

บทที่ 2

ทฤษฎีและบทวรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ห้องสะอาด (Cleanroom)

เทคโนโลยีห้องสะอาดมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตสมัยใหม่หลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ อุตสาหกรรมการผลิตยา รวมทั้งอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องมือที่ต้องการความแม่นยำสูงทุกประเภท จึงทำให้มีความจำเป็นในการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีห้องสะอาดกันอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.1

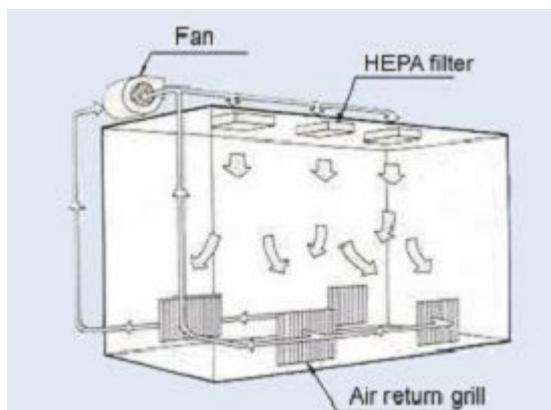
ตัวอย่างผู้ปฏิบัติการในห้องสะอาด

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 p6

ห้องสะอาด

ห้องสะอาด คือ ห้อง หรือบริเวณปิดที่ได้รับการควบคุมคุณสมบัติของสภาวะแวดล้อมภายในอย่างเคร่งครัด (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2549) เช่น ปริมาณและขนาดของฝุ่นละออง ความชื้น ความดัน รูปแบบการไหลของอากาศ ความเป็นกลางทางไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งมีการใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น อุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ เซมิคอนดักเตอร์ อุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ และอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งมีห้องสะอาดเป็นองค์ประกอบพื้นฐานในกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงและมีชิ้นงานเสียน้อยที่สุด ซึ่งอุตสาหกรรมต้องการความสะอาดและชนิดของห้องแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดความแม่นยำและวิธีในการผลิตชิ้นงาน โดยห้องสะอาดแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการไหลของอากาศ

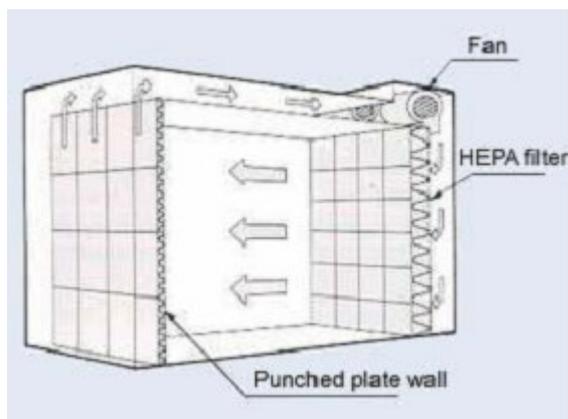
1. ห้องสะอาดแบบทั่วไป (Conventional type) หมายถึง การไหลของอากาศภายในห้องสะอาดเหมือนระบบปรับอากาศที่ใช้ทั่วไป โดยอากาศจะผ่านแผ่นกรองที่ติดตั้งบนเพดานและถูกดูดผ่านตะแกรงบริเวณมุมห้องใกล้พื้น เพื่อให้อากาศภายในห้องเกิดการหมุนวน ซึ่งใช้ได้สำหรับห้องสะอาดระดับ 10,000-100,000 และเป็นแบบที่ประหยัดที่สุด



ภาพที่ 2.2

ห้องสะอาดแบบทั่วไป

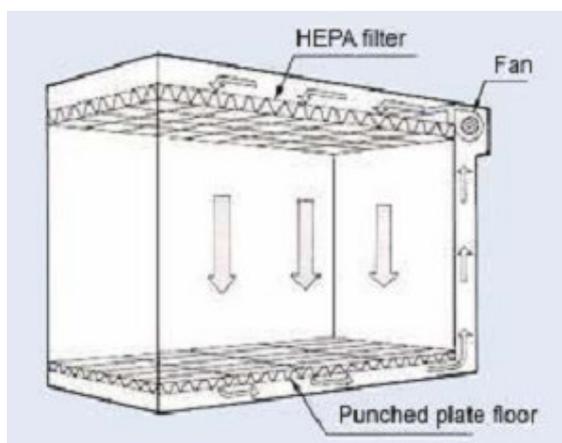
2. ห้องสะอาดแบบแนวนอน (Cross flow type) หมายถึง อากาศที่ผ่านแผ่นกรองซึ่งติดตั้งบริเวณผนังห้องด้านหนึ่งจะถูกเป่าให้เคลื่อนที่ในทิศทางขนานแนวราบด้วยความเร็วคงที่ผ่านบริเวณห้องไปยังผนังอีกด้านแล้วถูกดูดกลับผ่านเพดานกลับไปยังเครื่องเป่าซึ่งได้สำหรับห้องสะอาดระดับ 10,000-100,000



ภาพที่ 2.3

ห้องสะอาดแบบแนวนอน

3. ห้องสะอาดแบบแนวดิ่ง (Down flow type) หมายถึง อากาศที่ผ่านแผ่นกรองซึ่งติดตั้งบริเวณเพดานจะถูกเป่าให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านพื้นที่โปร่งเป็นตารางแล้วถูกดูดกลับไปยังเครื่องเป่า ถ้าไม่มีแบคทีเรียหรือฝุ่นเกิดในส่วบนของห้องจะมีความสะอาดถึง ระดับ 100 ได้ และเป็นแบบที่เสียค่าใช้จ่ายมากที่สุด



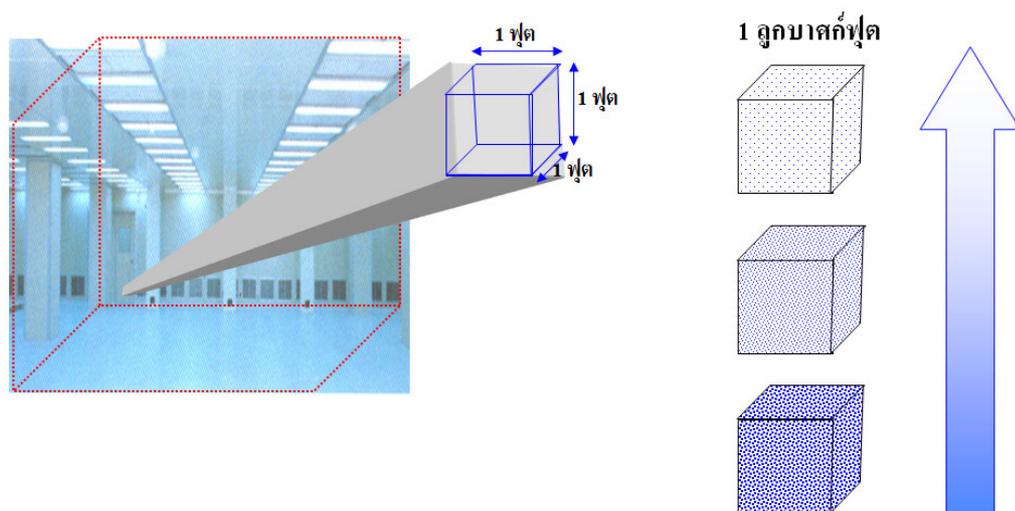
ภาพที่ 2.4

ห้องสะอาดแบบแนวดิ่ง

ห้องสะอาดแบบที่มีความสะอาดระดับ 100 เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไมโครอิเล็กทรอนิกส์ และ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ส่วนมาตรฐานความสะอาดของห้องสะอาดที่นิยมใช้มีอยู่ 3 มาตรฐาน คือ

1. U.S. Federal Standard 209E
2. VDI 2083 (Germany)

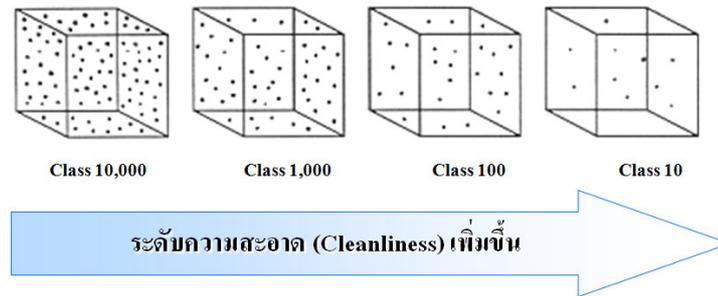
British Standard BS 295 (1989) ในการศึกษาคั้งนี้จะแบ่งมาตรฐานความสะอาดตาม U.S Federal Standard 209e ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในกระบวนการการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มีระดับความสะอาดอยู่ในระดับ 100 (จำนวนอนุภาคขนาดตั้งแต่ 0.5 ไมครอน และขนาดใหญ่กว่าขึ้นไป เทียบกับพื้นที่ 1 ลูกบาศก์ฟุต หรือต้องมีไม่เกิน 100 อนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต) (คำนิยามโดย : Federal Standard. FED 209D) ดังนั้น กระบวนการการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นต้องทำการผลิตภายใต้ห้องสะอาดระดับ 100 และรูปแบบการไหลภายในห้องเป็นแบบราบเรียบ (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2549) นอกจากนี้แล้วสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะต้องติดตั้งพัดลมเป่าประจำ เพื่อให้บริเวณพื้นที่ทำงานมีค่าของกระแสไฟฟ้าสถิตเป็นกลางซึ่งเป็นอีกสาเหตุหลักที่ทำให้ชิ้นงานเสียและลดความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ได้



