $80 \cdot 0,55 \cdot 8760 = 385\,440$ MWh

Fast drift- och underhållskostnad: $380 \cdot 80 \cdot 10^3 = 30,4$ Mkr

Detta motsvarar en drift- och underhållskostnad på: $\frac{30,4 \cdot 10^6}{385440} + 27 = 105,87$ kr/MWh

Avfallseldat kraftvärmeverk

- Elektrisk effekt: 20 MW
- Utnyttjandegrad: 76 %
- Fast drift- och underhållskostnad: 2 200 kr/kW_{el}
- Rörlig drift- och underhållskostnad: 54 kr/MWh_{br}

Årlig elproduktion: $20 \cdot 0,76 \cdot 8760 = 133\,152$ MWh

Fast drift- och underhållskostnad: $2200 \cdot 20 \cdot 10^3 = 44$ Mkr

Detta motsvarar en drift- och underhållskostnad på: $\frac{44 \cdot 10^6}{133152} + 54 = 384,45$ kr/MWh

Svavelhalter

Torv har värmevärdet 8,85 MJ/kg vid fukthalten 45 % (Gode m.fl., 2011) och innehåller enligt Sveriges Geologiska Undersökning (u.å.) 0,27 % svavel per mängd torrs substans.

Per MWh torv erhålls då en svavelhalt på: $\frac{1}{8,85/0,45} \cdot 0,0027 \cdot 3600 = 0,49$ kg/MWh.

Värmevärdet för stenkol är 27,2 MJ/kg (Gode m.fl., 2011) och svavelhalten är 0,5 % (Energia Maailma, u.å.). Per MWh stenkol erhålls då en svavelhalt på:
 $\frac{1}{27,2} \cdot 0,005 \cdot 3600 = 0,66 \text{ kg/MWh}$

Energiskatt för fossila bränslen

Energiskatten har satts till specifika värden för varje fossilt bränsle men kan räknas om till en skatt per MWh energiinnehåll. Denna siffra är lika för alla bränslen varför enbart den siffran kan användas i simulatören. I tabell 4 redovisas total skatt och energiskatt för eldningsolja 1, stenkol och naturgas per enhet bränsle. Även total skatt per energiinnehåll i bränslen redovisas. Eftersom andelen energiskatt av totala skatten är känd kan då energiskatten per energiinnehåll beräknas.

Tabell 4. Energiskatt för eldningsolja 1, stenkol samt naturgas

Bränsle	Energiskatt (kr)	Total skatt (kr)	Andel energiskatt	Skatt (kr/MWh)	Energiskatt (kr/MWh)
EO 1 (m ³)	239	1144	0.21	115	24.1
Stenkol (ton)	182	1119	0.16	148	24.1
Naturgas (1000 m ³)	264	942	0.28	86	24.1

Källa: Energimyndigheten (2011b)

Pris på eldningsolja 1

År 2010 uppgick priset på eldningsolja 1 till 5 402 kr/m³ exklusive skatt (SPBI, 2012). Med ett värmevärde på 35,8 MJ/liter (Gode m.fl., 2011) erhålls då ett pris på:
 $\frac{5402}{35800} \cdot 3600 = 543 \text{ kr/MWh}$ (1 Wh = 3600 J).

Referenser

Energia Maailma (u.å.) *Stenkol*. <http://energiamaailma.fi/sv/energia-abc/fossiiliset-energiالاhteet/kivihili/> [Inhämtad 2012-06-03]

Energimyndigheten (2011a) *Energistatistik för småhus*. ES 2011:10. Eskilstuna, Statens energimyndighet.

Energimyndigheten (2011b) *Energiläget 2011*. ET 2011:42. Eskilstuna, Statens energimyndighet.

EON (u.å.) <http://www.eon.se/privatkund/Energiradgivning/Energiradgivning-vinter/Hemmet-i-stort/Valja-varmesystem/> [Inhämtad 2012-04-20]

Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J. & Palm, D. (2011) *Miljöfaktaboken - uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter*. Stockholm, Värmeforsk.

Nyström, O., Nilsson, P-A., Ekström, C., Wiberg, A-M., Ridell, B. & Vinberg, D. (2011) *El från nya och framtida anläggningar 2011*. Stockholm, Elforsk.

