

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

ในบทที่ 4 เป็นการแสดงผลการศึกษาถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากไม้โตเร็วด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชัน ผลการประเมินวัฏจักรชีวิต พลังงานสุทธิ และต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้ารวมทั้งต้นทุนสิ่งแวดล้อมของการผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับละเอียดของหลักการดำเนินงานและส่วนประกอบของระบบผลิตไฟฟ้าจะแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก และรายละเอียดของการประเมินวัฏจักรชีวิตและการประเมินต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจะแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข และ ค ตามลำดับ

4.1 ไม้โตเร็วในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ลักษณะของไม้โตเร็วที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะต้องเป็นไม้ที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วซึ่งจะต้องมีอัตราการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงใน 1 ปี มากกว่า 4 cm. หรือหากเป็นไม้ที่ปลูกในลักษณะสวนป่าจะมีผลผลิตใน 1 ปี มากกว่า 3.2 m³/ไร่ และให้ค่าความร้อนจากสูง(ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2550) ค่าความร้อนของไม้โตเร็วมีค่าโดยประมาณดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนและคุณสมบัติทางเคมีของไม้โตเร็วและชีวมวลชนิดต่างๆ

ชีวมวล	Proximate Value					Ultimate Value					Generic formula
	%MC	%VM	%Ash	%FC	(kJ/kg)	%C	%H	%N	%S	%O	
ไม้กระถินยักษ์	0.63	81.00	1.78	16.59	15,910	47.55	6.55	0.38	0.01	45.51	CH _{1.64} O _{0.72}
ไม้ยูคาลิปตัส	1.14	79.00	2.64	17.22	15,414	48.93	8.05	0.52	0.02	42.48	CH _{1.96} O _{0.65}
ไม้กระถินเทพา	1.03	82.00	1.86	15.11	16,047	48.28	7.20	0.70	0.03	43.81	CH _{1.78} O _{0.68}
เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	0.27	41.00	11.20	47.53	18,821	52.15	9.17	0.83	0.03	37.82	CH _{2.09} O _{0.54}
ปีกไม้ยางพารา	2.39	81.00	1.83	14.78	19,579	55.96	9.68	0.78	0.07	33.51	CH _{2.06} O _{0.45}

ซังข้าวโพด	2.23	81.00	1.38	15.39	15,580	48.09	7.45	0.38	0.01	44.07	$CH_{1.84}O_{0.69}$
แกลบ	3.53	63.00	19.45	14.02	12,393	37.40	4.63	0.54	0.07	57.36	$CH_{1.47}O_{1.15}$
กะลามะพร้าว	4.46	76.00	1.32	18.22	15,945	46.20	5.42	0.87	0.05	47.46	$CH_{1.40}O_{0.77}$
ทางปลาล้ม	1.62	76.00	4.72	17.66	14,777	47.94	7.63	0.63	0.03	43.77	$CH_{1.89}O_{0.69}$
กะลาปลาล้ม	7.26	75.28	2.20	15.26	10,126	48.10	8.41	0.51	0.04	42.94	$CH_{2.08}O_{0.67}$
กากมัน ตำปะหลัง	3.55	82.00	3.28	11.17	14,407	43.21	8.01	0.35	0.02	48.41	$CH_{2.21}O_{0.84}$
หางมัน ตำปะหลัง	4.66	80.00	2.73	12.61	14,591	46.12	7.55	1.13	0.03	45.17	$CH_{1.95}O_{0.73}$
เปลือกมัน ตำปะหลัง	4.94	84.00	1.55	9.51	13,670	42.58	8.60	0.62	0.01	48.19	$CH_{2.04}O_{0.85}$

ที่มา: วีรชัย และคณะ (2551)

ในงานวิจัยนี้จะใช้ไม้โตเร็วจากกระถินยักษ์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากกระถินยักษ์ให้ค่าความร้อนจากการเผาไหม้สูงเมื่อเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถเจริญเติบโตได้แทบทุกพื้นที่ของประเทศ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกระถินยักษ์คือปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 600 ถึง 1,700 mm/ปี รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณน้ำฝน (หน่วย mm) เฉลี่ยทั้งปี ของแต่ละภาค จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าปริมาณน้ำฝนของเขตภาคเหนือมีปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระถินยักษ์



รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณน้ำฝน (หน่วย mm) เฉลี่ยทั้งปี ของแต่ละภาค จาก พ.ศ. 2503-2543

ที่มา : สำนักแผนที่ภูมิสารสนเทศอุตสาหกรรมอูนินวิทยา <http://www.arcims.tmd.go.th>

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะทั่วไปของไม้โตเร็วจากกระถินยักษ์

ความต้องการปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำฝน 600 ถึง 1,700 mm/ปี
ผลผลิต (ตัน/ 3 ปี)	14
ระยะการปลูก (m × m)	1 × 1
อัตราการรอดชีวิตของต้นกล้า (%)	85
ค่าความร้อนที่ค่าความชื้น 40% (MJ/kg)	12.3

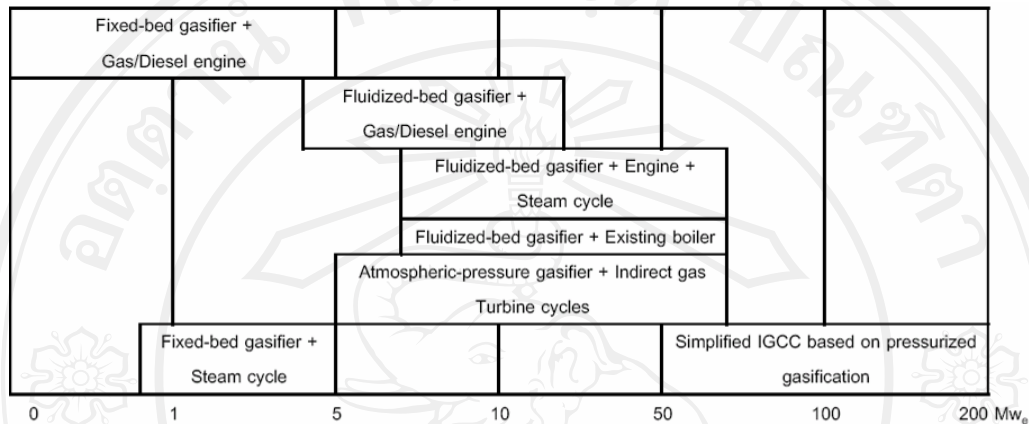
ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2533)

เมื่อทราบชนิดของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ขั้นตอนต่อไปจะพิจารณาถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปพืชพลังงานเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

4.2 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากชีวมวลโดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

เทคโนโลยีที่ใช้ในการเปลี่ยนชีวมวลมาเป็นพลังงานจะใช้กระบวนการ Gasification สำหรับเทคนิคการเปลี่ยนรูปพลังงานด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสามารถแบ่งตามระดับกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้ โรงไฟฟ้าขนาด 0.1-5 MWe นั้นมีความเหมาะสมกับระบบ Fixed bed gasifier ซึ่งเป็นเครื่องยนต์และกังหันไอน้ำในการผลิตไฟฟ้า ขณะที่โรงไฟฟ้าขนาด 5-50 MWe นั้นเหมาะ

สำหรับระบบ Fluidized bed gasifier ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องสันดาปภายใน, กังหันไอน้ำ, หม้อต้มไอน้ำความดัน ในการผลิตไฟฟ้า และโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่กว่า 50 MWe จนถึง 200 MWe เหมาะสมกับระบบ Integrated Gasification Combined Cycle ดังแสดงในรูปที่ 4.2



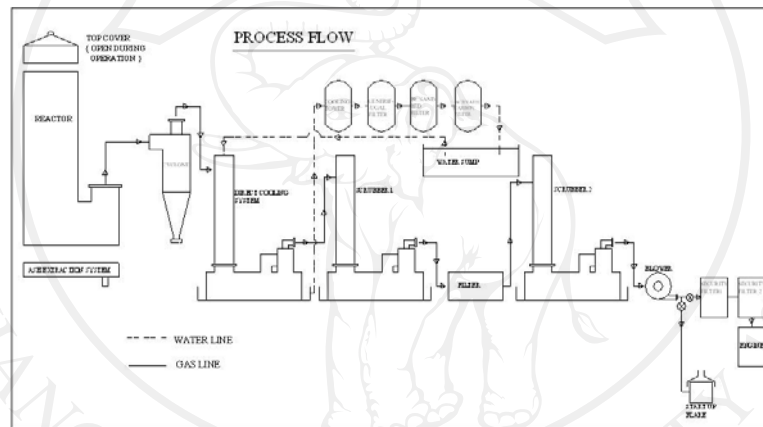
รูปที่ 4.2 เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลแบ่งตามระดับกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า
ที่มา: Suthum Patumswad(2006)

