การประเมินหาขอบเขตพื้นที่หวงห้ามและพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อยสำหรับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย: กรณีศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานี

นิธิมา หล่อใจ[1] และ ดุลยพงศ์ วงศ์แสวง[2]

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Nithima.l@egat.co.th , Doonyapong.w@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินขอบเขตพื้นที่หวงห้ามและพื้นที่ประชากรเบาบางรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในสถานที่ตั้งที่คาดว่าจะมีการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของประเทศไทยในอนาคต โดยอ้างอิงกฎเกณฑ์ของคณะกรรมาธิการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S.NRC) ในการประเมินขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) และพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) จากการจำลองการแพร่กระจายโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot ที่ประยุกต์การใช้สมการเกาส์เซียนพลูมในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อประชาชนด้วยปริมาณรังสีสมมูลย์ที่ร่างกายได้รับทั้งหมด (TEDE) ตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA) ที่ระยะ EAB และ LPZ ต้องไม่เกิน 25 เร็ม (0.25 ซีเวิร์ต) ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมงและ 30 วันตลอดเวลาที่กลุ่มควันกัมมันตรังสีเคลื่อนตัวผ่านตามลำดับจากเครื่องปฏิกรณ์ที่ได้รับการรับรองจาก U.S.NRC ซึ่งใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงในการประเมิน ผลการศึกษาพบว่า ขอบเขต EAB สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 และ US-APWR คือ 1,300 และ 850 เมตรตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 910 และ 700 เมตรตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าเพียง 12 เร็มเท่านั้น โดยขอบเขต LPZ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 2,200, 2,700, 3,200 และ 4,500 เมตรตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม ดังนั้นพื้นที่ศึกษาสุราษฎร์ธานีผ่านเกณฑ์ของ U.S.NRC ในทุกด้านที่เกี่ยวกับการประเมิน EAB และ LPZ โดยไม่มีศูนย์กลางประชากรมากถึง 25,000 คนตลอดอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากการคาดประมาณประชากรเป็นเวลา 60 ปีโดยเริ่มศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ.2554

คำสืบค้น

พื้นที่หวงห้าม, พื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย, โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

Evaluation of Exclusion Area Boundary and Low Population Zone for Thailand Nuclear Power Plant : Case Study of SURATTHANI Province

Nithima Lojai[1] and Doonyapong Wongsawang[2]
[1,2]Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
[1]Nithima.l@egat.co.th , [2]Doonyapong.w@chula.ac.th

ABSTRACT
The objective of this study was to evaluate the restricted zones of nuclear power plants at the potential sites of Thailand's future nuclear power plant constructions. The regulations of U.S. Nuclear Regulatory Commission (U.S. NRC) were adopted for the evaluation of Exclusion Area Boundary (EAB) and Low Population Zone (LPZ). Calculations were based on Design Control Documents (DCD) and the plume dispersion computer code Hotspot, which implemented the Gaussian plume model in analyzing the Total Effective Dose Equivalent (TEDE). The TEDE at the EAB and LPZ distances must not exceed 25 Rem (0.25 Sv) within 2 hours and 30 days of radioactive plume passing by, respectively from reactors approved by the U.S. NRC, where analyzed for worse case that input parameters resulting in severe impacts. Results revealed that EAB of AP1000 and US-APWR are 1,300 and 850 meters respectively when TEDE not exceed 25 Rem whereas U.S.EPR and ESBWR are only 910 and 700 meters respectively when TEDE not exceed 12 Rem. LPZ of AP1000, US-APWR, U.S.EPR and ESBWR are 2,200, 2,700, 3,200 and 4,500 meters respectively when TEDE not exceed 25 Rem. So Surat Thani site passed every aspect of U.S. NRC's regulations related to EAB and LPZ evaluations, not having any population center exceeding 25,000 people for the life of the nuclear power stations, based on estimation of population numbers up to 60 years starting from B.E. 2554.

KEYWORDS
Exclusion Area Boundary, Low Population Zone, Nuclear Power Plant

I. บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบที่ประชาชนได้รับจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีเกิดอุบัติเหตุแบบ (DBA LOCA) ซึ่งเป็นการประเมินอุบัติเหตุชนิดที่ 8 ในอุบัติเหตุ 9 ประเภท (Class 9) ตามกฎเกณฑ์ของคณะกรรมการกำกับความปลอดภัยนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. NRC) [1] ซึ่งต้องจัดทำในรายงานการวิเคราะห์ความปลอดภัยและรายงานด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการขอใบอนุญาตประกอบการ โดยเลือกเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบา* 4 ประเภทที่ยื่นขอใบรับรองจาก U.S. NRC เพื่อจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี จากพื้นที่ศึกษาเป็น 1 ใน 2 แห่งที่เป็นพื้นที่ที่ดีที่สุดจากการคัดเลือกสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าในประเทศไทย [2] คือ พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี จ.สุราษฎร์ธานี เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณและอันตรายจากสารกัมมันตรังสีตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดอุบัติเหตุ ทำให้อยู่ในวิสัยที่สามารถป้องกันและควบคุมหรือบรรเทาสถานการณ์ได้ และน่าจะเป็นประโยชน์ไม่น้อยสำหรับความเหมาะสมของพื้นที่ศึกษา การคัดเลือกเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ รวมไปถึงการทำแผนฉุกเฉินของประเทศไทยในอนาคต