ภาพที่ 2.5

มาตรฐานการแบ่งระดับความสะอาดในหน่วยลูกบาศก์ฟุต

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 7



ภาพที่ 2.6

การแบ่งระดับความสะอาดของห้องสะอาด (Cleanroom Class)

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 8

ชุดปฏิบัติการสำหรับห้องสะอาด

ชุดปฏิบัติการสำหรับห้องสะอาดมีความสำคัญมากต่อการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในห้องที่ควบคุมความสะอาด เพราะมีประโยชน์ในการช่วยกรองเอาอนุภาค หรือฝุ่นละอองจากร่างกายและเสื้อผ้าเอาไว้ เป็นการช่วยลดปริมาณอนุภาคปนเปื้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากร่างกายและเสื้อผ้าของผู้ปฏิบัติการ ชุดปฏิบัติการที่ดีควรมีช่องว่างที่อนุภาคสามารถเล็ดลอดออกไปได้น้อย และขนาดของช่องว่างควรมีขนาดเล็ก ชุดปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพดีอาจช่วยลดอัตราการปลดปล่อยสิ่งปนเปื้อนได้มากถึง 1,000,000 เท่าหรือมากกว่า



ภาพที่ 2.7

รูปชุดปฏิบัติการ

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 38

วัสดุที่ใช้ทำชุดปฏิบัติการควรมีคุณสมบัติไม่ติดไฟ ไม่ก่อให้เกิดอนุภาค และไม่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตย์ นอกจากนี้ยังสามารถทำความสะอาดได้โดยไม่เสียคุณสมบัติที่กล่าวมาแล้ว

หลักการพิจารณาเลือกชุดปฏิบัติการสำหรับห้องสะอาด

การพิจารณาเลือกชุดปฏิบัติการสำหรับห้องสะอาดขึ้นอยู่กับระดับความสะอาดของห้องและประเภทของผลิตภัณฑ์หรืองานที่ทำ เครื่องแต่งกายที่จำเป็นสำหรับห้องสะอาดระดับชั้นที่ศึกษา คือ ระดับชั้น 100 (Class 100) ควรประกอบไปด้วยผ้าคลุมผมและศีรษะ หน้ากาก ชุดคลุมแบบคลุมทั้งตัว รองเท้าและถุงมือ และวัสดุที่ใช้ต้องมีคุณภาพดีตามระดับความสะอาดที่ต้องการ

การเปลี่ยนชุดปฏิบัติการตามระยะเวลาที่เหมาะสมจะช่วยรักษาระดับความสะอาดภายในห้องได้ โดยระยะเวลาของการเปลี่ยนชุดปฏิบัติการภายในห้องสะอาดที่เหมาะสมแสดงอยู่ในตารางที่ 2.1 (จากคู่มือการออกแบบห้องสะอาด, 2552)

ตารางที่ 2.1

ระยะเวลาของการเปลี่ยนชุดปฏิบัติการภายในห้องสะอาด

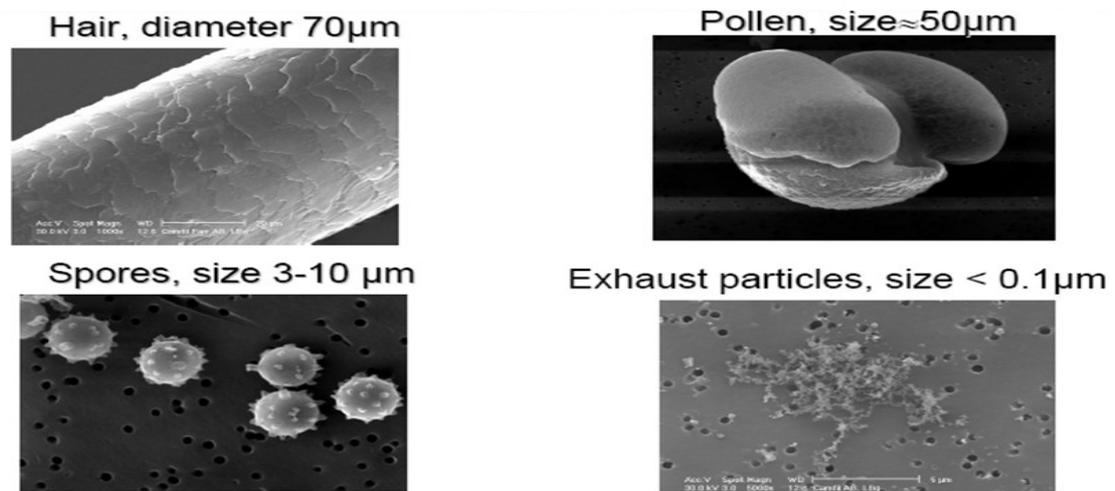
ระดับความสะอาด	ระยะเวลาในการเปลี่ยนชุดปฏิบัติการที่แนะนำ
ISO 8.7 (Class 500,000)	เปลี่ยนวันเว้นวัน
ISO 8 (Class 100,000)	เปลี่ยนวันเว้นวัน
ISO 7 (Class 10,000)	เปลี่ยนทุกวัน
ISO 6 (Class 1,000)	เปลี่ยนทุกวัน
ISO 5 (Class 100)	เปลี่ยนทุกวัน
ISO 4 (Class 10)	เปลี่ยนทุกครั้งที่มีการเข้าสู่ห้องสะอาด
ISO 3 (Class 1)	ใช้ชุดแบบเมมเบรน
ISO 1-2 (สะอาดกว่า Class 1)	ใช้ชุดแบบเมมเบรน
ห้องปลอดเชื้อ (Sterile)	เปลี่ยนทุกครั้งที่มีการเข้าสู่ห้องสะอาด
ห้องสะอาดทางชีวภาพ (Bio-cleanroom)	เปลี่ยนทุกครั้งที่มีการเข้าสู่ห้องสะอาด

ชุดปฏิบัติที่ใส่แล้วต้องนำมาเก็บรวมกันไว้สำหรับการทำความสะอาด โดยนำมาไว้รวมกันในถังใส่ชุด

อนุภาคภายในห้องสะอาด

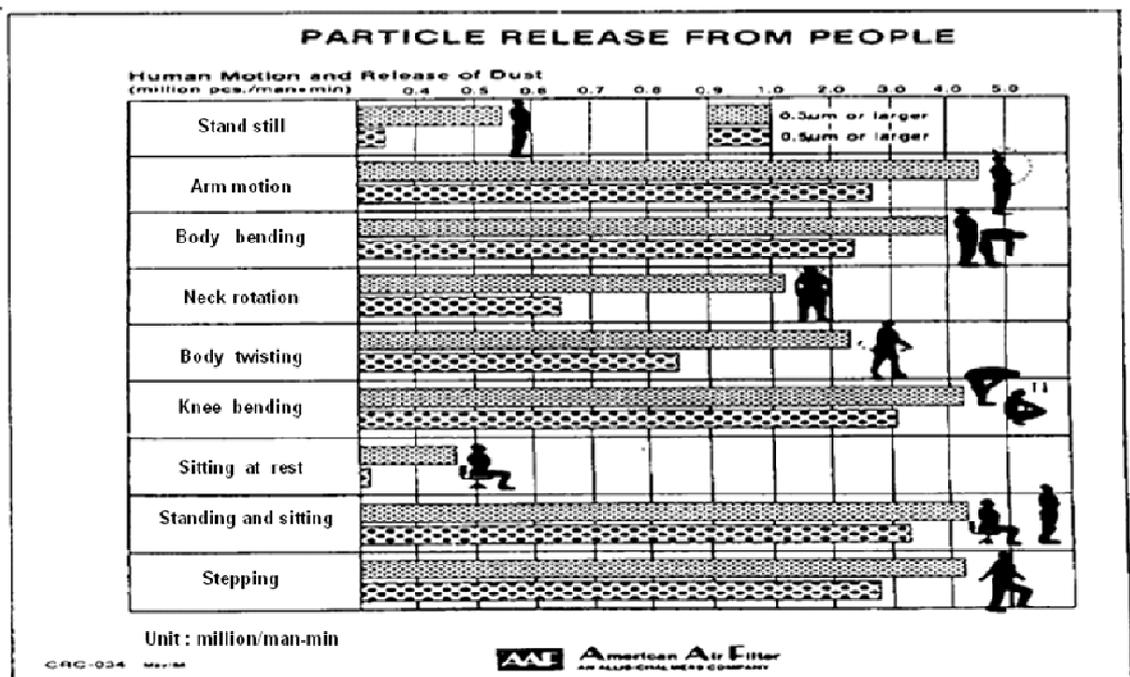
อนุภาคแขวนลอยในอากาศซึ่งห้องสะอาดมีหน้าที่ต้องกำจัดออกไปนั้น เป็นสสารจำพวกของแข็ง ของเหลว และก๊าซที่ปนเปื้อนและมีการกระจายตัวเป็นอย่างดีจนเป็นเนื้อเดียวกันกับอากาศและมีการเคลื่อนย้ายไปพร้อมการเคลื่อนไหวของอนุภาคอากาศด้วย สสารเหล่านี้มีที่มา 2 แหล่ง ได้แก่