ในการผลิตกระแสไฟฟ้าระดับชุมชนนั้นสามารถนำเสนอเทคโนโลยีที่เหมาะสมของระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวมวล 4 ขนาด ซึ่งประเมินโดยศูนย์วิจัยทางเทคนิคแห่งประเทศไทยจากโครงการ JOULE II ของสหภาพยุโรปดังนี้

- **ขนาดฟาร์มการเกษตร 100-300 kWe** เหมาะสำหรับเตาปฏิกรณ์ผลิตก๊าซแบบไหลลง และใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังผลิตไฟฟ้า
- **ขนาดเล็ก 5-10 MWe** ใช้กับระบบเตาปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบดและใช้เครื่องจักรกังหันก๊าซที่มีการพ่นไอน้ำ หรือเครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังผลิตไฟฟ้า
- **ขนาดกลาง 20-30 MWe** ใช้กับระบบเตาปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบดและใช้เครื่องจักรกังหันก๊าซที่มีการพ่นไอน้ำ(Integrated gasification combined cycle (IGCC)) หรือ เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังผลิตไฟฟ้า
- **ขนาดใหญ่ 40-60 MWe** ใช้กับระบบเตาปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบดและใช้เครื่องจักรกังหันก๊าซ(Integrated gasification combined cycle (IGCC)) เป็นต้นกำลังผลิตไฟฟ้า

ในงานวิจัยนี้จะใช้เทคโนโลยี Fixed bed gasifier เนื่องจากมีกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับการผลิตกระแสไฟฟ้าระดับชุมชน ซึ่งสามารถใช้งานง่ายและระบบไม่ซับซ้อนมากนัก โดยกำหนดให้โรงไฟฟ้าชีวมวลระดับชุมชนมีกำลังการผลิตไฟฟ้า 63 kWe ใช้เครื่องยนต์ Gas-Engine Generator ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ในงานวิจัยนี้จะอาศัยข้อมูลจากโรงไฟฟ้าต้นแบบขนาดเล็กสำหรับชุมชนจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีแผนผังส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนผังส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน
ที่มา: วีรชัย และคณะ (2551)

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเงื่อนไขการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว

ข้อมูล	ปริมาณ/หน่วย
ชนิดของเครื่องผลิตกำเนิดไฟฟ้า*	Down draft Gasifier
กำลังการผลิตไฟฟ้า*	63 kW
อัตราการไหลของแก๊ส*	176.26 m ³ /hr
ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง*	5.52 MJ/m ³
อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง*	104.06 kg/hr

ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดแก๊ส*	80.50%
ประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไฟฟ้า*	22.07%
ประสิทธิภาพรวมของระบบผลิตไฟฟ้า*	17.72%
อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่อการผลิตไฟฟ้า*	1.887 kg/kWh
ชั่วโมงในการทำงานของโรงไฟฟ้า*	7008 kg/ปี
ค่าความร้อนของไม้โตเร็ว(ความชื้น 40%) **	12.3 MJ/kg
อายุการใช้งานของโรงไฟฟ้า*	10 ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าตลอดโครงการ	4,415,040 kWh

ที่มา: *วีรชัย และคณะ (2551) ** ญัฐ วรยศ (2550)

เมื่อมาถึงขั้นตอนนี้จะทราบเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและไม้โตเร็วที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นในขั้นตอนถัดไปจะเป็นการนำผลการทดลองจากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน โดยใช้เชื้อเพลิงไม้โตเร็วจากกระถินยักษ์มาทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า ต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้า รวมถึงต้นทุนสิ่งแวดล้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

4.3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงาน และต้นทุนที่แท้จริงของการผลิต

กระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว

ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงาน และต้นทุน ของการผลิตกระแสไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนตามขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยในการประเมินแต่ละขั้นตอนนี้มีมาตรฐานข้อมูลการจัดทำบัญชีรายการดังแสดงต่อไปนี้

4.3.1 ขั้นตอนการเพาะปลูก

สำหรับทำบัญชีรายการของขั้นตอนการเพาะปลูกจะประกอบด้วยกระบวนการย่อยหลายกระบวนการ ได้แก่ การเตรียมเมล็ดพันธุ์และเตรียมดินกล้า การเตรียมดิน และการดูแลรักษาซึ่งแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดบัญชีรายการดังรูปที่ 4.4

1. การเตรียมเมล็ดพันธุ์และการเตรียมกล้า

- การปลูกด้วยเมล็ดนั้นต้องทำการเตรียมเมล็ดก่อนการปลูก เนื่องจากเมล็ดของกระถินยักษ์นั้นมีสารจีฟี่งห่อหุ้มอยู่ จึงต้องมีการกำจัดสารจีฟี่ง โดยการนำเมล็ดพันธุ์ห่อด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นจุ่มลงในน้ำเดือดแล้วยกขึ้นมาทันที แล้วนำไปแช่น้ำเย็นอีกประมาณ 2 ถึง 3 วันจึงนำไปเพาะ
- การหยอดเมล็ดลงในถุง โดยตรง เมื่อเตรียมดินใส่ถุงพลาสติกแล้ว นำเมล็ดมาหยอดลงในถุง ถุงละ 2 ถึง 3 เมล็ด ระหว่างนี้จะต้องรดน้ำต้นกล้าทุกวันเช้า-เย็น จนกว่าต้นกล้าจะมีอายุครบ 3 เดือน เมื่อครบกำหนดจึงทำการย้ายไปปลูกในแปลงได้วิธีนี้จะมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายอยู่ 85-90 % ในระยะนี้

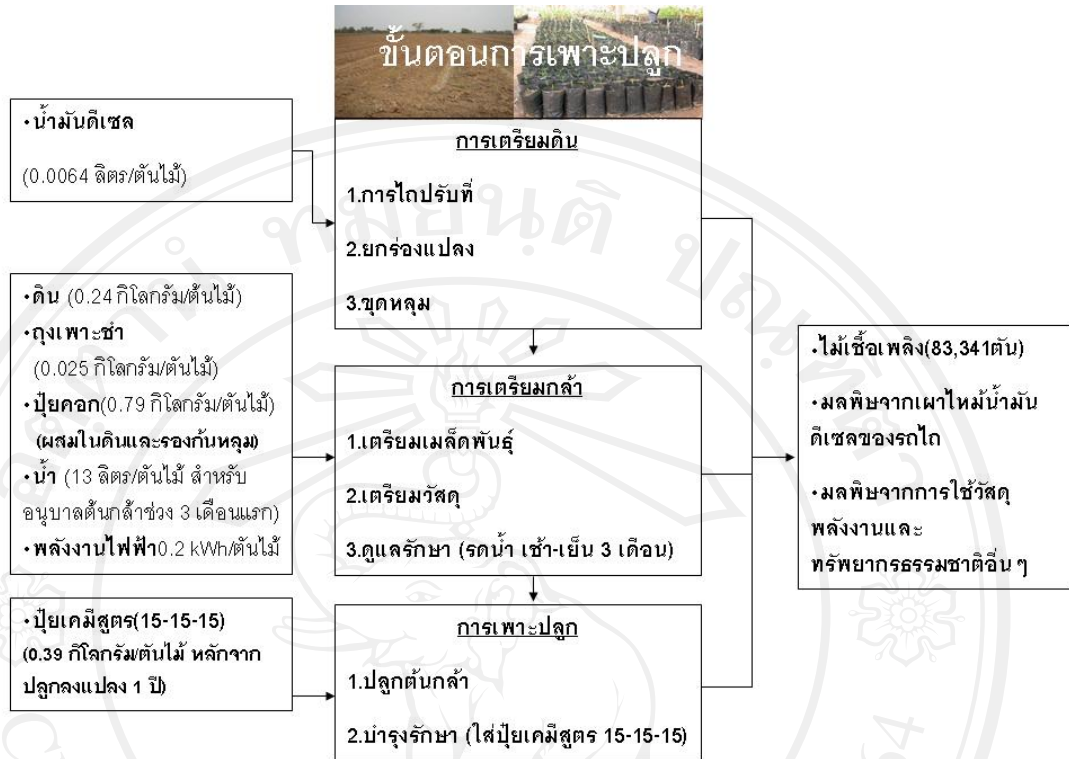
2. การเตรียมดิน

- การเตรียมดินเป็นการปรับสภาพของผิวดินให้เหมาะสมในการปลูกต้นกล้า โดยมีการไถตะ ไถแปร และยกร่องแปลงปลูกระหว่างแถวให้ห่างกัน 1×1 เมตร
- จากนั้นนำต้นกล้าที่เตรียมไว้มาลงปลูก โดยขุดหลุมกว้างประมาณ 15×15 เซนติเมตร ร่องกันหลุมด้วยปุ๋ยคอกในอัตรา 0.05 กิโลกรัม/ต้น ซึ่งพื้นที่ 1 ไร่สามารถปลูกกระถินยักษ์ได้ 1,600 ต้น ผลผลิต 14,000 กิโลกรัม/ไร่/3ปี

