

Vad kostar det att producera elektricitet tillverkad på kärnkraft?

Kärnkraft i jämförelse med andra energikällor

Jonas Paasonen

Examensarbete för Tradenomexamen

Utbildningen Företagsekonomi

Åbo 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Jonas Paasonen

Utbildning och ort: Företagsekonomi, Åbo

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Redovisning

Handledare: Camilla Ekman

Titel: Vad kostar det att producera elektricitet tillverkad på kärnkraft? – Kärnkraft i jämförelse med andra energikällor

Datum 19.11.2017 Sidantal 34

Bilagor 0

Abstrakt

Jag vill med mitt examensarbete undersöka vad det kostar att tillverka elektricitet. Vad krävs för att det ska vara möjligt att använda de olika energikällorna, vad kostar de i jämförelse med andra, vilken är billigast, samt hurdana påverkningar har de på miljön. Syftet är att så långt som möjligt kunna jämföra de förnybara energikällorna med kärnkraft, vilket jag har lagt mitt huvudfokus på. För att utföra den här forskningen använder jag mig av innehållsanalys som metod för att jämföra tidigare forskning och se vad de har kommit till för slutsatser om kostnaderna för de olika energikällorna.

Då jag fördjupat mig i ämnet och tagit vara på de mest betydelsefulla diagram och tabeller har jag konstaterat att det inte är så lätt att jämföra kostnaderna för de olika energikällorna som jag från början trodde. Jag kom fram till att det finns många olika sätt att mäta kostnader för elproduktion på, så det är inte så enkelt att dra slutsatser.

Resultatet visar att kärnkraft hör till den billigaste elektriciteten, men trots att kärnkraft är så billigt har den ändå inte så stora miljöpåverkningar som jag först hade trott och därmed är slutsatsen att den gynnar oss både ekonomiskt och ekologiskt.

Språk: svenska

Nyckelord: kärnkraft, förnybar energi, produktionskostnader, miljö

BACHELOR'S THESIS

Author: Jonas Paasonen

Degree Programme: Business Administration, Turku

Specialization: Accounting

Supervisor(s): Camilla Ekman

Title: What does it cost to produce electricity based on nuclear? –Nuclear in comparison with other energy sources

Date 19.11.2017 Number of pages 34

Appendices 0

Abstract

The purpose of my Bachelor's thesis is to examine what it costs to manufacture electricity. I examine what is required to be able to use the different energy sources, what do they cost in comparison with others, which is the cheapest and what are their effects on the environment.

The aim is to as long as possible compare the renewable energy sources with nuclear, which I have put my main focus on. For performing this research I am using the content analysis as a method for comparing earlier researches and to see what their conclusions are of the costs for the different energy sources.

When I have deepened in the subject and taken care of the most meaningful diagrams and tables I have noticed that it is not so easy to compare the costs for the different energy sources as I believed from the start. I came to the conclusion that there are many different ways to measure costs for energy production and it is not so easy to come up with conclusions.

The result shows that nuclear is in the cheapest energy, but even if nuclear is so cheap it has not so big promotion for the environment as I first had believed and the conclusion is that it favors us both in economic and ecological ways.

Language: Swedish Key words: nuclear, renewable energy, production costs, environment

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte	1
1.2	Forskningsfrågor	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Metod	2
2	Centrala begrepp	3
3	Olika energikällor	4
3.1	Vindkraft.....	4
3.2	Vattenkraft.....	5
3.3	Solenergi.....	7
4	Kärnkraft	8
4.1	Historia.....	9
4.2	Nuläget.....	10
4.2.1	I världen	11
4.2.2	I Finland.....	13
5	Produktionskostnader.....	15
5.1	Uran	16
5.2	Kärnavfall	17
5.2.1	Koppar ärjar.....	18
5.2.2	Stölder.....	18
5.2.3	Skör berggrund.....	18
5.2.4	Geologisk istid.....	19
5.3	Framtida lösningar	19
5.3.1	Skjuta ut i rymden	19
5.3.2	Fusion.....	19
5.3.3	Transmutation	19
6	Fortum.....	20
6.1	Miljömål	20
6.1.1	Bra miljöval.....	21
6.1.2	Fortums miljöfond.....	21
6.2	Miljömål för kärnkraft.....	21
6.2.1	Fortum Carbon Free 2016.....	21
6.2.2	Fortum Market Oy 2016.....	22
7	Innehållsanalys	24
7.1	Kvalitativ innehållsanalys.....	24
7.2	Kvantitativ innehållsanalys	24

8	Forskningsresultat.....	25
8.1	Kapitalkostnader	26
8.2	Omkostnader.....	27
9	Analys.....	28
10	Avslutning.....	29
	Källor:	30

1 Inledning

I vår vardag använder vi oss av elektricitet varje stund utan att vi själva ens tänker på det. Vi använder belysning, hushållsmaskiner, arbetsredskap m.m. som fungerar med elektricitet. I vårt samhälle finns diverse politiska åsikter om energiförbrukning och även många privatpersoner har blivit mera miljömedvetna och därför försöker de t.ex. undvika vissa produkter som är tillverkade på ett visst sätt eller i vissa geografiska områden. Detsamma gäller även för elektriciteten som vi använder i vardagen. Det vi ännu mindre känner till om elektricitet är bl.a. hur mycket det kostar att tillverka den mängd vi förbrukar, på hurdant sätt den är tillverkad, vad den har för påverkan på miljön med mera.

Vi vet ofta vad vi själva betalar för elräkningen och ofta har vi en någorlunda uppfattning om hur mycket elektricitet som vi förbrukar i våra hushåll. Men om man själv vill ställa krav på hur elektriciteten som man använder för sitt privata bruk ska vara tillverkad så har man nog ett betydligt mera komplicerat val.

Det vill kort säga att vi i Finland har stor efterfrågan på elektricitet och det innebär även att den måste tillverkas på något sätt och konkurrera på vår arbetsmarknad. Det stora beroendet märks tydligt om det till exempel blir ett större strömavbrott och allting som fungerar med elektricitet stannar upp, eftersom det mesta kräver el.

I mitt examensarbete har jag studerat vilka olika metoder det finns att tillverka elektricitet på och vilka kostnader det medför sett till produktionsmängden, med huvudsaklig fokus på kärnkraftsproduktion.

1.1 Syfte

Syftet med mitt arbete är att fördjupa mig i hur man kan tillverka den energi som vi är i stort behov av dagligen, vad den kostar och vilka möjliga negativa konsekvenser den har på miljön. Orsaken till att jag har valt att rikta starkt fokus på kärnkraft är att el som är tillverkad på kärnkraft kräver grundämnen som bränsle och att kärnkraft orsakar farligt avfall. Däremot tror jag att kärnkraften kan gynna oss ekonomiskt. Det är detta som jag ska undersöka inom detta ämne.

Det är inte enkelt att jämföra kärnkraft med förnybara energikällor, men en djupare forskning kommer ge en bättre inblick i detta. Jag vill undersöka i vilken grad det är möjligt att jämföra

den energi som vi får av naturen för produktion av elektricitet med det som vi själva utvinnet ur naturen för samma produktion, i detta fall uran. Uran leder fortfarande till avfallskostnader, likaså kräver det import av det nödvändiga bränslet, vilket jag inte tror är någon enkel jämförelse.

1.2 Forskningsfrågor

Forskningsfrågorna i detta examensarbete är följande: Vad kostar det att tillverka elektricitet baserad på kärnkraft i jämförelse med andra energikällor? Hur påverkas miljön av att använda kärnkraft som energikälla? Miljöaspekten är inte mitt huvudsakliga forskningsområde, men för vårt samhälle är det naturligtvis inte mindre viktigt. Går det att jämföra kostnader för de förnybara energikällorna med kärnkraft?

1.3 Avgränsningar

Jag har valt att avgränsa mitt arbete till marknaden och energiförbrukningen i Finland. Av bränslet som används till kärnkraft har jag valt att avgränsa till uran, eftersom det används mest till kärnkraftverk. Vid produktion och försäljning av elektricitet har jag valt att enbart fokusera på Fortums verksamhet och policy, eftersom Fortum är det största energibolaget i Finland (och de flesta känner till det). Fortum äger även kärnkraftverket i Lovisa.

1.4 Metod

Mina metoder är att undersöka olika metoder att tillverka energi på, och att jämföra förnybar energi med kärnkraft. Bland förnybar energi har jag koncentrerat mig på vindkraft, vattenkraft och solenergi. Jag kommer först att se på olika sätt att tillverka elektricitet på och sedan koncentrera mig på kärnkraft.

För den empiriska delen kommer jag att använda innehållsanalys som grund för min forskning, där jag kommer att se vad tidigare forskning har gett för resultat i form av både diagram och åsikter hos olika forskare. Jag kommer också att intervjua en person för att få en djupare inblick i ämne.

De olika källor som används ger en helhetsbild av kostnader för tillverkning av elektricitet och internationell statistik ger en inblick i hur situationen ser ut i andra länder förutom i Finland.

2 Centrala begrepp

Att definiera olika begrepp anser jag att är nödvändigt att göra, eftersom det förekommer en hel del ord som inte är så allmänt kända. I det följande finns en sammanställning av några centrala begrepp som hjälper att förstå mitt arbetes innebörd bättre.

En **rotor** är den delen i ett kraftverk som roterar för att i sin tur producera elektricitet. Ett rotorblad är de blad på ett vindkraftverk som med hjälp av vinden roterar för att rotorn i sin tur ska kunna rotera och producera el. (Uppslagsverket, 2017).

Kilowattimmar är den enhet som man mäter hur mycket elektricitet som det produceras under en timme. (Uppslagsverket, 2017).

Isotop är en sorts atom som har olika antal neutroner som protoner och därmed kan innehålla olika höga halter av radioaktivitet. (Uppslagsverket, 2017).

Uran235 är den isotopen av uran som är den vanligaste att man använder till kärnkraftverk. (Uppslagsverket, 2017).

Neutroner är de partiklar av atomen som inte har varken en positiv eller en negativ laddning, utan bara väger. Tack vare neutronernas antal i en atom är det som dessa kan bli radioaktiva även om de i grundform inte är det. (Uppslagsverket, 2017).

En **kedjereaktion** är när en reaktion börjar och sedan övertar någon energin från den tidigare och på så vis uppstår en kedjereaktion. (Uppslagsverket, 2017).

En **turbin** är den delen i ett kärnkraftverk som roterar som bidrar till att elektricitet uppstår, till skillnad från rotor i ett vind- och vatten kraftverk. (Uppslagsverket, 2017).

Fission är den process då atomkärnor klyvs. (Uppslagsverket, 2017).

Radioaktivitet och **bequerel** är ämnet och enheten för den strålning som till exempel kärnavfallet avger. (Uppslagsverket, 2017).