Statistiska centralbyrån (SCB) (2008) *Boende och boendeuppgifter 2006*. BO 23 SM 0801. Örebro, SCB.

Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet (SPBI) (2012) *Årsmedelspriser uppvärmningsbränslen*. <http://spbi.se/statistik/priser/mer-prisstatistik/arsmedelspriser-uppvarmningsbranslen> [Inhämtad 2012-05-17]

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) (u.å.)
<http://www.sgu.se/sgu/sv/samhalle/energi-klimat/torv/torv-kemi.html>
[Inhämtad 2012-06-01]

Bilaga 4: El- och fjärrvärmedata

Tabell 1. Månatlig elanvändning inom industrin år 2007 – 2011 (TWh)

Månad	Energi	Månad	Energi	Månad	Energi	Månad	Energi	Månad	Energi
2007M01	5039	2008M01	5179	2009M01	4303	2010M01	4688	2011M01	4655
2007M02	4718	2008M02	4782	2009M02	4010	2010M02	4231	2011M02	4310
2007M03	5121	2008M03	5051	2009M03	4297	2010M03	4633	2011M03	4824
2007M04	4646	2008M04	4896	2009M04	3938	2010M04	4322	2011M04	4461
2007M05	4876	2008M05	4812	2009M05	4154	2010M05	4516	2011M05	4563
2007M06	4688	2008M06	4652	2009M06	4157	2010M06	4568	2011M06	4304
2007M07	4260	2008M07	4221	2009M07	3396	2010M07	3874	2011M07	4021
2007M08	4745	2008M08	4660	2009M08	4126	2010M08	4421	2011M08	4264
2007M09	4693	2008M09	4777	2009M09	4198	2010M09	4524	2011M09	4401
2007M10	4949	2008M10	4699	2009M10	4390	2010M10	4648	2011M10	4557
2007M11	4943	2008M11	4512	2009M11	4455	2010M11	4546	2011M11	4384
2007M12	4814	2008M12	4193	2009M12	4324	2010M12	4617	2011M12	4305

Källa: SCB (2012)

Tabell 2. Elpris på Nord pool spot år 2006 - 2010 (kr/MWh)

År	2006	2007	2008	2009	2010	Medel
Januari	373,01	249,21	434,58	441,41	670,96	
Februari	406,07	276,44	371,95	417,14	931,53	
Mars	491,52	220,35	299,68	395,33	574,43	
April	458,94	205,13	408,41	375,61	427,77	
Maj	329,08	202,59	357,29	350,45	382,87	
Juni	418,66	249,83	539,77	385,7	401,54	
Juli	452,75	205,48	558,39	367,23	435,34	
Augusti	619,4	250,41	613,7	376,56	407,11	
September	602,75	299,74	702,11	362,54	472,73	
Oktober	475,74	347,29	594,53	361,61	475,57	
November	423,43	425,89	535,38	379,03	524,32	
December	293,42	430,62	481,81	501,28	832,91	
Medel	445,40	280,25	491,47	392,82	544,76	430,94

Källa: Nord Pool Spot (2012)

Tabell 3. Medelproduktion i svenska vindkraftverk anslutna till Vindstats automatiska avläsning (MWh)

År	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Total
2002	59	144	120	66	73	90	66	45	59	111	85	91	1009
2003	137	53	90	112	86	88	45	80	93	95	82	167	1128
2004	107	105	123	78	106	92	69	78	131	124	128	158	1299
2005	197	135	92	96	77	81	61	83	100	111	133	134	1298
2006	117	85	89	94	102	70	55	54	106	121	172	220	1285
2007	229	139	155	136	106	81	123	113	162	113	171	192	1718
2008	309	254	222	105	72	140	96	160	132	260	240	140	2128
2009	198	130	172	117	160	148	143	160	222	200	258	161	2070
2010	188	154	186	166	149	123	137	141	212	277	294	238	2265
2011	256	291	336	218	231	173	158	187	286	346	279	467	3230

Källa: Vindstat (2012)