II. ทฤษฎี

2.1 ขอบเขตพื้นที่รอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ปัจจุบัน U.S. NRC ใช้กฎเกณฑ์ใหม่ NUREG-1465 ในการหาปริมาณรังสีที่ออกมาหลังเกิดอุบัติเหตุ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับปริมาณรังสี TEDE ณ ขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) และพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) ตามขีดจำกัดใน 10 CFR 50.67 ซึ่งจะต้องไม่เกิน 25 เร็ม (0.25 ซีเวิร์ต) ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมงและ 30 วัน ตลอดเวลาที่กลุ่มควันกัมมันตรังสีเคลื่อนตัวผ่านตามลำดับ สรุปรายละเอียดดังรูปที่ 1 พร้อมแสดงกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่หวงห้าม (Exclusion Area; EA) หมายถึง พื้นที่บริเวณรอบที่ตั้งปฏิกรณ์ซึ่งเป็นพื้นที่หวงห้าม อนุญาตให้เข้าออกเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น และไม่ให้มีการอยู่อาศัยอย่างถาวร และมีการควบคุมการจราจร รวมถึงตรวจวัดปริมาณรังสีตลอดเวลารอบๆ โรงไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยทางด้านสุขภาพของประชาชนโดยรอบ

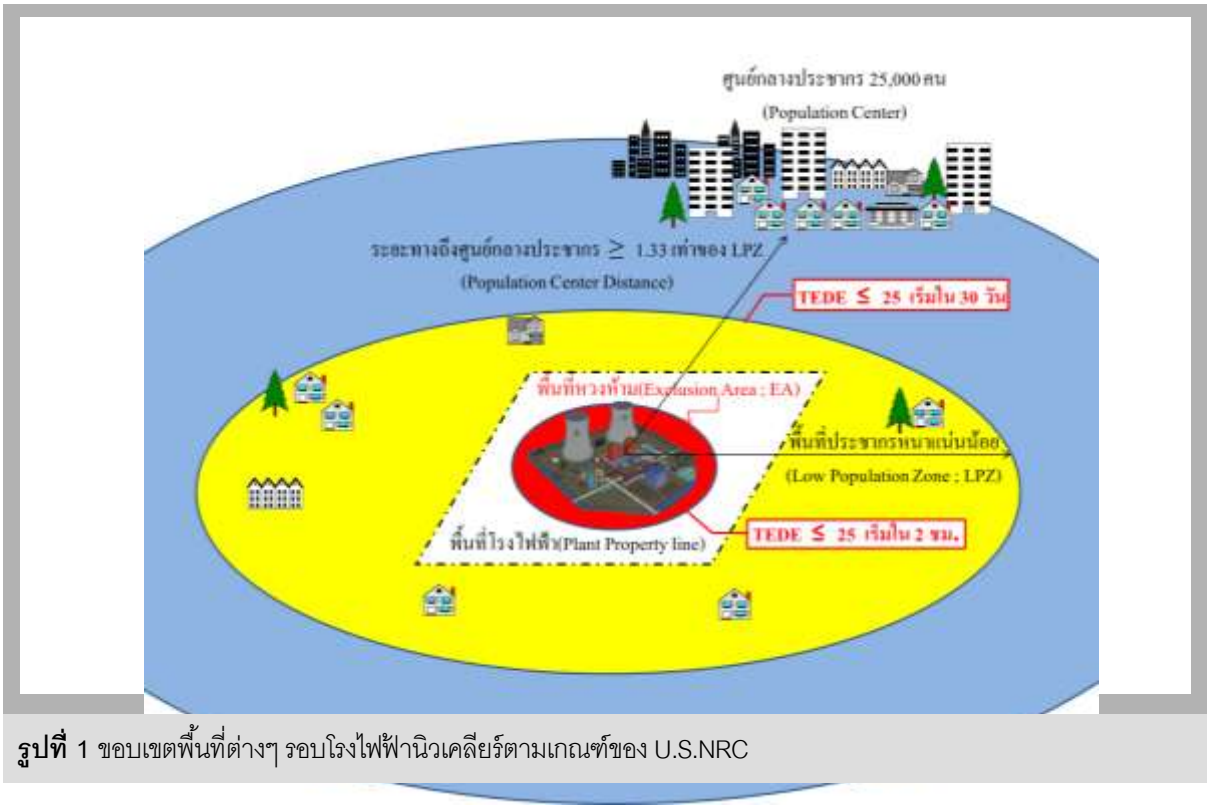
ขอบเขตพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (Low Population Zone; LPZ) หมายถึง พื้นที่ล้อมรอบบริเวณพื้นที่หวงห้ามซึ่งอนุญาตให้มีการอยู่อาศัยได้แต่ต้องมีความหนาแน่นของจำนวนประชากรไม่มากจนเกินไปจนไม่สามารถอพยพออกจากบริเวณนี้ได้ทันเวลาเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

ระยะทางถึงศูนย์กลางประชากร (Population Center Distance) หมายถึง ระยะทางที่ใกล้ที่สุดจากที่ตั้งปฏิกรณ์ถึงบริเวณพื้นที่ที่มีกลุ่มประชากรหนาแน่น 25,000 คนตลอดอายุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต้องมีค่าอย่างน้อยเป็น 1.33 เท่าของขอบเขต LPZ

