

บรรณานุกรม

ฝ่ายสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, viewed 3rd December 2010.

http://www.egat.co.th/thai/images/stories/env/co2_published_web3.pdf,

AEA Technology, 2005. Environmental product declaration of electricity from Torness nuclear power station. London, UK: British Energy.

Andesta, S., Thompson, M.J., Jarrel, J.P., Pendergast, D.R., 1998. Candu Reactor and Greenhouse Gas Emissions. the 11th Pacific Basin Nuclear Conference, Banff, Alberta, Canada, May.

Areva¹. Overview of the UK EPR™ GDA Submission. viewed 5th August 2010. <http://www.epr-reactor.co.uk/ssmod/liblocal/docs/overview/Overview%20of%20the%20UK%20EPR.pdf>

Areva². PCER – Chapter 4 – Aspects having a bearing on the environment during construction phase. viewed 14th August 2010. <http://www.epr-reactor.co.uk/ssmod/liblocal/docs/PCER/Chapter%20%204%20-%20Aspects%20having%20a%20Bearing%20on%20the%20Environment%20during%20Construction%20Phase/Chapter%20%204%20-%20Aspects%20having%20a%20Bearing%20on%20the%20Environment%20during%20Construction%20Phase.pdf>

Areva³. Pressurized Water Reactor 1600 MWe (EPR). viewed 12th June 2010. http://www.avea-np.com/common/liblocal/docs/Brochure/EPRallemand_26p_en.pdf

Areva⁴. U.S. EPR™ Nuclear Plant The Path of Greatest Certainty. viewed 21th December 2010. http://www.avea-np.com/us/liblocal/docs/EPR/EPR_Brochure_09.pdf

Asian Nuclear Safety Network (ANSN). viewed 9th November 2010. More details on Standard ABWR Technical Data. http://www.ansn-jp.org/jneslibrary/More_details_ABWR_Technical_Data.pdf

Cameco, Mining, viewed 27th April 2010. <http://www.cameco.com/mining/>

Dones, R., Bauer, C., Bolliger, R., Burger, B., Heck, T., Röder A, Emmenegger, M.F., Frischknecht, R., Jungbluth, N., 2004. Life cycle inventories of energy systems: results for

current systems in Switzerland and other UCTE countries. Data v1.1. Dußendorf, Switzerland: PSI and ESU-services.

Done, R., Gantner, U., Hirschberg, R., Doka, G., Knoepfel, I., 1996. Environmental inventories for future electricity supply systems for Switzerland. PSI Bericht Nr. 96-97. Villingen, Switzerland, Paul Scherrer Institut.

Emsley, John, 1999. Uranium. Net Elements II. Cambridge University, October.

Faghihi, F., Havasi, H., Amin-Mozafari, M., 2008. Plutonium-239 production rate study using a typical fusion reactor. *Annals of Nuclear Energy*, 35, 759–766.

Fthenakis, V.M, Kim, H.C, 2007. Greenhouse-gas emissions from solar electric and nuclear power: A life-cycle study. *Energy Policy*, 35(4), 2549–57.

Guideline for carbon footprint of product, TGO and MTEC Thailand, Sep 2010

Hardy, C.J., 2008. Mining, Milling, Conversion and Enrichment of Uranium ores. Nuclear Fuel Australia Ltd, December.

Hitachi¹. The Nuclear Renaissance... get ready for it!. viewed 26th August 2010.
<http://www.dteenergy.com/pdfs/geNucRen1109.pdf>

Hitachi². ABWR Seminar 2009 Part I. 16th March.

Hondo, H., 2005. Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case. *Energy*, 30, 2042–2056.

<http://www.portworld.com/map/>

<http://maps.google.co.th/>

IAEA Workshop Salvador/Ba, 2008. Balanced Management of the Uranium Mine Life Cycle. Brasil.

ISA, Integrated Sustainability Analysis, 2006. Life-cycle energy balance and greenhouse gas emissions of nuclear energy in Australia. University of Sydney, November.