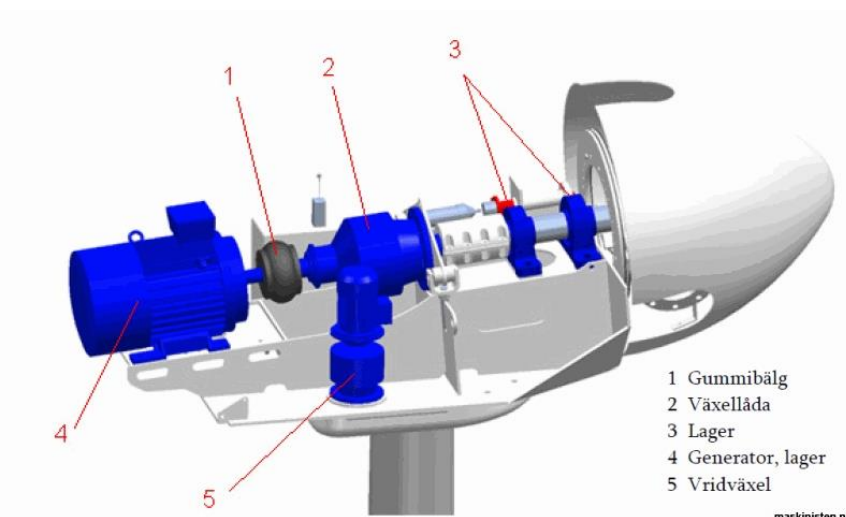
Halveringstid är den tid som det tar för kärnavfallet att halveras från den ursprungliga massan. (Uppslagsverket, 2017).

3 Förnybara energikällor

Som jag tidigare nämnde har jag tänkt jämföra förnybar energi med kärnkraft. Bland de förnybara energikällorna har jag tänkt koncentrera mig på vindkraft, vattenkraft samt solenergi. Alla dessa använder sig av naturens resurser på olika sätt för att tillverka elektricitet och som vi vet är naturen ofta ganska oförutsägbar, vilket innebär att även energiproduktionen inte är konstant, utan oregelbunden. (Energimyndigheten, 2017).

3.1 Vindkraft

Vindkraft innebär som namnet säger att man tillverkar elektricitet med hjälp av vind. Vind är en naturlig kraft som enkelt går att använda med ett vindkraftverk. Ett vindkraftverk kan stå i vatten eller på land. Ett vindkraftverk fungerar genom att vinden får rotorbladen på vindkraftverket att snurra och rotorerna är kopplade till en generator som sedan omvandlar rörelseenergin från rotorbladen till elektricitet. Hur mycket elektricitet som produceras beror helt på hur mycket det blåser. Ett vindkraftverk producerar elektricitet från en vindstyrka på 3 m/s, vilket är den lägsta vindhastigheten som krävs för att ett vindkraftverk ska kunna producera elektricitet och sedan kan det tillverka el på en vindstyrka ända upp till 25 m/s. Då det blåser över den hastigheten stannar vindkraftverket, eftersom det skulle kunna skadas vid produktion av hårdare vindar. (Energimyndigheten, 2017).



Figur 1: Bilden visar hur konstruktionen ser ut inuti ett vindkraftverk, där rotorbladen vrider på axeln, som sedan generatorn omvandlar rörelseenergin till elektricitet. (Maskinisten, 2017).

Med tanke på vindstyrkan är det därför viktigt när man bygger ett vindkraftverk att man bygger det på ett sådant ställe där det blåser mycket, samt att man bygger dem tillräckligt

höga så att t.ex. inga träd tar en massa energi av dem. Med en nytt och stort vindkraftverk kan man producera 7-12 miljoner kilowattimmar per år, förutsatt att det utnyttjas på det bästa möjliga sättet. (Energimyndigheten, 2017).

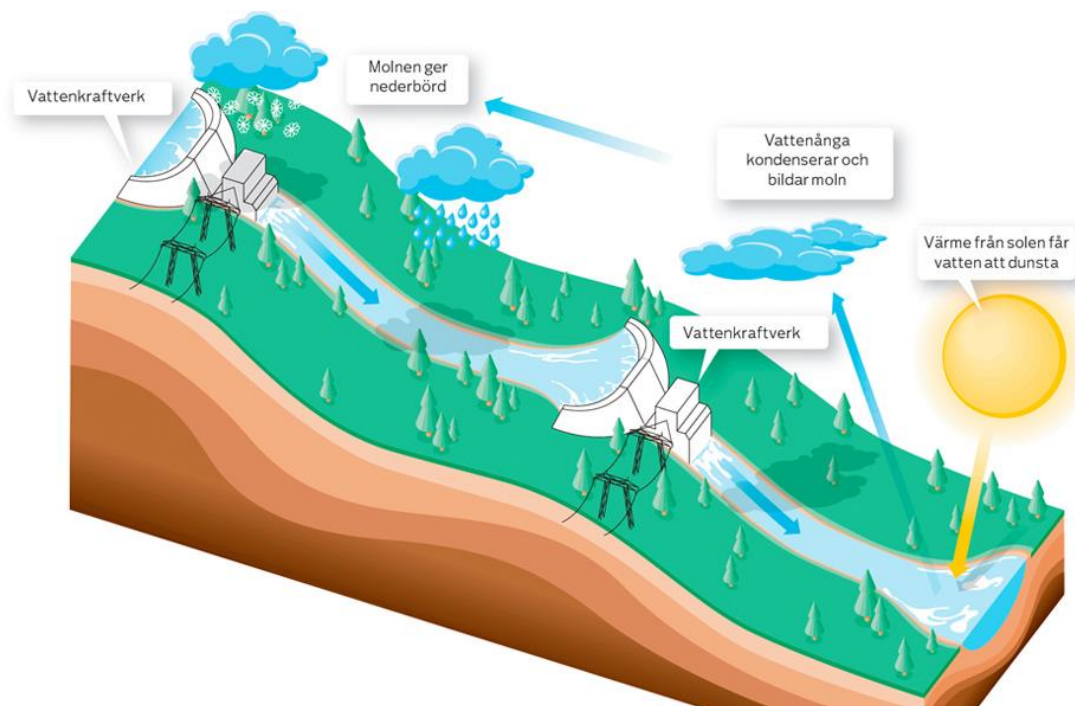


Figur 2: Ett utmärkt ställe att bygga vindkraftverk på för att få ut den bästa kapaciteten för elproduktion. (Alltomvetenskap, 2017).

3.2 Vattenkraft

Att tillverka elektricitet med hjälp av vattenkraft är även ett sätt som är vanligt i Finland. För att detta ska vara möjligt spelar både miljö och natur in. När t.ex. ett vattendrag forsar från en höjdnivå till en annan kan man bygga ett vattenkraftverk som producerar elektricitet. Medan vattnet passerar vattenkraftverket roterar en rotor som sedan omvandlar rörelseenergi till elektricitet. Sedan rinner vattnet vidare ut till sjöar och hav. Med hjälp av solen avdunstar vattnet och kommer därefter tillbaka som nederbörd i form av regn och snö. Kretsloppet fortsätter på samma vis om och om igen och kan därmed tillverka elektricitet i all evighet enligt samma system. (Energimyndigheten, 2017).

Vattenkraft är i stil med vindkraften ganska oregelbunden. Man har inte lika stora möjligheter att producera elektricitet med hjälp av vatten som är i rörelse. Då det gäller ett vattenkraftverk avgörs det hur mycket vatten det finns i vattendraget som driver vattenkraftverket. Nederbörden spelar en stor roll och också smältvatten under våren är en fin gåva från naturen som ger extra krut till vattenkraftverket. (Energimyndigheten, 2017).



Figur 3: Bilden visar hur topografin kan se ut då man bygger ett vattenkraftverk, samt vattnets kretslopp. (Vattenfall, 2017).

Att använda sig av vatten till havs för tillverkning av elektricitet är en metod som också fungerar. Då kan man använda sig av havets vågor och bygga ett vattenkraftverk som producerar energi när vågorna kommer igenom det och driver det. Med den här metoden spelar också vinden en mycket stor roll, eftersom vinden påverkar mycket hur stora vågorna blir. Även tidvatten är en stor faktor, eftersom vattennivåskillnaden mellan ebb och flod kan vara mycket stor och därmed påverkas också möjligheterna till att producera elektricitet. (Energimyndigheten, 2017).

Till skillnad från ett vindkraftverk har ett vattenkraftverk dock betydligt mera åverkan på naturen. En konstgjord damm vid ett vattendrag kan till exempel begränsa fiskarnas rörelsefrihet. Därför har det på senare tid blivit mera strikt med hur ett vattenkraftverk ska vara konstruerat, till exempel med en fisktrappa så att fiskarna kan ta sig förbi kraftverket. (Energimyndigheten, 2017).



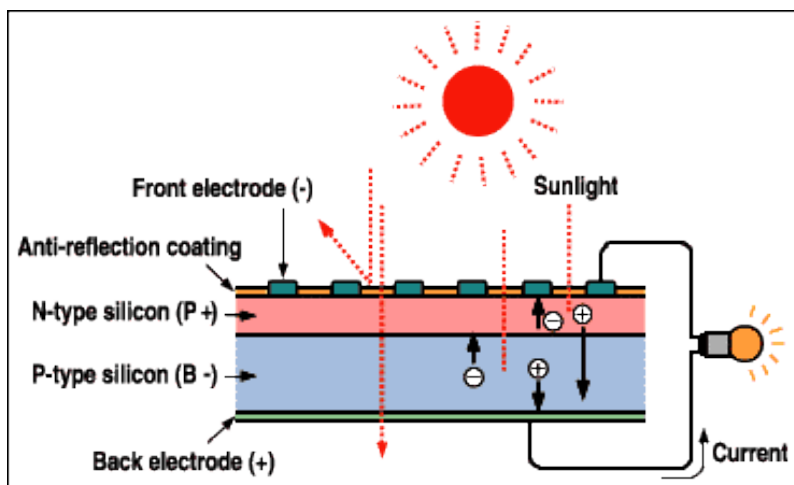
Figur 4: En fisktrappa som hjälper organismer att ta sig förbi ett vattenkraftverk i ett vattendrag. (Miljöbarometern, 2017).

3.3 Solenergi

Solenergi är kanske den mest nödvändiga energisorten av de alla. Den används till exempel till alla växters fotosyntes och överlag är solenergin väldigt viktig för allt liv på jorden. Även i det här sammanhanget med elproduktion är solenergin en viktig ingrediens. Man kan med hjälp av solceller tillveka elektricitet av solens strålar. (Energimyndigheten, 2017).

Med hjälp av solceller kan man tillverka elektricitet direkt av solljuset. Processen är inte alls komplicerad. När solljus träffar solcellens framsida, bildas det elektrisk spänning mellan fram och baksidan på solcellen. För att sedan få ut elektricitet därifrån behöver man bara koppla en ledning mellan bägge sidorna. (Energimyndigheten, 2017).

Solceller är bland annat vanliga i Finland på sommarstugorna där man inte har tillgång till elektricitet från ellinjer, utan på det sättet producerar man enkelt sin egen elektricitet. Enligt samma princip tillverkar man också elektricitet av solljus i större mängder, men då behövs större konstruktioner, vilka ofta är belägna på en stor öppen plats. (Energimyndigheten, 2017).



Figur 5: Bilden visar hur solens strålar träffar en solcell och hur processen mellan dess fram- och baksida går till. (Framtidsenergi, 2017).