ทั้งนี้สามารถคำนวณปริมาณรังสี TEDE ได้จากผลรวมของปริมาณรังสีที่ได้รับภายนอกร่างกาย (Effective Dose Equivalent ; D_{EDE}) และปริมาณรังสีที่ได้รับจากสารกัมมันตรังสีที่เข้าสู่ร่างกายจากการหายใจและเกิดการสะสมที่อวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายเป็นเวลา 50 ปี (Committed Effective Dose Equivalent ; D_{CEDE}) ดังสมการที่ (1)

$$TEDE = D_{EDE} + D_{CEDE} \quad (1)$$

** เครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำมวลเบา (Light water reactor) หมายถึง เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้น้ำธรรมดา (H_2O) เป็นสารหล่อเย็นและหน่วงความเร็วของนิวตรอน* ได้แก่ เครื่องปฏิกรณ์แบบอัดความดันสูง (Pressurized Water Reactor; PWR) และเครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำเดือด (Boilling Water Reactor; BWR)



รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ต่างๆ รอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตามเกณฑ์ของ U.S.NRC

โดยปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (D_{EDE}) จากผลของกลุ่มควันกัมมันตรังสีแบบเซมิอินฟินิตและปริมาณรังสีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ (D_{CEDE}) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

$$D_{EDE} = \sum_i DCF_i \sum_j R_{ij} (\chi / Q)_j \qquad (2)$$

$$D_{CEDE} = \sum_i DCF_i \sum_j R_{ij} (BR)_j (\chi / Q)_j \qquad (3)$$

โดย D_{EDE} คือ ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันกัมมันตรังสี (เร็ม)

D_{CEDE} คือ ปริมาณรังสีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ (เร็ม)

DCF_i คือ แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีแบบ EDE หรือ CEDE ของสารกัมมันตรังสี i (เร็ม–ลบ.ม. ต่อ คูรี-วินาที)

R_{ij} คือ ปริมาณของสารกัมมันตรังสี i ที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ระหว่างช่วงเวลา j (คูรี)

$(BR)_j$ คือ อัตราการหายใจระหว่างช่วงเวลา j ใดๆ (ลบ.ม.ต่อวินาที)

$(\chi / Q)_j$ คือ แฟคเตอร์การแพร่กระจายในบรรยากาศระหว่าง ช่วงเวลา j (วินาทีต่อ ลบ.ม.)

ทั้งนี้ค่าแฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีอ้างอิงจากสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (U.S.EPA) สำหรับแฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีแบบ CEDE จาก Federal Guidance Report (FGR) No. 11 และแฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีแบบ EDE จาก Federal Guidance Report (FGR) No. 12 สำหรับปริมาณต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสีในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (R_{ij}) ที่ใช้ในการคำนวณภายใต้สมมุติฐานที่มาจาก Regulatory Guide 1.183 [1] ตามเอกสารการออกแบบของเทคโนโยลีเครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำมวลเบา ได้แก่ AP-1000 [3], US-APWR [4-5], U.S.EPR [6] และ ESBWR [7]

วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
- Source term: TID-14844 (1962) - Dose factors: ปริมาณรังสีทั่วร่างกายและต่อมไทรอยด์ (ICRP-2/ICRP-30)	- Source term: NUREG-1465 (1995) - Dose factors: ปริมาณรังสีสมมูลย์ที่ร่างกายได้รับทั้งหมด (ICRP-30/ FGR 11 และ 12)
ข้อบังคับ : - 10 CFR 100.3 (นิยาม EA, LPZ) - 10 CFR 100.11 (ขีดจำกัด EA, LPZ)	**ข้อบังคับ** : - 10 CFR 100.3 (นิยาม EA, LPZ) - 10 CFR 50.67 (ขีดจำกัดแบบ TEDE ที่ EA, LPZ)
ข้อแนะนำ: - RG 1.3 (BWR LOCA) และ RG 1.4 (PWR LOCA) - RG 1.145 (χ/Q ใน EAB และ LPZ)	**ข้อแนะนำ**: - RG 1.183 (DBA) - RG 1.145 (χ/Q ใน EAB และ LPZ)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบวิธีการในการวิเคราะห์ปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับ

2.2 สมการการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี

สำหรับงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot โดยประยุกต์สมการการแพร่กระจายแบบเกาส์เซียนพลูม พัฒนาโดย The National Atmospheric Release Advisory Center; NARAC ซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งในกระทรวงพลังงานแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีจาก FGR No.11 และ 12 แสดงดังสมการที่ (4)

$$\chi(x,y,z,H)=\frac{Q}{2\pi u\sigma_y\sigma_z}\left\{\exp\left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}+\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right]+\exp\left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}+\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right]\right\}\exp\left[-\frac{\lambda x}{u}\right]DF(x) \qquad (4)$$

โดย (x,y,z) คือ ตำแหน่งของผู้ได้รับผลกระทบ (เมตร)

χ คือ ความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีที่ระดับผิวพื้น (คูรีต่อ ลบ.เมตร)