3. การดูแลรักษา

- หลังจากปลูกต้นกล้าประมาณ 1 ปี จึงทำการใส่ปุ๋ย โดยใช้ปุ๋ยเคมีที่ใช้สูตร 15-15-15 อัตรา 0.1 กิโลกรัม/ต้น
- การกำจัดโรคและแมลง โดยทั่วไปจะใช้สารมิโนซิน แต่เนื่องจากใบของกระถินยักษ์มีสารมิโนซินอยู่แล้วจึงไม่มีการฉีดพ่นยาฆ่าแมลง(กรมส่งเสริมการเกษตร, 2533)

จากวิธีการดังกล่าวข้างต้นสามารถจัดทำบัญชีรายการของขั้นตอนการเพาะปลูกได้ดังรูปที่ 4.3 และปริมาณสารเข้าดังตารางที่ 4.4 และสารออกดังตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.4 การจัดทำบัญชีรายการขั้นตอนการเพาะปลูก

ตารางที่ 4.4 ผลการเก็บข้อมูลสารเข้าจากขั้นตอนการเพาะปลูกตลอดระยะเวลาโครงการ 10 ปี

ลำดับ	สารเข้า	ปริมาณ	หน่วย
1	น้ำมันดีเซล	536	ลิตร
2	ดิน	19.76	ตัน
3	น้ำ	1,084,389	ลิตร
4	ถุงพลาสติก	2.05	ตัน
5	พลังงานไฟฟ้า	1,478	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
6	ปุ๋ยเคมี		
	• ไนโตรเจน (N)	6.86	ตัน
	• ฟอสฟอรัส (P)	6.86	ตัน
	• โพแทสเซียม (K)	6.86	ตัน
	• ดิน	3.29	ตัน
8	ปุ๋ยคอก	32.86	ตัน

ตารางที่ 4.5 ผลการเก็บข้อมูลสารออกจากขั้นตอนการเพาะปลูกต่อ 1 ตันไม้สด

ลำดับ	สารออก	ปริมาณ	หน่วย
1	ไม้เชื้อเพลิง	1	ตัน
2	มลพิษจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลจากรถไถ		
	• CO ₂	226.27	กรัม
	• CO	4.12×10 ⁻¹	กรัม
	• CH ₄	8.59×10 ⁻³	กรัม
	• NO _x	2.75	กรัม
	• S ₂ O	64.43×10 ⁻³	กรัม
3	มลพิษจากการใช้ทรัพยากร พลังงาน วัสดุอื่นๆ		
	• CO ₂	55.48	กรัม
	• CO	7.24×10 ⁻³	กรัม
	• CH ₄	5.26×10 ⁻³	กรัม
	• NO _x	41.55×10 ⁻⁵	กรัม
	• S ₂ O	16.12×10 ⁻⁴	กรัม

จากบัญชีรายการข้างต้นสามารถประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro วิธีการ EDIP/UMIP 97 ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังนี้ 1)การจำแนกประเภท (Classification) 2)การกำหนดบทบาท(Characterization) 3)การหาขนาดผลกระทบ (Normalization) 4) การให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท(Weighting) รายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 โดยจะแบ่งประเภทผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมออกเป็น 15 ประเภทดังนี้

- (1) Global Warming (GW): ภาวะโลกร้อนขึ้น
- (2) Ozone Depletion (OD): การทำลายชั้นบรรยากาศของโลก
- (3) Acidification (Ac): การเกิดฝนกรด
- (4) Eutrophication (Eu): การเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี
- (5) Photochemical Smog (PS): การเกิดหมอกสารเคมี
- (6) Ecotoxicity to Water Chronic (EWC): การสะสมสารพิษในน้ำ
- (7) Ecotoxicity to Water Acute (EWA): การเกิดสารพิษในน้ำแบบเฉียบพลัน

- (8) Ecotoxicity to Soil Chronic (ESC): การสะสมสารพิษในดิน
- (9) Human Toxicity to Air (HTA): การเกิดพิษในอากาศที่ส่งผลต่อมนุษย์
- (10) Human Toxicity to Water (HTW): การเกิดพิษในน้ำที่ส่งผลต่อมนุษย์
- (11) Human Toxicity to Soil: HTS การเกิดพิษในดินที่ส่งผลต่อมนุษย์
- (12) Bulk Waste (BW): การเกิดขยะในปริมาณมาก
- (13) Hazardous Waste (HW): การเกิดขยะอันตราย
- (14) Radioactive Waste (RW): การเกิดขยะกัมมันตรังสี
- (15) Slag/Ashes (S/A): การเกิดกากหรือตะกอนโลหะ

สำหรับโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี EDIP/UMIP 97 ได้กำหนดค่ามาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ห้มลภาวะ (Weighting Factor: WF) ตามแนวทางของ Henrik and Michale, 1997 ดังตาราง 4.6 สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ค่าผลกระทบตามสมการที่ (2.10) และ (2.11)

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า normalization and weighting factor วิธี EDIP/UMIP 97

Impact categories	Unit (ER _j)	$\left(\frac{1}{T \times ER_j}\right)$	Weighting factor (WF _j)
Global warming (GWP 100)	ton CO ₂ -eq./capita/year	1.15E-07	1.3
Ozone depletion	kg CFC-11-eq./capita/year	4.95E-03	23
Acidification	kg SO ₂ -eq./capita/year	8.06E-06	1.3
Eutrophication	kg NO ₃ -eq./capita/year	3.36E-06	1.2
Photochemical smog	kg ethene-eq./capita/year	5.00E-05	1.2
Ecotoxicity water chronic	m ³ air/capita/year	2.13E-06	2.3
Ecotoxicity water acute	m ³ water/capita/year	2.08E-05	2.3
Ecotoxicity soil chronic	m ³ soil/capita/year	3.33E-05	2.3
Human toxicity air	m ³ water/capita/year	1.09E-10	2.8
Human toxicity water	m ³ water/capita/year	1.69E-05	2.5
Human toxicity soil	m ³ soil/capita/year	3.23E-03	2.5

Bulk waste	kg SO ₂ -eq./capita/year	7.41E-04	1.1
Hazardous waste	kg NO ₃ -eq./capita/year	4.83E-02	1.1
Radioactive waste	m ³ air/capita/year	2.86E+01	1.1
Slags/ashes	m ³ water/capita/year	2.86E-03	1.1

ที่มา: EDIP/UMIP method, SimaPro software 2007

ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการเพาะปลูกในรูปของ kg substance equivalent เป็นดังตาราง 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบประเภทต่างๆ ในรูปของ kg substance equivalent/ตัน ไม้ของการใช้ ทรัพยากร, วัสดุ และพลังงานต่างๆ ในขั้นตอนการเพาะปลูก

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	น้ำมัน ดีเซล	น้ำ	ถุงพลาสติก	ไฟฟ้า
Global warming	g CO ₂	1.27E+03	2.42E+02	1.62E+01	8.95E+02	1.14E+02
Ozone depletion	g CFC11	1.81E-06	0.00E+00	9.50E-07	4.24E-08	8.22E-07
Acidification	g SO ₂	8.11E+00	2.10E+00	3.17E-02	5.80E+00	1.79E-01
Eutrophication	g NO ₃	8.64E+00	3.72E+00	3.40E-02	4.66E+00	2.34E-01
Photochemical smog	g ethene	1.14E+00	2.19E-02	1.29E-03	1.11E+00	5.68E-03
Ecotoxicity water chronic	m ³	5.93E+01	1.55E-02	2.20E+00	4.52E+01	1.19E+01
Ecotoxicity water acute	m ³	6.00E+00	1.24E-03	2.23E-01	4.56E+00	1.22E+00
Ecotoxicity soil chronic	m ³	2.45E-01	1.09E-05	3.51E-02	5.26E-02	1.57E-01
Human toxicity air	m ³	6.20E+04	2.42E+04	5.60E+02	3.39E+04	3.29E+03
Human toxicity water	m ³	2.46E+00	1.11E-02	3.59E-02	2.19E+00	2.23E-01
Human toxicity soil	m ³	2.77E-03	3.18E-05	2.95E-04	8.64E-04	1.58E-03
Bulk waste	kg	5.75E-03	1.32E-04	1.20E-04	4.59E-03	9.08E-04
Hazardous waste	kg	1.49E-04	-	2.01E-07	1.47E-04	1.52E-06