Solljus är en ypperlig gåva som vi får från naturen. Räkna vi med all den energi som når jordytan skulle vi tillsammans få en kapacitet som är 7 000 gånger större än vad vi nu producerar med fossila ämnen, vilket skulle räcka väl till för att täcka våra behov. Dock är ju detta inte möjligt då vi inte tar vara på mycket av den energin, utan den går till spillo. (Fortum, 2017).

Den här metoden att tillverka elektricitet av solenergi passar bäst i områden kring ekvatorn där solen lyser som allra starkast. För Finlands del betyder det här att solstrålarna inte kommer i samma vinkel och därmed får vi inte samma energimöjligheter. Även under vinterhalvåret är det betydligt sämre med solljus i Finland, jämfört med ekvatorn där solen skiner väldigt regelbundet under hela året. (Energimyndigheten, 2017).

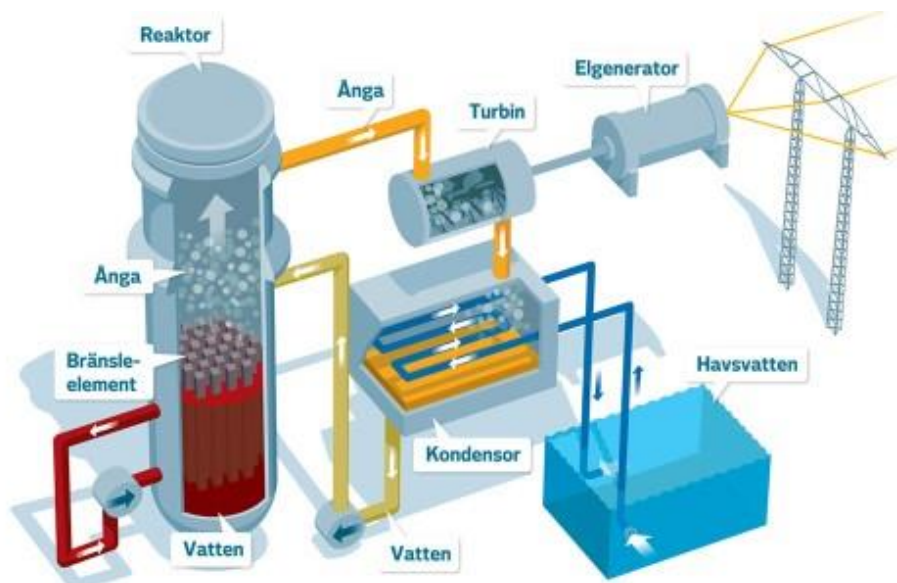
4 Kärnkraft

Kärnkraft är en metod att använda radioaktiva grundämnen för tillverkning av elektricitet på, istället för att använda naturens egna krafter. Vid tillverkningen använder man vanligen isotopen uran 235, vilket är en variant av grundämnet uran. Processen går till så att atomerna klyvs med hjälp av neutroner som sedan bildar nya neutroner som kan klyva nya uranatomer. På det sättet sker det en kedjereaktion som håller i gång hela processen. (Vattenfall, 2017).

Då uranatomerna klyvs bildas värme, av vilken man tillverkar elektricitet. Den värme som bildas vid klyvningen värmer upp vatten under hårt tryck till en temperatur på cirka 325 grader Celsius. Efter det överförs vattnet till en ångreaktor, där trycket är lägre, vilket innebär att vattnet avdunstar till ånga. Ångan tränger sedan igenom en turbin som roterar och som

därefter tillverkar elektricitet. Då ångan har passerat turbinen kyls den ner av kallare vatten som pumpats in från haven och därefter kondenserar vattnet tillbaka till sin flytande form och används därmed om igen för upphettning med hjälp av fission av uranatomkärnor. (Vattenfall, 2017).

Det vatten som används för kylning av vattenångan rinner vidare tillbaka till havet. Det blir inte radioaktivt, eftersom det aldrig kommer i kontakt med varken vattenångan eller uranneutronerna. (Vattenfall, 2017).



Figur 6: Bilden visar hur ett kärnkraftverk fungerar. (Vattenfall, 2017).

Till skillnad från övriga kraftverk som använder naturens material som bränsle t.ex. kol och flis släpper kärnkraftverk inte ut några växthusgaser och är på det viset miljövänligare än de andra, däremot används radioaktiva bränslen till produktionen för tillverkningen i ett kärnkraftverk och kärnavfallet därifrån är däremot mycket skadligt för både växter och djur och måste därför förvaras säkert att inte miljön tar skada. (Vattenfall, 2017).

4.1 Historia

Kärnkraft är en relativt ny metod att tillverka elektricitet på. År 1896 upptäckte fransmannen Henry Bequerel att grundämnet uran sänder ut en ny sorts strålning, som ingen tidigare har upptäckt. Det är också efter honom som enheten som man mäter strålning med har fått sitt namn ifrån. Att man upptäckte att uranet sänder en ny sorts strålning blev sedan grunder för vidare forskning på vad det är för typ av strålning, vad man kan använda den till med mera. (Vetenskap, 2007).

I senare skede kom man fram till att den inte bara var uran som sänder liknande strålning utan även plutonium och andra grundämnen sänder ut liknande strålning. Så småningom kom man fram till att vissa grundämnen har en förmåga att sända ut sådan strålning som alltså har blivit kallad för radioaktiv strålning. (Kärnvapen, 2017).

Idag vet man att alla grundämnen i det periodiska systemet som har atomnummer över 92 är radioaktiva i alla former, inklusive när de har lika många neutroner som protoner. För övriga grundämnen med lägre atomnummer krävs att de har olika antal neutroner som protoner. Efter att man hade upptäckt den förmågan kunde man undersöka vad man kan göra med den. (Kärnvapen, 2017).

Man märkte ganska snabbt att strålningen var skadlig och därför började den först att användas för att tillverka vapen. Den första kärnreaktorn i världen startade sin produktion år 1942, men på den tiden fanns ännu inte metoden att tillverka elektricitet av den, utan det var för tillverkning av kärnvapen som den byggdes. Det var först år 1954 i Sovjetunionen som det första kärnkraftverket som var gjort för att tillverka elektricitet öppnades. Sedan dess har metoden spridit sig över hela världen och idag ett av de mest använda sätten. (Kärnvapen, 2017).

Säkerheten med att tillverka elektricitet av kärnkraft har inte alltid varit så utvecklat då man bland annat inte har känt till vad överhettning till exempel kan innebära. Några stora olyckor har också inträffat under årens gång:

- 1979 i Harrisburg, USA
- 1986 i Tjernobyl, Sovjetunionen
- 2011 i Fukushima, Japan

Efter bland annat dessa olyckor har man lärt sig vad de kan föra med sig och därmed har säkerhetens skärpts till väsentligt på många håll. (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2017).

4.2 Nuläget

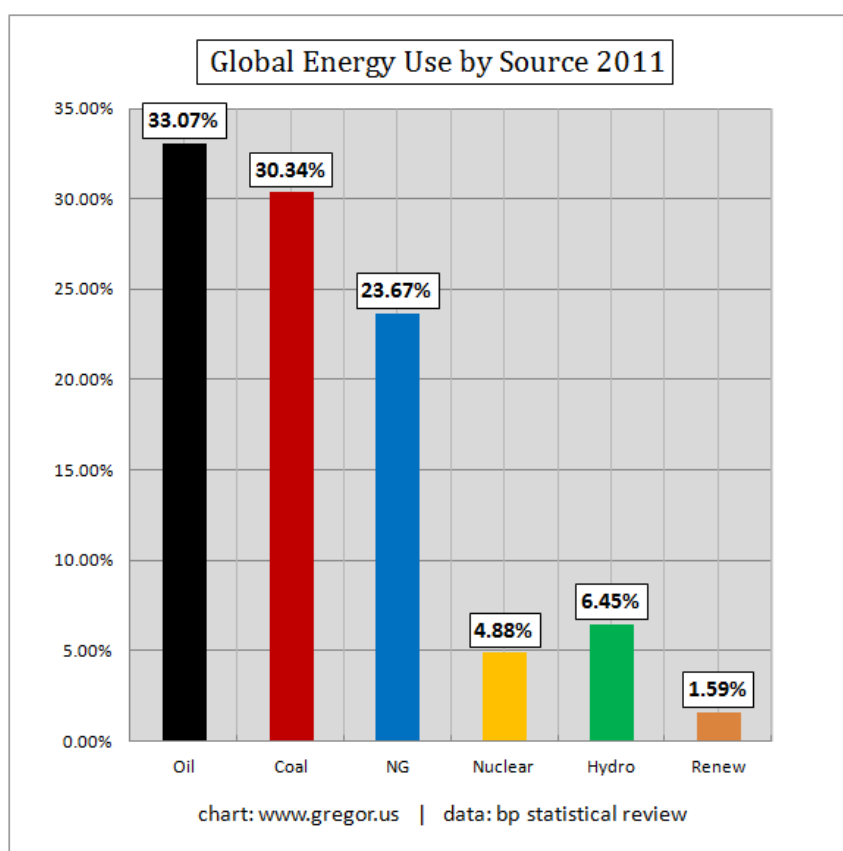
I nuläget är kärnkraft ett ofta mycket livligt diskuterat ämne. Inom politiken är det mycket blandade åsikter om kärnkraften och dessa har även varierat stort under årtiondens gång. Då det skett någon större olycka har det bland annat debatterats huruvida kärnkraftverk borde läggas ner för gott eller fortsätta vara i produktion. Dessa åsikter är fortfarande varierande

av diverse orsaker. Vissa anser t.ex. att vi vet alldeles för lite om radioaktivitet och vad det för med sig, medan andra anser att vi har helt tillräckliga kunskaper om riskerna. (Kvartal, 2016).

4.2.1 I världen

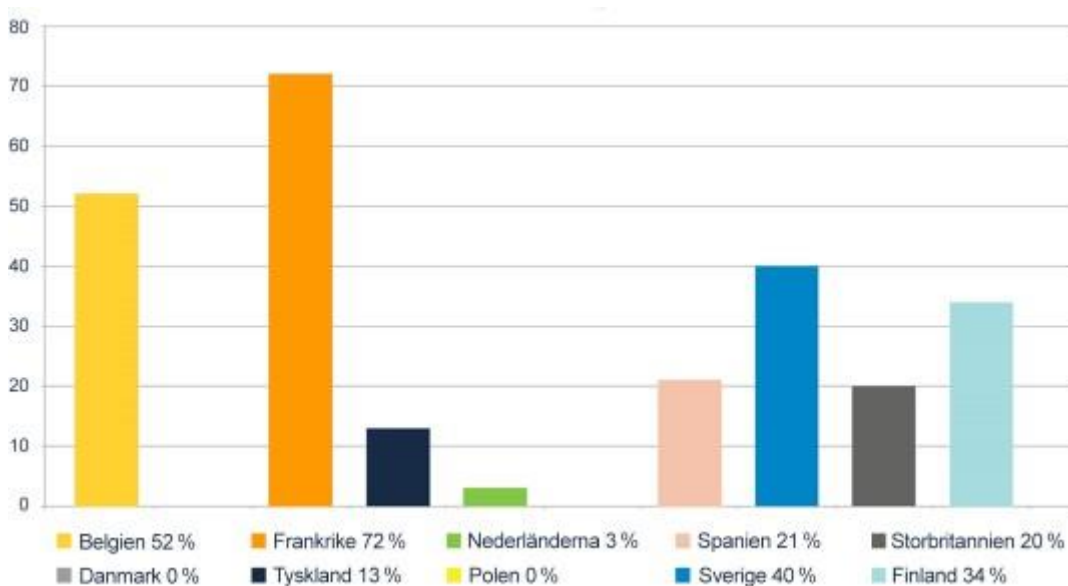
De tio länder i världen som har flest kärnkraftverk för att tillverka elektricitet är: USA, Frankrike, Japan, Kina, Ryssland, Sydkorea, Indien, Kanada, Ukraina och Storbritannien. (Iaea, 2017).