Q คือ อัตราการปล่อยสารกัมมันตรังสีจากแหล่งกำเนิดต่อเวลา (คูรีต่อวินาที)

H คือ ความสูงประสิทธิ์ของปล่องควัน (เมตร) เท่ากับความสูงของปล่อง(h) รวมกับค่าการยกตัวของพลูม (Δh)

u คือ ความเร็วลมที่จุดปล่อยปล่อง (เมตรต่อวินาที)

σ_y คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวนอนหรือแกน y

σ_z คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวดิ่งหรือแกน z

λ คือ ค่าคงที่การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี

$DF(x)$ คือ Plume Depletion factor

III. ผลการวิจัย

3.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี พิกัด UTM 47P 1070600 N, 517300 E ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลคันธุลี อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ห่างจากเทศบาลตำบลละแม จ.ชุมพร และเทศบาลตำบลท่าชนะเป็นระยะทาง 10 กิโลเมตรในทางทิศเหนือและ 12 กิโลเมตรในทางทิศใต้ตามลำดับ เส้นทางคมนาคมหลักคือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 41 ในทิศตะวันตกห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าประมาณ 5.4 กิโลเมตร โดยถนนสาย 4154 เป็นเส้นทางเชื่อมต่อเข้ากับถนนสาย 4112 ซึ่งเป็นเส้นคู่ขนานกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 41 และอยู่ใกล้สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้ามากที่สุดประมาณ 1.5 กิโลเมตรพื้นที่ศึกษาแห่งนี้เป็นพื้นที่ที่ตั้งอยู่ชายฝั่งทะเลจึงไม่มีปัญหาการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อระบายความร้อนจากโรงไฟฟ้า การใช้ประโยชน์ที่ดินในรัศมี 50 กิโลเมตรมีการทำเกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้เท่าๆ กันร้อยละ 50 โดยทำยางพาราสูงถึงร้อยละ 25 และป่าส่วนใหญ่เป็นป่าดิบชื้น สำหรับภายในรัศมี 5 กิโลเมตรมีเพียงการทำนาดำและยางพารา

3.2 สภาพอุตุนิยมวิทยา

จากการนำข้อมูลรายคาบ 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ.2524-2554 วิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Wind Rose Pro ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานีซึ่งอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าประมาณ 66.8 กิโลเมตรมีทิศทางลมหลักแบ่งออกเป็น 2 ทิศทางที่มีความถี่ในการเกิดมากที่สุด ได้แก่ ลมที่มาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) คิดเป็น 35.19% เกิดตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และลมที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) คิดเป็น 32.54% ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยตามทิศทางเท่ากับ 0.919 และ 1.134 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ จะเห็นว่าทิศทางลมหลักจะพัดไปสู่ทะเลอ่าวไทย

3.3 การศึกษาประชากรรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ตามแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยของ IAEA Safety No.50-SG-S4 [8] ประชากรรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์คือประชากรที่มีอยู่จริงได้แก่ จำนวนประชากรที่มีชื่ออยู่ทะเบียนราษฎร์ และประชากรชั่วคราวได้แก่ จำนวนนักท่องเที่ยว โดยทำการศึกษาด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 9.3 ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ประชากรระดับหมู่บ้านที่มีอยู่จริง [9] เท่ากับ 4,470 และ 6,178 คนภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรตามลำดับ โดยไม่พบหมู่บ้านใดภายในรัศมี 1 กิโลเมตรแรก สำหรับสถานที่สำคัญในรัศมี 5 กิโลเมตรส่วนใหญ่อยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ในเขตตำบลคันธุลี ได้แก่ สถานีอนามัยตำบลคันธุลี วัดสามัคคีวัฒนาราม โรงเรียนบ้านคันธุลี สำหรับประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 32 และ 50 กิโลเมตรเท่ากับ 153,825 และ 262,961 คนตามลำดับดังแสดงจำนวนประชากรระดับตำบลดังรูปที่ 2(1) สำหรับประชากรชั่วคราวมีจำนวนนักท่องเที่ยวประมาณ 26,150 คน [10] ที่เข้ามาท่องเที่ยว ภายในรัศมี 32 ถึง 50 กิโลเมตรได้แก่ วัดบรมธาตุไชยาราชวรมหาวิหาร สวนโมกขพลาราม และสวนนายดำจำนวน 11,850, 9,168 และ 5,131 คนตามลำดับ โดยศูนย์กลางประชากรในรัศมี 50 กิโลเมตร มีประชากรทั้งสิ้น 49,012 คนใน 10 เทศบาล โดยศูนย์กลางประชากรที่มีประชากรมากที่สุดคือ เทศบาลเมืองหลังสวนมีประชากร 11,475 คน อยู่ห่างออกมาประมาณ 28 กิโลเมตร พร้อมแสดงความหนาแน่นประชากรดังรูปที่ 2(2)

จากข้อมูลทะเบียนราษฎร์ กรมการปกครองย้อนหลังเป็นช่วงเวลา 10 ปีระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง 2554 เพื่อหาอัตราการเจริญเติบโตของประชากรด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ [11] มีค่าร้อยละ 0.81 ผลจากคาดประมาณประชากรในอนาคตเป็นเวลา 60 ปีได้สรุปเปรียบเทียบจำนวนประชากรภายในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่ศึกษา จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตร ศูนย์กลางประชากรและประชากรชั่วคราวในรัศมี 50 กิโลเมตร รวมไปถึงความหนาแน่นรวมของประชากรที่มีอยู่จริงรวมกับประชากรชั่วคราว ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