Tabell 4. Producerad elenergi vid kraftstationerna i Lule älv år 2005 – 2011 (GWh)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Total
2005	1 442	1 567	1 767	1 238	1 230	1 015	843	1 038	1 180	1 426	1 463	1 594	15 803
2006	1 669	1 507	1 843	1 239	1 039	926	1 125	1 367	867	888	933	1 028	14 430
2007	1 312	1 579	1 321	945	1 303	1 325	950	1 280	838	892	1 081	1 105	13 931
2008	1 584	1 657	1 623	1 502	1 386	1 513	1 372	1 206	1 156	1 130	1 230	1 523	16 882
2009	1 498	1 563	1 596	834	976	888	587	882	941	925	787	1 300	12 777
2010	1 750	1 541	1 013	688	934	863	754	873	844	1 119	1 266	1 047	12 693
2011	1 501	1 497	1 000	772	768	716	757	962	1 140	1 109	1 189	1 435	12 844
Total	10 755	10 910	10 164	7 218	7 636	7 246	6 387	7 608	6 966	7 490	7 950	9 031	99 361

Källa: Brännström, M. (2012) pers. medd.

Tabell 5. Fjärrvärmepris för kunder i flerbostadshus år 2001 – 2011 (kr/MWh)

	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec	Medel
2001	530.2	531.4	531.5	496.2	430.5	413.4	413.3	431.1	431.1	521.1	538.4	539.8	484.0
2002	589.4	590.4	590.5	542.7	446.7	427.8	427.8	443.3	443.4	544.8	585.2	600.1	519.3
2003	616.9	619.5	619.6	570.2	493.8	471.3	480.1	480.0	480.0	547.6	598.7	634.6	551.0
2004	664.7	664.7	657.6	634.3	534.4	504.4	505.6	505.5	514.0	582.9	656.9	665.0	590.8
2005	688.6	688.5	682.3	642.5	531.2	506.4	506.4	506.3	528.3	598.6	682.5	688.7	604.2
2006	692.2	693.6	687.3	657.2	541.0	517.8	517.8	517.7	541.7	618.3	688.6	695.0	614.0
2007	705.5	705.4	705.5	683.0	563.2	537.6	537.6	537.6	561.9	634.6	699.7	706.2	631.5
2008	732.6	735.7	735.8	710.7	587.1	565.9	566.0	566.0	594.1	682.6	730.3	736.4	661.9
2009	769.4	769.4	769.4	731.5	597.5	574.9	574.9	574.9	603.1	723.8	743.5	769.4	683.5
2010	786.7	786.7	786.7	748.7	591.3	568.5	568.5	570.5	597.9	747.2	766.5	788.7	692.3
2011	799.8	799.8	799.8	767.7	592.1	583.7	583.7	583.7	621.6	760.3	767.7	799.8	705.0
Medel	688.7	689.6	687.8	653.2	537.2	515.6	516.5	519.7	537.9	632.9	678.0	693.1	612.5

Källa: SCB (2012)

Tabell 6. Genomsnittliga intäkter vid försäljning av fjärrvärme under år 2007 - 2009 (öre/kWh)

Företag	Intäkt	Företag	Intäkt	Företag	Intäkt	Företag	Intäkt
AB Borlänge Energi	47,8	Gävle Energi AB	48,0	Molkom Biovärme AB 14	57,2	Svalövs Kommun	52,5
AB Fortum Värme	59,9	Göteborg Energi AB	54,3	Mullsjö Energi & Miljö AB	66,8	Säffle Fjärrvärme AB	54,7
AB Pite Energi	46,8	Götene Vatten & Värme AB	57,8	Munkfors Värmeverk AB	68,7	Sävsjö Energi AB	57,6
Affärsverken Karlskrona AB	64,4	Habo Energi AB	68,0	Mälarenergi AB	43,3	Söderhamn nära AB	56,2
Agrovärme Enköping AB	79,3	Hagfors Energi AB	60,8	Mölnadal Energi AB	59,7	Södertörns Fjärrvärme AB	54,0
Ale Fjärrvärme AB	57,7	Halmstads Energi & Miljö AB	52,7	Mörbylånga Kommun	69,8	Sölvesborgs Fjärrvärme AB	56,9
Alingsås Energi Nät AB	68,7	Hammarö Energi AB	70,1	Neova AB	57,5	Tekniska Verken i Kiruna AB	64,0
Alvesta Energi AB	26,2	Haparanda Värmeverk AB	55,2	Nordanstigs Bostäder AB	39,0	Tekniska Verken i Linköping	51,5
Aneby Miljö & Vatten AB	56,5	Hedemora Energi AB	57,6	Nordanstigs kommun	60,9	Telge Nät AB	51,5
Arboga Energi AB	64,1	Herrljunga Elektriska AB	72,7	Norrenergi AB	59,8	Tidaholms Energi AB	52,2
Arjeplogs Kommun	57,9	Hjo Energi AB	56,7	Norrtälje Energi AB	62,6	Tierps Fjärrvärme AB	53,4
Arvidsjaur Energi AB	59,8	Hofors Energi AB	55,2	Nossebro Energi Värme AB	70,2	Tingsryds Energi AB	47,5
Arvika Fjärrvärme AB	55,6	Hyltebo Städer	62,8	Nybro Energi AB	56,1	Torsås Fjärrvärmenät AB	54,4
Bengtstors Kommun	77,4	Hällefors Värme AB	64,5	Nässjö Affärsverk AB	50,4	Tranås Energi AB	39,9
Bionär Närvärme AB	66,2	Härnösand Energi & Miljö AB	56,2	Olofströms Kraft AB	57,2	Trelleborgs Fjärrvärme AB	61,3
Bodens Energi AB	44,1	Hässleholm Miljö AB	56,0	Oskarshamn Energi AB	54,4	Trollhättan Energi AB	52,1
Bollnäs Energi AB	54,4	Höganäs Fjärrvärme AB	49,1	Oxelö Energi AB	43,3	Uddevalla Energi AB	56,8
Borgholm Energi AB	64,1	Jokkmokks Värmeverk AB	70,5	Pajala Värmeverk AB	39,5	Ulricehamns Energi AB	61,2
Borås Energi och Miljö AB	57,6	Jämtkraft AB	45,1	Partille Energi AB	61,6	Umeå Energi AB	52,8
Bromölla Fjärrvärme AB	52,4	Jämtlands Värme AB	59,7	Perstorps Fjärrvärme AB	52,5	Vaggeryds Energi AB	57,1
Bräcke Kommun	68,0	Jönköping Energi AB	60,0	Pålsboda Bioenergi AB	58,1	Vara Värme AB	59,0
BTEA Energi AB	66,6	Kalmar Energi Värme AB	58,6	Rindi Flen AB	58,5	Varberg Energi AB	56,8
C4 Energi AB	52,9	Karlsborgs Värme AB	58,3	Rindi Gnesta AB	64,2	Vattenfall AB	58,1
Charlottenberg Energi AB	85,0	Karlshamn Energi AB	48,3	Rindi Höör AB	60,2	Vattenfall Kalix Fjärrvärme AB	48,9
Dala Energi Värme AB	62,1	Karlskoga Kraftvärmeverk AB	45,5	Rindi Sjöbo AB	58,2	Vetlanda Energi & Teknik AB	58,6
Dalkia Energy and Building	87,4	Karlstads Energi AB	53,2	Rindi Sunne AB	67,1	Vimmerby & Miljö AB	55,0
Degerfors Energi AB	67,2	Katrineholm Energi AB	52,0	Rindi Syd AB	64,5	Vårgårda Ångfabrik AB	60,2
E.ON Värme Sverige AB	66,3	Kils Energi AB	74,9	Rindi Tomelilla AB	58,8	Värnamo Energi AB	56,3
E.ON Värme Timrå AB	58,6	Kramfors Fjärrvärme AB	64,7	Rindi Vadstena AB	60,2	Västerbergslagens Energi AB	55,3
Eksjö Energi AB	50,9	Kristinehamns Fjärrvärme AB	65,5	Rindi Vingåker AB	60,4	Västervik Miljö & Energi AB	51,6
Eksta Bostads AB	40,4	Krokoms Energi AB	40,9	Rindi Västerdala AB	56,5	Växjö Energi AB	47,0
Elektra Värme AB	52,7	Kungälv Energi AB	60,5	Rindi Älvdalen AB	60,0	Ydre Kommun	79,2
Emmaboda Energi & Miljö AB	59,4	Köpings kommun	38,3	Ronneby Miljö och Teknik AB	61,6	Ystad Energi AB	61,0
ENA Energi AB	55,1	Landskrona stad	54,4	Rättviks Teknik AB	63,8	Ånge Energi AB	68,7
Eskilstuna Energi & Miljö AB	52,2	Lantmännen Agrovärme AB	69,8	Sala-Heby Energi AB	56,0	Åre Fjärrvärme AB	57,5
Falbygdens Energi AB	53,3	Laxåvärme AB	61,4	Sandviken Energi AB	56,0	Åsele Energiverk AB	58,4