1. สสารที่ถูกนำพาเข้ามาภายในห้องปฏิบัติงานจากภายนอก โดยปนมากับอากาศ
จ่ายเข้าและกระแสไหลเวียนของอากาศในระบบปรับอากาศ
2. อนุภาคที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเครื่องจักร กระบวนการผลิต เสื้อผ้าและคนที่
ทำงานภายในห้องสะอาดนั้น



ภาพที่ 2.8

ตัวอย่างอนุภาพที่พบบนชิ้นงานที่ผลิตในห้องสะอาด



ภาพที่ 2.9

อนุภาคที่ฟุ้งกระจายจากการเคลื่อนไหวในกิจกรรมต่าง ๆ ของคนที่ทำงานภายในห้องสะอาด

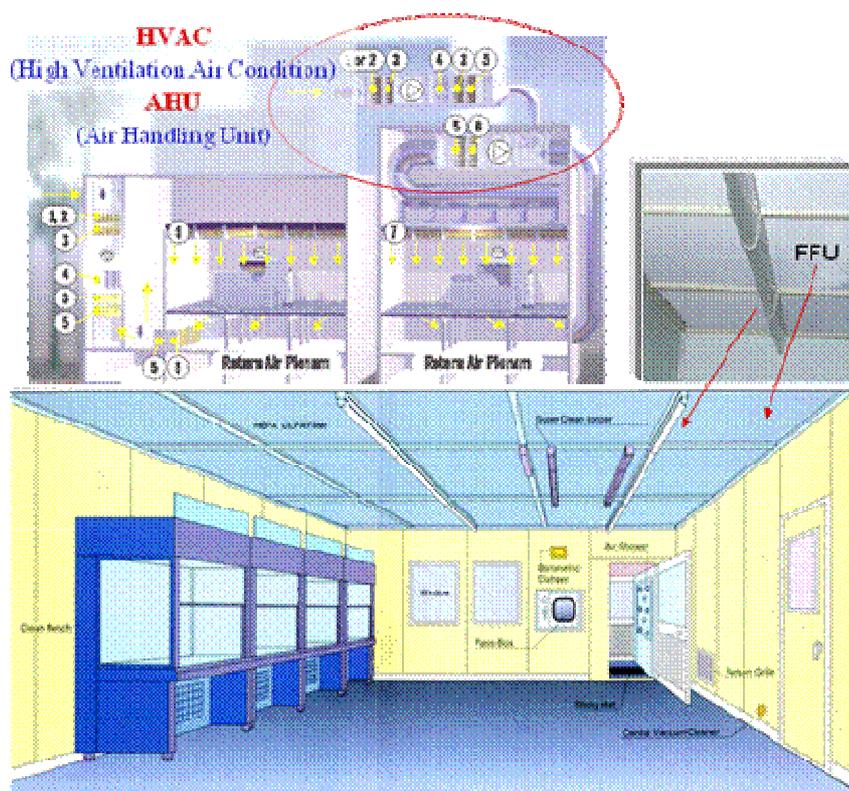
หลักการออกแบบคลีนรูม (Cleanroom Design)

■ ห้องสะอาดประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ระบบระบายอากาศ (Ventilation system), โครงสร้างของห้องสะอาด (Structure of Cleanroom) และอุปกรณ์ประกอบจำเป็นอื่นๆ

□ Ventilation system ประกอบด้วย

- HVAC System & AHU
- Filter
- FFU.
- Exhaust

HVAC (High Ventilation Air Condition) และ AHU (Air Handling Unit) ทำหน้าที่ปรับสภาพอากาศจากภายนอกให้มี ระดับความสะอาด อุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ ที่เหมาะสมกับสภาวะห้องสะอาด ตามที่มาตรฐานกำหนด ของห้องนั้นๆ

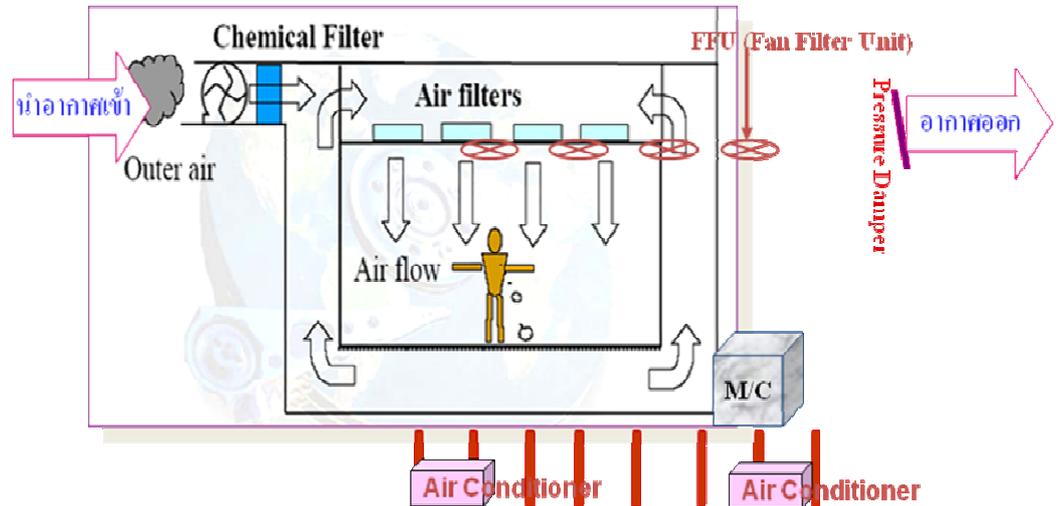


ภาพที่ 2.10

โครงสร้างหลักของห้องสะอาด

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 20

ห้องสะอาดมีการระบายอากาศออกตลอดเวลาและทุกครั้งที่มีการเข้า-ออกของคนและขนส่งสิ่งของ ดังนั้น จึงต้องมีการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาชดเชยและเพื่อรักษาแรงดันอากาศภายในห้องให้สูงกว่านอกห้องเสมอ



ภาพที่ 2.11

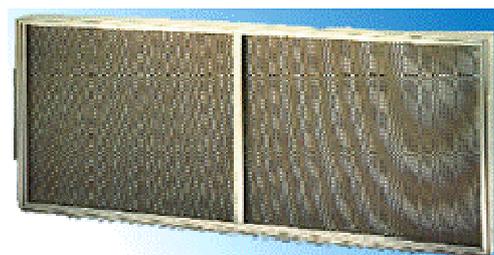
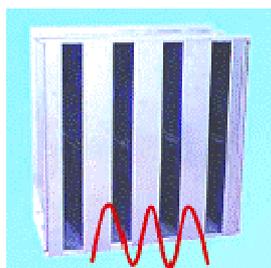
ระบบระบายอากาศของห้องสะอาด

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 22

Filter ที่ใช้สำหรับห้องสะอาดมี 2 ประเภท

1) Chemical Filter

	เทคนิคการดูดซับ			เทคนิคการแลกเปลี่ยนไอออน	
Material	Alumina	Carbon / Active Carbon		Acid Cation Exchange Fiber	Basic Anion Exchange Fiber
Target Gas	Inorganic	Organic	Inorganic	Inorganic ions	Inorganic ions