รายการ	หน่วย	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2614
1. ข้อมูลพื้นที่ศึกษา		อบต.คันธุลี	
ขนาดของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด	ตร.กม.	189.63	
จำนวนประชากรรวมทั้งหมด	คน	8,257	13,398
ความหนาแน่นของประชากร	คนต่อ ตร.กม.	43.54	70.65
2. จำนวนประชากรที่มีอยู่จริง			
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 5 กม.	คน	4,470[(1)]	7,253[(2)]
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 32 กม.[(3)]	คน	153,825	249,647
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 50 กม.[(3)]	คน	262,961	431,427
3. ศูนย์กลางประชากรในรัศมี 50 กม.	คน	49,012	79,512
4. ประชากรชั่วคราว			
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 5 กม.	คน	-	-
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 32 กม.	คน	-	-
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 50 กม.	คน	26,150	42,432
5. ขนาดพื้นที่			
ในรัศมี 5 กม.	ตร.กม.	44.9	
ในรัศมี 32 กม.	ตร.กม.	1,890.67	
ในรัศมี 50 กม.	ตร.กม.	3,698.13	
6. ความหนาแน่นประชากร[(4)]			
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 5 กม.	คนต่อ ตร.กม.	99.55	161.54
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 32 กม.	คนต่อ ตร.กม.	81.36	132.04
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 50 กม.	คนต่อ ตร.กม.	78.18	128.13

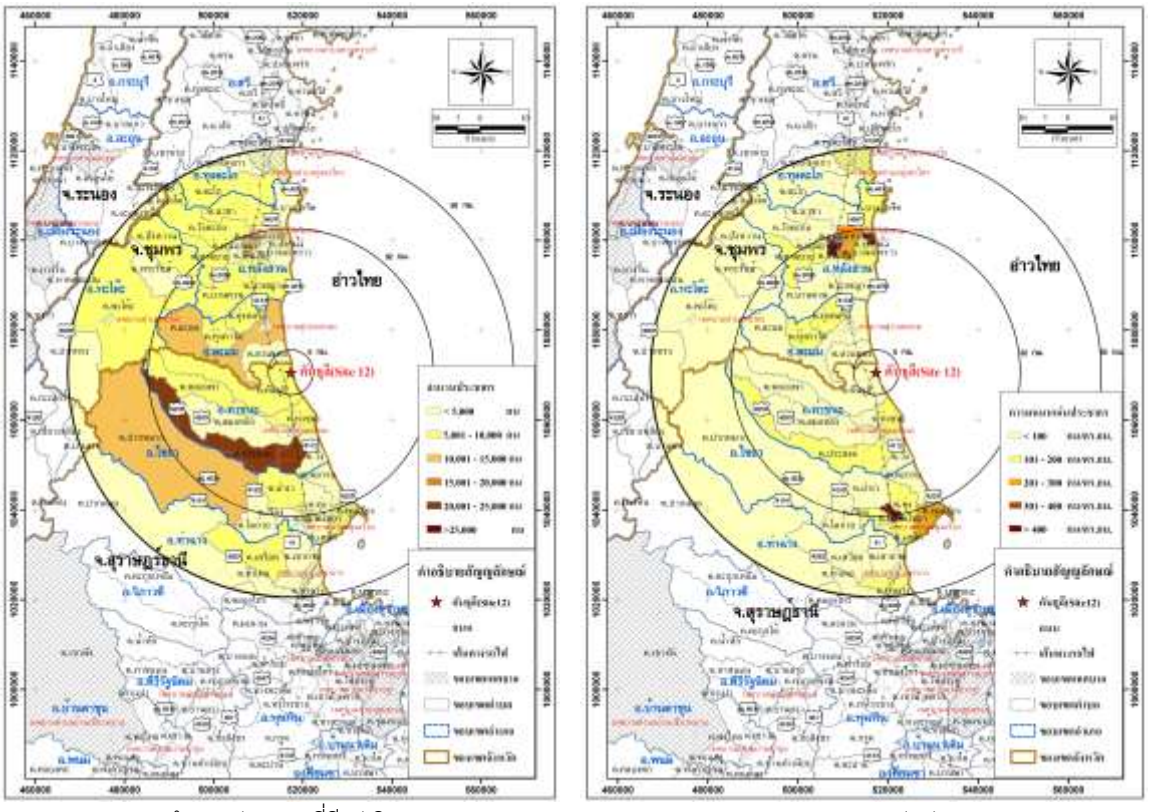
ตารางที่ 2 สรุปจำนวนประชากรตลอดอายุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ภายในพื้นที่ศึกษา

หมายเหตุ (1) : ข้อมูลประชากรระดับหมู่บ้านในแผนพัฒนาสามปี พ.ศ. 2555-2557 โดยองค์การบริหารส่วนตำบลหรือเทศบาลตำบล

(2) : คาดประมาณประชากรข้อมูลประชากรระดับหมู่บ้านจาก (1)

(3) : ข้อมูลประชากรระดับตำบลและเทศบาล เมื่อคิดว่ามีการกระจายตัวเท่ากันในขอบเขตพื้นที่