Falkenberg Energi AB	64,4	Lenhovda Energi AB	52,5	SEVAB Strängnäs Energi AB	63,9	Åstorps Bioenergi AB	61,4
Falu Energi & Vatten AB	58,1	Lerum Fjärrvärme AB	67,9	Skara Energi AB	53,8	Åtvidabergs Fjärrvärme AB	53,2
Farmarenergi i Ed AB	64,1	LEVA i Lysekil AB	58,4	Skellefteå Kraftaktiebolag	58,0	Älvkarleby Fjärrvärme AB	42,9
Filipstads Värme AB	61,0	Lidköpings Värmeverk AB	43,7	Skurups Fjärrvärme AB	59,7	Älvsbyns Energi AB	42,8
Finspångs Tekniska Verk AB	51,4	Lilla Edets Fjärrvärme AB	64,7	Skövde Värmeverk AB	47,0	Öresundskraft Ängelholm AB	53,8
Fjärrvärme I Osby AB	56,4	Linde Energi AB	54,0	Smedjebacken Energi AB	49,9	Örkelljunga Fjärrvärmeverk AB	61,2
Fortum Värme Nynäshamn AB	42,8	Ljusdal Energi AB	58,0	Sollentuna Energi AB	56,9	Österlens Kraft AB	57,3
GEAB	59,0	Luleå Energi AB	33,7	Sorsele Värmeverk AB	44,3	Överkalix Värmeverk AB	59,0
Gislaved EnergiRing AB	64,7	Malung-Sälens kommun	54,4	Statkraft Värme AB	56,1	Övertorneå Värmeverk AB	62,3
Gotlands Närvärme AB	61,3	Mariestad Töreboda Energi AB	48,7	Stenungsunds Energi & Miljö	54,0	Övik Energi AB	29,1
Grästorps Fjärrvärme AB	71,1	Mark Kraftvärme AB	62,8	Sundsvall Energi AB	52,9		
Gällivare Värmeverk AB	61,0	Mjölby-Svartådalen Energi AB	53,4	Surahammars Kommunalteknik	69,6	Genomsnitt	57,3

Källa: Granström (2011)

Referenser

Brännström, M. (Vattenfall). 2012, personligt meddelande.

Granström, S. C. (2011) *Analys av fjärrvärmeföretagens intäkts- och kostnadsutveckling*. Eskilstuna, Energimarknadsinspektionen.

Nord Pool Spot (2012) *Elspot prices from 1996 onwards, SEK*.

<http://www.nordpoolspot.com/Download-Centre/> [Inhämtad 2012-04-26]

Statistiska centralbyrån (SCB) (2012a) *Elanvändning, GWh efter användningsområde och tid*.

<http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/MainTable.asp?yp=tansss&xu=C9233001&omradekod=EN&omradetext=Energi&lang=1&langdb=1> [Inhämtad 2012-04-24]

SCB (2012b) *Prisutveckling på el och naturgas samt leverantörsbyten, fjärde kvartalet 2011*. EN 24 SM 1201. Örebro, SCB.

Vindstat (2012) Produktionsstatistik from 2002. www.vindstat.nu

[Inhämtad 2012-04-27]

Bilaga 5: Emissionsdata

I tabell 1 och 2 presenteras de emissionsdata som använts. Tabellerna innehåller både utsläpp till luft och vatten. Utsläppen till vatten redovisas under den streckade linjen.