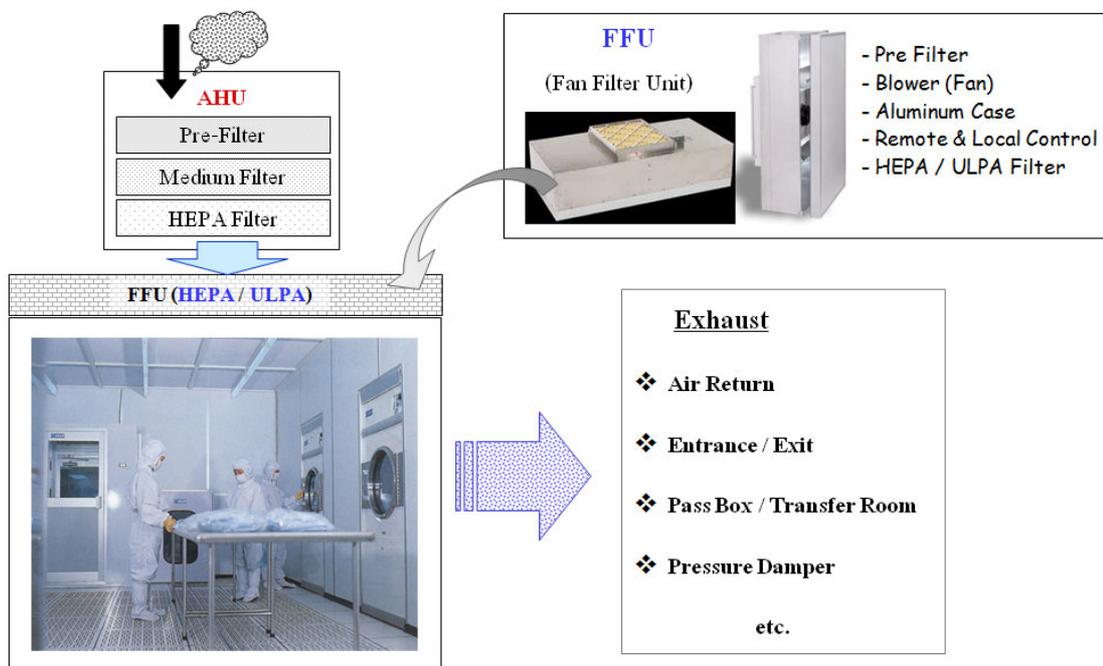


ภาพที่ 2.12

Chemical Filter

2) Particle Filter

<p>ชั้นที่ 1 Pre-Filter (Coarse Filter) กรองหยาบ ~ Particle > 5mm</p>	<p>เป็นแผ่นกรองที่มีประสิทธิภาพในการกรองต่ำมาก ใช้สำหรับแยกฝุ่นหยาบออกจากลม เพื่อลดภาระการกรองของชั้นถัดไป</p>
<p>ชั้นที่ 2 Medium Filter (Fine Filter) กรองละเอียด ~ Particle 5-1mm</p>	<p>เป็นแผ่นกรองที่มีประสิทธิภาพในการกรองสูง ใช้สำหรับระบบปรับอากาศเพื่อกรองทั้งฝุ่นละเอียดและเชื้อแบคทีเรีย ทำให้ลดการแพร่เชื้อโรคได้</p>
<p>ชั้นที่ 3 Final Filter (Absolute Filter) กรองละเอียด ~Particle <1mm (sub-micron size) HEPA = High Efficiency Particulate Air ULPA = Ultra Low Penetrating Air</p>	<p>เป็นแผ่นกรองละเอียดชั้นสุดท้ายสามารถกรองฝุ่นที่มีขนาดเล็กมากๆ และเส้นใยมีความละเอียดมาก HEPA : Remove 99.99% (particles >0.3mm) ULPA : Remove 99.99995% (particles >0.12mm)</p>



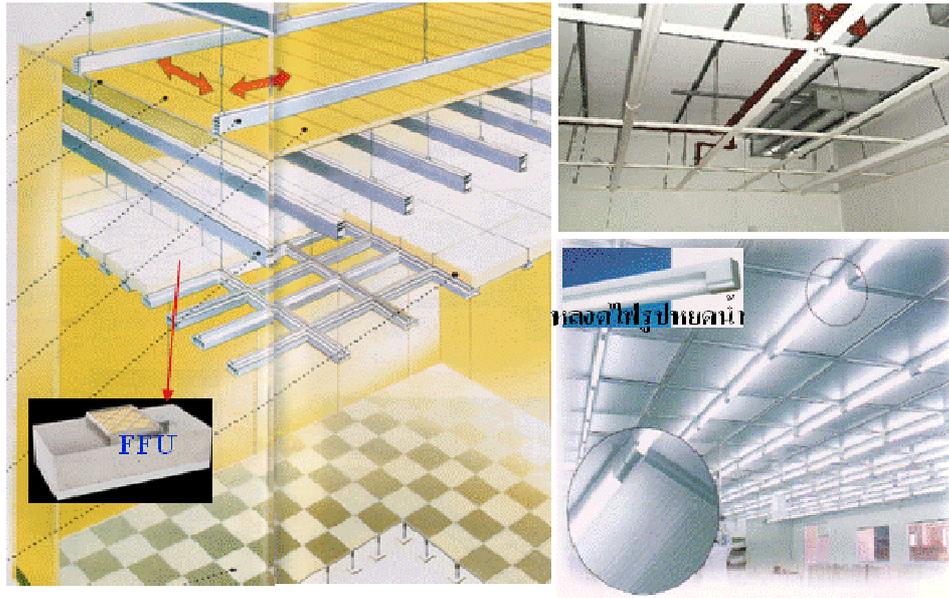
ภาพที่ 2.13

ตัวอย่างระบบการระบายอากาศของห้องทำความสะอาดชุดปฏิบัติการสำหรับห้องสะอาด

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 25

โครงสร้างห้องสะอาด

- เพดานและอุปกรณ์ติดตั้งการส่องแสงสว่าง
- ผนัง
- พื้น



ภาพที่ 2.14

เพดานและอุปกรณ์ติดตั้งการส่องแสงสว่าง

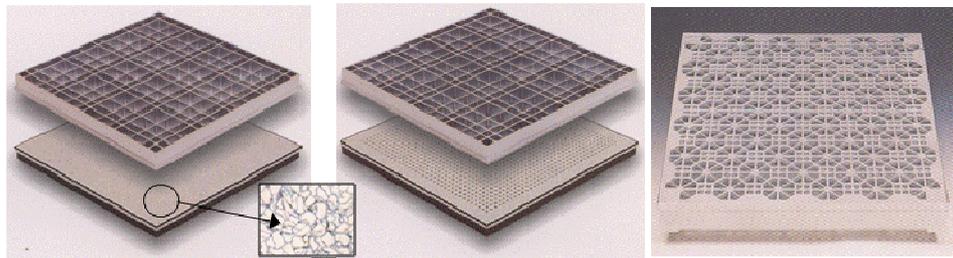
ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 27



ภาพที่ 2.15 □

ผนังสำหรับห้องสะอาด

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 27



ภาพที่ 2.16 □
พื้นสำหรับห้องสะอาด



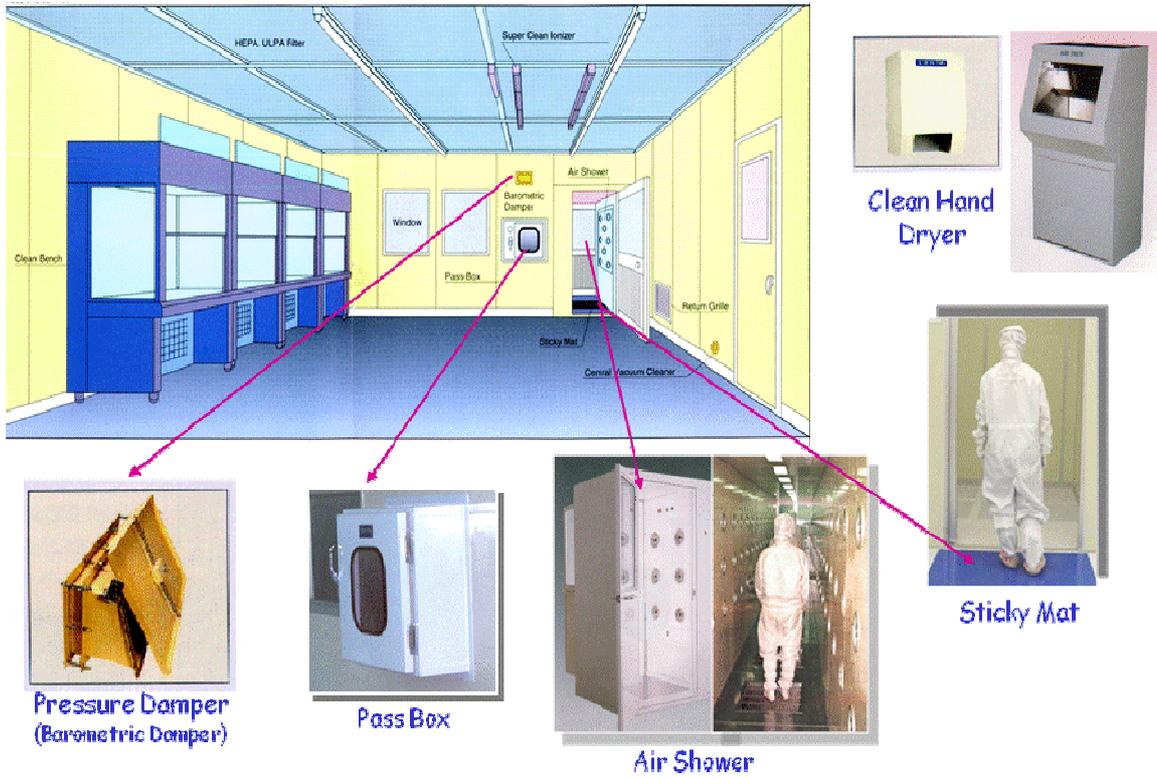
ภาพที่ 2.17

Raised Floor System

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 28

■ อุปกรณ์ประกอบจำเป็นอื่นๆ

- Sticky mat
- Air Shower
- Pass Box
- Pressure Release Damper

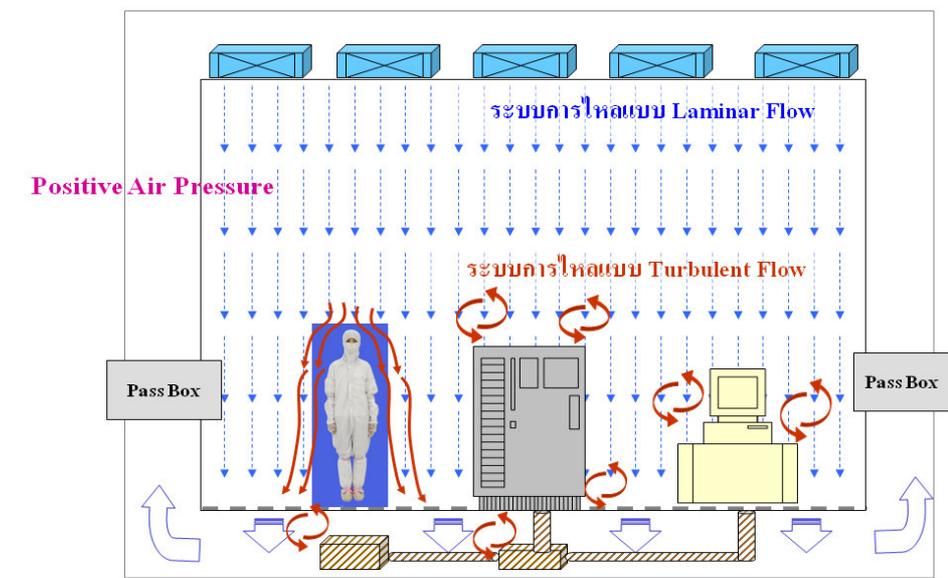


ภาพที่ 2.18

อุปกรณ์ประกอบจำเป็นอื่นๆ

ที่มา: WD Fundamental of Cleanroom Technology 2005 29

ทิศทางการไหลของอากาศภายในห้องสะอาด



ภาพที่ 2.19

ทิศทางการไหลของอากาศภายในห้องสะอาด

สภาวะควบคุมภายในห้องสะอาด

ปริมาณฝุ่น	Class 100
Air Velocity	90 fpm + 20% (0.45 m/s)
Air Flow Parallelism	+ 14-15 □ Vertical
อุณหภูมิ	20 + 3 □ C
ความชื้น	50+10/-5%