(4) : ความหนาแน่นของประชากรที่มีอยู่จริงรวมกับประชากรชั่วคราว



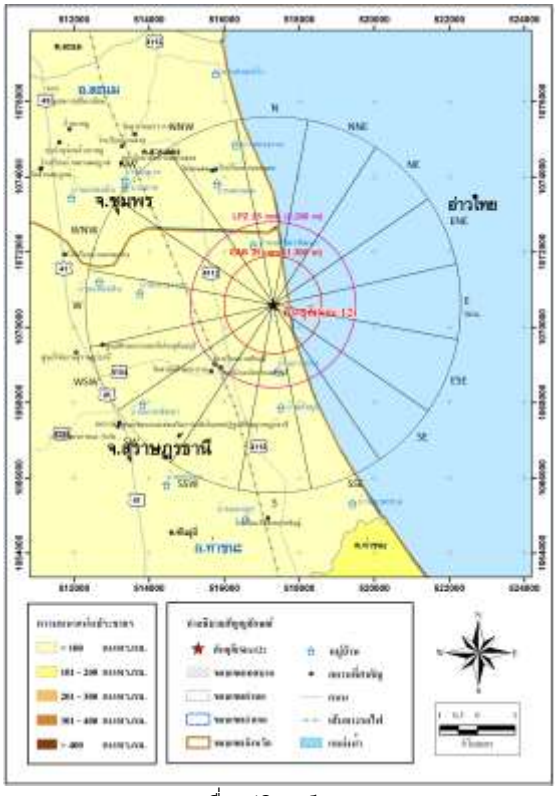
(1) จำนวนประชากรที่มีอยู่จริง (2) ความหนาแน่นประชากร

รูปที่ 2 แผนที่แสดงประชากรของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 50 กิโลเมตรในปี พ.ศ.2554

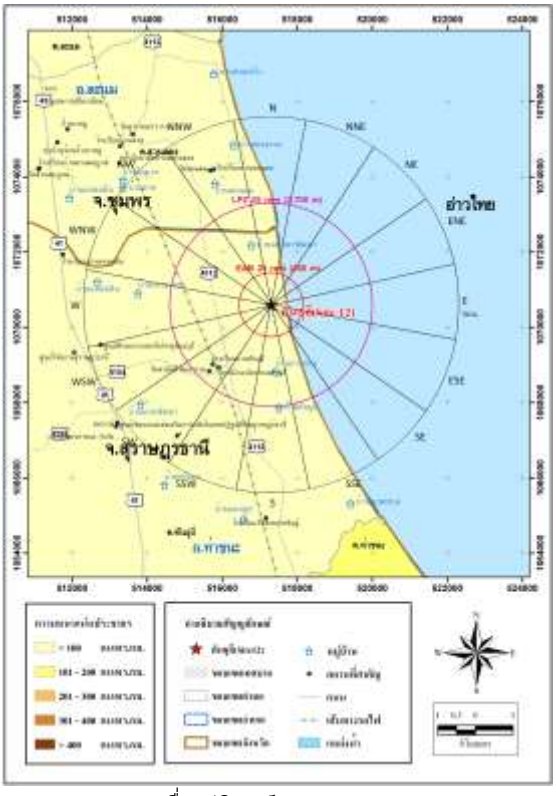
3.4 การประเมินหาขอบเขตพื้นที่หวงห้ามและพื้นที่ประชากรเบาบาง

ทำการหาระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ได้มากที่สุดในทิศทางตามลม และเกิดปริมาณรังสี TEDE ไม่เกิน 25 เร็ม เพื่อนำมาเป็นรัศมีผลกระทบของขอบเขตดังกล่าวด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot มีรายละเอียดผลการจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีดังต่อไปนี้ จากการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วลมต่างๆ ที่ 0.5, 1, 2 และ 4 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพบรรยากาศระดับ A, C และ F** ความสูงปล่อง 10, 60 และ 100 เมตร ความสูงของผู้ได้รับผลกระทบ(z) เท่ากับศูนย์ และใช้อัตราการหายใจ 3.5×10^{-4} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่าข้อมูลที่ทำให้ระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ได้ไกลมากที่สุดเมื่อปริมาณรังสี TEDE ไม่เกิน 25 เร็มคือ ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F และความสูงปล่อง 10 เมตร โดยจะเห็นว่าความเร็วลมมีค่าต่ำกว่าความลมเร็วเฉลี่ยรายคาบดังข้อมูลในข้อ 3.2 ทั้งนี้ความสูงผสมไม่มีผลต่อระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ได้ และไม่คำนึงถึงค่าการยกตัวของพลูม (Δh) และการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี สามารถสรุปผลการวิเคราะห์รัศมีผลกระทบได้ว่า ขอบเขต EAB สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 และ US-APWR คือ 1,300 และ 850 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 910 และ 700 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าเพียง 12 เร็มเท่านั้น โดยขอบเขต LPZ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 2,200, 2,700, 3,200 และ 4,500 เมตรตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม โดยแสดงผลการประเมินขอบเขตฯ ดังรูปที่ 3

*** เสถียรภาพบรรยากาศระดับ A, C และ F หมายถึง เสถียรภาพที่มีความไม่เสถียรมาก ไม่เสถียรเล็กน้อย และมีความเสถียรปานกลางตามลำดับ*