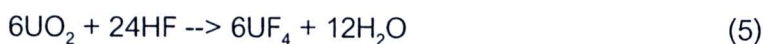
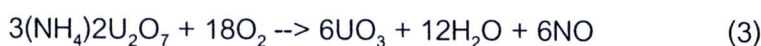
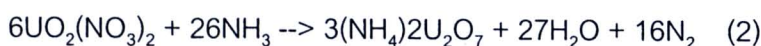
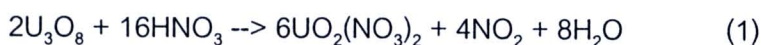
- Lenzen, M., 2008. Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review. *Energy Conversion and Management*, 49, 2178–2199.
- Mudd, G., Diesendorf, M., 2008. Sustainability of Uranium Mining and Milling: Toward Quantifying Resources and Eco-Efficiency. *Environ. Sci. Technol.*, 42, 2624–2630.
- Mukherjee, P.K., 1992. Properties of High-Density Concrete. *JTEVA*, 20 (1), Jan, pp 78-86.
- Nuclear Power Plants Information. (Last up date 2010/09/06). <http://www.iaea.org/cgi-bin/db.page.pl/pris.reaopucty.html>
- Nuclear power advantages viewed 12th January 2011.
<http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devtwelve.html>
- Pehnt, M., 2006. Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies. *Renewable Energy*, 31, 55-71.
- Ramjeawon, T., 2008. Life cycle assessment of electricity generation from bagasse in Mauritius. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1727-1734.
- Rouben, B. CANDU Fuel Management Course, Atomic Energy of Canada Ltd (AECL). viewed 20th July 2010. <http://canteach.candu.org/library/20031101.pdf>
- Song, M. J., Son, S. H., Jang C. H., 1995. Tritium Inventory Prediction in a CANDU Plant. *Waste Management*, 15 (8), pp. 593-598.
- Sovacool, B.K., 2008. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. *Energy Policy* 36,2940– 2953.
- United Nations Environment Programme, 2007. viewed 2nd September 2010.
http://www.unep.org/climateneutral/Portals/0/Company/RelatedDocuments/Senoko/Senoko_CO2_emission__electricity_production_8lYmr.pdf
- Vattenfall, 2005. Certified environmental product declaration of electricity from Forsmark Kraftgrupp AB (FKA). EPD S-P-00021. Stockholm, Sweden: Vattenfall AB Generation Nordic Countries.

- Vuono De A.C. and Lee, A.G., 2009. Fuel Cycle for Enhanced CANDU 6. 2nd International Nuclear Energy Symposium, ISNE-09. Atomic Energy of Canada Ltd (AECL). October. <http://isne.bau.edu.jo/isne-09/presentations/De-Vuono.pdf>
- White, S.W., Kulcinski, G.L., 2000. Birth to death analysis of the energy payback ratio and CO₂ gas emission rates from coal, fission, wind, and DT-fusion electrical power plants. *Fusion Eng Des*, 48(248), 473–81.
- WISE. <http://www.wise-uranium.org/calc.html>
- World Nuclear Association, July 2010. The economics of nuclear power. <http://www.world-nuclear.org/info/inf02.html>
- World Nuclear Association. December 2010. Advanced Nuclear Power Reactors. <http://www.world-nuclear.org/info/inf08.html>
- Yasukawa, S., Tadokoro, Y., Kajiyama, T., 1992. Life cycle CO₂ emission from nuclear power reactor and fuel cycle system Expert workshop on life-cycle analysis of energy systems methods and experience. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, p.151–60.
- Dones, R., Hirschberg, S., Knoepfel, I., 1994. Greenhouse gas emission inventory based on full energy chain analysis. Comparison of energy sources in terms of their full-energy-chain emission factors of greenhouse gases. IAEA Advisory Group meeting/Workshop. Beijing, China: International Atomic Energy Agency, p. 95–114.
- Friedrich, R., Marheineke, T., 1994. Life cycle analysis of electricity systems: methods and results. Comparison of energy sources in terms of their full-energy-chain emission factors of greenhouse gases. IAEA Advisory Group meeting/Workshop. Beijing, China: International Atomic Energy Agency, p. 67–75.
- van de Vate JF, 2002. Full-energy-chain analysis of greenhouse gas emissions: a comparison between nuclear power, hydropower, solar power and wind power. *Int J Risk Assess Manage*. 3 (1), 59–74.

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้ใน Refinery plant

ปริมาณสารเคมีกรดไนตริก (HNO_3) แอมโมเนีย (NH_3) และกรดไฮโดรคลอริก (HF) ที่ใช้ใน refinery plant สามารถคำนวณได้จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้



จากสมดุลมวลต้องการปริมาณ UF_4 เท่ากับ 283.57 ตัน สามารถคำนวณปริมาณกรด HF ได้จากสมการที่ (5) ดังนี้

$$\text{HF} = \{283.76 \times 4 \times (1+19)\} / \{238+(19 \times 4)\} = 72.25 \text{ t}$$

ส่วน ปริมาณ NH_3 หาได้จากสมการที่ (4) และ (3) จะได้เท่ากับ 66.53 t

และปริมาณกรด HNO_3 หาได้จากสมการที่ (2) และ (1) จะได้เท่ากับ 151.72 t

ภาคผนวก ข

รายละเอียดงานวิจัยอื่นๆ

ตารางที่ ข-1 รายละเอียดเบื้องต้นของงานวิจัยอ้างอิง (Lenzen, 2008)