Tabell 1: Tabellen visar i hur stor utsträckning varje energikälla används. (Gregor, 2012).



Utifrån tabellen kan vi se att andelen elektricitet som är tillverkat på kärnkraft var 4,88% år 2011 i hela världen. De fossila ämnena som olja och kol hade båda var för sig över 30% av användningen. Det vill säga att globalt sett är inte kärnkraft bland de största energikällor till elförsörjningen. Även de förnybara energikällorna är ett väldigt lågt använt medel globalt sett. I Europa och EU är andelen elektricitet som är tillverkat på kärnkraft betydligt högre. Nedan följer ett stapeldiagram som visar ett urval av några europeiska länder och deras procentuella användning av elektricitet som är tillverkat på kärnkraft. (Gregor, 2012).

Tabell 2: Tabellen visar hur stor andel elektricitet som är tillverkad på kärnkraft i olika länder.
(Vattenfall, 2017).



Utifrån Tabell 2 kan vi konstatera att i jämförelse med den globala procenten som var 4,88% ligger de flesta länder i Europa långt över den procenten, men däremot finns det också länder som inte alls har några kärnreaktorer eller som överhuvudtaget inte använder sig av kärnkraft. Dessa länder är till exempel Polen och Danmark. (Vattenfall, 2017).

I Finland tillverkades år 2016 34 % av den elektricitet som vi förbrukade på kärnkraft, vilket till exempel är snäppet lägre än i till exempel Sverige, men jämför man med till exempel Tyskland så är det mycket högre än deras andel. Frankrike som var på andra plats på listan över flest kärnreaktorer i världen förbrukar landets invånare 72 % elektricitet som är tillverkat på kärnkraft. Storbritannien som var det andra EU landet på den listan, som var på tionde plats förbrukar dock endast 20 % elektricitet tillverkat på kärnkraft. (Vattenfall, 2017).

Av detta kan vi dra slutsatser att Finland, som inte fanns med på listan över de tio länderna med mest kärnreaktorer, vilket Storbritannien fanns, förbrukar procentuellt ändå mera av sin elektricitet på kärnkraft, vilket då resulterar att elkonsumtionen är högre i Storbritannien än vad den är i Finland. (Vattenfall).

Flertalet av dessa länder har flera kärnkraftverk som för tillfället ligger nere för produktion. Huruvida utveckling eller avveckling för kärnkraftverken i dessa länder är varierar stort. Orsaker till att man har valt att lägga ner en eller flera kärnreaktorer varierar, men de vanligaste orsakerna är att det har varit olönsamt att producera el i vissa kärnreaktorer, att

det finns för stora risker med att hålla igång vissa, kanske på grund av att kärnkraftverket är byggt och ligger i en jordbävningsson eller av annan bristande säkerhet som byggnadskonstruktion. Orsakerna kan också vara andra till exempel att politiska åsikter ligger till grund för dessa. (Kiwa, 2011).

USA är det landet i världen som har flest kärnreaktorer. Även har det den senaste tiden varit livliga diskussioner om att kolkraften ska utökas för att sysselsätta folket i landet och för att utöka konkurrenskraften. Att ta hänsyn till miljön vad gäller koldioxidutsläpp har de visat att de bryr sig mindre om. Det visar sig att de har annan syn på kraven för hur viktigt det är att man ska ta hänsyn till miljön då det gäller ekonomisk vinning. (El, 2017).

I Tyskland har man ett politiskt program som heter ”Energiewende” och det har ett starkt stöd av folket. Målet med programmet är att omvandla landets energitillverkning från fossila energikällor till förnybara. Där ingår också att kärnavfallet så småningom ska avvecklas. Under de senaste 15 åren har Tyskland stängt åtta kärnkraftverk och trots det har även produktionen av elektricitet ökat under den tiden för att man har byggt mycket nya vindkraftverk och börjat använda solenergin mycket mera. Hela detta projekt är väldigt dyrt, men målet med detta ser ut att gå i uppfyllelse, även fast kolkraften tillfälligt har ökat lite. (Forskning, 2016).

I Schweiz har inställningen till kärnkraft länge varit att den ska avvecklas helt och hållet, men under senare tid har inställningen mot avveckling av kärnkraft avtagit en aning. Efter kärnkraftskatastrofen i Japan 2011, bestämde Schweiz regering att avveckla alla kärnkraftverk i landet. Målet var att landet ska vara fritt från kärnkraft år 2034. Sedan år 2016 har dock inställningen bland de schweiziska medborgarna varit motsatta och nu ser det ut som att en snabb avveckling av alla kärnkraftverk inte längre är något stort mål, men att de avvecklas succesivt i alla fall. (Sjöblom, 2016).

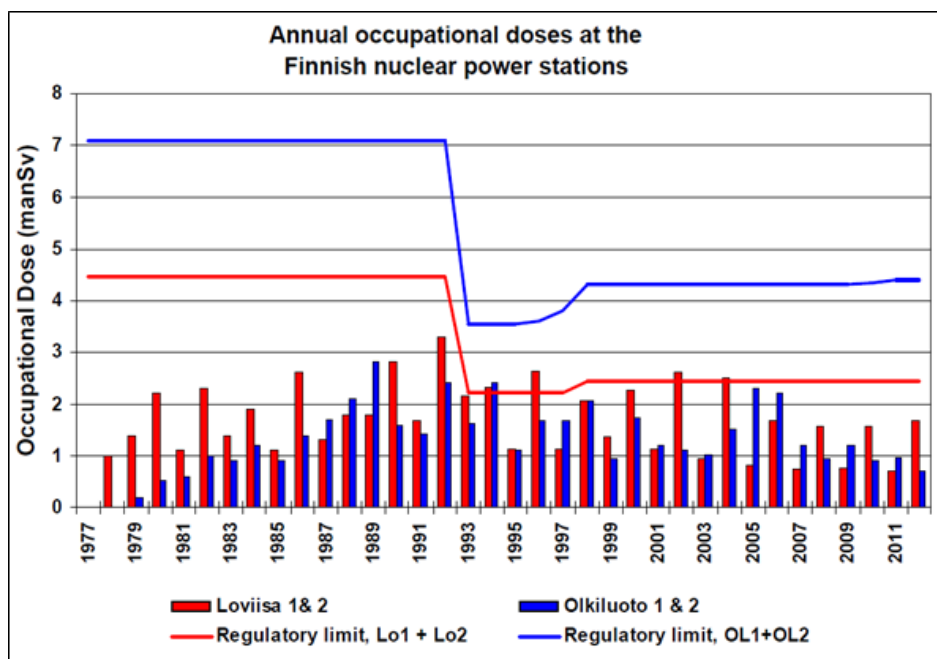
4.2.2 Kärnkraften i Finland

I Finland finns för tillfället fyra kärnreaktorer, två i Olkiluoto och två i Lovisa. För tillfället håller den femte kärnreaktorn i Finland att byggas, vilken därmed kommer att bli den tredje reaktorn i Olkiluoto. Det planeras även en sjätte reaktor i Pyhäjoki. (Fortum, 2017).

På de två orter som i dagsläget driver kärnkraftverk finns även anläggningar för förvaring av kärnavfallet. I Finland har vi till skillnad från många andra EU-länder inte haft så stora

politiska diskussioner huruvida kärnkraft borde avvecklas i rask takt eller inte. För tillfället ser det bara ut som att kärnkraftsproduktionen kommer att öka. (Hukkinen, 2015, s. 19-23).

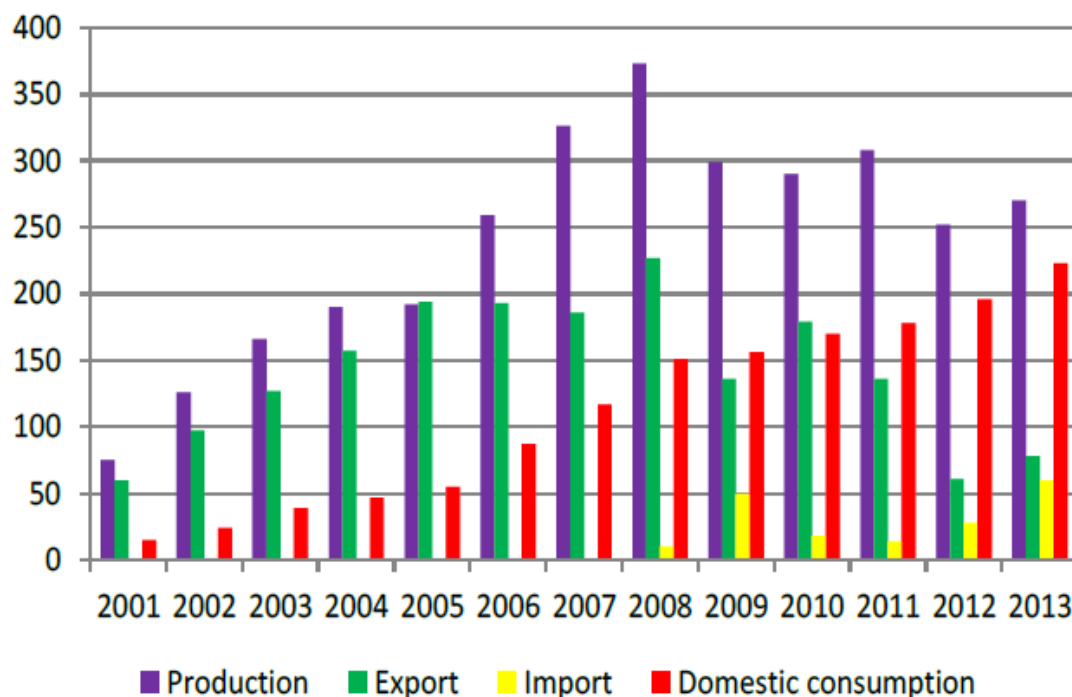
Många påstår att om man bygger nya kärnkraftverk som kommer att kunna producera stora mängder elektricitet så kommer vi att bli mera självförsörjande i den frågan och därmed kommer vi att minska behovet av elimport från Ryssland. (Fortum, 2017).



Figur 7: Diagrammet visar hur mycket elektricitet som varje kärnkraftverk har producerat. (Iaea, 2017).