Radioactive waste	kg	7.51E-08	-	7.52E-09	1.06E-08	5.69E-08
Slags/ashes	kg	4.74E-04	1.50E-04	3.88E-07	3.21E-04	2.94E-06
Resources (all)	kg	2.84E-05	2.61E-06	2.66E-07	2.37E-05	1.86E-06

จากตารางที่ 4.7 แสดงประเภทของผลกระทบซึ่งอยู่ในรูปของ kg substance equivalent ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละประเภทของผลกระทบมีหน่วยของผลกระทบไม่เหมือนกันจึงไม่สามารถเปรียบเทียบค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทได้ ซึ่งสามารถปรับแต่ละประเภทของผลกระทบให้อยู่ในหน่วยเดียวกันได้ในรูปของ Point: Pt โดยใช้สมการที่ (2.10) และ (2.11) โดยสามารถใช้ค่า normalization and weighting factor จากตารางที่ 4.6 ซึ่งได้ค่าผลกระทบดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขั้นตอนการเพาะปลูก (Pt ต้นไม้)

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	น้ำมัน ดีเซล	น้ำ	ถุงพลาสติก	ไฟฟ้า
Total	Pt	1.14E-03	8.33E-05	3.17E-05	8.46E-04	1.75E-04
Global warming	Pt	1.89E-04	3.61E-05	2.42E-06	1.34E-04	1.70E-05
Ozone depletion	Pt	2.07E-07	0.00E+00	1.08E-07	4.83E-09	9.36E-08
Acidification	Pt	8.50E-05	2.20E-05	3.32E-07	6.08E-05	1.87E-06
Eutrophication	Pt	3.48E-05	1.50E-05	1.37E-07	1.88E-05	9.45E-07
Photochemical smog	Pt	6.86E-05	1.31E-06	7.75E-08	6.69E-05	3.41E-07
Ecotoxicity water chronic	Pt	2.90E-04	7.59E-08	1.08E-05	2.21E-04	5.83E-05
Ecotoxicity water acute	Pt	2.87E-04	5.93E-08	1.07E-05	2.18E-04	5.86E-05
Ecotoxicity soil chronic	Pt	1.88E-05	8.32E-10	2.69E-06	4.03E-06	1.20E-05
Human toxicity air	Pt	1.89E-05	7.39E-06	1.71E-07	1.04E-05	1.00E-06
Human toxicity water	Pt	1.04E-04	4.68E-07	1.52E-06	9.24E-05	9.42E-06
Human toxicity soil	Pt	2.23E-05	2.57E-07	2.38E-06	6.98E-06	1.27E-05
Bulk waste	Pt	4.69E-06	1.08E-07	9.78E-08	3.74E-06	7.40E-07

Hazardous waste	Pt	7.92E-06	-	1.07E-08	7.83E-06	8.09E-08
Radioactive waste	Pt	2.36E-06	-	2.37E-07	3.33E-07	1.79E-06
Slags/ashes	Pt	1.49E-06	4.73E-07	1.22E-09	1.01E-06	9.24E-09

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการเพาะปลูก ซึ่งมาจากการใช้วัสดุ และพลังงาน 4 ชนิด จากตารางพบว่าการใช้ถุงพลาสติกก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เท่ากับ 8.46×10^{-4} Pt ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตถุงพลาสติกที่นำมาใช้ประโยชน์

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำมาคิดสัดส่วนของพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูกพบว่ามีปริมาณ การใช้พลังงานดังตารางที่ 4.9 และค่าความร้อนของพลังงานที่ใช้แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการเพาะปลูกตลอดระยะเวลาโครงการ 10 ปี

พลังงานที่ใช้	ขั้นตอนการเพาะปลูก	หน่วย
ไฟฟ้า	2,954	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
น้ำมันดีเซล	536	ลิตร

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าพลังงานแบ่งตามประเภทของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อน	หน่วย
พลังงานไฟฟ้า	3.60	เมกะจูล/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
น้ำมันดีเซล	36.41	เมกะจูล/ลิตร
น้ำมันเบนซิน	34.53	เมกะจูล/ลิตร
ไม้เชื้อเพลิง	12.30	เมกะจูล/กิโลกรัม
น้ำมันหล่อลื่น	38.17	เมกะจูล/ลิตร

จากตารางที่ 4.9 และ 4.10 สามารถคำนวณค่าพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าของขั้นตอนการ เพาะปลูกพบว่ามีการใช้พลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.11

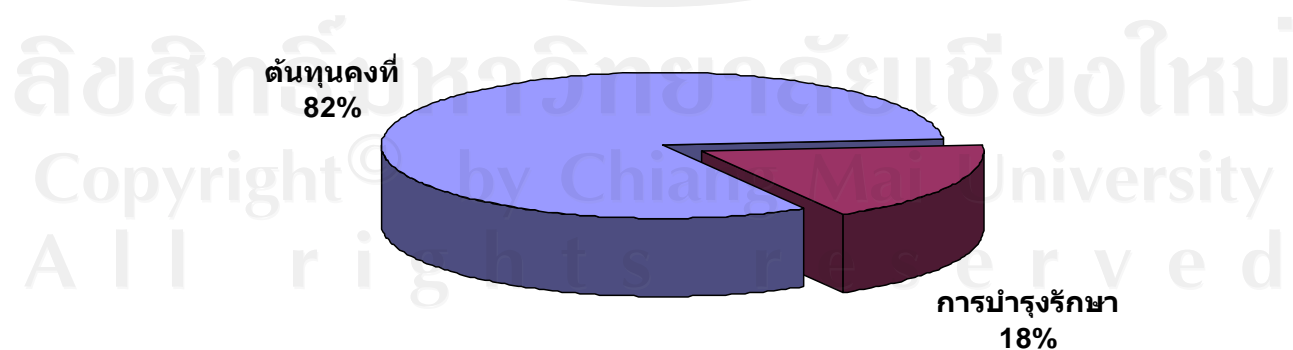
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูกต่อการผลิตไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิต

พลังงานที่ใช้	พลังงานที่ใช้	หน่วย
ไฟฟ้า	10,635	เมกะจูล
น้ำมันดีเซล	19,507	เมกะจูล
พลังงานที่ใช้ (เมกะจูล)	30,142	

เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขั้นตอนในการเพาะปลูก พบว่าได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.12 ซึ่งข้อกำหนดและวิธีการในการคำนวณนั้นจะกล่าวรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.12 แสดงราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าขั้นตอนการเพาะปลูกตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุน	การเพาะปลูก (บาท)
ต้นทุนคงที่	1,743,377
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	387,637
ค่าบำรุงรักษา	-
ค่าเชื้อเพลิง	-
มูลค่าซาก	- 2,403.30
รวม (บาท)	2,131,013.75



รูปที่ 4.5 สัดส่วนต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขั้นตอนการเพาะปลูก

จากตาราง 4.6 สามารถจำแนกต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ผลกระทบทางอากาศ ผลกระทบที่เกิดจากน้ำเสีย และผลกระทบที่เกิดจากขยะ จากผลกระทบบ้างกล่าวสามารถคำนวณหาราคาด้านต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมได้ดังตารางที่ 4.13 สำหรับข้อกำหนดและวิธีการที่ใช้ในการคำนวณได้กล่าวรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.13 ราคาต้นทุนสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการเพาะปลูกตลอดวัฏจักรชีวิต

มลพิษ	ต้นทุนเพาะปลูก
มลพิษทางอากาศ(บาท)	
NO _x	118.06
SO ₂	460.97
VOC	0.52
CO	54.52
CO ₂	16,621.10
CH ₄	63.07
N ₂ O	-
ขยะ	3,240.85
น้ำเสีย	-
รวม	20,559.09

4.3.2 ขั้นตอนการขนส่ง

การนำไม้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงหลังจากที่ไม่โตเร็วเจริญเติบโตเต็มที่ ต้องทำโดยการตัดจากแปลงและขนส่งมายัง โรงไฟฟ้า ซึ่งการจัดทำบัญชีรายการของการตัดไม้ซุงนั้นได้รวมไว้ในการจัดทำบัญชีรายการของขั้นตอนการแปรรูปไม้ การขนส่งไม้เชื้อเพลิงนั้นจะกำหนดให้ระยะห่างระหว่างแปลงปลูกและโรงไฟฟ้ามีระยะไม่เกิน 10 กิโลเมตร ระยะทางไป-กลับรวม 20 กิโลเมตร เหตุเนื่องจากเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าในชุมชน หากมีระยะทางที่มากเกินไปจะเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ในการขนส่งจะใช้รถบรรทุก 10 ล้อ ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแสดงการจัดทำบัญชีรายการดังแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การจัดทำบัญชีรายการขั้นตอนการขนส่ง