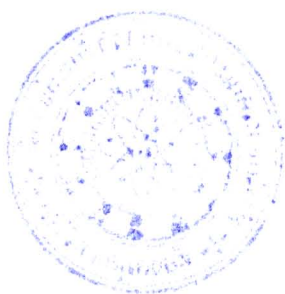
No.		Reactor type	Power rating (MWe)	Life time (y)	Load factor (%)	Ore grade (%)	Enrichment technology	Burn-up (GWd/tU)	Analysis type
1	Yasukawa (1992)	PWR	1,000	30			Df ⁽¹⁾		I/O ⁽³⁾
2	Dones (1994)	LWR	1,000				10%Ce ⁽²⁾	40	PA ⁽⁴⁾
3	Friedrich (1994)	LWR	1,300	30	68.5				I/O
4	Van de Vate JF (2002)	LWR	1,000	40	70		10%Ce	40	PA
5	Van de Vate JF (2002)	BWR	1,000	30	75		Ce	30	
6	Van de Vate JF (2002)	BWR	1,000	30	75		Ce	30	
7	Andseta (1998)	HWR	600/900						PA
8	Andseta (1998)	HWR	600/900						PA
9	White (2000)	PWR	1,000	40	75		Ce		PA
10	Dones (2004)	PWR	1,000	40	81.4	2.0	Df	42.8	PA
11	Dones (2004)	BWR	1,000	40	81.4	2.0	76%Ce	48	PA
12	Vattenfall (2005)	BWR	1,030	40	85	0.44	80%Ce		PA
13	AEA (2005)	AGR	625	40	75.8		Ce		PA
14	Hondo (2005)	BWR	1,000	30	70		Df	40	I/O
15	Fthenakis (2007)	LWR	1,000	40	85	127	Mix ⁽⁵⁾	42	Mix
16	Fthenakis (2007)	LWR	1,000	40	85	0.5	Mix	42	Mix

- (1) Df is Gaseous diffusion enrichment technology
- (2) Ce is Gas centrifuge enrichment technology
- (3) I/O is Input output analysis
- (4) PA is process chain analysis
- (5) Mix in enrichment technology mean 34%Df, 30%Ce, and 36% dilution of high grade weapon material

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์จากงานวิจัยอ้างอิง

Stages	No.*															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mining	1.36	1.365		0.355	0.268	0.204	0.288	0.462	0.45	0.536	0.428	1.145	1.818	1.2	-	4.86
Milling	1.36		6.521	1.421				-		1.19	0.963				-	
Refinery & Conversion	2.38	1.105	2.795	1.421	1.072	0.916	0.064	0.154	8.85	1.369	1.07	0.229	0.303	0.24	-	1.08
Enrichment	19.38	0.715	0.932	0.797	1.965	1.527	-	-		0.536	6.42	0.491	0.455	14.88	12.24	21.06
Fuel fabrication	1.36	-	0.186	0.089	0.089	0.102	-	0.154		0.119	0.107	0.164	0.253	0.72		0.54
Operation	3.74	0.715	-				-	2.312	2.25	1.369	0.856	0.1962	0.606	3.12	2.72	11.34
Construction	4.08	1.105	8.197	3.019	4.465	4.479	2.208	11.866	1.95			0.556	0.808	2.88	1.02	11.34
Decommissioning	-	0.13	-	-	-	-	0.068	0.6164	-	-	-			0.48		
Back-end	-	0.065	-	0.266	1.072	1.323	-	-	1.35	0.536	0.535	0.458	0.657	0.72	1.02	3.78
Total	33.66	5.2	18.63	7.37	8.931	8.55	2.628	15.56	14.85	5.66	10.38	3.24	4.9	24.24	17	54

* จากงานวิจัยอ้างอิง ตารางที่ ข-1



ประวัตินักวิจัยและคณะ

หัวหน้าโครงการวิจัย

รศ. ดร. ประเสริฐ ภาวสันต์

หน่วยงาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทีมงานร่วม

ดร. พรทิพย์ วงศ์สุโขโต

ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติ ด้านการจัดการ
สิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย

ดร. สนธยา กริชนวรักษ์

ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติ ด้านการจัดการ
สิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย

นางสาว วทันตา ฤทธิเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาว ฟาติมา ปรียากร

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นายจักราช คุณาเขมากร

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ. ดร. นวตล เหล่าศิริพจน์

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ผศ. ดร. วรพล เกียรติกิตติพงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์และ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผศ. ดร. บุญยฤทธิ์ ปัญญาปัญญาผล

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

ดร. วรพจน์ กนกกันทพงษ์

คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย
หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ