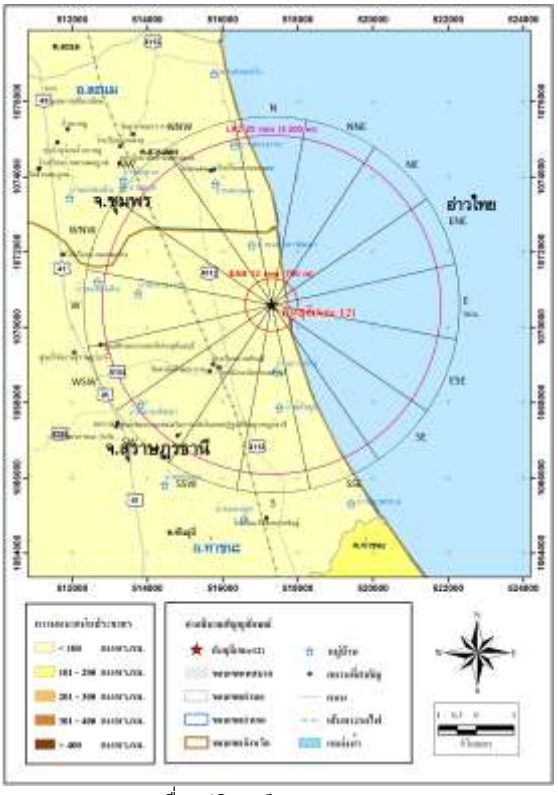


(1) เครื่องปฏิกรณ์ AP1000



(2) เครื่องปฏิกรณ์ US-APWR

(3) เครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR



(4) เครื่องปฏิกรณ์ ESBWR

รูปที่ 3 ขอบเขตพื้นที่หวงห้ามและพื้นที่ประชากรเบาบางรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จำแนกตามเครื่องปฏิกรณ์

IV. สรุปผลการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีการออกกฎเกณฑ์หรือกฎหมายเกี่ยวกับการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ สำหรับงานวิจัยนี้จึงอ้างอิงกฎเกณฑ์ของ U.S.NRC Regulatory Guide 4.7 [12] ซึ่งมีเงื่อนไขเกี่ยวกับขอบเขตพื้นที่หวงห้ามและพื้นที่ประชากรเบาบาง รวมถึงการกระจายตัวของประชากรรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ดังต่อไปนี้

5.1 ขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB)

ภายในขอบเขตนี้ต้องไม่มีการอยู่อาศัย จากผลการศึกษาไม่พบหมู่บ้านและสถานที่สำคัญใดๆ ภายในรัศมีขอบเขต EAB โดยหมู่บ้านมติมิตรพัฒนาและสถานีอนามัยคันธุลีอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า 1,700 และ 2,100 เมตร ตามลำดับ จึงถือว่าผ่านเกณฑ์ โดยเมื่อเทียบกับขอบเขตจริงของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่นที่ 3 และ 3+ ของประเทศสหรัฐอเมริกา [13-19] มีค่าต่ำสุดประมาณ 0.43 ไมล์ (692 เมตร)

5.2 ขอบเขตพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ)

ต้องมีความหนาแน่นของประชากรไม่มากเกินไป เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันที่เหมาะสมกรณีเกิดอุบัติเหตุและสามารถอพยพประชากรบริเวณนี้ได้ทันเวลา จากผลการศึกษา จะเห็นว่าพื้นที่ศึกษามีความหนาแน่นของประชากรค่อนข้างน้อย โดยสังเกตจากความหนาแน่นของประชากรภายในรัศมี 5 กิโลเมตร ดังนั้นจึงถือว่าผ่านเกณฑ์ โดยเมื่อเทียบกับขอบเขตจริงของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่นที่ 3 และ 3+ ของประเทศสหรัฐอเมริกา [13-19] มีค่าต่ำสุดประมาณ 1.5 ไมล์ (2,410 เมตร)

5.3 ศูนย์กลางประชากร

ระยะทางที่ใกล้ที่สุดถึงขอบเขตศูนย์กลางประชากรขนาด 25,000 คนหรือมากกว่าตลอดอายุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต้องมีค่าอย่างน้อยเป็น 1.33 เท่าของระยะ LPZ จากผลการศึกษาพบศูนย์กลางประชากรคือ เทศบาลเมืองหลังสวนอยู่ห่างออกมาประมาณ 28 กิโลเมตร ในปี พ.ศ.2614 จะมีประชากร เพียง 22,587 คน ดังนั้นระยะห่างของศูนย์กลางประชากรของพื้นที่ศึกษาถือว่าผ่านเกณฑ์