ขั้นตอนการขนส่งมีสารเข้าสู่ระบบเพียงชนิดเดียวคือน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งสำหรับรถบรรทุก 10 ล้อซึ่งมีปริมาณการใช้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการเก็บข้อมูลสารเข้าจากขั้นตอนการขนส่งตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับ	สารเข้า	ปริมาณ	หน่วย
1	น้ำมันดีเซล	2,617	ลิตร

ตารางที่ 4.15 แสดงสารออกจากขั้นตอนการขนส่ง ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์โดยข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบการปล่อยมลพิษของรถบรรทุกขนาดใหญ่ 10 ล้อ

ตารางที่ 4.15 ผลการเก็บข้อมูลสารออกจากขั้นตอนการขนส่งต่อ 1 ตันกิโลเมตร

ลำดับ	สารออก	ปริมาณ	หน่วย
1	ไม้เชื้อเพลิง	1	ตัน
2	มลพิษจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลจากรถบรรทุก 10 ล้อ		
	• CO ₂	345.35	กรัม
	• CO	1.11	กรัม

• CH ₄	0.53	กรัม
• NO _x	3.52	กรัม
• S ₂ O	0.73	กรัม

ผลการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการขนส่งในรูปแบบของ kg substance equivalent ได้ผลดังตาราง 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ประเภทผลกระทบในรูปแบบของ kg substance equivalent ของขั้นตอนการขนส่ง (kg substance equivalent/ตันกิโลเมตร)

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	น้ำมันดีเซล
Global warming	g CO ₂	3.78E+02
Ozone depletion	g CFC11	4.98E-04
Acidification	g SO ₂	3.20E+00
Eutrophication	g NO ₃	4.88E+00
Photochemical smog	g ethene	6.60E-01
Ecotoxicity water chronic	m ³	3.54E+02
Ecotoxicity water acute	m ³	3.51E+01
Ecotoxicity soil chronic	m ³	1.15E+00
Human toxicity air	m ³	1.95E+05
Human toxicity water	m ³	1.09E+00
Human toxicity soil	m ³	7.42E-02
Resources (all)	kg	3.75E-05

จากตารางที่ 4.16 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าผลกระทบให้อยู่ในรูปแบบของ Point: Pt ของขั้นตอนการขนส่งได้ผลดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นแต่ละประเภทของขั้นตอนการขนส่งต่อ 1 ตัน
กิโลเมตร

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	น้ำมันดีเซล
Global warming (GWP 100)	Pt	5.66E-05
Ozone depletion	Pt	5.67E-05
Acidification	Pt	3.36E-05
Eutrophication	Pt	1.97E-05
Photochemical smog	Pt	3.96E-05
Ecotoxicity water chronic	Pt	1.73E-03
Ecotoxicity water acute	Pt	1.68E-03
Ecotoxicity soil chronic	Pt	8.82E-05
Human toxicity air	Pt	5.95E-05
Human toxicity water	Pt	4.62E-05
Human toxicity soil	Pt	5.99E-04
Total	Pt	4.41E-03

เมื่อเปรียบเทียบประเภทผลกระทบที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการขนส่ง ซึ่งขั้นตอนนี้มีการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซลเพียงอย่างเดียวจึงแสดงผลในลักษณะการเปรียบเทียบประเภทของผลกระทบดังตารางที่ 4.17 จะเห็นว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นสูงสุดคือ Ecotoxicity water chronic(EWC): การสะสมสารพิษในน้ำมีค่าเท่ากับ 1.73×10^{-3} Pt รองลงมาคือ Ecotoxicity to Water Acute (EWA): การเกิดสารพิษในน้ำแบบเฉียบพลันเท่ากับ 1.68×10^{-3} Pt และ Human toxicity soil(HTS): การเกิดพิษในดินที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์เท่ากับ 5.99×10^{-4} Pt สาเหตุหลักของการเกิดผลกระทบดังกล่าวเนื่องจากขั้นตอนการขุดเจาะและการสกัดน้ำมันดีเซลมีการปล่อยมลพิษลงสู่ดินและแม่น้ำจึงทำให้เกิดผลกระทบดังกล่าว

จากตารางที่ 4.14 เมื่อนำมาคิดวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขนส่ง โดยอาศัยตารางที่ 4.10 พบว่ามีการใช้พลังงานดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการขนระยะเวลาโครงการ 10 ปี

พลังงานที่ใช้	ขั้นตอนการขนส่ง	หน่วย
น้ำมันดีเซล	95,285	เมกะจูล

เมื่อวิเคราะห์ราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขั้นตอนการขนส่งแยกตามประเภทของต้นทุนพบว่าค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 4.19 ต้นทุนสำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเกิดจากค่าจ้างในการเหมาตัดไม้เชื้อเพลิง และค่าเช่ารถบรรทุกในการขนส่งไม้

ตารางที่ 4.19 แสดงราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าขั้นตอนการขนส่ง

ต้นทุน	การขนส่ง (บาท)
ต้นทุนคงที่	-
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	2,873,760.00
ค่าบำรุงรักษา	-
ค่าเชื้อเพลิง	126,377
มูลค่าซาก	-
รวม (บาท)	3,000,136.52

เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการขนส่งแยกตามประเภทของการเกิดผลกระทบทางด้าน อากาศ น้ำเสีย และขยะ พบว่ามีราคาต้นทุนสิ่งแวดล้อมดังแสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ราคาต้นทุนสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการขนส่งตลอดวัฏจักรชีวิต

มลพิษ	ต้นทุนการขนส่ง
มลพิษทางอากาศ	
NO _x	155.27
SO ₂	0.95
VOC	10.24

CO	3.22
CO ₂	490.57
CH ₄	0.02
N ₂ O	-
ขยะ	-
น้ำเสีย	-
รวม (บาท)	660.26

4.3.3 ขั้นตอนแปรรูป

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ในขั้นตอนการแปรรูปจะเริ่มจากตัดไม้จากแปลงปลูกโดยใช้เลื่อยยนต์ จากนั้นจึงขนส่งไม้มายังโรงไฟฟ้าซึ่งได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้ หลังจากนั้นจึงแปรรูปไม้ให้มีขนาดเล็กลงเนื่องจากไม้ซุงที่ตัดมามีขนาดใหญ่ไม่สามารถป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้ จึงต้องมีการแปรรูปไม้เชื้อเพลิงให้มีขนาดที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้จะตัดไม้ให้มีขนาด 5 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องหันไม้ไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดของการจัดทำบัญชีรายการดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การจัดทำบัญชีรายการขั้นตอนการแปรรูปไม้เชื้อเพลิง

จากรูปที่ 4.7 มีการจัดทำบัญชีรายการของสารเข้าในขั้นตอนการแปรรูปดังแสดงในตารางที่ 4.21 ในขั้นตอนนี้จะนำเอาน้ำมันเบนซินที่ใช้สำหรับตัดไม้ซุงจากขั้นตอนการเพาะปลูกมารวมไว้กับการจัดทำบัญชีรายการในขั้นตอนการแปรรูปไม้

ตารางที่ 4.21 ผลการเก็บข้อมูลสารเข้าจากขั้นตอนการแปรรูปตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับ	สารเข้า	ปริมาณ	หน่วย
1	น้ำมันเบนซิน	4,167	ลิตร
2	พลังงานไฟฟ้า	97,700	กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ตารางที่ 4.22 ผลการเก็บข้อมูลสารออกจากขั้นตอนการแปรรูปต่อ 1 ต้นไม้สด

ลำดับ	สารออก	ปริมาณ	หน่วย
1	ไม้สด	1	ตัน
2	มลพิษจากเผาไหม้น้ำมันเบนซินของเครื่องยนต์		
	• CO ₂	8.80	กรัม
	• CO	8.49×10^{-2}	กรัม
	• CH ₄	4.68×10^{-4}	กรัม
	• NO _x	7.45×10^{-4}	กรัม
	• S ₂ O	6.33×10^{-3}	กรัม
3	มลพิษจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากสายส่ง		
	• CO ₂	9.13	กรัม
	• CO	1.13×10^{-1}	กรัม
	• CH ₄	2.68×10^{-4}	กรัม
	• NO _x	1.12	กรัม
	• S ₂ O	5.33×10^{-3}	กรัม