Vi kan utifrån Figur 7 konstatera att kärnreaktorerna i Lovisa har i genomsnitt producerat mera elektricitet än reaktorerna i Olkiluoto mellan åren 1977 och 2012. Kärnreaktorerna i Lovisa har också vid fyra tillfällen nått över gränsen för sin kapacitet, åren var 1994, 1996, 2002 och 2004. Olkiluoto har aldrig gått över den gränsen. Olkiluoto har dock alltid haft högre gräns också än vad Lovisa har haft. (Iaea, 2017).

Tabell 3: Tabellen visar produktionen, exporten, importen, konsumtionen av energi under åren 2001-2013. (Iaea, 2017).



Utifrån Tabell 3 kan vi konstatera att energiförbrukningen i Finland har ökat otroligt mycket under året 2001-2013. Därför kan vi också med säkerhet säga att behovet av flera energikällor också behövs. (Iaea, 2017).

I början av århundradet steg produktionen år för år, medan det från år 2009 började minska och därefter har det gått lite i vågor. Man kan säga att det var från och med år 2008 som behovet av elimport började. Dock kan vi konstatera att medan produktionen, exporten och importen har gått både lite upp och ner så har konsumtionen bara ökad från år till år. (Shankar, 2016).

5 Produktionskostnader

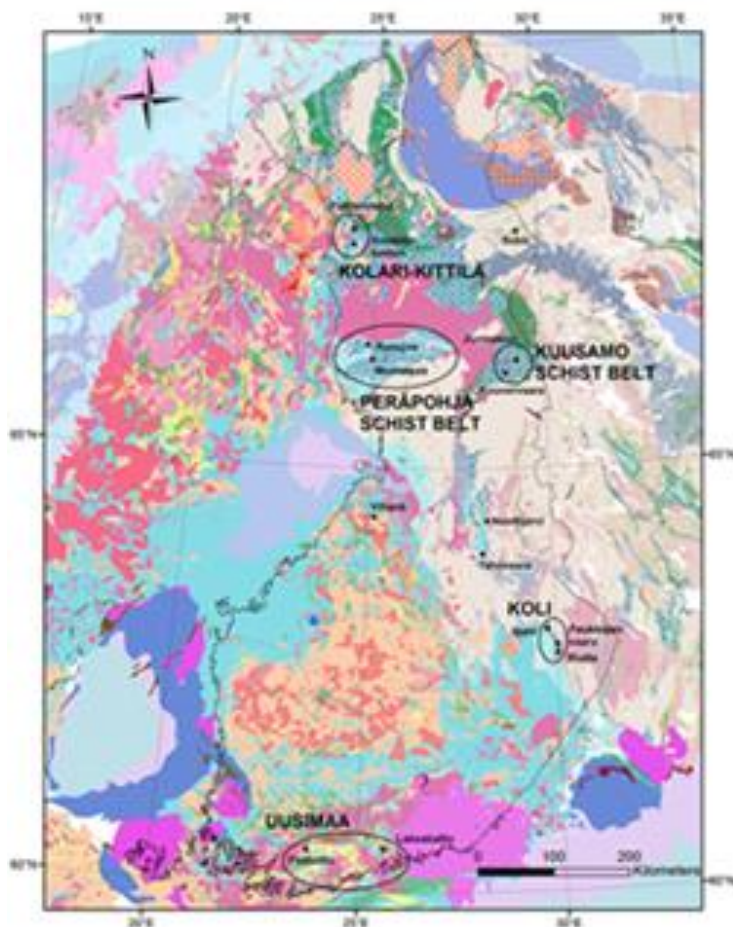
Att producera elektricitet tillverkad på kärnkraft är i varje fall ett effektivt sätt. Ett kärnkraftverk producerar stora mängder energi och kan hålla produktionen i gång dygnet runt och året runt. Ett kärnkraftverk är oberoende av något naturfenomen, som till exempel vind eller solen. Det enda som behövs till kärnkraftverk är vatten och det fås utan problem vid till exempel en flod eller ett hav. Ibland behöver dock ett kärnkraftverk lägga ner sin produktion för en period då de till exempel rensar och putsar rör och byter ut vissa delar och gör mindre reparationer, vilket då avbryter produktionen för en viss tid. (Laajasalo, 2007, s. 13-25).

Man kan som grund för kostnaderna för ett kärnkraftverk säga att de rörliga kostnaderna är av största betydelse för att ett kärnkraftverk ska kunna hålla sin verksamhet i gång. Med rörliga kostnader avses de kostnader som påverkas av produktionen. Det vill säga att ju mera energi man tillverkar, desto högre är kostnaderna i och med att det i de flesta fall blir ökade inköpskostnader. (Laajasalo, 2007, s.13-25).

För ett kärnkraftverk är de rörliga kostnaderna för uran, som utvinns ur malm eller som importeras från andra länder, den största och viktigaste kostnaden, eftersom den är grunden till att ett kärnkraftverk överhuvudtaget ska kunna producera elektricitet. Även kärnavfallet är en viktig kostnad, eftersom det uppstår mera kärnavfall att förvara ju mera uran som används för produktionen. (Laajasalo, 2007, s.13-25).

5.1 Uran

Uran är ett grundämne som utvinns ur bergmalm. Priset på uran är på samma nivå många andra metaller som till exempel guld, väldigt beroende på hur mycket uranmalm det finns på vissa geografiska områden, samt hur stor efterfrågan det är på produkterna. (gtk, 2014).



Figur 8: Bilden visar hur mycket uranmalm det finns i Finland. (gtk, 2014).

Vi kan se att det i Finland finns rätt så mycket uranmalm i vår berggrund på sina håll, ändå har vi inte utnyttjat möjligheten att utvinna uranet. Endast några småskaliga projekt har ägt rum i Finland där målet har varit att uran ska utvinnas. Största projektet för detta ägde rum åren 1958-1961 och det var mest bara ett pilotprojekt för att utvinna uran. Man uppskattar att ca 0,14 % av den uranmalm som finns i Finland är utvunnen ur vårt hemland. (gtk, 2014).

Den största delen av uranet som vi i Finland använder till våra kärnreaktorer importeras från Kazakstan, Ryssland, Kanada och Australien. Att just dessa länder som geografiskt ligger väldigt långt bort är de största importländerna för uran till Finland beror på det att de har stora urangruvor där, samt att det är relativt billigt att importera uran från dessa länder. (gtk, 2014).

5.2 Kärnavfall

Kärnavfallet som uppstår då vi tillverkar energi i ett kärnkraftverk är mycket skadligt för både människor, djur och växter. Därför är det också mycket viktigt att vi förvarar det på ett säkert ställe så att ingen kan ta skada av det. Radioaktivt avfall är det skadligaste avfallet av alla här på jorden och även i Finlands lagstiftning finns en egen lag vad gäller hanteringen av radioaktivt avfall. Den heter ”*Strålskyddslag*”. I den lagen står också klart och tydligt att det radioaktiva avfallet ska hållas säkert från miljön och att det gäller både joniserande strålning och icke joniserande strålning. (STUK, 2017).

Att förvara det radioaktiva kärnavfallet från ett kärnkraftverk gör man för tillfället att man spränger djupa gångar kilometervis ner i berggrunden och förvarar avfallet i kopparkapslar med kylvatten. Vattnets, kopparens och bergens uppgift är därmed att hålla avfallet säkert från alla levande organismer. Avfallet ska förvaras en lång tid på det stället dit det läggs. För isotopen uran-235, som används mest till kärnkraftverk är halveringstiden 100 000 år. Att spränga gångarna och förvara kärnavfallet från att åstadkomma skada på miljön har visat sig vara mycket dyrare än vad man från början har trott. (Vattenfall, 2017).

Vid de båda kärnkraften i Finland finns det förvaringsutrymmen för avfallet. Lovisa förvarar sitt i kärnavfall vid deras förvaringsutrymme och Olkiluoto vid sitt. Strålsäkerhetscentralen sköter om övervakningen av förvaringen. Det krävs också att man gör en redovisning över avfallet. Enligt lagen är det förbjudet att exportera kärnavfall, utan allt kärnavfall som bildats i Finland måste förvaras här. (STUK, 2017).

Att förvara kärnavfallet är trots strikta regler och lagar ändå en risk för vår framtid, med tanke på att halveringstiden är hundratusentals år och vi vet inte så mycket om framtiden så länge. Kärnkraft är ändå relativt nytt och vi vet inte heller med säkerhet hur utvecklingen kommer att gå ens de närmaste hundra åren. (STUK, 2017).

5.2.1 Koppars ärjar

De kopparkapslar som vi lägger kärnavfallet i och vars uppgift är att hindra att radioaktiva partiklar kommer ut i naturen, kommer att ärja. Det betyder att avfallet fortfarande kommer att finnas kvar nere i berggrunden utan att vara inkapslade i någonting. Vad forskarna menar är att kopparkapslarna är säkra i några hundratals år och vissa menar att till och med upp till tusen år, men det är bara en bråkdel av all den tid som det radioaktiva avfallet finns kvar. Vad som påverkas när kopparen har ärjat vet vi inte så mycket om ännu och därför är det svårt att säga vad som tar skada, vems ansvar det är och vad de kommer att kosta. (Internationalen, 2017).

5.2.2 Stölder

I och med att kärnavfallet är radioaktivt under en så enormt lång tidsperiod är det även svårt att säga hur säkert det är att förvara kärnavfall så djupt nere i berget. Vissa forskare menar att när ett kärnkraftverk slutar sin produktion och området där de ligger stängs, kommer fortfarande avfallet att ligga kvar i förvaringsutrymme och då finns det framtida risker med att det helt glöms bort och möjligen återupptäcks först årtusenden senare. Risken är också stor att avfallet kan komma att stjälas och användas på fel sätt i kriminellt syfte etc. (Internationalen, 2017).

5.2.3 Skör berggrund

Med tanke på jordens radie på ca 6 400 kilometer är en kilometer under jordytan väldigt lite. Det kan tyckas att sprängning på en kilometer ner i berget låter mycket, men med tanke på vilka naturkatastrofer som kan inträffa är det inte så säkert. Man vet aldrig säkert var berget är skört. Det kan finnas lera inuti bergen och i fall av jordbävning kan berget spricka och risken för läckage av radioaktivt avfall kan vara följden. Även om det skulle uppstå någon form av vulkanisk aktivitet finns risken för att berget inte är tillräckligt starkt för att det inte ska finnas någon risk för kärnavfallet att läcka ut i naturen. (Internationalen, 2017).

5.2.4 Geologisk istid

Enligt de flesta geologer är en framtida istid en stor osäkerhet kring hur det kommer att gå med det kärnavfall som vi idag förvarar nere i berggrunden. Geologiskt sett borde nästa istid börja om cirka 38 000 år, under vilken tid alltså kärnavfallet ännu är radioaktivt. När den perioden kommer är risken mycket stor att bergen trycks ner och spricker och kärnavfallet kommer att kunna läcka ur. Denna risk är i alldeles för långt in i framtiden för att i dagsläget kunna säga hur den kommer att påverka oss, men det är trots allt en stor risk för framtiden. (Internationalen, 2017).

5.3 Framtida lösningar

I och med dessa framtida risker som finns och som enligt många kan leda till olyckor på grund av det sätt som vi förvarar kärnavfallet på idag, finns det också flera idéer till framtida lösningar på hur vi kunde undvika framtida risker. (Internationalen, 2017).