Tabell 1. Emissioner till luft och vatten vid produktion och distribution av bränslen (g/MWh)

	Stenkol	EO1	Naturgas	Torv	Skogsflis	Hushållsavfall
CO ₂	14940	19116	19908	34740	8280	3070,8
CH ₄	2023,2	104,76	990	97,92	11,16	1,566
N ₂ O	0,0846	0,18936	9,32E-09	20,628	0,2376	0,007344
CO	0	15,732	70,56	0	16,56	2,8548
NO _x	93,6	68,4	45,36	0	36	13,608
SO ₂	127,08	45,36	75,24	0	21,6	3,744
VOC ¹	856,8	95,76	9,288	0	8,64	1,224
NH ₃	2,268E-05	0,04536	0,0001462	0	0	0,007344
NO ₃	0,025236	0,09792	0,0001462	0	0,000684	0
NH ₃	0	5,112E-05	0	0	0	0,004572
NH ₄ ⁺	0,008064	0,07164	0,017964	0	0	0
PO ₄ ³⁻	0,0004572	0,0011556	0,0001487	0	0,2268	0,000594

¹ Flyktiga kolväten (VOC, volatile organic compounds)

Källa: Gode m.fl. (2011)

Tabell 2. Emissioner till luft och vatten vid förbränning av bränslen i kraftverk (g/MWh)

	Stenkol	EO1	Naturgas	Torv	Skogsflis	Hushålls- avfall	Elprod. – kärnkraft*	Elprod. – vindkraft*	Elprod. – vattenkraft*	Elprod. – solceller*
CO ₂	349200	267480	204480	378000	9,108	140580	3300	13000	4500	70 000
CH ₄	0	3,6	0	18	6,12	8,262	3,6	2,9	0,96	2,9
N ₂ O	0	2,16	0	21,6	2,304	1,3068	0,39	0,46	0,076	0,46
CO	3,924	54	0	0	165,6	59,76	7	120	8,8	120
NO _x	252,72	720	24,84	285,48	180	135,18	19	27	4,4	130
SO ₂	344,88	90	0	399,6	1,224	13,284	24	26	2,7	280
VOC	2,2392	7,2	0	5,004	10,08	1,7676	1,6	2,8	0,24	2,8
NH ₃	0	0	1,296	285,48	7,2	6,156	0,34	0,14	0,038	0,14
NO ₃	0	0	0	0	0,0000054	0	0	3,2	0	3,2
NH ₃	0	0	0	0	0	0,006552	0	0,61	0	0,61
NH ₄ ⁺	0,5544	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PO ₄ ³⁻	0	0	0	0	0,0001836	0,006012	0,063	0,1	0	0,1

* För kärn-, vind-, och vattenkraft samt solceller ges utsläpp i gram per producerad MWh el

Källor: Gode m.fl. (2011) och Vattenfall (2005)

Referenser

Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J. & Palm, D. (2011) *Miljöfaktaboken - uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter*. Stockholm, Värmeforsk.

Vattenfall (2005) *Livscykelanalys – Vattenfallsel i Sverige*. Stockholm, EO Print.

Bilaga 6: Data från testkörningar

Data från testkörningar av de olika scenarion som beskrivs i metoddelen.

		COE (kr/MWh)	Ekonomi (%)	Miljö (%)
Stenkol	A	210	75	
	B	388	57	59
	C	463	49	18
	D	641	32	-23
Stenkol (CC)	A	304	65	
	B	704	25	86
	C	749	21	72
	D	839	12	58
Naturgas	A	319	64	
	B	592	36	82
	C	608	35	64
	D	900	6	45
Kärnkraft	A	194	76	100
	B	233	72	100
	C	272	68	100
	D	315	64	99
Vattenkraft	A	129	83	100
	B	131	83	100
	C	132	82	100
	D	109	85	99
Vindkraft (land)	A	423	53	100
	B	348	61	99
	C	272	68	99
	D	198	76	98
CHP - biomassa	A	309	85	100
	B	293	86	99
	C	277	87	98
	D	260	88	97
CHP - avfall	A	82	98	100
	B	64	99	93
	C	47	100	86
	D	30	101	79
CHP - naturgas	A	196	91	100
	B	380	81	88
	C	397	80	77
	D	592	68	65

Bilaga 7: Foton

De foton som används i simulatören är fria att använda, både i utbildningssyfte och för kommersiellt bruk under Creative commons licence. De har följande copyright-innehavare:

Kraftverksfoto	Copyright-innehavare
Kol	Diego Cupolo
Olja	Chris Allen
Naturgas	David Hebb
CHP (kraftvärmeverk)	Eric Jones
Kärnkraft	Chris Allen
Vattenkraft	Hammer51012
Vind – landbaserat	Oast House Archive
Vind – havsbaserad	Ashley Dace
Solceller	Ingen (public domain)
Menybild i simulatören	Mick Lobb