เมื่อนำค่าที่ได้ปริมาณสารเข้าและสารออกมาวิเคราะห์ผลกระทบต่อทางสิ่งแวดล้อมในรูปแบบของ kg substance equivalent ของขั้นตอนการแปรรูปได้ผลดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ประเภทผลกระทบในรูปของ kg substance equivalent ของขั้นตอนการแปรรูป (kg substance equivalent/ตันไม้)

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	ไฟฟ้า	น้ำมันเบนซิน
Global warming	g CO ₂	4.02E+03	3.76E+03	2.67E+02
Ozone depletion	g CFC11	2.04E-04	2.72E-05	1.77E-04
Acidification	g SO ₂	8.66E+00	5.91E+00	2.75E+00
Eutrophication	g NO ₃	8.97E+00	7.75E+00	1.22E+00
Photochemical smog	g ethene	5.45E-01	1.88E-01	3.58E-01
Ecotoxicity water chronic	m ³	2.05E+03	3.94E+02	1.66E+03
Ecotoxicity water acute	m ³	2.07E+02	4.05E+01	1.67E+02
Ecotoxicity soil chronic	m ³	8.77E+00	5.20E+00	3.57E+00
Human toxicity air	m ³	1.99E+05	1.09E+05	9.03E+04
Human toxicity water	m ³	9.39E+00	7.38E+00	2.02E+00
Human toxicity soil	m ³	1.77E-01	5.21E-02	1.25E-01
Bulk waste	kg	3.59E-02	3.00E-02	5.86E-03
Hazardous waste	kg	6.10E-05	5.04E-05	1.06E-05
Radioactive waste	kg	7.13E-06	1.88E-06	5.25E-06
Slags/ashes	kg	1.23E-04	9.71E-05	2.58E-05
Resources (all)	kg	9.42E-05	6.14E-05	3.29E-05

จากตารางที่ 4.23 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าผลกระทบให้อยู่ในรูปของ Point: Pt ของขั้นตอนการแปรรูปได้ผลดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ปริมาณผลกระทบที่เกิดแต่ละประเภทของขั้นตอนการแปรรูป

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	ไฟฟ้า	น้ำมันเบนซิน
รวม	Pt	2.36E-02	5.79E-03	1.78E-02
Global warming	Pt	6.02E-04	5.62E-04	3.99E-05
Ozone depletion	Pt	2.32E-05	3.09E-06	2.01E-05
Acidification	Pt	9.08E-05	6.19E-05	2.89E-05
Eutrophication	Pt	3.62E-05	3.12E-05	4.91E-06
Photochemical smog	Pt	3.27E-05	1.13E-05	2.15E-05
Ecotoxicity water chronic	Pt	1.01E-02	1.93E-03	8.13E-03
Ecotoxicity water acute	Pt	9.91E-03	1.94E-03	7.97E-03
Ecotoxicity soil chronic	Pt	6.72E-04	3.98E-04	2.74E-04
Human toxicity air	Pt	6.07E-05	3.32E-05	2.76E-05
Human toxicity water	Pt	3.97E-04	3.12E-04	8.53E-05
Human toxicity soil	Pt	1.43E-03	4.21E-04	1.01E-03
Bulk waste	Pt	2.93E-05	2.45E-05	4.78E-06
Hazardous waste	Pt	3.24E-06	2.68E-06	5.62E-07
Radioactive waste	Pt	2.24E-04	5.92E-05	1.65E-04
Slags/ashes	Pt	3.87E-07	3.06E-07	8.10E-08

จากตารางที่ 4.24 แสดงผลการเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากขั้นตอนการแปรรูปไม้เชื้อเพลิง ซึ่งมีการใช้พลังงานจากสองส่วนคือ การใช้น้ำมันเบนซินและการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.78×10^{-2} Pt และ 5.79×10^{-3} Pt ตามลำดับ ผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจากการใช้น้ำมันเบนซินในการตัดไม้ ชุงเป็นส่วนใหญ่ สาเหตุผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจากการขั้นตอนจุดเจาะและการกลั่นน้ำมันเบนซิน

จากตารางที่ 4.21 เมื่อนำมาคิดวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขนส่งโดยอาศัยตารางที่ 4.10 พบว่ามีการใช้พลังงานดังตารางที่ 4.25

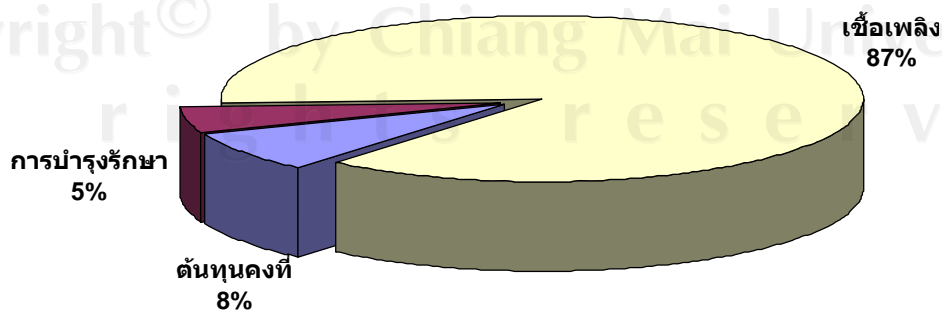
ตารางที่ 4.25 ปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการแปรรูปไม้ตลอดระยะเวลาโครงการ 10 ปี

พลังงานที่ใช้	ขั้นตอนการแปรรูป	หน่วย
น้ำมันเบนซิน	143,887	เมกะจูล
พลังงานไฟฟ้า	351,720	เมกะจูล
รวม	495,607	เมกะจูล

เมื่อวิเคราะห์ราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขั้นตอนการแปรรูปแยกตามประเภทของต้นทุนพบว่ามีค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 แสดงราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าขั้นตอนการแปรรูป

ต้นทุน	การแปรรูป(บาท)
ต้นทุนคงที่	56,000.00
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	-
ค่าบำรุงรักษา	34,470.00
ค่าเชื้อเพลิง	599,244.00
มูลค่าซาก	4,200.00
รวม (บาท)	979,650.00



รูปที่ 4.8 แสดงสัดส่วนของต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขั้นตอนการแปรรูป

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าต้นทุนส่วนใหญ่มาจากต้นทุนของค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในขั้นตอนการแปรรูปซึ่งมี 3 ชนิดคือ พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเบนซิน สูงถึง 92%

เมื่อวิเคราะห์ราคาต้นทุนสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการแปรรูปไม้เชื้อเพลิงพบว่ามีราคาต้นทุนสิ่งแวดล้อมดังแสดงในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ราคาต้นทุนสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการแปรรูปตลอดวัฏจักรชีวิต

มลพิษ	ต้นทุนแปรรูป
มลพิษทางอากาศ (บาท)	
NO _x	1,844.93
SO ₂	147.90
VOC	-
CO	29.01
CO ₂	17,962.56
CH ₄	20.42
N ₂ O	-
ขยะ	-
น้ำเสีย	-
รวม (บาท)	20,005

4.3.4 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าจะประกอบด้วยของส่วน คือ ขั้นตอนการเผาไหม้ไม่เป็นการเปลี่ยนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในเชื้อเพลิงให้เป็นแก๊สร้อนหรือแก๊สเชื้อเพลิง แก๊สเชื้อเพลิงดังกล่าวคือ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO) แก๊สไฮโดรเจน(H₂) และแก๊สมีเทน(CH₄) จากนั้นนำแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อป้อนให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หลักการทำงานของเครื่องจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

- 1) การเริ่มต้นการทำงานของเตาผลิตก๊าซชีววมวล (Gasifier Start-Up)
- 2) การเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า (Start Engine-Generator Set)

3) การหยุดการทำงานของเตาผลิตก๊าซชีววมวล (Gasifier Shut Down)

ซึ่งมีการจัดทำบัญชีรายการดังรูปที่ 4.9 โดยรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ และหลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าได้กล่าวรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก



รูปที่ 4.9 การจัดทำบัญชีรายการขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 4.28 ผลการเก็บข้อมูลสารเข้าจากขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับ	สารเข้า	ปริมาณ	หน่วย
1	ไม้เชื้อเพลิง	8334.13	ตัน
2	พลังงานไฟฟ้า	794,707	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
3	น้ำมันหล่อลื่น (Automotive Lubricant)	350.4	ลิตร
4	กุญกรองฝุ่น (Polyester Needle felt)	7.01	ตัน
5	สารเร่งตะกอน (Poly Aluminum Chloride:PAC)	2,920	ลิตร