5.3.1 Skjuta ut i rymden

Att skjuta ut det radioaktiva avfallet i rymden skulle innebära en säkerhet för oss på jorden, då vi skulle bli av med det här och inte behöva oroa oss för att någon av de tidigare nämnda riskerna kommer att inträffa. Dock är det med dagens teknik alldeles för riskfyllt att skjuta iväg så stora mängder radioaktivt kärnavfall som vi producerar idag. Det skulle också bli alldeles för dyrt att göra det, med tanke på vad vi producerar med kärnkraft. (Internationalen, 2017).

5.3.2 Fusion

Många forskare har forskat i om det kunde vara möjligt att på något sätt få kärnavfallet efter en fissionsprocess att fusioneras tillbaka till de isotoper som det var innan man använde materialet till kärnkraftverken. På det sättet tror forskarna även på att tillverkning av elektricitet baserat på kärnkraft kunde bli en förnybar energikälla. I dagens läge vet man inte hur detta kunde vara möjligt, men utvecklingen går framåt och kärnavfallet finns länge kvar än, så det kan vara en framtida lösning. (Internationalen, 2017).

5.3.3 Transmutation

Det har även forskats mycket i olika metoder för att få kärnavfallet att helt tappa sin radioaktivitet. Genom en så kallad transmutationsprocess skulle det kunna innebära att det

radioaktiva kärnavfallet helt och hållet skulle förlora sin radioaktivitet och därmed vara helt ofarligt för vår omgivning. I dagens läge har man dock inte kommit så långt med detta och det finns inte heller några garantier på att det ens någon gång kommer att lyckas. (Internationalen, 2017).

6 Fortum

Fortum är det största företaget i Finland som säljer elektricitet. De allra flesta finländare känner väl till Fortum. Fortum har sitt huvudkontor i Esbo. Fortum driver sin verksamhet framför allt i länderna: Finland, Sverige, Norge, Estland, Lettland, Litauen, Polen, Indien och Ryssland. (Fortum, 2017).

I Finland äger Fortum kärnkraftverket i Lovisa och i Olkiluoto äger Fortum 26,6 % av de båda reaktorerna som finns, samt 25 % av den tredje reaktorn som dock inte ännu har tagits i bruk. Då det gäller Fortum och dess miljömål har Fortum en klar bild att kärnkraft räknas med till miljövänliga källor för elproduktion. (Fortum, 2017).

Den elektricitet som Fortum säljer till både privatkunder och företag har de som mål att ska vara tillverkad på miljövänliga energikällor, vilket i Fortums fall är vind, vatten, sol, biomassa och kärnkraft. De energikällor som lämnar efter sig koldioxidutsläpp klassas inte som miljövänliga. Därför har inte Fortum el i produktion som till exempel är tillverkad på kolkraft. (Fortum, 2017).

Fortums har en god värdering vad gäller miljömål som är att ta hand om miljön så att den mår bra. För sina kunder har Fortum även olika miljömärkningar för den elen som de säljer. (Fortum, 2017).

6.1 Miljömål

Ett miljömål är ett mål eller en strategi som ett företag kan sätta upp, för att uppnå olika förbättringar som påverkar miljön mot det positiva hållet. För att uppnå goda miljömål har Fortum en miljöstrategi som innebär att 100 % av den elektricitet som Fortum säljer till privata kunder ska vara tillverkad på förnybar energi. Fortum har vissa avtal till exempel Fortum Kesto och Fortum Takuu där 100 % ska vara tillverkad på vattenkraft. Då man tänker för Fortums del och planen med att nästan all andel ska vara tillverkat på vattenkraft låter

det kanske mest rimligt att Fortum också har något miljömål vad gäller kraven på vattenkraftverken och liknande, vilket de också har. (Fortum, 2017).

6.1.1 Bra miljöval

Bra miljöval är ett miljömärke som Fortum har. Den elektricitet som Fortum säljer som har den miljömärkningen är till 95 % producerad på vattenkraft och 5 % på vind. Vissa har emellertid kritiserat Fortums miljömärkning med att 95 % ska vara tillverkat på vattenkraft, då vissa påstår att Fortum är mera ute efter ekonomisk vinning på det än ekologisk hållbarhet. (Fortum, 2017).

Fortum däremot har som mål att den elektricitet som kommer från ett vattenkraftverk måste komma från ett sådant vattenkraftverk som är byggt före år 1996 samt att de måste ha minimitappningar på sina vattenkraftverk. (Fortum, 2017).

6.1.2 Fortums miljöfond

Fortum har en egen miljöfond i vilken företaget lägger en liten andel av den elektricitet som det säljer med miljömärkningen Bra miljöval. Det vill säga för varje kilowattimme som Fortum har sålt under märkningen Bra miljöval läggs en summa till denna miljöfond. Målet med denna fond är att använda pengarna till att göra förbättringar på vattenkraftverken, så att de ska minska sina påverkningar för miljön. (Fortum, 2017).

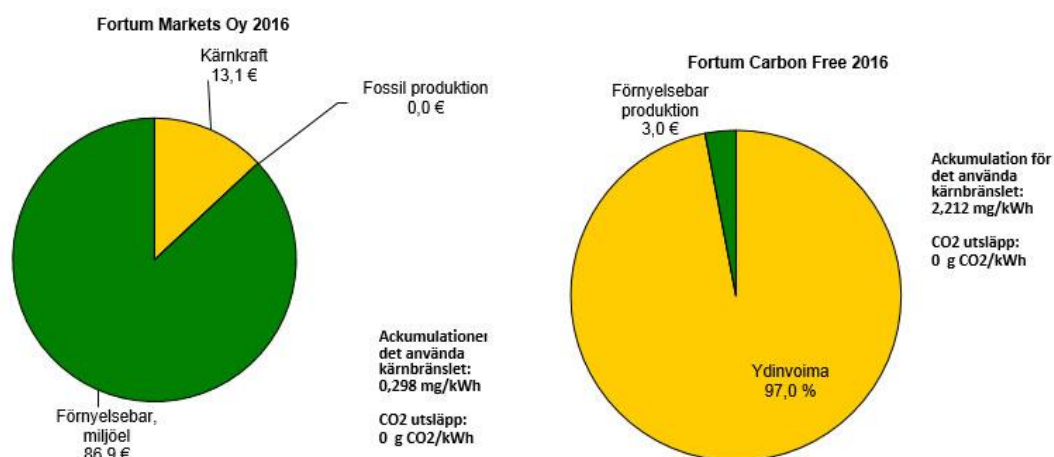
6.2 Miljömål för kärnkraft

Den elektricitet som Fortum säljer till privatkunder är till 100 % tillverkad på förnybar energi. Fortum har en klar vision av att vatten är den bästa källan vad gäller hållbar utveckling, både ekonomiskt och ekologiskt. Även då det gäller försäljning till företag ska all elektricitet vara tillverkad på miljövänliga energikällor. Där kommer då kärnkraften in i bild. Kärnkraften är inte någon förnybar energikälla, men den räknas ändå som en miljövänlig källa, eftersom den inte lämnar efter sig något koldioxidutsläpp. (Fortum, 2017).

6.2.1 Fortum Carbon Free 2016

Fortum Carbon free är även en miljömärkning för företagskunder. De som ingår detta elavtal köper elektricitet som inte är tillverkad på källor som bidrar till koldioxidutsläpp. Det är endast förnybara energikällor och kärnkraft som ingår under denna miljömärkning. (Fortum, 2017).

6.2.2 Fortum Market Oy 2016



Figur 9: Cirkeldiagrammen visar hur fördelningen är mellan de förnybara energikällorna kärnkraft och fossila ämnen. (Fortum 2017).

Figur 9 visar Fortums miljöstrategier och hur fördelningen av energikällorna ser ut bland företagskunder. Utifrån diagrammen kan vi konstatera att företagskunder använder sig av mycket mera kärnkraft än vad privatkunder gör. Fortum ger ändå företagskunder möjligheten att själva välja om de vill ha elektricitet som istället är tillverkad helt på förnybara energikällor och då har man också möjlighet att ingå sådana avtal. Den totala fördelningen av elenergi källor år 2016 var visar att 86,9 % bestod av förnybara energikällor, 13,1 % av kärnkraft, sam 0 % av fossil produktion. Fortum hade alltså inga koldioxidutsläpp, men de hade istället 0,298 mg/kWh ackumulering av använt kärnbränsle. (Fortum, 2017).

När vi nu har konstaterat att Fortum till övervägande del använder sig av förnybara energikällor för sin produktion, som endast består av 13,1% kärnkraft, kan vi konstatera att med hjälp av de fyra kärnreaktorer som vi har i Finland (av vilka Fortum äger drygt ¼ av Olkiluoto båda reaktorer, samt hela 100 % av de två i Lovisa) kan Fortum komma upp till 13,1 % av sin produktion. (Fortum, 2017).

Tabell 4: Tabellen visar elproduktionen under olika år för de fyra olika kärnreaktorerna (World–nuclear, 2017).

	Type	MWe net	First power	Expected shutdown
Loviisa 1	VVER-440/V-213 ^e	502	1977	2027
Loviisa 2	VVER-440/V-213 ^e	502	1980	2030
Olkiluoto 1	BWR	880	1978	2038
Olkiluoto 2	BWR	880	1980	2038
Total (4)		2764		

Utifrån Tabell 4 kan vi konstatera att med de fyra befintliga kärnreaktorerna klarar vi av att producera 2764 megawatt el. Vi kan även utifrån tabellen konstatera att den första kärnreaktorn som byggdes i Finland var i Lovisa år 1977 och den beräknas att läggas ner år 2027, vilket alltså betyder att den har en verkningstid på 50 år, medan Olkiluoto 2 som togs i bruk år 1980 beräknas att läggas ner först år 2038, vilket alltså innebär att den reaktorn har en lite längre livstid på 58 år. Det vill säga 8 år längre än den första. (World-nuclear, 2017).

Tabell 5: Tabellen visar hur mycket el de planerade två kommande kärnreaktorerna kommer att producera under olika år. (World-nuclear, 2017).

	Type	MWe net	MWe gross	Construction start	Commercial operation
Olkiluoto 3	EPR	1600	1720	May 2005	May 2019
Hanhikivi 1	VVER-1200/V-491	1200	1250	2019	2024
Total (2)		2750	2920		

Vi kan utifrån Tabell 5 ovan se att de två planerade kärnreaktorerna totalt kommer att kunna producera 2750 megawatt elektricitet, vilket alltså är ungefär lika mycket som de fyra som vi nu har i Finland tillsammans producerar. Det innebär då att vi kommer att kunna producera mera elektricitet i en kärnreaktor och det innebär ju då också att det kommer att bli dyrare att hålla igång en kärnreaktor. Vetenskapsmännen tror dock att det i framtiden blir billigare genom att producera större mängder elektricitet i en och samma kärnreaktor än att göra det i många olika. (World-nuclear, 2017).