5.4 ความหนาแน่นของประชากร

ตั้งแต่ปีแรกที่มีการอนุมัติโรงไฟฟ้าและถัดมาอีก 5 ปี ในรัศมี 20 ไมล์ (ประมาณ 32 กิโลเมตร) ความหนาแน่นประชากรเมื่อรวมประชากรชั่วคราวโดยเฉลี่ยต้องไม่เกิน 500 คนต่อตารางไมล์ (193 คนต่อตารางกิโลเมตร) จากผลการศึกษาพบว่า มีความหนาแน่นของประชากรที่มีอยู่จริงรวมกับประชากรชั่วคราวตลอดอายุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีค่า 132.04 คนต่อตารางกิโลเมตร จึงถือว่าผ่านเกณฑ์ ทั้งนี้เมื่อเทียบกับข้อมูลความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยทั้งประเทศสหรัฐอเมริกา [20] ในปี ค.ศ. 2010 (พ.ศ. 2553) มีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยเท่ากับ 87.4 คนต่อตารางไมล์ตามลำดับ จะเห็นว่ามีค่าความต่างเกือบ 6 เท่า เมื่อเทียบกับกฎเกณฑ์ดังกล่าว ดังนั้นหากประเทศไทยประยุกต์ใช้กฎเกณฑ์นี้ จะเห็นว่าไม่เหมาะสมนักเพราะความหนาแน่นของเฉลี่ยของประชากรทั้งประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 มีค่าสูงถึง 124.88 คนต่อตารางเมตร [21] ซึ่งมีค่าเข้าใกล้กฎเกณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกาค่อนข้างมาก

ทั้งนี้เหตุผลที่ขอบเขตพื้นที่ EAB และ LPZ มีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น วิธีการในการหาปริมาณต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสี (Source Term) เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ และกำลังการผลิต ซึ่งส่งผลต่อปริมาณ Source Term ที่ปล่อยออก รวมไปถึงสภาพอุตุนิยมวิทยาและสภาพทางภูมิศาสตร์ของสถานที่ตั้งซึ่งส่งผลต่อค่าการแพร่กระจายในบรรยากาศ (χ / Q) หรือเป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดในแต่ละประเทศ

บรรณานุกรม

[1] การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. *จำนวนนักท่องเที่ยวจำแนกตามสถานที่ท่องเที่ยว*, 2550

[2] บริษัท Burns and Ros Asia. *รายงานฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 1 การศึกษาด้านสถานที่ตั้งและสิ่งแวดล้อม การศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*, 2553.

[3] ปราโมทย์ ปราสาทกุล. ประชากรศาสตร์ : สารัตถศึกษาเรื่องประชากรมนุษย์, สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2543.

[4] สำนักงานสถิติแห่งชาติ.*จำนวนประชากรจากการทะเบียนและความหนาแน่น* ,2554

[5] องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น. *ข้อมูลพื้นฐาน แผนพัฒนาสามปี*, 2555.

[6] Calvert Cliffs 3 Nuclear Project, *LLC and UniStar Nuclear Operating Services, LLC. Calvert Cliffs Power Plant Unit 3 COLA FSAR*, pp. 2-280 Rev.7, 2010.

[7] Detroit Edison Company. *Fermi Unit 3 COL Application Part 2 FSAR.* Revision 3, pp. 2-204,2-205 ,2011.

[8] Dominion Virginia Power (Dominion). *North Anna 3 COL Application Part 2 : FSAR*. Chapter 2 Site Characteristic Table 2.3-157 and 2.3-160 ,Revision 0 , 2007.

[9] GEH 2007.GE-Hitachi Nuclear. *ESBWR DCD*. Tier 2. Document 26A6642. Revision 9, 2009.

[10] International Atomic Energy Agency. *Site Selection and Evaluation for Nuclear Power Plants with Respect to Population Distribution*. IAEA Safety Guides No.50-SG-S4 ,1980.

[11] Luminant Generation Company, L LC (Luminant). *Comanche Peak Nuclear Power Plant, Units 3 & 4. Chapter 2 Site Characteristics*, pp. 2.3-236, Revision 0

[12] North Anna Nuclear, LLC.Serial No. NA3-11-033R Docket No. 52-017 Enclosure 4. *Released Activity for Period of EAB Dose for LOCA*.

[13] PPL Bell Bend.*FSAR Chapter 2 Site Characteristics*, pp. 2-1003, Revision 2 ,July 2010.

[14] PSEG Site ESP Application Part 2, Site Safety Analysis Report. *U.S. EPR Source Terms Radionuclide Releases to Atmosphere for Design Basis LOCA*.

[15] Southern Nuclear Operating Company Vogtle ESP Application Part 2.SSAR. *Activity Releases for Loss-of-Coolant Accident.Resulting from a Spectrum of Postulated Piping Breaks Within the Reactor Coolant Pressure Boundary.*

[16] Southern Nuclear Operating Company. *Vogtle ESP Application Part 2 – SSAR*, pp. 2.3 – 31. Revision 5 , 2008.

[17] Tennessee Valley Authority (TVA). *Bellefonte Nuclear Plant Unit 3&4 COL Application Part 2 of Final Safety Analysis Report (FSAR)*. Chapter 2 Site Characteristics, pp 2.3-33. Revision 1

[18] US-APWR DCD Tier 2 Revision 2 *Chapter 15 Transient And Accident Analyses. Time Dependent Released Activity during LOCA*.

[19] U.S.Census Bureau. *Resident Population Data ; Population Density*.[ออนไลน์] http://2010.census.gov/

[20] U.S.NRC. *General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations*. RG 4.7. Revision 2, 1998.

[21] U.S. Nuclear Regulatory Commission. *Alternative Radiological Source Terms for Evaluating Design Basis Accidents at Nuclear Power Reactors*. Regulatory Guide 1.183, 2000.