ตารางที่ 4.29 ผลการเก็บข้อมูลสารเข้าจากขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับ	สารออก	ปริมาณ	หน่วย
1	มลพิษที่ปล่อยสู่อากาศ		
	• คาร์บอนได้ออกไซด์ (CO ₂)	55.59	กิโลกรัม
	• คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)	8,140.30	กิโลกรัม
	• ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	16.66	กิโลกรัม
	• ไนตริกออกไซด์ (NO)	870.72	กิโลกรัม
	• ไนโตรเจนออกไซด์ (NO _x)	887.46	กิโลกรัม
	• ทาร์ (Tar)	55.83	กิโลกรัม
• ฝุ่น (Particulate)	55.83	กิโลกรัม	
2	คุณภาพน้ำเสีย		
	• Cyan meter	6.35	กิโลกรัม
	• Phenol Compound	110.22	กิโลกรัม
	• Lead Compound (Pb)	1.38	กิโลกรัม
• Sulphide(H ₂ S)	7.01	กิโลกรัม	

เมื่อนำค่าที่ได้ปริมาณสารเข้าและสารออกมาวิเคราะห์ผลกระทบต่อทางสิ่งแวดล้อมในรูปแบบของ kg substance equivalent ของขั้นตอนการแปรรูปได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 4.30 แสดงประเภทของผลกระทบซึ่งอยู่ในรูปของ kg substance equivalent ในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	การเผาไหม้, น้ำเสีย	ถลุง	น้ำมันหล่อลื่น	PAC: AI	PAC: CI	ไฟฟ้า
Global warming	g CO ₂	6.79E+01	3.70E+00	3.17E+00	2.58E+00	4.60E-01	3.32E-01	5.77E+01
Ozone depletion	g CFC11	2.11E-06	-	5.15E-10	4.42E-07	3.12E-07	9.38E-07	4.17E-07
Acidification	g SO ₂	5.06E-01	3.54E-01	3.22E-02	2.19E-02	5.11E-03	1.73E-03	9.07E-02
Eutrophication	g NO ₃	1.13E+00	6.85E-01	2.91E-02	2.98E-01	1.71E-03	1.20E-03	1.19E-01
Photochemical smog	g ethene	6.03E-02	5.53E-02	3.31E-04	1.31E-03	3.98E-04	4.56E-05	2.88E-03
Ecotoxicity water chronic	m ³	6.82E+00	-	1.09E-02	5.56E-01	7.75E-03	1.97E-01	6.04E+00
Ecotoxicity water acute	m ³	6.72E-01	-	7.82E-04	2.84E-02	7.32E-04	2.04E-02	6.22E-01
Ecotoxicity soil chronic	m ³	1.05E-01	-	1.21E-03	1.59E-02	1.69E-04	7.42E-03	7.98E-02
Human toxicity air	m ³	5.55E+03	3.26E+03	3.85E+02	1.42E+02	3.38E+01	6.26E+01	1.67E+03
Human toxicity water	m ³	1.44E-01	-	1.29E-03	9.21E-04	1.32E-03	2.77E-02	1.13E-01
Human toxicity soil	m ³	1.03E-03	-	8.93E-05	5.35E-05	1.96E-05	6.94E-05	8.00E-04
Bulk waste	kg	7.08E-04	-	6.55E-06	-	1.99E-04	4.13E-05	4.61E-04
Hazardous waste	kg	2.40E-06	-	1.59E-06	-	-	3.98E-08	7.74E-07
Radioactive waste	kg	7.11E-08	-	-	-	-	4.22E-08	2.89E-08
Slags/ashes	kg	3.29E-06	-	1.71E-06	-	-	8.30E-08	1.49E-06
Resources (all)	kg	1.07E-06	-	3.62E-08	2.25E-08	5.48E-09	6.77E-08	9.42E-07

ตารางที่ 4.31 แสดงประเภทของผลกระทบซึ่งอยู่ในรูปของ Point: Pt ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	การเผาไหม้, น้ำเสีย	ถลุง	น้ำมันหล่อลื่น	PAC: AI	PAC: CI	ไฟฟ้า
Total	Pt	1.17E-04	1.13E-05	2.12E-06	7.76E-06	6.62E-07	5.80E-06	8.88E-05
Global	Pt	1.02E-05	5.53E-07	4.74E-07	3.85E-07	6.87E-08	4.96E-08	8.62E-06
Ozone depletion	Pt	2.40E-07	0.00E+00	5.86E-11	5.03E-08	3.55E-08	1.07E-07	4.75E-08
Acidification	Pt	5.30E-06	3.71E-06	3.38E-07	2.29E-07	5.36E-08	1.81E-08	9.51E-07
Eutrophication	Pt	4.57E-06	2.76E-06	1.17E-07	1.20E-06	6.90E-09	4.82E-09	4.80E-07
Photochemical smog	Pt	3.62E-06	3.32E-06	1.98E-08	7.83E-08	2.39E-08	2.74E-09	1.73E-07
Ecotoxicity water chronic	Pt	3.34E-05	0.00E+00	5.34E-08	2.73E-06	3.80E-08	9.65E-07	2.96E-05
Ecotoxicity water acute	Pt	3.22E-05	0.00E+00	3.74E-08	1.36E-06	3.50E-08	9.78E-07	2.97E-05
Ecotoxicity soil chronic	Pt	8.00E-06	0.00E+00	9.27E-08	1.22E-06	1.29E-08	5.68E-07	6.12E-06
Human toxicity air	Pt	1.69E-06	9.95E-07	1.17E-07	4.33E-08	1.03E-08	1.91E-08	5.09E-07
Human toxicity water	Pt	6.10E-06	0.00E+00	5.44E-08	3.89E-08	5.60E-08	1.17E-06	4.78E-06
Human toxicity soil	Pt	8.34E-06	0.00E+00	7.21E-07	4.32E-07	1.59E-07	5.60E-07	6.46E-06
Bulk waste	Pt	5.77E-07	0.00E+00	5.34E-09	0.00E+00	1.62E-07	3.36E-08	3.76E-07
Hazardous waste	Pt	1.27E-07	0.00E+00	8.43E-08	0.00E+00	0.00E+00	2.11E-09	4.11E-08
Radioactive waste	Pt	2.24E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.33E-06	9.10E-07
Slags/ashes	Pt	1.03E-08	0.00E+00	5.39E-09	0.00E+00	0.00E+00	2.61E-10	4.69E-09

ซึ่งจากตารางที่ 4.31 จะเห็นว่าผลกระทบหลักในขั้นตอนของการผลิตกระแสไฟฟ้าเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเกิดผลกระทบสูงถึง 8.88×10^{-5} Pt

จากตารางที่ 4.26 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยค่าความร้อนตามตารางที่ 4.10 พบว่ามีการใช้พลังงานในขั้นตอนนี้ดังแสดงในตารางที่ 4.32

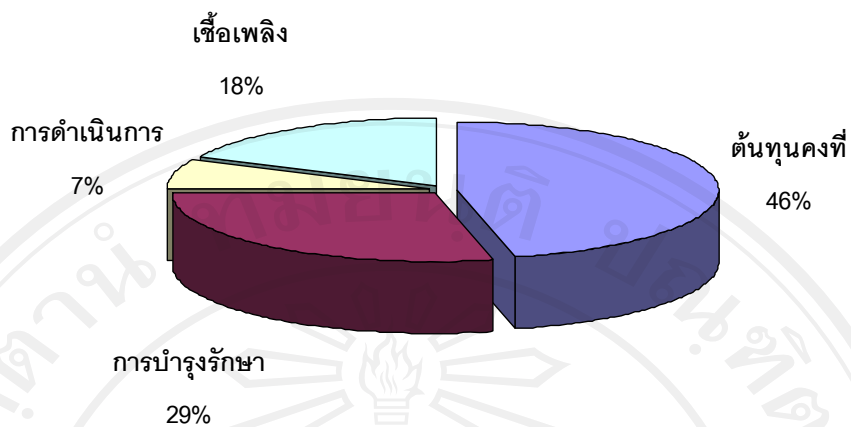
ตารางที่ 4.32 ปริมาณการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าตลอดระยะเวลาโครงการ 10 ปี

พลังงานที่ใช้	ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า	หน่วย
พลังงานไฟฟ้า	2,860,940	เมกะจูล
ไม้เชื้อเพลิง	102,509,800	เมกะจูล
น้ำมันหล่อลื่น	133,762	เมกะจูล
รวม	1,055,045,021	เมกะจูล

เมื่อวิเคราะห์ราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าพบว่ามีราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 แสดงราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

ต้นทุน	การผลิตกระแสไฟฟ้า(บาท)
ต้นทุนคงที่	8,200,000.00
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	5,047,295.70
ค่าบำรุงรักษา	1,265,320.10
ค่าเชื้อเพลิง	3,121,507.10
มูลค่าซาก	-615,000.00
รวม (บาท)	17,019,122.80