7 Innehållsanalys

Med en innehållsanalys avses meningen med att analysera tidigare forskning genom att man utgår från ett visst ämne som det forskats mycket i. Metoden innebär att man söker reda på möjligast likadan fakta för samma mål men av olika forskare, för att på så sätt komma fram till en helhetsbild av hur någonting är och därmed kunna dra slutsatser eller jämföra det med egen forskning. En innehållsanalys kan man dela in i både kvantitativ och kvalitativ analys. Den kvantitativa går mera ut på siffror genom att tolka diagram och tabeller med mera, medan en kvalitativ innehållsanalys mera är fokuserad på tolkningar, vad olika forskare anser om vissa saker. (Nationalencyklopedin, 2017).

För att metoden med en innehållsanalys ska lyckas är det viktigt att man har en klar struktur på vad det är som man ska forska i och vilka typer av undersökningar eller intervjuer som man tar med, eftersom olika undersökningar som inte är menade till att mäta samma saker, blir det oerhört svårt och kan till och med bli väldigt missvisande om man blandar ihop dessa flera forskningsresultat som är gjorda till att visa helt olika resultat. (Nationalencyklopedin, 2017).

Då man använder sig av innehållsanalys som metod till forskningsuppsatser är det viktigt att man inte blandar ihop andras forskning och resultat med sina egna uppfattningar, utan att man håller dem skilda för sig under egna kapitel så att det inte går att ta miste på det. (Nationalencyklopedin, 2017).

7.1 Kvalitativ innehållsanalys

För att undersöka vidare produktionskostnader för att tillverka elektricitet på kärnkraft har jag utgått ifrån hur vissa forskare anser det vara möjligt eller inte att jämföra förnybara energikällor med kärnkraft. Hur man i så fall ska gå tillväga för att det ska bli en så rätt och pålitlig jämförelse som möjligt. (Nationalencyklopedin, 2017).

7.2 Kvantitativ innehållsanalys

Då jag vill komma fram till hur kostnaderna för el tillverkningen är i förhållande till varandra utgår jag mest ifrån den kvantitativa innehållsanalysen, där jag analyserar tidigare forskning i siffror. Det vill säga olika studier som har gjorts vid olika platser, men där målet har varit att komma fram till vad det kostar att producera elektricitet med hjälp av dessa olika energikällor. Genom analys av dessa är min förhoppning att få en ganska bra helhetsbild av

vilka kostnader som uppstår och hur det överlag är. Med en översiktsbild kan jag sedan dra egna slutsatser huruvida jag själv anser att kostnaderna för att tillverka elektricitet av kärnkraft överensstämmer med mina tidigare uppfattningar. (nationalencyklopedin, 2017).

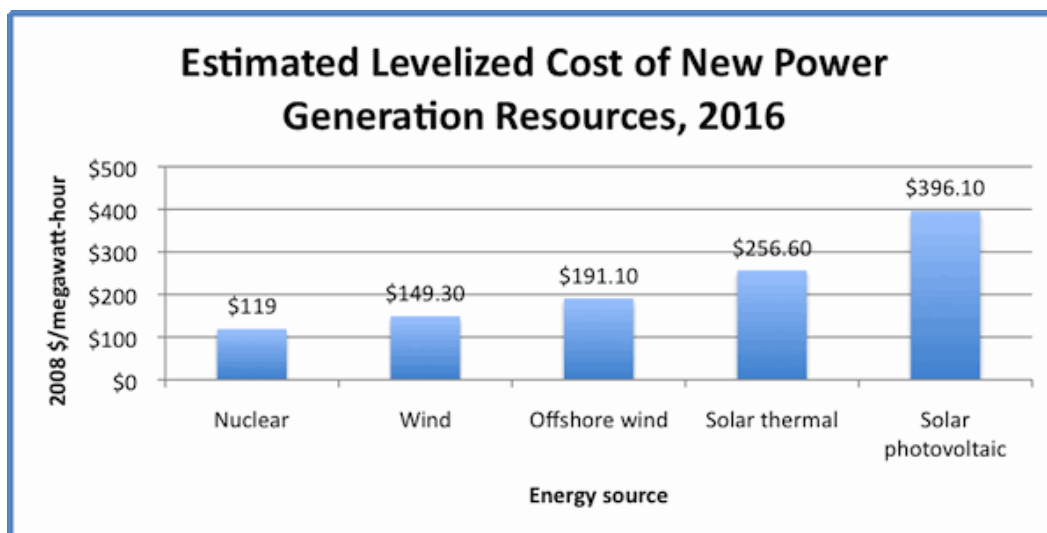
8 Forskningsresultat

Då man jämför de olika energikällorna och kostnaderna för att tillverka elektricitet från dem finns det en hel del saker som försvårar det hela. En sak är att tekniken hela tiden utvecklas och det blir möjligt att producera el billigare med någon annan metod än vad man hittills har trott, medan andra däremot kan mena att det som en forskare tror i sina argument däremot inte är hållbara i längden. (Jalap & Wimmerstedt, UÅ).

Som jag tidigare beskrev är uranet och förvaringen av kärnavfallet de två viktigaste kostnaderna för kärnkraftverken, medan några liknande kostnader inte uppstår för de förnybara energikällorna. (Jalap & Wimmerstedt, UÅ).

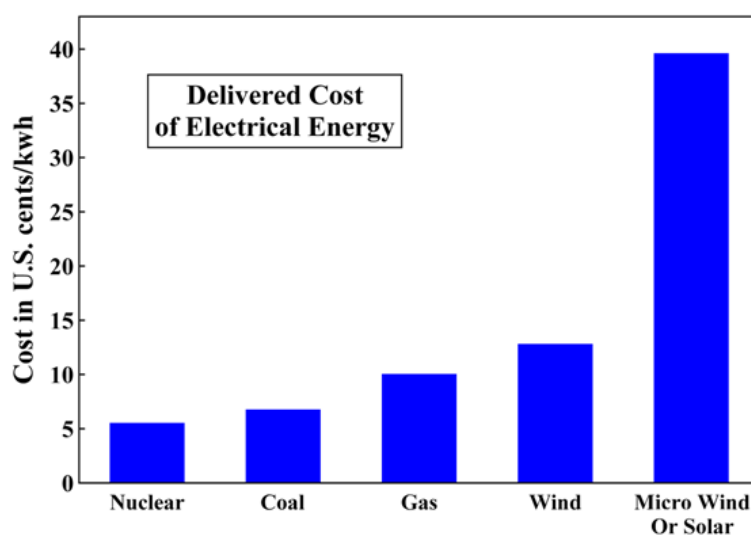
Genom att bekanta mig med och jämföra olika källor har jag kommit fram till följande slutresultat. De finns en stor mängd olika sätt på vilka man kan mäta kostnaderna för de olika energikällorna. Jag har sammanställt en redovisning för de sätt som jag tycker är intressant och av störst betydelse. Jag har även tagit med de diagram som jag tycker har det viktigaste innehållet med förklaringar till vad jag tycker är av betydelse i diagrammen. (Progressivefix, 2016).

Tabell 6: Tabellen visar kostnader för olika energikällor. (Progressivefix, 2016).



Utifrån den här forskningen kan man konstatera att kärnkraft är den billigaste energikällan, medan vindkraften är aningen dyrare och sol mycket dyrare. (Progressivefix, 2016).

Tabell 7: Tabellen visar kostnader för olika energikällor. (Oism, 2010).



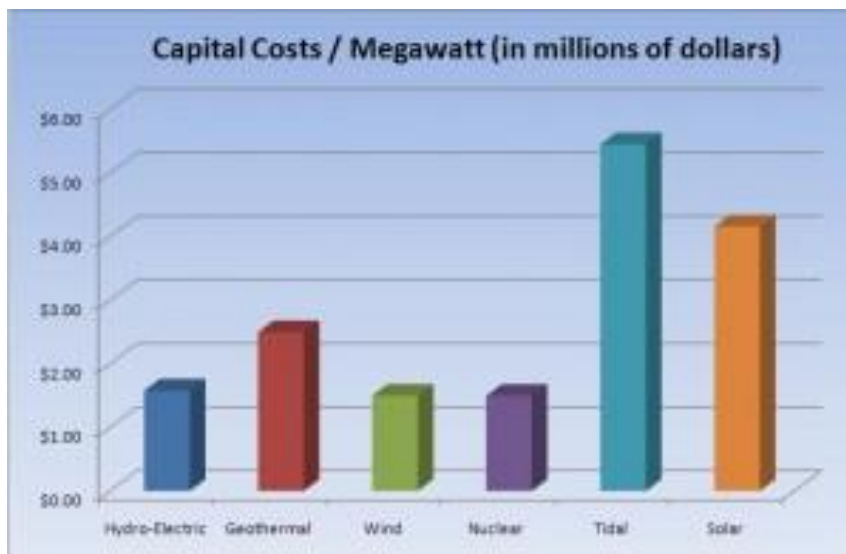
Utifrån Tabell 7 kan vi också konstatera att kärnkraften medför de lägsta kostnaderna, vilket följer av vind som den lägsta förnybara energin, medan sol sedan har betydligt högre kostnader. (Oism, 2010).

8.1 Kapitalkostnader

En kapitalkostnad är en kostnad där man kalkylerar värdeminskningen för någon anläggning eller liknande. För kapitalkostnaderna för ett kärnkraftverk skulle då vara vad värdet för

själva anläggningen minskar då man beräknar hur lång tid man kommer att ha ett kärnkraftverk i användning. (Okg, 2017).

Tabell 8: Tabellen visar kapitalkostnaderna för olika energikällor. (Okg, 2017).

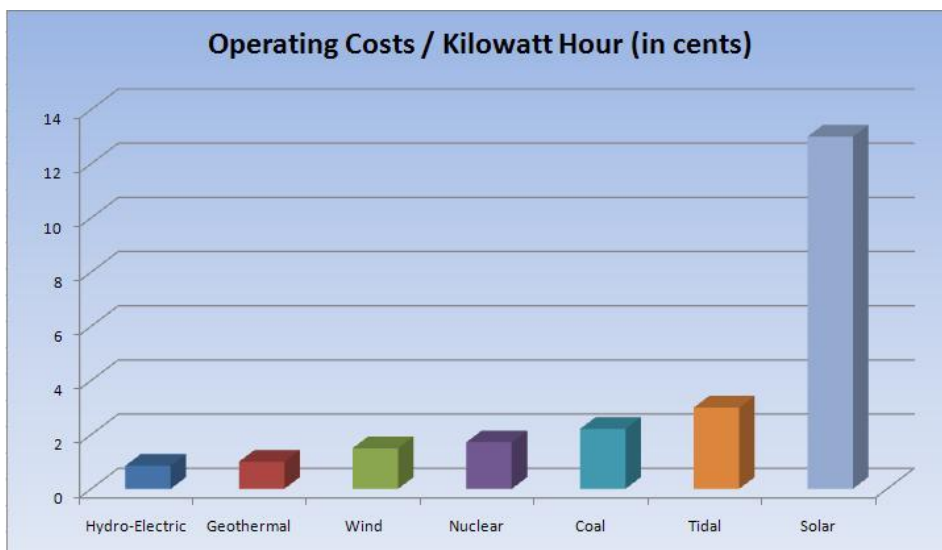


Med den här forskningen kan vi konstatera att kostnaderna för kärnkraft och vatten ligger på ungefär samma nivå, men där vatten är en aning högre. Kapitalkostnaderna för ett solkraftverk är däremot betydligt högre. (Okg, 2017).

8.2 Omkostnader

En omkostnad är detsamma som en indirekt kostnad. Det betyder att det är en kostnad som man inte direkt kan kalkylera till en kostnadsbärare, utan måste därför innan fördelas till en eller flera kostnadsställen. (Okg, 2017).

Tabell 9: Tabellen visar omkostnader för olika energikällor. (Okg, 2017).



Med den här forskningen kan vi konstatera att omkostnaderna för kärnkraft är aningen högre än för vind, medan kostnaderna för vatten är betydligt lägre och för sol är det mycket högre. (Okg, 2017).

Enligt YLEs nyligen presenterade artikel *Kostnadsjämförelse vindkraft på land den billigaste metoden* tyder en ny undersökning att elektricitet som är tillverkad på vindkraftverk som står på land det billigaste sättet att producera elektricitet på. Undersökningen är gjord vid tekniska universitetet i Villmanstrand. Den tyder på att kärnkraften kommer på andra plats, men att det då förutsätter att kärnkraftverket är byggt på egen tomt. I undersökningen framgår också att i framtiden kommer vind och sol att vara billiga i drift, men att det kommer att krävas väldigt stora investeringar för att bygga dessa kraftverk. (Von Kremer, 2017).

9 Analys

Efter att jag undersökt olika forskares forskningsresultat har jag kommit fram till helhetsbilden att kärnkraft av de flesta anses vara den billigaste energiformen. Hur det mäts anses ändå av många vara väldigt tvivelaktigt och därmed kan inte jag heller dra några större slutsatser av detta. Att jämföra förnybara energikällor med kärnkraft är otroligt svårt i och med att det med den ena energiformen uppstår kostnader som det inte gör med den andra.

I det här arbetet har jag lagt fokus på produktionskostnaderna för de olika energikällorna i jämförelse med varandra och att hitta forskningsresultat för enbart det jag haft för avsikt att undersöka är inte så lätt. Även om den ena forskaren påstår att det är möjligt att jämföra olika energikällor med varandra, så finns det så många olika sätt att mäta kostnaderna på och

resultatet beror helt på mätningssättet. Detta i sin tur leder till att det inte sådär bara går att säga att den där energikällan är det billigaste sättet att producera elektricitet på.

För kärnkraftverkens del går det även att med hjälp av siffror att visa vad det kostar att hålla igång kärnkraftverket, då uranet har ett värde som man använder för produktionen av det. Med till exempel vatten och vindkraft går det inte lika lätt att i siffror ange hur mycket den vind som nu blåser eller det vatten som rinner i älvarna kostar.

I många tidigare forskningsresultat ingår även investeringskostnader och kostnader för att bygga kraftverk, något som jag i min forskningsuppsats valde att inte närmare gå in på. Detta har ändå varit svårt att helt utesluta på grund av att många tidigare forskningar har detta med i sina resultat och därmed har det varit väldigt svårt att helt undvika att ta med på något sätt.

Dock kan jag tro, liksom också många forskare påstår, att vind är den billigaste energikällan. Med dem som påstår att vatten skulle vara billigast är jag nog ändå inte helt överens.

Jag håller med om att det skulle kunna vara det effektivaste sättet att tillverka den mängd energi som vi behöver med hjälp av solkraft. Att det skulle bli väldigt miljövänligt tror jag också på, men att det däremot skulle gynna oss ekonomiskt tror jag dock inte på. Det kommer nog att finnas billigare sätt, hur man än väljer att mäta detta i jämförelse med vad det redan kostar att bygga dessa.

Som slutsats har jag kommit fram till att dessa energikällor inte är jämförelsebara på det sätt som jag först hade tänkt mig att skulle hjälpa mig att komma fram till ett resultat på. Som en riktlinje skulle jag säga att ett företag som vill göra stor vinst genom att producera och sälja elektricitet ska välja kärnkraft.

10 Avslutning

I början av det här arbetet trodde jag mig komma fram till en ordentlig slutsats i form av en tabell där man klart och tydligt kunde redovisa för vilket energikälla som skulle vara den billigaste att producera elektricitet på. Efter att ha läst andra tidigare forskningar kom jag ändå fram till att det inte kommer att gå exakt så som jag hade tänkt mig från början. Att jag därtill inte fick en intervju med någon sakkunnig inom området som jag tänkt att skulle ha

gett en djupare inblick i ämnet var ett bakslag. Tillvägagångssättet för att försöka förstå hur man mäter kostnaderna för de olika energikällorna har varit intressant, även om det inte ledde till så mycket.

Det har varit intressant att också ur internationell synvinkel se på kostnaderna för elproduktion och -konsumtion och hur de skiljer sig globalt sett från våra egna i Finland. Även om jag själv anser att jag vissa gånger under arbetets gång har frångått ämnet och undersökt sådant som inte alls hört till så anser jag mig ändå till slut ha fått en liten vinkling på det jag ursprungligen haft för avsikt att undersöka.

Det har varit intressant att vilken påverkan kärnkraften haft på den som tillverkar elektricitet. Jag kände till exempel inte till att ansvaret för att se till hur kärnavfallet förvaras och för en eventuell kärnkraftsolycka ligger på den som producerar elektriciteten. Planerna som finns för att undvika framtida kärnavfallsolyckor var både nytt och väldigt intressanta.

En analys av tidigare forskning visade att det var svårt att hitta oberoende källor och att det därtill skulle vara så svårt att analysera dem och dra slutsatser kring vilken energikälla som är den billigaste. Min slutsats utgående från mina forskningsfrågor är ändå att en kärnkraft är den billigaste energikällan och att miljön enligt nuvarande utvinningssätt inte tar så illa i förhållande till hur det gynnar oss ekonomiskt.

Denna forskning som handlat om vad det kostar att producera och tillverka elektricitet med hjälp av olika energikällor visar att kärnkraft verkar vara en bättre energikälla än vad de andra fossila energikällorna är. Från början hade jag uppfattningen att kärnkraft kanske är billigast, men sämst för miljön. Kolkraften har däremot visat sig vara den sämsta energikällan, medan de förnybara energikällorna absolut är de bästa.

Källor

Alltomvetenskap, 2017. [Online] http://www.alltomvetenskap.se/sites/default/files/styles/large/public/vindkraft_0.jpg?itok=L9VX-UWn [hämtad 11.12.2017].

El, 2017. [Online] https://el.se/artiklar/vilka_energikallor_anvander [hämtad 22.10.2017].

Energimyndigheten, 2017. [Online] <http://www.energimyndigheten.se/> [hämtad 12.6.2017].

Forskning, 2016. [Online] <https://www.forskning.se/2016/01/10/elpriset-paverkas-av-manga-saker-men-inte-av-energislaget/> [hämtat 25.9.2017].

Fortum, 2017. [Online] <https://www.fortum.com/countries/fi/sv/pages/default.aspx> [hämtad 15.6.2017].

Framtidsenergi, 2017. [Online] <https://framtidensenergi.wikispaces.com/file/view/Solcell.gif/298085562/Solcell.gif> [hämtad 19.11.2017].

Gregor, 2012. [Online] <http://gregor.us/wp-content/uploads/2012/06/Global-Energy-Use-by-Source-2011-with-Renewables.png> [hämtat 13.11.2017]

Gtk, 2014. [Online] <http://en.gtk.fi/informationsservices/commodities/uranium.html> [hämtad 27.10.2017].

Hukkinen. J., 2015, *Maamme energia, mikä suomea vaivaa?*, Helsingfors, Into

Iaea, 2017. [Online] <https://www.iaea.org/> [hämtad 25.7.2017].

Jalap & Wimmerstedt. (UÅ). [Online] <http://www.nada.kth.se/~jjalap/termoprojekt/Kostnad%20f%C3%B6r%20olika%20energik%C3%A4llor.pdf> [hämtad 9.10.2017].

Internationalen, 2017. [Online] <http://www.internationalen.se/2015/11/finland-forst-i-varlden-med-att-slutforvara-karnavfall/> [hämtat 25.9.2017].

Kiwa, 2011. [Online] <http://www.inspecta.com/sv/Press/Artiklar/2011/Svenska/Fukushima---en-katastrof-med-stora-konsekvenser/> [hämtad 3.10.2017]

Kvartal, 2016. [Online] <https://kvartal.se/artiklar/vad-hnder-om-krnkrafte> [hämtad 23.7.2017].

Kärnvapen, 2017. [Online] <http://laromkarnvapen.se/vad-ar-karnvapen/karnvapens-utveckling/> [hämtad 22.9.2017].

Laajasalo. S., 2007, *Energy use*, Helsingfors, Vit edita

- Maskinisten, 2017. [Online]
https://www.maskinisten.net/userpix/55168_1LLSL2A7YM5901383462829.jpg [hämtad 19.11.2017]
- Miljöbarometern, 2017, [Online]
http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/vp/ige/Fisktrappa_Ulriksdal_2014.jpg
[hämtad 19.11.2017]
- Nationalencyklopedin, 2017. [Online]
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/inneh%C3%A5llsanalys>
[hämtad 11.11.2017]
- Oism, 2010. [Online] <http://www.oism.org/pproject/Slides/Presentation/Slide26.png>
[hämtad 7.9.2017].
- Okg, 2017. [Online] <http://www.okg.se/sv/Om-OKG/Ekonomi/> [hämtat 15.10.2017].
- Progressivefix, 2016. [Online] <http://www.progressivefix.com/wp-content/uploads/2010/03/Chart-3.gif> [hämtad 5.9.2017]
- Shankar. A.U., 2016 [Online] <http://www.besustainablemagazine.com/cms2/wood-pellets-in-finland-an-overview/> [hämtad 24.8.2017].
- Sjöblom. J., 2016, *Schweizarna tar ställning till kärnkraft*, [Online]
<https://svenska.yle.fi/artikel/2016/11/25/schweizarna-tar-stallning-till-karnkraft> [hämtat 17.8.2017].
- Strålsäkerhetsmyndigheten, 2017. [Online]
<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/karnkraft/karnkraftsolyckor-i-varlden/>
[hämtad 21.8.2017].
- STUK, 2017. [Online] <http://www.stuk.fi/web/sv/teman/karnavfall/vad-ar-karnavfall->
[hämtat 26.7.2017].
- Uppslagsverket, 2017. [Online] <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng>
[hämtad 23.11.2017].
- Vattenfall, 2017. [Online] <https://www.vattenfall.se/> [hämtad 19.6.2017].

Vetenskap, 2007. [Online] <http://www.alltomvetenskap.se/nyheter/becquerel-en-stralande-upptackt> [hämtad 21.8.2017].

Von Kraemer, 2017, *Kostnadsjämförelse: Vindkraft på land den billigaste metoden*, Helsingfors. [Online] <https://svenska.yle.fi/artikel/2017/09/01/kostnadsjamforelse-vindkraft-pa-land-den-billigaste-metoden> [Hämtad 1.9.2017].

World-nuclear, 2017. [Online] <http://www.world-nuclear.org/information-library.aspx> [Hämtad 22.10.2017].