มาตรฐานกำหนดเสนอปรับปรุงแก้ไขโดย ไอ.อี.เอส (I.E.S) ในเดือนเมษายน ค.ศ. 1976 คณะกรรมการของสถาบันสิ่งแวดล้อมทางวิทยาศาสตร์ (Institute of Environmental Science, I.E.S) ได้ปรับปรุงมาตรฐานกำหนดเป็นทางการของ 209B (F.S. 209B) โดยเพิ่มเติมชั้น (Class) ของห้องสะอาดออกไปอีกชั้น ชั้นที่ 1 (Class1) และชั้นที่ 10 (Class 10) การที่กำหนดชั้นที่ 1 และชั้นที่ 10 เพิ่มเติมขึ้นมาเพื่อกระตุ้นเตือนถึงคุณภาพของการผลิต และความน่าเชื่อถือของผลผลิตทางด้านอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Micro Electronics)

ความต้องการของห้องสะอาดจะต้องเป็น ดังนี้

- ป้องกันอนุภาคหรือสิ่งสกปรกต่างๆ เข้ามาในห้อง ซึ่งต้องทำ ดังนี้
 - โดยการกรองอากาศที่ผ่านเข้าสู่ห้องสะอาดโดยใช้ HEPA Filter
 - รักษาความดันในห้องให้สูงกว่าภายนอก (ความดันเป็นบวก คือ Positive Pressure)
 - คนงานควรจะทำ ความสะอาดร่างกายโดยล้างตัวด้วยอากาศ (Air Washer) ก่อนเข้าทำงานในห้องสะอาด
 - วัสดุ และชิ้นส่วนทุกชิ้นต้องทำความสะอาดก่อนนำเข้าห้องสะอาด
- ป้องกันการก่อให้เกิดสารที่ทำให้มีความสกปรกเกิดขึ้น ต้องทำดังนี้
 - คนงานทุกคนต้องสวมชุดพิเศษสำหรับทำงานในห้องสะอาด
 - การเคลื่อนไหวในการทำงานในห้องสะอาดต้องทำอย่างเชื่องช้า
 - ห้องควรจะใช้วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดความสกปรกขึ้นมาได้
- ป้องกันการสะสมของฝุ่นตามผนังของห้องสะอาด ต้องทำ ดังนี้
 - การทำความสะอาดห้องสะอาด (Clean Room) ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้
 - ผนังภายในห้องสะอาดควรจะทำให้เรียบง่ายและสะดวกต่อการทำความสะอาด
- การปล่อยทิ้งพวกอนุภาคหรือสิ่งที่สกปรกออกไป ควรทำ ดังนี้
 - ในระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ (HVAC) อากาศภายในห้องสะอาดควรมีการนำอากาศออกไปทิ้งบางส่วนเพื่อลดสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นในห้องสะอาด โดยทิ้งออกไป

- ควรทำที่ป้องกันปิดมิดชิด เช่น ตู้หรือมีการดูดอากาศทิ้งเป็นจุด ๆ ณ บริเวณที่มีอนุภาคซึ่งจะก่อให้เกิดความสกปรกในห้องสะอาด โดยติดพัดลมดูดทิ้งออกไป

2.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ (Economic Analysis)

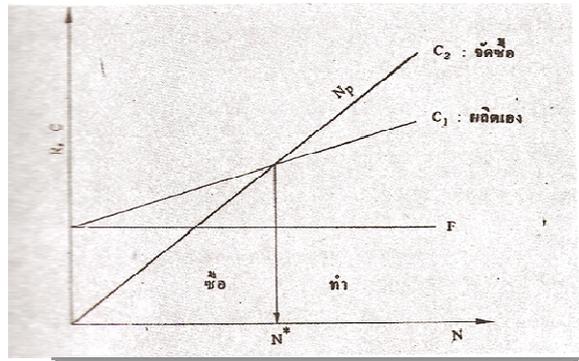
การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ เป็นส่วนประกอบสำคัญในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เนื่องจากสามารถบ่งบอกได้ว่าโครงการนั้นมีความคุ้มค่า และสมควรนำไปลงทุนทั้งนี้ เพราะว่าการดำเนินงานนั้นจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรซึ่งควรถูกใช้ไปเพื่อจุดมุ่งหมายอื่น การประเมินค่าโครงการจะรับรองว่าการจัดสรรและใช้ทรัพยากรเป็นไปด้วยความมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อมูลค่าในเชิงปริมาณของผลประโยชน์โครงการจะต้องมีมากกว่ามูลค่าในเชิงปริมาณของทรัพยากรเหล่านั้นหรือต้นทุนโครงการ

2.2.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-Even Analysis)

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางเศรษฐศาสตร์ของสถานการณ์ต่างๆ ในระยะสั้นและข้อมูลจะต้องค่อนข้างแน่นอน เพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง ผลของการวิเคราะห์จะใช้ได้เมื่อเงื่อนไขและสภาพการณ์ต่างๆ ยังไม่เปลี่ยนแปลง การสร้างแผนภูมิ (Chart) สำหรับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะสามารถทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของกำไรและปริมาณการผลิตอย่างชัดเจน และเป็นประโยชน์สำหรับการกำหนดนโยบายการผลิตและการควบคุมค่าใช้จ่าย

ขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนนั้น คือ ทำการวิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรมของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อจะได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายซึ่งแปรผันไปตามปริมาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการผลิต ทำให้เกิดความจำเป็นต้องแยกชนิดของค่าใช้จ่ายเป็นค่าใช้จ่ายคงที่หรือต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) และค่าใช้จ่ายแปรตาม (Variable Cost)

จากนั้น ทำการศึกษารายได้ (Revenue) ที่เกิดจากการขายผลิตภัณฑ์ หรือผลประโยชน์ที่ได้รับจากการมีลงทุนต่างๆ เมื่อได้รายละเอียดของค่าใช้จ่ายและรายได้ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตแล้ว นำมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อคำนวณหาผลกำไรจากค่าของรายได้ลบค่าใช้จ่าย



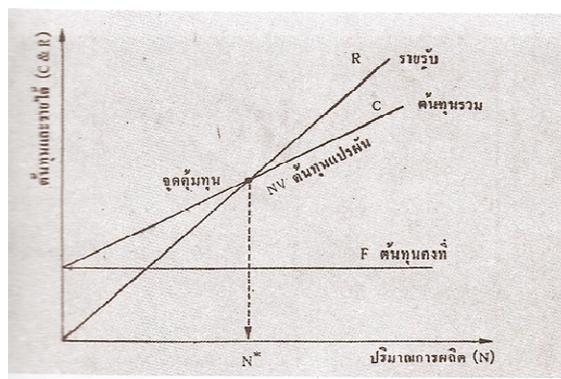
ภาพที่ 2.20

แผนภูมิของจุดคุ้มทุน

ที่มา: วันชัย วิจิรวณิช และ ชอุ่ม พลอยมีค่า เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 2551 หน้า 67

จากภาพที่ 2.20 แผนภูมิของจุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนนั้นยังสามารถนำไปประกอบการตัดสินใจเรื่องการจัดซื้อหรือผลิตเองได้ โดยทำการเปรียบเทียบหาจุดคุ้มทุนจะช่วยให้สามารถตัดสินใจดำเนินการได้ถูกต้องยิ่งขึ้น Error! Reference source not found. แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเมื่อจัดซื้อและผลิตเอง ถ้าเราต้องใช้ชิ้นส่วนมากกว่าจุดคุ้มทุน N^* การผลิตเองจะประหยัดกว่า แต่ถ้าจำนวนที่ต้องการใช้น้อยกว่า N^* ก็ควรที่จะซื้อเป็นชิ้นส่วนจัดซื้อมาตรฐาน



ภาพที่ 2.21

จุดคุ้มทุนใช้ตัดสินใจซื้อหรือผลิตเอง

ที่มา: วันชัย วิจิรวณิช และ ชอุ่ม พลอยมีค่า เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 2551 หน้า 49

ภาพที่ 2.21 แผนภูมิของจุดคุ้มทุนแสดงจุดตัดของรายได้และต้นทุนซึ่งสามารถอ่านค่า N^* เป็นปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนโดยมีสมการค่าใช้จ่ายและรายรับดังนี้

$$C = F + N^* \cdot V$$

$$F = \text{ต้นทุนคงที่}$$

$$V = \text{ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย}$$

$$\text{ณ จุดคุ้มทุน } R = C$$

$$N^* \cdot p = F + N^* \cdot V$$

$$N^* = \frac{F}{p - V} \quad \text{ปริมาณ } N^* \text{ แสดงระดับปริมาณ ณ จุดคุ้มทุนซึ่งแทนความหมายได้ดังนี้}$$

1. จำนวนหน่วยผลิตขั้นต้นที่ผลิตหรือขาย
2. ปริมาณการขายที่คิดเป็นจำนวนเงิน
3. ปริมาณเป็นอัตราร้อยละของการผลิตเต็มตามสมรรถภาพ

2.2.2 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นการวิเคราะห์โดยการเทียบเท่าเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายที่ประเมินไว้ในแต่ละโครงการ หรือเครื่องจักร หรือวิธีการ หรือแนวปฏิบัติ (Alternative) เป็นค่าเงินต้นปัจจุบัน (Present Value or Present Worth) แล้วนำค่าเงินต้นเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกัน ค่าที่น้อยที่สุดถือว่าโครงการนั้น เครื่องจักรนั้น หรือวิธีการนั้น เหมาะสมที่สุดที่ควรจะต้องตัดสินใจเลือก

การคำนวณค่าเงินต้นเทียบเท่านี้เรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่า “Discounting” และอัตราดอกเบี้ยที่ใช้ก็เรียกว่า อัตราส่วนลด “Discount Rate” ในแง่ของการลงทุนอัตราดอกเบี้ยก็คือ อัตราผลตอบแทน (Rate of Return) นั่นเอง โดยปกติแผนการลงทุนในกิจการใดก็ตามจะไม่ได้รับความสนใจ ถ้าหากอัตราผลตอบแทนที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าใดค่าหนึ่ง ซึ่งค่านี้เรียกว่า อัตราผลตอบแทนน้อยที่สุดที่น่าสนใจ (Minimum Attractive Rate of Return)

$$NPV = \text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิ}$$

$$B_t = \text{ผลประโยชน์จากโครงการในปีที่ } t$$

$$C_t = \text{ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ } t$$

$$t = \text{ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ } 1 \text{ ถึง } n$$

$$n = \text{อายุของโครงการ}$$

$$r = \text{อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน}$$

$$\text{สูตรแบบที่ 1 } NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

$$\text{สูตรแบบที่ 2 } NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

กรณีโครงการมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก

$$\text{สูตรแบบที่ 3 } NPV = -C_0 + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} \quad \text{หรือ} \quad NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

หลักการตัดสินใจเพื่อการลงทุนในโครงการ

ถ้า $NPV > 0$ คຸ່ມค่าแก่การลงทุน

$NPV < 0$ ไม่สมควรลงทุน

$NPV = 0$ เท่าทุน

2.2.3 การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR)

อัตราผลตอบแทนคือ ผลที่ได้จากการลงทุนเป็นอัตราร้อยละเมื่อเทียบกับเวลาหนึ่งปีการลงทุนไป การหาอัตราผลตอบแทนของโครงการต่างๆ นั้น สามารถใช้เป็นส่วนเปรียบเทียบโครงการได้ กล่าวคือโครงการใดมีอัตราผลตอบแทนสูงกว่าภายใต้เงื่อนไขอื่นๆ ในลักษณะเดียวกันโครงการนั้นย่อมมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น บอกเพียงว่าโครงการนี้จะสามารถทำกำไรให้แก่ผู้เป็นเจ้าของโครงการได้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด โดยกำหนดอัตราส่วนลดลงไป แต่ การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิไม่สามารถบอกได้ว่า โครงการที่พิจารณานั้นจะคืนทุนในอัตราเท่าใด

ดังนั้น จึงต้องทำการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) โดยทำการหาอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์

2.2.4 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุ หรือปัจจัยสำคัญๆ ที่จะก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากในทางปฏิบัติราคา หรือค่าใช้จ่ายต่างๆ เปลี่ยนไปได้และมีค่าไม่แน่นอน เช่น ราคาขายของสินค้า อายุการใช้งานของเครื่องจักร หรือปริมาณการผลิต แล้วศึกษาดูความไวต่อการเปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างเช่นสินค้าหนึ่งมีราคาขาย 30 บาทต่อหนึ่งหน่วย สามารถทำให้ผู้ลงทุนมีอัตราผลตอบแทน 18% ต่อปี ต่อมาที่มีการแข่งขันในการตลาดจำเป็นต้องลดราคาขายลง 5% มีผลทำให้อัตราผลตอบแทนลดลงเป็น 14.5% อาจกล่าวได้

ว่าราคาขายไม่ค่อยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง หรือมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงน้อย ในทางตรงข้ามถ้าการลดราคา 5% ทำให้อัตราผลตอบแทนลดลงเหลือ 8% แสดงว่า ราคาขายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับสูง หรือมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสูงมาก การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจึงเป็นประโยชน์ในแง่ของการลดความเสี่ยงต่อการตัดสินใจผิดพลาดให้มีโอกาสน้อยลง วิธีการหรือขั้นตอนในการวิเคราะห์เชิงนี้นั้นไม่ได้ถูกกำหนดไว้เป็นที่แน่นอน ใช้หลักเกณฑ์ว่าทดลองเปลี่ยนค่าของตัวแปรที่จะทำการวิเคราะห์ทีละตัวโดยคิดให้ตัวแปรอื่นๆ มีค่าคงที่ หลังจากสรุปเลือกได้ตัวแปรที่มีผลทำให้โครงการเปลี่ยนแปลงได้แล้วจึงจะลองทำการวิเคราะห์โดยการเปลี่ยนค่าตัวแปรมากกว่า 1 ตัว

จากการศึกษาและรวบรวมผลงานวิจัย ของการศึกษาคือความเป็นไปได้ในการลงทุน รวมไปถึงกรณีศึกษาที่มีการประยุกต์เอาหลักการทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเข้ามาช่วยในการสรุปผลการศึกษา พบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่ มนตรี เข้มทอง (2548) Hood และ Albright (2546) วีระศักดิ์ และคณะ (2545) ปิยวรรณ (2544) ลักขณา (2544) รัชนิวรรณ (2544) อภิรักษ์ และจุฬพงษ์ (2543) และปิยะลักษณ์ (2538) ได้ใช้การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน โดยรายละเอียดของบทความและงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

มนตรี เข้มทอง (2548) ได้ศึกษาต้นทุน และผลตอบแทนจากการก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 351 สามแยกเกษตร – ถนนสุขาภิบาล 1 ในการศึกษาที่ใช้ข้อมูล 2 ประเภท คือ ข้อมูลทุติยภูมิ เก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลปฐมภูมิโดยการทดลองภาคสนามเวลาที่ใช้ในการเดินทางบนเส้นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 351 ซึ่งเป็นเส้นทางที่มีโครงการและเส้นทางสี่แยกเกษตร มุ่งหน้าวงเวียนหลักสี่ และวงเวียนหลักสี่และวงเวียนหลักสี่มุ่งหน้าถนนสุขาภิบาล 1 ซึ่งเป็นเส้นทางก่อนมีโครงการ เพื่อใช้ประมาณความเร็วในการเดินทางบนเส้นทางทั้งสองเส้น และนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ทำการวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนของโครงการฯ โดยวิเคราะห์ตามหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (NPV, B/C Ratio, IRR)

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า มูลค่าปัจจุบัน ของเงินลงทุนมีค่าเท่ากับ 2365.02 ล้านบาท และมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนจากเงินลงทุนที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2547 จากมูลค่าเวลาที่ประหยัดได้ มูลค่าใช้จ่ายปัจจุบันที่ประหยัดได้จากการใช้รถ และมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากการมีทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 351 เท่ากับ 3019.14 ล้านบาท 2874.46 ล้านบาท 3183.70 ล้านบาท และ 3874.11 ล้านบาท ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 664.10

ล้านบาท 509.43 ล้านบาท 818.67 ล้านบาท 1509.08 ล้านบาท ตามลำดับ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit – Cost Ratio : B/C Ratio) เท่ากับ 1.28 , 1.21 , 1.35 และ 1.64 ตามลำดับ และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) มีค่าเท่ากับ 10.99 ดังนั้น โครงการดังกล่าวเป็นโครงการที่คุ้มค่าแก่การลงทุน

Hood และ Albright (2546) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างระบบการวิเคราะห์งานวิจัยขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะเกี่ยวข้องกับงานวิจัยของโครงการต่างๆ ทางด้านระบบการคมนาคมขนส่ง โดยผู้วิจัยได้สรุปแนวทางการวิเคราะห์และจัดทำโครงการไว้ดังนี้

ขั้นตอนแรก คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นนี้จะเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งหมด โดยการเก็บข้อมูลจะดำเนินการตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ หลังจากนั้นจะมีการวิเคราะห์ถึงจุดแข็งจุดอ่อนของโครงการ สารสนเทศที่จำเป็นต่อการตัดสินใจในอนาคต ต้นทุนและผลกำไรที่จะเกิดขึ้นหากมีการดำเนินโครงการ โดยบางส่วนอาจจะต้องมีการออกไปสำรวจความคิดเห็นกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบ หากมีการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนที่สอง คือ การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการทางการเงิน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะแบ่งการคำนวณออกเป็นส่วนๆ คือ

1. Payback period method (ระยะเวลาการคืนทุน)

สูตรการคำนวณคือ $Payback = \sum NCF_t (P/F, i, t)$

2. Return on Investment (อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน)

สูตรการคำนวณคือ $ROI = \text{Net profit} / \text{Investment}$

3. Net Present Value (ค่าของเงินเทียบเท่าที่ปัจจุบัน)

สูตรการคำนวณคือ $NPV = \text{Present value of benefits} - \text{Present value of costs}$

ขั้นตอนสุดท้าย คือ การนำผลที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่สองมาทำการตัดสินใจว่าจะดำเนินโครงการหรือไม่ โดยพิจารณาจาก ค่าเงินเทียบเท่าจะต้องมีค่าเป็นบวก ระยะเวลาการคืนทุนเร็วและมีอัตราผลตอบแทนที่สูงตามที่ได้ตั้งเป้าหมายเอาไว้

วีระศักดิ์ และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเหล็กขั้นต้นในประเทศไทย โดยการศึกษาแบ่งออกเป็นสองทางเลือกคือ

กรณีแรก เลือกสถานที่ตั้งโรงงานบริเวณโรงงานสหวิริยาอินดัสตรี ใช้เทคโนโลยี Corex C-3000 ขนาดกำลังการผลิต 1.7 ล้านตันต่อปี มีต้นทุนการดำเนินการ 115.9 เหรียญสหรัฐต่อตัน สำหรับผลิตภัณฑ์เหล็กแท่งแบน

กรณีที่สอง เลือกสถานที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กกล้าไทย ใช้เทคโนโลยี Corex C-2000 ขนาดกำลังการผลิต 1.0 ล้านตันต่อปี มีต้นทุนการดำเนินการ 56.2 เหรียญสหรัฐต่อตัน สำหรับผลิตภัณฑ์เหล็กถลุง

การวิเคราะห์ในกรณีมาตรฐานกำหนดตัวแปรที่มีผลกระทบกับการลงทุนตามราคาวัตถุดิบอิงตามตลาดโลก ราคาผลิตภัณฑ์เหล็กแท่งแบนเท่ากับ 190 เหรียญสหรัฐต่อตัน และเหล็กถลุงเท่ากับ 110 เหรียญสหรัฐต่อตัน งบประมาณการลงทุนตามการเสนอราคาของผู้ผลิตเครื่องจักรและอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7 พบว่า กรณีทางเลือกที่หนึ่ง ให้มูลค่าผลตอบแทนปัจจุบันสุทธิของโครงการหรือ Net Present Value 19.5 ล้านเหรียญสหรัฐ ได้ผลตอบแทนการลงทุนรายปีหรือ Internal Rate of Return 6.5 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาการในการคืนทุน 15 ปี ส่วนทางเลือกที่สองให้ผลตอบแทน Net Present Value เท่ากับ 21 ล้านเหรียญสหรัฐ ค่า Internal Rate of Return เท่ากับ 8.1 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาในการคืนทุน 14.5 ปี ซึ่งจากการประเมินพบว่า โครงการผลิตเหล็กขึ้นต้นในเมืองไทยสามารถดำเนินการได้ แต่อาจให้ผลตอบแทนที่ไม่น่าสนใจมากนักเมื่อเทียบกับการลงทุนในโครงการอื่นก็ตาม ดังนั้น หากโครงการดังกล่าวจะเกิดขึ้นจริงในประเทศ รัฐบาลจะต้องมีมาตรการสนับสนุนในบางส่วน

ปิยวรรณ (2544) ศึกษาการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการศึกษารถดีเซลราง เพื่อให้บริการรถชานเมืองในเส้นทางสายเหนือ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลตอบแทนและต้นทุนทางเศรษฐกิจในการเพิ่มปริมาณรถของโครงการจัดหารถดีเซลราง โดยทำการศึกษาเฉพาะการเพิ่มปริมาณรถในการเดินรถชานเมือง เส้นทางสายเหนือมีอายุโครงการ 20 ปี

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการจัดหารถดีเซลรางเพื่อให้บริการเดินรถชานเมืองในเส้นทางสายเหนือ จะทำการวิเคราะห์ 3 ขั้นตอน คือ

1.1. การวิเคราะห์การคาดการณ์ประมาณต้นทุนในทางเศรษฐกิจของโครงการฯ โดยพิจารณาต้นทุนประเภทการลงทุน คือ ค่าใช้จ่ายในการซื้อรถ รวมทั้งต้นทุนดำเนินงานและบำรุงรักษา

1.2. การวิเคราะห์มูลค่าที่ประหยัดได้จากการเดินทางเมื่อมีโครงการฯ ซึ่งมูลค่าที่ประหยัดได้ในการเดินทาง = มูลค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางก่อนมีโครงการมูลค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางหลังจากมีโครงการ

1.3 การวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนของโครงการฯ โดยวิเคราะห์ตามหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินโครงการ (NPV, B/C ratio, IRR)

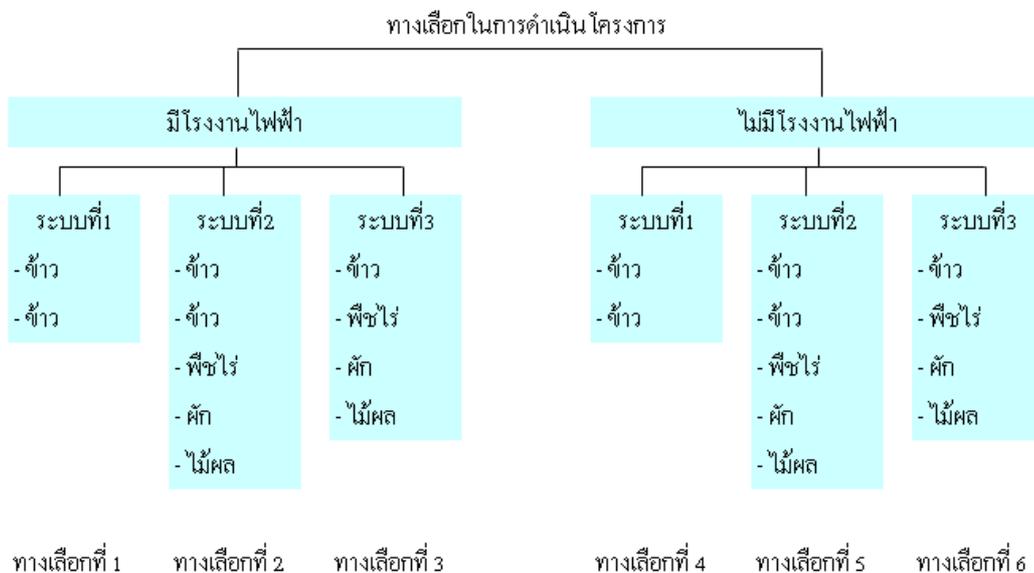
ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนในทางเศรษฐกิจของโครงการ เท่ากับ 133,092,819 บาท เมื่อนำต้นทุนในทางเศรษฐกิจของโครงการ ทั้งหมดมาคำนวณกลับเป็นมูลค่าปัจจุบันโดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 9 ปรากฏว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนเท่ากับ 50,108,909.88 บาท มูลค่าเวลาที่ประหยัดได้ในการเดินทางคำนวณกลับเป็นมูลค่าปัจจุบันโดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 9 มีค่าเท่ากับ 873,080,987.52 บาท อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B / C ratio) เท่ากับ 16.92 และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าร้อยละ 100 ดังนั้น โครงการดังกล่าวเป็นโครงการที่คุ้มค่าแก่การลงทุน

ลักษณะ (2544) ได้มีการทำการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตกับกำไรสุทธิในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยเลือกศึกษาในแหล่งที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างหนาแน่น คือ ตำบลเกาะปริด อำเภอแหลมสิงห์ จังหวัดจันทบุรี ปีการผลิต 2543 โดยลักษณะการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ใช้กลุ่มตัวอย่างจากเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 60 ราย จากการศึกษา พบว่า ผลผลิตจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 730 กิโลกรัม/ไร่/รอบการเลี้ยง สามารถขายผลผลิตได้ในราคาโดยเฉลี่ยทุกขนาด 320.53 บาท/กิโลกรัม มีกำไรสุทธิ 70,610.10 บาท/ไร่/รอบการเลี้ยง มีอัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 39.05 และมีระยะเวลาคืนทุน 1.65 รอบการเลี้ยง นอกจากนี้ปัจจัยด้านประสบการณ์ และอายุมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของกำไรสุทธิ ด้านปัญหา และอุปสรรคในการเลี้ยงที่พบมากที่สุด คือ เวชภัณฑ์และเคมีภัณฑ์ที่มีราคาสูง

รัชนีวรรณ (2544) ศึกษาสมรรถนะของการใช้สารดูดความชื้นเพื่อลดภาวะความร้อนทางด้านความชื้นแฝงของระบบปรับอากาศ โดยที่ระบบลดความชื้นประกอบไปด้วย เบดซิลิกาเจล ชุดพัดลมและระบบท่อส่งลม สำหรับระบบปรับอากาศใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก (1.5 ตัน) สำหรับการศึกษาเบื้องต้นพบว่า เมื่อใช้เบดลดความชื้นที่มีความหนา 5 เซนติเมตร มีผลการดูดซับดีที่สุด ที่อัตราการไหลเชิงมวลเท่ากับ 530 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถประหยัดพลังงานได้ 24 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้วพบว่า การติดตั้งระบบดูดความชื้นร่วมกับระบบปรับอากาศยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนถึง 12 ปี และอัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 8.19 ต่อปี แต่สำหรับระบบขนาดใหญ่ (100 ตัน) จะมีความคุ้มค่ามากกว่าระบบปรับอากาศขนาดเล็ก เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 24.5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ดังนั้น การใช้สารดูดความชื้นจึงมีความเหมาะสมสำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

อภีรักษ์ และจุลพงษ์ (2543) ศึกษาการเลือกมาตรการในการประหยัดไอน้ำของกระบวนการผลิตในโรงงานยาสูบ ซึ่งประกอบไปด้วยโรงงานผลิตยาเส้นจำนวนสามโรงงาน โดยมีกำลังผลิตเฉลี่ย 160,000 กิโลกรัมยาเส้นต่อวัน ระยะเวลาทำงาน 4,121 ชั่วโมงต่อปี ในการศึกษา มีมาตรการการประหยัดไอน้ำ 3 มาตรการ คือ การหุ้มฉนวนเครื่องจักรเพื่อลดการสูญเสียความร้อน การนำคอนเดนเสทกลับมาผสมน้ำป้อนหม้อไอน้ำ และการผลิตไอน้ำแฟลชจากคอนเดนเสทเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต ผลการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ให้ผลว่า มาตรการแรกเมื่อนำมาใช้กับโรงงานทั้งสามโรง จะประหยัดไอน้ำได้ 13.22 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะเวลาคืนทุน 0.13 – 0.36 ปี และอัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ 295 – 794 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ส่วนมาตรการที่สองเมื่อนำมาใช้กับโรงงานสองโรงแรกจะประหยัดไอน้ำได้ 9 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะเวลาคืนทุน 1.41 – 1.42 ปี และอัตราผลตอบแทนภายใน 76.8 – 80 เปอร์เซ็นต์ต่อปี สำหรับมาตรการสุดท้าย จะช่วยประหยัดไอน้ำได้ 6 เปอร์เซ็นต์ ในทั้งสองโรงงาน มีระยะเวลาคืนทุน 2.38 – 2.82 ปี และอัตราผลตอบแทนภายใน 34 – 43 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

ปิยะลักษณ์ (2538) ได้ทำการศึกษาคณิศศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างเขื่อนแควน้อย โดยผู้ศึกษามีทางเลือกในการดำเนินโครงการหลายวิธี ซึ่งโครงการแควน้อยมีระบบการเพาะปลูกสามทางเลือกคือ ระบบที่ 1 ข้าว-ข้าว ระบบที่ 2 ข้าว-ข้าว-พืชไร่-ผัก-ไม้ผล ระบบที่ 3 ข้าว-พืชไร่-ผัก-ไม้ผล นอกจากนี้โครงการยังมีทางเลือกว่าโครงการควร จะสร้างโรงงานไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือไม่ ดังนั้นทางเลือกที่เป็นไปได้ของโครงการที่จะพิจารณาทั้งหมด 6 ทางเลือก ดังแสดงใน Error! Reference source not found.



ภาพที่ 2.22

แผนผังทางเลือกในการดำเนินโครงการของการสร้างเขื่อนเก็บน้ำ

โครงการเชื่อมมีอายุโครงการ 50 ปี โดยที่เชื่อม อาคารและระบบการชลประทานมีอายุ 50 ปี และเครื่องมือเครื่องจักรมีอายุ 25 ปี การก่อสร้างใช้ระยะเวลา 1 – 8 ปี โดยต้นทุนการก่อสร้าง ต้นทุนการบรรเทาผลกระทบ และต้นทุนการอพยพ ถูกประเมินโดยใช้ราคาตลาด ซึ่งในกรณีที่เชื่อมมีโรงงานไฟฟ้าต้นทุนส่วนนี้เท่ากับ 11,742.1 ล้านบาท และในกรณีที่ไม่มีโรงงานไฟฟ้าเท่ากับ 9,171.1 ล้านบาท โดยอัตราดอกเบี้ยเท่ากับร้อยละ 10 ต่อปีส่วนการประเมินผลประโยชน์ มีมูลค่าผลประโยชน์จากการป้องกันน้ำท่วมเท่ากับ 25.27 ล้านบาทต่อปี ผลผลิตทางการเกษตร กำไรสุทธิจากแบบแผนการเพาะปลูก 1, 2 และ 3 เท่ากับ 93.98, 756.24 และ 1,005.58 ล้านบาทตามลำดับ มูลค่าผลประโยชน์ด้านไฟฟ้าเท่ากับ 108.03 ล้านบาท ผลประโยชน์ทางด้านการท่องเที่ยว 91.25 ล้านบาท และสุดท้ายผลประโยชน์ของการมีน้ำใช้อุปโภคบริโภคเท่ากับ 114.47 ล้านบาทต่อปี และทำการคำนวณตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ได้ผลออกมาตามตารางที่ 2.2 ตารางที่

ตารางที่ 2.2

ผลการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเปรียบเทียบของโครงการสร้างเชื่อม

(หน่วย : บาท)

ทางเลือก	Net Present Cost	Net Present Benefit	NPV	IRR	B/C ratio
มีโรงงานไฟฟ้า	4,502.24				
1. แบบเพาะปลูก 1		3,595.02	-907.22	8.27	0.82
2. แบบเพาะปลูก 2		6,230.42	1,728.18	13.15	1.40
3. แบบเพาะปลูก 3		7,262.05	2,759.81	14.65	1.63
ไม่มีโรงงานไฟฟ้า	3,964.91				
4. แบบเพาะปลูก 1		2,981.90	-983.01	7.96	0.77
5. แบบเพาะปลูก 2		5,617.30	1,652.38	13.12	1.43
6. แบบเพาะปลูก 3		6,648.93	2,684.02	14.67	1.69

จากผลการคำนวณ ทำให้ทำการเลือกทางเลือกที่ 3 นั่นคือ มีโรงงานไฟฟ้าและมีแบบแผนการเพาะปลูกที่ 3 เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิไม่สอดคล้องกับ อัตราส่วนต้นทุนและผลประโยชน์ (B/C ratio) อัตราผลตอบแทน

ภายใน (IRR) ที่เกิดขึ้น เนื่องจากยังไม่มีค่าปรับแก้ NPV ด้วยขนาดของต้นทุน เห็นได้ว่าทางเลือกที่มีโรงไฟฟ้าจะมีต้นทุนสูงกว่าทางเลือกที่ไม่มีการสร้างโรงไฟฟ้าเท่ากับ 537.33 ล้านบาท ถ้าเงินจำนวนนี้สามารถนำไปลงทุนในโครงการอื่นที่มีผลตอบแทนร้อยละ 12 มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ได้รับจะเท่ากับ 102.35 ล้านบาท หากนำผลประโยชน์ส่วนนี้รวมกับทางเลือกที่ไม่มีการสร้างโรงไฟฟ้าแล้ว จะเห็นว่าทางเลือกที่ 6 จะกลายเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด หลังจากมีการปรับมูลค่าปัจจุบันสุทธิให้มีต้นทุนที่เท่ากัน

นอกเหนือจากงานวิจัยข้างต้น ประวิทย์ (2545) ศึกษาการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของ โครงการขยายสะพานพระนั่งเกล้า จังหวัดนนทบุรี โดยทำการวิเคราะห์ความไวเพิ่มจากที่กล่าวมาแล้ว โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ และศึกษาผลกระทบต่างๆ ที่ทำให้ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากโครงการเปลี่ยนแปลงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เหมาะแก่การก่อสร้างโครงการหรือไม่ โดยทำการวิเคราะห์ใน 2 ขั้นตอน

2.1. การวิเคราะห์ความแตกต่างในเรื่องค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทางระหว่างกรณีโครงการและไม่มีโครงการซึ่งก็คือ ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่ได้รับจากการมีโครงการแล้วทำการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) จากการคำนวณปริมาณความต้องการใช้ถนนในพื้นที่ทำการศึกษา

2.2. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) โดยการกำหนดให้ผลประโยชน์โครงการลดลงจากที่พยากรณ์ได้ร้อยละ 40 โดยต้นทุนคงที่ และผลประโยชน์จากโครงการมูลค่าตามค่าที่พยากรณ์แต่ให้ต้นทุนเพิ่มร้อยละ 10 รวมทั้งให้ผลประโยชน์จากโครงการลดลงจากที่พยากรณ์ได้ร้อยละ 40 ในขณะที่ให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 พร้อม ๆ กัน แล้วทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่ามากกว่า 1 คือ มีค่า 5,314,600 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 คือ มีค่า 8.69 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมีค่าสูงกว่าอัตราคิดลด คือมีค่าร้อยละ 32.50 และเมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการใน กรณีที่ 1 กำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพิ่มคือ ร้อยละ 10 กรณีที่ 2 กำหนดให้ผลประโยชน์ของโครงการลดลงร้อยละ 40 กรณีที่ 3 กำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และผลประโยชน์ของโครงการลดลงร้อยละ 40 พบว่าโครงการยังคงมีความคุ้มค่าทั้ง 3 กรณี