รูปที่ 4.10 แสดงสัดส่วนของต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าต้นทุนส่วนใหญ่มาจากต้นทุนคงที่ซึ่งจะมาจากต้นทุนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าซึ่งมีราคาสูง

เมื่อนำมาวิเคราะห์ราคาต้นทุนสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 ราคาต้นทุนสิ่งแวดล้อมขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

มลพิษ	ต้นทุนผลิตกระแสไฟฟ้า
มลพิษทางอากาศ	
NO _x	83,796.19
SO ₂	1,979.21
VOC	14.58
CO	75,453.54
CO ₂	65,5676.16
CH ₄	957.00
N ₂ O	1,466.75
ขยะ	-
น้ำเสีย	68,779.19
รวม (บาท)	888,122.6182

เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดในการผลิตกระแสไฟฟ้า 4 ขั้นตอน ของการผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงได้ผลดังตารางที่ 4.35

ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบผลกระทบในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	เพาะปลูก	ขนส่ง	แปรรูป	ผลิตไฟฟ้า
Total	Pt	1.66E-04	2.14E-06	3.40E-06	4.43E-05	1.17E-04
Global warming	Pt	1.17E-05	3.56E-07	4.36E-08	1.13E-06	1.02E-05
Ozone depletion	Pt	3.28E-07	3.88E-10	4.36E-08	4.37E-08	2.40E-07
Acidification	Pt	5.66E-06	1.60E-07	2.58E-08	1.71E-07	5.30E-06
Eutrophication	Pt	4.72E-06	6.55E-08	1.52E-08	6.80E-08	4.57E-06
Photochemical smog	Pt	3.84E-06	1.29E-07	3.05E-08	6.15E-08	3.62E-06
Ecotoxicity water chronic	Pt	5.42E-05	5.46E-07	1.33E-06	1.89E-05	3.34E-05
Ecotoxicity water acute	Pt	5.26E-05	5.40E-07	1.29E-06	1.86E-05	3.22E-05
Ecotoxicity soil chronic	Pt	9.37E-06	3.53E-08	6.79E-08	1.26E-06	8.00E-06
Human toxicity air	Pt	1.89E-06	3.56E-08	4.58E-08	1.14E-07	1.69E-06
Human toxicity water	Pt	7.08E-06	1.95E-07	3.56E-08	7.46E-07	6.10E-06
Human toxicity soil	Pt	1.15E-05	4.20E-08	4.62E-07	2.68E-06	8.34E-06
Bulk waste	Pt	6.41E-07	8.81E-09	0.00E+00	5.50E-08	5.77E-07
Hazardous waste	Pt	1.48E-07	1.49E-08	0.00E+00	6.09E-09	1.27E-07
Radioactive waste	Pt	2.66E-06	4.44E-09	0.00E+00	4.22E-07	2.24E-06
Slags/ashes	Pt	1.39E-08	2.81E-09	0.00E+00	7.27E-10	1.03E-08

จากตารางที่ 4.35 จะเห็นว่าค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจากขั้นตอนในการผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งจำนวน 0.18 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ

การผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และนอกจากนี้ผลกระทบที่เกิดขึ้นยังมาจากการเผาไหม้ไม้เชื้อเพลิงและน้ำเสียในขั้นตอนของการทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิง

เมื่อเปรียบเทียบค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากไม้โตเร็วและกระแสไฟฟ้าจากสายส่งจำนวน 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงดังแสดงผลในตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างการใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็วและการใช้กระแสไฟฟ้าจากสายส่งจำนวน 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

Impact category	Unit	ไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว	ไฟฟ้าจากสายส่ง
Global warming	Pt	1.17E-05	4.79E-05
Ozone Depletion	Pt	3.28E-07	2.64E-07
Acidification	Pt	5.66E-06	5.28E-06
Eutrophication	Pt	4.72E-06	2.67E-06
Photochemical smog	Pt	3.84E-06	9.61E-07
Ecotoxicity water chronic	Pt	5.42E-05	1.65E-04
Ecotoxicity water acute	Pt	5.26E-05	1.65E-04
Ecotoxicity soil chronic	Pt	9.37E-06	3.40E-05
Human toxicity air	Pt	1.89E-06	2.83E-06
Human toxicity water	Pt	7.08E-06	2.66E-05
Human toxicity soil	Pt	1.15E-05	3.59E-05
Bulk waste	Pt	6.41E-07	2.09E-06
Hazardous waste	Pt	1.48E-07	2.28E-07
Radioactive waste	Pt	2.66E-06	5.05E-06
Slags/ashes	Pt	1.39E-08	2.61E-08
Total	Pt	1.66E-04	4.94E-04

จากตารางที่ 4.36 จะเห็นว่าผลกระทบจากสายส่งมีค่ามากกว่าผลกระทบจากแก๊สซีพีเคชั้นของไม้โตเร็วเกือบทุกผลกระทบยกเว้นผลกระทบประเภท Eutrophication: Eu Ozone depletion: OD และ Photochemical smog: PS ซึ่งสาเหตุของการเกิดผลกระทบประเภท Eutrophication: Eu เกิดจากขั้นตอนในการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งมาจากน้ำเสียในการทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง ผลกระทบประเภท Ozone depletion: OD มาจากการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งในขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว และผลกระทบประเภท Photochemical smog: PS ซึ่งสูงกว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าจากสายส่งถึง 4 เท่า สาเหตุหลักเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นละออง

ตารางที่ 4.37 ปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซีพีเคชั้นของไม้โตเร็วตลอดวัฏจักรชีวิต

ขั้นตอน	พลังงานไฟฟ้า (MJ)	น้ำมัน ดีเซล(MJ)	น้ำมัน เบนซิน(MJ)	น้ำมันหล่อลื่น (MJ)	ไม้เชื้อเพลิง (MJ)	รวม (MJ)
เพาะปลูก	10,635	19,507	-	-	-	30,142
ขนส่ง	-	95,285	-	-	-	95,285
แปรรูป	351,720	-	143,887	-	-	495,607
ผลิตไฟฟ้า	2,860,940	-	-	133,762	102,509,800	105,504,502
รวม	106,125,536 MJ					
รวม	$= \frac{106,125,536}{4,415,040}$ $= 24.03 \text{ เมกะจูล/กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$					

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของพลังงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าพบว่าพลังงานที่ใช้มากที่สุดอยู่ส่วนของขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงจะต้องใช้ไม้เพลิง 1.88 กิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนพบว่าได้ผลดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 4.38 ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว(ไม่รวม ต้นทุนสิ่งแวดล้อม)

ต้นทุน	การเพาะปลูก	การขนส่ง	การแปรรูป	การผลิตไฟฟ้า
C_c	1,743,377.00	-	56,000.00	8,200,000.00
C_o	387,637.00	-2,873,760.00	-	5,047,295.70
C_M	-	-	34,470.00	1,265,320.10
C_F	-	126,377.00	599,244.00	3,121,507.10
S	-2,403.30	-	-4,200.00	-615,000.00
รวมต้นทุนในแต่ละขั้นตอน (บาท)	2,131,013.75	3,000,136.52	689,713.74	17,019,122.80
รวมต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต	$= \frac{22,833,383.58}{4,415,040}$ $= 5.17 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$			

จากตารางที่ 4.38 จะเห็นว่าราคาค่าต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากไม้โตเร็วเกิดจากขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งมาจากราคาของเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ค่าเชื้อเพลิง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็วในแต่ละขั้นตอนและประเภทของต้นทุนได้ผลดังตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.39 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกระแสไฟฟ้า

มลพิษ	ต้นทุนสิ่งแวดล้อม เพาะปลูก	ต้นทุนสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนการขนส่ง	ต้นทุนสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนการแปรรูป	ต้นทุนสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า
NO _x	118.06	155.27	1,844.93	83,796.19
SO ₂	460.97	0.95	147.90	1,979.21
VOC	0.52	10.24	-	14.58
CO	54.52	3.22	29.01	75,453.54
CO ₂	16,621.10	490.57	17,962.56	65,5676.16
CH ₄	63.07	-	20.42	957.00
N ₂ O	-	-	-	1,466.75
ขยะ	3,240.85	-	-	-
น้ำเสีย	-	-	-	68,779.19
รวม	20,559.09	660.26	20,005.00	888,122.6182
ต้นทุน สิ่งแวดล้อม	$= \frac{929,346.84}{4,415,040}$ $= 0.21 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$			

เมื่อวิเคราะห์ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมพบว่าต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 0.21 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อรวมกับราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าพบว่ามีราคาต้นทุนเพิ่มขึ้นเป็น 5.38 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง